



BUROSCH

Medientechnik

Geschichte. Grundlagen. Gegenwart.

Alles, was Sie über Fernsehtechnik, Kalibrierung, Full HD sowie Ultra HD, OLED, HDR, HEVC und Mobile TV wissen sollten - von DVB über HbbTV bis zum Streaming.

Praxishandbuch der Firma BUROSCH TV Display Experts

2. Auflage (2016)

Stuttgart, Deutschland

© BUROSCH, 70567 Stuttgart

Klaus, Steffen und Andreas Burosch

www.burosch.de

Alle Rechte vorbehalten.

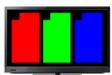
Impressum

© BUROSCH TV Display Experts (2016)
Sigmaringer Straße 20, 70567 Stuttgart

Das Werk einschließlich aller Inhalte ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck oder Reproduktion (auch auszugsweise) in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder über anderes Verfahren) sowie die Einspeicherung, Verarbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung mithilfe elektronischer Systeme jeglicher Art, gesamt oder auszugsweise, ist ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Herausgebers untersagt. Alle Übersetzungsrechte sind ebenfalls vorbehalten.

Die Benutzung dieses Buches und die Umsetzung der darin enthaltenen Informationen sind ausschließlich für die private, nichtkommerzielle Nutzung sowie zweckbestimmte Verwendung vorgesehen und erfolgt ausdrücklich ohne Haftung des Herausgebers. Das Werk inklusive aller Inhalte wurde unter größter Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Druckfehler oder aber Fehlinformationen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Der Herausgeber übernimmt keine Haftung für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte dieses Buches, ebenso nicht für Druckfehler. Es kann keine juristische Verantwortung sowie Haftung in irgendeiner Form für fehlerhafte Angaben und daraus entstandene Folgen übernommen werden. Für die Inhalte von den in diesem Buch abgedruckten Internetseiten sind ausschließlich die Betreiber der jeweiligen Internetseiten verantwortlich. Für die Inhalte und Abbildungen in diesem Buch wurden ausschließlich eigene oder aber frei verfügbare Quellen genutzt.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die in diesem Buch beschriebenen technischen Anwendungen nur eine Momentaufnahme darstellen und generell nur die Features beinhalten können, welche zum Zeitpunkt der Erstellung beziehungsweise Veröffentlichung im Multimediabereich verfügbar waren. Wir sind jedoch stets bemüht, unsere Leser auf dem Laufenden zu halten und in weiteren Auflagen regelmäßig entsprechende Aktualisierungen vorzunehmen.



BUROSCH

Herausgeber

Die Firma BUROSCH befasst sich seit ihrer Gründung im Jahre 1948 mit der Audio- und Videotechnik und spezialisierte sich im Laufe der Zeit auf die Entwicklung von Messgeräten für die Unterhaltungselektronik. Heute ist die Firma BUROSCH Marktführer in Bezug auf Referenz-Testsequenzen für die Bildoptimierung sowie TV- und Beamer-Bildanalyse. Im Auftrag verschiedener Hersteller (z.B. Panasonic) bestimmt das unabhängige BUROSCH-TV-Testlabor die Bildqualität der neuesten Fernsehgeräte, arbeitet an deren Entwicklung mit, bietet professionelle Kalibrierung und ermittelt mithilfe standardisierter PSNR- und SSIM-Verfahren die Qualität eingesetzter Codecs sowie Spezifikationen. Darüber hinaus berufen sich namhafte Fachzeitschriften bei ihren vergleichenden Warentests auf die BUROSCH-Testbilder. Und auch renommierte Forschungsinstitute gehören selbstverständlich zu den BUROSCH-Partnern.

Der Leser profitiert also vom umfassenden Know-how und den einzigartigen Synergieeffekten, die auf langjährigen Erfahrungen sowie erfolgreichen Kooperationen mit Industrie und Forschung basieren.



Abbildung 1: Klaus Burosch

Als Initiator und Herausgeber dieses Buches bedanke ich mich für die hervorragende Zusammenarbeit mit allen Beteiligten, Kollegen und Mitarbeitern. Ein ganz besonderer Dank gilt meinen beiden Söhnen Steffen und Andreas Burosch für ihre tatkräftige Unterstützung.

Mit freundlicher Empfehlung
Klaus Burosch, im August 2016

Klaus Burosch

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Impressum..... | 2 |
| Herausgeber..... | 3 |
| Inhaltsverzeichnis | 4 |
| Vorwort | 14 |
| Technik-Essay von Konrad L. Maul | 17 |
| Die Chronologie des Fernsehens..... | 25 |
| 19. Jahrhundert | 26 |
| 20. Jahrhundert | 26 |
| 21. Jahrhundert | 33 |
| Grundlagen der Wahrnehmung | 39 |
| Das menschliche Auge | 39 |
| Aufbau | 39 |
| Photorezeptoren und Netzhaut | 40 |
| Adaption | 41 |
| Akkommodation..... | 41 |
| Sehnerv | 41 |
| Fovea centralis..... | 42 |
| Das Licht: mehr als elektromagnetische Wellen..... | 43 |
| Reflexion und Remission | 44 |
| Polarisation | 46 |
| Kontrast und Schärfe | 47 |
| Kontrast..... | 47 |
| Ortsfrequenz..... | 49 |
| Sehschärfe | 50 |
| Räumliche Wahrnehmung (3D) | 52 |
| Gesichtsfeld | 53 |
| Parallaxe | 55 |
| 3D-Sickness | 59 |
| Pulfrich-Effekt | 60 |
| Shutterbrillen..... | 61 |
| Polfilterbrille | 62 |

| | |
|---|------------|
| Farbfilterbrillen (Anaglyphen-Verfahren)..... | 63 |
| Farbwahrnehmung | 64 |
| Farbbegriffe | 65 |
| Farbfrequenzen und -wellenlängen | 66 |
| Additive und subtraktive Farbmischung | 68 |
| Farbtemperaturen | 70 |
| Absorptionsspektren | 70 |
| Photorezeptormosaik | 73 |
| Rot-Grün-Blindheit (Anopia) | 74 |
| Grundlagen der Fernsehtechnik | 76 |
| Bildübertragung | 77 |
| Kathodenstrahl/Elektronenstrahl | 78 |
| Elektronenröhre (Kathodenstrahlröhre) | 79 |
| Aufbau | 79 |
| Strahlableitung | 82 |
| Comeback der Bildröhre? | 83 |
| Farbbildwiedergabe | 84 |
| Loch- und Schlitzmaskenröhre | 85 |
| Delta-Farbbildröhre (Lochmaske) | 86 |
| Inline-Farbbildröhre (Schlitzmaske) | 87 |
| Trinitron-Röhre | 88 |
| Bildaufbau | 90 |
| Bildrate/-frequenzen (24 bis 120 Hz) | 91 |
| Kino | 93 |
| Fernsehen | 94 |
| Bildabtastung | 94 |
| Zeilensprung-/Halbbildverfahren (Interlaced Scan) | 95 |
| Zeilensprung-Artefakte | 97 |
| Progressive Abtastung (Vollbildverfahren) | 98 |
| De-Interlacing | 99 |
| Pulldown | 100 |
| Weave | 101 |
| Gamma-Korrektur | 101 |
| Bewegungsunschärfe | 105 |
| Local Dimming | 107 |
| Abbildungsfehler | 108 |

| | |
|--|------------|
| Klötzchenbildung | 109 |
| Banding/Clouding | 110 |
| Blooming | 110 |
| Flashlights | 111 |
| Dirty-Screen-Effect (DSE) | 111 |
| Crosstalk/Ghosting | 111 |
| Soap-Effect | 112 |
| Halo-Effekt | 112 |
| Tipps zur Fehlerbehebung | 112 |
| Videoauflösungen | 113 |
| Zeitliche/räumliche Auflösung | 113 |
| Skalierung | 116 |
| Native Auflösung | 118 |
| Pixeldichte | 118 |
| Betrachtungsabstand – Was ist dran? | 120 |
| Farbräume und photometrische Größen | 123 |
| Helligkeits-Farbigkeits-Farbmodelle | 124 |
| Photometrische Größen und Einheiten | 126 |
| Farbtemperatur | 128 |
| Normvalenzsysteme (CIE 1931/1964) | 130 |
| Farbräume und Farbmodelle | 133 |
| ITU-R-Empfehlung BT.709 (Rec.709) | 136 |
| ITU-R-Empfehlung BT.2020 (Rec.2020) | 139 |
| Video-/Auflösungsstandards | 142 |
| Standard Definition (SD) | 143 |
| High Definition (HDTV) | 144 |
| Full HD (1920 × 1080 Pixel) | 145 |
| UHD-1: Ultra HD (3840 × 2160 Pixel) | 146 |
| UHD-2: 8K (7680 × 4320 Pixel) | 146 |
| 4K Cinema (4096 × 2160 Pixel) | 146 |
| Fernsehnormen | 146 |
| Kalibrierung und Messinstrumente | 149 |
| Unbunt- oder Weißabgleich | 149 |
| Wave-Form-Monitor (WFM) | 151 |
| Vektorskop | 153 |
| Testbilder | 155 |
| Testbild-Generator | 157 |

| | |
|--|------------|
| Test-Labor: professionelle Kalibrierung | 159 |
| Analoge Fernsehsignalübertragung | 160 |
| Das monochrome Video-Signal..... | 160 |
| BAS-Signal | 161 |
| Das Chrominanz-Signal (Farbsignalcodierung) | 168 |
| FBAS-Signal | 173 |
| Weitere Farbvideosignale | 173 |
| Farbsignalhierarchie | 174 |
| Farbfernsehsysteme | 175 |
| NTSC-Verfahren | 176 |
| PAL-Verfahren | 178 |
| SECAM..... | 179 |
| Die Begriffe PAL und NTSC im Digitalfernsehen | 181 |
| Modulation und Synchronisation | 181 |
| Multiburst..... | 182 |
| Cross-Color-/Cross-Luminance (Signalübersprechen)..... | 185 |
| Color-Plus-Verfahren/Intra Frame Averaging..... | 187 |
| Analoge Übertragungsverfahren | 188 |
| Analoge Videoanschlüsse..... | 188 |
| Grundlagen des Digitalfernsehens | 192 |
| Geschichte der TV-Digitalisierung | 196 |
| Grundbegriffe der Digitaltechnik..... | 201 |
| Bit/Byte | 202 |
| Bit Error Ratio (BER)..... | 204 |
| Codec | 204 |
| Container | 205 |
| Chroma Subsampling/Farbunterabtastung | 205 |
| Multiplexverfahren..... | 208 |
| Videokompressionsverfahren | 211 |
| Digitalisierung..... | 213 |
| Diskretisierung..... | 213 |
| Quantisierung | 216 |
| Codieren/Decodieren | 219 |
| AVC/H.264 | 222 |
| HEVC/H.265 | 224 |
| Digitale Videosignale..... | 225 |

| | |
|---|------------|
| Video-Schnittstellen (Interfaces) | 226 |
| SDI | 227 |
| DVI | 228 |
| HDMI | 229 |
| Video- und Bildformate | 238 |
| MPEG..... | 239 |
| JPEG | 241 |
| Digital Video Broadcasting (DVB) | 242 |
| DVB-S/DVB-S2 (Satellitenkanal/ETS 300 421) | 244 |
| DVB-C/DVB-C2 (Kabelkanal/ETS 300 429) | 247 |
| DVB-T/DVB-T2 (Terrestrischer Kanal/ETS 300 744) | 250 |
| freenet.tv | 259 |
| DVB-Spezifikationen | 260 |
| DVB-IPTV (TV over IP) | 261 |
| DVB-GEM/MHP | 262 |
| MHP (DVB-J/DVB-HTML) | 263 |
| DVB-H (Mobil)..... | 264 |
| Praxis der modernen Fernsehtechnik | 266 |
| Mobiles Fernsehen | 266 |
| Handy-TV per UMTS | 270 |
| DMB: TV goes mobile..... | 273 |
| DVB-SH | 275 |
| DVB-T für Android und Apple | 277 |
| TV over IP/IPTV | 279 |
| Triple-Play | 281 |
| IPTV (DSL + Kabel) | 282 |
| O2 TV & Video – kein IPTV, dafür live via App + AirPlay | 285 |
| Telekom IPTV: Magenta | 286 |
| Fernsehen mit 1&1 DSL..... | 288 |
| Fritz!Box 6490 Cable | 290 |
| IPTV via Satellit/SAT over IP..... | 292 |
| Quadplay/All in One..... | 303 |
| (K)ein Ende der Grundverschlüsselung? | 306 |
| IPTV Deutschland GmbH | 307 |
| HbbTV – mehr als nur IPTV | 309 |
| Red-Button..... | 314 |

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Blue-Button | 315 |
| TV-Mediatheken | 316 |
| Video-on-Demand | 318 |
| Netflix..... | 320 |
| Amazon Instant Video | 322 |
| Watchever..... | 324 |
| Maxdome | 326 |
| Web-TV per Live-Stream | 328 |
| Zattoo | 328 |
| Magine TV | 330 |
| Weitere TV-Apps | 332 |
| dailymeTV | 332 |
| Couchfunk/Live-TV | 333 |
| AllMyTV..... | 335 |
| Apps der TV-Sender..... | 335 |
| Red Bull TV..... | 336 |
| Streaming-Boxen | 336 |
| Apple-TV (Airplay) | 337 |
| Android-TV | 341 |
| Google Chromecast | 344 |
| Google Nexus Player..... | 348 |
| NVIDIA SHIELD..... | 350 |
| Amazon Fire TV..... | 351 |
| Das richtige Netz(werk) | 360 |
| Internet | 362 |
| Netzwerkverbindungen | 368 |
| LAN (Ethernet)..... | 369 |
| Power-LAN (Powerline) | 370 |
| WPAN (Bluetooth) | 374 |
| WLAN (WiFi) | 377 |
| Übertragungswege | 379 |
| DSL/VDSL | 380 |
| Glasfaser..... | 386 |
| LTE (4G) | 388 |
| Powerline Access..... | 389 |
| Netze der Zukunft | 391 |

| | |
|--|------------|
| Internet via Satellit..... | 391 |
| Internet via Kabel | 394 |
| All-IP (Quad Play)..... | 396 |
| Router & Co..... | 400 |
| Betriebssysteme für Smart-TVs..... | 407 |
| webOS 2.0/3.0..... | 408 |
| Android-TV | 409 |
| Tizen für Samsung | 410 |
| Bildwiedergabesysteme NEXT GENERATION | 413 |
| Video-Features der Zukunft | 417 |
| Ultra HD/UHD/4K | 421 |
| BT.2020: Der lange Weg zum erweiterten Farbraum..... | 425 |
| HDR | 435 |
| Probleme bei der Kompatibilität | 441 |
| Probleme zwischen Aufnahme und Wiedergabe | 441 |
| Tonemapping..... | 444 |
| HDR-Übertragungsmethoden | 444 |
| Metadaten | 445 |
| HDR-Systeme und ihre verschiedenen Ansätze | 447 |
| HD+ (Samsung)..... | 448 |
| HDR-10 vs. Dolby Vision | 448 |
| Videomaterial mit HDR..... | 450 |
| Amazon und Netflix setzen auf Dolby Vision..... | 451 |
| HDR nur mit dem richtigen Kabel | 451 |
| Ultra HD Premium™..... | 452 |
| Praxistest zum Zertifikat | 456 |
| Weitere Gütesiegel für 4K/Ultra HD | 460 |
| Streaming in Ultra HD und 8K..... | 462 |
| Upscaling & Co..... | 463 |
| UHD Deep Color | 469 |
| UHD/HDR-Demokanäle | 470 |
| Display-Technologien | 473 |
| Plasma | 473 |
| LCD/LED | 475 |
| LED-Backlight-Technologien im Vergleich | 476 |
| OLED | 479 |
| OLED vs. LED/LCD & Co. | 485 |

| | |
|---|------------|
| Beleuchtung | 485 |
| Farbbrillanz | 486 |
| Kontrast..... | 487 |
| Lebensdauer | 488 |
| Einbrennen | 489 |
| 3D-Darstellung | 489 |
| Bewegungsdarstellung | 490 |
| QLED/Quantum Dots | 490 |
| QLED vs. OLED | 495 |
| TV-Bildschirme..... | 498 |
| 4K-OLEDs + HDR | 501 |
| HDR + QLED..... | 502 |
| UHD-Standard für wenig Geld | 505 |
| ULED | 508 |
| Curved-TV..... | 510 |
| Ambilight | 515 |
| Extra dünn | 518 |
| Video-Equipment..... | 522 |
| UHD-Standards bei Schnittstellen | 523 |
| 4K/UHD-Blu-ray-Player + HDR..... | 525 |
| Blu-ray vs. Streaming (4K/HDR) | 529 |
| Tuner/Receiver & Co..... | 530 |
| Integrierte Tuner..... | 530 |
| Externe Tuner | 531 |
| Tuner plus SAT-IP-Client | 533 |
| AV-Receiver..... | 534 |
| SAT-Receiver inklusive 4K + HDR..... | 536 |
| PS4 PRO mit 4K/HDR-Content..... | 537 |
| UHD/4K-Streaming-Boxen | 538 |
| Soundbars/Audio-Systeme | 541 |
| Heimkino: Beamer/Leinwände | 551 |
| LCD-Technologie | 551 |
| DLP/LED-Technologie..... | 552 |
| SXRD-Technologie | 555 |
| D-ILA-Technologie..... | 558 |
| Wichtige Parameter | 560 |
| Leinwände..... | 561 |

| | |
|--|------------|
| Virtual Reality | 564 |
| Professionelle Bildeinstellungen..... | 567 |
| Drei Gründe für schlechte Bildqualität | 573 |
| Hintergründe der Werkseinstellungen | 574 |
| Vier Methoden zur Bildoptimierung | 577 |
| Sechs Schritte zur Bildoptimierung | 577 |
| Die richtigen Menüeinstellungen..... | 579 |
| Blue-Only | 580 |
| Die professionelle Kalibrierung | 583 |
| Kalibrierung mit Lichtsensoren | 586 |
| Display- und Beamer-Tuning | 590 |
| Was bedeutet Bildoptimierung zu Hause? | 590 |
| Standardwerte | 590 |
| Basis der Bildoptimierung | 592 |
| Grundmerkmale der Bildanalyse..... | 593 |
| Was bedeutet Bildoptimierung? | 595 |
| Vorbereitung der Bildoptimierung | 596 |
| Alles auf einen Blick..... | 598 |
| Testbilder von BUROSCH..... | 599 |
| Einsatzgebiete | 601 |
| 5 Kategorien der BUROSCH-Testbilder | 602 |
| Basic-Testbilder | 603 |
| Basic-Testbild Nr. 1: Bildformat/Overscan | 603 |
| Basic-Testbild Nr. 2: Helligkeit | 606 |
| Basic-Testbild Nr. 3: Kontrast | 608 |
| Basic-Testbild Nr. 4: Farbe | 610 |
| Basic-Testbild Nr. 5: Bildschärfe..... | 611 |
| Universal-Testbilder..... | 613 |
| Universal-Testbild: „First Check“ | 613 |
| Universal-Testbild: "Ladies" Version 1 (2013) | 614 |
| Universal-Testbild „Ladies“ Version 2 (2016)..... | 616 |
| Universal-Testbild „Divas“ inklusive Audiotestsequenz..... | 616 |
| Universal-Testbild „AVEC“ für Bild und Ton | 619 |
| Statische Testbilder zur Feineinstellung | 620 |

| | |
|--|------------|
| Testbild: "Display Banding/Clouding" | 621 |
| Testbild "BCC" | 621 |
| Testbild: „Crosstalk/Ghosting“ | 623 |
| Dynamische Testsequenzen | 624 |
| Realtestbilder zur Gegenkontrolle | 625 |
| Realtestbild "Woman" | 626 |
| Realbild "Stuttgarter Bibliothek" | 627 |
| Realbild "Santorin" | 628 |
| BUROSCH-Testbilder in der Praxis | 629 |
| Schritt 1: Die richtige Vorbereitung | 630 |
| Schritt 2: Die richtige Reihenfolge | 631 |
| Schritt 3: Die richtige Anwendung | 632 |
| Schritt 4: Die richtige Feineinstellung | 640 |
| Schritt 5: Die richtige Kontrolle | 641 |
| Tipps & Tricks | 648 |
| Hintergründe der vergleichenden Warentests | 651 |
| Synergien und Know-how | 653 |
| Fachzeitschriften/Praxis-Bewertungen | 653 |
| Hersteller/Industrie | 656 |
| Forschung/Entwicklung | 660 |
| Workshops | 662 |
| Ein Tipp zum Schluss | 664 |
| Häufig gestellte Fragen (FAQ) | 665 |
| HDTV & Fernsehstandards | 665 |
| Bildformate & Auflösung | 666 |
| Wiedergabegeräte & Anschlüsse | 669 |
| Technik und Grundbegriffe | 677 |
| Multimedia | 680 |
| Stichwortverzeichnis (Index) | 682 |

Vorwort

„Der Fortschritt geschieht heute so schnell, dass, während jemand eine Sache für gänzlich undurchführbar erklärt, er von einem anderen unterbrochen wird, der sie schon realisiert hat.“

Albert Einstein

Ob der Genius des 20. Jahrhunderts bereits seinerzeit geahnt hat, was in punkto Unterhaltungselektronik Großartiges und Vielfältiges entstehen würde? Für uns heißt es heute nicht selten: „Glotze an – Alltag raus!“ oder wir schauen unterwegs die aktuelle Folge unserer Lieblingsserie im Bus oder Zug. Doch wie kommt das Video der letzten Familienfeier auf die Beamerleinwand, der neueste Blockbuster per Stream auf den TV-Bildschirm oder der aktuelle Podcast auf das Display unseres Smartphones?

Fernsehen ist nicht mehr nur „Der Alte“ zur selben Zeit, am selben Ort. Heute können wir immer und überall mithilfe modernster Multimediatechnik unterhalten und informiert werden. Der Empfang von Filmmaterial aus fast einhundert Jahren ist kinderleicht und auf diversen Wegen möglich. Deshalb lässt sich das Fernsehen nicht in eine einzige Schublade pressen, es ist ein Teil der Mediengeschichte, die aus vielen Bereichen der Funk-, Film-, Hörfunk-, Telekommunikations- und Raumfahrttechnik aber auch des gesellschaftlichen und sogar politischen Wandels besteht. Was auf dem Papier anno 1880 mit einer Idee zur seriellen Bildübertragung begann und letztlich in den 1930er Jahren mit der Kathodenstrahlröhre von Ferdinand Braun und Manfred von Ardenne erstmalig realisiert wurde, ist heute im Jahre 2016 eine Selbstverständlichkeit.

Bereits Mitte des 20. Jahrhunderts entstand ein Massenmarkt, der sich bis heute unaufhaltsam entwickelt. Immer größer, kompakter, schneller, brillanter werden die stationären und mobilen Endgeräte zur Bildwiedergabe. TV-Geräte entwickelten sich von klobigen Mattscheiben zu eleganten Displays mit präziser Nanotechnologie – von superschlank bis gebogen, mit Full HD oder nativer UHD-Auflösung (Ultra HD), einzigartigen Farben und einem nie da gewesenen Kontrast, stationär oder mobil. Der klassische TV-Apparat hat ausgedient, Fernsehen ist heute viel mehr: Entertainer, Ratgeber, Seelsorger, Babysitter, Mentor, Ideengeber, Trendsetter und die Schnittstelle zu einer globalisierten Welt.

Dieses Buch erzählt die Geschichte des Fernsehens von den Anfängen bis zur Gegenwart. Es vermittelt Grundlagen über die menschliche Wahrnehmung, die Farbmeterik, Farbraummodelle, Bildauflösungen und Videoformate sowie technische Hintergründe zum analogen und digitalen Fernsehen, der Videosignalübertragung, diversen Kompressionsverfahren, zur Kalibrierung beziehungsweise Bildoptimierung und erläutert darüber hinaus wichtige Standards in Bezug auf DVB, HDMI, HEVC und das CIE-Normvalenzsystem. Während viele Bücher hier enden, beleuchtet dieses Praxishandbuch die Video-Features der Gegenwart und damit aktuelle Bildwiedergabetechnologien im Zusammenhang mit OLED, Quantum Dots, HDR oder aber Curved-TV und beantwortet zahlreiche Fragen rund um das Thema Multimedia.

Die Firma BUROSCH arbeitet mit diversen Forschungseinrichtungen, namhaften Herstellern sowie verschiedenen Warentestern zusammen, wobei jeder einzelne Partner von diesem einzigartigen Netzwerk partizipiert. Im Besonderen sei hier die technische Fakultät der Hochschule Pforzheim und Professor Blankenbach zu nennen, der verantwortlich ist für die Vertiefungsrichtung Displaytechnik im Studiengang Elektrotechnik. Im Bereich der Messtechnik entwickelte BUROSCH seinen neuen Lichtsensor gemeinsam mit Professor Seelmann und Professor Dittmar der Hochschule Aalen.

In der Praxis arbeitet BUROSCH mit zahlreichen Fachzeitschriften zusammen, die auf Basis der BUROSCH-Testbilder ihre vergleichenden Warentests durchführen; hierzu zählen unter anderem HDTV, CHIP, c't, SATVISION, AUDIO VIDEO FOTO BILD, audiovision oder auch sat+kabel. Weitere Auftraggeber von BUROSCH sind neben der European Broadcast Union in Genf oder dem Institut für Rundfunktechnik in München selbstverständlich in der Industrie zu finden. Weltweit kommt hier das BUROSCH-Know-how zum Einsatz, wenn es beispielsweise darum geht, im Shoot Out herauszufinden, welcher Hersteller das beste Display bietet und wie die Bildwiedergabe optimiert werden kann. Wer also einen Fernseher, Monitor oder Beamer von Sony, Panasonic, Samsung, LG, Changhong etc. kauft, der kann darauf vertrauen, dass die Qualitätskontrolle mit BUROSCH-Testbildern durchgeführt wurde.

Auf Basis dieser exklusiven Kooperation kann letztlich jeder Kunde, Anwender sowie Leser dieses Buches die hervorragende Sachkenntnis, das umfassende Praxiswissen sowie die daraus resultierende Präzision und Professionalität der BUROSCH-Messtechnik nutzen.

„Medientechnik – Grundlagen. Geschichte. Gegenwart.“ ist ein praktisches Gemeinschaftswerk der Firma BUROSCH. An der Erstellung beteiligten sich zahlreiche Fachleute, die sich nicht zuletzt auf diesem Wege für die langjährige Zusammenarbeit mit BUROSCH bedanken wollen. Zu ihnen gehört einer der

erfahrensten und profiliertesten TV-Entwickler Deutschlands. Konrad L. Maul war es eine Ehre, das Technik-Essay für dieses Buch zu schreiben. Er war 37 Jahre in der Fernsehentwicklung tätig und leitete unter anderem das Entwicklungsteam für das erste 100-Hertz-Gerät der Firma Grundig.

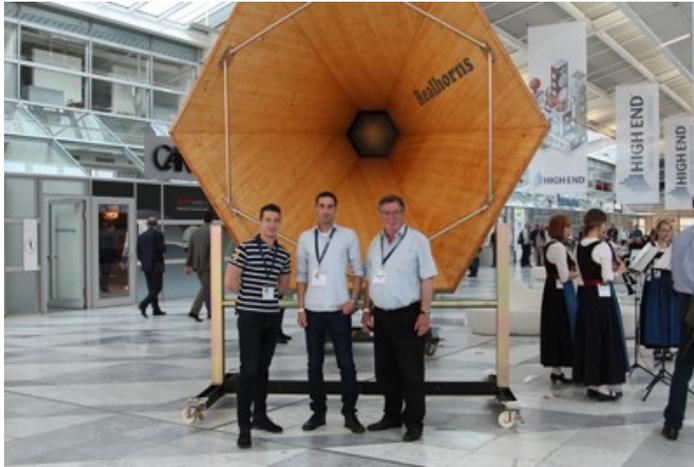


Abbildung 2: Andreas Burosch, Steffen Burosch und Klaus Burosch, High End München 2015

Technik-Essay von Konrad L. Maul

Das erste deutsche Fernsehpatent von Paul Nipkow

„Der hier zu beschreibende Apparat hat den Zweck, ein am Orte A befindliches Objekt an einem beliebigen anderen Orte B sichtbar zu machen“, sind die einleitenden Worte in Paul Nipkows Patentschrift von 1885 mit dem Titel „Elektrisches Teleskop“. Ein wahrer Geniestreich, wie wir im Folgenden noch sehen werden. Und da sich 2015 der Start des weltweit ersten regulären Fernsehprogramms zum achtzigsten Mal jährt, soll es der Anlass sein, diese Schlüsselerfindung näher in Augenschein zu nehmen.



Foto: commons.wikimedia.org

Paul Nipkow (1860-1940) Fernseh pionier

Paul Nipkow wurde als Sohn eines Bäckermeisters 1860 in Lauenburg (Pommern) geboren. Er besuchte das Gymnasium und interessierte sich schon früh für Naturwissenschaften und Technik. Und wie es bei vielen jungen Menschen der Fall ist, die später Technik und Ingenieurwissenschaften als ihre Berufung erleben, hatte auch der junge Nipkow Freude am Experimentieren. In seinem Heimatort wurde zu dieser Zeit im Postamt eine Fernsprechstelle eingerichtet, damals eine technische Sensation. Er überredete den zuständigen Postbeamten, den er gut kannte, ihm den Bell-Telefonhörer der Sprechstelle über Nacht zu leihen. Er baute ein Mikrophon dazu und stellte mit dieser einfachen Telefonverbindung Versuche an.

Nach dem Schulabschluss ging Paul Nipkow zum Studium nach Berlin. Er studierte Mathematik, Physik und hörte auch Vorlesungen über Elektrotechnik. Am Heiligabend 1883 soll er, so sagt jedenfalls die Anekdote, dann sein

Heureka-Erlebnis gehabt haben. Eine Fahrt nach Hause zu seiner Familie konnte er sich mit seinem spärlichen Budget nicht leisten. Also saß er alleine in seiner Studentenbude und sah durch das Fenster die brennenden Kerzen an den Weihnachtsbäumen in der Nachbarschaft. Er fühlte sich einsam. Da soll ihm der Gedanke gekommen sein, welche phantastische Möglichkeit es wäre, zumindest mittels eines „Telephons für Bilder“ am Geschehen zu Hause teilnehmen zu können und er erdachte ein vollkommen neues Prinzip der Bildzerlegung und des Bildaufbaus.

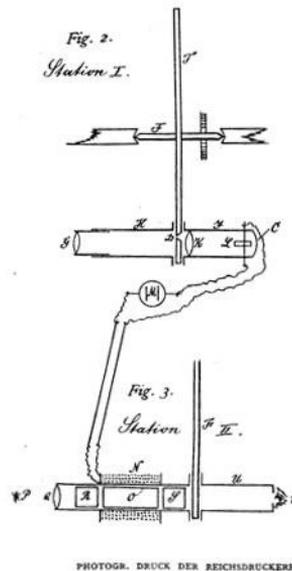
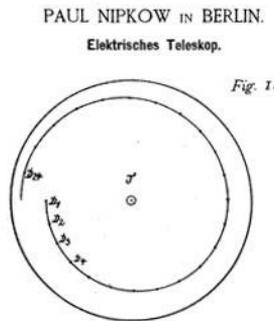
Bevor wir uns aber Paul Nipkows Erfindung näher ansehen, werfen wir zunächst einen Blick auf die technischen Erkenntnisse und Grundsatzüberlegungen, die ihm seinerzeit zur Verfügung standen.

Der englische Elektroingenieur Willoughby Smith hatte 1873 Messergebnisse an Stäben aus kristallinem Selen unter Lichteinwirkung veröffentlicht. Er gilt damit als Entdecker des Photowiderstandes. Ein Bauelement war gefunden, das Lichtwerte in entsprechende elektrische Stromwerte umwandeln konnte. „Warum nicht diese neue Selenzelle zur Übertragung eines realen Bildes über eine Telegraphenleitung verwenden?“, dachte sich der französische Notar und Erfinder Constantin Senlecq. Er veröffentlichte 1881 das erste Buch in der Weltgeschichte über Fernsehen „Le Téléroscope“. Senlecq war nicht der Einzige, der das Prinzip vorschlug, ein Bild in Bildpunkte zu zerlegen, deren Helligkeitswerte in elektrische Ströme zu wandeln, diese nacheinander auf einer Telegraphenleitung zu übertragen, um sie dann auf der Empfangsseite wieder zusammensetzen. Aber gemeinsam war allen Überlegungen zu dieser Zeit, dass die vorgeschlagenen Konzepte der Bildabtastung technisch nicht umsetzbar seien.

Paul Nipkow zögerte nicht lange und reichte sein Fernsehsystem „Elektrisches Teleskop“ schon nach den Weihnachtsfeiertagen am 6. Januar 1884 zur Patentierung beim Kaiserlichen Patentamt ein. Die Patentierung erfolgte dann am 15. Januar 1885 (siehe Abbildung 2). Die Ausgestaltung der Erfindung zeigt Abbildung 3 anhand von drei Zeichnungen.



Deckblatt des ersten deutschen Fernsehpatents von Paul Nipkow



Zu der Patentschrift
№ 30105.

Abb. Deutsches Patent- und Markenamt
DE000000030105A Seite 5

Erstes deutsches Fernsehpatent von Paul Nipkow;
Ausgestaltung der Erfindung anhand von drei Zeichnungen

Zum leichteren Verständnis der Beschreibung wurden die Originalzeichnungen des Patentbesitzers in zwei Prinzipzeichnungen (Abbildung 4 und 5) umgeformt.

Beginnen wir mit der Nipkow-Scheibe selbst: Nipkow schlägt vor, entlang einer Spirallinie in gleichmäßigen Abständen Bohrungen anzubringen, in seinem Ausführungsbeispiel sind es 24. Mittels eines Uhrwerks wird die Scheibe in gleichmäßige Umdrehungen versetzt. Die Scheibe dreht sich vor dem zu übertragenden Objekt, in unserem Beispiel der Einfachheit halber die Zeichnung des Buchstabens A. Hinter der Scheibe befindet sich eine Blende, die hier rechteckförmig gezeichnet ist. Paul Nipkow hatte eine rohrförmige Konstruktion

gewählt, die einen kreisförmigen Bildausschnitt geliefert hätte. Wenn wir nun von vorne auf die Scheibe sehen, gibt diese jeweils nur den Bereich der Vorlage frei, der durch eine Bohrung zu sehen ist. Die Abstände der Bohrungen sind so gewählt, dass wenn eine Bohrung den linken Rand des Blendenfensters erreicht, die nächste Öffnung am rechten Rand des Blendenfensters erscheint.

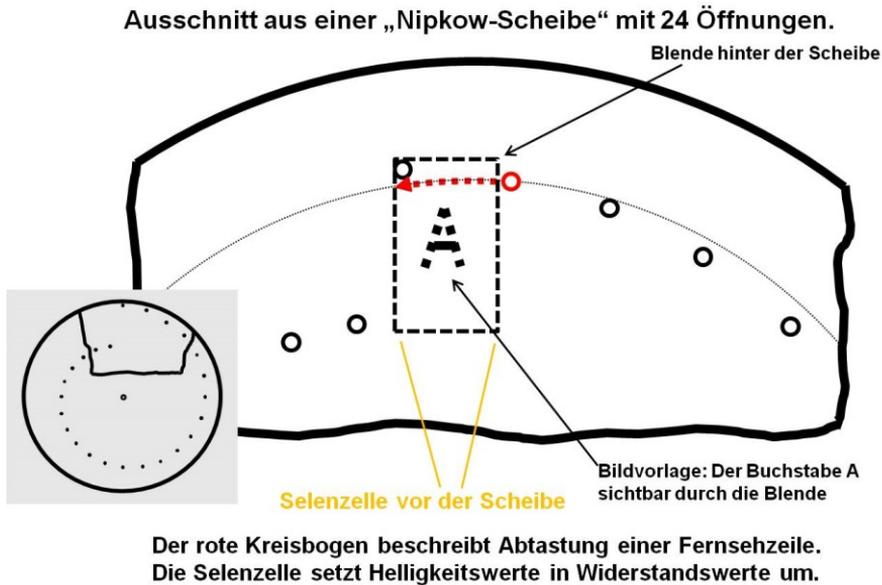
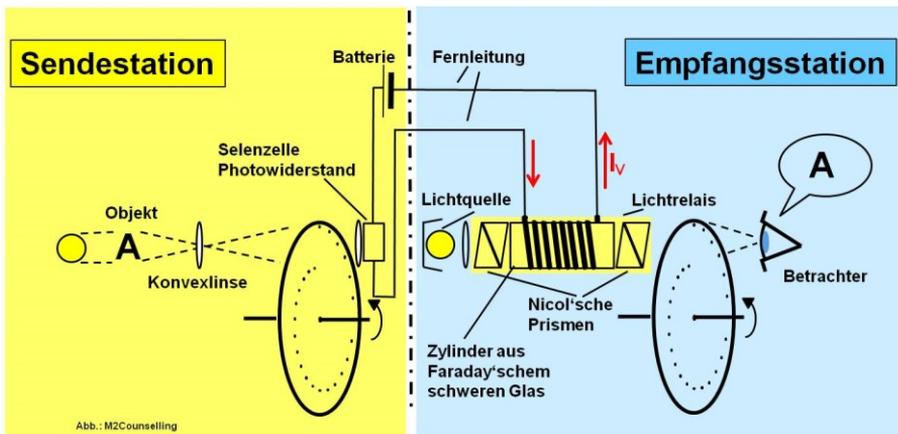


Abb. M2Counselling

Prinzipzeichnung des Patents: Nipkow-Scheibe mit 24 Öffnungen;
Funktionsprinzip der Bildabtastung

Der rot markierte Kreisbogen in Abbildung 4 beschreibt den Weg der roten Öffnung und entspricht damit quasi einer Abtastzeile des Nipkow'schen Fernsehsystems. Wenn Öffnung 24 den linken Blendenrand erreicht, hat die Scheibe eine ganze Umdrehung durchgeführt und damit ein ganzes Bild mit 24 Zeilen abgetastet. Die Bildabtastung beginnt mit der nächsten Umdrehung für das nächste Bild wieder von vorne. Für die Übertragung muss nun der Helligkeitswert jedes Bildpunktes, den die jeweiligen Scheibenöffnungen freigeben, in einen elektrischen Wert umgewandelt werden. Dazu sieht Paul Nipkow an der Stelle, auf der wir in der Prinzipskizze auf die Scheibe geblickt haben, einen Selenwiderstand vor. Dieser setzt nun die Punkthelligkeit in einen Widerstandswert um.

In Abbildung 5 ist links der prinzipielle Aufbau der Sendestation zu sehen. Der Photowiderstand ist über eine Batterie mit den beiden Drähten der Fernleitung verbunden.



Prinzipzeichnung des Patents: Aufbau der Sende- und Empfangsstation

Auf der rechten Seite zeigt Abbildung 5 den Aufbau von Nipkows Empfangsstation. Hier verwendet er eine mit der Senderseite baugleiche Nipkow-Scheibe, die ebenfalls von einem Uhrwerk angetrieben wird und sie so synchron zur Sendestation in gleichmäßige Umdrehungen versetzt. Auf der Empfängerseite müssen nun die auf der Senderseite durch die Abtastung erhaltenen Widerstandswerte wieder in Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte umgewandelt werden.

Die zur Zeit der Patentanmeldung vorhandenen elektrischen Lichtquellen waren die Kohlebogenlampe und die von Edison 1879 zum Patent eingereichte Kohlefadenglühlampe. Beide waren für die direkte Umwandlung der schnellen Helligkeitswechsel, die Nipkows elektromechanisches Verfahren erfordert, nicht geeignet. Deswegen griff er auf den von Michael Faraday 1846 entdeckten Effekt der Polarisationsdrehung des Lichts zurück. Dabei wird die Polarisationssebene eines Lichtstrahls, der in ein durchsichtiges Medium geleitet wird, durch ein Magnetfeld längs dieses Mediums gedreht.

Abbildung 5 zeigt die von Paul Nipkow vorgeschlagene Anordnung, die später auch als „Lichtrelais“ bezeichnet wurde. Dieses besteht aus einem Glasstab um den Drahtwindungen gelegt werden. Vor und hinter dem Stab sind Nicol'sche Prismen angebracht. Ein Nicol'sches Prisma besteht aus zwei mit speziellem Klebemittel aneinandergfügten Prismen. Es hat die Eigenschaft, den eingehenden Lichtstrahl einer Lichtquelle zu polarisieren, sodass am Ausgang der Lichtstrahl nur mehr eine Schwingungsebene aufweist.

Nipkow gibt an, dass die beiden Nicol'schen Prismen so gegeneinander zu verdrehen sind, dass das Licht der Lichtquelle nicht mehr am Ausgang des

„Lichtrelais“ erscheint. Die Polarisierungsebenen der beiden Nicol'schen Prismen stehen dann senkrecht zueinander. Wird nun Strom durch die Spule geschickt, dreht sich nach dem Faraday-Effekt die Polarisierungsebene des Lichtstrahls beim Durchlaufen des Glasstabs, und diese steht nicht mehr senkrecht zur Polarisierungsebene des Nicol'schen Prismas am Ausgang. Licht kann also passieren. Mit der Stärke des Stromes lässt sich der Winkel der Polarisationsdrehung und somit die Helligkeit steuern. Die Spule des „Lichtrelais“ verbindet Nipkow mit den beiden Drähten der Fernleitung.

Sehen wir uns nun das Zusammenwirken der Sende- und Empfangsstation an. Die jeweilige Punkthelligkeit wird durch den Selenwiderstand in einen analogen Widerstandswert umgesetzt. Die Batterie treibt einen dem Widerstandswert entsprechenden Strom durch die Spule des „Lichtrelais“, und demgemäß stellt sich die Helligkeit am Ausgang des „Lichtrelais“ ein. Das Auge und das Gehirn des Beobachters vor der sich drehenden Nipkow-Scheibe des Empfängers setzt aus den einzelnen übertragenen Bildpunkthelligkeiten wieder den Buchstaben A der Vorlage zusammen.

Paul Nipkow hat in seiner Patentschrift noch weitere Ausführungsformen für sein „Lichtrelais“ beschrieben, die aber für die Bildübertragung nicht geeignet sind. Weiterhin gibt Nipkow folgenden Ausführungshinweis, den er mit Annahmen zum Sehsystem begründet: Das Auge empfände einen momentanen Lichteindruck 0,1 bis 0,5 Sekunden lang. Ein einheitliches Bild ergäbe sich mit seinem „Elektrischen Teleskop“, wenn beide Scheiben in 0,1 Sekunden eine Umdrehung vollenden würden. Sein System liefert demnach zehn Bilder in der Sekunde. Paul Nipkow hat also die „Trägheit“ des Sehsystems schon zur Wirkungsweise angeführt - und dies vor Erfindung der Filmkamera und des Filmprojektors durch Le Prince (1888) und Edison (1890-1891).

Ob Paul Nipkow versucht hat, sein „Elektrisches Teleskop“ praktisch zu erproben, ist nicht bekannt. Man geht davon aus, dass er es nicht getan hat. Die Frage ist natürlich, ob 1884 ein Aufbau nach seinen Prinzipzeichnungen überhaupt funktioniert hätte.

Die Antwort ist leider „nein“, und zwar aus folgenden Gründen:

- Der verwendete Selenwiderstand wäre zu träge gewesen, um die Bildpunkthelligkeiten umzusetzen.
- Das auf dem Faraday-Effekt beruhende „Lichtrelais“ hätte für die Drehung der Polarisierung so hohe Ströme benötigt, dass sie allein mit einem Selenwiderstand nicht hätten erzeugt werden können.
- Die Selbstinduktion der Spule des „Lichtrelais“ hätte die für die Bildübertragung erforderlichen schnellen Änderungen des Stromes nicht zugelassen.
- Die Synchronisation der beiden Scheibenantriebe war nicht gelöst.

Paul Nipkow ließ 1886 sein Patent aus Geldmangel erlöschen. Andere Quellen besagen, dass es erst nach 15 Jahren verfiel. Für ersteres spricht, dass er ebenfalls aus Geldmangel sein Studium 1885 abbrach und sich als "Einjährig Freiwilliger" bei einem Eisenbahnregiment verpflichtete. Danach arbeitete er als Konstrukteur bei der Zimmermann & Buchloh-Eisenbahnsignalbauanstalt. In dieser Tätigkeit hat er noch zahlreiche Erfindungen im Eisenbahnbereich gemacht.

Um elektromechanisches Fernsehen nach Paul Nipkows Vorstellungen zu verwirklichen, mussten noch einige Schlüsselbausteine erfunden werden, hauptsächlich die Fotozelle durch Hallwachs, Elster und Geitel (ab 1887), die Verstärkerröhre durch Robert von Lieben und Lee de Forest (1906) und die Flächenglimmlampe durch Mac F. Moore (ab 1900). 1924, also 40 Jahre nach Einreichung des Patents von Paul Nipkow, gelang dem schottischen Erfinder John Logie Baird die erste Übertragung von Bildern mit Nipkow-Scheiben. Die erste deutsche Fernsehübertragung demonstrierte Professor August Karolus ebenfalls 1924. Sein System hatte 48 Zeilen.

Der erste deutsche Fernsehsender in Berlin Witzleben (Funkturn auf dem Messegelände) wurde 1935 zu Ehren Paul Nipkows in „Sender Paul Nipkow“ umbenannt. Und am 22. März 1935 wurde über diesen Sender das erste reguläre Fernsehprogramm gestartet. Inzwischen hatte zwar das elektronische Fernsehen Fortschritte gemacht, aber aufgrund des Zeitdrucks wurde der Betrieb noch mit elektromechanischer Abtastung auf der Aufnahme- und Wiedergabe-Seite aber schon mit vollelektronischer Wiedergabe gestartet. Die Zeilenzahl betrug jetzt 180 Zeilen.

Es gab nur sehr wenige Empfänger, sodass öffentliche Fernsehstuben eingerichtet wurden, in denen sich viele begeisterte Zuschauer drängten, um zum ersten Mal Fernsehen erleben zu können. Es wird berichtet, dass auch Paul Nipkow zu dieser Zeit zum ersten Mal nach seinem System übertragene Fernsehbilder sah und dass er enttäuscht gewesen sei. Die Fernsehbilder in seiner Phantasie an jenem Heiligabend 1883 waren wohl der Zeit weit voraus gewesen. Berechnet man nämlich aus den Angaben in seinem Patent - also 24 Bildzeilen und kreisförmiges Bildformat - die Bildpunktzahl, ergeben sich nur ca. 576 Bildpunkte.

Aber die Entwicklung ging weiter. Was würde Paul Nipkow wohl sagen, wenn er heute UHD-Fernsehbilder mit über 8 Millionen Bildpunkten in Farbe sehen könnte. Dazu besteht jeder dieser Bildpunkte des LC-Displays des Fernsehgerätes aus einem Subpixel für Rot, Grün und Blau. Erfreut könnte er feststellen, dass für jedes dieser Subpixel ein „Lichtrelais“ eingebaut ist. Mit zwei Polarisationsfiltern und dazwischen Flüssigkristalle, die die Polarisationssebene in Abhängigkeit der angelegten Spannung verändern und somit die Pixelhelligkeit steuern.



Konrad L. Maul, Dipl.-Ing. (FH) war 37 Jahre in der Fernsehentwicklung tätig, davon 30 Jahre in leitender Position. Als Gruppenleiter war er für das erste 100-Hertz-TV-Gerät verantwortlich. Von 2001 bis 2008 leitete er die Fernsehentwicklung von Grundig. Damit ist er einer der erfahrensten und profiliertesten TV-Entwickler Deutschlands.

Die Chronologie des Fernsehens

„Es ist schwer zu sagen, was unmöglich ist, denn der Traum von gestern ist die Hoffnung von heute und die Wirklichkeit von morgen.“

Robert Goddard

Vor etwa achtzig Jahren erkannte der amerikanische Wissenschaftler, was auch heute noch Gültigkeit besitzt. Was wäre schließlich die Welt ohne Visionen, Wagnisse und Utopien? Und ist nicht genau aus diesem Grunde der Großteil dessen, was einst als Träumerei abgetan wurde, heute Realität?

Hätte es nicht von je her Menschen gegeben, die sich mit dem Unmöglichen auseinandersetzen, müssten wir heute auf viele Annehmlichkeiten verzichten. Und doch stellen wir uns im Angesicht der Schnelligkeit des 21. Jahrhunderts Fragen, wie: Was soll uns der technische Fortschritt noch bringen? Ist denn nicht schon alles erfunden? Wer braucht 8K-Auflösungen oder so rasante Bildwechselfrequenzen, die unsere Wahrnehmung sowieso nicht mehr erfassen kann? Reicht das Kabel- oder Satellitenfernsehen nicht aus? Wozu All-IP? Und vor allem: Was kommt danach?

Um die Gegenwart respektieren und die gigantischen Möglichkeiten der Zukunft erkennen zu können, ist der Blick in die Vergangenheit schon immer eine gute Wahl gewesen. Deshalb soll im Folgenden die Geschichte des Fernsehens beziehungsweise der Medientechnik im Allgemeinen in einem Schnelldurchlauf dargestellt werden. Es ist die Zeitreise durch über einhundert Jahre Forschung und Wissenschaft sowie eines strukturellen Wandels in Gesellschaft, Wirtschaft und Kultur – bis hin zur aktuellen Vielfalt, Schönheit und Brillanz der modernen Unterhaltungselektronik, deren Entwicklung noch längst nicht als abgeschlossen gilt.



19. Jahrhundert

- 1843** Alexander Bain schafft mit der Patentierung seines Faxgerätes die Grundlagen für die Bildzerlegung.
- 1883** Paul Nipkow erfindet das elektrische Teleskop: die Nipkow-Scheibe zur optisch-mechanischen Bildabtastung, die zur Bildzerlegung für das Fernsehen bis Anfang der 1930er Jahre genutzt wurde.
- 1889** Alexander Stoletow entdeckt die Photozellen (Elektronenröhren)
- 1897** Ferdinand Braun entwickelt gemeinsam mit Jonathan Zenneck die Kathodenstrahlröhre (Braunsche Röhre) – die Grundlage zur Bilddarstellung für das Fernsehen.

20. Jahrhundert

- 1900** Konstantin Perski prägt das Wort „Television“ auf der Pariser Weltausstellung.
- 1906** Max Dieckmann (Schüler von Karl Ferdinand Braun) erzeugt das erste elektronische Fernsehbild in Deutschland. Es hat eine Auflösung von 20 Zeilen mit 10 Bildern pro Sekunde
Gemeinsam mit G. Glage benutzen sie die Braun'sche Röhre zur Wiedergabe von Schwarzweiß-Bildern – die erste brauchbare Methode zur elektronischen Bildwiedergabe.
Boris Rosing schafft Schattenrisse auf Elektronenstrahlröhren.
- 1907** Das erste Fernsehbild wird übertragen und empfangen.
- 1909** Ernst Ruhmer überträgt mithilfe von 25 Selenzellen das Bild eines Kreuzes auf eine Glühlampentafel.
- 1914** Dénes von Mihály arbeitet im Auftrag des österreichischen Kriegsministeriums an einem Fernsehsystem zur militärischen Aufklärung (Telehor).
- 1922** Gründung des Radiosenders BBC (British Broadcasting Corporation).
- 1923** Wladimir Sworykin baut die Ikonoskop-Röhre (elektronischen Bildabtaster), die ab 1934 serienmäßig hergestellt wird.

- 1924** August Karolus (Universität Leipzig) stellt eine mechanisch/elektronisch arbeitende Bildübertragungs-Einrichtung vor. Mithilfe zweier Nipkow-Scheiben, einer Photo- und einer Kerr-Zelle können nun Bilder mit 45 Zeilen und einer Bildfrequenz von 12 Bildern/Sekunde übertragen werden.
- John Logie Baird überträgt auf Basis der Nipkowschen Scheibe mit seinem „Televisor“ Schattenbilder über eine Distanz von drei Metern.
- J.L. Baird speicherte Fernsehbilder auf Schallplatten bzw. Bildplatten (Bandbreite ca. 12 kHz) und schaffte den Vorläufer des Videorekorders. Einige dieser Platten sind erhalten und werden regelmäßig im Filmmuseum in Bradford vorgeführt.
- 1926** Der Japaner Kenjiro Takayanagi überträgt ein Bild auf rein elektronischem Weg. Dazu benutzt er einen voll funktionsfähigen Fernseher auf Basis der Kathodenstrahlröhre.
- 1927** Es finden Übertragungen von Fernsehbildern mit 100 Zeilen statt.
- 1928** Dénes von Mihály stellt in New York einen Fernsehempfänger auf Basis der Nipkow-Scheibe aus.
- Ernst F. W. Alexanderson entwirft einen Drehspiegel-Projektor für zwei Meter große Fernsehbilder.
- NBC (National Broadcasting Company) startet ihren Testbetrieb.
- John Logie Baird überträgt die ersten Farbfernsehbilder.
- 1929** Die erste deutsche Fernsehübertragung wird getestet: vom Berliner Funkturm zum Reichspostzentralamt in Berlin-Tempelhof werden zwei Mädchen im Badeanzug mit 30 Zeilen und 10 Bildern/Sekunde drahtlos übertragen.
- Gründung der Fernseh-AG in Berlin – ein Gemeinschaftsprojekt der Unternehmen Bosch, Baird-TV, Zeiss-Ikon und Loewe AG.
- 1931** Auf der 8. Funkausstellung in Berlin präsentiert Manfred von Ardenne am Loewe-Stand das elektronische Fernsehen erstmals der Öffentlichkeit.
- CBS strahlt in New York City ein regelmäßiges Fernsehprogramm aus.
- 1934** Raymond Davis Kell ermittelte experimentell den Kell-Faktor.

1935 Der deutsche Fernsehsender „Paul Nipkow“ startet: Am 22. März 1935 überträgt der Berliner Funkturm auf Ultrakurzwellen 7,06 m (42,46 MHz) das weltweit erste öffentliche, regelmäßige Fernsehprogramm.

Das Reichspostmuseum Berlin eröffnet die erste „Fernsehstube“. Die insgesamt 15 öffentlichen Fernsehstellen bieten Platz für 70 Personen und übertragen an drei Tagen pro Woche (von 20.30 bis 22.00 Uhr) Kurz- und Spielfilme sowie die Wochenschau. Etwas später strahlte auch die BBC in London ein Fernsehprogramm aus.

1936 Die erste elektronische Fernsehkamera von Emil Mechau („Olympiakanone“) überträgt direkt die Olympischen Sommerspiele in die Berliner Fernsehstuben – der Beginn des vollelektronischen Fernsehzeitalters.

Sendestart von BBC 1 (der erste Sender Großbritanniens); in Großbritannien werden Fernseher für die Darstellung von Bildern mit 405 Zeilen produziert.

1937 Deutschland wechselt von der 180- auf die 441-Zeilennorm.

Mit Kriegsbeginn wird 1939 die europäische Fernsehindustrie vorerst stillgelegt. Der Deutsche Fernsehrundfunk „Fernsehsender Paul Nipkow“ stellt 1944 seinen Sendebetrieb ein.

1950 Der NWDR sendet vom Hochbunker Heiligengeistfeld in Hamburg ein Fernseh-Versuchsprogramm (drei Tage pro Woche).

1951 Sendestart eines täglichen Versuchsprogramms auf dem Grundig-Werksengelände in Fürth.

Öffentliche Fernsehübertragung im Stadtpark Berlin-Schöneberg.

1952 In Europa werden 625 Zeilen als Norm festgelegt (Frankreich und Belgien erproben für kurze Zeit 819 Zeilen).

Am 21. Dezember 1952 geht zu Ehren Stalins an seinem Geburtstag in Berlin-Adlershof die erste „Aktuelle Kamera“ auf Sendung (vom späteren Fernsehsender DFF der DDR).

Am 25. Dezember 1952 nimmt die Bundesrepublik Deutschland ihren Fernsehbetrieb wieder auf, auch wenn das Fernsehen im geteilten Deutschland noch nicht zum Alltag gehört. Ein TV-Gerät kostet Anfang der 1950er Jahre etwa 1000 Mark.

Start des täglichen Fernsehprogramms in West-Deutschland (Hamburg).

1953 Im Sommer wird europaweit die Krönungszeremonie von Elisabeth II. übertragen. In Westdeutschland boomt das Wirtschaftswunder. Immer mehr Menschen können sich einen eigenen TV-Apparat leisten. 4000 Fernsehgeräte werden in der Bundesrepublik Deutschland verkauft (DDR: 300).

1954 Die NTSC-Norm für Farbfernsehen wird in den USA eingeführt (die PAL-Norm in Europa übrigens erst zwölf Jahre später).

Start des Gemeinschaftsprogramms Deutsches Fernsehen der Landesrundfunkanstalten (ARD)

Die Fußballweltmeisterschaft wird übertragen. Public Viewing wird aus der Not heraus geboren: Tausende Menschen sitzen vor den Bildschirmen in den Wohnzimmern aber vor allem in Vereinslokalen und Gaststätten.

Die ersten Kabelfernbedienungen werden eingeführt.

1955 Sendestart des österreichischen Fernsehens

Philips stellt einen Fernseher vor, der alle europäischen Normen empfangen kann.

1956 Der Deutsche Fernsehfunk (DFF) der DDR startet den Regelbetrieb.

Vorstellung der ersten analogen Magnetaufzeichnungs-Anlage mit sendetauglicher Schwarzweißqualität (Quadruplex-System der Firma Ampex).

1957 Der erste Farbvideorekorder der Firma Ampex kommt auf dem Markt.

1960 Echo 1 - der erste passive Kommunikationssatellit wird in eine Umlaufbahn um die Erde gebracht.

1961 ARD2 startet als zweites deutsches Fernsehprogramm, später startet Österreich sein zweites Fernsehprogramm FS2 (seit 1992 ORF2).

1962 Der erste aktive Fernmeldesatellit (Telstar) wird in seine Umlaufbahn gebracht, die erste Liveübertragung für die Eurovision startet aus den USA.

1963 Die europäische PAL-Fernsehnorm wird patentiert.

Walter Bruch stellt das PAL-Verfahren für das Farbfernsehen vor, ab 1964 wird in Farbe ausgestrahlt. Seither entwickelte sich das Fernsehen stetig zum Massenmedium.

Offizieller Sendestart des Zweiten Deutschen Fernsehens (ZDF) in Mainz mit dem Aktuellen Sportstudio, moderiert von Wim Thoelke.

Syncom2 wird als erster Kommunikationssatellit in eine geostationäre Umlaufbahn gebracht. Das Senden/Empfangen ununterbrochen Signale von einem festen Punkt auf der Erde ist jetzt möglich.

- 1966/1967** Die meisten westeuropäischen Staaten übernehmen das PAL-Farbfernsehverfahren.
- 1967** Am 25. August 1967 drückt Vizekanzler Willy Brandt auf der 25. Großen Deutschen Funkausstellung in Berlin den berühmten roten Farbfernsehen-Knopf.
- 1969** Erste Live-Übertragung vom Mond über die Raumfähre Apollo 11.
Sendestart des DFF 2 der DDR; nach dem französischen SECAM-Verfahren jetzt in Farbe.
- 1970** Das Bildseitenverhältnis wechselt von 5:4 auf 4:3.
- 1971** Die 28. Deutsche Funkausstellung wird umbenannt in Internationale Funkausstellung und findet seither in Berlin statt.
- 1972** ARD und ZDF übertragen die XX. Olympischen Sommerspiele an alle Fernsehanstalten der Welt.
- 1973** Als erste Frau moderiert Carmen Thomas das Aktuelle Sportstudio im ZDF. Ihr Versprecher „Schalke 05“ geht in die Geschichte ein. Bereits zwei Jahre zuvor sprach Wibke Bruhns die ZDF-Spätnachrichten und durchdrang damit die Männerdomäne.
- 1975** Die Fernbedienung wird serienmäßig angeboten. Die sogenannte „Kanaltraue“ wird vom Zapping abgelöst, was nicht zuletzt der Grund für die stetig wachsende Programmviefalt war.
- 1977** Der Videotext wird eingeführt.
- 1979** Auf der IFA stellt Philips zwei Jahre vor der Serienreife den ersten CD-Player vor.
- 1980** Ted Turner gründet in den USA den Nachrichtensender CNN.

1981 MTV geht auf Sendung und wird über das Kabelnetz übertragen.

Anfang der 1980er wurde die Fernsehtechnik durch analogen Stereo-Ton (mittels zweier Tonunterträger) sowie Tele- bzw. Videotext ergänzt.

1983 Die Bundespost startet Bildschirmtext – den Vorläufer des Internets.

1984 RTL und SAT.1 (damals PKS) nehmen als erste bundesweite Privat-Fernsehsender ihren Betrieb in Deutschland auf. Aus ZDF2 wird 3Sat und der erste deutschsprachige Bezahlfernsehsender Teleclub startet sein Programm.

1985 Premiere des hochauflösenden Fernsehens HDTV auf der 35. IFA in Berlin. Erste Empfänger über Satellit, die D2MAC-Übertragungstechnik, RDS und Fernseher mit 84 und 95 cm Bild werden vorgestellt.

Die analoge D2-Mac-Technik wird als Übertragungsstandard der Zukunft mit höherer Bild- und Tonqualität sowie HDTV-Tauglichkeit vorgestellt. Man warb mit dem Slogan: "Herkömmliche TVs sind bald reif für den Mülleimer". Es sollte allerdings noch einige Jahre dauern.

Discovery Channel geht in den USA auf Sendung.

1986 Am 4. November werden terrestrische Frequenzen an private Anbieter vergeben. Basis dafür bildet das 4. Rundfunk-Urteil des Bundesverfassungsgerichts. Verwendet werden UKW-Frequenzen im Bereich von 100 bis 104 MHz aus dem Bereich des Flugnavigationfunkdienstes, die zuvor durch das Genfer Abkommen von 1984 freigegeben worden waren.

1987 Auf der IFA wird der erste 100-Hertz-Fernseher von ITT Schaub Lorentz vorgestellt.

Eureka TV (später ProSieben) startet sein Programm.

1988 Österreich sendet in den programmfreien Zeiten das Testbild.

1989 ProSieben (bis dahin Eureka TV) startet sein Programm.

EuroSport geht auf Sendung.

1991 Die ersten Fernsehgeräte im 16:9-Breitbildformat werden vorgestellt.

Premiere startet seinen Betrieb, BBC World geht auf Sendung.

Das DDR-Fernsehen wird zum 31.12.1991 abgeschaltet.

Seither findet wieder eine gesamtdeutsche IFA statt. Messe-Highlights sind u.a. die digitale Compact Cassette (DCC), die MiniDisc sowie wiederbespielbare CDs.

1992 Der erste deutsche Kabelkanal startet sein Programm (damals exklusiv über das Netz der Deutschen Telekom).

Europapremiere für HDTV anlässlich der Olympischen Winterspiele.

Sharp stellt den ersten ernst zu nehmenden Serien-LCD-TV vor mit 21,7 Zentimeter Diagonale (bis dahin waren es nur rund 12 Zentimeter).

Der deutsch-französische Sender ARTE nimmt seinen Betrieb auf (gemäß Staatsvertrag).

Sendestart des ersten deutschen Nachrichtensenders n-tv.

1993 VOX, RTL2 und VIVA nehmen ihren Sendebetrieb auf.

1995 Super RTL, der erste Sender für Kinder und Jugendliche startet sein Programm, später folgt der Homeshopping-Kanal HSE24.

Auf der IFA Berlin werden 16:9/PALplus, TV-/PC-Kombinationen, Dolby-Surround-Anlagen sowie Flachbildschirme vorgestellt.

1996 DF1, der erste digitale Bezahlfernsehsender wird in Deutschland ausgestrahlt.

1997 Pioneer bringt das erste Fernsehgerät mit Plasmabildschirm auf den Markt.

KiKA und PHOENIX gehen auf Sendung (mit digitaler Technik).

1998 Das interaktive Programm NBC Giga startet den Sendebetrieb (Computer im Fernsehen).

Die USA startet die HDTV-Übertragung via Antenne und Kabel.

Die ersten Plasmafernseher für den Heimgebrauch kommen auf den Markt: z.B. von Philips mit einer Bilddiagonale von 102 Zentimeter (42 Zoll) und zu einem Preis von 30.000 DM.

Zum kommerziellen Durchbruch verhalfen hier die Olympischen Winterspiele in Nagano, da ein japanischer Fernsehsender seinerzeit große Flachbildschirme für das hauseigene HDTV-Angebot benötigte.

1999 Premiere World (bis dahin DF1) geht auf Sendung, später auch der 24-Kinder-Sender Disney Channel

Auf der IFA Berlin zählen zu den Messe-Highlights Plasma-Flachbildschirme, MP3-Player, Mobiltelefone mit Internet-Zugang sowie Home-Networks.

21. Jahrhundert

2000 Im Dezember startet in Japan das digitale Hi-Vision.

2001 Die ersten 50-Zoll-Plasmas (127 Zentimeter) gehen in Serie.

Australien beginnt mit der Ausstrahlung von terrestrischem HDTV.

Der erste deutsche Quizsender 9Live sowie der Homeshopping-Kanal RTL Shop gehen auf Sendung, später folgen der Musiksender MTV2 Pop sowie der Infotainmentkanal XXP (heute DMAX)

2002 In Deutschland startet die erste reguläre DVB-T-Ausstrahlung in Europa).

Der Standard MPEG-4-AVC/H.264 kommt auf den Markt.

In Deutschland verfügen 37,9 Mio. Haushalte über Fernsehgeräte, davon empfangen lediglich 4,14 Mio. Haushalte digitales Fernsehen über Kabel oder Satellit. In der gesamten EU sind in diesem Jahr 154,73 Mio. Fernsehgeräte verzeichnet, wovon 32,3 Mio. auf Digitalfernsehen zurückgreifen. In den USA konnten bereits knapp 45 Mio. von insgesamt 118 Mio. Haushalten digitales Fernsehen nutzen. Zum Jahresende waren in den Haushalten der USA bereits 5 Mio. HDTV-Bildschirme installiert.

2003 Auf der IFA Berlin werden die Multimedia Home Platform (MHP), Digitalradio und DVB-T vorgestellt. LCD-, Plasma-Bildschirme sowie Projektions-Geräte, Digitalkameras und Festplatten-Videorekorder erfreuen sich großer Beliebtheit.

Die Deutsche TV-Plattform richtet Ende des Jahres eine Arbeitsgruppe ein, die sich mit der weiteren Verbreitung von europäischem HDTV beschäftigt.

Im Dezember startet in Japan das von der Association of Radio Industries and Businesses (ARIB) entwickelte ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial), um das analoge terrestrische Fernsehen abzulösen.

2004 DVB-T startet in Österreich, Kabel Deutschland das erste digitale Bezahlfernsehangebot mit über 30 Sendern.

Am 1. Januar startet das erste europäische HDTV-Projekte. Am 1. Februar zieht der deutsche Pay-TV Sender Premiere nach und zeigt den Super Bowl ebenfalls in HDTV-Qualität. Am 2. Juli gibt Mexiko die Annahme des Standards ATSC für digitales terrestrisches Fernsehen bekannt.

2005 Österreich stellt alle Grundnetzsender auf DVB-T um.

Die IFA soll ab 2006 jährlich stattfinden, um der rasanten Entwicklung im Multimediabereich gerecht zu werden. HDTV-Geräte, vernetzte Haushaltselektronik und Handy-TV werden vorgestellt.

Neben Japan geht auch China bei der Wahl des Systems für terrestrisches Digital-TV eigene Wege und startet offiziell den Betrieb des selbstentwickelten DMB-T (Digital Multimedia Broadcasting Terrestrial).

2006 Die 46. IFA wird in Berlin von Bundeskanzlerin Angela Merkel eröffnet. Zu den Exponaten zählen diverse Geräte der Unterhaltungs- und Telekommunikationsbranche, hierzu zählen u.a. neue Mobiltelefone von LG.

Alle 64 Spiele der Fußball-Weltmeisterschaft 2006 in Deutschland werden in HDTV-Qualität aufgezeichnet und in vielen Teilen der Welt im hochauflösenden Fernsehformat übertragen.

Die Deutsche Telekom beginnt als IPTV-Versorger mit der Bereitstellung der Triple-Play-Variante, also der Verknüpfung von Telefon, Internet und Fernsehen – jedoch (noch) mit geringer Bandbreite und mäßigem Absatz.

Das IPTV-Angebot „Alice homeTV“ (später Alice-TV) ist verfügbar, wird jedoch 2012 mit der Übernahme durch O2 eingestellt.

2007

Sony stellt den ersten OLED-Fernseher vor.

Die Blu-ray-Disc, DVDs in HD sowie HDTV-Geräte mit integrierter Festplatte erobern den Markt. Auf der IFA werden XXL-Flachbildschirme mit Diagonalen bis 2,62 Meter präsentiert.

Im Dezember präsentiert sich Arcor als IPTV-Anbieter und startet „Arcor TV“.

2008

Flachbildschirme dominieren den Markt. Sony stellt das erste Gerät mit Edge-LED-Backlight vor. Das größte Display misst gigantische 3,81 Meter in der Diagonale.

In Europa liegt die Zahl der IPTV-Abonnenten bei 11 Millionen.

2009

Full HD wird mit einer HD-Auflösung von 1920 × 1080 Pixeln eingeführt. Neben „HD ready“ mit einer niedrigeren Auflösung von 1280 × 720 Pixeln etabliert sich auch der Begriff „True HD“, mit dem sowohl die Full-HD-Eigenschaften im Videobereich als auch das Mehrkanal-Tonformat Dolby TrueHD beworben wird.

2010

3D feiert sein Comeback. Im Frühjahr werden erste Geräte mit Heim-3D-Technik vorgestellt. Am 3. September findet auf der IFA die erste 3D-Presskonferenz (Telekom) statt. Darüber hinaus wird auf dem Messegelände in Berlin die Themenwelt „iZone“ geschaffen, die Produkte von Apple und Android sowie dazugehörige Apps umfasst.

Die digitalen Standards Digital Audio Broadcasting (DAB) sowie Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T) sind in Deutschland flächendeckend verfügbar.

2011

Die IFA sendet weltweit in drei Sprachen via Internet, Kabel und Satellit und erreicht damit ein Millionenpublikum in 107 Ländern.

Vodafone bringt am 17. Februar sein erstes IPTV-Angebot auf den Markt. Im September zählt das britische Marktforschungsunternehmen „Point Topic“ für die EU-Mitgliedsstaaten zirka 20 Millionen IPTV-Anschlüsse.

Die Telekom startet „SAT-Entertain“ - ein Multimedia-Hybrid-Konzept, das aus Sat-TV und Internetzugang besteht, bei dem das Fernsehsignal per Satellit mit modernen IP-Zusatzdiensten kombiniert wird.

Internetfähige Fernsehgeräte und Set-Top-Boxen werden überwiegend mit der HbbTV-Technologie ausgestattet.

2012

Die OLED-Technik strebt die Nachfolge von LCD an.

Die Digitalisierung des Satellitenfernsehens ist abgeschlossen. Das Kabelfernsehen hinkt mit 48,2 Prozent hinterher (DVB-T ist bereits seit 2008 zu 100 Prozent verfügbar).

Die Internationale Fernmeldeunion (ITU) standardisiert das digitale Videoformat Ultra High Definition Television (UHD TV) mit zwei Bildauflösungen (4K und 8K) sowie einer definierten Bildwiederholungsrate von max. 120 Vollbildern und einer Farbraumerweiterung gemäß BT.2020. Die Bezeichnungen „4K“ oder „UHD“ oder „Ultra HD“ etablieren sich und stehen für eine HD-Auflösung von 3840 × 2160 Pixeln, die mit insgesamt 8 Millionen Pixeln vier Mal so hoch wie Full HD.

Am 18. Oktober 2012 beschließt die Consumer Electronics Association (CEA), dass Ultra HD die bislang propagierte Bezeichnung 4K ablöst, zumal sich diese eigentlich auf die Videoauflösung von 4096 × 2160 Pixeln im Cinema-Bereich bezieht.

In Deutschland wird der erste Kinofilm mit 48 Bildern pro Sekunde ausgestrahlt: „Der Hobbit“.

Der Mobilfunkanbieter O2 übernimmt den Provider Alice.

2013 Alle namhaften Hersteller nehmen Ultra HD-TVs in ihr Programm auf; Sky demonstriert auf der IFA, wie Ultra HD in der TV-Ausstrahlung wirkt.

Die Telekom startet „Entertain to go“ und damit den TV-Empfang auf Smartphone, Tablet und Notebook.

Der erste HFR-3D-Projektor mit 60 Bildern pro Sekunde wird im österreichischen Cinepoint in Tirol installiert.

Unter der Bezeichnung MPEG-H (HEVC/H.265) kommt der weiterentwickelte MPEG-4-Standard auf den Markt, der bei gleicher Qualität eine noch stärkere Videokompression für UHD/4K erlaubt. Hierzu wird auf der IFA die aktuelle HDMI-2.0-Version vorgestellt. Der Standard lässt 18 Gbits pro Sekunde zu und unterstützt die erweiterte UHD-Farbraum-Technologie gemäß Rec.2020, wodurch das visuelle Farbspektrum um bis zu 80 Prozent vergrößert werden kann.

2014 Die IFA wird 90 Jahre alt.

Vodafone übernimmt im April Kabel Deutschland und bringt das gemeinsame All-IP-Produkt „All-in-One“ auf den Markt, welches Mobilfunk, Festnetz, Internet und TV bündelt.

Netflix erwirtschaftet im ersten Quartal über eine Milliarde US-Dollar und verzeichnet mit knapp 50 Millionen Abonnenten im VoD-Markt der Vereinigten Staaten mehr Zuschauer als jeder herkömmliche US-amerikanische Fernsehsender.

Nach Angaben des Branchenverbandes BITKOM gibt in diesem Jahr jeder Einwohner der Bundesrepublik Deutschland durchschnittlich 1.476 Euro für Digitaltechnik (Computer, Smartphones etc.) aus.

In 14 Millionen deutsche Haushalte verfügen über mindestens ein aktiv vernetztes TV-Endgerät (Statista GmbH).

1&1 präsentiert zubuchbares IPTV in Kooperation mit der Telekom.

2015

Ab September wird der Markenname „Kabel Deutschland“ aus der Medienlandschaft verschwinden.

Curved-TVs und Displays mit Quantum-Dot- sowie OLED-Technologie erobern den Markt und sind die Stars auf der IFA in Berlin.

Ab 3. November bietet Amazon exklusiv seine Streaming-Box (Fire TV) mit UHD/4K-Auflösung an. Apple-TV wird es mit Version 4 nur in Full HD geben.

Die Firma BUROSCH präsentiert den Full HD-Testbildgenerator TPG-5 mit HDMI-Ausgang, der auch für alle gängigen UHD- beziehungsweise 4K-Displays oder -Beamer genutzt werden kann.

2016

Das neue Zauberwort in diesem Jahr heißt HDR - High Dynamic Range. Der große Dynamik-Umfang ermöglicht eine weitaus bessere Hell-Dunkel-Darstellung und damit bessere Kontraste, und Farben so natürlich und lebensecht wie noch nie.

Neben HDR10 setzt Studio-Ausstatter Dolby nunmehr auf Videodatenverarbeitung und bringt mit Dolby Vision eine Technologie auf den Markt, die HDR erst möglich macht.

Auf der IFA 2016 in Berlin stellte Samsung seine 10-Bit Quantum Dot-Technologie vor, mit der die Darstellung von bis zu einer Milliarde Farben möglich sein soll. Neue OLED- und Ambient-Displays wurden u.a. von Philips präsentiert. Trend der Messe war das Thema „Virtual Reality“ inklusive 360-Grad-Kameras ... und 8K bleibt weiterhin Zukunftsmusik.

Weitere Informationen zur Geschichte des Fernsehens gibt es übrigens auch auf: www.fernsehmuseum.info.

Grundlagen der Wahrnehmung

Fakt ist: Selbst die beste Technik sucht seinesgleichen in der Natur. Das menschliche Auge ist in seiner Perfektion kaum zu übertreffen und arbeitet (sofern gesund) mit exakter Präzision und damit schärfer, schneller und sensibler als jedes vom Menschen geschaffene Gerät. Nicht umsonst wurden von jeher optische Apparate dem komplexesten aller Sinnesorgane nachempfunden. Wie in einem Uhrwerk sind alle Bestandteile akkurat aufeinander abgestimmt, damit im Bruchteil einer Sekunde aus reflektiertem Licht ein Bild entsteht. Auch die Fernsehtechnik baut auf diese geniale Technologie auf. Um zu verstehen, wie eine Bildröhre, hochauflösendes Fernsehen oder gar 3D funktioniert, sollte man sich zuvor mit dem menschlichen Auge, der Wahrnehmung generell und mit einigen im Zusammenhang stehenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Optik näher befassen.

Das menschliche Auge

Grundsätzlich arbeitet das menschliche Auge wie ein Fotoapparat – oder vielmehr umgekehrt. Die Gemeinsamkeiten der „Bauteile“ sind in jedem Fall nicht von der Hand zu weisen. Ähnlich wie bei einer Kamera verfügt ihr natürliches Vorbild über ein Linsensystem (Objektiv), einen optischen Zoom, eine Blende und natürlich über einen leistungsstarken Prozessor: das menschliche Gehirn.

Aufbau

Zu den wichtigsten Bestandteilen des menschlichen Auges (vgl. Abbildung) gehören die Hornhaut (Kornea), Pupille, Iris, Linse, Netzhaut (Retina) sowie der Ziliarmuskel, Sehnerv und der Glaskörper (Corpus Vitreum). Dieser ist vielmehr ein Glaskörpergel beziehungsweise eine gelartige Substanz, die zu einem überwiegenden Teil aus Wasser sowie gleichmäßig verteilten Eiweißbestandteilen und feinsten Bindegewebsfasern besteht. Umgeben ist der Glaskörper von einer sehr dünnen Membran, die im vorderen Teil des Auges die Linse und seitlich die innerste Schicht der Augapfelwand (Netzhaut) unregelmäßig berührt. An der Netzhautmitte sowie im Bereich des Sehnervs und der äußeren Netzhautperipherie (Glaskörperbasis) bestehen hingegen regelmäßige Anheftungen zwischen dem Glaskörper und der Netzhaut.

Letztgenannte wird im Augenhintergrund von der Aderhaut (Chorioidea) umgeben, die für die Durchblutung des Auges und dessen Nährstoffversorgung zuständig ist.

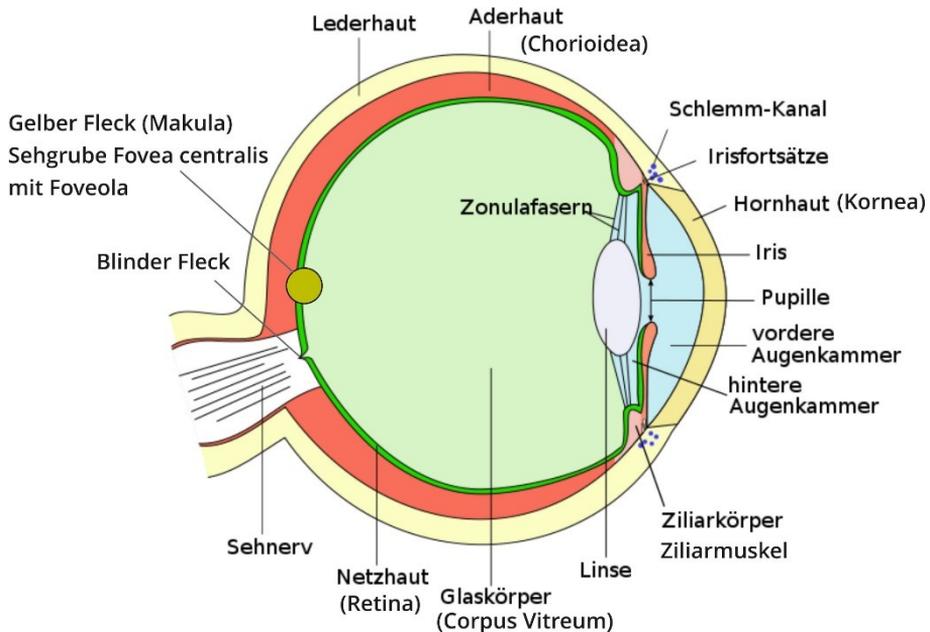


Abbildung 3: Aufbau des menschlichen Auges

Photorezeptoren und Netzhaut

Die Netzhaut besteht aus Millionen lichtempfindlicher Sinneszellen (Zapfen und Stäbchen). Im Zentrum des sogenannten Gelben Flecks (Makula lutea) befindet sich eine Einsenkung, die in etwa 1,5 mm im Durchmesser beträgt und Fovea centralis (Sehgrube) genannt wird. An dieser Stelle des schärfsten Sehens in der Netzhautmitte konzentrieren sich die sogenannten Zapfen, die für das Scharfsehen zuständig sind und bei hohen Leuchtdichten ($L > 10 \text{ cd/m}^2$) als Rezeptoren zur Helligkeits- und Farbwahrnehmung dienen. Die Stäbchen sind dagegen mehr im Randbereich der Netzhaut zu finden. Aufgrund ihrer hohen Lichtempfindlichkeit übernehmen sie das Dämmerungssehen, da sie auch schwache Leuchtdichten (bis $0,08 \text{ cd/m}^2$) registrieren können. Ab einer Leuchtdichte unter diesem Wert sind Farbunterscheidungen nicht mehr möglich (Nachtsehen). Die Netzhaut beziehungsweise ihre Rezeptoren sind insofern die Basis für unsere Sehfähigkeit und vergleichbar mit der Auflösungsqualität einer Digitalkamera.

Adaption

Im nicht-sichtbaren Teil des Auges wird selbiges durch die Lederhaut (Sklera) und im vorderen (sichtbaren) Teil durch die Hornhaut (Kornea) geschützt. Hier befindet sich die Pupille, durch die das Licht ins Auge fällt und die deshalb wie eine Blende wirkt. Je nach Intensität des Lichteinfalls kann sie sich verkleinern (hell) oder vergrößern (dunkel). Während dieses Anpassungsvorgangs, der als Adaption bezeichnet wird, kann sich der Pupillen-Durchmesser von 1,5 bis 8 Millimeter verändern.

Akkommodation

Den farblich individuellen Teil unseres Auges bildet die Iris, die umgangssprachlich auch Regenbogenhaut genannt wird. Direkt dahinter befindet sich die Augenlinse (Lens crystallina), die in ihrem Zentrum zirka vier Millimeter dick und im Durchmesser zwischen sechs und acht Millimeter groß ist. Die Linse ist nach außen (konkav) gewölbt und ebenfalls von einer feinen Membran umgeben sowie links und rechts jeweils mit dem Ziliarmuskel verbunden. Mithilfe dieses Muskels, der vom Gehirn gesteuert wird, kann die Linse ihre Form verändern. Dadurch ist sie in der Lage, das einfallende Licht unterschiedlich zu brechen. Je nachdem, wie weit der abzubildende Gegenstand entfernt ist, verformt sich die Linse, um das Abbild auf der Netzhaut „scharf“ zu stellen. Diese unterschiedliche Brechung beziehungsweise Bündelung des Lichtes (Akkommodation) macht die Augenlinse vergleichbar mit einem Kameraobjektiv.

Sehnerv

Den wohl kompliziertesten Bestandteil des menschlichen Auges bildet der Sehnerv. Er ist quasi die Datenleitung, über die alle Informationen von der Netzhaut an das Gehirn weitergegeben werden. Der Sehnerv besteht aus bis zu 1,2 Millionen Nervenfasern. Direkt neben der Fovea centralis – also der Stelle des schärfsten Sehens in der Netzhautmitte - tritt der Sehnerv aus dem Auge (Sehnervenkopf = Papille). Diese Stelle wird als blinder Fleck bezeichnet.

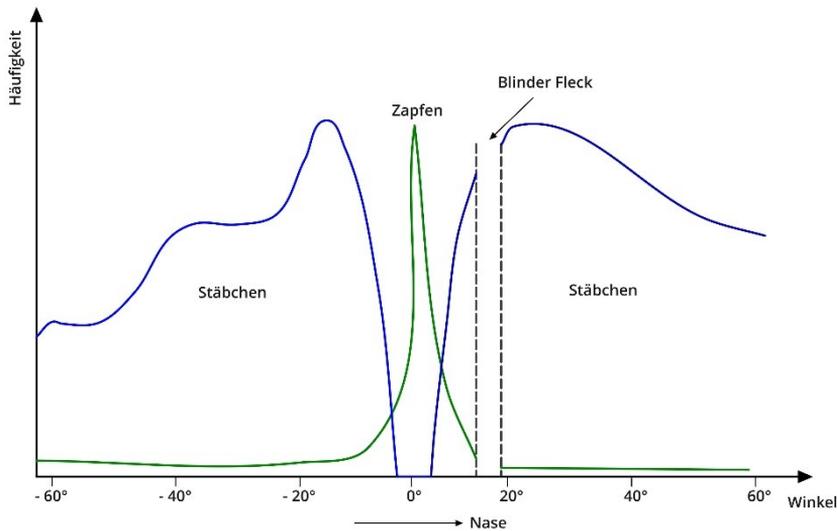


Abbildung 4: Funktionsweise des Auges (Zapfen/Stäbchen)

Fovea centralis

Von uns weder bewusst gesteuert noch wahrgenommen, erfassen wir unsere Umgebung durch permanentes Abtasten mithilfe der Fovea centralis. Wie auf dem Film in einer Kamera wird das in der Außenwelt reflektierte Licht durch Hornhaut, Pupille, Linse und Glaskörper geleitet und im Augeninneren auf der Netzhaut gebündelt. Die Lichtenergie wird anschließend in Nervenreize umgewandelt, die vom Gehirn zu einem Bild weiterverarbeitet werden. Für jede neue Blickrichtung akkommodiert oder adaptiert sich das Auge während des Abtastvorgangs jeweils neu. Das heißt, die natürliche Blende und das natürliche Objektiv im Auge regeln gemeinsam mit Millionen lichtempfindlicher Nervenzellen die Bildschärfe, die Farbe und den Kontrast. Allerdings läuft ohne Schaltzentrale gar nichts. Erst mithilfe unseres Gehirns sind wir in der Lage, aus der Flut von Lichtwellen und Reizen einen optischen Gesamteindruck zu bilden.

Das Licht: mehr als elektromagnetische Wellen

Und obwohl das menschliche Auge ein wahrer Meister seines Faches ist, kann es nur einen geringen Teil des elektromagnetischen Spektrums, nämlich ausschließlich das Lichtspektrum zwischen 380 und 780 Nanometern, visuell wahrnehmen. Die visuelle Wahrnehmung einiger Tiere ist hingegen besser ausgeprägt. So können beispielsweise Schlangen im Infrarotbereich und Insekten sogar ultraviolettes Licht erfassen (vgl. Abbildung). Dennoch ist es nur dem Menschen vergönnt, aufgrund seiner Gehirnkapazität aus dem vergleichbar minimalen Spektralbereich eine Vielfalt an Farben zu erkennen, zu verarbeiten und Großartiges zu schaffen – von zeitgenössischer Malerei bis hin zu ultrahochoflösender Videodarstellung.

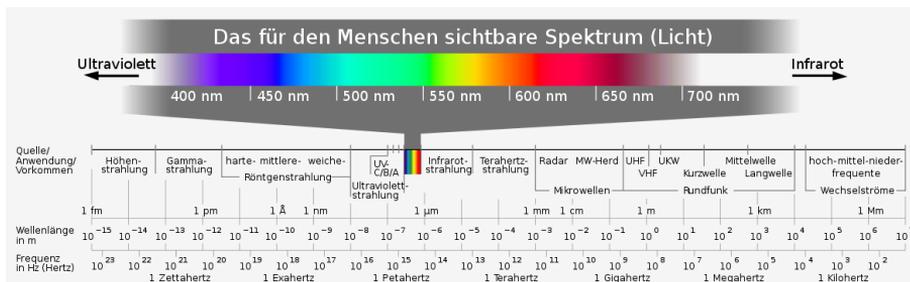


Abbildung 5: Elektromagnetisches Spektrum (Wikimedia Commons)

Denn streng genommen ist Farbe nichts anderes als Licht - und Licht wiederum eine elektromagnetische Welle. Wie stark das menschliche Auge Helligkeit empfindet, hängt insofern von der Wellenlänge ab. Der Nachweis hierzu wurde bereits im 19. Jahrhundert von den Physikern James Maxwell und Heinrich Hertz erbracht. Neben dem Licht gehören auch Radio- und Mikrowellen zu den Wellen eines elektromagnetischen Feldes, allerdings sind diese für das menschliche Auge nicht sichtbar (vgl. Abbildung). Dies liegt an den unterschiedlichen Wellenlängen beziehungsweise deren Frequenz. So können wir beispielsweise Radiofrequenzen im Bereich zwischen 87.5 und 108.0 Megahertz hören aber nicht sehen.

Licht breitet sich wellenförmig aus. Dabei beträgt die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Vakuum $c = 2,998 \cdot 10^8$ m/s, besser bekannt als Lichtgeschwindigkeit. Da bekanntermaßen in unserer Umwelt kein Vakuum herrscht, ist also das Licht als elektromagnetische Welle in seiner Ausbreitung von der Umgebung abhängig. Einen treffenden Vergleich bietet das Meer. Hier breitet sich das Wasser wellenförmig aus beziehungsweise wird durch

bestimmte Objekte daran gehindert (z.B. Wellenbrecher). Trifft also das Licht auf verschiedene Körper, verändert sich sein Brechungsindex.

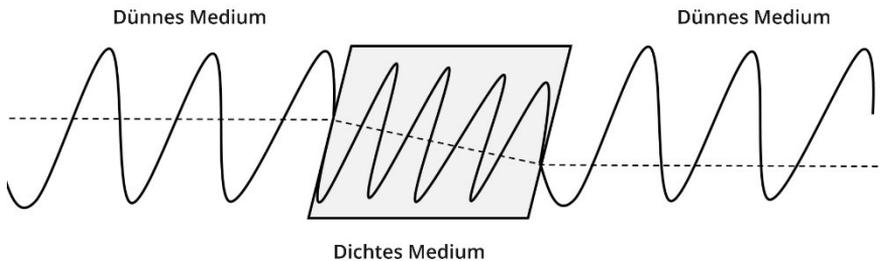


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Lichtbrechung

Die hier dargestellte Wellenform wiederholt sich in regelmäßigen Abständen in Zeit und Raum. Die Periodendauer beschreibt dabei die Zeitspanne einer Welle (Intervall). Die Anzahl der einzelnen Perioden pro Sekunde werden als Frequenz bezeichnet. Die räumliche Ausbreitung des Lichtes (Periode) wird durch die Wellenlänge λ gekennzeichnet. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle wird in der Wissenschaft wie folgt berechnet: $c = \lambda \cdot f$.

Reflexion und Remission

In Zusammenhang mit der Beschreibung des Lichtes tauchen immer wieder Begriffe wie Reflexionsgrad und Remissionsgrad auf, welche gern verwechselt werden. Bei der regulären (gerichteten) Reflexion handelt es sich in der Physik um den Vorgang, bei dem eine Welle an eine Grenzfläche zurückgeworfen wird, sich also die Ausbreitung oder der Brechungsindex ändert. Der Reflexionsgrad beschreibt demnach das Verhältnis zwischen reflektierter und einfallender Intensität des Lichtstroms beziehungsweise in welcher Form die Ausbreitung der elektromagnetischen Welle gestört wird. Das einfachste Beispiel ist wohl der Spiegel: er lässt kein Licht durch, sondern wirft es zurück. Deshalb spielt im Wesentlichen die Oberflächenbeschaffenheit der Objekte, auf die das Licht trifft, eine Rolle.

Mit dem Wort „remittieren“ (lat. remittere) ist hingegen das Zurücksenden gemeint oder vielmehr eine diffuse (ungerichtete) Reflexion von Körpern, die nicht selbst leuchten. Dabei absorbiert ein Körper oder Objekt einen Teil des Lichtspektrums (Opazität). Insofern beschreibt der Remissionsgrad das Verhältnis zwischen remittiertem und eingestrahltm Licht. Der Prozentsatz gibt demnach an, wie viel des eingestrahltm Lichts tatsächlich „übrig“ bleibt. Diese Angabe nennt man auch Albedo-Wert¹. Im Kapitel „Farbwahrnehmung“ wird

¹ Albedo (lat. weiß) misst das Rückstrahlvermögen von diffus reflektierenden Oberflächen (eine Albedo von 0,9 entspricht 90% Rückstrahlung). Albedo wird z.B. in der 3D-Computergrafik als Maß für diffuse Streukraft verschiedener Materialien für Simulationen verwendet.

hierauf noch einmal gesondert eingegangen. Einige Beispiele für verschiedene Materialien und ihre individuellen Remissionsgrade finden sich in der folgenden Tabelle:

| | | | |
|-----------------|-------------|------------------------|-------------|
| Schnee (frisch) | 93 ... 97 % | Normalgrau (Fotokarte) | 18 % |
| weißes Hemd | 80 ... 90 % | Mauerwerk | 10 ... 15 % |
| weißes Papier | 60 ... 80 % | schwarzes Papier | 5 ... 10 % |
| helle Haut | 25 ... 35 % | matte schwarze Farbe | 1 ... 5 % |
| grüne Blätter | 15 ... 30 % | schwarzer Samt | 0 % |

Abbildung 7: Remissionsgrade verschiedener Materialien

Bei transparenten Körpern oder Medien wird das Licht hingegen transmittiert. Dabei findet für die sogenannte Durchlichtmessung der Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$ Verwendung, bei dem der farbige lichtfilternde Effekt gegen einen nichtfilternden Effekt gemessen wird (Kolorimetrie). Auch diese Größe ist (ähnlich wie auch der Remissionsgrad) nach dem Bouguer-Lambert-Beerschen Gesetz² wellenlängenabhängig. In diesem Zusammenhang ist die Leuchtdichte ein erwähnenswerter Aspekt, der allerdings im Kapitel über die fotometrischen Größen ausführlich dargestellt werden soll.

Abgesehen von der Physik bietet das Licht jedoch weitaus mehr als nur Schwarz oder Weiß, Hell und Dunkel. Es kann auch unser Empfinden in starkem Maße beeinflussen. Dabei spielen nicht nur die wärmende Sommersonne und die dadurch produzierten Glückshormone eine Rolle. Wahrnehmungsstörungen und sogar körperliche Symptome hängen unmittelbar mit dem Licht zusammen. So kann das Licht visuellen Stress hervorrufen. Streifen- oder Gittermuster, flackerndes Neonlicht, gleichmäßig bewegte Objekte oder auch dreidimensionale Projektionen können Wahrnehmungsstörungen, Übelkeit oder gar epileptische Anfälle verursachen.

Doch diese vermeintlichen Nachteile bergen auch die vielfältigen Möglichkeiten, die unser Sehvermögen bietet: Das Licht, das in unserer Umwelt von allen Objekten reflektiert, absorbiert oder transmittiert wird, nehmen wir in seiner Gesamtheit wahr. Damit ist es uns möglich, Oberflächen auch bei unterschiedlicher Leuchtkraft gleichmäßig zu erkennen. Unser Gehirn differenziert das Licht und wandelt es um in Bilder mit unterschiedlicher Intensität, Farbe und Schärfe.

² Benannt nach Pierre Bouguer (1729), Johann Heinrich Lambert (1760) und August Beer (1852). Das Gesetz bildet die Basis für die heutige Photometrie und beschreibt den Vorgang der Abschwächung der Strahlungsintensität, wenn Licht durch ein Medium mit absorbierender Substanz geht – abhängig von Schichtdicke und der Konzentration der absorbierenden Substanz.

Dabei spielt die tatsächliche physikalische Größe des Lichtes in unserer Wahrnehmung nur eine nachgeordnete Rolle. Ein gutes Beispiel dafür sind die Sterne. Sie verändern grundsätzlich nicht ihre Leuchtkraft, doch bei Tag sehen wir sie gar nicht, in einer „sternenklaren“ Nacht dafür umso deutlicher. Selbst wenn die Sichtverhältnisse am Himmel – etwa zur selben Uhrzeit bei ähnlichen Witterungsverhältnissen - identisch sind, können wir dieselben Sterne an einem dunklen Strand trotzdem um einiges besser wahrnehmen, als im Lichtkegel einer Großstadt. Insofern sind weder die Licht absorbierenden Objekte selbst noch die Funktionalität unserer Augen per se dafür verantwortlich, wie genau wir sehen können. Es sind Faktoren der Umwelt (z.B. Umfeldbeleuchtung), die erst eine exakte Wahrnehmung möglich machen.

Ob nun in tiefschwarzer Nacht oder im Licht eines 1000-Watt-Halogenstrahlers: unsere Augen können sich grundsätzlich an die verschiedensten Lichtintensitäten anpassen. Differenzen in den Lichtverhältnissen kompensiert die Pupille durch Verengung oder Erweiterung (Adaption) sowie die Veränderung der Sensitivität der weiter oben beschriebenen Rezeptoren. Im Allgemeinen können 500 verschiedene Helligkeitswerte unterschieden werden, bei einem klassischen TV-Bildschirm sind es immerhin noch 200. Trotz hochentwickelter Technologien sind die Unterschiede zwischen einem künstlichen Display und dem Original in der Natur nach wie vor erheblich – auch wenn die nativen 4K-Auflösungen und die aufblühenden HDR-Technologien dichter dran sind als je zuvor.

Polarisation

Ein weiteres Beispiel für die Vielfalt des Lichtes ist die Polarisation. Das Licht als elektromagnetische Welle ist gleichzeitig eine sogenannte Transversalwelle, deren Amplitude senkrecht zur Ausbreitungsrichtung steht (vgl. Abbildung).

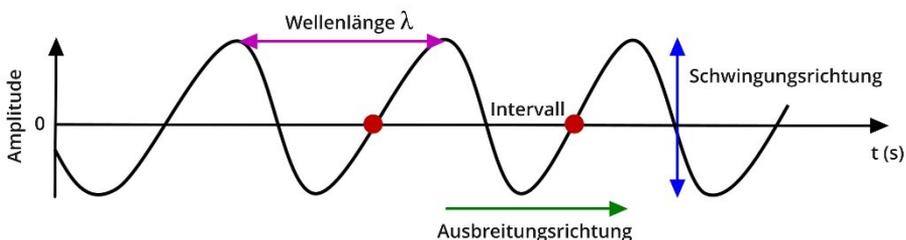


Abbildung 8: Schematische Darstellung einer Transversalwelle

Dabei beschreibt die Polarisation die Richtung der Schwingung. Wenn aus einem Mix verschiedener Polarisationsrichtungen eine bestimmte Richtung herausgefiltert wird, entsteht polarisiertes Licht. In der Natur findet man ein solches Licht bei der Reflexion an metallischen Oberflächen oder bei doppelbrechenden Kristallen. In der Technik (Leinwandprojektoren, Displays) wird sich mit Polarisationsfolien oder -filtern beholfen, um die Intensität der Strahlteilung zu beeinflussen. Praktische Information hierzu finden sich in den Kapiteln „Räumliche Wahrnehmung“ und „Heimkinprojektoren“.

Kontrast und Schärfe

Jeder Lichtstrahl, der auf das Auge trifft, führt zu einem neuronalen Reiz. Da hierfür mehr Rezeptoren als Neuronen zur Verfügung stehen, kann eine Nervenfaser im Sehnerv (Nervus Opticus) von mehreren Rezeptoren „erregt“ werden. Das heißt, dass jede Nervenzelle (Ganglienzelle) im Sehnerv beziehungsweise jedes Projektionsneuron der Netzhaut gebündelte Informationen aus ungleich vielen Rezeptoren als Impulse an das Gehirn weiterleiten kann (106 Mio. Rezeptoren, 1 Mio. Ganglienzellen). Dieser Vorgang wird als rezeptives Feld bezeichnet, es ist also der Bereich einer Nervenzelle, an die Photorezeptoren ihre Informationen senden.

Wie bereits beschrieben, befinden sich die lichtempfindlichen Stäbchen (Photorezeptoren) außerhalb des Bereiches für das Scharfsehen (Fovea centralis) also mehr im Randbereich der Netzhaut. Die Lichtempfindlichkeit der Stäbchen wird nunmehr durch das rezeptive Feld (Überzahl an Rezeptoren) begünstigt. Dies führt dazu, dass am Rand des menschlichen Sichtfeldes – also aus den Augenwinkeln - schwach beleuchtete aber auch schnell bewegte Objekte zwar relativ unscharf, dafür aber mit einer hohen Bewegungsauflösung wahrgenommen werden können. Ein Grund dafür, warum wir bei einem Röhrenfernseher das Bildflimmern stärker aus dem seitlichen Blickwinkel als bei frontaler Ansicht erkennen können. Die geschwungenen Bildschirme, die unter der Bezeichnung Curved-TV spätestens seit 2015 den Mainstream erobert haben, zielen auf diesen Umstand ab.

Kontrast

Das rezeptive Feld bewirkt allerdings noch weitere Phänomene. Es ist veränderlich und kann sich bei parallel auftretenden Reizen in einen Bereich der Erregung und in einen weiteren Bereich der lateralen Hemmung unterteilen (On-/Off-Zentrum). Das bekannte Hermann-Gitter³ (vgl. Abbildung)

³ Kontrasttäuschung nach Ludimar Hermann (1870)

veranschaulicht, welche massive neuronale Informationsverarbeitung in unserem visuellen System beim bloßen Anblick eines solchen Gitters ausgelöst wird.

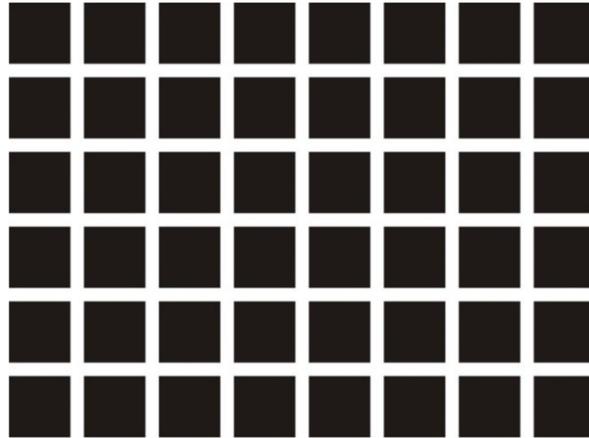


Abbildung 9: Hermann-Gitter

In den Zwischenräumen der schwarzen Quadrate werden weitere graue Vierecke wahrgenommen, die tatsächlich gar nicht vorhanden sind. Fixiert man einen Punkt, so verschwindet hier die Täuschung, bleibt allerdings im übrigen Bereich bestehen. Zu diesem Wahrnehmungseffekt kommt es durch ebjenene Wechselwirkung zwischen Erregung und Hemmung, die die „Feuerrate“ des jeweiligen Neurons erhöht.

Während die Peripherie des rezeptiven Feldes in den Bereich der schwarzen Quadrate fällt, wird diese nur schwach belichtet. Die sogenannte Hemmung ist also gering, die Zwischenräume erscheinen hell. An den Schnittpunkten der hellen Zwischenräume (Kreuzungsstellen) ist mehr Licht in der Peripherie, also eine größere Hemmung vorhanden. Die Kreuzungsstellen erscheinen dunkler und werden von ebenjenen (imaginären) grauen Vierecken überlagert.

Das menschliche Auge ist demnach damit befasst, zwei verschiedene Impulse aufzunehmen und zu verarbeiten. Nach dem französischen Physiker und Mathematiker Jean-Baptiste Joseph Fourier lässt sich ein zweidimensionales Abbild als Funktion der Helligkeit gegen den Ort interpretieren, der sogenannten räumlichen Frequenz oder auch Ortsfrequenz (Formelzeichen k oder R). Örtlich veränderliche Funktionen liefern die Grundlage für wissenschaftliche Erkenntnisse gemäß der Fourier-Optik und nicht zuletzt für die sogenannten Bildkompressionsalgorithmen (beispielsweise JPEG), die in der digitalen Technik unabdingbar sind.

Ortsfrequenz

Die Ortsfrequenz bezeichnet in der Wahrnehmungspsychologie die Anzahl der Kanten pro Grad Sehwinkel. Hierbei unterscheidet man die niedrige Ortsfrequenz, bei der Bilder unscharf und flächig wirken (Tiefpass), und Bilder mit hoher Ortsfrequenz (Hochpass), die detailreich und scharf konturiert sind. Dies ist der Grund, warum die in der folgenden Abbildung (links) dargestellten Graukanten an den Übergängen subjektiv schärfer wahrgenommen werden. Ebenso wirkt in der Abbildung (rechts) der graue Kreis vor dem dunklen Hintergrund schärfer beziehungsweise heller als der gleiche Kreis im hellgrauen Rechteck daneben.

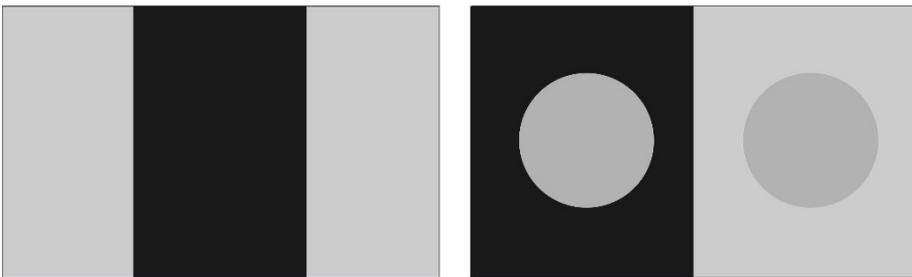


Abbildung 10: Graukanten (links) und Simultankontrast (rechts)

Im visuellen System unseres Gehirns (visueller Cortex oder Sehrinde) sind bestimmte Neuronen darauf spezialisiert, die Ortsfrequenz eines Bildes zu analysieren. Das sogenannte „retinotop“ Areal 17 (Area striata) der menschlichen Großhirnrinde ist dafür zuständig, dass nebeneinander abgebildete Punkte auf der Retina (Netzhaut) auch tatsächlich parallel liegen. Die Fovea, als Zentrum des Scharfsehens, ist hier überproportional gefordert.

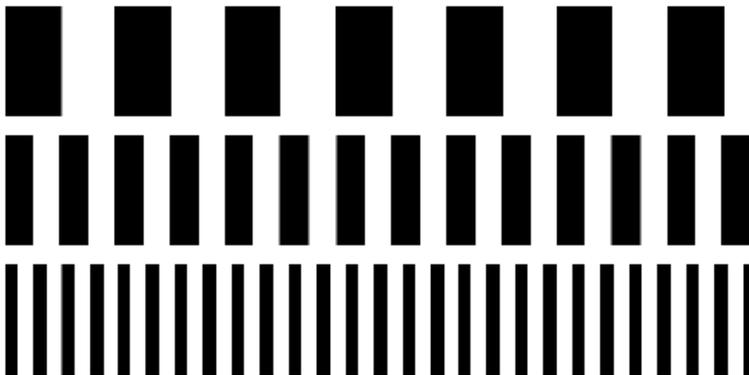


Abbildung 11: Vertikal verlaufende Streifenmuster

Bei einer optimalen Funktionalität des Auges kann eine Rasterung von bis zu neun Linienpaaren (vgl. Abbildung) pro Grad Sehwinkel erkannt werden. Steigt

die Frequenz (also der Wechsel zwischen hellen und dunklen Linien), sinkt der empfundene Kontrast proportional. Bei 36 Linienpaaren pro Grad beträgt dieser nur noch zehn Prozent. Bei Beeinträchtigung der Sehschärfe verschwimmen die Konturen schneller, bei Bewegtbildern können sie ganz verschwinden - z.B. die Speichen bei einem sich drehenden Rad.

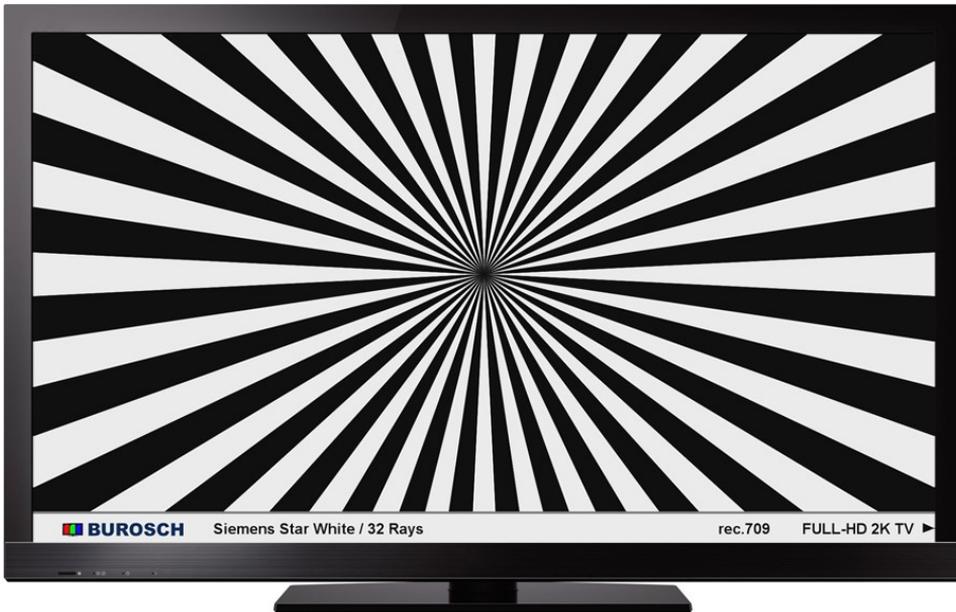


Abbildung 12: Siemensstern (www.burosch.de)

Der in obiger Abbildung dargestellte Siemensstern wurde mit einem Tiefpass gefiltert und verfügt über die maximale Ortsfrequenz von zirka 330 Linienpaaren pro Bildhöhe. Die Details in der Mitte des Bildes gehen dabei komplett verloren, während nach außen hin die Kanten breiter wirken.

Die Kontrastwahrnehmung hängt insofern von der Genauigkeit des menschlichen Sehvermögens (Sehschärfe) ab. Dieser sind allerdings Grenzen gesetzt, bis zu denen feine Details in Mustern beziehungsweise Objekten bei hohem Kontrast unterschieden werden können. Der Zahlenwert des Auflösungsvermögens des menschlichen Auges (anguläre Sehschärfe) ist der Kehrwert des kleinsten auflösbaren Seh winkels, der in Winkelminuten angegeben wird.

Sehschärfe

Die sogenannte Sehschärfe ist nicht einfach nur die Feineinstellung eines Bildes. Sie unterscheidet sich im Allgemeinen in vier verschiedene Formen in Abhängigkeit von der Art, Anzahl und Qualität der wahrgenommenen Objekte.

Punkt-Sehschärfe: Hierbei handelt es sich um das Erkennen eines Einzelpunktes ohne Trennung oder Beurteilung der Relativposition von zwei Objekten (1 Bogenminute = $1/60^\circ$).

Gitter-Sehschärfe/Auflösungs-Sehschärfe: Hier werden die Abstände zwischen zwei Objekten erkannt und verknüpft, wobei bestimmte Leuchtdichteunterschiede zwischen Objektstrukturen (hell/dunkel) erkannt werden. Das menschliche Auge nimmt also Balken- oder Gittermuster und keine grauen Flächen wahr (1-2 Bogenminuten). Dabei bestimmt die Ortsfrequenz, in welchem Maße eine solche Balken- oder Gitterstruktur erkannt werden kann.

Buchstaben-Sehschärfe/Erkennungs-Sehschärfe: Diese Methode zur Bestimmung der Sehschärfe ist vor allem vom Augenarzt oder Optiker bekannt, wird deshalb im klinischen Sprachgebrauch auch als „Visus“ bezeichnet und definiert sich über den kleinsten Winkel, unter dem ein Objekt in seiner Form erkannt werden kann (5 Bogenminuten).

Für einen solchen Test zur Erkennungsschärfe (vgl. Abbildung) werden im Allgemeinen Buchstaben, Zahlen oder sogenannte Landolt-Ringe⁴ verwendet. Bei der letztgenannten Methode muss die richtige Lage der Lücke erkannt werden.

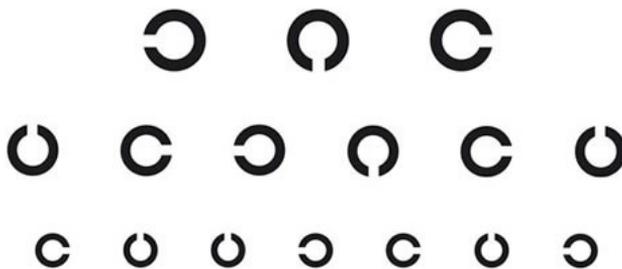


Abbildung 13: Landolt-Ringe: Test zur Sehschärfe

Stereo-Sehschärfe/Lokalisations-Sehschärfe: Grundsätzlich können Objekte in räumlicher Tiefe von beiden Augen gleichzeitig wahrgenommen werden (Binokularsehen). Hierzu zählt in einer ersten Stufe das Simultansehen, also die gleichzeitige Wahrnehmung über das linke und das rechte Auge (10 Bogensekunden). Werden die Bilder, die von beiden Augen erkannt werden, zu einem einzigen Bild verschmolzen, wird dies in einer

⁴ Landolt-Ring: Europäisches Normsehzeichen für die Messung der Sehschärfe (EN ISO 8596/früher: DIN 58220) nach dem Schweizer Augenarzt Edmund Landolt.

zweiten Stufe als Fusion bezeichnet. Die höchste Stufe des Binokularesehens ist das räumliche Sehen (Stereopsis).

Räumliche Wahrnehmung (3D)

Anders als bei Tieren ist der Mensch besser in der Lage, seine Umwelt in der Höhe, der Breite und der Tiefe – also in drei Dimensionen – zu erfassen. Dabei ist das oben beschriebene binokulare Sehen Grundvoraussetzung für die Tiefenwahrnehmung. Der Abstand unserer Augen beträgt durchschnittlich 65 Millimeter. Fixiert man einen Punkt in einer gewissen Entfernung, kann somit die Perspektive des linken Auges nicht hundertprozentig dieselbe des rechten Auges sein. Allerdings ist unser Gehirn in der Lage, beide Ansichten zu fusionieren, sodass nicht zwei einzelne Bilder, sondern nur ein Gesamtbild erkannt wird.

Aber selbst mit einem Auge kann bereits die Tiefe eines Raumes wahrgenommen werden. So erscheinen Objekte in weiter Entfernung kleiner oder aber eine Linie verjüngt sich mit zunehmendem Abstand (monokulares Sehen). Sind beide Augen gleichzeitig aktiv (binokulares Sehen), bilden die jeweiligen Blickachsen den sogenannten Konvergenzwinkel.

Neben dem primär fixierten Punkt beziehungsweise Gegenstand können weitere Objekte erkannt werden, welche als korrespondierende (gleichzeitig in Beziehung stehende) Punkte bezeichnet werden. Ein binokulares Merkmal im Zusammenhang mit der Tiefenwahrnehmung ist die sogenannte retinale Disparität. Unser Gehirn berechnet die relative Entfernung eines fixierten Objektes, indem es verschiedene Objekte miteinander in Relation stellt beziehungsweise vergleicht.

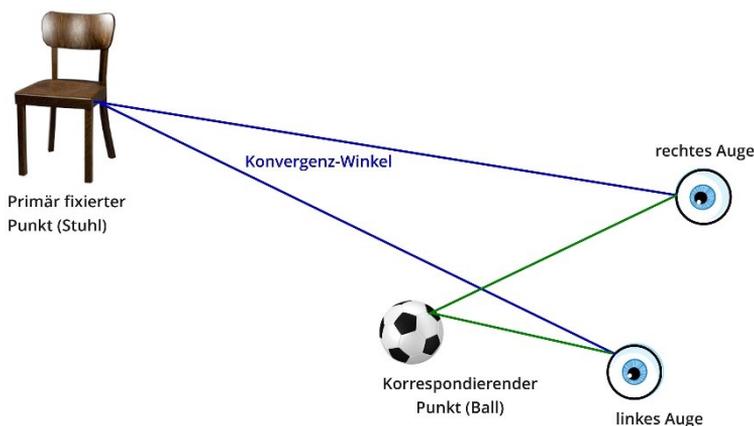


Abbildung 14: Binokulares Merkmal der Tiefenwahrnehmung: retinale Disparität

Gesichtsfeld

Tiere haben aufgrund der Lage und Beschaffenheit ihrer Augen nicht nur eine andere räumliche Wahrnehmung, auch die horizontale Ausdehnung des Gesichtsfeldes ist unterschiedlich. So kann beispielsweise ein Hund, deren Augen allgemein seitlich am Kopf liegen, etwa 240 Grad in der Breite sehen, während der Mensch nur ungefähr 180 Grad seiner horizontalen Umwelt wahrnimmt. Die dreidimensionale Wahrnehmung wiederum ist beim Menschen weitaus besser ausgeprägt (120 Grad) als beim Hund (60 Grad).

Die geringere Gradzahl der räumlichen Wahrnehmung ergibt sich unter anderem aus dem niedrigen vertikalen Betrachtungswinkel, der lediglich bei etwa 10 Grad liegt. Mit unserem relativ breiten Gesichtssinn können wir jedoch mehrere Gegenstände gleichzeitig wahrnehmen, auch wenn sich diese außerhalb unseres Blickwinkels befinden. Für die räumliche Feinanalyse eines Objektes ist die sogenannte binokulare Disparität verantwortlich, welche sich aus der Differenz der unterschiedlichen Blickwinkel ergibt. Wird ein Objekt innerhalb eines bestimmten Netzhautbereiches abgebildet, wandelt unser Gehirn es in ein Gesamtbild um.

Diese Fusion kann allerdings lediglich im Bereich des binokularen Gesichtsfeldes (dem sogenannten Horopter oder genauer gesagt im Panum'schen Raum) vollzogen werden, also innerhalb der (grünen) Fläche, die in Relation zu dem in der folgenden Abbildung beschriebenen Fixpunkt steht. Die Disparität darf hier nicht mehr als 90 Bogenminuten beziehungsweise 1,5 Grad betragen, damit die Fusion gelingt. Objekte, die sich näher und weiter weg (also außerhalb dieser Fläche) befinden, können zwar ebenfalls erkannt, aber nicht fusionieren beziehungsweise direkt verknüpft werden.

In Bezug auf die 3D-Projektion bedeutet dies, dass die dreidimensional animierten Objekte sich innerhalb eines bestimmten Radius befinden müssen, damit wir sie entsprechend wahrnehmen können. Für die aktuellen Curved-TVs heißt es hingegen, dass unser Gesichtsfeld einem Winkel von 180 Grad entspricht, allerdings auch hier dennoch nur in der Mitte scharf sehen können, wenn wir geradeaus schauen, das heißt im unmittelbaren Umfeld eines fixierten Punktes.

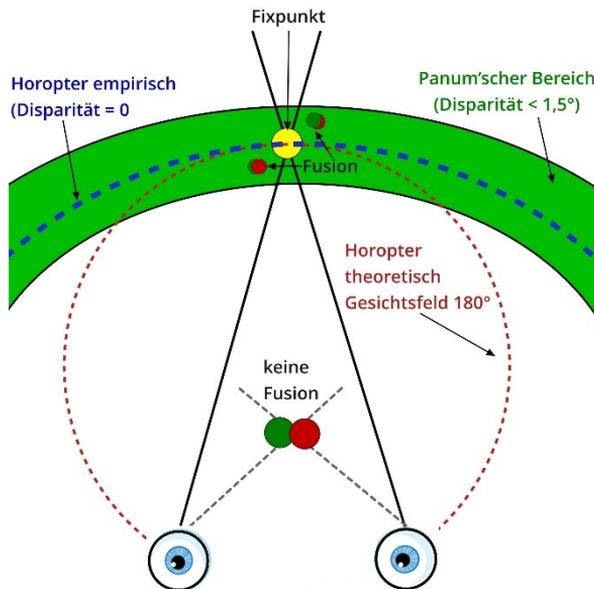


Abbildung 15: Horopter und Gesichtsfeld (schematische Darstellung)

Ein weiterer Aspekt hierzu ist die bereits erörterte Beschaffenheit des menschlichen Auges. Objekte im äußeren Sichtfeld nehmen wir verschwommen wahr, was darauf zurückzuführen ist, dass sich der Bereich des Scharfsehens in der Mitte unseres Auges befindet. Nur wenn die Korrespondenz zwischen den dafür zuständigen Netzhautarealen intakt ist, kann die gleichzeitige und somit räumliche Abbildung eines fixierten Objektes auf den physiologisch identisch lokalisierenden Netzhautpunkten – die sogenannte Sehrichtungsgemeinschaft (retinale Korrespondenz) – gelingen.

Die gespiegelte Darstellung in folgender Abbildung veranschaulicht die differenzierte Wahrnehmung des linken und rechten Gesichtsfeldes. Je nach Beschaffenheit und Funktionsweise des individuellen Sehvermögens können beide Bilder unterschiedlich erkannt werden, obwohl es sich um ein und dasselbe Foto handelt, das lediglich horizontal gespiegelt wurde. Gerade diese Form der Wahrnehmung oder aber ihre Einschränkung ist für die 3D-Projektion interessant, die im Folgenden erläutert wird. Für den Beweis der differenzierten Wahrnehmung kann ein simpler Selbsttest durchgeführt werden: Man sucht sich einen Punkt oder ein Objekt in unmittelbarer Nähe und kneift jeweils ein Auge zu. Sofort wird deutlich, dass der fixierte Punkt oder das Objekt nicht an derselben Stelle zu sein scheint. Dieses Phänomen bezeichnet man als parallaktische Verschiebung, bei der es sich per Definition um die Differenz (Abweichung) der unterschiedlichen Betrachtungswinkel auf einen Gegenstand handelt, die durch zwei unabhängige optische Systeme (z.B. Augen oder bestimmte Kameras) entstehen.

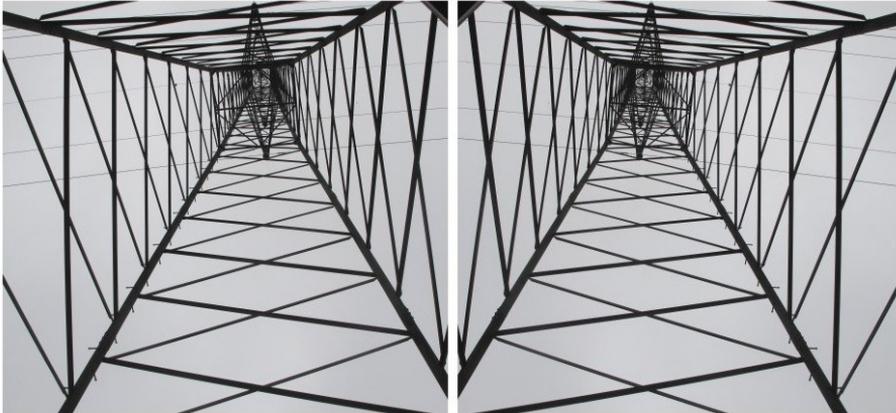


Abbildung 16: Beispiel für binokulares Sehens

Parallaxe

Aus dem parallaktischen Winkel, der sich aus den beiden Betrachtungsperspektiven ergibt, und dem Standort (Basislinie) kann die Entfernung zum fixierten Objekt bestimmt werden. Dabei gilt, je näher das Objekt beispielsweise vor den Augen ist, desto größer ist die Parallaxe – also die wahrgenommene Bildverschiebung. Was das menschliche Auge nur ungefähr schafft, wird in der Messtechnik präzise angewandt. Mit einem Sensor oder Messfernrohr ist es somit möglich, bestimmte Entfernungen nicht nur zu schätzen, sondern exakt zu messen.

Anwendung findet ein solches Verfahren vor allem in der Geodäsie (Messung der Erdoberfläche) und Astronomie aber auch bei Fotoapparaten. Als Basislinie und damit als Grundlage für die Distanzmessung von der Erde zum Mond dient beispielsweise der Erdradius. Der Mond ist es auch, der eine Parallaxe aufgrund seiner verhältnismäßig geringen Entfernung zur Erde besonders gut darstellt. Diese Mondparallaxe ist dafür verantwortlich, dass wir in Europa den Mond im Umfeld anderer Sterne betrachten, als wenn wir zum Beispiel in Südafrika in den Himmel schauen würden. Auch die differenzierte Wahrnehmung einer Sonnenfinsternis hängt (gemeinsam mit der Erdrotation) unmittelbar mit diesem Phänomen zusammen, das sowohl vertikal als auch horizontal auftritt.

In der 3D-Technik wird der Begriff Parallaxe umgangssprachlich für den Unterschied zwischen dem linken und rechten Bild beziehungsweise für den Abstand korrespondierender Punkte in beiden Teilbildern verwendet. Im

Weiteren sollen nun die vier Fälle einer Parallaxe mithilfe der folgenden Abbildung erläutert werden.

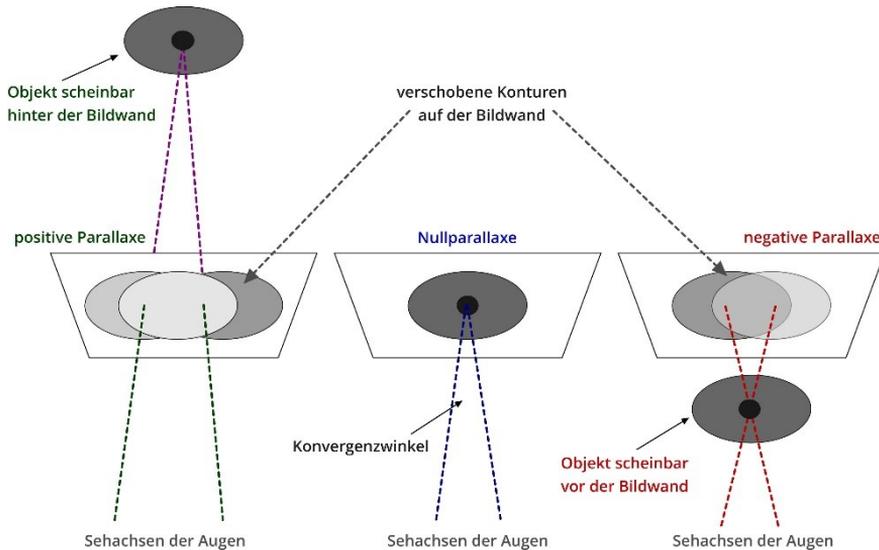


Abbildung 17: Schematische Darstellung einer Parallaxe

Null-Parallaxe

Bei dem auch als Zero Parallax Setting (ZPS) bekannten Phänomen verschieben sich die Konturen durch die unterschiedlichen Blickwinkel nicht. Es findet also keine Verschiebung beziehungsweise Abweichung statt, da sich die aufeinander zulaufenden Blickachsen direkt auf dem Fixpunkt treffen. Der hierbei entstandene Konvergenzwinkel hängt allerdings unmittelbar vom Betrachtungsabstand ab. Im 3D-Bereich bildet die Projektionsfläche die Null-Parallaxe. Deshalb ist die Qualität der 3D-Animation insbesondere vom richtigen Abstand zwischen Leinwand und Zuschauer abhängig. Eine veränderte Tiefwahrnehmung ist gleichzeitig eine Abweichung von der Nullparallaxe. Diese kann sowohl positiv als auch negativ sein.

Positive Parallaxe (Outscreen)

Verschieben sich die beiden Halbbilder voneinander nach rechts, verändert sich auch der jeweilige Winkel. Die Sehachsen treffen sich somit scheinbar hinter der Projektionsfläche. Je größer die Abweichung (Parallaxe) ist, umso weiter ist das fixierte Objekt scheinbar im Raum entfernt. Eine positive Parallaxe ist maximal erreicht, wenn die voneinander abweichenden Halbbilder mit dem Abstand unserer Augen (65 mm) übereinstimmen, das heißt parallel verlaufen.

Negative Parallaxe (Inscreen)

Scheint sich ein Objekt vor die Null-Parallaxe in die linke Richtung zu schieben, kreuzen beziehungsweise konvergieren sich die Sehachsen sozusagen vor der Projektionsfläche. Dieses Objekt wird daher weiter vorn wahrgenommen und befindet sich (z.B. im 3D-Kino) scheinbar direkt im Zuschauerraum.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die Projektionsfläche einen virtuellen Rahmen darstellt. Insofern können Objekte nur im unmittelbaren Zentrum dieses scheinbaren Fensters in den Raum hineinragen. Befinden sie sich weiter am Rand und werden so durch den Rahmen beschnitten, kommt es zu einem kognitiven Konflikt. Denn in der Natur kommt eine solche Beschneidung nicht vor, im Gegenteil: der Raum hinter einem Vordergrundobjekt ist größer (bis unendlich) und wird gegebenenfalls von diesem verdeckt, kann aber umgekehrt dieses Objekt in der negativen Raumtiefe (also im Vordergrund) nicht beschneiden. Die besten Effekte bei 3D-Animationen lassen sich insofern nur im Zentrum der Leinwand realisieren. Jeder kennt die Gummibärchen, die im 3D-Kino scheinbar in den Raum schweben. Wer genau darauf achtet, erkennt die zentrierte und nacheinander erfolgende Visualisierung sowie die unterschiedliche Raumtiefe in Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung.

Divergente Parallaxe

Befinden sich die beiden Stereo-Teilbilder zu weit auseinander entfernt, sind also theoretisch größer als der Augenabstand, ist gleichzeitig der Wert der Parallaxe so groß, dass die Bilder nicht mehr zu einem räumlichen Gesamtbild fusionieren können. Diesen Umstand nennt man divergente Parallaxe, wobei sich die Bezeichnung Divergenz auf die lateinische Übersetzung „auseinander streben“ bezieht. Um Objekte also räumlich und scharf betrachten zu können, müssen sie fokussiert werden (Akkommodation). Dabei kann logischerweise nur ein Objekt im Mittelpunkt der Betrachtung stehen.

Neben dem bereits zu Beginn dieses Kapitels erläuterten monokularen Sehen, bei dem Objekte in der Entfernung immer kleiner werden oder Linien sich verjüngen, gibt es weitere Tiefenwahrnehmungsmerkmale, die sich allerdings nur in der Bewegung erschließen. Dazu gehören die Bewegungsparallaxe und der sogenannte Pulfrich-Effekt.

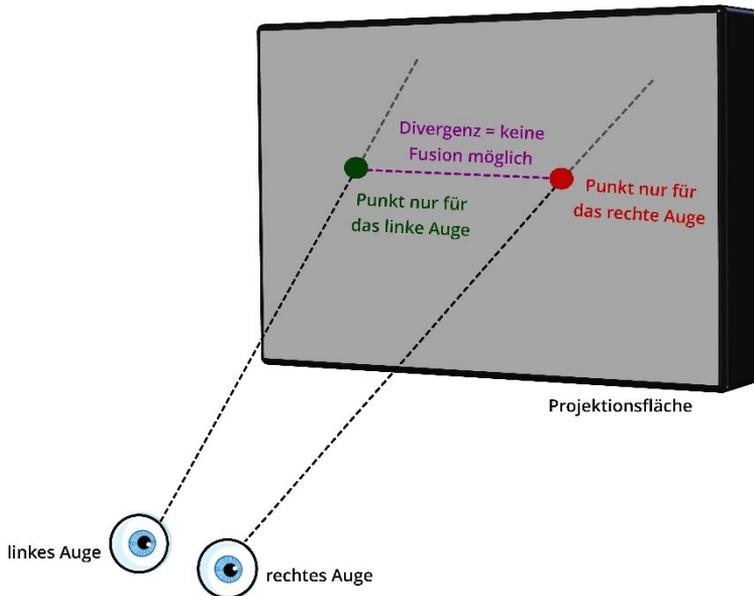


Abbildung 18: Schematische Darstellung einer divergenten Parallaxe

Bewegungsparallaxe

Bisher ist in der Wissenschaft noch umstritten, ob durch das im Folgenden beschriebene Wahrnehmungsphänomen tatsächlich Tiefenhinweise gewonnen werden können. Theoretisch ist es zwar möglich, aber bisher konnte nicht nachgewiesen werden, dass unser Gehirn in der Lage ist, aus unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten von Objekten substanzielle Rückschlüsse über deren Entfernung zu ziehen. Dennoch wird die Bewegungsparallaxe zur Tiefenwahrnehmung (durch Bewegung) hinzugezählt.

Jeder kennt dieses Phänomen: Man sitzt im Auto oder Zug und schaut in die Weite der Landschaft, die am Fenster vorüberzieht. Die Bäume am Straßenrand bewegen sich dabei scheinbar viel schneller als die Häuser oder Berge im Hintergrund. Die untergehende Sonne am Horizont scheint dagegen fast still zu stehen. Ab dem 19. Jahrhundert konnten die Menschen durch die Erfindung von Eisenbahn und Auto diesen Parallaxe-Effekt erstmalig „genießen“. Er ist auch als Panoramablick bekannt. In der Wahrnehmungspsychologie definiert man die Bewegungsparallaxe als einen optischen Effekt, der natürlich auch mit der Krümmung der Erdoberfläche zu tun hat. Er begründet sich vielmehr darin, dass sich die Lichtmuster der näheren Objekte schneller über die Netzhaut bewegen. Je weiter weg die Objekte sich befinden (und damit näher am Horizont), geht ihre Bewegung approximativ gegen Null. Dabei hängt dieser Effekt der Bewegungsparallaxe selbstverständlich von der Eigengeschwindigkeit des Beobachters beziehungsweise der seines Fahrzeugs ab.

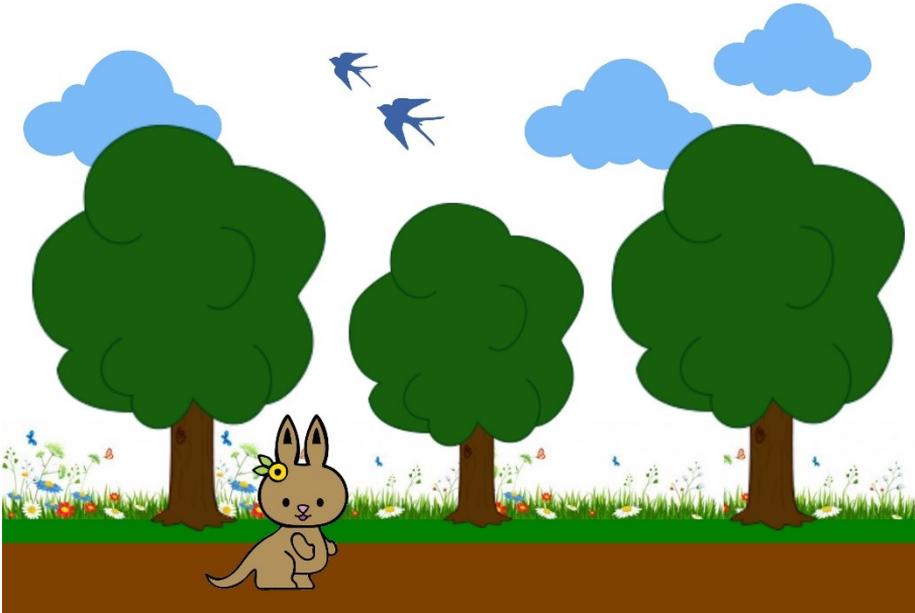


Abbildung 19: Bewegungsparrallaxe in der Videoanimation

Die Effekte der Bewegungsparrallaxe können im Umkehrschluss vor allem in der Videotechnik auch künstlich erzeugt werden. Selbst einfache Animationen können eine räumliche Tiefe simulieren, indem Objekte hintereinander in unterschiedlicher Größe und Geschwindigkeit animiert werden.

In obiger Abbildung wird in vereinfachter Weise die beschriebene Animation auf drei Ebenen durchgeführt. Dabei bewegen sich die größer dargestellten Objekte im Vordergrund um ein Vielfaches schneller als die Objekte in der mittleren oder aber hinteren Ebene, die darüber hinaus kleiner dargestellt werden. Die Bewegung nimmt also nach hinten ab, sodass eine räumliche Tiefe suggeriert wird.

3D-Sickness

Wie bereits beschrieben, hat sowohl das Licht als auch insbesondere die Tiefenwahrnehmung einige Schattenseiten. Einige Menschen empfinden vor allem die räumliche Animation als sehr anstrengend. Bisweilen sind Übelkeit, eingetrübte Sehfähigkeit und Kopfschmerzen typische Symptome nach einem Besuch im 3D-Kino. Auch wenn es sich als solches um keine Krankheit handelt, wird dieser Zustand dennoch im Allgemeinen als 3D-Sickness bezeichnet. Während der Betrachtung stereoskopischer Bilder fällt es bis zu 25 Prozent der Zuschauer besonders schwer, die Fokussierung ihrer Augen (Akkommodation) von der Konvergenz zu entkoppeln. Durch die Täuschung, dass ein Objekt scheinbar näher kommt, entsteht im Gehirn ein Konflikt, der sich auf die

Augenmuskulatur auswirkt. Das Auge wartet quasi darauf, Objekte in unterschiedlicher Entfernung und Richtung auch unterschiedlich zu fokussieren. Doch eigentlich wird „nur“ die Projektionsfläche (Kinoleinwand) fixiert, und die bewegt sich real nicht auf den Zuschauer zu. Insofern stehen die Augen und damit das Gehirn unter Dauerstress, was zu den oben genannten Symptomen führen kann.

Wem also schon beim Autofahren übel wird oder wer generell Schwierigkeiten mit den Augen hat, der sollte auf 3D-Animationen verzichten. Auch ist der richtige Abstand zur Projektionsfläche zu beachten. Aus zahlreichen Befragungen wurde deutlich, dass die negativen Begleiterscheinungen sich verschlimmern, je näher man an die Kinoleinwand oder aber den Fernseher heranrückt.

Verschiedene Hersteller (u.a. Samsung) verweisen in einem Merkblatt auf die entsprechenden Nebenwirkungen und legen jedem heute verkauften 3D-Fernseher einen Beipackzettel mit Warnhinweisen bei. Darin ist beispielsweise von Desorientierung, hoher Augenbelastung, verminderter Haltungsverstärkung die Rede. Es bestünde also die Gefahr, dass 3D-Nutzer vorübergehend das Gleichgewicht verlieren.

Empirische Studien liegen bisher nicht vor, allerdings wird unter anderem empfohlen, nach dem „Genuss“ einer 3D-Aufführung mindestens 15 Minuten Pause einzulegen. Außerdem sollten Kinder unter sechs Jahren keine 3D-Animationen schauen (z.B. Spielkonsolen), da von einer Beeinträchtigung der Entwicklung der Sehfähigkeit ausgegangen wird.

Pulfrich-Effekt

Die Grundlage zur räumlichen Darstellung (3D-Animation) bietet der sogenannte Pulfrich-Effekt. Hierbei handelt es sich um eine optische Täuschung, die auf Beobachtungen des Physikers Carl Pulfrich⁵ aus dem Jahre 1922 beruht. Demnach wird die Bewegung eines Objektes von einem abgedunkelten Auge langsamer wahrgenommen, wobei die bewegten Objekte von links nach rechts scheinbar näher kommen. Basis dieses Effektes ist die Reizverarbeitung in unserem Gehirn. Helle optische Reize werden von unserem Auge schneller wahrgenommen als dunkle. Wird nun ein Auge beispielsweise mit einem dunklen Glas oder einer farbigen Folie verdeckt, scheint sich das in Bewegung stehende Objekt an zwei räumlich auseinanderliegenden Orten zu befinden. Es wird somit aus einer zweidimensionalen Bewegung eine dreidimensionale. Die

⁵ Carl Pulfrich: deutscher Physiker und Optiker. Forschungsschwerpunkte z.B. Fotometrie und Farbenlehre; gilt u.a. als Begründer des Bildmessungsverfahrens (Stereofotogrammetrie)

flächige Schwingung eines Pendels kann beispielsweise mit einem abgedunkelten Auge als Kreisbahn wahrgenommen werden. Unser Gehirn kreiert insofern ein räumliches Tiefenwahrnehmungsmerkmal, das real gar nicht existiert.

Während bei der klassischen 3D-Aufnahme zwei Bilder synchron zum Augenabstand aufgenommen werden müssen, genügt nach Pulfrich eine seitlich bewegte Filmkamera. Denn mithilfe der pseudostereoskopischen Betrachtung (ein abgedunkeltes Auge) kann ein ähnlicher Effekt erzielt werden, der bei der Erforschung und Entwicklung des 3D-Fernsehens genutzt wurde.

So fand der Pulfrich-Effekt zahlreiche Möglichkeiten in der kommerziellen Anwendung. Das sogenannte Nuoptix-Verfahren wurde beispielsweise durch die RTL-Fernsehshow „Tutti Frutti“ (Anfang der 1990er-Jahre) bekannt, aber auch in diversen Tiersendungen einiger Privatsender (ProSieben) genutzt. Dazu war eine Brille mit einem gelben und einem violetten Farbfilter notwendig, die seinerzeit üblicherweise den TV-Zeitschriften beilagen.

Shutterbrillen

Im 21. Jahrhundert kamen im Zuge der Entwicklung dreidimensionaler Heimkinos, Computer- und Spielkonsolen moderne Brillen auf den Markt. Die sogenannten Shutterbrillen sind technologisch auf einem weit höheren Niveau als ihre Papp-Vorfahren. Shutterbrillen verfügen über zwei steuerbare LCD-Gläser. Auf dem Monitor werden nacheinander Halbbilder im Links-Rechts-Wechsel dargestellt.

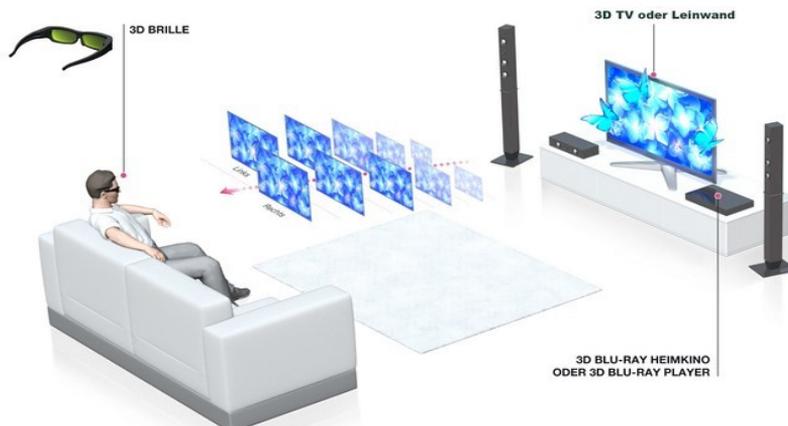


Abbildung 20: 3D-Animation mithilfe von Shutterbrillen (Samsung)

Synchron zur Abfolge dieser Halbbilder auf dem Monitor werden die Flüssigkeitskristalle in den Brillengläsern jeweils durchsichtig oder

lichtundurchlässig. Auf Basis des oben erläuterten Pulfrich-Effekts wird durch die perspektivische Verschiebung der Einzelbilder so der 3D-Effekt erzielt. Die Steuerung funktioniert durch ein drahtloses Synchronsignal, welches dafür sorgt, dass jeweils das „richtige“ Auge im Wechsel sehen kann, während das andere Auge verdeckt ist. Auch hier gilt, dass es relativ schnell zu Ermüdungserscheinungen kommen kann, die in diesem Fall in unmittelbarem Zusammenhang mit der realisierten Bildwechselfrequenz stehen.

Polfilterbrille

Auch bei der Polfilterbrille erhält jedes Auge sein „eigenes“ Bild. Polfilterbrillen sind dem Namen nach mit Polarisationsfiltern versehen, die jeweils um 90 Grad gedreht sind, um nur das „passend“ polarisierte Licht durchzulassen. Mithilfe von zwei Projektoren werden für jedes Auge separat Bilder auf die Leinwand projiziert. Dabei wird jeder Projektor mit jeweils anderen Polarisationsfiltern versehen, die über unterschiedliche Polarisations Ebenen verfügen.



Abbildung 21: Polfilterverfahren (Grundig)

Im Übrigen wissen auch Freunde des Angelsportes die Polarisationswirkung entsprechender Brillen sehr zu schätzen. Je nach Einfallswinkel reflektiert die Wasseroberfläche zu einem großen Teil das Sonnenlicht beziehungsweise wirft es zurück. Die Polarisationsfilter in der Polbrille blockieren bestimmte Lichtwellen mit horizontaler Ausrichtung und reduzieren so den

Reflexionseinfluss. Der Angler hat mit einer solchen Brille also einen schärferen Blick durch die Wasseroberfläche, kann die Wassertiefe besser einschätzen und den exakten Standort der Köder und Fische bestimmen.

Auch war erst unter Bezugnahme von Polarisationsfiltern die farbige 3D-Film-Wiedergabe möglich. In der ersten Blütezeit des 3D-Films in den 1950er-Jahren wurden die meisten 3D-Kinofilme in Schwarz/Weiß produziert, da das Verfahren für Farbfilme in 3D damals mit sehr hohen Kosten verbunden war. Deshalb wurden viele Filme später im Rot/Grün-Verfahren produziert oder in ebenjenes kopiert.

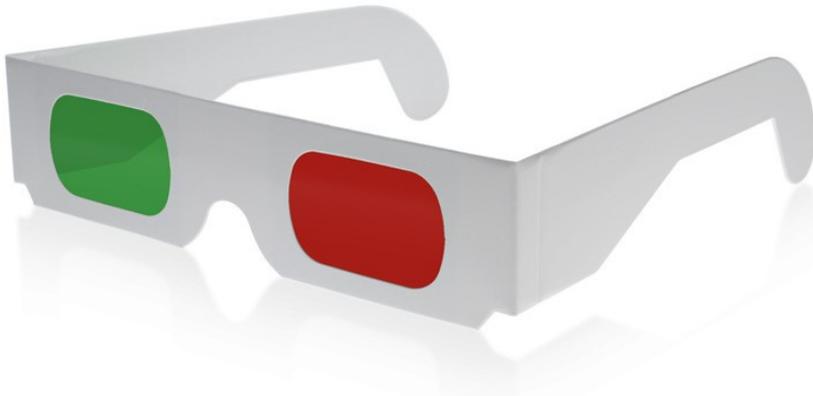


Abbildung 22: Rot-Grün-Brille (www.3d-brillen-shop.de)

Die Rot/Grün-Brillen sind allerdings bereits wieder aus der Mode gekommen, finden jedoch bei älteren IMAX-3D-Verfahren, bei 3D-Kuppelprojektionen oder bei Lichtbildvorträgen in 3D auch heute noch Verwendung.

Farbfilterbrillen (Anaglyphen-Verfahren)

Grundsätzlich werden bei dem sogenannten Anaglyphen-Verfahren die beiden Halbbilder über Farbfilter projiziert, die für das linke und rechte Auge jeweils die Komplementärfarben Rot/Blau oder Rot/Grün vorsehen. Dem Physiker Stephen Gibson gelang es Ende der 1970er-Jahre, das Prinzip der Farbanaglyphentechnik auf revolutionäre Weise zu verbessern. Mit seinem patentierten Deep-Vision-System verwendete er die Filterfarben Rot und Cyan.

In mehrerer Hinsicht bietet dieses Anaglyphen-Verfahren (vor allem die Rot/Cyan-Farbkombination) einige Vorteile. Die Augen ermüden beispielsweise nicht so schnell, da die Helligkeit gleichmäßiger empfunden wird. In jedem Fall aber ist das Farbanaglyphen-System eine preiswerte Alternative und lässt sich medienneutral im Film- oder Printbereich anwenden. Vielleicht ist das der

Grund, warum diese Technologie bis heute noch präsent ist – auch wenn 3D an sich schon wieder aus der Mode ist. Die dänische Firma „Color Code“ entwickelte beispielsweise ein eigenes Farbanaglyphen-Verfahren mit der Farbkombination Blau (rechts) und Gelb (links). Im Jahre 2008 kam das neueste System auf den Markt, das Grün (rechts) und Magenta (links) verwendet.



Abbildung 23: Anaglyphenbrille von Oramics (www.amazon.de)

Der augenscheinliche Nachteil dieser Form der räumlichen Darstellung ist natürlich, dass bei allen Farbfilterbrillen die Gesamtbilder generell nur in schwarz-weiß genossen werden können, da sich die jeweiligen Farben „auslöschen“. Wie es dazu kommt, wird im nächsten Kapitel umfassend analysiert.

Farbwahrnehmung

Der Mensch kann etwa 200 Farbtöne und ungefähr 20 Millionen Farben unterscheiden. Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Farbe als solche eine Empfindungsgröße darstellt und somit generell subjektiven Charakter besitzt.

Wie bereits erläutert, wird das Licht im menschlichen Auge in Nervenimpulse umgewandelt. Während der Verarbeitung dieser Impulse in nachgeschalteten Hirnstrukturen entsteht eine Empfindung, die allgemein hin als „Farbe“ bezeichnet wird. Die physikalischen Einheiten im Bereich der Wahrnehmung sind zwar generell messbar, dennoch ist das, was wir als Schärfe, Kontrast, Licht oder Farbe empfinden und einschätzen, vielmehr eine subjektive oder gar emotionale Größe, die parallel zur individuellen Beschaffenheit und Funktionalität des menschlichen Auges sowie Gehirns verläuft.

„Es ist nicht das Licht, das farbig ist.“

Isaac Newton

Der berühmte englische Naturforscher und Philosoph bringt auf den Punkt, was knapp 300 Jahre nach seinem Tod immer noch Gültigkeitscharakter besitzt. Die Farbe, die ein Mensch sieht, muss nicht zwangsläufig dieselbe sein, die von einem anderen Menschen als solche definiert wird.

Farbbegriffe

Farbe ist also nicht viel mehr als eine Sinneswahrnehmung, ausgelöst durch einen Farbreiz aus der Lichtstrahlung, der wiederum Ursache für die sogenannte Farbvalenz (den Farbwert) ist, deren Wirkung die Farbwahrnehmung darstellt. Der Zusammenhang dieser drei Aspekte wird in der folgenden Grafik (Abbildung 22) deutlich.

Die Graßmannschen Gesetze⁶ definieren die Farbvalenz als eine dreidimensionale Größe, die Grundfarbe (Spektralfarbe), die Farbintensität und die Weißintensität. Darauf aufbauend werden diese drei Grundgrößen heute im Zusammenhang mit dem HSV-Farbraum, den CIE-Primärvalenzen oder den Werten CMY und RGB verwendet. RGB ist die Abkürzung für Rot, Grün, Blau. Diese drei Farbwerte stellen die Primärvalenzen beziehungsweise Primärfarben dar, also jene drei spektral reinen Farben, die sich nicht aus den jeweils anderen herstellen (mischen) lassen.



Abbildung 24: Dreiklang der Farbbegriffe

⁶ Vier Graßmannsche Gesetze der Farbenlehre nach dem Mathematiker Hermann Günther Graßmann zur additiven und subtraktiven Farbmischung

Helmholtz⁷ erkannte, dass die Farbvalenz durch Farbton, Sättigung und Helligkeit gekennzeichnet ist. So lässt sich die „Farbe“ nach ihrem Helligkeitsanteil (engl. luminance) und der Farbart unterscheiden. Diese setzt sich aus dem durch die Wellenlänge des Lichtes bestimmten Farbton (engl. hue) und der Farbsättigung (engl. saturation) zusammen, die durch den zugemischten Weißanteil entsteht. Insofern ist der Begriff „Farbe“ nicht korrekt. Es müsste vielmehr „Buntheit“ heißen, da die sogenannten Farbnuancen in erster Linie etwas mit der Helligkeit zu tun haben. Im Umkehrschluss verwendet man bei Grauwerten in der Fachsprache die Bezeichnung „unbunte Farben“.

Farbfrequenzen und -wellenlängen

Farbe ist also abhängig vom Licht beziehungsweise dessen Wellenlänge sowie Frequenzbereich. Es ist nicht möglich, Farben als absolute Größen darzustellen, sondern lediglich als Vergleich. Hierzu werden die sogenannten Spektralfarben zugrunde gelegt, die gern mit dem atmosphärisch-optischen Phänomen des Regenbogens in Verbindung gebracht werden. Bei der Spektralfarbe handelt es sich um einen Farbeindruck, der aus einem Teilbereich des für den Menschen sichtbaren Lichtspektrums erzeugt wird, wobei die Wellenlängenbereiche lückenlos aneinanderstoßen. Deshalb gibt es theoretisch unendlich viele Spektralfarben, dennoch werden grundsätzlich nur die sieben „Regenbogenfarben“ Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett im Farbspektrum verwendet.

| | Wellenlängenbereich | Frequenzbereich | |
|-------------|---------------------|-----------------|--|
| Rot | ≈ 700 - 630 nm | ≈ 430 - 480 THz |  |
| Orange | ≈ 630 - 590 nm | ≈ 480 - 510 THz | |
| Gelb | ≈ 590 - 560 nm | ≈ 510 - 540 THz | |
| Grün | ≈ 560 - 490 nm | ≈ 540 - 610 THz | |
| Blau/Indigo | ≈ 490 - 450 nm | ≈ 610 - 670 THz | |
| Violett | ≈ 450 - 400 nm | ≈ 670 - 750 THz | |

Abbildung 25: Spektralfarben und ihre Wellenlängen/Frequenzen

Wer schon einmal mit einem Grafikprogramm gearbeitet hat, kennt diese Farben aus der Praxis und weiß, dass sie sich beliebig mischen lassen. Wird der Farbwert eines Objektes auf eins gesetzt, färbt sich dieses schwarz. Werden alle drei Farbwerte (R = B = G) gleichmäßig um 50 Prozent erhöht, ergibt das die (unbunte) Farbe Grau. Setzt man zwei der drei Farbewerte auf 0 Prozent und die dritte auf 100 Prozent, ergibt sich daraus eine der drei Primärfarben.

⁷ Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz: deutscher Naturwissenschaftler und „Reichskanzler der Physik“

Werden zwei Farbwerte auf 100 Prozent gesetzt und der dritte bleibt bei null, können so die Farben Cyan (Grün und Blau), Gelb (Rot und Grün) und Magenta (Blau und Rot) additiv gemischt werden. Aus diesen drei sogenannten Sekundärfarben (Cyan, Magenta und Yellow) resultiert der technisch-physikalische Wert CMY.

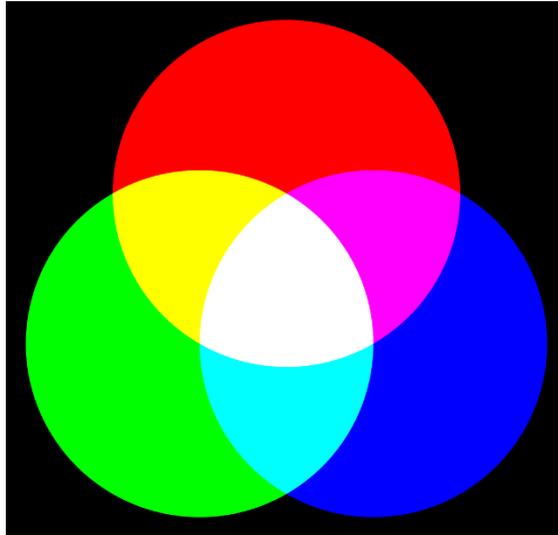


Abbildung 26: Primär- und Sekundärfarben/additive Farbmischung (Wikimedia Commons)

Werden sowohl bei der additiven als auch bei der subtraktiven Farbmischung zwei Farben gemischt, die einen neutralen Grauton oder Weiß ergeben, so werden diese als Komplementärfarben (lateinisch: complementum) bezeichnet. Sie heben sich bei der Mischung also gegenseitig auf (vgl. Kapitel über Farbfilterbrillen/Anaglyphen-Verfahren).

Verschiedene Farbpaare gelten als komplementär. Dazu zählen Blau ↔ Gelb, Rot ↔ Cyan und Grün ↔ Magenta. Da diese aus den Farben RGB resultieren, stellen sie die Basis dar für das CIE-System und andere technische Systeme (z.B. RGB und CMY). Die Komplementärfarben Blau ↔ Gelb und Rot ↔ Grün sind grundlegend für das NCS-System und Blau ↔ Orange sowie Rot ↔ Grün und Gelb ↔ Violett sind nach dem Modell von Goethe⁸ und Itten⁹ komplementär, die jeweils im künstlerischen Zusammenhang von Bedeutung sind. Diese Komplementärfarben werden auch synonym als Gegenfarben bezeichnet, da sie sich im sogenannten Farbkreis genau gegenüberstehen (vgl. Abbildung).

⁸ „Werk Zur Farbenlehre“ vom großen deutschen Dichter und Denker Johann Wolfgang von Goethe
⁹ Johannes Itten: Schweizer Maler, Kunsttheoretiker und Kunstpädagoge des 20. Jahrhunderts

Verändert man die Intensität eines Farbtons, ergeben sich pro Farbton etwa 500 unterscheidbare Helligkeiten.

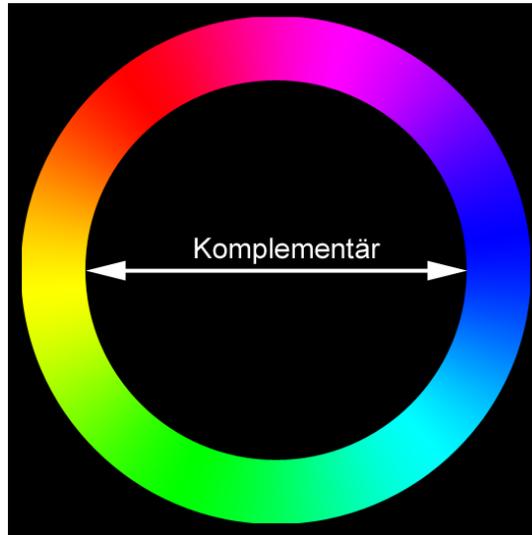


Abbildung 27: RGB-Farbkreis/Komplementärfarben (Wikimedia Commons)

Additive und subtraktive Farbmischung

Setzt man hingegen im RGB-Farbmodell alle drei Werte auf 100 Prozent, ergibt sich daraus Weiß. Das heißt, dass durch die Überlagerung der Farben sich diese gegenseitig auflösen können. So kann im Umkehrschluss auch aus weißem Licht farbiges Licht entstehen. Dieser Vorgang ist reversibel - kann also in beide Richtungen erfolgen. Wenn man sich weg vom Computer in die Natur begibt, kann man mithilfe eines Prismas und einer Linse das Sonnenlicht in ein Farbspektrum aufspalten oder umgekehrt zusammenzuführen, um somit das ursprüngliche Sonnenlicht wiederherstellen.

Wenn „weißes Licht“ (Sonnenlicht) durch ein Glasprisma fällt, wird dieser Strahl zwei Mal gebrochen: Erstens beim Übergang vom optisch dünneren zum optisch dichteren Medium (Luft → Glas) und zweitens beim Übergang vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium (Glas → Luft). Dabei werden die verschiedenen Wellenlängen unterschiedlich stark gebrochen. So entsteht ein kontinuierliches Spektrum, das ungefähr 300 unterscheidbare Farbnuancen umfasst, die vom menschlichen Auge wahrgenommen werden können.

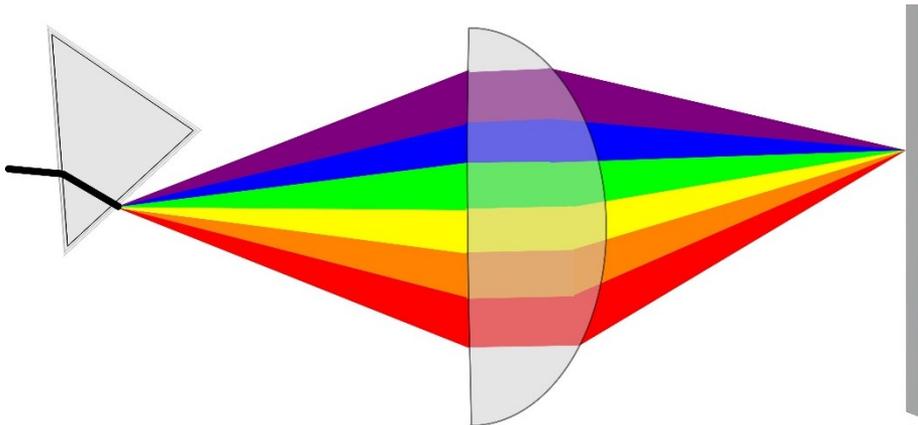


Abbildung 28: Lichtbrechung und Spektralfarben

Hingegen erhält man reines „weißes“ Licht, wenn man alle Farben des Spektrums mithilfe einer Linse wieder zusammenführt. Es werden also die einzelnen Wellenlängen „addiert“, die in der Summe wieder „weißes“ Licht ergeben. Dieses Verfahren wird auch als optisches Farbmischen bezeichnet und heute in verschiedenen Verfahren der modernen Bildschirmtechnik verwendet; beispielsweise bei der Quantum-Dot-Technologie diverser TV-Flachbildschirme seit 2015.

Das optische Farbmischen lässt sich unter anderem auf die Erkenntnisse von Isaac Newton zurückführen, der aufgrund von Beobachtungen und Praxistexten bereits Ende des 17. Jahrhunderts mit ebenjenem Hilfsmitteln (Prisma, Linse) die ersten Hinweise zur Erklärung der Farbwahrnehmung in seinen „Opticks“ lieferte. Im Rahmen der Zerlegung des „weißen“ Lichts wies Newton nach, dass das Licht in sieben Farben des Spektrums (vgl. Abbildung) zerlegt werden kann. Allerdings ging er davon aus, dass sich das Licht aus Partikeln zusammensetzt. Weitere Forschungen auf diesem Gebiet erwiesen aber, dass sich die Spektralfarben vor allem in ihrer Wellenlänge unterscheiden. Hierfür steht beispielsweise das sogenannte Wellenmodell nach Thomas Young¹⁰ oder Cristiaan Huygens¹¹.

Insofern wird das Spektrum in der modernen Wissenschaft als die Gesamtheit aller Linien und Banden bestimmter Frequenz in einem energiegelichen Strahlungsereignis definiert. In der Physik besteht das sogenannte „weiße“ Licht aus Anteilen aller Wellenlängen des sichtbaren Spektralbereichs und ist somit ein energiegelich gemischtes Licht, das es in dieser perfekten Form allerdings nur in der Theorie gibt. In der Regel ist damit das Sonnenlicht oder

¹⁰ Englischer Augenarzt und Physiker; der als erster die Wellenlängen des Lichts gemessen hat und den Anstoß dazu gab, Lichtstrahlen als transversale Wellen zu behandeln.

¹¹ Niederländischer Mathematiker und Physiker des 17. Jahrhunderts; Begründer der Wellentheorie des Lichts

Tageslicht gemeint beziehungsweise die Normlichtarten mit ihren unterschiedlichen Farbtemperaturen.

Farbtemperaturen

Denn Weiß entsteht auch durch Hitze oder vielmehr verschiebt sich das Maximum des Farbspektrums mit steigender Temperatur hin zu kürzeren Wellenlängen. So nehmen wir beispielsweise das Wellenlängengemisch der Sonne als weiß oder zumindest sehr hell wahr, weil die Außentemperatur dieser Gaskugel ca. 6000 °C beträgt, was einer Farbtemperatur von etwa 5800 Kelvin entspricht. Bei bedecktem Himmel verschiebt sich diese Farbtemperatur der Sonne zu höheren Werten (7000 Kelvin), sodass für das sogenannte Norm- oder Referenzlicht D65 namensgebende 6504 Kelvin zugrunde gelegt wurden. Die Werte aller sonstigen Kunstlichtquellen liegen weit unter diesem Bereich (vgl. Abbildung).

| | | | |
|------------------|--------|---------------|--------|
| Himmel bedeckt | 7000 K | Mondlicht | 4100 K |
| Normlicht D65 | 6504 K | Halogenlampe | 3200 K |
| Himmel wolkenlos | 5800 K | 40W-Glühlampe | 2650 K |
| HMI-Lampe | 5600 K | 25W-Glühlampe | 2500 K |
| Sonne früh/spät | 4300 K | Kerzenlicht | 1850 K |

Abbildung 29: Farbtemperaturen verschiedener Lichtquellen in Kelvin (K)

Absorptionsspektren

Wie verhält es sich nun aber mit all jenen Körpern, die nicht von selbst leuchten beziehungsweise Licht abstrahlen? Wie bereits erwähnt, emittieren, absorbieren oder reflektieren diese das Licht aus externen Quellen. Während beim Emittieren der transparente Körper das Licht verändert durchlässt (Beispiel Prisma), nehmen lichtundurchlässigere Körper das Licht auf und strahlen es verändert wieder ab. Vereinfacht ausgedrückt entstehen auf diesem Wege die sogenannten Körperfarben und damit die gesamte Farbvielfalt unserer Umwelt.

Allerdings verhalten sich Körper anders, je nachdem wie sie angestrahlt werden. Denn wie das Licht selbst hängt auch der Absorptions- oder Reflexionsgrad von der Wellenlänge des Lichtes ab. Körper erscheinen in „weißem Licht“ farbig, da eben nur bestimmte Frequenzen aufgenommen und wieder zurückgegeben werden (subtraktive Farbmischung). Werden Körper hingegen mit monochromatischem Licht – also mit nur einer Farbe

beziehungsweise einer genau definierten Frequenz – angestrahlt, dann werden dieselben Körper ganz anders wahrgenommen. Wird rotes Papier etwa mit rotem Licht angestrahlt, erscheint es weiß. Hingegen nimmt ein Körper, der kein blaues Licht reflektiert, in blauem Licht die Farbe Schwarz an. Der Anteil der Strahlung, der nicht reflektiert wird, kann von den Körpern im Übrigen in Wärmeenergie umgewandelt werden. Deshalb erwärmen sich dunkle Körper (z.B. schwarze Kleidung) unter Lichteinfluss mehr, da sie weniger Licht reflektieren und damit eine höhere Menge Energie abgeben können.

Wie alles in der Natur hat auch die Farbwahrnehmung einen effektiven wenn nicht gar existenziellen Nutzen. Die Farbvielfalt, die jeder Mensch individuell empfindet, ist insofern nicht einfach nur „bunt“, sondern hilft uns, unsere Umwelt zu differenzieren. Ein berühmtes Sprichwort heißt: „Bei Nacht sind alle Katzen grau“. Unter sehr geringem Lichteinfluss sind tatsächlich alle Körper nur in Grautönen sichtbar. Bei Tageslicht hingegen ist die unregelmäßige Helligkeitsverteilung (Textur) der betrachteten Objekte in Verbindung mit den entsprechenden Farbinformationen dafür verantwortlich, dass wir die Texturen voneinander unterscheiden können.

In der folgenden Abbildung wird anhand derselben Photographie deutlich, dass erst die Farbwahrnehmung eine genaue Unterscheidung unserer Umwelt möglich macht.



Abbildung 30: Unterschied zwischen bunt und unbunt: Farbe zur besseren Orientierung

Wie bereits eingangs beschrieben, sind die Photorezeptoren (Stäbchen und Zapfen) in unserem Auge zuständig für die Helligkeits- und Farbwahrnehmung. Die weniger lichtempfindlichen Zapfen können in drei Kategorien unterteilt werden: lang-, mittel-, und kurzwellenlängensensitiv oder einfacher ausgedrückt: Rot, Grün und Blau. Das heißt komplex betrachtet, dass diese drei Zapfenarten besonders gegenüber einer der Primärfarben empfindlich reagieren. Analog zur additiven Farbmischung kann das menschliche Auge also die unterschiedlichen Farbreize auf Basis dieser drei Farbwerte „mischen“. Wird beispielsweise die Farbe Gelb wahrgenommen, dann sind lediglich zwei

Zapfenarten aktiv, nämlich die der rot- und grünempfindlichen Kategorie. Hierbei handelt es sich um den Schnittpunkt der beiden Maximalwerte (Rot und Grün), wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

Diese sogenannten Absorptionsgipfel liegen nur eine Winzigkeit (ca. 30 Nanometer) auseinander, da sie ursprünglich zu nur einem Urzapfen gehörten, der sich erst im Laufe der Evolution zu zwei Zapfentypen entwickelte. Erst Anfang der 1990er Jahre ist es der Wissenschaft gelungen nachzuweisen, dass die Absorptionseigenschaft der Zapfen von ihrem sogenannten Sehfärbstoff abhängt, dessen Proteine genetisch bestimmt sind. Dr. Jeremy Nathans¹² und sein Team identifizierte die entsprechenden Gene, die die Ausbildung dieser Proteine kodieren. Auf dieser Basis stellte sich heraus, dass die Unterschiede der Aminosäuresequenzen der Rot- und Grünpigmente nur sehr gering sind (< 2 Prozent).

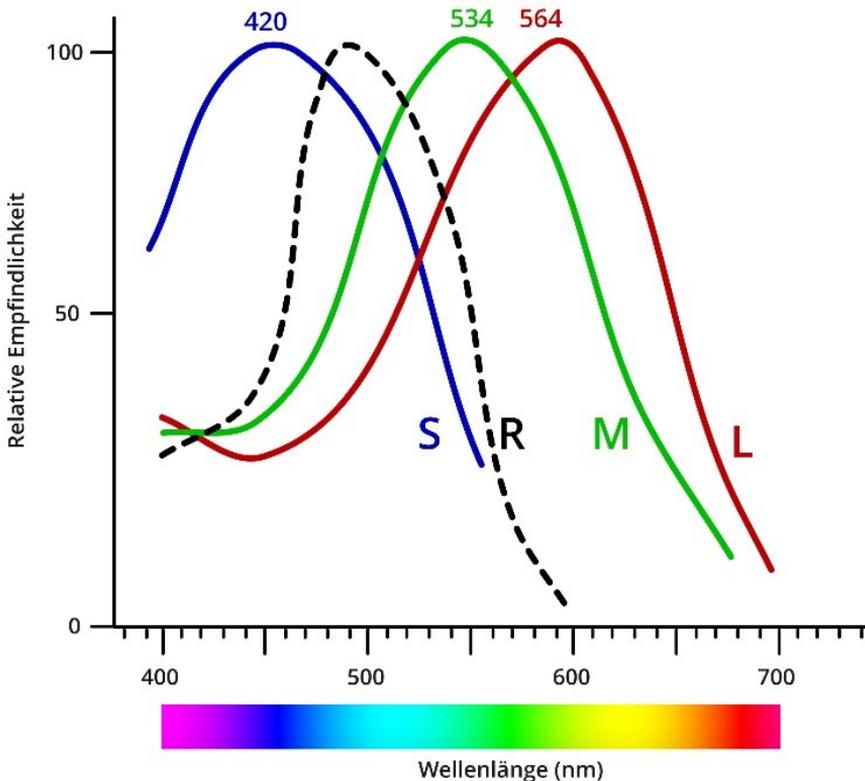


Abbildung 31: Empfindlichkeitsverteilung der drei Zapfenarten. Schwarz (R) = Stäbchen

¹² Professor für Molekularbiologie und Genetik an der Johns Hopkins Universität (Baltimore, USA)

Auch die Anzahl und Dichte der Rot-/Grün-Zapfen auf der Netzhaut des menschlichen Auges sind gegenüber der für das Blausehen weitaus höher. Im zentralen Bereich der Fovea befinden sich ausschließlich Rot- und Grünzapfen. Die Blauzapfen machen nur einen Anteil von neun Prozent aus und sind ausschließlich in der peripheren Retina vorhanden. Im sogenannten Photorezeptormosaik nach Roorda & Williams (1999) wird das Verhältnis von Rot-, Grün- und Blauzapfen besonders deutlich (vgl. Abbildung).

Photorezeptormosaik

Während zahlreicher Studien innerhalb der Farbforschung wurde klar, dass die Farbwahrnehmung der Probanden und damit generell rein subjektiver Natur ist. Dies ist unter anderem der Grund dafür, warum die sogenannte Farbenblindheit bei vielen Menschen erst sehr spät und wenn meist nur zufällig entdeckt wird.

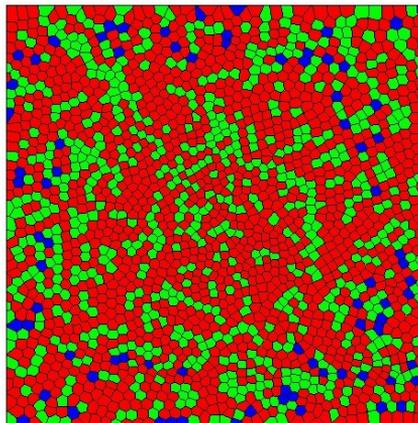


Abbildung 32: Photorezeptormosaik nach Roorda & Williams¹³

Im Mittelpunkt einiger Hypothesen in Bezug auf den evolutionären Vorteil der ausgeprägten Rot-Grün-Wahrnehmung steht die Annahme, dass diese Unterscheidungsfähigkeit der roten und grünen Farbe vor allem mit der Orientierung während der Nahrungssuche zusammenhängt. So ist es beispielsweise den Menschen aber auch vielen Tieren möglich, die roten Beeren zwischen den grünen Blättern zu identifizieren. Die Wissenschaft sieht zum Teil hier den Grund dafür, warum der dritte Zapfentyp für die Farbe Blau entsprechend weniger ausgeprägt ist. Allerdings steht dem entgegen, dass Menschen mit einer Rot-Grün-Blindheit sich ebenfalls in der Natur orientieren können und sich die wahrgenommene Struktur nur unwesentlich unterscheidet.

¹³ Austin Roorda & David R. Williams: Center for Visual Science, University of Rochester (New York, USA)

Rot-Grün-Blindheit (Anopia)

Gegenüber anderen Formen der genetisch bedingten Farbenblindheit tritt die Rot-Grün-Schwäche sehr häufig auf. Insbesondere Männer sind davon betroffen, da sich die Gene für die Rot- und Grünpigmente auf dem X-Chromosom befinden. Bekanntermaßen verfügen Männer nur über X-Chromosomen. Fehlt also eines dieser Gene, kann es nicht ausgeglichen werden, der entsprechende Zapfentyp (für Rot oder Grün) ist insofern nicht vorhanden.

So tritt die absolute Rot-Grün-Blindheit (Anopia) bei ca. 2,3 Prozent der männlichen Bevölkerung in Europa auf. Weniger ausgeprägte Anomalien, bei denen das Rot-Grün-Sehen lediglich gestört aber dennoch teilweise vorhanden ist, kommen bei weiteren 5,7 Prozent vor (vgl. Tabelle).

| Geschlecht | Anzahl | Rot-Zapfen (Protan) | | Grün-Zapfen (Deutan) | |
|------------|--------|---------------------|----------|----------------------|----------|
| | | Anopia | Anomalie | Anopia | Anomalie |
| männlich | 45,989 | 1.01 % | 1.08 % | 1.27 % | 4.63 % |
| weiblich | 30,711 | 0.02 % | 0.03 % | 0.01 % | 0.36 % |

Abbildung 33: Rot-Grün-Farbsehstörungen in Westeuropa (nach Sharpe¹⁴, 1999, Tabelle 1.4)

In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass die technischen Farbsysteme (RGB, CIE etc.) grundsätzlich nichts mit den hier beschriebenen anatomischen Begebenheiten im menschlichen Körper – also den Absorptionseigenschaften der Zapfen - zu tun haben. Dennoch sollte der Vollständigkeit halber nicht unerwähnt bleiben, dass vor allem die Dichte dieser Zapfen die Sehschärfe unserer Augen verantwortlich ist.

Insbesondere bei kurzweiligem Licht entsteht eine sogenannte retinale Unschärfe, die auf die geringe Dichte der Blauzapfen zurückzuführen ist. Da die Zapfendichte nur im Zentrum der Fovea am stärksten ist und in der Peripherie (Umgebung) abnimmt, können im äußeren Gesichtsfeld weitaus weniger Farben scharf wahrgenommen werden, was unter anderem einer Reizüberflutung entgegenwirken soll. Die unregelmäßige Anordnung der Zapfen, wie im Photorezeptormosaik (vgl. Abbildung) dargestellt, ist demnach der Grund dafür, warum im Farbbereich weniger Wahrnehmungsstörungen auftreten. Denn die räumliche Auflösung der Farbwahrnehmung ist wesentlich geringer als die des Helligkeitssystems, da die Photorezeptoren, die für das Hell-Dunkel-Sehen verantwortlich sind (Stäbchen) generell empfindlicher reagieren. Allerdings sei

¹⁴ Lindsay Theodor Sharpe (Universitäts-Augenklinik Tübingen, Abteilung für Pathophysiologie des Sehens und Neuroophthalmologie)

hier der Vollständigkeit halber ebenfalls angemerkt, dass die Stäbchen aufgrund ihrer hohen Lichtempfindlichkeit eben nicht für das Sehen im Hellen, sondern vielmehr für das Dämmungs- und Nachtsehen zuständig sind.

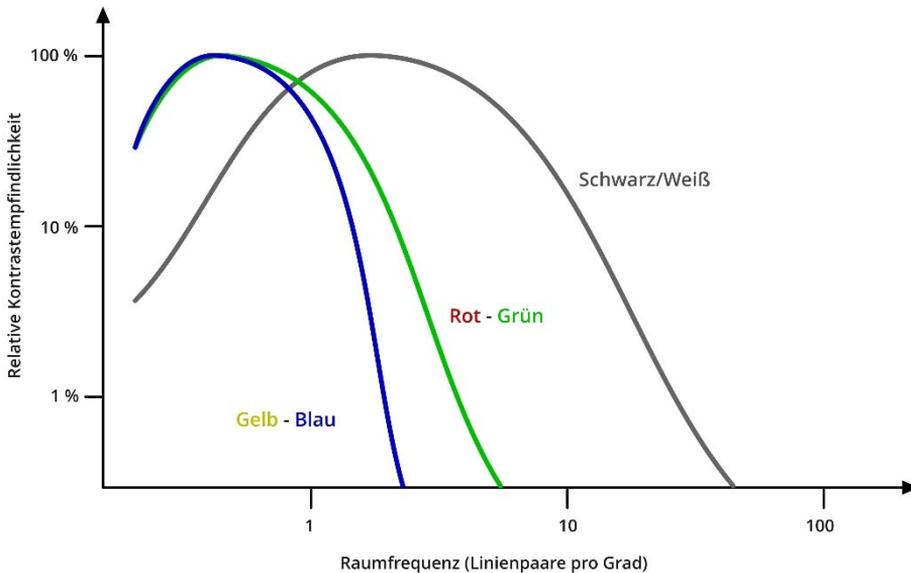


Abbildung 34: Kontrastempfindlichkeit in der räumlichen Auflösung

So können farbige Flächen schlechter differenziert werden als Schwarz-Weiß-Muster. Obige Abbildung veranschaulicht, dass das Kontrastempfinden für Farbmodulationen wesentlich geringer ist als für Helligkeitsmodulationen.

Im Kontext der Bildübertragungstechnologie ist dieses Wissen von Vorteil. Zeigt es doch, dass für eine qualitativ hohe Darstellung feiner Details lediglich die Helligkeitsinformationen übertragen werden müssen und auf Farbinformationen weitgehend verzichtet werden kann. Aber auch für viele andere Bereiche der Fernsichttechnik ist die Wahrnehmung essentiell. Deshalb dient sie auch in diesem Praxishandbuch als Grundlage für die nun folgenden technischen Erläuterungen.

Grundlagen der Fernsehtechnik

Hätte Thomas Alva Edison seinerzeit nicht die Glühlampe erfunden, hätte es vielleicht ein anderer getan. Und dennoch ist dem US-amerikanischen Erfinder und Unternehmer nicht nur die Markteinführung des elektrischen Lichtes zu verdanken. Die Ergebnisse seiner industriellen Forschung in den Bereichen Elektrizität und Elektrotechnik sind letztlich die Basis für die heutige Telekommunikation sowie die modernen Medien für Ton und Bild.

Edison entdeckte zum Ende des 19. Jahrhunderts die Glühemission im Zusammenhang mit einer geheizten Glühkathode im Vakuum eines Glaskörpers. Der sogenannte Edison-Richardson-Effekt wurde vom englischen Physiker John Ambrose Fleming aufgegriffen, der sich im Jahre 1904 die Vakuum-Diode patentieren ließ. Nur zwei Jahre später meldete der österreichische Physiker Robert von Lieben seine quecksilberdampfgefüllte Liebenröhre als Kathodenstrahlrelais zur Verstärkung des elektrischen Signals mit zwei Elektroden beim Kaiserlichen Patentamt an.

Im Gegensatz zur Liebenröhre verfügte die ebenfalls gasgefüllte Audionröhre des US-amerikanischen Erfinders Lee de Forest bereits über drei Elektroden. Im Oktober 1912 stellte De Forest seinen Röhrenverstärker der Firma Bell Telephone Laboratories vor. Schon ein Jahr später war diese Technologie markttauglich. Anstatt der Gasfüllung wurde in den Röhren nunmehr ein Hochvakuum erzeugt, die ab 1913 für Telefonverbindungen zwischen New York und Baltimore genutzt wurden. Auch in Österreich stellte Robert von Lieben seine gasgefüllten Röhren auf Vakuumröhren um. 1916 entwickelte der deutsche Physiker und Elektrotechniker Walter Schottky bei Siemens & Halske die Schirmgitterröhre (Tetrode), die sich allerdings wie auch die Pentode nur als Verstärker für den Niederfrequenzbereich eignete.

Für den Hochfrequenzbereich wurde im selben Jahr bei der englischen Marconi Company die Hochfrequenztriode V24 entwickelt – unter der Führung des englischen Forschers Henry Joseph Round, der ebenfalls als Erfinder der Leuchtdiode gilt. Mit der voranschreitenden Entwicklung der UKW- und Fernsehempfänger setzten sich letztlich die Trioden durch, die ihrem Namen nach aus drei Bauteilen bestehen: der Kathode (negative Elektrode) und der Anode (positive Elektrode) sowie dem Steuergitter, das sich dazwischen befindet.

In Deutschland revolutionierten Manfred von Ardenne und Siegmund Loewe im Jahre 1926 die Röhrentechnologie durch die Entwicklung der Dreifachröhre (3NF), die im Radioempfänger OE333 der Firma Loewe ihren Einsatz fand. Diese

Mehrsystemröhre enthielt neben drei Trioden-Systemen auch zwei Kondensatoren und vier Widerstände.

Bis in die späten 1950er Jahre wurden in Rundfunk- und Fernsehempfängern ausschließlich Elektronenröhren verwendet, die allerdings zunehmend durch Transistoren ersetzt wurden. Erst mit der Jahrtausendwende verschwanden Röhren und Transistoren aus den Geräten der Unterhaltungselektronik. Heute stehen (fast) ausnahmslos LCD-/OLED-Flachbildschirme zur Verfügung. Die Plasma-Geräte sind bereits wieder vom Markt verschwunden.

Nach diesem kleinen Exkurs in die Ursprünge der Bildübertragung sollen nun die technischen Grundlagen erörtert werden.

Bildübertragung

Neben individuellen Präferenzen sind doch allgemein hin die Anforderungen an Bildwiedergabesysteme bis heute dieselben geblieben. Ein Bildwiedergabewandler (z.B. Fernseher) soll bei geringem Leistungsbedarf über eine hohe Helligkeit und Auflösung, kleine Trägheit, einen großen Betrachtungswinkel und natürlich eine große Bilddiagonale verfügen. Mit der modernen HDTV-Technologie sind Displays mit Bildschirmdiagonalen von einem Meter und darüber hinaus keine Seltenheit mehr. Auch Großbildprojektionen im Heimkinobereich finden immer mehr Verwendung.

Allen gemeinsam ist das Grundprinzip: die Rekonstruktion des auf der AufnahmeSeite erzeugten Bildes und die Umsetzung des Videosignals in sichtbares Licht. Grundsätzlich lassen sich Wiedergabewandler in aktive (emittierende) und passive (nicht emittierende) Systeme unterteilen.

Im 21. Jahrhundert haben wir uns längst an die leichten und flachen LCD- oder aber QLED- und OLED-Displays gewöhnt. Obwohl diese Technologien noch gar nicht so alt sind – vor allem wenn man bedenkt, dass knapp einhundert Jahre lang die Kathodenstrahlröhre unter anderem die Unterhaltungselektronik dominierte. Deshalb soll im Folgenden dieses einstige Wunderwerk der Technik gebührend erläutert werden.

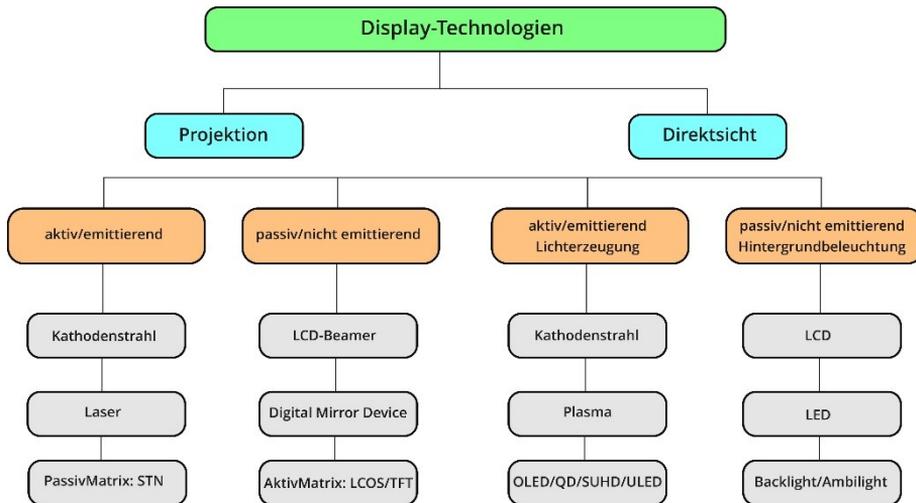


Abbildung 35: Displaytechnologien im Vergleich

Kathodenstrahl/Elektronenstrahl

Eine Kathode (griechisch: káthodos = Hinabweg) ist die Gegenelektrode zur Anode (griechisch: ánodos = Aufweg). Es handelt sich dabei um eine Elektrode, an der Elektronen einem System zugeführt werden, das beispielsweise aus einem Vakuum (Elektronenröhre) besteht. Zwischen diesen Elektroden wandern Ionen (griechisch: Íón = wanderndes Teilchen); die Kationen zur Kathode und die Anionen zur Anode.

Bereits zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden Kathodenstrahlen systematisch untersucht. Der österreichisch-ungarische Physiker Philipp Eduard Anton Lenard entwickelte im Rahmen seiner Untersuchungen das sogenannte Lenard-Fenster und bewies damit, dass Kathodenstrahlen in der Lage sind, eine Metallfolie, die aus mehreren Tausend Atomschichten besteht, zu durchqueren. Darüber hinaus erkannte Lenard, dass Kathodenstrahlen photographische Platten belichten und unter gewissen Umständen Phosphoreszenz hervorrufen können. Im Jahre 1905 wurde Lenard dafür mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet. Allerdings war seinerzeit noch nicht bekannt, dass die Kathodenstrahlen auf Elektronen zurückzuführen sind. Deshalb wird in diesem Zusammenhang sowohl der Begriff Kathodenstrahl als auch Elektronenstrahl verwendet. In einer Kathodenstrahlröhre beziehungsweise Elektronenstrahlröhre (z.B. Braun'sche Röhre) werden technisch Strahlenbündel mithilfe eines Strahlensystems (Elektronenkanone) erzeugt, Elektronen aus einer Glühkathode freigesetzt und durch ein elektrisches Feld beschleunigt.

Elektronenröhre (Kathodenstrahlröhre)

Die Kathodenstrahlröhre (engl. cathode ray tube/CRT) wird nach ihrem Erfinder¹⁵ auch Braun'sche Röhre genannt. Obwohl Braun eigentlich auf dem Gebiet der drahtlosen Telegrafie seinen Nobelpreis erhielt und mit dem einst durch den Kölner Schokoladenproduzenten Ludwig Stollwerck gegründeten Konsortium „Professor Braun's Telegraphie Gesellschaft GmbH“ (der späteren Telefunken AG) finanziellen Erfolg hatte, verdankt er seine Bekanntheit grundsätzlich der Erfindung seiner Kathodenstrahlröhre. Da Brauns wissenschaftliche Untersuchungen in eine andere Richtung gingen, betrachtete er seine Erfindung für die seinerzeit noch ganz junge Fernsehtechnik als ungeeignet. Erst Manfred von Ardenne benutzte am 14. Dezember 1930 die Braun'sche Röhre bei der ersten vollelektronischen Fernsehübertragung.

Aufbau

Im Laufe der sich entwickelnden Fernsehtechnik wurde aus der Braun'schen Kathodenstrahlröhre die Hochvakuumröhre, wie wir sie heute (im 21. Jahrhundert) allerdings überwiegend nur noch aus dem Museum kennen.

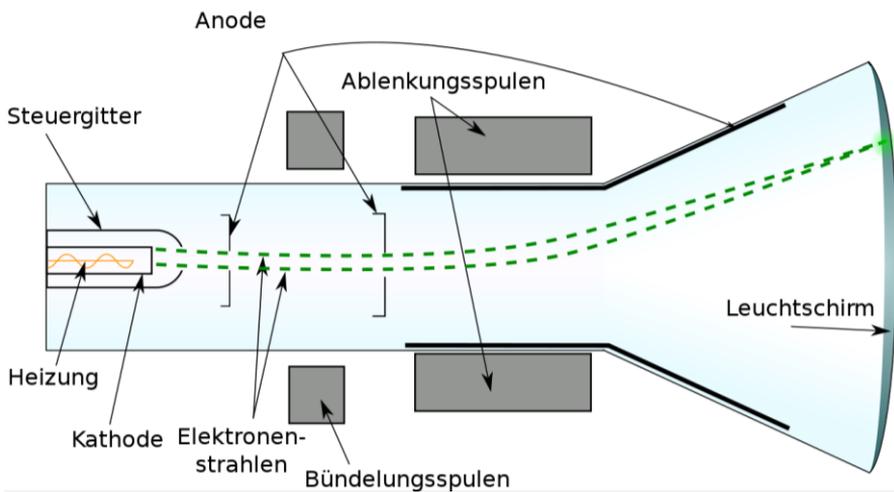


Abbildung 36: Schema der magnetischen Ablenkung bei der Kathodenstrahlröhre (Wikimedia Commons)

Ähnlich wie Glühlampen bestehen Kathodenstrahlröhren aus geschlossenen, sogenannten evakuierten Glaskolben. Allerdings ist das Glas hier sehr viel dicker, um dem hohen Außendruck standhalten zu können. Je breiter die

¹⁵ Karl Ferdinand Braun: deutscher Physiker, Elektrotechniker. 1909 erhielt er gemeinsam mit Guglielmo Marconi den Nobelpreisträger für Physik (Entwicklung der drahtlosen Telegrafie)

Fläche, desto höher der Druck. Wenn man von ca. 1 bar ausgeht, entspricht das ungefähr einem Druck von 1 kg/cm^2 . Deshalb müssen größere Geräte auch eine entsprechend dickere Glaskolbenwandung haben. Das Innere ist luftleer, es befindet sich also ein Vakuum im Glaskolben, damit der Elektronenstrom nicht von Luftmolekülen behindert wird.

Die Elektronen werden erzeugt, indem eine Metallfläche (Kathode) mit einem Glühdraht erhitzt wird. Die Wärme oder auch thermische Energie, die dabei entsteht, macht es möglich, dass die Elektronen aus der Kathode austreten. Der sogenannte Wehneltzylinder mit negativem Potential umgibt die Kathode, wobei an der Seite, die zum Bildschirm zeigt, ein kleines Loch dafür sorgt, dass der Elektronenstrahl austreten kann. Über die Spannungsdifferenz zwischen Kathode und Wehneltzylinder wird die Strahlungsintensität gesteuert, das heißt, dass der Elektronenstrahl nicht unmittelbar nach seiner Erzeugung sofort wieder auseinander driftet (divergiert).

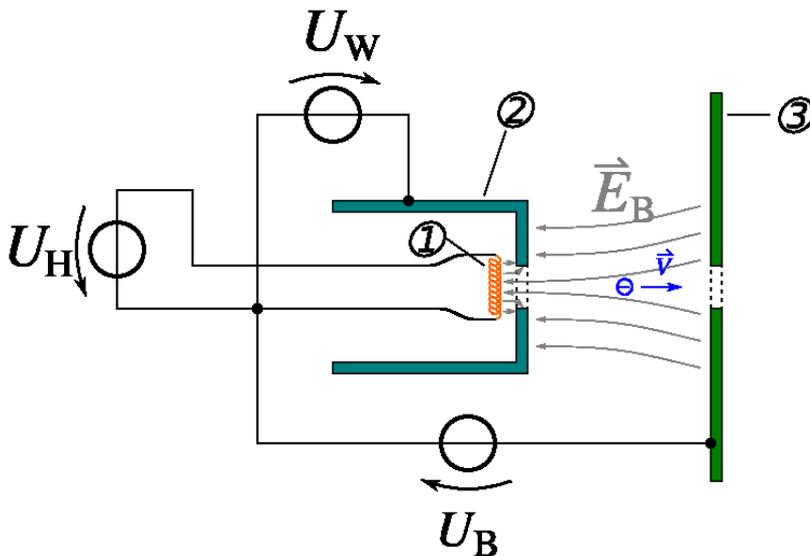


Abbildung 37: Aufbau einer Elektronenkanone mit Wehneltzylinder (Wikimedia Commons)
 © Glühkathode © Wehneltzylinder © Anodenblende

Wie bereits erwähnt, ist die Kathode die Gegenelektrode zur Anode. Diese besteht bei Kathodenstrahlröhren oft aus einer elektrisch leitenden Schicht an der Innenseite des konischen Glaskörpers und einem Zylinder, der direkt in der Strahlenbahn liegt. Bei Schwarz/Weiß-Röhren werden die Elektronen mit ungefähr 18 kV auf die Anode beschleunigt. Dabei gelangen sie in den Bereich der sogenannten Fokussierelektroden, die für die Bildschärfe verantwortlich sind. Hier wird ein elektrisches Feld erzeugt, das den Elektronenstrahl bündelt. Sobald die Elektronen die Anode passiert haben, „fliegen“ die Elektronen bei konstanter Geschwindigkeit bis zur Leuchtschicht weiter. Dabei werden die Leuchtstoffe (Phosphore) zur Lichtemission angeregt. Diese erfolgt ungerichtet, weshalb bei der Betrachtung eines Röhrenbildschirms die Blickrichtung relativ unabhängig ist.

Je schneller der Elektronenstrahl, desto höher die Leuchtdichte. Dies gilt es zu vermeiden: Denn bei großem Strahlstrom würde sich auch der Elektronenstrahldurchmesser erhöhen, was wiederum eine verringerte Bildschirmauflösung zur Folge hätte. Deshalb wird die Strahlstromstärke relativ gering gehalten (unter 1 mA). Auch die Beschleunigungsspannungen am Anodenanschluss liegen unterhalb von 30 kV. Wären die Elektronen zu schnell, würden sie beim Auftreffen auf die Leuchtschicht beziehungsweise die Glaskolbenwand so stark abgebremst werden, dass eine ungewollte Röntgenstrahlung entstünde.



Abbildung 38: 9"-Schwarz-Weiß-Bildröhre mit zugehöriger Ablenkeinheit (Wikimedia Commons)

Der Leuchtschirm besteht aus einer leitfähigen Schicht und ist mit einer dünnen Aluminiumschicht hinterlegt. Damit ist zum einen möglich, dass die Elektronen zur Anode abfließen können und sich damit der Stromkreis schließt. Zum anderen werden durch den aluminiumhinterlegten Leuchtschirm die Sekundärelektronen abgeleitet, welche dabei entstehen, wenn der Elektronenstrahl auf die Leuchtschicht trifft. Darüber hinaus reflektiert diese

das Licht, damit die Leuchtstoffe in den Röhreninnenraum abstrahlen können. Infolgedessen wird sowohl die Bildhelligkeit als auch gleichzeitig der Kontrast erhöht. Letzterer wird auch durch die Verwendung von Grauglas gesteigert, das zumeist für die Herstellung der Röhren verwendet wurde.

Von außen ist der Glaskolben am konischen Teil oft mit einer dünnen Graphitschicht überzogen. Die Erdung dieser Schicht bewirkt, dass das Gerät vor Ladungsausgleich geschützt ist (Faradayscher Käfig¹⁶). Gemeinsam mit der inneren Anodenbeschichtung wirkt die äußere Grafitsschicht wie ein Kondensator, der die Anodenspannung „glättet“. Mit diesem Grafitbelag sind elektrisch leitende Gitter verbunden. So kann der dadurch entstehende elektrische Widerstand die hohe Anodenspannung (bis 27 kV) auf geringere positive Potenziale senken.

Strahlableitung

Für eine zweidimensionale Bilddarstellung muss der gebündelte Elektronenstrahl sowohl vertikal als auch horizontal abgelenkt werden. Diese Strahlableitung kann entweder durch elektrische oder magnetische Felder erfolgen.

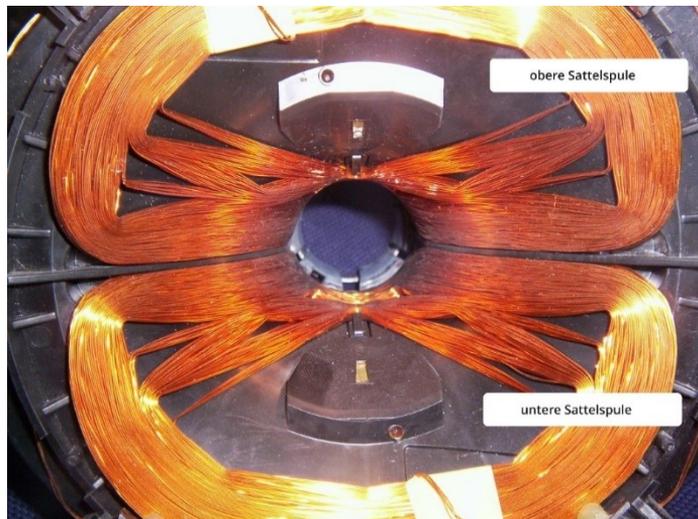


Abbildung 39: Ablensystem/ Horizontalablenkspulen einer Fernseh-Bildröhre (Wikimedia Commons)

¹⁶ Faradayscher Käfig: benannt nach dem englischen Physiker Michael Faraday
Elektrische Abschirmung bestehend aus einer allseitig geschlossenen, leitfähigen Hülle (z.B. Drahtgeflecht/Auto); infolge der sogenannten Influenz bleibt bei äußeren statischen elektrischen Feldern der innere Bereich feldfrei.

Da Fernseh- und Monitorröhren in der Regel einen großen Bildschirm und einen kurzen Röhrenhals haben, ist es notwendig, den relativ kurzen Elektronenstrahl in einem breiten Winkel zu streuen. Dazu dienen starke magnetische Felder, die zum einen durch zwei verschiedene Spulensysteme auf einem gemeinsamen Ferritkörper erzeugt werden. Diese Spulenanordnung ist auf dem Röhrenhals angebracht (vgl. Abbildung).

Während der Ablenkung ist der Stromverlauf annähernd sägezahnförmig, das heißt, dass die Frequenzen sehr kurz und damit die Amplituden spitz zulaufen, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

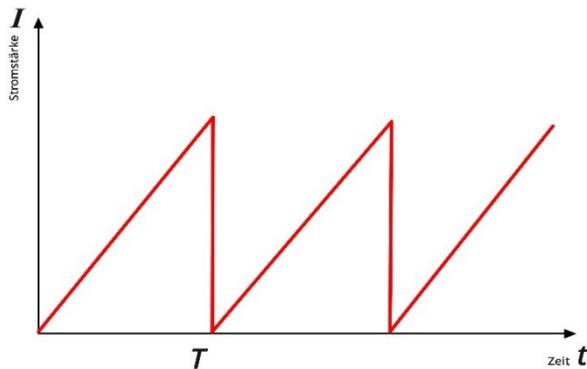


Abbildung 40: Schematische Darstellung einer Sägezahnspannung

Während der aktiven Zeilendauer wird der Elektronenstrahl durch die innenliegenden Sattelspulen von links nach rechts über den Leuchtschirm geführt (Horizontalablenkung). Dabei steht ihr Magnetfeld senkrecht zur Ablenkrichtung. Die Vertikalablenkung erfolgt nach demselben Prinzip durch das Magnetfeld, welches durch die Toroid- oder Ringspulen erzeugt wird. Sie liegen unterhalb der Sattelspulen und sind um den Ferritkern gewickelt. In der sogenannten Austastlücke springt der Strahl – für das menschliche Auge unsichtbar – an seinen Ausgangspunkt zurück. Das sogenannte Zeilensprungverfahren wird im Kapitel „Bildabtastung“ noch eingehender erläutert.

Comeback der Bildröhre?

Die Firma Samsung hat im Jahre 2014 tatsächlich einen neuen Versuch gestartet und ihren Röhrenfernseher Vixlim (ein Kunstwort aus "Victory" und "Slim") vorgestellt. Dem koreanischen Unternehmen war es seinerzeit gelungen, den Ablenkwinkel auf 125 Grad zu erhöhen, sodass der Elektronenstrahl über kürzere Wege die gesamte 32 Zoll (81 Zentimeter) große Bildfläche erreicht. Doch damit nicht genug. Im Gegensatz zu dem bisherigen

Manko der Röhrenfernseher – den gewaltigen Geräteproportionen – gelang es Samsung mithilfe moderner Computertechnik, ein relativ schmales Design herzustellen. Die Bildröhre des Vixlim war nun nicht mehr wie bisher 60 Zentimeter, sondern nur noch magere 35 Zentimeter tief. Dazu musste die herkömmliche Form des Glaskörpers der Röhre von Grund auf neu konzipiert werden.



Abbildung 41: HD ready Röhren-TV von Samsung WS-32Z409T

Im Jahre 2006 machte Samsung für seine HD-fähige Röhre (WS-32Z409T) auf der CeBIT Werbung und stellte dort den ersten Röhrenfernseher vor, der in der Lage war, HDTV-Standards 720p und 1080i sowohl mit 50 Hz als auch 60 Hz darzustellen.

Dennoch waren der Stromverbrauch und die Geräteabmessungen sowie das Gewicht für die Verbraucher ausschlaggebend. Deshalb scheiterte der Versuch, die Röhre ein letztes Mal zu „reanimieren“. Auch wenn die Herstellung der Röhrenfernseher in der Regel preiswerter war, konnte sich die neue-alte Technologie (jedenfalls in Europa) nicht durchsetzen. Die klobige Glotze und damit das Vermächtnis von Nipkow, Braun, Ardenne & Co. wanderte ins Museum oder auf den Sperrmüll. Doch gehen wir gemeinsam noch einmal einen Schritt zurück. Wie war das damals, als das Fernsehen bunt wurde?

Farbbildwiedergabe

Der deutsche Fernsehponier Werner Flehsig ließ sich im Juli 1938 seine Erfindung mit dem Titel „Kathodenstrahlröhre zur Erzeugung mehrfarbiger Bilder auf einem Leuchtschirm“ vom Deutschen Reichspatent patentieren. Sie

funktionierte nach dem Grundprinzip zur Erzeugung farbiger Bilder mit Schattenmasken-Bildröhren. Allerdings geriet die technische Umsetzung durch den 2. Weltkrieg ins Stocken und musste letztlich ganz eingestellt werden. Die Radio Corporation of America begann im Jahre 1949 mit der kommerziellen Realisierung dieses Patentes, das als erstes seiner Art die additive Farbmischung mit drei Grundfarben zur Erzeugung aller Farben beinhaltet.

Loch- und Schlitzmaskenröhre

Für die drei Grundfarben (Rot, Grün, Blau) werden in Farbbildröhren jeweils Leuchtstoffe (Farbstoffphosphore) verwendet, die in diesen drei Farben leuchten. In kleinen Strukturen werden diese sehr eng beieinander angeordnet, wobei jeder Bildpunkt aus drei Pixeln (Farbtripel) besteht, die das Licht der jeweiligen Farbe durchlassen. Durch die additive Farbmischung wird die Farbe der einzelnen Bildpunkte erreicht. Für die „Erregung“ der Farbstoffphosphore von drei Grundfarben werden nunmehr auch drei Elektronenstrahlquellen benötigt. Diese Elektronenkanonen sind im Hals der Bildröhre entweder nebeneinander oder im Dreieck angeordnet (Dreistrahlröhre). Das Prinzip der Ablenkspulen findet auch hier seine Anwendung. Mit dessen Hilfe ist es möglich, dass die (drei) Elektronenstrahlen in 1/25 Sekunden (PAL, SECAM) oder 1/30 Sekunden (NTSC) den gesamten Bildschirm Zeile für Zeile abtasten können.

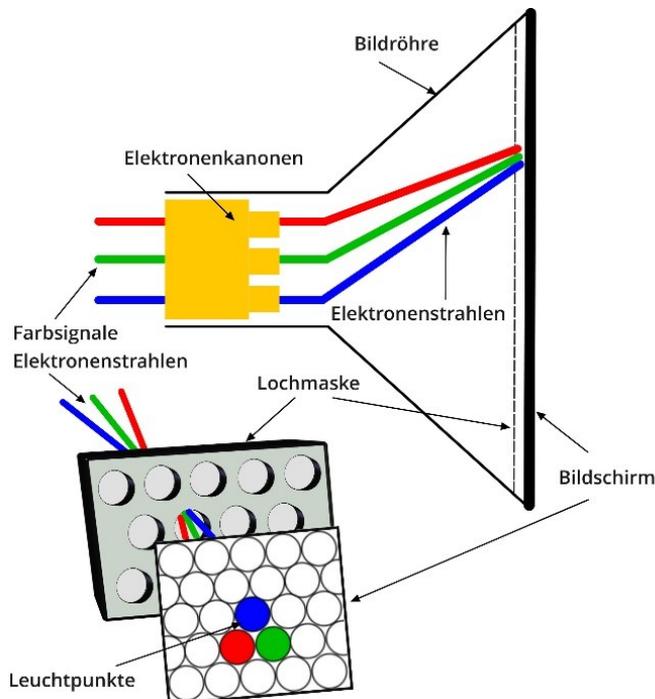


Abbildung 42: Schematische Darstellung einer Kathodenstrahlröhre mit Lochmaske

Die Herausforderung besteht nun darin, dass jeder der drei Elektronenstrahlen auch „seine“ Farbe findet. Dazu dienen sogenannte Schattenmasken, die sich in einem fest definierten Abstand zirka 15 Millimeter vor dem Leuchtschirm befinden. Hier kreuzen sich die drei Strahlen in jeder Position auf der Ebene der Maske und lassen jeweils nur die „richtigen“ Elektronen durch. Diese Maske besteht aus einem dünnen Blech, das ein regelmäßiges Muster punkt- oder schlitzförmiger Löcher (Loch- oder Schlitzmaske) aufweist oder aus vertikalen Streifen besteht (Trinitron-Bildröhre). Das Raster der Schattenmaske ist so konzipiert, dass der Fernseher verschiedene Fernsehnormen (vgl. Kapitel „Fernsehnormen“) anzeigen kann - also unabhängig von der Zeilenzahl und der horizontalen Auflösung.

Delta-Farbbildröhre (Lochmaske)

Bei der Lochmaske handelt es sich um die älteste Farbbildröhre, die ihren Einsatz in der Praxis fand. Vor allem Computermonitore sind beziehungsweise waren mit dieser Art der Farbbildröhre ausgestattet. Der Name „Delta“ steht für die Anordnung des Strahlensystems, das einem gleichseitigen Dreieck und damit dem griechischen Buchstaben Δ ähnelt. Entsprechend der Strahlungserzeugungsanordnung sind auch die Farbtripel in einem solchen Dreieck angeordnet (vgl. Abbildung).

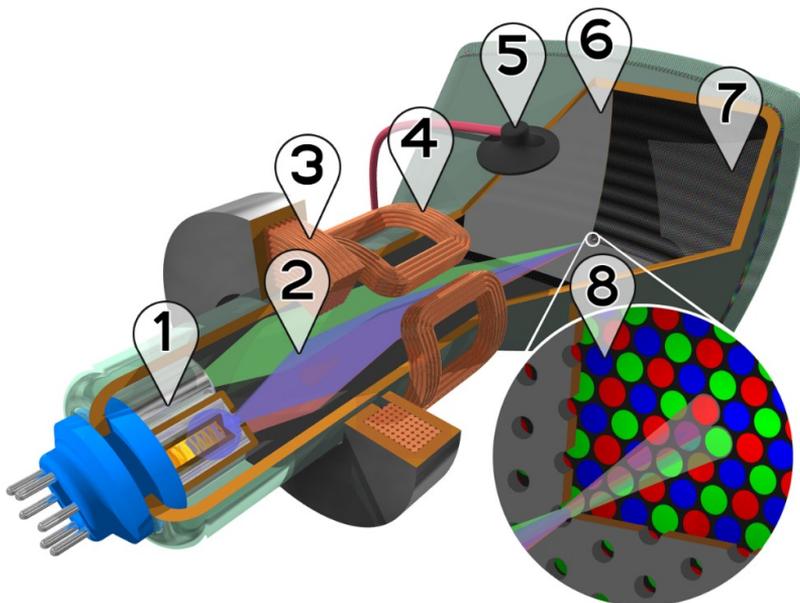


Abbildung 43: Aufbau einer Lochmasken-Bildröhre (Wikimedia Commons)
 1 Glühkathoden, 2 Elektronenstrahlen, 3 Bündelungsspulen, 4 Ablenkspulen,
 5 Anodenanschluss, 6 Lochmaske, 7 Fluoreszenzschicht mit roten, grünen
 und blauen Subpixeln, 8 Nahansicht der Fluoreszenzschicht

Damit sich die Strahlen auch tatsächlich in dem jeweiligen Loch der Maske treffen, ist der Lochdurchmesser (zirka 0,2 Millimeter) etwas kleiner als der Durchmesser der Farbstrahlen und Leuchtpunkte, der jeweils etwa 0,3 Millimeter beträgt. Der Schnittpunkt der drei Strahlen (Rot, Grün, Blau) liegt in dem jeweiligen Loch der Maske, weshalb sie auch Lochmaske genannt wird. Bei typischen Farbbildröhren mit einer Bildschirmdiagonale von 60 Zentimetern beträgt die Anzahl der Löcher einer Maske ca. 400.000 und der Abstand zwischen zwei Leuchtpunkten einer Reihe (Pitch) ungefähr 0,7 Millimeter.

Aufgrund der sehr dicht liegenden Farbtriple verfügt die Delta-Lochmasken-Farbbildröhre über eine relativ hohe Bildauflösung. Allerdings sind umfangreichere Korrekturschaltungen mithilfe von Zusatzspulen nötig, um eine ausreichende Konvergenz (exakte Kreuzung der Strahlen im Maskenloch) zu erzielen. Auch die geringe Maskentransparenz (ca. 17 Prozent) ist ein Nachteil gegenüber Schlitz- und Streifenmasken, da ein Großteil der Elektronen ungenutzt auf der Maske landet. Dennoch überzeugte die Darstellungsqualität, sodass insbesondere im professionellen Bereich der Computertechnik (z.B. Medizin) die hochauflösenden Monitore mit einer Delta-Farbbildröhre umfangreiche Verwendung fanden. Im Laufe der Zeit wurden mit immer exakter funktionierenden Ablenkspulensystemen die technischen Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der Konvergenz nahezu behoben.

Inline-Farbbildröhre (Schlitzmaske)

Mitte der 1970er Jahre wurde ein weiterer Farbbildröhrentyp entwickelt, der das Problem der präzisen Konvergenzeinstellungen vereinfachen sollte. Mit fortschreitender technischer Entwicklung war es möglich, die Strahlerzeugungssysteme zu verkleinern und damit gleichzeitig den Durchmesser des Bildröhrenhalses zu verringern. Deshalb konnten die Strahlerzeugungssysteme nicht mehr als Delta angeordnet werden, sondern nunmehr nebeneinanderliegend in einer In-Line-Anordnung.

Aufgrund der größeren Schlitzlöcher in der Maske waren weitaus weniger Korrekturmaßnahmen nötig, um eine genaue Strahlkonvergenz zu erreichen. Die Konvergenzfehler reduzierten sich von drei auf zwei Dimensionen. Im Umkehrschluss mussten die Ablenkeinheiten nicht mit demselben hohen Aufwand arbeiten, wie bei den Delta-Farbbildröhren.

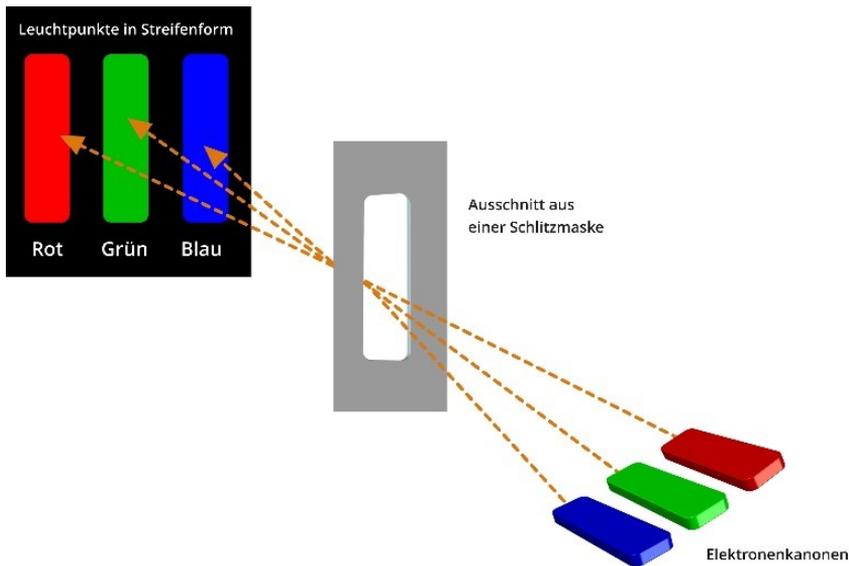


Abbildung 44: Schematischer Verlauf der Elektronenstrahlen durch eine Schlitzmaste

Durch die Schlitze vergrößerte sich auch die offene Fläche der Maske, was zur Folge hatte, dass mehr Elektronen zur Leuchtschicht gelangen konnten (vgl. Abbildung). Deshalb lieferten die In-Line-Farbbildröhren auch bei herkömmlichem Strahlstrom ein helleres Bild als die Delta-Röhren. Aufgrund des geringeren technischen Aufwandes avancierte dieser Typ zur Standardbildröhre in Fernsehgeräten. Später wurde aus der Inline-Röhre die Black-Matrix-Röhre, die zwar nach demselben Prinzip der Schlitzmaste arbeitete, jedoch kleine Veränderungen enthielt (z.B. lichtabsorbierendes Material), die den Kontrast aber auch die Farbreinheit verbesserten.

Trinitron-Röhre

Im April 1968 stellte das noch junge japanische Unternehmen Sony (1949 gegründet) eine neue Farbbildröhre vor. Diese unterschied sich grundsätzlich von der bis dahin gebräuchlichen Delta-Röhre. Im selben Jahr kamen die ersten Fernsehgeräte mit dieser neuen Technologie auf den Markt, deren Bildschirmdiagonale für damalige Verhältnisse stolze 33 Zentimeter betrug. Seither ist Sony einer der führenden Hersteller in dieser Branche.

Im Gegensatz zur Loch- oder Schlitzmaste sind hier die Leuchtstoffe in vertikaler Richtung nicht unterbrochen. Die Phosphore laufen als durchgehende Streifen senkrecht über den Bildschirm. Die Schattenmaske ist vielmehr ein Blendengitter, das ebenfalls aus senkrecht verlaufenden Streifen besteht, weshalb diese auch als Streifenmaske bezeichnet wird (vgl. Abbildung).



Abbildung 45: Trinitron KV-1310 colour TV der Firma Sony (www.rewindmuseum.com)

Um die Maske zu stabilisieren, wurden die Streifen jeweils unter Spannung gesetzt. Darüber hinaus waren sie mit querverlaufenden dünnen Drähten fixiert, um Schwingungen zu vermeiden. Das Strahlsystem war wie bei der In-Line-Röhre in einer Reihe angeordnet. Die Maskentransparenz lag aufgrund der durchgehend verlaufenden Streifen bei ungefähr 22 Prozent und war damit von allen Farbbildröhren auf dem höchsten Niveau. Deshalb boten Trinitron-Röhren ein sehr helles Bild. Allerdings führten die relativ hohe Durchlässigkeit der Maske und die Anordnung der Leuchtstoffe zu einer schlechteren Auflösung, einem geringeren Kontrast und mitunter zu Alias- und Treppeneffekten an senkrechten Linien. Darüber hinaus war die mechanische Empfindlichkeit der fragilen Maskenkonstruktion mit ihren dünnen Drähten ein Problem, da sie vor allem bei Erschütterungen zu Schwingungen neigte, die zulasten der Bildqualität ging.

Insofern schaffte Sony mit dieser Technologie zwar nicht den Einstieg in den Markt der sogenannten CAD-Systeme, also im Anwendungsbereich der computerunterstützten Entwicklungs-, Entwurfs- und Konstruktionstechnik (Computer Aided Design: CAD). Jedoch konnte im Gegenzug auf die teure Technologie der Konvergenzeinheit umfassend verzichtet werden. Das ermöglichte erstmals die Produktion relativ simpel konstruierter Fernsehgeräte, die entsprechend preiswert auf den Markt gebracht werden konnten. Damit gelang Sony bis Ende der 1970er Jahre der Durchbruch auf dem entstehenden weltweiten Massenmarkt der Farbfernsehgeräte.

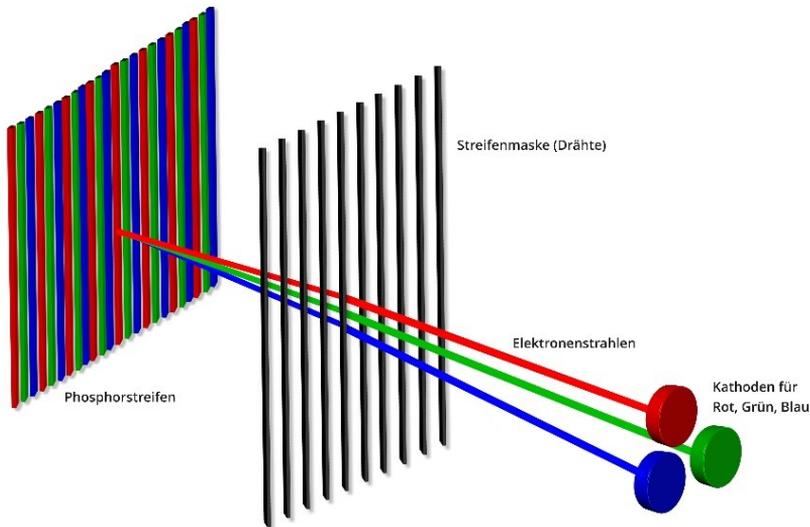


Abbildung 46: Streifenmaske (Trinitron-Röhre)

Bildaufbau

Die elektronische Übertragung von Bildern erfolgt durch Umwandlung elektrischer Signale und der Abbildung auf einer sogenannten Bildwandlerfläche. Dabei werden bei der Fernsehübertragung dieselben Basistechnologien verwendet wie beispielsweise beim Radio oder allgemein hin bei der Funkübertragung (Telefon), da sowohl Bilder als auch Töne nichts anderes sind als elektromagnetische Wellen.

So werden bei der elektronischen Bildaufnahme und -wiedergabe einzelne Bildpunkte nacheinander und Zeile für Zeile durch den bereits beschriebenen Elektronenstrahl „abgetastet“. Anschließend wird jedes Bild in elektrische Signale zerlegt und als hochfrequente elektromagnetische Signale zu den einzelnen Empfängern übertragen. Dazu dient heute nicht nur die klassische Fernsehantenne, die Übertragung erfolgt darüber hinaus über Kabel, Satellit oder aber das IP-Signal. Im Bildempfänger werden die jeweiligen Signale wieder in Lichtpunkte umgewandelt, wie anhand des Prinzips der Kathodenstrahlröhre bereits beschrieben.

Auf der Leuchtschicht der jeweiligen Röhre wird das Bild nunmehr Punkt für Punkt zeilenförmig aufgebaut. Das klassische Fernsehbild besteht insofern aus Bildzeilen, die nacheinander „eingelesen“ werden. Die Frequenzen beziehungsweise die Geschwindigkeit des Bildaufbaus können dabei variieren,

sind jedoch in jedem Fall so schnell, dass das menschliche Auge aufgrund seiner Trägheit weder die einzelnen Zeilen noch die separaten Bilder wahrnimmt, sondern den Film als Ganzes erkennt. Im Laufe der sich entwickelnden Fernsehtechnik haben sich verschiedene Normen und Bildübertragungsverfahren etabliert, die auf unterschiedliche Bildfrequenzen und -formate zurückgreifen. Hierauf wird im folgenden Kapitel noch gesondert eingegangen.

Gerade zu Beginn des Fernsehens war eine parallele Übertragung – also Bild für Bild – aufgrund geringer Speicherkapazitäten ineffizient. Auch heute noch werden Vollbilder teilweise in zwei Halbbildern dargestellt, die versetzt gesendet werden. In diesem Zusammenhang spricht man auch von einer räumlichen und zeitlichen Diskretisierung. Damit ist pauschal die Gewinnung einer Teilmenge aus einer kontinuierlichen Daten- oder Informationsmenge gemeint, die das Ziel hat, die Übertragung wirtschaftlicher beziehungsweise effizienter zu gestalten. Dabei werden die Bildpunktinformationen seriell statt parallel übertragen, was zur Folge hat, dass die Menge der Bildpunkte reduziert werden kann und damit eine schnellere Übertragung möglich ist.

Bildrate/-frequenzen (24 bis 120 Hz)

Die klassische Methode zur Bildübertragung seit der Erfindung des Fernsehens bildet das sogenannte Zeilensprung- oder Halbbildverfahren. Dabei werden zwei Halbbilder (Abbildung 45) nacheinander und Zeile für Zeile gesendet und empfangen, wobei beim ersten Halbbild mit der ersten Bildzeile begonnen wird.

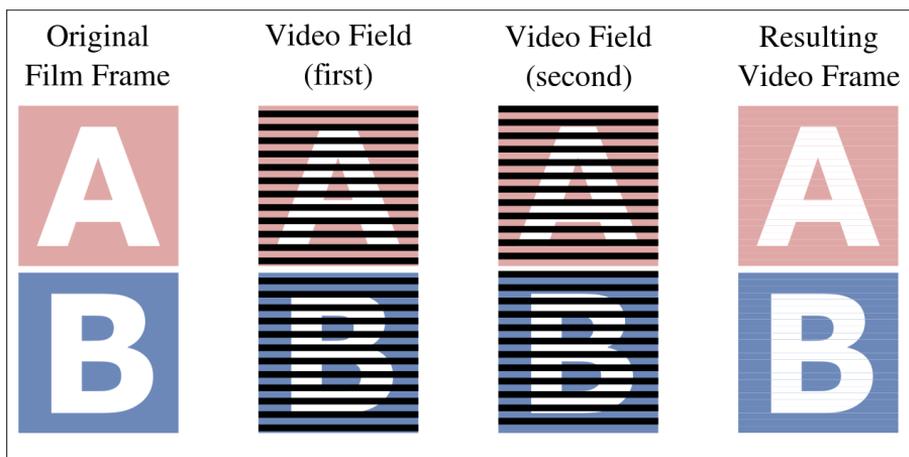


Abbildung 47: Halbbilder im Zeilensprungverfahren (Wikimedia Commons)

Demnach erfolgt zuerst die Abtastung der ungeraden Zeilen und im Anschluss die der geraden Bildzeilen. Als zweite Variante der Bildübertragung entwickelte sich das Vollbildverfahren, bei dem die vollwertigen Bilder nacheinander übertragen werden. Als einer der wichtigsten Parameter des Videosignals ist deshalb die Bildwechselfrequenz zu betrachten, die auch als zeitliche Diskretisierung oder Zeitauflösung bezeichnet wird.

Damit der menschliche Gesichtssinn die bewegten Bilder als einen zusammenhängenden Bewegungsablauf erfassen kann, war seinerzeit die Frage zu klären, wie viele Bilder pro Sekunde übertragen werden müssen. Als die Fernsehtechnik noch in den Kinderschuhen steckte, wurde bereits mithilfe des Daumenkinos (vgl. Abbildung) festgestellt, dass mindestens 20 Bilder pro Sekunde ausreichend sind, damit unser Auge beziehungsweise unser Gehirn eine scheinbar gleichmäßige Bewegung wahrnimmt.

Bevor das Fernsehen Einzug in die heimischen Wohnzimmer hielt, waren Filme nur im Kino zu sehen. Hier wurden 24 (Voll-)Bilder pro Sekunde gezeigt, wie es auch heute noch im modernen Cinema grundsätzlich üblich ist.

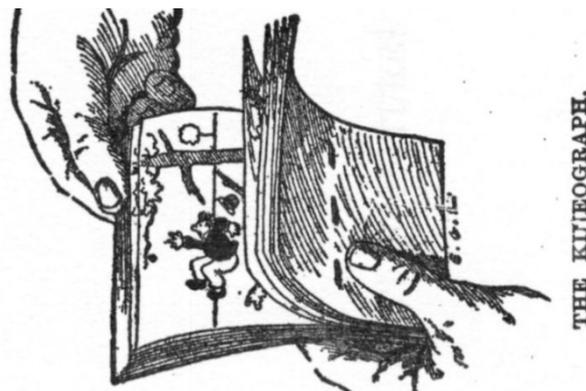


Abbildung 48: Der Kineograph im Jahre 1868 (Wikimedia Commons)

Allerdings ist dieser vermeintlich langsame Bildwechsel, der mit Dunkelpausen verbunden ist, für unsere Wahrnehmung mit einem erheblichen Kraftaufwand verbunden. Die rezeptiven Felder (vgl. Kapitel „Kontrast/Schärfe“) müssen permanent zwischen Erregung und Hemmung der Neuronen wechseln, was auf Dauer sehr anstrengend ist und als ein unangenehmes Flackern empfunden wird. Je schneller der Bildwechsel, desto geringer erscheint dieses Großflächenflimmern, bei dem das menschliche Auge auf alle Bildpunkte gleichzeitig reagieren muss. Erst ab einer Bildrate über 50 Hz (also mehr als 50 Bilder pro Sekunde) wird die sogenannte Flimmer-Verschmelzungsfrequenz erreicht, bei der diese für den Menschen unangenehme Erscheinung verschwindet (vgl. Abbildung).

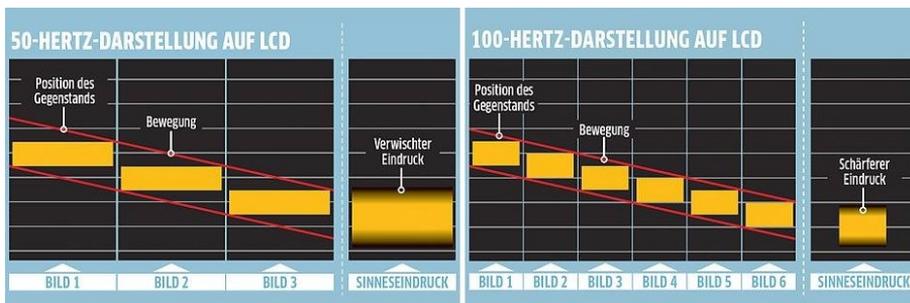


Abbildung 49: Unterschiedliche Wahrnehmung bei 50 Hz bzw. 100 Hz

Kino

Aber auch die Helligkeit des Bildes und der Blickwinkel sind ausschlaggebend für die Flimmerempfindlichkeit. Im Kino werden die Filmbilder deshalb in einem weitgehend abgedunkelten Umfeld zwei- oder dreimal projiziert. Daraus ergibt sich eine Verdopplung der Dunkelpausen bei einer Flimmerfrequenz von 48 Hz (doppelte Projektion) beziehungsweise 72 Hz (dreifache Projektion). Auch die Leuchtdichte der Kinoleinwand liegt unter 50 cd/m^2 , was die Helligkeit der Bildwiedergabe dimmt und damit die Flimmerempfindlichkeit verringert.

Gerade im Zusammenhang mit stereoskopischen Anwendungen (3D) wird mittlerweile empfohlen, die Bildwechselfrequenz in allen Formaten zu erhöhen. Kino- und Fernsehstandards sollten demnach mit 80, 100 oder sogar 120 Bildern pro Sekunde arbeiten, denn eine höhere Bildwiederholungsrate kann (gerade bei 3D-Filmen) die Qualität erheblich verbessern, da sie das Bildflimmern beziehungsweise -ruckeln und damit die Bewegungsunschärfe vermindert. Im Rahmen der Digitalisierung der Formate für Kinofilme (High Frame Rate: HFR/HFR 3D) etablierte sich Digital Cinema Initiatives (DCI) als entsprechender Standard.

In Deutschland wurde der erste Kinofilm im Jahre 2012 mit 48 Bildern pro Sekunde veröffentlicht (Der Hobbit). Die Fortsetzung von James Camerons „Avatar“, dessen Kinostart für 2017 vorgesehen ist, soll mit 60 Bildern pro Sekunde gedreht und projiziert werden. Dafür müssen die Kinos entsprechend auf Projektoren umrüsten, die die erforderlichen 96 beziehungsweise 120 Hz beherrschen. Der erste HFR-3D-Projektor mit 60 Bildern pro Sekunde wurde im Jahre 2013 im österreichischen Cinepoint in Tirol installiert.

Fernsehen

Im Laufe der Entwicklung der Fernsehtechnik erhöhte sich die Anzahl der Bildzeilen, bis sich schließlich zwei Werte etablierten. In Europa ergab sich schon allein aus der traditionellen Frequenz des Netzwechselstroms von 50 Hz eine Festlegung von 625 Zeilen pro Bild, was 25 Vollbildern in der Sekunde und damit einer Bildrate (Halbbilder) von 50 Hz entsprach (15625 Zeilen pro Sekunde: PAL). Parallel dazu wurde der US-amerikanische Standard von 30 Vollbildern pro Sekunde festgelegt, was wiederum 525 Zeilen pro Bild beziehungsweise 15750 (NTSC) zu bildende Zeilen in der Sekunde entspricht (vgl. Kapitel: „Fernsehnormen“).

Aufgrund der bestehenden Fernsehnormen (in Europa) funktioniert auch mit der Halbleitertechnik bei modernen digitalen Videosignalen die Fernsehübertragung auf der Basis einer Bildwiederholungsfrequenz von 50 Hz. Allerdings setzt sich allmählich - schon allein aufgrund der mittlerweile sehr großen Fernsehgeräte - eine verdoppelte Bildwiederholungsfrequenz (100 Hz) durch. Denn das bereits beschriebene Großbildflimmern erhöht sich vor allem bei Standbildern oder aber ruckartigen Bewegungen beziehungsweise Kameraschwenks, je größer der Bildschirm ist. Allerdings arbeiten auch hier manche Fernsehgeräte mit der einfachen Methode, die einzelnen Halbbilder doppelt zu projizieren. Die daraus resultierenden Qualitätseinbußen machen sich vor allem an „ausgefranzten“ horizontalen Laufschriften (z.B. Börsenticker) bemerkbar. Teurere Geräte verfügen über eine aufwendige Technologie, die es ermöglicht, die empfangenen Bilder neu zu berechnen, bevor sie dargestellt werden. Bewegtbilder erscheinen hier flüssiger. Doch grundsätzlich kann die Qualität der Bilder nur so gut sein, wie sie einst aufgenommen wurden.

Bildabtastung

Für das Auslesen und Anzeigen von Bildinformationen stehen heutzutage generell zwei Techniken zur Verfügung: das Zeilensprungverfahren und die progressive Abtastung im Vollbildmodus. Werden beide Verfahren kombiniert, kommt es nicht selten zu Fehlern in der Darstellung und damit zu sogenannten Artefakten. Denn moderne Fernseh- und Computerbildschirme, die mit der sogenannten progressiven Bildabtastung arbeiten, können herkömmlich im Halbbildverfahren erstellte Bilder nur bedingt „zusammensetzen“. Wurde beispielsweise ein Film im Jahre 1973 mit 25 Voll- beziehungsweise 50 Halbbildern im Zeilensprungverfahren gedreht, so kann er über vierzig Jahre später selbst mit einem hochwertigen 100-Hz-Fernseher kaum in bester HD-Qualität gezeigt werden.

Deshalb ist nicht selten der Spruch zu hören oder zu lesen, dass ausschließlich die gute alte Röhre knackscharfe Halbbilder wiedergeben kann, weil nur sie seinerzeit dafür konzipiert wurde. Da ist etwas Wahres dran.

Zeilensprung-/Halbbildverfahren (Interlaced Scan)

Der englische Begriff „Interlace“ bezeichnet Bildsignale, die im Zeilensprungverfahren arbeiten. Die entsprechenden Formate sind PAL, NTSC und das HD-Format 1080i.

Das Zeilensprungverfahren oder auch Zwischenzeilenverfahren wurde bereits Ende der 1920er Jahre von Fritz Schröter (Telefunken) entwickelt und 1930 als „Verfahren zur Abtastung von Fernsehbildern“ patentiert (DRP-Patent Nr. 574085). Ziel der Entwicklung war die flimmerfreie Anzeige von Signalen mit einer möglichst geringen Bandbreite. Noch heute wird teilweise mit diesem Zeilensprungverfahren gearbeitet und vor allem in CCD-Sensoren verwendet.

Wird ein Zeilensprungbild erzeugt, werden dabei zwei Felder mit Zeilen generiert. Aus einem Videovollbild (Frame) entstehen somit zwei unterschiedliche Halbbilder (Fields), die nacheinander übertragen und aufgebaut werden. Das erste Halbbild (Upper Field) enthält alle ungeradzahigen Zeilen des Bildes. Für das zweite Halbbild (Bottom Field oder Lower Field) werden nur die geradzahigen Zeilen dargestellt.

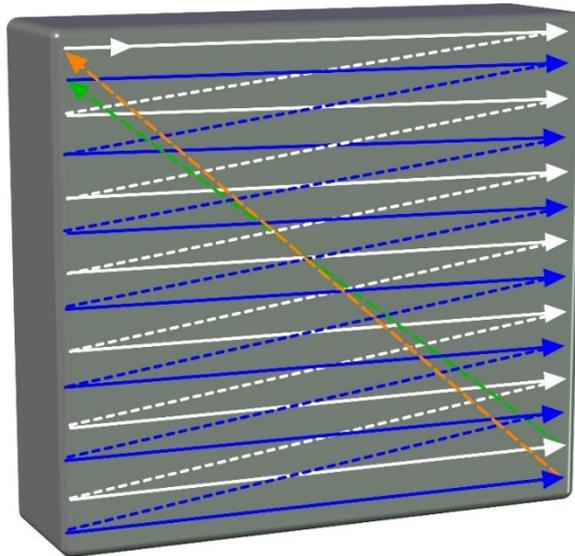


Abbildung 50: Vereinfachte Darstellung des Zeilensprungverfahrens

Neben der später entwickelten progressiven Bildabtastung (vgl. Kapitel „Vollbildverfahren“) erfolgt der Bildaufbau bei der klassischen Fernsehübertragung im Rahmen des Zeilensprungverfahrens, wie in obiger Abbildung dargestellt. Dabei wird oben links gestartet (weißer Pfeil).

Ein sogenannter Zeilen-Synchronimpuls im Fernsehsignal löst den Zeilenrücklauf aus, wobei der Elektronenstrahl in der Bildröhre für diese Zeit dunkel geschaltet wird. So wird Zeile für Zeile abgetastet, bis der untere Bildrand erreicht ist. Anschließend folgen einige Zeilen mit sogenannten Kennimpulsen (Vortrabanten, Bildsynchronimpuls, Nachtrabanten), bis der Bildrücklauf initiiert wird (grüner Pfeil). Während dieser sogenannten Austastlücke werden keine Bildinformationen übertragen, der Elektronenstrahl wird dunkelgetastet – ist also für das menschliche Auge nicht erkennbar. Das zweite Halbbild wird auf dieselbe Art und Weise übertragen (blaue Pfeile), am Ende landet der Rückstrahl (oranger Pfeil) wieder auf der ersten Bildzeile.

Allerdings werden diese Zeilen dennoch genutzt, beispielsweise für den klassischen Videotext oder aber IP-gestützte Informationen in Smart-TVs. Ist dieser Vorgang abgeschlossen, wird das nächste Bild aufgebaut. Der Bildaufbau erfolgt abwechselnd zeilenversetzt (weiße/blau Pfeile). Im Idealfall werden die Zeilensprünge zu einem Gesamtbild von 625 Zeilen (Europa) integriert, wovon maximal 525 sichtbar (aktiv) sind. Die ungerade Zeilenzahl ist auf den Strahlrücksprung zurückzuführen, der bei beiden Halbbildern auf dem gleichen Vertikalspannungsniveau stattfindet. Wäre dies nicht gegeben, müssten die Spannungen pro Halbbild leicht verändert werden, was zu dem Problem führen kann, dass die Zeilen des zweiten Halbbildes nicht exakt zwischen denen des ersten abgebildet werden können.

Da also beim Senden eines Zeilensprungbildes immer nur die Hälfte der Zeilen übertragen wird, halbiert sich damit auch die Bandbreitennutzung. Sofern der Empfänger (z.B. Röhrenfernseher) ebenfalls mit der Zeilensprungtechnik arbeitet, werden auch hier zuerst die ungeraden und dann die geraden Zeilen eines Bildes angezeigt.

Im Wechsel werden die so entstehenden Bilder mit einer Bildrate von 25 (PAL) oder 30 (NTSC) Vollbildern pro Sekunde aktualisiert. Das menschliche Auge kann diese Zeilensprünge nicht wahrnehmen, sondern erkennt nur vollständige Bilder. Im englischen Sprachraum wird diese Art der Bildübertragung „interlaced scan“ genannt, aber auch in Deutschland hat sich dieser Begriff mittlerweile durchgesetzt.

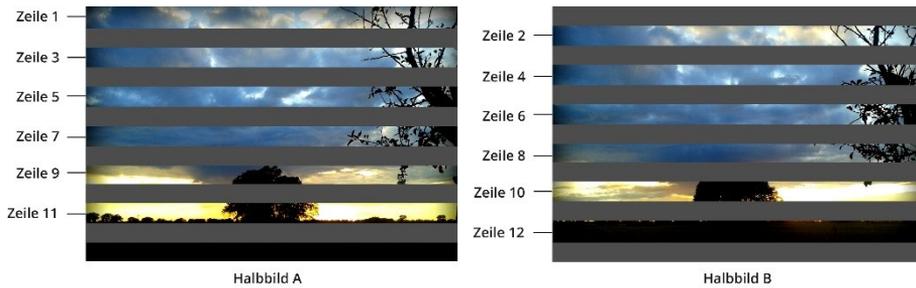


Abbildung 51: Vereinfachte Darstellung des Halbbild- bzw. Zeilensprungverfahrens (interlaced)

Deshalb werden Zeilensprungdarstellungen generell mit dem Buchstaben „i“ (wie interlacing) gekennzeichnet. Taucht also die Bezeichnung „480i“ auf, handelt es sich um eine Darstellung im Zeilensprungverfahren mit zwei Halbbildern. Gerade bei dem Wert „1080i“ im HDTV-Bereich kommt es nicht selten zu Missverständnissen, da im Allgemeinen oft angenommen wird, dass dieses Verfahren ausschließlich im analogen Fernsehen angewendet wurde. Doch tatsächlich steht in der digitalen Videodarstellung das „i“ ebenfalls für das Zeilensprungverfahren (Interlace) und die Zahl 1080 für die vertikale Auflösung.

Im Gegensatz zum ursprünglichen Analog-Fernsehen im PAL-Format löst HDTV (1080i) mit einem Wert von 2.073.600 Bildpunkten fünf Mal so hoch auf. Näheres hierzu findet sich in den Kapiteln „Grundlagen des Digitalfernsehens“ sowie „Video-Features der Zukunft“.

Zeilensprung-Artefakte

Wie bereits erwähnt, kommt es weniger innerhalb des Zeilensprungverfahrens, sondern vor allem bei der Kombination verschiedener Abtasttechniken zu sogenannten Artefakten. Werden Filme, die im Zeilensprungverfahren generiert wurden, auf Computerbildschirmen oder Fernsehgeräten mit progressiver Abtastung dargestellt, entstehen quasi zwangsläufig Fehldarstellungen; umgekehrt trifft dies ebenfalls zu: horizontale Kanten tanzen scheinbar auf und ab, einst homogene Flächen werden streifig dargestellt. Hat man also den Anspruch, mit einem digitalen ultrahochauflösenden Bildschirm mit Vollbildfahren einst analog und im Halbbildverfahren hergestellte Filme in bester Qualität zu sehen, wird man in der Regel enttäuscht.

Der Grund: Was einmal zerlegt war, kann niemals wieder vollständig zusammengesetzt werden. Doch auch die immer höhere Bildkomprimierung in digitalen Displays ist für Mängel in der Wiedergabe verantwortlich. Hier werden Verzerrungen erzeugt, die man ebenfalls als Artefakte bezeichnet. Bei zeilensprungfähigen Monitoren oder Fernsehern sind diese kaum erkennbar, die

neueren Geräte arbeiten allerdings zumeist mit progressiver Abtastung, bei der die Bildzeilen fortlaufend aufgebaut werden. Hier sind die Artefakte sichtbar und werden unter anderem als „Zacken“ wahrgenommen, die ursprünglich durch kurze Verzögerungen bei der Aktualisierung der geraden und ungeraden Zeilen entstanden sind. Denn ursprünglich stellte nur die eine Hälfte der Zeilen im Bild jeweils eine Bewegung dar, während die andere Hälfte aktualisiert wurde.

Besonders Standbilder von Videos, die seinerzeit im Zeilensprungverfahren erzeugt wurden, neigen bei Geräten mit progressiver Abtastung zu Fehldarstellungen. Werden diese Standbilder von einem Halbbild gemacht, reduziert sich die vertikale Auflösung. Dieser Bildverlust wird auch als Interlace-Faktor bezeichnet und mit etwa 30 Prozent beziffert. Bei einem Vollbild weisen vor allem bewegte Bildelemente kammerartige Doppelstrukturen auf und es kommt zu einer unschönen Zackenbildung. Hier stecken beide Halbbilder wie Kämme ineinander und wirken seitlich versetzt. So entsteht der sogenannte Moiré-Effekt (vgl. Abbildung), der durch eine falsche Überlagerung der Halbbilder verursacht wird. Es kommt zu einem Flackern des Bildes, das typisch ist für den Spezialfall des Alias-Effekts durch Unterabtastung.

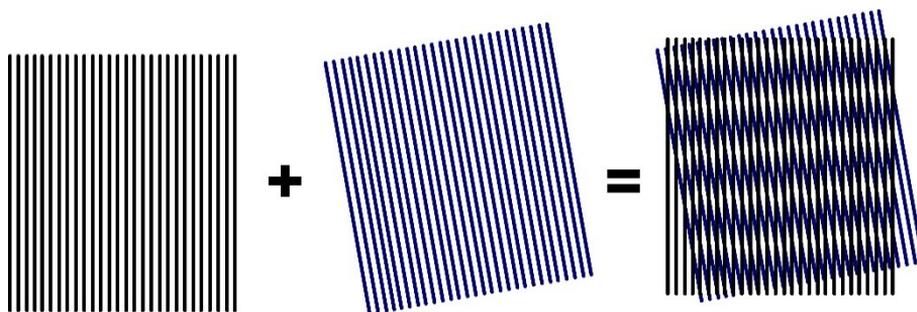


Abbildung 52: Moiré-Effekt

Auch bei schnellen Bewegungen oder rasanten Kameraschwenks ist es beim Zeilensprungverfahren kaum mehr möglich, aus den beiden Halbbildern ein deckungsgleiches Bild zu erstellen. Unsaubere Konturen und unruhige Bilder mit störenden Streifenmustern sind die Folge. Zur Lösung dieser Probleme wurde eine neue Form der Bildabtastung entwickelt, bei der die mängelbehaftete Halbbildwiedergabe entfällt.

Progressive Abtastung (Vollbildverfahren)

Die progressive Abtastung wurde ursprünglich in CCD- und CMOS-Sensoren und heute überwiegend in der Bildübertragung verwendet. Hier werden Vollbilder dargestellt, die sich kontinuierlich Zeile um Zeile von oben nach unten aufbauen. Die Darstellung der einzelnen Zeilen eines Progressive-Scan-Bildes

erfolgt insofern fortlaufend (also progressiv): zuerst Zeile 1, gefolgt von Zeile 2, dann 3, 4, 5 und so weiter. Im Computerbereich war von jeher die progressive Abtastung üblich. Videokameras der Neuzeit, Flachbildschirme auf Plasma- oder LCD-Technologie sowie Displays und Monitore im Allgemeinen arbeiten heute generell „progressive“. Hierfür steht das „p“ in den Bildratenangaben von Videoformaten (z. B. 24p oder 25p). Bei der Bezeichnung „1080p“ handelt es sich um eine progressive HDTV-Darstellung mit 1080 Zeilen, bei „1080/24p“ um die gleiche Darstellung mit 24 Vollbildern (im Kino).

Wenn also - anders als beim Zeilensprungverfahren - echte Vollbilder und keine zeilenverschränkten Halbbilder gesendet und empfangen werden, verschwindet somit auch das Zeilenflimmern weitgehend. Mit dem Vollbildverfahren wird insofern eine höhere vertikale Auflösung erreicht, was wiederum dazu führt, dass Artefakte (z.B. ausgefranste Objektkanten) vermieden werden können.

De-Interlacing

Da viele aber auch heute noch Gefallen an den TV-Evergreens und Kino-Hits des 20. Jahrhunderts finden, wurde ein technisches Verfahren entwickelt, um quasi das einst historisch produzierte Filmmaterial für die Neuzeit bestmöglich aufzubereiten – also Halb- in Vollbilder zu konvertieren. Die aus dem Englischen übernommene Bezeichnung „De-Interlacing“ beschreibt im Grunde jenen Vorgang dieser Zeilenentflechtung. Wie wir wissen, ist dies heutzutage generell nötig, insbesondere dann, wenn Filme im Zeilensprungverfahren aufgenommen wurden, aber über Anzeigegeräte dargestellt werden sollen, die über einen anderen zeitlichen beziehungsweise vertikalen Bildaufbau verfügen. Mit der heutigen Technik stellt das De-Interlacing an sich kaum mehr ein Problem dar.

Moderne Fernsehgeräte sowie DVB-Empfänger, Blu-ray-Player oder Computer verfügen über einen integrierten De-Interlacer, der die Bildfrequenz zumeist automatisch anpasst. Jedoch basieren sowohl DVD- als auch antennenbasierte TV-Tunersignale (DVB-T) nach wie vor auf den Standards des Halbbildverfahrens. Insofern bleibt auch zukünftig ein exaktes De-Interlacing äußerst wichtig – jedenfalls bis zur generellen Umstellung auf DVB-T2 und restlichen Entsorgung der DVD-Player. Dabei bleibt das Grundproblem: Was einmal in Halbbilder aufgeteilt war, lässt sich nicht mehr exakt in Vollbilder wandeln. Exemplarisch sollen im Folgenden zwei Verfahren im Rahmen des De-Interlacings erläutert werden, wobei sich diese nicht generell auf die Konvertierung von Halb- in Vollbilder beziehen, sondern im ersten Beispiel auf die Bearbeitung von Halbbildern und ihren Bildwechselfrequenzen.

Pulldown

Wer es sich am Freitagabend auf seinem Sofa gemütlich macht und die preiswert erstandene DVD mit einem Blockbuster aus seiner Jugendzeit in den Blu-ray-Player schiebt, der denkt natürlich kaum darüber nach, ob sich die Bildformate und Bildraten überhaupt vertragen. Möchte man also einen Kinofilm (24 Vollbilder) für PAL (50 Halbbilder) optimieren, ist dies nicht ganz so einfach zu realisieren. Der Trick besteht darin, dass bei einer PAL-DVD anstatt der 24 Bilder im Original eben 25 überspielt werden (2:2-Pulldown). Insofern ist die logische Schlussfolgerung, dass ein Kinofilm auf einer DVD minimal schneller läuft, sich also die Laufzeit um zirka vier Prozent verkürzt.

Bei der Optimierung für NTSC mit einer Bildwechselfrequenz von 60 Hz ist das 2:2-Pulldown-Prinzip allerdings nicht möglich, da in diesem Fall von 24 Vollbildern in 60 Halbbilder konvertiert werden muss. Hier wird deshalb das erste Film-Einzelbild (A) dreimal wiederholt, das zweite Film-Einzelbild (B) nur zweimal. Diese Sequenzen werden nun sechs Mal im 3:2-Rhythmus wiederholt und in jeweils zwei Halbbilder zerlegt. Drei Bilder (A) und zwei Bilder (B) ergeben also insgesamt fünf Vollbilder. Sechsfach erstellt, ergeben sich insofern 30 Vollbilder, die in 60 Halbbilder zerlegt werden können. Diese Vorgehensweise wird entsprechend als 3:2-Pulldown bezeichnet.

Aber auch für Videomaterial im Heimkinobereich ist das exakte De-Interlacing mittlerweile unabdingbar, zumal die hochauflösenden Wiedergabegeräte jede Bildverschlechterung konsequent anzeigen.



Abbildung 53: Referenzvideo der Firma BUROSCH zur Überprüfung eines De-Interlacers

Die Firma BUROSCH bietet hierzu Realfilmsequenzen an, die die Struktur von Hausdächern zeigen (vgl. Abbildung). Der Film funktioniert quasi wie ein Testbild: Flimmern die einzelnen Dachziegel, so arbeitet der De-Interlacer nicht akkurat. Ruckelt der Bewegungsablauf, so ist ebenfalls von einem unzureichenden De-Interlacing auszugehen.

Weave

Sollen im Umkehrverfahren Vollbilder als zwei aufeinander folgende Halbbilder mit demselben Zeitindex übertragen werden, muss vor der Darstellung das einfache Deinterlacing-Verfahren Weave angewendet werden. Hier wird das Bildmaterial im Vollbildverfahren aufgenommen und im Anschluss durch ein zusätzliches Videosignal in zwei Halbbilder zerlegt, um diese dann im Zeilensprungverfahren zu übertragen. Diese Technik wird als progressive segmented Frame (psF) bezeichnet und ermöglicht die Darstellung von Progressive-Scan-Bildern auf Geräten, die für das Zeilensprungverfahren ausgelegt sind.

Herkömmliche Übertragungsverfahren (z.B. PAL, NTSC) verwenden diese Methode, wozu im Übrigen auch das HDTV-Format 1080i gehört. Damit die übertragene Datenmenge ungefähr gleich bleibt, wird beispielsweise bei (Full HD) aufgrund der höheren Zeilen- oder Vertikal-Auflösung die zeitliche Auflösung halbiert. Filmmaterial, das auf diese Weise bearbeitet wurde, erhält die Kennzeichnung „psF“ (z.B. 1.080psF oder 576psF).

Gamma-Korrektur

Die Gammakorrektur ist eine hauptsächlich im Bereich der Bildverarbeitung oft verwendete Korrekturfunktion, welche ihre historischen Ursprünge jedoch in der Röhrenbildschirmtechnologie hat. Die Bildschirme früherer TV-Geräte konnten das Bildsignal nicht linear wiedergeben. Da es einfacher war, diese Nichtlinearität in den wenigen eingesetzten Kameras anstatt in allen Empfangsgeräten auszugleichen, wurden die Kameras dahingehend modifiziert mit nichtlinearen Signalen zu arbeiten.

Eine Gammakorrektur wird in abbildenden Systemen benötigt, um das nichtlineare Helligkeitsempfinden des menschlichen Auges zu kompensieren. Das Auge reagiert beim Anstieg auf eine doppelte Helligkeit nicht zwangsläufig mit einer Verdopplung der Helligkeitsempfindung. Die empfundene Helligkeit steigt in dunklen Bereichen steiler und in hellen weniger steil an. Das menschliche Auge hat ein Gamma von etwa 0,3 bis 0,5.

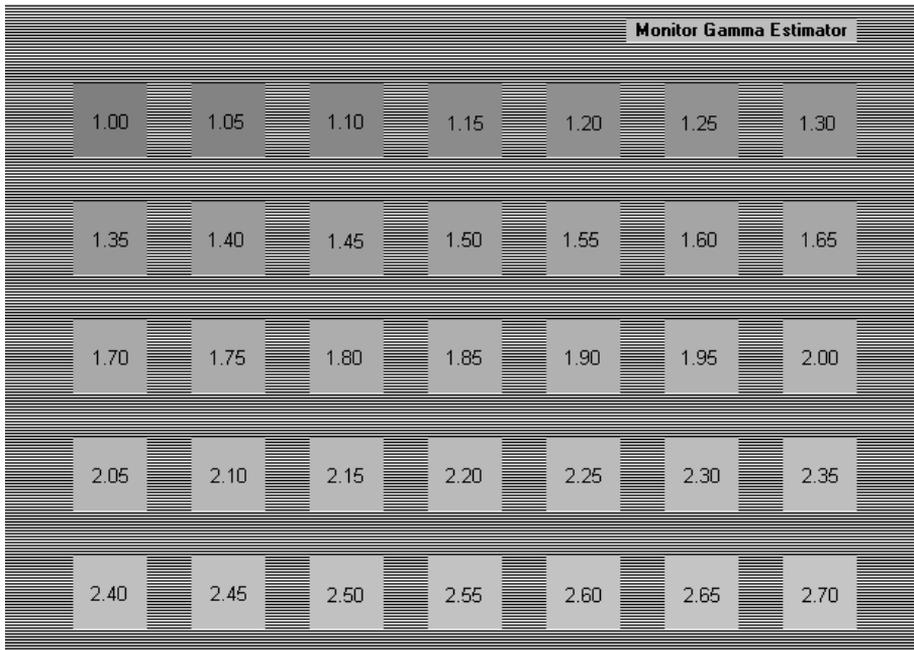


Abbildung 54: Grafik zur Bestimmung des Gammawerts im Selbsttest

Durch unterschiedliche Kontrastumfänge, Verläufe von Tonwertkurven, Gamma-Werte, Umweltbedingungen bei der Bildverarbeitung, individueller Wahrnehmung und Bildwiedergabe sowie der sequentiellen Anwendung mehrerer unterschiedlicher Verfahren mit verschiedenen Eigenschaften bei der Bilderzeugung, ist es notwendig, eine Gammakorrektur durchzuführen, um ein Bild als Ergebnis zu erhalten, welches entweder dem Originalbild entspricht oder aber mindestens den gewünschten Anforderungen.

Die Wahrnehmung des menschlichen Sehens ist nicht linear. Elektronische Displays sollen die menschlichen Sehgewohnheiten simulieren (nachbilden). Daher wird eine Korrektur notwendig, denn ein elektronischer Sensor, wie etwa ein CCD-Chip oder eine Elektronenstrahlröhre, arbeiten annähernd linear. Um dieses Problem so gut wie möglich zu beheben, wurde die Gammakorrektur eingeführt: $A = E^{\gamma}$ (A: Ausgangssignal; E: Eingangssignal). Bei der Berechnung des Ausgangssignals A werden nur die Grauwerte verändert, Schwarz- und Weißpunkt bleiben erhalten, wenn das Eingangssignal E im Intervall $[0,1]$ liegt, beziehungsweise auf 1 gesetzt wurde. Diese Korrekturfunktion trägt den Namen des Exponenten Gamma (γ).

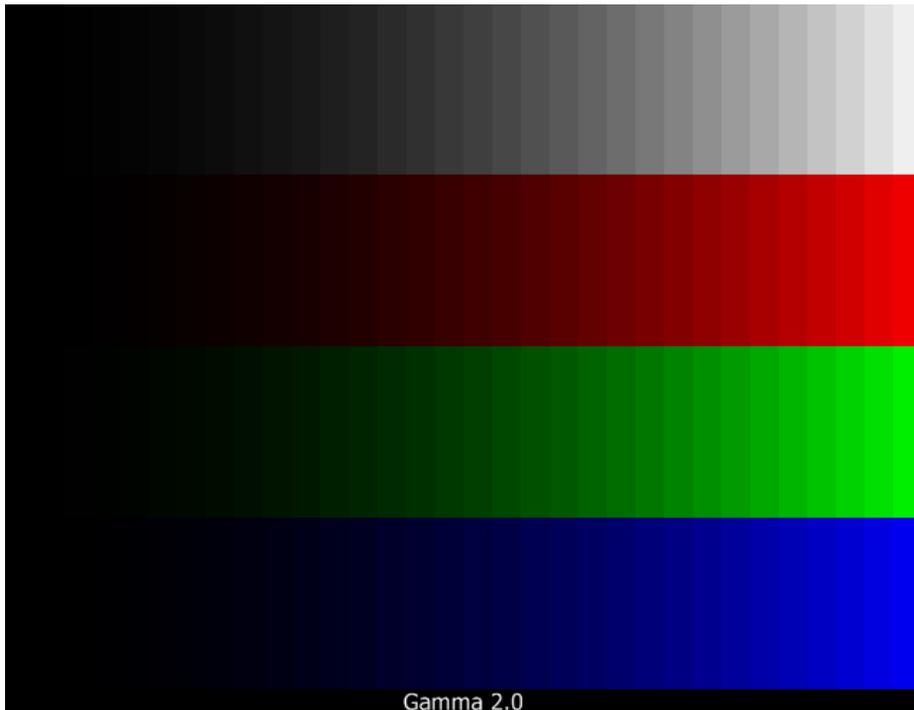


Abbildung 55: Beispiel für Gamma-Wert 2.0

Bei einem Gamma von 1 ist das Ausgangssignal gleich dem Eingangssignal. Bei einem Gamma größer als 1 wird die Ausgabe insgesamt etwas dunkler, hellere Stufen einer Grautreppe sind stärker abgestuft als die dunkleren. Bei einem Gamma kleiner als 1 wird die Ausgabe insgesamt heller, die dunkleren Stufen einer Grautreppe sind demnach stärker abgestuft als die hellen, ohne dass jedoch der hellste Wert Weiß (100 % Weiß) und der dunkelste Wert Schwarz (0 Prozent Weiß) dabei in der Helligkeit verändert wird.

Die Hersteller moderner Displays halten sich strikt an einen "idealen" Gammawert von ca. 2,2, um eine reale Helligkeitsempfindung des menschlichen Auges sicherzustellen. Der typische Gammakorrekture-Wert eines PC-Monitors oder eines digitalen TV-Gerätes liegt bei 2.2. Typischerweise kann dieser Wert auch über die Konfiguration des jeweiligen Bildschirms oder auch innerhalb des Betriebssystems verändert werden, eine Änderung ist jedoch nicht empfehlenswert. Auch fotografische Labore, welche Bildschirme testen, arbeiten mit einem Gammakorrekture-Wert von 2.2. Die entsprechende Belichtung eines für gut befundenen Bildes am Monitor ist daher nur bei einem Gammakorrekture-Wert von 2.2 garantiert.

Unter Mac OS galt für den Standard-Gammakorrekture-Wert von 2.2 bis vor kurzem noch eine Ausnahme. Mac OS verwendete in der Vergangenheit einen

Gammakorrektur-Wert von 1.8. Dieser Wert war für einen Workflow ohne Farbmanagement gedacht. Der Gammakorrektur-Wert 1.8 führte dazu, dass die Darstellung auf dem Bildschirm besser der Tonwertreproduktion von Schwarzweißdruckern entsprach. Seit Mac OS X 10.6 (Snow Leopard) liegt der Standard-Gammakorrektur-Wert auch unter Mac OS bei 2.2.

Nachfolgend wird anhand von vier markanten und geeigneten Beispielen die unterschiedlichen Gammafunktionen erklärt. Das Originalbild (folgende Abbildung) zeigt einen 32-stufigen Graustufenkeil mit zunehmender linear abgestufter Helligkeit von links nach rechts – linkes Feld 100 Prozent Weiß, rechtes Feld komplett Schwarz.



Abbildung 56: Gamma-Korrektur/Originalbild

Bei einem zu hohen Gamma sind die helleren Felder stärker abgestuft als die dunkleren, das heißt dunkle Bereiche im Bild lassen sich nicht mehr auseinanderhalten (vgl. folgende Abbildung).



Abbildung 57: Gamma-Korrektur/Gamma zu hoch

Bei einem zu niedrigem Gamma sind die dunkleren Felder stärker abgestuft als die helleren, das heißt helle Bereiche im Bild lassen sich nicht mehr auseinanderhalten (vgl. folgende Abbildung).

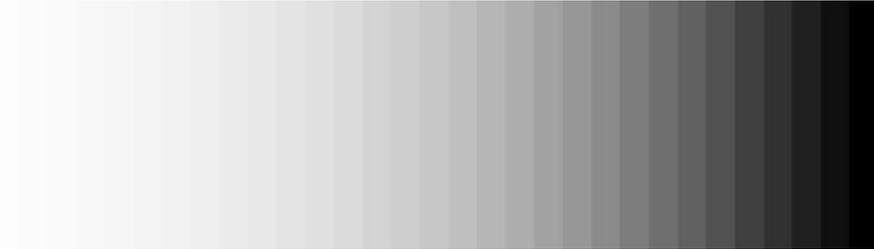


Abbildung 58: Gamma-Korrektur/Gamma zu niedrig

Bei einem S-förmig verzerrtem Gamma sind die mittelgrauen Felder stärker abgestuft als die äußeren, das heißt helle sowie dunkle Bereiche im Bild lassen sich nicht mehr auseinander halten (vgl. folgende Abbildung)



Abbildung 59: Gamma-Korrektur/ Gamma „S“-förmig verzerrt

Auch wenn die Gamma-Korrektur eigentlich aus dem Röhrenzeitaler stammt, ist diese insbesondere im Zusammenhang mit HDR immer noch aktuell. Moderne Displays müssen die Gamma-Korrektur einsetzen, um die Opto-Electronic-Transfer-Funktion (OETF) von Videokameras zu kompensieren. Die Gamma Korrektur bildet in diesem Fall die Nichtlinearität alter Röhrenbildschirme nach und wird eingesetzt, um über das gesamte System eine nahezu lineare Abbildung zu gewährleisten. Mehr zum Thema HDR findet sich in diesem Buch im Kapitel „Video-Features der Zukunft“.

Bewegungsunschärfe

Bewegungen darzustellen, war von jeher das größte Problem der Fernsehtechnik. Der Grund dafür ist nicht nur in den einzelnen Technologien zu suchen, sondern vor allem in der menschlichen Wahrnehmung. Läuft eine Maus über den Boden, sieht man unwillkürlich hin, blinkt irgendwo ein Licht, kann man es nicht ignorieren, und ein Fernseher in einer dunklen Kneipe zieht alle Augen auf sich. Unsere Netzhaut ist nur in der Mitte scharf, während die Ränder besonders empfindlich sind für jede Art der Bewegung oder Veränderung.

Das hat natürlich Folgen in Bezug auf die riesigen Bilddiagonalen moderner TV-Displays. Während sich früher das Bild eines Röhrenfernsehers mit einem Blick erfassen ließ und die Augen nicht hin- und herwandern mussten, kann man bei den großen Flachbildschirmen heute ein Objekt von links nach rechts verfolgen und wieder zurück – und stellt dabei plötzlich Veränderungen fest: Was im Stand knackscharf aussah, bekommt plötzlich weiche Konturen, die Bewegung erscheint ruckelnd und abgehackt. Bei rasanten Schwenks der Kamera bricht die Detailauflösung schlimmstenfalls komplett zusammen. So rückt die Bewegungsdarstellung ins Zentrum der Beurteilung von Bildschirmen. Schließlich handelt es sich bei Video- und TV-Signalen nicht um Standbilder. Anders als bei den Grundparametern Kontrast, Schärfe oder Farbumfang gibt es für die Darstellung von Bewegung aber kein genormtes Messverfahren, nicht einmal Testsignale für alle Problemfelder. Im Gegenzug gibt es jede Menge Probleme, die vielfältige Ursachen haben. Manche entstehen schon bei der Aufnahme, andere bei der Übertragung – und der Bildschirm selbst ist auch nicht ganz unschuldig.

Die Zeiten, in denen das Signal von der Kamera zum Fernseher direkt durchgeschleift wurde, sind nämlich vorbei. Eine Röhrenkamera tastete eine fotoempfindliche Schicht noch Zeile für Zeile ab und leitete die daraus entstehenden elektrischen Schwingungen weiter, bis sie schließlich auf dem Röhrenfernseher Zeile für Zeile wieder aufgebaut wurden. Heutzutage stecken zwischen CCD- beziehungsweise CMOS-Sensor und Flatscreen jede Menge Bildspeicher und Wandler, die das Signal an die Gegebenheiten von Studio, Übertragungsstrecke und Display anpassen.

Das klassische Bewegtbild ist der Kinofilm. Er wird schon seit bald einhundert Jahren mit 24 Bildern pro Sekunde aufgenommen. Absolut gesehen, sind 24 Bilder pro Sekunde (Hertz, Hz) viel zu wenig. Denn für eine flüssige Bewegungsdarstellung braucht man mindestens 50 Hz – erst dann erscheint dem Auge eine Abfolge von Einzelbildern ruckelfrei. Damit das Bild nicht erkennbar flackert, sollte die Bildwiederholungsfrequenz noch höher sein. Deshalb projiziert man jedes Bild im Kino zwei- oder dreimal, sodass man auf 48 oder 72 Hz kommt. Aber selbst wenn es dann nicht mehr flimmert, der unsaubere Bewegungsablauf bleibt. Und zwar auch dann, wenn der Film digital aufgenommen wurde, denn auch hier hat sich Hollywood auf 24 Hz festgelegt. Ein Grund dafür ist die Tatsache, dass schnelle Schwenks oder rasante Kamerabewegungen auf der großen Kinoleinwand eher zu Übelkeit im Publikum führen. Also nimmt man es in Kauf, dass quer durchs Bild fahrende Autos eben etwas ruckeln. In der DCI-Spezifikation für das digitale Kino ist zwar eine Verdoppelung auf 48 Hz bei der Aufnahme vorgesehen, realisiert wird diese Vorgabe jedoch nur bei 3D-Filmen. Denn 48 Hz lassen sich nicht zu 72 Hz verdoppeln, und die Wandlung in 60 Hz ist noch schwieriger als bei 24 Hz (vgl.

Kapitel „Pulldown“). Neben den 24 Hz des Kinofilms existieren auch Filmaufnahmen mit 25 oder 30 Bildern pro Sekunde – beides sind Standards, die sich an der TV-Ausstrahlung orientieren.

Gern übersehen wird ein zweiter Punkt, der darüber entscheidet, wie stark Filmbilder ruckeln: die Verschlusszeit. Jeder Fotoamateur weiß, dass es verwischte oder verwackelte Aufnahmen gibt, wenn die Blende nicht schnell genug öffnet und schließt. Wenn der Kameramann also viel Licht braucht und deswegen den Verschluss lange offen lassen muss, sind bewegte Objekte im Bild ohnehin unscharf. In diesem Fall wirkt eine solche Aufnahme bei der Wiedergabe auch nicht ruckelig, sondern soft. Bei kurzer Shutter-Öffnung dagegen bleiben harte Kanten erhalten, dafür fällt das 24-Hz-Ruckeln umso mehr auf.

Ein Teufelskreis, der nicht so leicht zu durchbrechen ist. Bei 100-Hz-Geräten wird beispielsweise ein Zwischenbild errechnet, indem man das Bild vorher und nachher heranzieht. Wenn sich Objekte gegeneinander bewegen (wie beim EM-Halbfinale Fußball und Hintergrund), fehlen die Ergänzungsinformationen an den Konturen - der sogenannte **Halo-Effekt** tritt auf.

Für scharfe Konturen und ruckelfreie Bewegungen eignen sich nur Videokameras mit Vollbildabtastung (Progressive Scan) und mindestens 50 Hz. Aus diesem Grund haben sich zum Beispiel ARD und ZDF entschieden, bei HDTV auf das System 720p/50 zu setzen, das 50-mal pro Sekunde volle 1280 mal 720 Pixel liefert. Das von vielen anderen Sendern verwendete 1080i halbiert wie alle anderen Interlaced-Verfahren die Bewegungsschärfe. Das Ziel der TV-Übertragung heißt deshalb 1080p mit 50 oder 60 Bildern (je nach Fernsehnorm) pro Sekunde.

Local Dimming

Hersteller setzen immer mehr auf das sogenannte Local Dimming und machen mit dieser Funktion viel Werbung. Tatsächlich handelt es sich um ein Feature, das durchaus erwähnenswert ist. Grundsätzlich möglich ist das Local Dimming bei **LCD/LED-Displays** mit entsprechender Funktion und flächendeckender Hintergrundbeleuchtung (Direct-LEDs) oder aber seitlichem Backlight (Edge-LEDs). Wie wir es vom Lichtschalter mit Dimming-Funktion kennen, können die LEDs im Backlight partiell ausgeschaltet werden, was satte Schwarztöne und die Darstellung winziger Bilddetails in dunklen Szenen zur Folge hat. Das heißt, die Hintergrundbeleuchtung kann so besser dem Bild angepasst werden und wirkt weitaus homogener (gleichmäßiger) als bei herkömmlichen LCD-Panels. Besonders gut kann man die Qualität der Local-Dimming-Funktion in sehr

dunklen Bildbereichen erkennen, in denen punktuell helle Sequenzen eingeblendet werden, beispielsweise bei einem Sternenhimmel oder einem beleuchteten Hochhaus bei Nacht. Wenn die Hintergrundbeleuchtung qualitativ hochwertig ist, sind tatsächlich nur dort LEDs eingeschaltet, wo sich die Lichter in den Fenstern oder die Sterne befinden. Wenn nicht, kommt es zu unschönen Abbildungsfehlern. Lesen Sie dazu das folgende Kapitel.

Auch **OLED-Displays** profitieren von der innovativen Pixel-Dimming-Technologie, auf deren Basis nunmehr Bilder mit bisher undenkbar niedrigen Schwarzwerten, beeindruckender Tiefenwirkung und absolut lebensechten Farben dargestellt werden können. Anders als bei klassischen LED-Displays mit Hintergrundbeleuchtung kann hier jeder organische Pixel eigenständig und individuell Licht und damit Farbe erzeugen und sich ganz nach Bedarf selbstständig an- oder ausschalten. Damit wird eine dynamische Genauigkeit bei der Bild Darstellung erreicht, die bei einem LCD-Bildschirm nicht möglich ist. Abgesehen davon sind OLED-Panels weitaus energieeffizienter und dünner, da auf eine Hintergrundbeleuchtung (LEDs) verzichtet werden kann. Darüber hinaus bieten OLED-Displays aus praktisch jedem Betrachtungswinkel ein verlustfreies und gestochen scharfes Seherlebnis – ohne Farbverzerrungen oder Detailverluste an den Bildschirmrändern.

Kurzum: Mit der Local-Dimming-Funktion können sich LEDs nicht nur selbstständig ein- und ausschalten, sondern darüber hinaus auch noch je nach Bedarf heller oder dunkler regeln (dimmen), was sich überaus vorteilhaft auf die Schwarzwerte und damit auf den Kontrast auswirkt. Hinzu kommt die klare abgegrenzte Darstellung von einzelnen hellen Bildelementen (z.B. Sterne) ohne Lichthöfe. Gerade im Zeitalter von HDR ist also eine solche Funktion quasi notwendig. Und vor allem Fans des Horrorfilms aber auch Gamer werden sich freuen, wenn auf dem Display alle Feinheiten der dunklen Nacht und sogar die Regentropfen zu erkennen sind, die dem Killer von der schwarzen Kutte perlen. Näheres zur praktischen Anwendung findet sich im Kapitel „Bildwiedergabesystem – NEXT GENERATION“.

Abbildungsfehler

Was zu Beginn des Fernsehens quasi dazugehörte, schrumpfte mit dem technologischen Fortschritt auf einige wenige sogenannte Abbildungsfehler oder Artefakte. Im Zeitalter von 4K, OLED und HDR sind diese kaum noch vorhanden. Aber auch wenn diese Abbildungsfehler mit den aktuellen und zukünftigen Displaytechnologien perspektivisch ihre Relevanz verlieren, sollten sie Erwähnung finden und werden deshalb im folgenden Kapitel beispielhaft erläutert.

Klötzchenbildung

Der Antennenempfang hat generell den Nachteil, dass er witterungsabhängig ist. Dabei hat sich im Rahmen der Digitalisierung kaum etwas geändert. Das sogenannte Überreichweitensignal schwankt atmosphärisch bedingt, was sich in der Bild- und Tonqualität niederschlägt. Ein Aussetzen des Signals führt zur berühmten Klötzchenbildung, eingefrorenem Standbild und Audioverzerrungen. Bei Gewitter kann es passieren, dass der Empfang komplett gestört ist. Auch sind Signalverzögerungen von mehreren Sekunden typisch für den terrestrischen Empfang. Während sich der Nachbar mit terrestrischem Fernsehen bei einem Fußballspiel noch die Daumen drückt, freut sich der Nachbar mit Satellitenempfang bereits über das geschossene Tor. Grund für das verzögerte Signal ist die Videocodierung beziehungsweise Decodierung im Empfänger, die mehrere Bildsequenzen umfasst. Insofern stößt DVB-T an seine Grenzen, die nicht zuletzt damit zusammenhängen, dass die Videodaten hauptsächlich als MPEG-2 codiert werden, obwohl es technisch durchaus möglich wäre, mit MPEG-4 codierte Video-Datenströme zu versenden. Hier wird der neue Standard DVB-T2 zukünftig zeigen, ob die versprochene Verminderung der Abbildungsfehler tatsächlich eintritt.

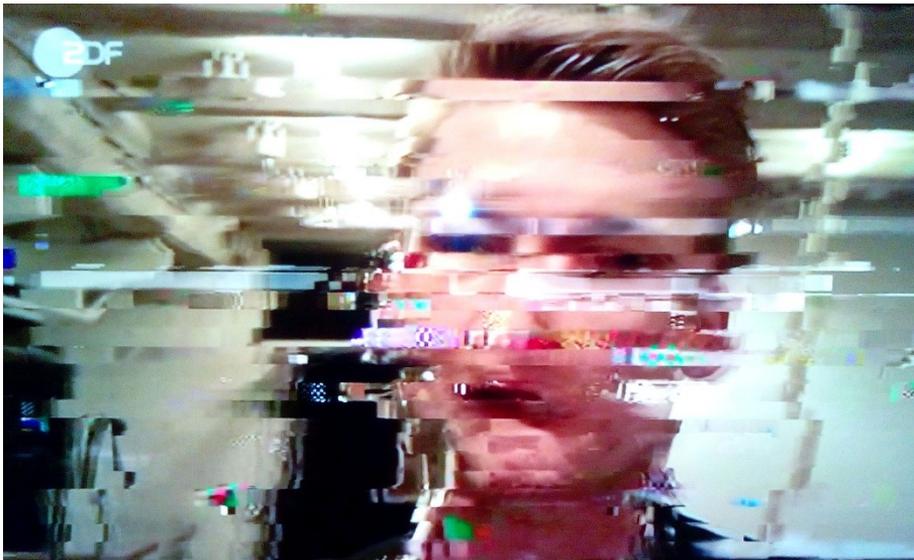


Abbildung 60: Klötzchenbildung bei schlechtem DVB-T-Empfang

Doch neue Standards versprechen nicht immer Fehlerfreiheit. In punkto Hintergrundbeleuchtung hat sich in den letzten Jahren einiges getan. LCD-Displays werden nicht mehr mit Leuchtstoffröhren bestrahlt. Das Schlagwort „Backlight“ ist keine Neuheit mehr. Allerdings kommt es bei den einhergehenden Abbildungsfehlern hier mitunter zu Verwirrungen. Einige

Effekte, die vor allem auf eine mangelnde Homogenität der Hintergrundbeleuchtung zurückzuführen sind, sollen deshalb im Folgenden kurz erläutert werden.

Banding/Clouding

Der Fachbegriff "Banding" definiert das schlechte visuelle Ergebnis des nicht-synchronen Zusammenspiels zwischen verschiedenen signalverarbeitenden Stufen unter anderem bei der Bildwiedergabe eines Fernsehers. Im Idealfall sollte der Bildverlauf gleichmäßig und weich dargestellt werden. Je großflächiger das Display ist, desto deutlicher werden etwaig vorhandene Probleme bei der Signalverarbeitung visualisiert. Umso "flacher" das eigentliche Bild (z.B. Wolkenbilder, Gesichter/Hauttöne) und umso größer die physikalische Displayauflösung sowie Displayfläche ist, desto deutlicher kann der Banding-Effekt zutage treten.

Ursachen dafür finden sich auch und vor allem in aktuellen TV-Modellen durch das fehlerhafte Zusammenspiel zwischen einem normalen 8-Bit-Bildinhalt an sich, einer 8-Bit-Signalverarbeitung in der TV-Software und einem 10-Bit-Panel. So kann es zu deutlichen Treppenstufen in der Bilddarstellung kommen. Je nach Filmproduktion, dem eigentlichen Bild und der Display-größe sind diese Bandung-Streifen sichtbar, das heißt besonders bei Bildern von Wolken am Himmel, weshalb dieser Effekt auch „Clouding“ genannt wird.

Blooming

Vorwiegend bei dunklen Bildszenen kommt dieser Effekt (Blooming) zum Vorschein und bei Full-LED-Displays mit einer flächendeckenden Hintergrundbeleuchtung und Local-Dimming-Funktion. Der Vorteil dieser Technologie ist natürlich der großartige Kontrast, da im Backlight einzelne Bereiche (Cluster) je nach Anforderung dunkel- oder sogar ausgeschaltet werden können. Schwarz bedeutet dann tatsächlich schwarz. Bei fehlerhafter Verarbeitung der Panels und seinen unzähligen LEDs kann es jedoch passieren, dass im eigentlich dunkelgeschalteten Cluster ein oder mehrere LEDs fälschlicherweise nicht gedimmt werden. Eine punktuelle Dunkelschaltung ist somit nicht mehr gegeben, was eigentlich schwarz oder dunkelgrau sein sollte leuchtet zumindest teilweise in hellem Grau. Das technisch nicht ganz einwandfrei funktionierende Segment mit seinem nichtausgeschalteten LED strahlt also in das geforderte Schwarz. Daher hat dieser Effekt auch seinen Namen, denn im Englischen bedeutet „bloom“ nicht nur blühen, sondern auch strahlen. Wobei hier eigentlich die Schönheit gemeint ist, was eine gewisse Ironie nicht entbehrt.

Flashlights

Dieser Effekt ist mit dem Clouding verwandt und meistens bei sehr dunkler Umgebungsbeleuchtung zu erkennen. Er tritt in der Regel bei LED-Edge-Fernsehern auf, bei denen die Hintergrundbeleuchtung aus den Ecken oder Seiten kommt. „Flashlights“ bedeutet Taschenlampe. Bestimmte Bildbereiche erscheinen punktuell heller als gewollt, als würde jemand von hinten mit einer Taschenlampe leuchten, weshalb hier auch vom Taschenlampeneffekt die Rede ist. Gemeint sind helle Lichtkegel, die zumeist in den Ecken eines Displays auftreten und besonders dunkle Bildszenen verfälschen. Der Grund für solche Flashlights ist in der Regel in einer mangelhaften Hintergrundbeleuchtung zu suchen. Mitunter kann dieser Effekt aber auch auftreten, wenn das Gerät zu heiß geworden beziehungsweise Spannungen ausgesetzt ist.

Dirty-Screen-Effect (DSE)

Eine ungleichmäßige Ausleuchtung des TV-Display-Hintergrunds kann auch den sogenannten Dirty-Screen-Effekt zur Folge haben. Wie der Name vermuten lässt, handelt es sich hier um Schmutz auf dem Bildschirm, der natürlich eigentlich gar nicht vorhanden ist. Insbesondere bei Kameraschwenks entsteht dieser Eindruck, der jedoch auch durch eine schlechte MPEG-Codierung verursacht werden kann. In diesem Fall ist zumeist die Rauschunterdrückung im Fernseher zu hoch eingestellt. Feine Bilddetails werden in der Signalverarbeitung fälschlicherweise als Rauschen interpretiert (Rauschmuster).

Crosstalk/Ghosting

Dieser Effekt tritt ausschließlich bei der 3D-Wiedergabe auf. Neben dem herkömmlichen Anaglyphenverfahren oder der Polfiltertechnik sind Shutterbrillen für den anspruchsvollen 3D-Heimkinonutzer die bekannteste und beste Lösung (vgl. entsprechende Kapitel in diesem Buch). Leider bietet diese Technologie auch ein paar technische Probleme: Der sogenannte Crosstalk stört die Bildqualität bei der 3D-Wiedergabe. Gemeint sind sogenannte Geisterbilder (Ghosting), eine fehlgeleitete Bildinformation im rechten Auge, die eigentlich für das linke Auge bestimmt war. Diese zeigen sich insbesondere in auftretenden Doppelkonturen oder bei hohen Kontrastwerten in Form von schwarzen senkrechten Linien vor hellem Hintergrund. Diese Fehler in der 3D-Wiedergabe können nur mit entsprechenden Testbildern gemessen werden. Entsprechend den Segmentabschnitten einer Uhr kann auf den Crosstalk-Testbildern der Wert definiert werden, um wieviel Prozent die Bildinformation vom linken Auge Einfluss auf das rechte Auge hat. Dieser Wert ist abhängig vom Luminanz-Kontrast-Verhältnis und auch vom Chrominanz-Signal.

Technische Mängel in der Synchronisation führen zu ungewollten Doppelbildern beziehungsweise einer Geisterkontur.

Soap-Effect

Im Rahmen der Behebung von unschönen Bewegungsunschärfen (vgl. entsprechendes Kapitel) werden nicht selten zusätzliche Zwischenbilder berechnet. Dies hat jedoch bei LCDs mitunter zur Folge, dass bewegte Objekte sich vom Hintergrund abheben, welcher hingegen statisch wirkt. Das Ergebnis ist dann eine Videosequenz, die wie eine billige Studioaufnahme aussieht, etwa wie die Kulisse in einer Daily-Soap, weshalb man hier vom Soap-Effekt spricht.

Halo-Effekt

Auch als Nachzieheffekt bekannt, tritt dieser Abbildungsfehler ebenfalls auf, wenn Zwischenbilder auf Basis des vorherigen und des folgenden Bildes berechnet und sich in schnellen Videosequenzen Objekte gegeneinander bewegen (wie beim EM-Halbfinale Fußball und Hintergrund). Hier fehlen dann wichtige Ergänzungsinformationen in der Bildverarbeitung, weshalb besonders an den Konturen der sogenannte Halo-Effekt auftritt. So zieht beispielsweise der schnell fliegende Fußball einen dunklen oder hellen Schweif hinter sich her.

Tipps zur Fehlerbehebung

Tritt ein Fehler unregelmäßig oder nur bei einer bestimmten Blu-ray-Disc oder einem einzigen Film auf, handelt es sich meistens nicht um ein Problem im Gerät. Sollten oben genannte Abbildungsfehler jedoch regelmäßig und unabhängig vom Videomaterial auftreten, ist in der Regel die Hintergrundbeleuchtung oder aber die Bildverarbeitung fehlerhaft. Letztere kann nicht optimiert werden. Hier sollte man sich mit dem Hersteller oder Händler in Verbindung setzen. Einige Fehler können jedoch auch im TV-Signal zu finden sein, etwa in der Qualität des Empfangs via Satellit, Kabel oder Antenne. Deshalb sollte bei auftretenden Artefakten erste einmal hier die Empfangsstärke überprüft werden. Ähnlich verhält es sich beim Streaming. Mitunter leidet die Bildqualität, wenn das monatliche Datenvolumen aufgebraucht oder an einem DSL-Strang zu viele Verbraucher zapfen (vgl. Kapitel „Das richtige Netz(werk)“ in diesem Buch).

Wenn Abbildungsfehler auftreten, die mit einer mangelhaften Hintergrundbeleuchtung begründet werden können, so kann das zum einen an einer schlechten Verarbeitung liegen oder aber das Display steht unter Spannung. Ursache dafür kann eine Überhitzung sein. Treten Banding- oder Flashlights-Effekte nur manchmal auf, dann sollte das Gerät ausgeschaltet und

gut belüftet werden. Außerdem sollten Fernseher niemals direkt neben einer Heizquelle stehen und über sehr lange Zeiträume ununterbrochen laufen.

Um die Qualität der Hintergrundbeleuchtung zu überprüfen, sollte ein graues vollflächiges Standbild mit einem fünfzig prozentigen Grauanteil genutzt werden. Während das Bild auf dem TV-Display dargestellt wird, wird nun die Helligkeit und der Kontrast hoch- und runtergeregelt und die Bildwiedergabe beobachtet. So können verschiedene Abbildungsfehler (z.B. Banding) identifiziert werden, bestenfalls sind falsch geschaltete LEDs sichtbar. In diesem Fall sollte das Gerät zurückgegeben oder besser gar nicht erst gekauft werden.

Videoauflösungen

Umgangssprachlich wird die Auflösung grundsätzlich für das Maß einer Bildgröße verwendet, das die Anzahl der Bildpunkte (Pixel) nach Spalten (vertikale Auflösung) und Zeilen (horizontale Auflösung) einer Rastergrafik angibt. Im physikalischen Sinne ist mit der Auflösung die jeweilige Punktdichte bei der Wiedergabe beziehungsweise Bildabtastung gemeint. Somit ist die Bildauflösung ein Qualitätsstandard unter anderem für die Farbtiefe. Während man in der Digitalfotografie zumeist die Gesamtzahl der Bildpunkte (Mega-Pixel = 1 Million Bildpunkte) beziehungsweise pro Zeile und Spalte angibt, wird in der Fernsehtechnik die Anzahl der Bildpunkte pro Zeile mal die Anzahl der Zeilen gemessen.

Neben der räumlichen Auflösung wird in der Videoauflösung insofern auch die zeitliche Auflösung interessant, da es sich um Bewegtbilder handelt. Wie bereits erwähnt, wird die zeitliche Auflösung (Bildfrequenz) in Hertz (Hz) angegeben. Dabei ist vor allem das Verfahren der Bildabtastung von maßgeblicher Bedeutung, das heißt, ob also zwei Halbbilder im Zeilensprungverfahren (interlaced) oder aber jeweils ein Vollbild (progressive scan) eingelesen werden.

Zeitliche/räumliche Auflösung

In diesem Zusammenhang soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die bereits erörterten Fernschnormen (PAL, NTSC oder SECAM) nicht generell per Definition zur Angabe für den Bildwechsel dienen. Videoauflösungen werden betreffend ihrer zeitlichen Auflösung mit den jeweiligen Bildabtastverfahren angegeben. Dazu werden im Allgemeinen die Abkürzungen „i“ für das Zeilensprungverfahren (interlaced) und „p“ für die progressive Bildabtastung (progressive) verwendet.

Aber auch andere Parameter sind für die Auflösung entscheidend. So beispielsweise das Seitenverhältnis, das generell als Bruch dargestellt (z.B. 16:9) wird, wobei sich der erste Wert auf die Breite und der zweite Wert auf die Höhe bezieht. Oftmals wird dieser Bruch auch auf 1 gekürzt beziehungsweise ausmultipliziert und entsprechend gerundet. Auf diese Weise wird aus der Angabe 4:3 beispielsweise der Wert 1,33:1.

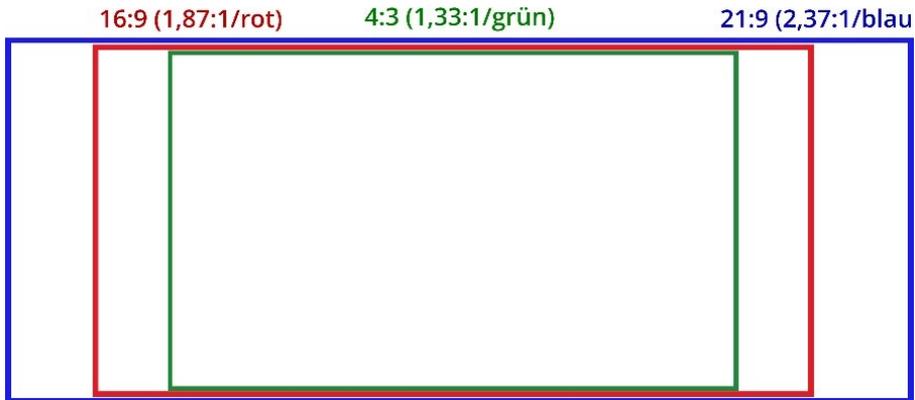


Abbildung 61: Standard-Seitenverhältnisse im TV-Bereich

Die drei gebräuchlichsten Seitenverhältnisse für Fernsehgeräte sind in Abbildung 54 vergleichsweise dargestellt: Das im analogen Fernsehen als Standard verwendete Format 4:3 (1,33:1/grün), in den 1990er Jahren eingeführte Format 16:9 (1,87:1/rot) sowie das seit 2009 für besonders breite Geräte genutzte Format 21:9 (2,37:1/blau), das insbesondere Kinofilme (2,39:1) ohne horizontale Streifen wiedergeben kann.

Fasst man alle Parameter der Bild-/Videoauflösung zusammen, so entstehen ganz unterschiedliche Werte für die einzelnen Videoformate, die in der folgenden Tabelle zusammengefasst sind (vgl. Abbildung).

Nicht selten wird davon ausgegangen, dass die Bildauflösung beziehungsweise die Bildgröße mit der Größe der jeweiligen Videodatei zusammenhängt. Jedoch können auch sehr kleine Bilddateien über eine hohe Auflösung verfügen.

| Videoformat | Breite | Höhe | Seiten- verhältnis | Pixel |
|-----------------|--------|------|-----------------------|-----------------------|
| analog | | | | |
| VHS | 320 | 240 | 4:3 | 76.800 (0,08 MP) |
| S-VHS | 533 | 400 | 4:3 | 213.200 (0,21 MP) |
| digital | | | | |
| VCD (PAL) | 352 | 288 | 4:3 | 92.160 (0,09 MP) |
| SVCD (PAL) | 576 | 480 | 4:3 | 276.480 (0,28 MP) |
| DVB (PAL) | 720 | 576 | 4:3/16:9 | 414.720 (0,41 MP) |
| HDTV (720p) | 1280 | 720 | 16:9 | 921.600 (0,92 MP) |
| Full-HD (1080p) | 1920 | 1080 | 16:9 | 2.073.600 (2,07 MP) |
| 2K | 2048 | 1536 | 4:3 | 3.145.728 (3,15 MP) |
| UHD-1 (4K) | 3840 | 2160 | 16:9 | 8.294.400 (8,30 MP) |
| 4K | 4096 | 3072 | 4:3 | 12.582.912 (12,58 MP) |
| UHD-2 (8K) | 7680 | 4320 | 16:9 | 33.177.600 (33,2 MP) |

Abbildung 62: Übersicht gängiger Videoformate (Auflösung)

Insofern ist der Zusammenhang zwischen der Größe des Datenvolumens nicht zwangsläufig kongruent zur Höhe der Bildauflösung. Letztlich liegt es an der Qualität der Wiedergabe, wie hochwertig das Foto- oder Videomaterial verwendet werden kann. Deshalb können Aussagen über die Auflösung generell nur im Zusammenhang mit der Wiedergabe getroffen werden. Wenn beispielsweise Filme in Ultra HD produziert aber auf einem alten Röhrenfernseher wiedergegeben werden, dann ist relativ klar, dass die Bildqualität erhebliche Einbußen erfährt. Insofern ist die Bildauflösung allein noch kein direktes Maß für die Qualität.

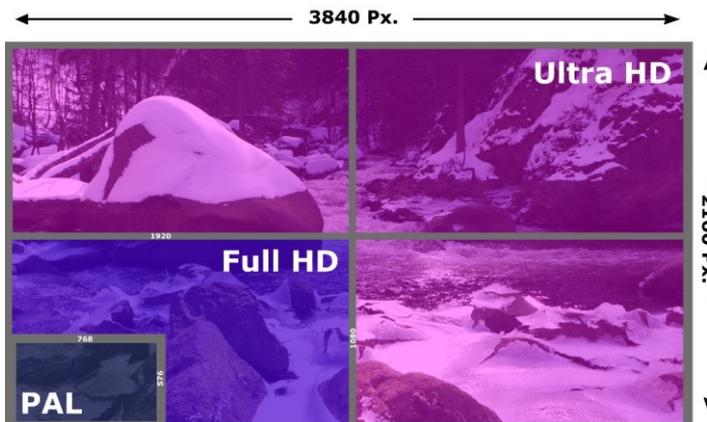


Abbildung 63: Beispiel für Bildauflösungen

Skalierung

In diesem Zusammenhang kann man auf die Aussage zurückkommen, dass nur die gute alte Röhre knackscharfe Bilder liefern kann. Denn nur bei analogen Röhren-Bildschirmen war das Format des Eingangssignals identisch mit der Wiedergabe. Hier konnten mithilfe der Steuerelektronik verschiedene Videoformate mit der gleichen vertikalen und horizontalen Bildauflösung wiedergegeben werden. Hingegen ist in modernen digitalen Bildschirmen das Wiedergaberaster vorbeschrieben und variiert je nach Bauart. Deshalb kann das Eingangssignal von der tatsächlichen Wiedergabe abweichen. Entsprechend müssen die eingegangenen Bildpunkte je nach Wiedergaberaster skaliert werden, wobei es hier nicht selten zu Verlusten kommt, die sowohl bei einer Verkleinerung als auch bei einer Vergrößerung entstehen können. Insbesondere bei der analogen Fernsehübertragung werden die Bildpunkte selbst oft nicht quadratisch, sondern rechteckig dargestellt. Aber auch durch die diversen Videoformate kommt es zu unschönen Begleiterscheinungen (vgl. Abbildung).



Abbildung 64: Bildverzerrungen bei unterschiedlichen Videoformaten

Um die Filmfläche optimal nutzen zu können, wurde bereits in den 1950er Jahren das sogenannte anamorphotische Verfahren (anamorph: griech. umgestaltet) in der Filmtechnik eingesetzt, um breitbandige Kinoformate auf analogen normalformatigen Fernsehgeräten abspielen zu können. Da es sich hierbei um geometrisch-optische Verzerrungen wie etwa bei einem Hohlspiegel handelt, ist die synonyme Verwendung des Begriffes im Zusammenhang mit der digitalen Bildübertragung falsch. Allerdings muss auch hier das Bild beispielsweise bei HDTV bis zu 25 Prozent gestaucht werden. Dies begründet sich aus den immer breiter werdenden Geräten. Der Unterschied zwischen dem herkömmlichen PAL-Format (SDTV) und HDTV ist in der folgenden Abbildung erkennbar.

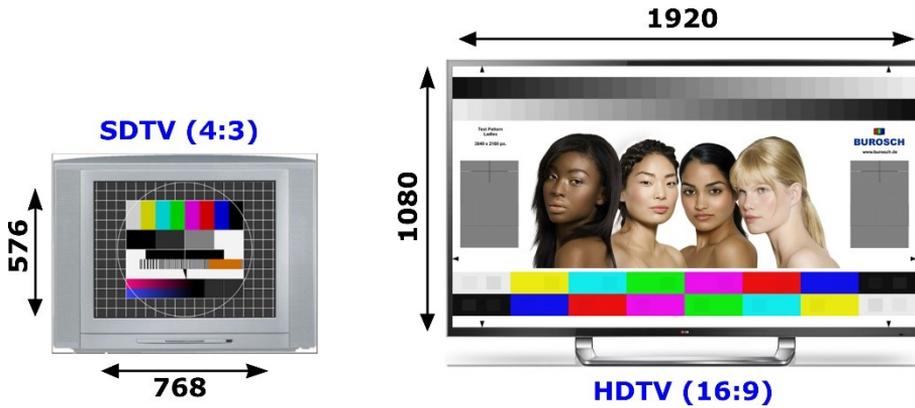


Abbildung 65: Unterschied zwischen SDTV und HDTV

Grundsätzlich kann man hochauflösende Videos nur dann hundertprozentig genießen, wenn das Gerät der Wiedergabe die technischen Voraussetzungen erfüllt. Aber auch der beste Fernseher ist nur so gut, wie seine Einstellung. Da Farbe lediglich eine subjektive Wahrnehmung ist, sollte man sich hier nicht ausschließlich auf die Werkseinstellungen oder das bloße Auge verlassen. Um die heute üblichen hohen Qualitätsstandards auch tatsächlich in vollem Umfang ausnutzen zu können, sollten als „Feinschliff“ sogenannte Testbilder bei der präzisen Einstellung verwendet werden. Mehr zu diesem Thema steht unter anderem im folgenden Kapitel „Bildeinstellungen/Kalibrierung“ aber auch am Ende dieses Buches.



Abbildung 66: Testbild "Ladies" der Firma BUROSCH

Native Auflösung

Insofern ist gerade für die Feinheit der Farbabstufungen einzelner Bildelemente (Farbtiefe) die sogenannte native Auflösung qualitätsbestimmend. Damit ist die exakte digitale Auflösung des Gerätes gemeint, das zur Bildwiedergabe verwendet wird. Der schlichte Vergleich zwischen der PAL- und HDTV-Auflösung macht den Unterschied deutlich: Der PAL-Standard umfasst 576 sichtbare Zeilen (vertikale Auflösung) und 768 Linien (horizontale Auflösung) und entspricht damit 11.059.200 Bildpunkten pro Sekunde. HDTV-Standards hingegen bieten 51.840.000 (1080i) beziehungsweise 46.080.000 (720p) Bildpunkte pro Sekunde. Die Gesamtbildpunktzahl erhöht sich bei HDTV auf etwa das Fünffache, was sich sowohl in schärferen Konturen, brillanteren Farben und generell in einer höheren Tiefenschärfe des Fernsehbildes bemerkbar macht.

Im Jahre 2016 ist HDTV jedoch schon fast wieder Makulatur. Hier sprechen wir im Zusammenhang mit Ultra HD/4K über ein weiteres Vielfaches in Bezug auf die Pixelanzahl – nämlich von 8 Millionen Bildpunkten. Und auch dieser Wert stellt nur eine Momentaufnahme dar, insbesondere weil die bereits erwähnte ITU-Empfehlung Rec.2020 perspektivisch die Bildauflösung 8K (UHD TV2) vorsieht, welche in derzeitigen TV-Prototypen bereits realisiert wird.

| | PAL | 720p | 1080i |
|--------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Auflösung | 576 x 768 | 720 x 1280 | 1080 x 1920 |
| Bildpunkte gesamt | 442.368 | 921.600 | 2.073.600 |
| Bildpunkte/Sekunde | 11.059.200 | 46.080.000 | 51.840.000 |
| Format | 4 : 3 | 16 : 9 | 16 : 9 |
| Frequenz | 50 Hz | 50 Hz | 50 Hz |
| Bilddarstellung | Halbbild (interlaced) | Vollbild (progressive scan) | Halbbild (interlaced) |

Abbildung 67: Vergleich PAL/720p/1080i

Pixeldichte

Ebenfalls bereits erwähnt wurde, dass der Begriff „Auflösung“ umgangssprachlich oft synonym verwendet wird. In der Drucktechnik (z.B. Zeitung) spricht man, wenn Bildpunkte gemeint sind, von dots per inch (dpi), bei Bild- und Videomaterial hingegen von pixel per inch (ppi) oder vielmehr Pixel pro Zoll. Im Zusammenhang mit der Pixelgröße wird nicht selten von einer „relativen Auflösung“ gesprochen, was allerdings falsch ist. Denn der Abstand der einzelnen Bildpunkte kann exakt gemessen werden und stellt somit eine

physikalische Größe dar. Die Pixel- oder auch Punktdichte ist gerade in der heutigen digitalen Bild- und Videoproduktion das Maß für die Detailgenauigkeit und steht in direktem Zusammenhang mit der Qualität der Wiedergabe.

Doch die höchste Pixeldichte nützt wenig, wenn die Fläche, auf der das Bild dargestellt wird, zu klein ist. Das menschliche Auge könnte die Brillanz von 1920x1080 (HD), 3840 × 2160 (UHD-1/4K) oder gar 7680 × 4320 Pixel (UHD-2/8K) Bildpunkten kaum erfassen, wenn diese auf einer Briefmarke abgebildet würden. Umgekehrt sehen wird grobe Pixelstrukturen auf großen Bildschirmen, wenn die Punktdichte (Auflösung) zu gering ist. Insofern ist bei gleicher Auflösung die Bildschirmdiagonale maßgeblich. Deshalb sollte man sich von den mitunter extremen Unterschieden in der Angabe der ppi bei diversen Produktgruppen nicht irritieren lassen.

| Gerät/Produktgruppe | Display-Auflösung (Pixel) | Display-Diagonale (Zoll) | Pixeldichte (ppi) |
|--|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| Samsung Gear 2 (Smartwatch) | 320x320 | 1,63 | 278 |
| LG G3 (Smartphone) | 2560x1440 | 5,5 | 538 |
| Kindle Voyage (eBook-Reader) | 1440x1080 | 6 | 300 |
| Samsung Galaxy 8.4 (Tablet-PC) | 2560x1600 | 8,4 | 359 |
| Walimex Pro Director (PC-Monitor) | 1920x1080 | 10 | 220 |
| Toshiba Satellite (Notbook) | 3840x2160 | 15,6 | 282 |
| Reflexion LED 1971 (Bildschirm) | 1920x1080 | 18,5 | 119 |
| Apple iMac 27"/Retina-5K-Display (All-in-One-PC) | 5120x2880 | 27 | 218 |
| Sony VPL-VW1100ES (Beamer) | 4096x2160 | 60 bis 300 | 77 bis 15 |

Abbildung 68: Produkte im Vergleich nach Pixel, Zoll, ppi

Die Fachzeitschrift Computerbild hat auf ihrer Internetseite (2015) einen Vergleich verschiedener Produktgruppen in Bezug auf ihre Auflösung und Displaydiagonalen durchgeführt. Ein Auszug der erstplatzierten Produkte ist in Abbildung 61 dargestellt und zeigt, dass die Daten weit auseinander gehen können, grundsätzlich aber Parallelen zwischen Displaygröße und Pixeldichte erkennbar sind.

Die zurzeit höchste Auflösung bringt das digitale Videoformat Ultra HD mit den Bildauflösungen 4K und 8K. Demnach hat das 4K-Format für TV mit 3840 × 2160 Bildpunkten eine viermal so hohe Pixelanzahl gegenüber der TV-Auflösung Full HD. Das 8K-Format (7680 × 4320 Pixel) löst vertikal und horizontal jeweils

viermal so fein auf wie Full HD, insofern bietet dieses Format (in Japan: Super Hi-Vision) sechzehnmal so hohe Auflösung. Abbildung 62 zeigt den qualitativen Unterschied zwischen HD und UHD/4K.

Mit einer höheren Pixelzahl wird es natürlich leichter, auch die Displays zu vergrößern und dabei immer noch eine hervorragende Bildqualität zu garantieren. Die Krümmung, die heute nicht selten zu einem ultrahochauflösenden Display dazugehört, soll eine bessere Tiefenwirkung erzeugen.

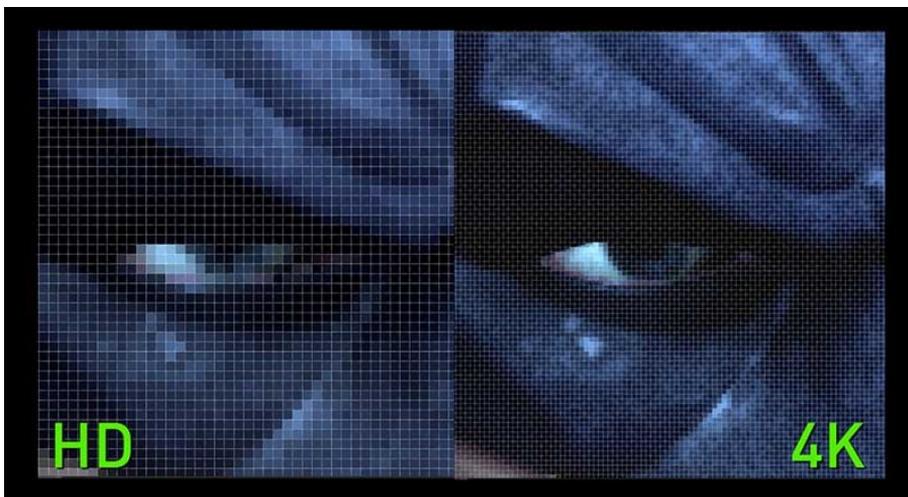


Abbildung 69: Unterschied HD und 4K (© NVIDIA Corporation)

Allerdings sollte beim Kauf eines solchen Heimkinos immer auch an die Größe des Umfeldes gedacht werden. Denn ein Fernseher mit beispielsweise 65 Zoll Bildschirmdiagonale muss auch ins Wohnzimmer passen. Dabei ist insbesondere der Betrachtungsabstand wesentlich für einen exzellenten Filmgenuss. Allerdings bietet gerade eine hohe Auflösung auch die Möglichkeit, dichter am Gerät sitzen zu können. Was ist also optimal und warum?

Betrachtungsabstand – Was ist dran?

Gibt man in eine Online-Suchmaschine den Begriff „Sitzabstand TV“ ein, findet man unzählige Artikel zum Thema. Und genauso zahlreich sind die entsprechend beschriebenen Tipps und Tricks. Das Dumme daran ist nur, dass fast jeder Ratgeber etwas anderes empfiehlt und jeder von sich behauptet, den richtigen Abstand beziehungsweise die richtige Formel für den perfekten Betrachtungsabstand gefunden zu haben. Einige Regeln sind richtig, andere jedoch weniger. Deshalb soll an dieser Stelle ein wenig Licht ins Dunkel

gebracht und detailliert beschrieben werden, was es mit dem empfohlenen Betrachtungs- oder Sitzabstand auf sich hat.

Den TV passend zur Größe des Wohnzimmers aussuchen

Ein prinzipieller Rat, der eigentlich schon immer galt, und das unabhängig von der Bildschirmtechnologie: Man wählt die Größe des TV-Gerätes passend zu den vorhandenen Raumverhältnissen. Jedenfalls in der Regel, denn umgekehrt wird es meistens schwer. Es macht also wenig Sinn, sich in ein briefmarkengroßes Wohnzimmer einen XXL-Flat zu stellen oder zu hängen, vor allem wenn zwischen Sitzmöbel und Fernseher gerade mal eine Kaffeetasse passt. Imposant ist in diesem Zusammenhang das eine. Schlechter Geschmack das andere – vom Optimum der Bildwiedergabe mal ganz zu schweigen.

Im Zeitalter von Ultra HD und HDR werden allerdings die Riesendisplays immer populärer und viele Verkäufer nutzen die sehr hohe Auflösung als Argument, dass die Einhaltung eines gewissen Sitzabstandes quasi überflüssig sei. Grundsätzlich ist hier etwas Wahres dran. Der Rest ist Marketing. Vor dem Kauf eines neuen Gerätes sollte man sich schlichtweg einen Zollstock nehmen und im Beisein aller Familienmitglieder einig darüber werden, wie groß das gute Stück denn tatsächlich werden soll. Denn mal abgesehen von allen technischen Möglichkeiten ist und bleibt so ein Fernseher reine Geschmackssache. Und die kann mitunter meilenweit auseinander liegen. Der Teenager mit seiner Spielkonsole spricht sich im Allgemeinen für die maximale Bilddiagonale aus, die Ehefrau und Mutter hingegen für ein schickes Modell, das zur Einrichtung passt, während es Papa eigentlich egal ist, Hauptsache er kann in Ruhe Fußball schauen. Ein Mittelwert ist hier meistens die beste Entscheidung.

Von der Auflösung hängt es ab

Wer die Hürde des familiären Konsens' genommen hat, für den sind die technischen Details ein Klacks. Natürlich hängt der Sitzabstand maßgeblich von der Auflösung des TV-Displays ab. Die internationale „Society of Motion Picture and Television Engineers“ empfiehlt, die Bilddiagonale mal 1,63 als Sitzabstand zu berechnen, nach dem THX-Standard bietet die Bilddiagonale mal 1,19 ein annäherndes Kinogefühl, und viele Fachleute empfehlen als Richtwert gern die Bilddiagonale mal 2,5 zu nehmen. Allerdings beziehen sich diese Werte lediglich auf Full HD. Da Ultra HD aber die vierfache Full-HD-Auflösung hat, wird oft empfohlen, die Werte hier einfach zu halbieren. Ein anderer Rat für den korrekten Sitzabstand zum UHD-TV ist, die Bildhöhe einfach mal Zwei zu nehmen. Zu diesen geläufigen Tipps kommen zahlreiche weitere, deren Aufzählung allerdings nur zu einem unnötigen Durcheinander führen würde.

Wer Pixel sieht, sitzt zu nah

Wer sich nun für eine bestimmte oder zumindest ungefähre Bildschirmgröße entschieden hat, über die Hintergründe der Auflösung Bescheid weiß, sich aber dennoch unsicher ist, der sollte seinen Favoriten im gut sortierten Fachhandel aus der Nähe betrachten. Wenn möglich, wählt man vor Ort den individuellen Abstand, der in etwa mit den räumlichen Gegebenheiten zu Hause übereinstimmt. Denn auch wenn die menschliche Wahrnehmung im Grunde bei uns allen genauso funktioniert, sieht doch jeder Mensch aufgrund der individuellen Beschaffenheit und Funktionalität seiner Augen auf ganz unterschiedliche Weise. Wenn man nun im TV-Fachmarkt vor seinem neuen Lieblings-TV steht, ist letztlich nur eines entscheidend: Wer Pixel sieht, ist zu nah dran. Jetzt kann man entweder überlegen, die Couch bis in den letzten Winkel seines Wohnzimmers zu schieben, eine Wand wegzureißen oder aber sich für eine Nummer kleiner entscheiden. Denn je größer der TV, je größer sind physikalisch gesehen auch die einzelnen Bildpunkte/Pixel. Bei jeglichen Displayarten, egal ob nun Smartphone, Tablet, PC-Monitor oder Fernseher, wird der Gesamtbildeindruck maßgeblich durch die PPI/Punktdichte bestimmt. Je höher der PPI-Wert (PPI = Pixels per Inch/Pixel pro Zoll) eines Displays, desto schärfer und feiner wirkt das Bild. So bietet beispielsweise ein 12 Zoll großes Display mit Full HD Auflösung die gleiche Bildschärfe wie ein 24 Zoll großes Display in UHD-Auflösung.

Wie lautet die Faustregel?

Zur Vielfalt der Geräte und Auflösungen gibt es naturgemäß auch nicht nur eine Faustformel. Im Full-HD-Bereich ist folgende Empfehlung sinnvoll:

Betrachtungsabstand = Bildschirmdiagonale mal 1,5.

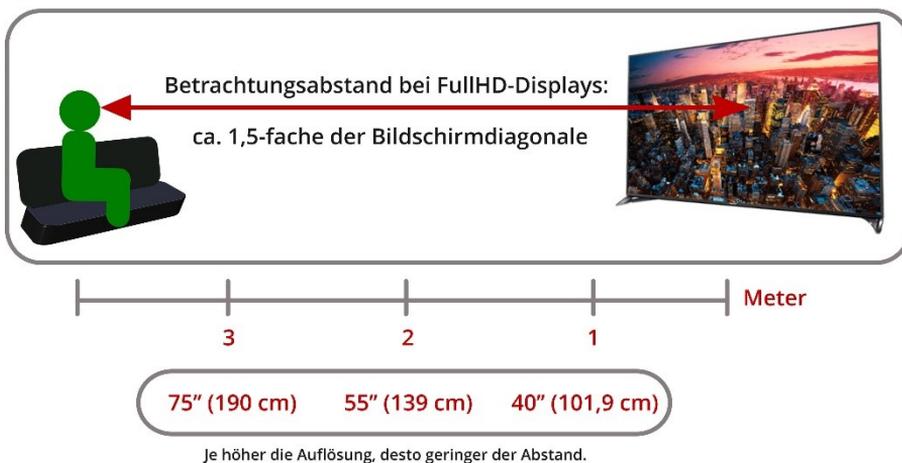


Abbildung 70: Betrachtungsabstand mit Faustformel

Bei einem Full-HD-Fernseher mit einer Bildschirmdiagonale von 65 Zoll wären das in etwa zweieinhalb Meter ($65 \text{ Zoll}/165 \text{ cm} \times 1,5 = 247,5$). In der Analogtechnik (SD) lag der Faktor der oben genannten Faustformel bei 2 bis 3. Diese Werte können gefahrlos aus dem kollektiven Gedächtnis gestrichen werden, es sei denn, man verfügt über einen Flachbildschirm aus dem letzten Jahrtausend. Auch ist der theoretisch beste Sitzabstand von rund einem Meter zu einem UHD-Display mit einer Bildschirmdiagonale von 55 Zoll (139 Zentimeter) auch ziemlich theoretisch.

Mittelwert und persönlicher Eindruck

Aller grauen Theorie zum Trotz lautet deshalb der BUROSCH-Praxistipp: Wählen Sie den Sitzabstand einfach so, wie er Ihnen am besten zusagt und wie es Ihre Räumlichkeiten zulassen. Messen Sie im Vorfeld genau aus, testen Sie vor dem Kauf, lassen Sie sich nichts aufschwätzen und entscheiden Sie gemeinsam.

Farbräume und photometrische Größen

Im Prinzip gibt es unendlich viele Farbräume, die durch die Koordinaten der Primärfarben (Rot, Grün, Blau), den Weißpunkt (Maximalhelligkeit) und den Helligkeitsverlauf (Gradation/Gamma) bestimmt werden. Die meisten unter uns haben sicherlich schon einmal die Begriffe Adobe-RGB, sRGB, Rec.709 oder aber Rec.2020 gehört. Letzterer kommt derzeit in vielfältiger Weise im Marketing für die aktuellen TV-Modelle zum Einsatz oder wird bereits (wenn auch etwas voreilig) in den entsprechenden Menü-Funktionen angeboten. All diese Bezeichnungen beschreiben typische Farbräume aus den Bereichen Foto, Film und Fernsehen.

Die sechs Symbole in der folgenden Abbildung beschreiben die Wellenlängenbereiche von Radioaktivität, Röntgenstrahlen, Ultraviolett, sichtbares Lichtspektrum des Menschen, Infrarot und Radiowellen (von links nach rechts). Die Begriffe Lichtspektrum und Farbspektrum beschreiben im Grunde dasselbe. Das Lichtspektrum reicht von Ultraviolett bis Infrarot. Die Wellenlängen dieser Spektralfarben werden in Nanometer (nm) gemessen. Vom kompletten Lichtspektrum kann das menschliche Auge nur einen kleinen Bereich wahrnehmen, dieser Frequenzbereich beträgt etwa 380 nm (Violett) bis 780 nm (Rot). Näheres hierzu findet sich im Kapitel „Farbwahrnehmung“ in diesem Buch.

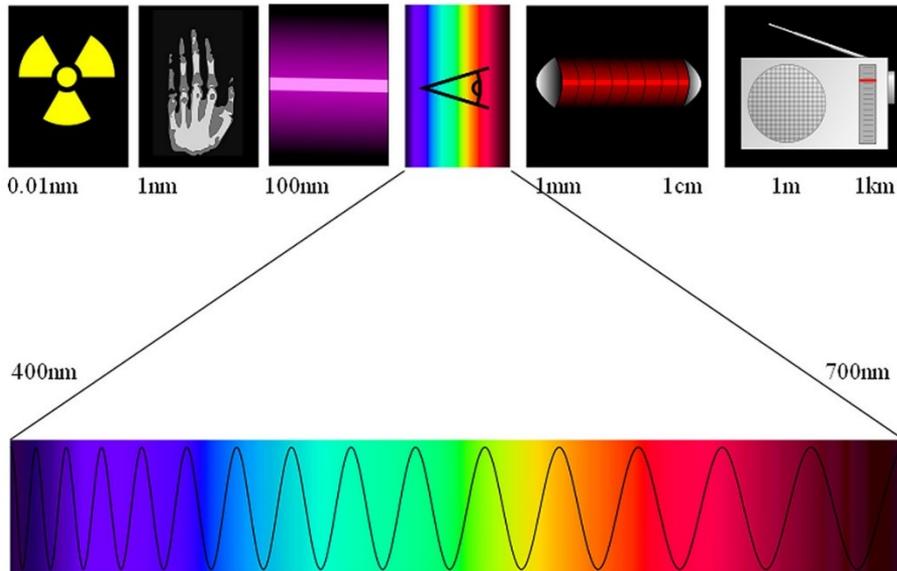


Abbildung 71: Wellenlängenbereich der menschlichen (visuellen) Wahrnehmung

Die Film- und Fernsehindustrie hat schon relativ früh erkannt, dass es sinnvoll ist, nur Farben in einem Film darzustellen, die der Mensch auch sehen kann. Auf diese Weise kann bei TV-Übertragungen sowohl Potenzial in Bezug auf die Bandbreite als auch Speicherplatz beim Trägermaterial (z.B. Blu-ray) eingespart werden. Wie bereits erwähnt, ist die Darstellung von Farben keine Geschmacksache. Aus diesem Grund wurden verbindliche Standards für die Industrie eingeführt. Das Ziel ist es, dass die verschiedenen Produktionsprozesse dieselben Farbmischungen verwenden, die als Standard definiert sind. An diese Standards halten sich alle am Film beteiligten Personen und Unternehmen - vom Kameramann über Postproduktion, Kopierwerk bis hin zum Kino und der TV-Sendeanstalt. Am Ende dieser Kette steht der Verbraucher (Zuschauer), der den Film dann bestenfalls so genießen soll, wie es sich Produzent und Regisseur vorgestellt haben.

Helligkeits-Farbigkeits-Farbmodelle

Was für den einen Betrachter ein sattgrüner Rasen ist, bedeutet für einen anderen Menschen knalliges „Giftgrün“ oder vielleicht sogar nur die Farbe, die er als solche definiert. Die menschliche Wahrnehmung kennt nur Zirka-Werte, individuelle Empfindungen, vage Schätzungen. Erst durch die Technik wird aus einem subjektiven Farbeindruck eine messbare Größe, die für eine einheitliche Darstellung steht.

So wird der Farbeindruck eines Videobildes durch die Chrominanz bestimmt. Alte Schwarz/Weiß-Monitore wurden früher auch als monochrom (einfarbig) bezeichnet. Im Umkehrschluss bedeutet Chrominanz nichts anderes als Farbheit. Dabei handelt es sich um konkrete Werte für die Farbsättigung und den Farbton. Neben dem Signal mit Informationen über die Farbart (Chrominanz-Signal) wird parallel das Signal für die Helligkeit (Luminanz-Signal) übertragen.

Wie bei der menschlichen Wahrnehmung wird auch in allen Fernseh- und Videosystemen die Farbinformation über das Chrominanz-Signal mit reduzierter Bandbreite gegenüber der Luminanz übertragen, da wir eben Helligkeit besser wahrnehmen als Farbe. Erst beide Signale gemeinsam liefern umfassende Informationen über das Farbbild im sogenannten Helligkeits-Farbigkeits-Modell. Allerdings würde ein einziges Farbsignal allenfalls für Hunde oder ähnliche Säugetiere ausreichen, währenddessen Insekten in der Regel die Farbe auch in anderen Frequenzen wahrnehmen. Hier müssten weitere Chrominanz-Signale hinzukommen. Der Farbraum der menschlichen Wahrnehmung entspricht vielmehr einer Fläche. Deshalb muss die Übertragung einer vollständigen Farbinformation mit mindestens zwei voneinander unabhängigen Chrominanz-Signalen erfolgen (YUV-Farbmodell).

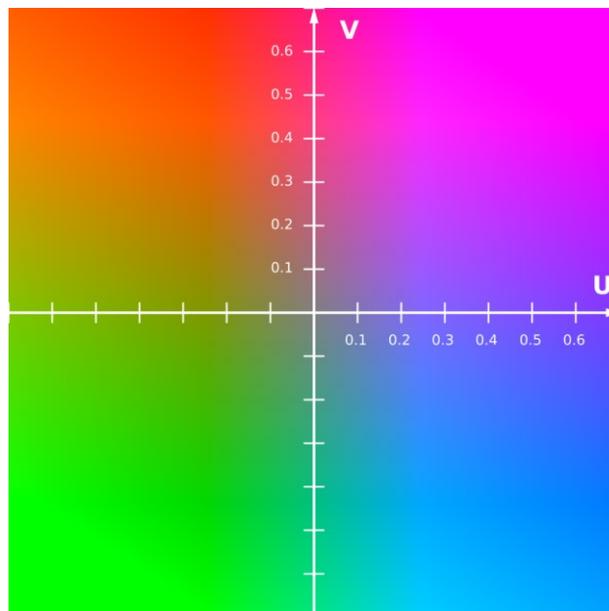


Abbildung 72: Chrominanz-Signal/YUV-Farbmodell (Wikimedia Commons)

Beim analogen als auch beim digitalen Farbfernsehen, bei der Videoübertragung oder in der Farbfotografie – überall finden diese Chrominanz-Signale ihre Anwendung. Dabei steht „Y“ immer für das Helligkeits-Signal

gemäß des CIE-Normvalenzsystems, welches der Hellempfindlichkeit des Auges entspricht, die im grünen Spektralbereich am größten ist (V-Lambda-Kurve¹⁷). CbCr steht für die beiden Chrominanz-Signale: Cb (Blue-Yellow) und Cr (Red-Green).

Allerdings ergeben sich – je nach Anwendung – unterschiedliche Bezeichnungen. So gab es bis in die 1970er Jahre beispielsweise das analoge YIQ-Farbmodell, das dem YUV-Farbmodell sehr ähnlich ist: I (Cyan-Orange) und Q (Magenta-Grün). Die Farbebene ist hier um 33° im Uhrzeigersinn gedreht. Das YIQ-Farbmodell wurde seinerzeit ausschließlich für das analoge NTSC-Fernsehen im US-amerikanischen Raum entwickelt, findet allerdings heute keine Verwendung mehr, da sich auch hier für das YUV-Farbmodell entschieden wurde. Ähnlich verhält es sich mit dem YDbDr-Farbmodell. Zu den wichtigsten zählen deshalb das digitale YCbCr, sein analoges Gegenstück sowie das YPbPr-Farbmodell, welches für die analoge Übertragung von Videosignalen aus digitalen YCbCr-farbkodierten Quellen verwendet wird. Die folgende Abbildung zeigt alle Helligkeits-Farbigkeits-Farbmodelle auf einen Blick.

| Farbmodell | Anwendung | Normen, Standards, Geräte |
|------------|-----------|--|
| YUV | analog | PAL/NTSC Composite Video, S-Video |
| YCbCr | digital | PAL/NTSC und CCIR-601-Standard JPEG, MPEG/DVB, DVD, CD |
| YPbPr | analog | per Component-Video-Anschluss DVD/DVB Videorekorder, Spielkonsolen, Flachbildschirme |
| YDbDr | analog | ausschließlich für SECAM |
| YIQ | analog | ausschließlich für NTSC (bis 1970er Jahre) |

Abbildung 73: Helligkeits-Farbigkeits-Farbmodelle

Photometrische Größen und Einheiten

Absolute Helligkeit, Beleuchtungsstärke, Brillanz der Strahlung, Lichtmenge, Lichtstrom, spezifische Ausstrahlung, Weißgrad ... all das sind Begriffe im Zusammenhang mit dem Licht. Wie für die Farbwahrnehmung mussten auch für die Helligkeitswahrnehmung einheitliche Größen und Einheiten gefunden werden, deren Basis von jeher die Lichtstärke war.

¹⁷ Die Hellempfindlichkeitskurve/Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$

Die internationale Beleuchtungskommission (CIE) legte vor der physiologisch erstellten Farbkennzeichnung (Normvalenzsystem/CIE 1931) auch einheitliche Werte zur Lichtmessung fest (1924). Dazu wurde in einem ähnlichen Beobachter-Verfahren der sogenannte Hellempfindlichkeitsgrad $V(\lambda)$ definiert, der den objektiven Vergleich einer Lichtquelle – unabhängig vom subjektiven Sinneseindruck und den sich verändernden Umfeldbedingungen – ermöglicht. Allerdings erfolgte erst im Jahre 1972 die Empfehlung zur Anwendung durch das Internationalen Komitee für Maß und Gewicht (CIPM).

Fast ebenso lange dauerte die Bestätigung des spektralen Hellempfindlichkeitsgrades $V'(\lambda)$ für das skotopische Sehen mit dunkeladaptiertem Auge, das allgemein hin als Nachtsehen bekannt ist. Während die CIE die Normwerte bereits Anfang der 1950er Jahre veröffentlichte, wurden sie erst im Jahre 1976 von der CIPM bestätigt.

Auf der 9. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (CGPM) wurde im Jahre 1948 die Lichtstärke einheitlich definiert und die genormte Bezeichnung Candela (lat.: Kerze) beschlossen. Dieser Name war bereits seit Mitte des 18. Jahrhunderts geläufig, ging er doch auf Versuche zurück, die mit Kerzen durchgeführt wurden, der bis dato einzigen relativ konstanten künstlichen Lichtquelle. Daraus begründen sich die heutigen photometrischen Größen und Einheiten zur Messung von Lichtintensitäten beziehungsweise der Helligkeit:

| Größe | SI-Einheit | Definition |
|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Lichtstrom Φ_v | Lumen (lm) | Strahlungsleistung einer Lichtquelle |
| Lichtmenge Q_v | Lumensekunde (lms) | Strahlungsenergie einer Lichtquelle |
| Lichtstärke I_v | Candela (cd) | Lichtstrom pro Raumwinkel |
| Leuchtdichte L_v | Candela pro Quadratmeter (cd/m ²) | Lichtstärke einer Lichtquelle |
| Beleuchtungsstärke E_v | Lux (lx) | Lichtstrom pro beleuchtete Fläche |
| spezifische Lichtausstrahlung M_v | Lux (lx) | emittierter Lichtstrom |

Der an jedes Symbol angehängte Index v bedeutet: visuell = sichtbares Licht im Spektrum 380 bis 780 nm

Abbildung 74: Photometrische Größen und Einheiten

Farbtemperatur

Die umgangssprachlich synonym verwendeten Begrifflichkeiten in Bezug auf kalte und warme Farbtöne haben nichts mit dem Maß zur quantitativen Bestimmung des jeweiligen Farbeindrucks einer Lichtquelle zu tun. Auch die Parallelen zum Wasserhahn, bei dem die Farbe Blau für kalt und Rot für warm steht, sind hier fehl am Platz. Die physikalisch definierte Eigenschaft der Oberfläche einer Lichtquelle bestimmt ausnahmslos die in diesem Kontext gemeinte Farbtemperatur. Dabei wird grundsätzlich zwischen künstlichen Lichtquellen und dem Tageslicht unterschieden (vgl. dazu Kapitel „Farbwahrnehmung“).

Vereinfacht ausgedrückt, entsteht Farbe, da alle angestrahlten Körper in der Regel nur eine bestimmte Menge der elektromagnetischen Wellen absorbieren.

Um die Farbtemperatur konkret definieren zu können, wurde der sogenannte „schwarze Körper“¹⁸ oder auch „plancksche Strahler“ als Idealbeziehungsweise Referenzstrahlungsquelle entwickelt. Er ist (theoretisch) in der Lage, elektromagnetische Strahlen aller entsprechenden Wellenlängen zu absorbieren und vollständig zurückzusenden. In der praktischen Forschung im Zusammenhang mit den idealen Eigenschaften eines schwarzen Strahlers wurde beispielsweise eine berußte Oberfläche gewählt, die über einen Absorptionsgrad von ungefähr 0,96 im sichtbaren Spektralbereich verfügt. Auch die Öffnung eines Hohlraumstrahlers oder eines langen Sacklochs wurden verwendet.

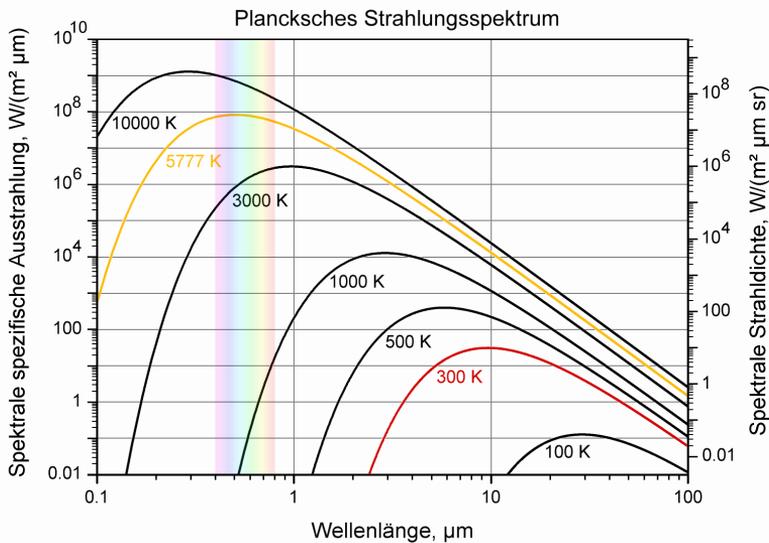


Abbildung 75: Planck'sches Strahlungsspektrum (Wikimedia Commons)

¹⁸ Den Begriff prägte Ende des 19. Jahrhunderts Gustav Kirchhoff (deutscher Physiker)

Doch der „schwarze Körper“ bleibt ein Ideal und dient lediglich als Basis für theoretische Überlegungen (insbesondere im Bereich der Quantenphysik). Es ist bis heute nicht gelungen, einen Körper herzustellen, dessen Material elektromagnetische Wellen vollständig und frequenzunabhängig absorbieren kann.

Die Farbtemperatur wird grundsätzlich in Kelvin (K) angegeben. Dabei handelt es sich um die SI-Basiseinheit der thermodynamischen Temperatur, das heißt, mit ihr werden Temperaturdifferenzen angegeben. Neben Grad Celsius gehört Kelvin zu den gängigsten Temperatureinheiten (0 °C entsprechen 273,15 K).

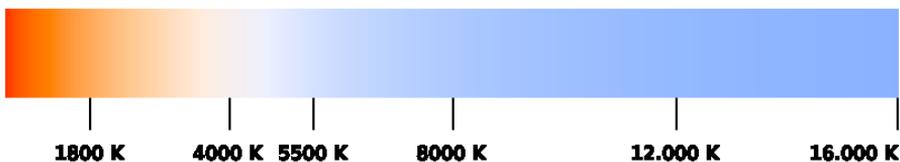


Abbildung 76: Farbtemperatur nach dem planckschen Strahlungsgesetz (Wikimedia Commons)

Das sogenannte „weiße“ Licht ist die Summe aller Wellenlängen des sichtbaren Lichtes im Frequenzbereich zwischen ca. 400 und 700 Nanometer. Je kürzer die Wellenlänge, desto höher wird die Farbtemperatur und mit ihr der Blauanteil (Abbildung 70). Der Rotanteil besteht im Gegensatz aus den längeren Wellenlängen (600 bis 700 nm). So ist also die Farbtemperatur (Kelvin) vor allem von der Wellenlänge des Lichtes beziehungsweise der Beleuchtungsquelle abhängig. Aber auch das unterschiedliche Absorptionsverhalten der einzelnen Materialien kann die Farbtemperatur beeinflussen.

In der Film- und Fernsehtechnik sollten die dargestellten Farben bestenfalls dem natürlichen Farbeindruck entsprechen. Der grüne Rasen eines Fußballfeldes sollte demnach auch tatsächlich grün und nicht braun sein, die Hautfarbe der Nachrichtensprecherin nicht an Sonnenbrand oder Blutarmut erinnern. In der folgenden Abbildung ist drei Mal dasselbe Motiv mit unterschiedlichen Farbtemperaturen dargestellt.



Abbildung 77: Vergleich der Farbtemperatur/Farbbalance

Was hier etwas übertrieben wurde, beschreibt im Grunde die Basis sowohl bei der Aufnahme als auch bei der Wiedergabe von Bild- und Videomaterial in Bezug auf die Farbtemperatur. So werden bei der Bildaufnahme sogenannte Konversionsfilter vor das Kameraobjektiv gesetzt, um die Farbtemperaturen zu verändern. Denn nicht immer steht das neutrale Sonnenlicht zur Verfügung. Halogenstrahler beispielsweise geben ein gelbliches Licht ab. Um diesen Gelbstich wieder auszugleichen, müssen die Blauanteile verstärkt werden. Im Umkehrschluss kann ein blautichiges Bild mit gelb-orangen Tönen kompensiert werden.

So, wie also Farben künstlich erzeugt werden können, kann auch das Licht beziehungsweise die von ihm bestrahlten Objekte in der Farbtemperatur verändert werden. Eine Anpassung der unterschiedlichen Farbgemische bezogen auf die unterschiedlichen Lichtverhältnisse kann mit dem sogenannten Unbunt- oder Weißabgleich durchgeführt werden. Dabei werden technische Geräte zur Bildwandlung so justiert, dass sich unabhängig von der Art und Weise der Bestrahlung bei einer weißen Bildvorlage tatsächlich die gleichen elektronischen Signale ergeben.

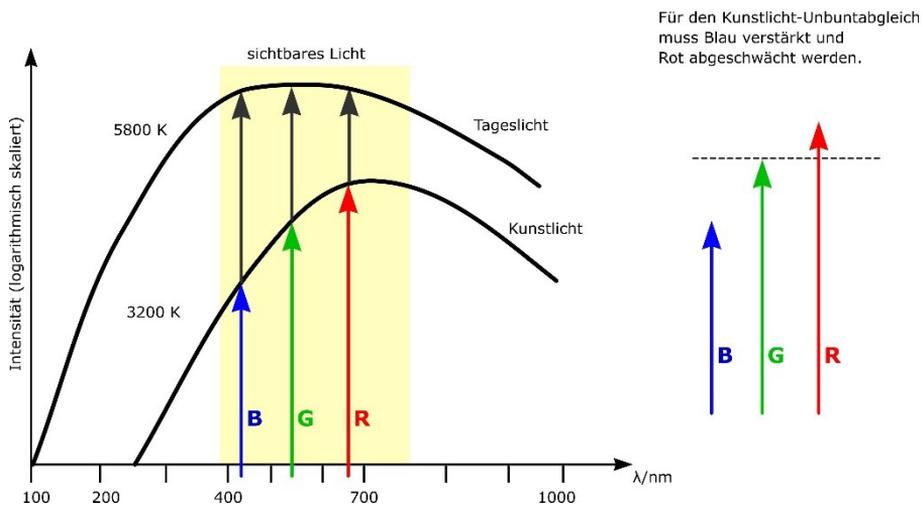


Abbildung 78: Unbuntabgleich bei Kunstlicht

Normvalenzsysteme (CIE 1931/1964)

Seit Anfang des 20. Jahrhundert befasst sich nun also die Internationale Beleuchtungskommission (Commission internationale de l'éclairage: CIE) im Wesentlichen mit der Entwicklung des XYZ-Farbraummodells, welches sich weitgehend auf dem technischen Know-how der 1920er Jahre von W. David Wright und John Guild stützt. Dennoch wird es bis heute als Messfarbraum

genutzt. XYZ sind Variablen, die grundsätzlich für Rot (X), Grün (Y) und Z (Blauvalenz) stehen, deren Wellenlängen etwa Rot: 630 – 780 nm, Grün: 480 – 560 nm, Blau: 420 – 480 nm umfassen (sogar Violett ist hier darstellbar mit etwa 380 – 420 nm). Die sogenannte Farbvalenz (z.B. Blauvalenz) beschreibt die Fähigkeit, Licht in Abhängigkeit von der Wellenlänge unterschiedlich wahrzunehmen. Dadurch können verschiedene spektrale Mischungen zum gleichen Farbeindruck (Farbreiz) führen. Aus diesem Grund kann die Zusammensetzung des Farbspektrums nicht allein aus der wahrgenommenen Farbe erschlossen werden. Denn wie bereits erwähnt, ist die menschliche Farbwahrnehmung rein subjektiver Natur. Entsprechend mussten mit der Entwicklung von Farbtechnologien bestimmte Farben als Referenzwerte festgelegt werden.

Bereits im Jahre 1931 wurde eine Normfarbtafel entwickelt und von der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE) in einem Farbbeschreibungssystem definiert: dem CIE 1931. Auch heute noch stellt das CIE 1931 eine international vereinbarte Methode der Farbkennzeichnung dar, um die menschliche Farbwahrnehmung und die physiologisch farbige Wirkung einer wahrgenommenen Strahlung (Farbvalenz) in Relation zu setzen. Sie basiert auf der additiven Farbmischung. Deshalb wird dieses wahrnehmungsbezogene System auch als CIE-Normvalenzsystem bezeichnet, das die Gesamtheit aller wahrnehmbaren Farben umfasst. Im Zusammenhang mit den Farbraumkoordinaten sind auch die Bezeichnungen Yxy-Farbraum oder CIE-Yxy oder aber Tristimulus-Farbraum (im englischsprachigen Bereich) gebräuchlich.

Doch wenn Farbe lediglich eine subjektive Wahrnehmung ist, wie wurde daraus eine allgemeingültige Norm? Um eine Vereinheitlichung der Farben zu bewirken, wurden bereits in den 1920er Jahren mehrere Beobachter für die Studien hinzugezogen. Dabei wurde den Beobachtern eine vorgegebene Farbfläche mit einem Sichtfeld von 2 Grad mittig zur Hauptblickrichtung relativ dicht vor die Augen gehalten. Abgeleitet wurde diese Methode aus der Erkenntnis, dass diese Zone in etwa der höchsten Dichte der farbempfindlichen Rezeptoren im Bereich der Netzhaut entspricht. Allerdings nimmt erst ab einem Winkel von 10 Grad die Zapfendichte im Areal der besten Farbsichtigkeit im Auge ab. Deshalb wurde im Jahre 1964 auf Grundlage des erweiterten Sichtfeldes (10 Grad) das CIE(1964)-Farbsystem entwickelt, wobei die Farbfläche nicht mehr der Größe einer 1-Euro-Münze hatte, sondern der eines A4-Blattes in normalem Betrachtungsabstand von etwa 30 Zentimetern entsprach.

Diese Farbfläche bestand in beiden Versuchsreihen aus einem geteilten Schirm, auf dessen A-Seite eine bestimmte Farbe und auf dessen B-Seite drei Strahler in den Primärfarben Rot, Grün und Blau projiziert wurden, die als Maß der auf der A-Seite vorgegebenen Lichtfarbe benutzt wurden. Dabei war zwar die Helligkeit variabel, aber nicht die definierte Farbe, deren Wellenlänge mithilfe von Farbfiltern festgelegt wurde. Die Beobachter sollten ihrem subjektiven Farbempfinden nach die verschiedenen Farben, die durch Veränderungen der Helligkeitswerte der drei Lichtquellen (B-Seite) entstanden, dem jeweils vorgegebenen Farbeindruck zuordnen.

In der Entwicklungsphase zum Ende der 1920er Jahre verwendeten W. David Wright und John Guild für die Erzeugung der Spektrallinien Quecksilberdampflampen und Interferenzfilter und legten mit deren Hilfe die Farbwerte 546,1 nm (grün) und 435,8 nm (blau) fest. Da sich bei der Farbe Rot (700 nm) kleine Abweichungen der Wellenlänge im Ergebnis weit weniger bemerkbar machen, konnte auf Glühlampen mit einem Farbfilter zurückgegriffen werden. Wobei es in diesem Zusammenhang zu einem anderen Problem kam: Im Bereich der Grün-Blau-Einstellungen konnten von den Beobachtern einige Testfarben nicht vollends übereinstimmend festgelegt werden. Deshalb musste auf der einen Seite rotes Licht zugeführt und auf der anderen Seite weggenommen werden, was im Protokoll als negativer Rot-Wert festgehalten wurde.

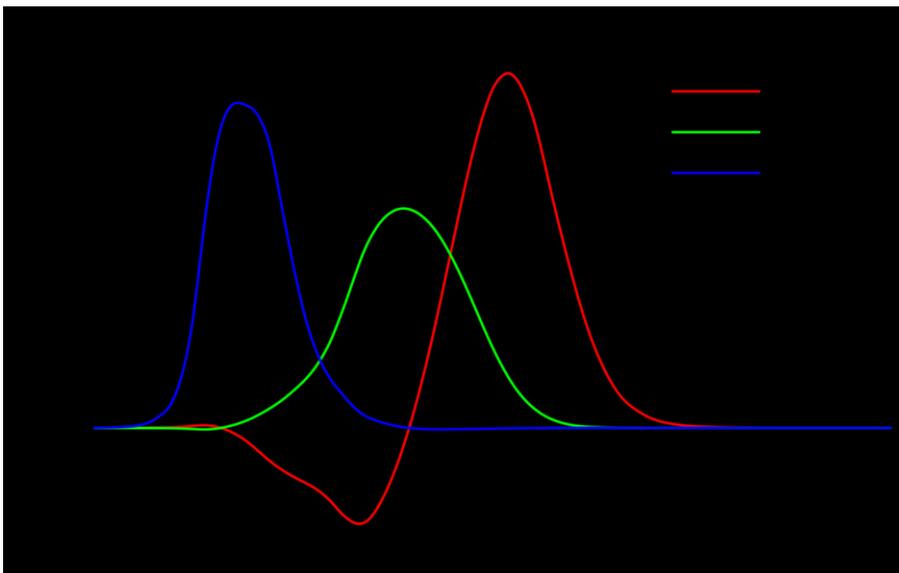


Abbildung 79: negativer Rot-Wert

Grundsätzlich ist allerdings kein Farbdisplay oder Projektor in der Lage, rote Farbe mit negativer Intensität zu erzeugen. Deshalb können Farben im Grün-Blau-Bereich bisweilen nur ungesättigt (zu blass) dargestellt werden (Abbildung 67). Mithilfe der Dreifarben-theorie gelang somit die numerische Erfassung der vom Menschen wahrnehmbaren Farbreize. Auch wenn die Hufeisenform des CIE-Farbsegels vom Grunde her der nichtlinearen physiologischen Verarbeitung im menschlichen Auge entspricht, können mit den drei Primärfarben nur die Farbreize technisch wiedergegeben werden, die nach dem Gamut-Prinzip innerhalb des abgebildeten Dreiecks (Abbildung 81) liegen, wobei sich dieser Gamut im Laufe der Zeit vergrößerte und damit heute weitaus größere und vielfältigere Farbräume zulässt.

Farbräume und Farbmodelle

Das CIE-Normvalenzsystem stellt hingegen nur die Basis dar. In der Zwischenzeit haben sich diverse Farbräume entwickelt, die allesamt ein ganz unterschiedliches Ausmaß beinhalten. Auf dem Diagramm der folgenden Abbildung ist sehr gut zu erkennen, dass nur die drei Farbräume CIE-XYZ, CIE-RGB und Wide Gamut RGB das Farbspektrum in Richtung Violett und Rot nahezu vollständig ausschöpfen. Die Farbräume Adobe RGB, PAL/SECAM und sRGB können Farben hingegen unterhalb von 460 nm und oberhalb von 610 nm nicht mehr darstellen.

Aber was ist ein Farbraum nun eigentlich – bezogen auf technische Details und die Neuzeit? Ein Farbraum baut in der Regel auf drei Primärfarben auf. Meistens stellen diese die Eckpunkte des gewünschten Farbraums dar. Dafür werden sie an exakt festgelegten Orten positioniert, die sich innerhalb des sichtbaren Lichtspektrums befinden. Die Primärfarben sind die Ausgangsfarben (Grundfarben) eines Farbmischprozesses. Für die additive Mischung sind diese Farben Rot, Grün und Blau. Aus diesen drei Farben (RGB) lassen sich in nahezu alle beliebigen Farben mischen. Werden Rot, Grün und Blau in gleicher Helligkeit (plus maximale Sättigung) gemischt, entsteht beispielsweise 100 Prozent Weiß.

Als Sekundärfarben werden Mischungen aus zwei Primärfarben bezeichnet. So ergeben Rot + Grün = Gelb. Cyan entsteht aus Blau + Grün. Magenta entsteht aus Rot + Blau. Die Wertebereiche für Farbeindrücke von Rot, Grün und Blau sowie den Unbuntfarben (Graustufen) können unterschiedlich festgelegt werden. Üblicherweise liegen diese Werte zwischen 0 und 100 Prozent. Da die Helligkeitswahrnehmung des Menschen nicht linear ist, verläuft auch die Gammafunktion nicht linear, sondern in Form einer ansteigenden Kurve. Auf diese Weise wirkt der Helligkeitsverlauf von Schwarz zu Weiß (z.B. der Graustufenverlauf bei Grautreppe) subjektiv gleichmäßig. Die Gammakurve

beschreibt den Helligkeitsanstieg zwischen 0 Prozent (Schwarz) und 100 Prozent (Weiß). Als Berechnungsgrundlage dient 100 Prozent Weiß (100 IRE). Das Weiß liegt an einem exakt definierten Ort innerhalb des Farbraums. Die Koordinaten sind $x = 0,3127$ und $y = 0,3291$ (siehe obiges Diagramm). Dieser Farbtort wird auch als Weißpunkt oder D65 bezeichnet.

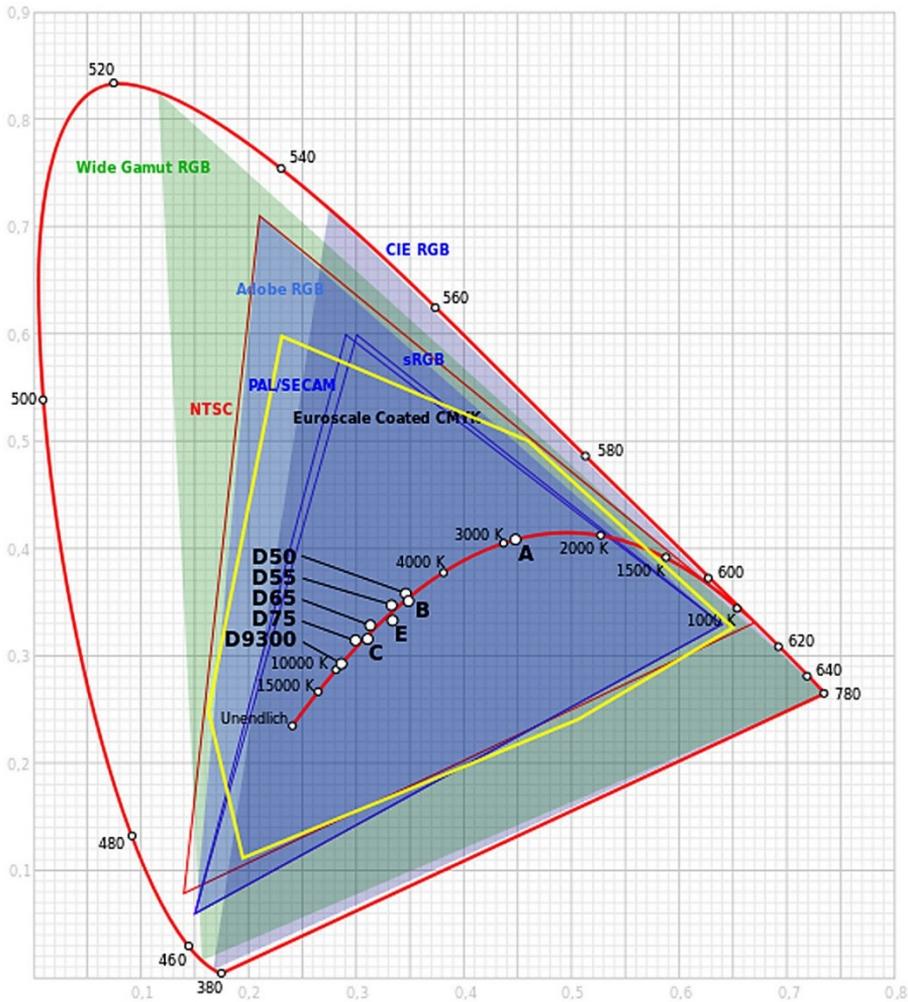


Abbildung 80: Farbraumdiagramme im Vergleich

Je nach Farbtort kann eine Primärfarbe eine andere Tonalität besitzen. Wird beispielsweise Grün in Richtung Rot verschoben, kann das Grün deutlich gelber erscheinen, weil rote Spektralanteile ins grüne Farbspektrum gemischt werden. Dadurch ändert sich jede andere Mischfarbe, in die grüne Spektralanteile gemischt sind. Wird die Maximalhelligkeit oder die Sättigung von Grün verändert, hat dies ebenfalls Auswirkungen auf alle grünen Farbmischprozesse. Da unterschiedliche Farbräume (z.B. Adobe RGB und sRGB) unterschiedliche

Koordinaten für die Primärfarben ausweisen, werden Farben vom selben Quellmaterial in den jeweiligen Farbräumen unterschiedlich aussehen. Pauschal kann festgehalten werden, je größer ein Farbraum ist, desto kräftiger/gesättigter/bunter können Farben erscheinen.

Wenn Quellmaterial aus einem kleineren Farbraum in einem größeren Farbraum abgebildet wird, stellt das im Allgemeinen kein Problem dar, weil der größere Farbraum die vorhandenen Spektralanteile vollumfänglich darstellen kann. Umgekehrt treten naturgemäß erhebliche Probleme auf, wenn also Quellmaterial aus einem großen Farbraum in einen kleineren Farbraum konvertiert wird. Der kleinere Farbraum hat im Vergleich ein kleineres Farbspektrum. Farben, die außerhalb des Farbraums liegen, können nicht dargestellt werden. Die Folgen sind oftmals deutlich sichtbare „Falschfarben“, blasse Hauttöne und unnatürlich wirkende Landschaftsaufnahmen.

Eine Frage steht dabei natürlich im Raum: Warum gibt es heute überhaupt so viele unterschiedliche Farbräume? Die Antwort ist fast genauso umfassend wie die Fragestellung. Grundsätzlich lassen sich jedoch drei wesentliche Gründe finden:

- verschiedene technische Bereiche (z.B. Computer, Film, Druck)
- die technischen Bedingungen haben sich verändert und vervielfältigt
- politische und wirtschaftliche Interessen von Unternehmen und Verbänden

Verwirrungen stiftet übrigens oft die synonyme Verwendung von Farbmodellen und Farbräumen. So wird beispielsweise das CMYK-Farbmodell im Adobe-RGB-Farbraum vornehmlich für den Offset-, Sieb- und Digitaldruck verwendet, genauso wie dessen Weiterentwicklung: der Adobe-Wide-Gamut-Farbraum, dessen Farben mithilfe des CMYK-7-Farbendrucks darstellbar sind. Das YUV-Farbmodell kennen wir aus dem Analogzeitalter des Fernsehens. Und das RGB-Farbmodell findet sich beispielsweise im sRGB-Farbraum, der im Übrigen eine Erfindung von Hewlett-Packard und Microsoft aus dem Jahre 1996 ist. Dieser wird, wird jedoch heute auch im TV-Bereich verwendet. PAL, SECAM und NTSC stehen naturgemäß für die TV-Übertragung, der Farbraum gemäß Rec.601 ist der mittlerweile veraltete Standard zur Codierung von Fernsehsignalen und DVD, Rec.709 ist die aktuelle Videonorm, Rec.2020 hingegen noch reine Theorie.

Wide Color Gamut/WCG ist wiederum keine eigentliche Farbraum-Spezifikation, sondern bezieht sich auf die Erweiterung der Hintergrundbeleuchtung in LED-Displays und die bessere Anpassung von Farbfiltern. WCG-Panels realisieren einen größeren Farbraum als Adobe-RGB, bleiben bei Grüntönen jedoch

meistens zwischen sRGB und Adobe-RGB. Die folgende Auflistung soll einen kleinen Überblick über die unterschiedlichen Farbräume verschaffen:

- CIE-XYZ: Farbraummodell (Chromatizitäts-Diagramm)
- CIE-RGB: (auf Basis des XYZ-Modells)
- NTSC: (vgl. Kapitel Fernsehnormen)
- PAL: (vgl. Kapitel Fernsehnormen)
- SECAM: (vgl. Kapitel Fernsehnormen)
- sRGB: (Computer/Monitor seit 1996, zunehmend auch im HDTV genutzt)
- Adobe-RGB (seit 1998 Standard in der Foto und Druck)
- Adobe-Wide-Gamut (Weiterentwicklung des Adobe-RGB)
- DCI (aktuelle Kino-Spezifikation im Digitalbereich)
- Rec. 601 (alter Standard für PAL-TV, DVD, Video)
- Rec. 709 (aktueller HDTV-Standard)
- Rec. 2020 (zukünftiger UltraHD-Standard)

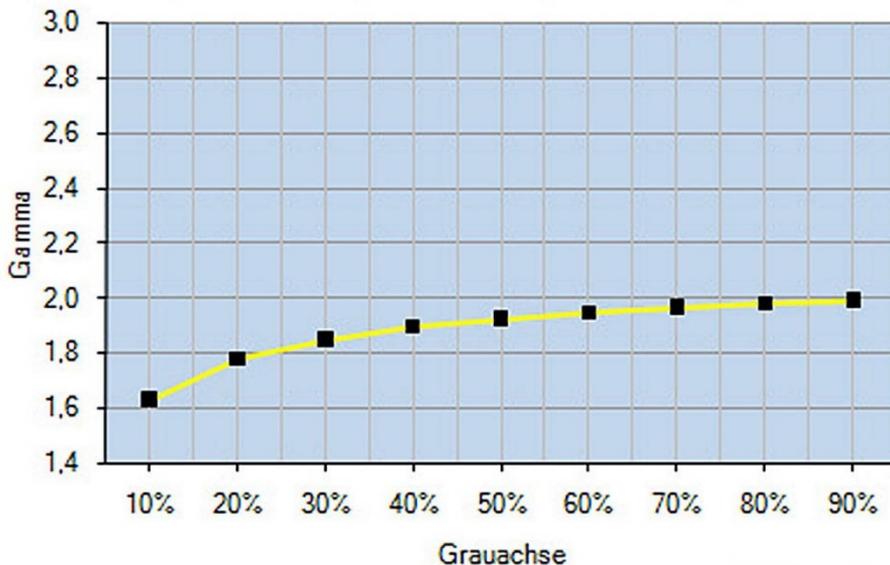
ITU-R-Empfehlung BT.709 (Rec.709)

Seit Einführung von HDTV (High Definition Television) liegt weltweit erstmals ein einheitlicher Farbstandard vor. Dieser wird mit ITU-R BT.709 für die Digitalisierung von Komponentenvideo beschrieben und nennt sich kurz BT.709 (oder Rec.709). Während BT.601 für Standard Definition Television (SDTV) und DVD spezifiziert wurde, handelt es sich bei BT.709 um den digitalen Videostandard für hochauflösendes Fernsehen HDTV sowie entsprechende DVDs und natürlich Blu-Ray-Discs. Nachdem im Jahre 1990 vorerst für HDTV mit 1.250 Zeilen spezifiziert wurde, wurde zehn Jahre später von der BTU eine Weiterentwicklung standardisiert (BT.709-4 hinzu), die HDTV mit 1.080 Zeilen (Full HD) unterstützt, die bis heute gültig ist.

Seit dem Jahre 2000 wurde mit BT.709 für das Luminanzsignal eine Abtastrate von 74,25 MHz festgeschrieben, für das Chrominanzsignal 37,125 MHz, die Quantisierung beträgt 10 Bit und das Farb-Subsampling beträgt 4:2:2. Da es sich um einen weltweiten Standard handelt, liegen die Bildwiederholfrequenzen entsprechend bei 24 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 50 Hz und 60 Hz, für die Wiedergabe wurde sowohl das Zeilensprungverfahren (Interlaced/1.080i) als auch das Vollbildverfahren (Progressive Scan/1.080p) festgelegt. Die Übertragung erfolgt durch das digitalisierte HDTV-Komponentensignal als HD-SDI-Signal (High Definition Serial Digital Interface).

Darüber hinaus wurde in der aktuellen BT.709 auch der Farbraum definiert, welcher innerhalb des CIE-Farbraums liegt und mit festgelegten Farbkoordinaten für Rot, Grün und Blau spezifiziert ist. Jedoch hat dieser Standard seine Lücken. In aller Regel sind Farbräume exakt spezifiziert (vgl. Kapitel „Farbräume und Farbmodelle“). Leider trifft das auf Rec.709 nicht vollumfänglich zu. Während die Koordinaten für die Farborte exakt beschrieben sind, wird ein verbindlicher Gammaverlauf nur für die Filmaufnahme genannt – nicht aber für die Wiedergabe. Allgemein hat sich bei TV-Herstellern, Testmagazinen, Heimkinofreunden und Händlern ein linearer Gammaverlauf von 2,2 als „Standard“ durchgesetzt. Displays werden zwischen 10 und 90 IRE exakt auf ein Gamma 2,2 kalibriert (vgl. Kapitel „Gamma-Korrektur“ in diesem Buch).

Beim Mastering von Filmen ergibt sich nun ein Problem. Der spezifizierte Gammaverlauf von Rec.709 für die Aufnahme weicht massiv von einem realen Gamma 2,2 ab. Sollte beim Mastering einer Blu-ray-Disc das „korrespondierende Gamma“ Rec.709 genutzt werden, führt dies bei der Wiedergabe zu massiv absaufenden Details in dunklen Filmszenen, wenn das Display ein Gamma 2,2 anwendet. Leider lässt sich vorab kaum sagen, welcher Film wie gemastert worden ist.



Das Diagramm in der Abbildung zeigt auf, dass Rec.709 bei 10 IRE ein Gamma 1,6 und bei 20 IRE ein Gamma 1,8 vorsieht. Das korrespondierende Gamma erzielt zu keinem Zeitpunkt den von der Industrie und Testmagazinen genutzten Wert 2,2.

Ähnlich wie bei unseren Hinweisen zur richtigen Zuspiegelung der BUROSCH-Testbilder, gewährleistet generell nur der passende Farbraum ein richtiges Bild. Wer auf die korrekte Farbproduktion großen Wert legt, sollte das Quellmaterial in dem jeweiligen Farbraum wiedergeben, sofern dieser bekannt und einstellbar ist. So sollten US-amerikanische DVDs im entsprechenden NTSC-Farbraum abgespielt werden, europäische DVDs im Farbraum gemäß Rec.601 und eine Blu-ray mit dem Farbraum nach Rec.709.

Dafür ist es allerdings zwingend erforderlich, dass entsprechende Einstellungen im Display überhaupt möglich sind. Die meisten Fernseher und Beamer verfügen heutzutage über mehrere Optionen bezüglich der Farbräume, die auf Wunsch ausgewählt und genutzt werden können. Oftmals verbergen sie sich hinter nichtssagende Bezeichnungen, wie Farbraum „Standard“ oder „erweitert“. Im Idealfall werden diese Begriffe in der Bedienungsanleitung erläutert.

Sollte ein Display über ein vollumfängliches Farbmanagement (CMS) verfügen, können die gewünschten Farbräume auch selbst eingestellt werden. Die bereits vorhandenen Farbräume können wunschgemäß kalibriert werden, wofür jedoch externes Messequipment erforderlich wird, konkret sind das zumindest ein guter Sensor und entsprechende Software. Displays aus dem Profibereich (z.B. digitale Kinoprojektoren) sind oftmals einfacher zu bedienen. Hier brauchen meist nur die Koordinaten für die Grundfarben eingegeben zu werden. Ohne Messequipment ist es aber auch hier praktisch unmöglich, das Ergebnis zu kontrollieren.

Für die praktische Heimanwendung ist die Kalibrierung mit Messgeräten weniger attraktiv, dennoch sollen im Folgenden einige wissenswerte Dinge über den Farbraum erklärt werden. Denn in unserer digitalen Welt dreht sich heutzutage Vieles um Begriffe, wie Ultra than Black, Whiter than White, Rec.709 und Rec.2020.

Die Basis der digitalen HDTV-Chrominanz- und Luminanz-Wiedergabe ist nach wie vor die Norm Rec.709 mit dem entsprechenden Farbraum, der sich im Normvalenzsystem CIE-1931 wiederfindet und nach dem rote, grüne und blaue Pixel grundsätzlich jeweils einzeln und auch im additiven Mischungsverhältnis zueinander in 256 Abstufungen leuchten. Durch die additive Farbmischung der Primärfarben Rot, Grün und Blau (RGB) werden die Sekundärfarben Gelb, Cyan und Magenta gebildet. 8-Bit-RGB bedeutet also eine maximale Auflösung von 256 Farbabstufungen. RGB 0 ist die Definition für das dunkelste Schwarz und RGB 255 bedeutet das maximale Weiß. Alle Werte dazwischen drücken das Mischungsverhältnis beziehungsweise die Intensität der einzelnen Farben aus.

Eine bestimmte Farbe kann somit als "R50, G43, B214" definiert werden. Das mittlere Grau ist beispielsweise "RGB 127".

Alle Fernsehfilme werden grundsätzlich im "normalen" Farbraum RGB 16 bis 235 aufgenommen, geschnitten und genauso zum Verbraucher übertragen. Die Filme auf DVD und Blu-ray Disks sind ebenfalls im Farbraum RGB 16 bis 235 als Komponentensignal 4:2:2 abgespeichert. Beim Fernseher findet sich dieser Farbraum ausschließlich via HDMI (Filmwiedergabe), der USB-Eingang für die Fotowiedergabe arbeitet hier hingegen im sogenannten Extended-Farbraum RGB 0 bis 255. Vor diesem Hintergrund kommt es nicht selten zu Verwirrungen und Abweichungen in der Darstellung der BUROSCH-Testbilder. Der Grund dafür liegt darin, dass im Extended-Farbraum bei 0 der tiefste Schwarzwert und bei 255 der hellste Wert liegen, hingegen bei der Filmwiedergabe via HDMI der dunkelste Wert bei 16 und der hellste bei 235 zu finden ist.

Darüber hinaus sind gerade seit dem Jahr 2016 die ersten Fernseher auf dem Markt, die in ihrem Menü bereits die Option „Rec.2020“ anbieten. Gemeint ist damit zumeist lediglich der entsprechende Farbraum, was so aber nicht richtig ist. Auch über Rec.2020 wird viel im Internet geschrieben, nicht alles davon sollte man glauben.

ITU-R-Empfehlung BT.2020 (Rec.2020)

Die Internationale Fernmeldeunion (ITU) veröffentlichte im August 2012 auf ihrer Website die ITU-R-Empfehlung BT.2020, die im Allgemeinen unter den Kürzeln Rec.2020 oder BT.2020 bekannt ist. In der Rec.2020 sind alle für UHDTV wichtigen Aspekte definiert. Hierzu gehören die Bildschirmauflösung, Bildfrequenz, Farbunterabtastung, Farbtiefe sowie der Farbraum. Im Vergleich zur Rec.709 für HDTV fordert der UHDTV-Standard einen größeren Farbraum als bisher und darüber hinaus eine Farbtiefe von entweder 10 oder 12 Bits pro Abtastwert.

Tatsächlich wurden aber bei der Einführung von UHD-Fernsehern noch 8-Bit-Displays verwendet und somit lediglich der Farbraum nach Rec.709 genutzt. Insofern sind hier die gravierenden Unterschiede in der Bilddarstellung begründet, weshalb die Pixelanzahl eben nicht allein über die Qualität entscheidet. So wurde beispielsweise der Farbraum gemäß der Empfehlung Rec.2020 für UHD-1/UHD-2 erweitert und umfasst nunmehr 75,8 Prozent der Farben im Diagramm des Farbraumes CIE 1931 und damit Wellenlängen, die nach Rec.709 (35,9 Prozent) noch nicht darstellbar waren. Für die RGB-Grundfarben wurden die folgenden Wellenlängen nach Rec.2020 festgesetzt: Rot (630 nm), Grün (532 nm), Blau (467 nm).

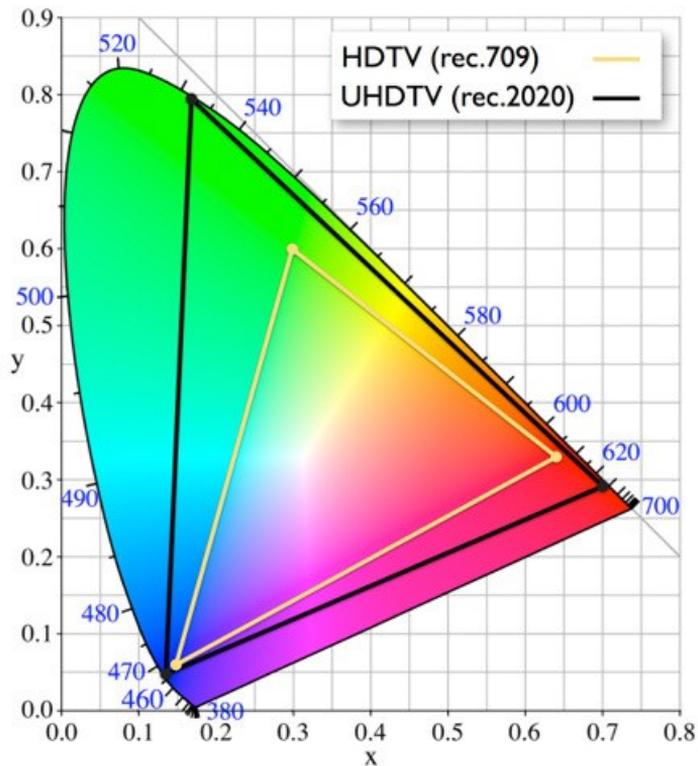


Abbildung 81: Vergleich der Farbräume nach Rec.709 (HD) und Rec.2020 (UHD)

Aufgrund der höheren Abstände zwischen benachbarten Farbwerten erfordert die entsprechend höhere Farbpräzision ein zusätzliches Bit pro Abtastwert. Gemäß der ITU-R-Empfehlung BT.2020 wird bei 10 Bits pro Abtastwert eine Helligkeitsswerteskala genutzt, bei der der Schwarzpunkt auf den Code 64 und der Weißpunkt auf den Code 940 festgelegt sind. Für die Zeitreferenz dienen die Codes 0 bis 3 und 1.020 bis 1.023, während die Codes 4 bis 63 Helligkeitsswerte unterhalb des Schwarzpunktes und die Codes von 941 bis 1.019 Helligkeitsswerte oberhalb des Nennspitzenwertes bezeichnen. Bei 12 Bits pro Abtastwert ist der Schwarzpunkt auf dem Code 256 und der Weißpunkt auf dem Code 3.760 der Helligkeitsswerteskala gemäß Rec.2020 festgelegt. Entsprechend verändern sich die übrigen Werte: Zeitreferenz (Codes 0 bis 15 und 4.080 bis 4.095), Helligkeitsswerte unterhalb des Schwarzpunktes (Codes 16 bis 255), Helligkeitsswerte oberhalb des Nennspitzenwertes (Codes von 3.761 bis 4.079).

Die Rec.2020 legt außerdem den sogenannten Luma-Koeffizienten fest und erlaubt RGB- und YCbCr-Signalformate mit verschiedenen Farbrunterabtastungen (4:4:4, 4:2:2 und 4:2:0). Dabei darf RGB verwendet

werden, wenn hohe Qualität erforderlich ist, für die Kompatibilität zu SDTV/HDTV wird YCbCr empfohlen und damit Farbunterabtastung ermöglicht. Neben YCbCr lässt die Empfehlung auch eine linear kodierte Version der Luma- und Chroma-Komponenten zu. Diese wird als YcCbCrc bezeichnet und kann zum Einsatz kommen, wenn vorrangig ein originalgetreuer Erhalt der Helligkeitsinformationen benötigt wird.

Darüber hinaus gibt die Empfehlung zwei Bildschirmauflösungen vor. Zum einen die 4K-Auflösung (UHD-1) mit 3840×2160 Pixeln und die 8K-Auflösung (UHD-2) mit 7680×4320 Bildpunkten, die quadratisch sind und ein Seitenverhältnis von 16:9 aufweisen müssen. Gemäß ITU-R-Empfehlung BT.2020 ist ausschließlich das Vollbildverfahren erlaubt, wobei folgende Bildfrequenzen spezifiziert sind: 120p, 119,88p, 100p, 60p, 59,94p, 50p, 30p, 29,97p, 25p, 24p, 23,976p. Die vollständige Umsetzung der ITU-R-Empfehlung erfolgt dann in Phase 2 mit Einführung des 8K-Standards.

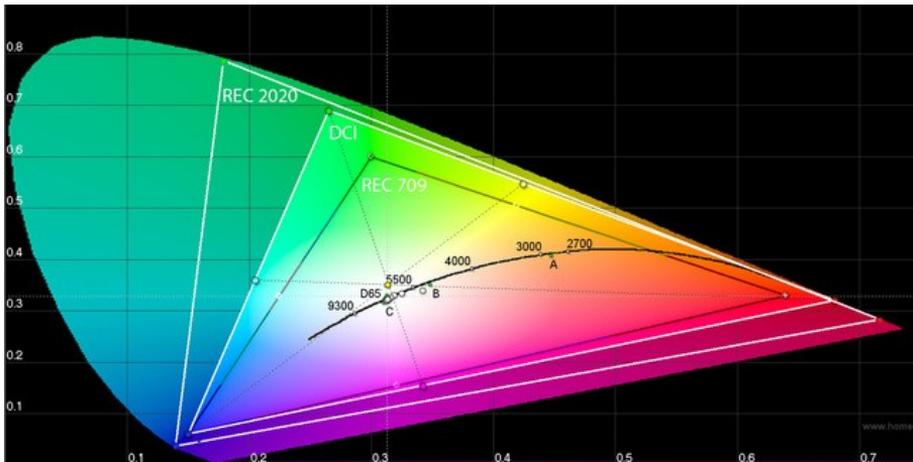


Abbildung 82: Farbräume Rec.2020, DCI und Rec.709

Weitere Features hierfür sind neben dem Rec.2020-Farbraum eine Erhöhung der Bildwiederholungsfrequenz auf maximal 120 Hz, eine Farb-Quantisierung von 10 Bit oder 12 Bit mit 4:2:2-Farbunterabtastung (HD: 4:2:0) sowie eine Erweiterung auf maximal 22.2-Kanal-Ton. Beim Ton wird sich Digital Atmos weiter im Heimvideobereich etablieren und den von der Rec.2020 empfohlenen dreidimensionalen Sound (neun Lautsprecher von oben, zehn auf Ohrhöhe, drei von unten und zwei für Effekte im Bass-Bereich) entsprechend umsetzen.

Neben der Empfehlung für 4K bzw. 8K-Auflösungen ist noch ein weiterer Farbdynamik-Standard zulässig, der bisher vorwiegend in der digitalen Kinoprojektion verwendet wurde. Es verblüfft insofern nicht, dass dieser Standard vom Dachverband der amerikanischen Filmstudios herausgegeben

wurde – genauer gesagt der Digital Cinema Initiatives (DCI). Der entsprechend bezeichnete DCI-Farbraum ähnelt vom Umfang her in etwa dem Adobe-RGB-Farbraum und ist somit bedeutend größer als der Farbraum gemäß Rec.709 aber kleiner als nach Rec.2020. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass sich die 4K-Auflösung ursprünglich auf die Kino-Auflösung (4096 × 2160 Pixel) bezog, jedoch ähnlich wie DCI nunmehr in abgewandelter Form auch im Heimkinobereich Anwendung findet. Generell geht die große Farbraumdynamik gemäß ITU-R-Empfehlung BT.2020 Hand in Hand mit einer weiteren relativ neuen Technologie, die nun ebenfalls in den neuen UHD-TVs zum Einsatz kommt.

Phase 1 und 2: UHD-1 (4K)

Auflösung: 3840 × 2160 Pixel (viermal so hoch wie Full HD, deshalb auch 4K)

Seitenverhältnis: 16:9

Pixel: quadratisch, im Verhältnis von 1:1

Abtastverfahren: progressiv

Bildwiederholrate: 24, 25, 30, 50 oder 60 Hz

Farbunterabtastung: 4:2:0, 4:2:2 oder 4:4:4

Farbraum: identisch mit BT.709

Quantisierung: 10 Bit für Produktion (1024 Stufen pro Farb-/Helligkeitskanal)

8 Bit für Verteilung (256 Stufen pro Farb-/Helligkeitskanal)

Phase 3: UHD-2 (8K)

Auflösung: 7680 × 4320 Pixel (achtmal so hoch wie Full HD, deshalb auch 8K)

Seitenverhältnis: 16:9

Pixel: quadratisch, im Verhältnis von 1:1

Abtastverfahren: progressiv

Bildwiederholrate: 24, 25, 30, 50, 60, 100 oder 120 Hz

Farbunterabtastung: 4:2:0, 4:2:2 oder 4:4:4

Farbraum: erweiterter Farbraum/Wide Color Gamut (WCG)

Quantisierung: 10/12 Bit (pro Farb- und Helligkeitskanal)

Video-/Auflösungsstandards

Es gab tatsächlich einmal eine Zeit, in der man sich über Videoformate und Videoauflösungen keine Gedanken machen musste. Es gab nur das Fernsehen. Und irgendwann in den 1960er Jahren war jeder froh, wenn er überhaupt einen solchen Apparat sein Eigen nennen durfte. Diese Zeit ist allerdings endgültig vorbei. Im Zuge der sich immer rasanter entwickelnden Bildschirmgrößen – parallel zum Anspruchsverhalten der Verbraucher – schossen Begriffe wie HD,

Full HD, Ultra HD sowie 4K und 8K aus dem multimedialen Boden wie Pilze. Hier soll nun kurz umrissen werden, was es im Einzelnen damit auf sich hat.



Abbildung 83: Verschiedene Videoformate und ihre Auflösungen

Standard Definition (SD)

Das digitale Pendant und quasi der Vorläufer des hochauflösenden Digitalfernsehens ist das sogenannte Standard Definition Television (SDTV). Dieser Standard ist mehr oder minder ein Sammelbegriff für überwiegend digitale Videoauflösungen – allerdings gegenüber High Definition Television (HDTV) von nur durchschnittlicher Qualität. Tatsächlich ist SDTV derzeit immer noch die digitale Standardvariante, jedenfalls solange HDTV noch nicht vollständig und bestenfalls unverschlüsselt gesendet wird. Deshalb sind bis heute (Stand: 2016) beide Auflösungsvarianten (mitunter parallel) vorhanden.

Im Rahmen der Digitalisierung des Fernsehens wurden zunächst die damals gängigen Standards für die Bildauflösung 720 x 576 beziehungsweise 720 x 480 Pixel eingesetzt. Die im Zusammenhang mit HDTV verwendeten Bezeichnungen 576i und 480i lassen im Übrigen ausschließlich auf die vertikale Auflösung beziehungsweise die Anzahl der Bildzeilen schließen: 576 (PAL) und 480 (NTSC). Wie bereits mehrfach erwähnt, bezieht sich dabei das „i“ auf den verwendeten Bildübertragungsmodus – in diesem Fall das Zeilensprungverfahren (Interlace). Grundsätzlich kann SDTV aber mit beiden Darstellungsmethoden arbeiten, also auch mit dem Vollbildverfahren Progressive Scan (z.B. 1080p oder 720p). Die horizontale Auflösung wird hingegen durch das jeweilige Bildformat (z.B. 4:3 oder 16:9) definiert.

High Definition (HDTV)

Nicht selten wird dieser Begriff falsch verwendet. Seit zu Beginn des 21. Jahrhunderts die Digitalisierung Einzug hielt, wurde mit Begriffen wie „HD ready“, „HDTV“ oder „1080p“ nur so um sich geworfen. Kaum jemand verstand, was wirklich dahintersteckte. Heute – im Zeitalter von Ultra HD – wird die Schlagzahl der Begriffe höher und parallel nicht selten auch die Verwirrung.

High Definition Television (HDTV) ist ein Sammelbegriff für hochauflösendes Fernsehen. Darunter zählt sowohl Full HD als auch Ultra HD, das Gegenteil beziehungsweise der Vorgänger ist SDTV. Der Unterschied liegt ausschließlich in der höheren vertikalen (Bildzeilen), horizontalen (Bildübertragung) sowie temporalen (Bilder pro Sekunde) Auflösung, also in der Anzahl der Pixel und der Bildwiederholungsrate. HDTV hat als solches nichts mit dem Verfahren der Wiedergabe oder aber dem Bildformat zu tun, obwohl sich hier zumindest für den TV-Bereich 16:9 etabliert hat. Oft synonym für HDTV wird der Begriff „1080p“ verwendet und das „p“ fälschlicherweise als „Pixel“ definiert. Dieser bezieht sich jedoch auf die Anzahl der Bildzeilen und das Vollbildverfahren (Progressive Scan). Insofern verbergen sich hinter „1080i“ das Zeilensprungverfahren (Interlaced) sowie ebenfalls 1080 Bildzeilen in der vertikalen Auflösung.

Da HDTV weitaus mehr Parameter in punkto Bildauflösung und Bildwechselfrequenz beziehungsweise Bildwiederholungsrate zu bieten hat, sollten diese Daten unterschieden werden. Grundsätzlich gibt man die Qualität der Signalverarbeitung in Zeilenzahl + Bildverfahren + Bildwechselfrequenz an, wobei die Zeilenzahl Auskunft über die vertikale Bildauflösung gibt, die in Pixel angegeben wird. Bei der Bildwiederholungsrate wird es bisweilen noch verrückter. Grundsätzlich wird diese pro Sekunde angegeben, die Frequenz als solche in Hz. Nicht selten wird aber die Einheit mit der Bezeichnung verwechselt, zumal es hier gleich mehrere Schreibweisen gibt: Bilder pro Sekunde/frames per second/BpS oder eben fps. Hinzu kommt, dass das Vollbildverfahren auch als Progressive Segmented Frame bezeichnet wird und das Kürzel PsF verwendet.

Gemäß Nomenklatur (also der definierten Bezeichnung) der European Broadcasting Union (EBU) beinhaltet die offizielle Schreibweise die Angabe der effektiven Vollbilder pro Sekunde (beim Halbbild- oder Zeilensprungverfahren entsprechend die Hälfte der übertragenen Bilder), also beispielsweise 720p/50 oder 1080i/25). Gemeint sind also:

720 Bildzeilen/Progressive Scan/50 Vollbilder pro Sekunde

1080 Bildzeilen/Interlaced/25 Vollbilder (50 Halbbilder) pro Sekunde.

Digitale Kinoproduktionen werden mit 24p oder 1080p24 tituliert. Hier werden nur 24 Bilder pro Sekunde im Vollbildverfahren übertragen. Jedoch nicht immer mit nur 1080 Bildzeilen, weshalb im ultrahochoflösenden 4K-Cinema-Bereich auch die Bezeichnung „4K@24p“ möglich ist.

Die Befürworter von 720p und die von 1080i sind sich einig, dass 1080p das Ziel sein sollte. Damit ist aber 1080p mit 50 Bildern pro Sekunde gemeint (in den USA und Japan mit 60 Hertz). Die Untersuchungen der EBU haben gezeigt, dass selbst mit heutiger Technik die Ausstrahlung von 1080p/50 machbar wäre, da sich die Datenraten gegenüber 1080i nur geringfügig erhöhen. Der Grund liegt in der günstigeren Codier-Effizienz von Progressive-Formaten. Allerdings verarbeiten derzeit die wenigsten Empfänger 1080p.

Full HD (1920 × 1080 Pixel)

Mit der Bezeichnung Full HD wird zum einen die HD-Auflösung 1920 × 1080 Pixeln (2.073.600 Pixel), zum anderen in der Praxis aber vielmehr die Leistungseigenschaft des jeweiligen HD-Gerätes (z.B. Fernseher, Bildschirme, Smartphones) gemeint. Wobei seinerzeit mit der Bezeichnung „Full“ (vollständig) eigentlich – jedenfalls sprachlich – kaum noch Spielraum nach oben gelassen wurde. Dennoch entstand relativ schnell ein Nachfolger. In der folgenden Abbildung werden die Standards Full HD und der zukünftige Standard für Ultra HD (UHD-2) verglichen (vgl. Kapitel „Rec.2020“ in diesem Buch).

| Parameter | Full HD | UHD-2 (8K) |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Definition (Pixel) | 1920 x 1080 (2 Mio. Pixel) | 7680 x 4320 (33 Mio. Pixel) |
| Bildseiten-Verhältnis | 16 : 9 | 16 : 9 |
| Bit-Tiefe | 8 bzw. 10 | 10 bzw. 12 |
| Bildfrequenzen | 24, 25, 30 bzw. 50, 60 | 50, 60 |
| Datenrate (unkomprimiert) | max. 2,49 Gbit/s | 72 Gbit/s |
| Standards | SMPTE 274M ITU-R BT.709 | SMPTE 2036-1 ITU-R BT.2020 |

Abbildung 84: Vergleich Full HD und UHD-2 (8K)

UHD-1: Ultra HD (3840 × 2160 Pixel)

Im Jahre 2013 stellten auf der Consumer Electronics Show diverse Hersteller Ultra HD (kurz: UHD) vor, das doppelt so hoch auflöst (3840 × 2160 Pixel), was ungefähr 8 Megapixeln entspricht. UHD-1 ist die offizielle Bezeichnung gemäß Rec.2020 (vgl. entsprechendes Kapitel), wird aber in der Praxis als Ultra HD oder UHD bezeichnet. Bei vielen Herstellern hat sich auch der Name „4K“ durchgesetzt, wobei diese Bezeichnung eigentlich aus dem Cinema-Bereich kommt und die Bildauflösung 4096 × 2160 Pixel meint. Jedoch hat sich 4K in Bezug auf die UHD-Auflösung bereits soweit etabliert, dass hier der Weg zurück nicht mehr möglich ist. Anwender sollten lediglich zwei Mal hinschauen, was tatsächlich gemeint ist. Im TV-Bereich ist in der Regel die TV-Auflösung (Ultra HD mit 3840 × 2160 Pixeln) gemeint, bei Beamern hingegen die Cinema-Auflösung (4K mit 4096 × 2160 Pixeln).

UHD-2: 8K (7680 × 4320 Pixel)

Doch das ist längst nicht das Ende der Fahnenstange. In den Startlöchern steht bereits UHD-2 gemäß Rec.2020. Gemeint ist die 8k-Auflösung, welche mit 7680 × 4320 Pixeln in Höhe und Breite jeweils vier Mal so hoch auflöst wie Full HD. Damit ist die Pixelzahl sechzehn Mal so hoch und die Datenrate umfasst 24 Gbit/s. Entsprechend leistungsstark müssen die Geräte sein. Hierzu wird im Einzelnen im Kapitel „ITU-R-Empfehlung BT.2020“ hingewiesen.

4K Cinema (4096 × 2160 Pixel)

4K steht also ebenfalls für die Videoauflösung von 4096 × 2160 Pixeln im Cinema-Bereich. Da sich beide Werte (horizontal/vertikal) auf 4000 × 2000 runden lassen, entstand hier auch die Abkürzung 4k2k, wobei sich das „k“ auf das entsprechende Vielfache der Maßeinheit Kilo (Tausend) bezieht.

Fernsehnormen

Als das Fernsehsystem erfunden wurde, reichte die Technik noch nicht aus, um progressiv arbeiten zu können. Das änderte sich erst mit der Entwicklung der aktuellen Computersysteme. Progressive Scan findet sich im digitalen Fernsehen, aber hauptsächlich in Kinofilmproduktionen und den damit bespielten Blu-ray-Discs wieder. Bei Letztgenannten ist das 1080p/24-Signal (mit 24 Vollbildern) üblich. Trotzdem wird auch im Digital-TV das Zeilensprungverfahren immer noch eingesetzt. Internationale HDTV-Sender und alle HD-Ableger der deutschsprachigen Privatsender senden im Format 1080i/50. Dagegen folgen alle deutschsprachigen öffentlich-rechtlichen Sender

einer Empfehlung der European Broadcasting Union (EBU) und senden im Format 720p – also progressiv.

Zurückzuführen ist die EBU-Empfehlung auf mehrere Versuchsreihen aus dem Jahre 2006, in denen die Darstellung von 720p und 1080i verglichen wurde. Dabei stellte sich heraus, dass bei gleicher Datenrate das 720p-Bild damals meistens besser bewertet wurde. Auch europäische Sender wie Arte, ORF und SRG senden in diesem Format. Nach und nach wird eine Umstellung auf 1080p erfolgen, allerdings generell 1080p mit 50 Vollbildern pro Sekunde (USA/Japan: 60 Hz). Die Untersuchungen der EBU haben gezeigt, dass die Ausstrahlung von 1080p/50 machbar wäre, da sich die Datenraten gegenüber 1080i (50 Halbbilder) nur geringfügig erhöhen. Der Grund liegt in der günstigeren Codier-Effizienz von Progressive-Formaten.

Die in Deutschland und Europa (noch) vorherrschende analoge Fernsehnorm B/G wird auch als PAL (Phase Alternating Line) bezeichnet. Hier wird generell nach dem Zeilensprungverfahren (Interlaced) gearbeitet, ein Vollbild besteht aus 625 (575 sichtbaren) Zeilen, die Halbbilder aus je 312½ (287½) Zeilen. Dabei werden 25 Voll- bzw. 50 Halbbilder pro Sekunde übertragen, was einer Frequenz von 50 Hertz entspricht. Die Bandbreite beträgt 5,5 MHz, die Farbträgerfrequenz 4,43 MHz. Grundsätzlich setzten sich drei Farbfernsehnormen durch, die in der folgenden Abbildung (51) dargestellt sind. Dabei ist klar zu erkennen, dass sich letztlich aufgrund der nicht immer zu gewährleistenden Kompatibilität die einzelnen Normen regional konzentrieren.

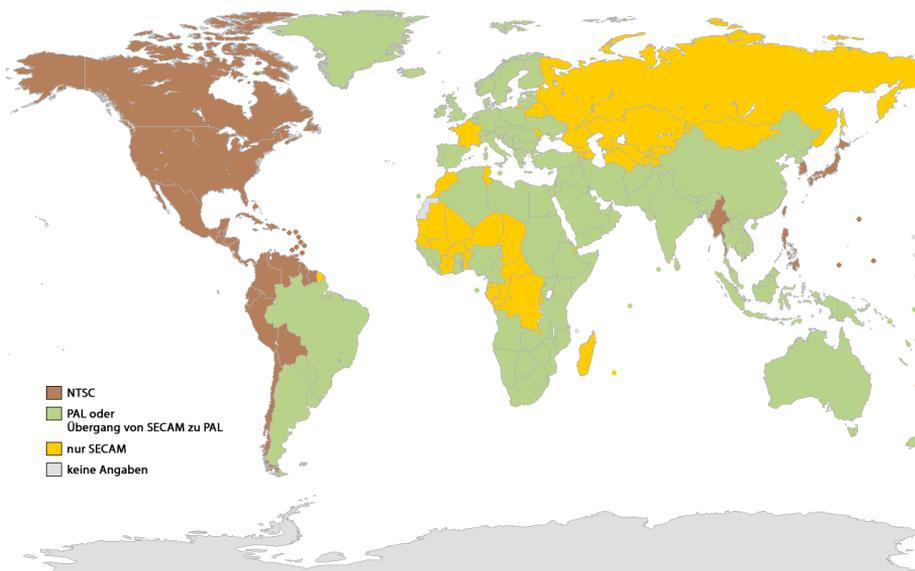


Abbildung 85: Nutzungsgebiete der einzelnen Fernsehnormen (Wikimedia Commons)

Neben dem SECAM-Verfahren sind NTSC und PAL die bekannten Farbfernsehnormen. Sie werden oft im Zusammenhang mit den Bildaufbaustandards benutzt, um die Zeilen-/Bildanzahl (525/60 und 625/50) zu unterscheiden. Allerdings ist eine solche klare Abgrenzung nicht möglich.

Brasilien beispielsweise überträgt grundsätzlich in NTSC (525/60), verwendet für die Farbcodierung in der analogen Fernsehübertragung allerdings die PAL-Norm. Insofern bietet die Tabelle (Abbildung 52) eine kleine Übersicht über die Verwendung der einzelnen Farbfernsehsysteme, wobei diese nach und nach ihre absolute Gültigkeit im Rahmen der Digitalisierung verliert.

| NTSC | | PAL | | SECAM | |
|----------|-------------|------------|----------------|-------------|---------|
| Bolivien | Chile | Ägypten | Australien | Frankreich | Niger |
| Equador | Haiti | Brasilien | Deutschland | Marokko | Monaco |
| Hawaii | Japan | China | Großbritannien | Mauretanien | Senegal |
| Kanada | Kolumbien | Indien | Indonesien | Mongolei | Ukraine |
| Korea | Kuba | Italien | Kenia | Russland | |
| Mexiko | Philippinen | Neuseeland | Niederlande | Tunesien | |
| Peru | USA | Südafrika | Thailand | | |

Abbildung 86: Übersicht der Farbfernsehsysteme nach Ländern

Denn mittlerweile gibt es natürlich auch digitale Fernsehnormen, die sich jedoch weiterhin an den Kenndaten der analogen Fernsehnormen (z.B. Zeilenzahl und Bildfrequenz) orientieren. Ein weiteres Merkmal der digitalen Fernsehnormen ist die Anzahl der Spalten eines Bildes. Aus der Verbindung der Bildspalten und Bildzeilen entsteht die Bildauflösung in Bildpunkten (Pixel).

Zukünftig werden beim digitalen Videoformat Ultra High Definition Television (UHD TV) nur noch Vollbilder aufgenommen und wiedergegeben. Gemäß der Empfehlung der Internationalen Fernmeldeunion (ITU) aus dem Jahre 2012 sind hier zwei Bildauflösungen (4K und 8K) sowie eine definierte Bildwiederholungsrate von max. 120 Vollbildern vorgesehen. Näheres hierzu findet sich im Kapitel zur ITU-R-Empfehlung BT.2020 in diesem Buch.

Kalibrierung und Messinstrumente

„In der Kunst der Farbe sind nicht nur exakte Tonstufen, sondern oft unmerkbare Übergänge, dem Glissando in der Musik vergleichbar, wichtige Träger eines bestimmten Ausdruckes.“

Johannes Itten¹⁹

Auch wenn das menschliche Auge Farbinformationen schlechter verarbeiten kann als die Informationen über Hell und Dunkel, so ist doch die Farbe mehr als nur Licht. Sie ist Harmonie, Ausgewogenheit, Kunst - und nicht zuletzt liegt ihre Kraft im Detail, das ausschließlich durch die Farbe selbst erkannt werden kann. Wie helfen uns nun die Physik und moderne Technologien, diese Sinneseindrücke in ein vielfältiges und doch einheitliches Erlebnis zu verwandeln?

Unbunt- oder Weißabgleich

Denn ein weißes Blatt Papier ist nur für das menschliche Auge immer weiß – egal wie und womit es beleuchtet wird. Diese sogenannte chromatische Adaption muss in technischen Geräten quasi simuliert werden. Das Ziel des Unbunt- oder Weißabgleichs ist es, die unterschiedlichen Farbtemperaturen in wechselnden Beleuchtungssituationen anzupassen und somit eine Farbneutralität herzustellen, die der natürlichen Beleuchtung durch das Sonnenlicht nahe kommt. Deshalb wird dieses Verfahren synonym auch als Neutralabgleich bezeichnet. Beim automatischen Weißabgleich in digitalen Foto- und Videokameras wird also eine Einstellung ermittelt, die sich auf die „weißeste“ Bildfläche bezieht (AWB: Automatic White Balance). Dabei wird sich an Bildbereichen orientiert, die gleiche Rot-, Grün- und Blauanteile besitzen, denen dann ein neutrales Grau zugewiesen wird.

Allerdings hat dieses Verfahren in den meisten Fällen einen Schwachpunkt, wenn nämlich das Bildmotiv in einem Mischlicht aufgenommen werden soll. Das menschliche Auge hätte kein Problem, ein Objekt zu erkennen, das sowohl von Kunstlicht als auch beispielsweise von einem rötlichen Sonnenlicht am Abend angestrahlt wird. Bei solchen Mischlichtsituationen haben hingegen die meisten Aufnahme- und Wiedergabegeräte ihre Sorgen, da sie sich lediglich an die Farbtemperatur einer Beleuchtungsquelle orientieren können. Kameras haben hier zusätzliche Einstellparameter (z.B. Tageslicht, Kunstlicht, Bewölkt, Innen, Blitz). Im Menü vieler TV-Geräte ist ebenfalls die Option des Weißabgleichs gegeben (vgl. Abbildung). Allerdings sollte diese mit Vorsicht betrachtet

¹⁹ Schweizer Maler, Kunsttheoretiker und Kunstpädagoge (1888-1967)

werden, wie in Kapitel „Professionelle Bildeinstellung“ noch ausführlich erläutert wird.

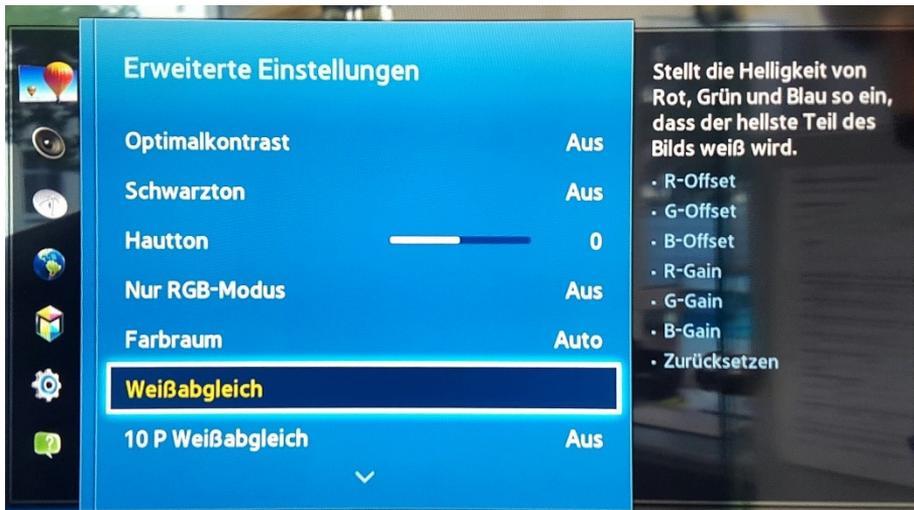


Abbildung 87: Weißabgleich über TV-Menü (Samsung)

Wie bereits erwähnt, sind selbst ultrahochoauflösende Bilder nur so gut, wie das Gerät, das sie wiedergibt. Deshalb sollte auch an jedem Monitor oder aber Fernseher ein Weiß- beziehungsweise Unbuntabgleich durchgeführt werden. Hierzu gibt es neben den manuellen Einstellungen am Gerät auch verschiedene professionelle Methoden, die im Rahmen der Kalibrierung möglich sind. Diese werden in den nächsten Kapiteln eingehend erläutert.

Eine ausgezeichnete und vor allem kostengünstige Variante kann mithilfe eines weißen Motivs durchgeführt werden, das bestenfalls über die gesamte Bildschirmfläche reicht. Dazu kann über den Browser eines internetfähigen Fernsehers gegebenenfalls ein Testbild heruntergeladen oder beispielsweise auf einen Nachrichtenkanal mit einem Ticker im unteren Bildrand zurückgegriffen werden.

Alles in allem sollte eine neutrale weiße Darstellung über die komplette horizontale Fläche des Displays gefunden werden. Das Weiß der in der folgenden Abbildung gezeigten Fläche entspricht dem Normlichtart D65, welches der Farbtemperatur eines leicht bewölkten Tageslichthimmels nachempfunden wurde. Als Referenzobjekt nimmt man sich nun ein weißes Blatt Papier und hält es neben das Testbild. Auf diese Weise kann man das neutrale 100-prozentige Weiß des Papiers mit dem Weiß des Displays vergleichen und somit die Farbneutralität überprüfen.

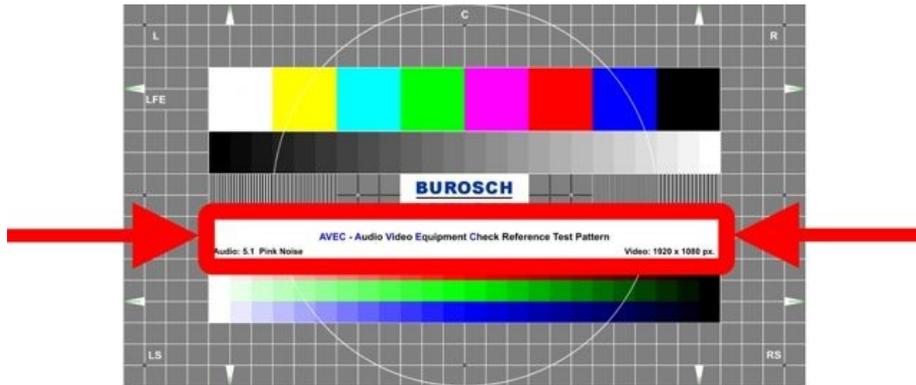


Abbildung 88: Beispiel für Weißabgleich mit BUROSCH-Testbild

Wave-Form-Monitor (WFM)

„Farbe hilft Licht auszudrücken, ich meine nicht das physikalische Phänomen, sondern das Licht, das nur im Kopf des Künstlers existiert.“

Pablo Picasso

Allerdings ist die Wahrnehmung von Bunt und Unbunt von der individuellen Funktionsweise des Auges und den subjektiven Eindrücken des Einzelnen abhängig. Deshalb ist es notwendig, aus der physiologischen eine physikalische Größe zu bilden. Aber wie kann nun in der professionellen Videotechnik Farbe gemessen werden?

Eine Möglichkeit bietet ein spezielles Oszilloskop, das die elektrische Spannung der Videosignale darstellt und misst. Mithilfe des sogenannten Wave-Form-Monitors (WFM) kann insofern die Qualität des Videosignals nicht nur mit dem bloßen Auge, sondern exakt physikalisch beurteilt werden. Gegenüber einem Standard-Oszilloskop ist der WFM in der Lage, die Videozeilen eines Bildes sowohl horizontal als auch vertikal darzustellen. Um den Pegel des analogen Videosignals in seiner Gesamtheit beurteilen zu können, werden in der Horizontal-Darstellung alle Bildzeilen übereinander angezeigt. Die vertikalen Zeilen eines Halbbildes hingegen werden nebeneinander dargestellt. Hier überlagern sich die beiden Halbbilder, sodass etwaige Signalfehler besser erkannt werden können, die im Zusammenhang mit der Bildwechselfrequenz stehen.

Aber auch Audiosignale können gemessen werden. Hierzu zählen beispielsweise Brummstörungen bei analogen Signalen. Modernere Modelle eines Wave-Form-Monitors sind ebenfalls in der Lage, digitale Videosignale zu bewerten. Insbesondere Fernsehanstalten arbeiten mit solchen Geräten aber natürlich

auch Testlabore für vergleichende Warentest und im Auftrag der Industrie (vgl. Abbildung).



Abbildung 89: Wave-Form-Monitore und weitere Testgeräte im Test-Labor der Firma BUROSCH

Grundsätzlich werden mit einem Wave-Form-Monitor sowohl bei Videoproduktionen als auch bei deren Übertragung und Wiedergabe die Toleranzgrenzen der Farbsingale (Chrominanz) und des Helligkeitssignals (Luminanz) gemessen und überwacht. Beim analogen Fernsehen bietet es darüber hinaus Hilfestellung bei der Fehlersuche – wie etwa bei Problemen mit speziellen Schaltsignalen in der Austastlücke.



Abbildung 90: Herausforderung in der Bildarstellung bei Hauttönen (n-tv Nachrichtensendung)

Besonders hilfreich sind Wave-Form-Monitore bei der richtigen Einstellung in Bezug auf Hauttöne. Der Helligkeitswert bei hellhäutigen Menschen beträgt beispielsweise 63 Prozent. Nun ist es allerdings für die Bildtechnik sehr schwer, gerade bei Nachrichtenproduktionen insbesondere für das Gesicht des Moderators den exakten Pegel zu finden. Dabei spielt die richtige Aussteuerung

des Farbsignals beziehungsweise der Ausblendung außerhalb eines festgelegten Toleranzbereiches eine wesentliche Rolle. Wave-Form-Monitore sind insofern unerlässlich bei der Darstellung solcher Gesichtsbereiche im gefilterten Signal.

Allerdings sind Wave-Form-Monitore nur bedingt zur Überprüfung des Chrominanz-Signals geeignet. Hingegen ist der Phasenwinkel, der den exakten Farbton definiert, im hochfrequenten Farbträgersignal weitaus besser und eindeutiger mit einem Vektorskop zu bestimmen.

Vektorskop

Das Vektorskop ist ebenfalls eine Spezialform des Oszilloskops, das für die Überprüfung der Chrominanz-Signale eingesetzt wird. In der analogen Fernsehtechnik werden Bildsignale durch Vektormodulation übertragen, die mit einem herkömmlichen Oszilloskop nicht mehr eindeutig erkannt werden können. Wie der Name schon sagt, gelingt mit einem Vektorskop die spezialisierte Darstellung der Farbvektoren. Damit ist dieses Gerät unabdingbar für den professionellen Farbabgleich. Auf dem Vektorschirm (links in Abbildung 91) werden alle Farben repräsentiert, im Mittelpunkt liegt der sogenannte Unbunt-Punkt, an dem sich alle Farben überlagern. Rechts unten in Abbildung 91 sieht man die unterschiedlichen Werte für das Luminanz-Signal und die beiden Chrominanz-Signale.

Die Überprüfung des einzelnen Chrominanz-Signals erfolgt mithilfe eines Farbbalkens (rechts oben in Abbildung 91). Auf der kreisrunden Skala des Vektorskops sind hierzu Punkte und Toleranzfelder für die sechs Farbwerte des Testsignals angeordnet (links). Während der Abtastung einer Zeile werden diese Farben permanent durchlaufen. Bei optimaler Einstellung des Bildschirms liegen diese sechs Punkte innerhalb der Toleranzfelder (R, Mg, B, Cy, G, YI). Diese umfassen jeweils einen Toleranzbereich für die Chrominanz-Amplitude (5 Prozent) und die Phase (3 Prozent), wobei eine Amplitudenabweichung einem Sättigungsfehler entspricht und eine Winkelabweichung einem Phasenfehler (Farbtonfehler).

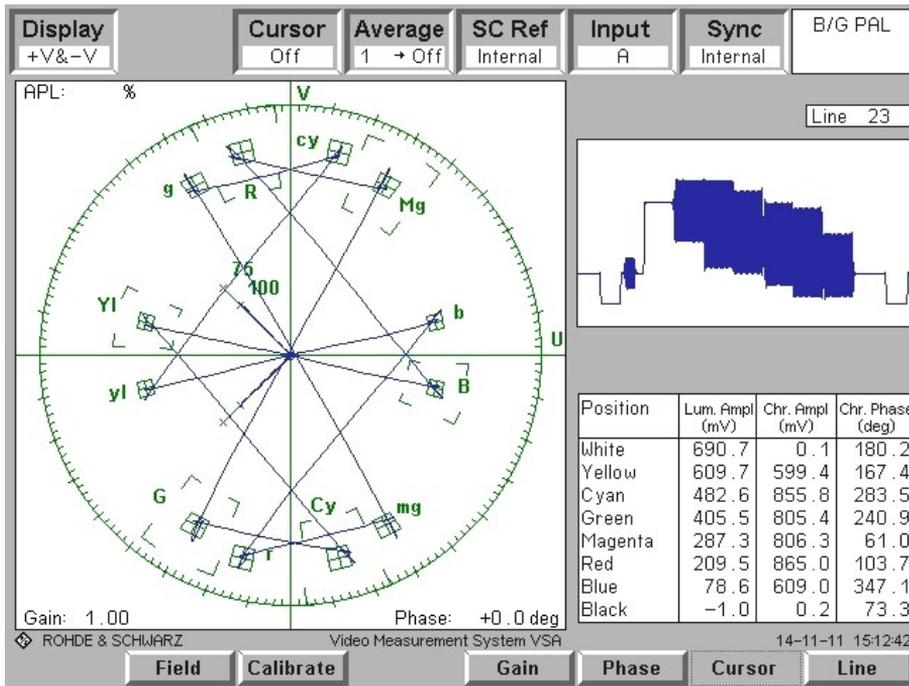


Abbildung 91: Vektorskop-Anzeige für Farbbalkensignal

Für jeden einzelnen Bildpunkt können Helligkeits- und Farbinformationen in Form von Helligkeits-Farbigkeits-Farbmodellen (z.B. YUV-Farbmodell) im Koordinatensystem dargestellt werden. Jede Farbe entspricht somit einer Kombination zweier Werte aus X-Achse und Y-Achse. Die Wertepaare U/V, Cr/Cb und R-Y/B-Y werden als Farbdifferenz-Signale bezeichnet, die in vertikaler Richtung ($R-Y = \text{Rot minus Helligkeit}$) und in horizontaler Richtung ($B-Y = \text{Blau minus Helligkeit}$) ermittelt werden.

Da sich im Mittelpunkt der dargestellten Kreisfläche auf dem Bildschirm (Abbildung 91) alle Farben überlagern, ergeben sich hier die unbunten Töne (Schwarz-/Weiß-Grauwerte). Im Umkehrschluss steigt die Farbsättigung, je weiter außen sich die abgebildeten Farbörter befinden.

Wie generell bei den Oszilloskopen unterscheidet man die Vektorskope nach ihrer analogen beziehungsweise digitalen Funktionsweise. In älteren (analogen) Geräten werden die Farbvektoren mithilfe einer Kathodenstrahlröhre dargestellt. Allerdings sind diese von ihren digitalen Nachfolgern größtenteils vom Markt verdrängt worden, in denen die Vektordarstellung über eine Software berechnet wird.

Auch im Rahmen des Kopierschutzes werden Vektorskope genutzt, da die Manipulation zumeist im Bereich der Farbvektoren zu finden ist. In der

Tontechnik nennt man die eingesetzten Vektorskope im Allgemeinen Goniometer (Stereosichtgerät). Für die Untersuchung digitaler Modulationsverfahren beispielsweise im Digitalfernsehen werden die verwendeten Vektorskope zumeist als Vektor-Analyzer bezeichnet.

Testbilder

Obwohl Fernsehgeräte immer preiswerter werden, kosten sie dennoch ein kleines Vermögen – vor allem jene, die entsprechende Qualität versprechen. Allerdings bieten die Werkseinstellungen in der Regel noch längst nicht die optimale Leistung. Nicht selten schmälern schrille Farbe, falsche Kontraste oder gar unscharfe Details den umfassenden Filmgenuss.

Testbilder sind die visuelle Referenz zur Bildkontrolle und Bildoptimierung



**Eine perfekte Bildwiedergabe ist kein Zufall.
Testbilder kontrollieren die Darstellung und optimieren die Wiedergabe.**



Abbildung 92: Abbildung 80: Was sind Testbilder?

Die meisten Menschen nehmen sich irgendwann die Fernbedienung und passen das Bild ihrem individuellen Geschmack an oder wählen die anwenderfreundlichen Voreinstellungen (z.B. Kino, dynamisch oder Sport). Dabei sind die Wahrnehmungen der Farbe, Schärfe und des Kontrastes allerdings rein subjektiver Natur und entsprechen noch längst nicht dem berühmten Ende der Fahnenstange.

Testbilder stellen hingegen die visuelle Basis zur Bildkontrolle und Bildoptimierung dar. Ist die Darstellung eines Testbildes schlecht, wird auch die Bildwiedergabe mangelhaft sein. Oder eben umgekehrt! Man kann also auf seine Augen vertrauen oder aber der objektiven Referenz in Form von Testbildern, die für eine optimale Bildeinstellung am TV oder Beamer unerlässlich sind.

Dabei können folgende Parameter angepasst werden:

- Bildanpassung: Bildformat/Overscan für unverzerrte Bilddarstellung,
- Helligkeit: korrekte Differenzierung auch in dunklen Nachtszenen,
- Kontrast: perfekte Wiedergabe von hellstem Weiß,
- Farbe: natürliche Farbwiedergabe (z.B. bei Hauttönen),
- Schärfe: selbst kleinste Details und exakte Konturen.

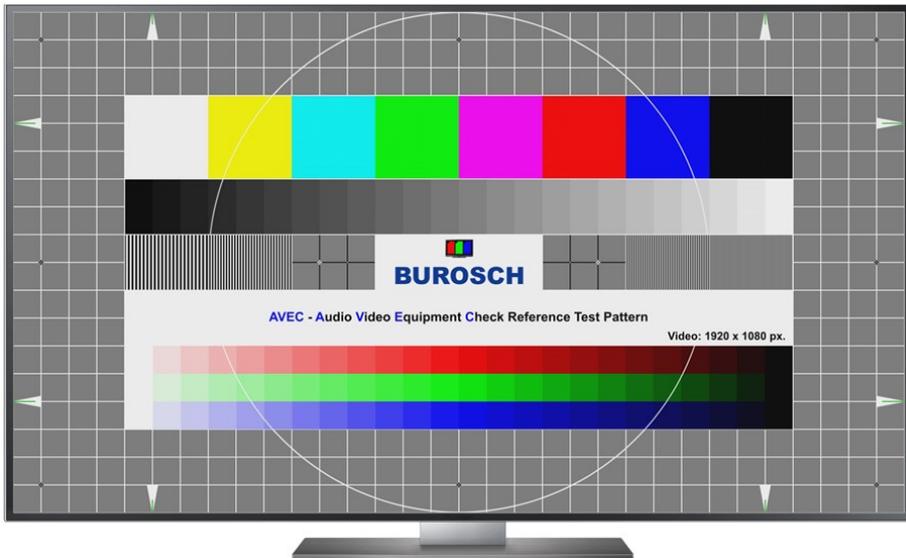


Abbildung 93: AVEC-Referenz-Testsequenz: Bild- und Tonoptimierung für TV & Beamer

Wer über einen internetfähigen Fernseher verfügt, kann seinem Lieblingsstück eine semiprofessionelle Einstellung verpassen. Hierzu kann man sich über den Webbrowser direkt ein solches Testbild entsprechend der Bildauflösung des Fernsehgerätes (z.B. Full HD oder Ultra HD) downloaden.

Selbst ein Laie kann der schlichten Anleitung folgen und somit schon erste gravierende Unterschiede zwischen den Bildeinstellungen ab Werk – oder schlimmer noch bei einem gekauften Vorführmodell – und dem optimal eingestellten Bild auf seinem TV-Gerät erkennen. Vom sogenannten „First Check“ bis hin zu professioneller Kalibrierung bieten die Firma BUROSCH als Marktführer spezielle Möglichkeiten für jedermann, um tatsächlich das Beste aus dem elektronischen Familienmitglied, Entertainer, Seelenröster, Babysitter herauszuholen. Detailliert wird auf dieses Thema im Kapitel „Professionelle Bildeinstellungen“ eingegangen.



Abbildung 94: Testbild "First Check" der Firma BUROSCH

Testbild-Generator

Mithilfe eines Testbild- oder Farbbildgenerators können insbesondere bei Fernsehgeräten, Beamern, Monitoren und Verkabelungen im Privat- als auch im Profibereich nach VESA-Norm alle technischen Daten (z.B. Sync-Impuls, Timing, Pixel- und Zeilenfrequenzen) überprüft werden. In Form einer visuellen Kontrolle oder aber messtechnischen Überprüfung können mit speziellen Testmustern vorhandene Schwächen in der Bildwiedergabe enttarnt und behoben werden. Hierzu gehören unter anderem die Bildschärfe, Bildgeometrie, Farbreinheit und Farbkonvergenz. Ein modernes Schaltungsdesign, Multilayer-Layout und Micro-Controller sichern langfristig die Qualität des Testsignals.

2015 brachte hierzu die Firma BUROSCH den Full-HD-Testbildgenerator TPG-5 mit HDMI-Ausgang auf den Markt, der auch für alle gängigen UHD-beziehungsweise 4K-Displays oder -Beamer genutzt werden kann. Die sehr einfache Bedienung kann sowohl über die TV-Fernbedienung als auch über eine handelsübliche Maus erfolgen. Insgesamt 105 Full-HD-Testbilder werden gemäß ITU-Norm Rec.709 ausgegeben.

Im Gegensatz zum einfachen Testbild-Download stehen hier weitaus mehr Optimierungsfunktionen zur Verfügung:

- Bildformat/Overscan
- Helligkeit/Black Level
- Kontrast/White Level
- Farbreinheit/Farbintensität
- Bildschärfe
- Banding
- Bewegungsunschärfe
- Audio/Video-Synchronität
- IRE-Testbilder und -Farben für die Kalibrierung
- Realbilder zur Gegenkontrolle.



Abbildung 95: Full-HD-Testbildgenerator TPG-5 der Firma BUROSCH

Test-Labor: professionelle Kalibrierung

Filmliebhaber aber vor allem Filmemacher kommen um eine professionelle Kalibrierung nicht herum. Denn die perfekte Bildqualität in der Produktion ist doch letztlich die Basis für eine perfekte Bildwiedergabe. Dafür sind aber nicht nur die Geräte zur Aufnahme regelmäßig zu warten, sondern auch PC- oder TV-Displays. Wie ein Auto regelmäßig zur Inspektion sollte, muss auch ein Bildwiedergabegerät – insbesondere wenn es von Berufs wegen genutzt wird – von Zeit zu Zeit professionell justiert werden. Im Laufe der Zeit kann sich aufgrund der Betriebsdauer, Temperatur und Verschleiß einiger elektronischer Bauteile die Qualität der Bildwiedergabe grundlegend verändern. Gerade die Kondensatoren verschleiben relativ schnell, sodass sich die elektrischen Werte verändern, was nicht selten eine Verminderung der Lichtleistung und Farbtemperatur zur Folge hat. Mehr zu diesem Thema findet sich im Kapitel „Professionelle Bildeinstellung mit BUROSCH“ am Ende dieses Buches.



Abbildung 96: TV-Labor der Firma BUROSCH

Analoge Fernsehsignalübertragung

Kaum jemand macht sich heute Gedanken darüber, wie die Bilder und Töne in unserem TV, PC oder Tablet überhaupt entstehen. Man klickt bei seinem Smartphone auf den Youtube-Button und im nächsten Moment wird ein Kurzfilm angezeigt. Vor einer langen Autofahrt wird über die entsprechende App ein Kinofilm heruntergeladen, den das gelangweilte Kind später auf dem Rücksitz offline gucken kann. Wer keine Lust hat, seinen Alltag vom Fernsehprogramm abhängig zu machen, schaut heute Video on Demand oder Web-TV – also irgendwann und irgendwo. So ist das heute. Und damals – vor gerade einmal zehn, vielleicht zwanzig Jahren? Da war der Fernseher noch das Heiligtum im heimischen Wohnzimmer. Oma Elisabeth häkelte fleißig Deckchen für das seinerzeit noch monströse TV-Gerät und sowohl die Fernbedienung als auch die heute ebenfalls aus der Mode gekommene Fernsehzeitschrift fanden ihren Platz oben drauf. Aber wie kam und kommt denn nun das Bild in die Glotze? Die Nipkow'sche Vision vom Weihnachtsabend anno 1883 ist heute so selbstverständlich wie Autofahren oder die Reise mit dem Flugzeug. Doch kann sie auch jeder erklären?

Das monochrome Video-Signal

Wie bereits erwähnt, bedeutet monochrom so viel wie einfarbig. Deshalb handelt es sich bei dem monochromen Video-Signal also ausschließlich um das Luminanz- beziehungsweise Helligkeitssignal. In der Praxis ist das separate Luminanz-Signal heute kaum noch zu finden, da es für sich genommen lediglich im Zusammenhang mit der Schwarz/Weiß-Bildgebung zur Anwendung kommt. Dabei repräsentieren helle Bildpunkte ein hohes Videosignal und dunkle Bildpunkte hingegen ein geringes Signal.

Alle Signale sind international standardisiert und finden sich in verschiedenen Empfehlungen der Internationalen Fernmeldeunion (engl.: International Telecommunication Union - ITU) wieder, deren Ursprünge ins Jahr 1865 zurückgehen. Damit ist die ITU interessanterweise neben dem Roten Kreuz (Gründung: 1863) die zweitälteste Organisation mit internationalem Charakter. Wie die Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE) gehört auch die ITU zu den wichtigsten Standardisierungsgremien im Bereich der professionellen Film- und Videotechnik.

So werden für das Standard-Definition-Signal (SD-Signal) die entsprechenden Grauwerte in der Empfehlung der ITU (Rec.470) und die Parameter für das High-Definition-Signal (HD-Signal) in der Rec.709 empfohlen.

BAS-Signal

Bei diesem Signaltyp handelt es sich streng genommen um drei unterschiedliche Signale, die zu einem kompletten Fernsehsignal zusammengefasst werden:

- Bildsignal (B)
- Austastsignal (A)
- Synchronsignal (S)

Das BAS-Signal ist ein analoges (monochromes) Videosignal. Da es nur im Schwarz/Weiß-Bereich eingesetzt wird, enthält es keine Chrominanz-Signale für die Farbgebung (vgl. FBAS-Signal), sondern lediglich Luminanz-Signale – also die Helligkeitsinformationen. Darüber hinaus beinhaltet das BAS-Signal die horizontalen und vertikalen Austastsignale sowie die Synchronisationssignale für die einzelnen Zeilen und Halbbilder. Im Englischen wird das BAS-Signal auch als VBS (Video Blanking Sync) bezeichnet. Die Abkürzung VBS steht nicht selten auch für die Bezeichnung Video Baseband Signal.

Von seinem Prinzip her ist das BAS-Signal in allen Fernsehnormen ähnlich; aufgrund der unterschiedlichen Zeiten für die Bild- und Zeilenlänge (Bildsignal), die Austastzeiten (Austastsignal) und Synchronimpulse (Synchronsignal) jedoch nicht generell vergleichbar.

Abbildung 83 soll insofern exemplarisch die Funktionsweise eines BAS-Signals anhand einer sogenannten Grautreppe darstellen. Da es sich um eine farblose (unbunte) Bildwiedergabe handelt, werden hier Bildpunkte mit verschiedenen Helligkeiten abgetastet. Zur Erinnerung: helle Bildpunkte entsprechen einem hohen Videosignal, dunkle Bildpunkte einem geringen. Dabei reicht die Spannungsdifferenz von 0 bis 0,7 Volt (V), wobei der Minimalwert etwas über Null (0,01) liegt, der auch als Schwarzabhebung bezeichnet wird.

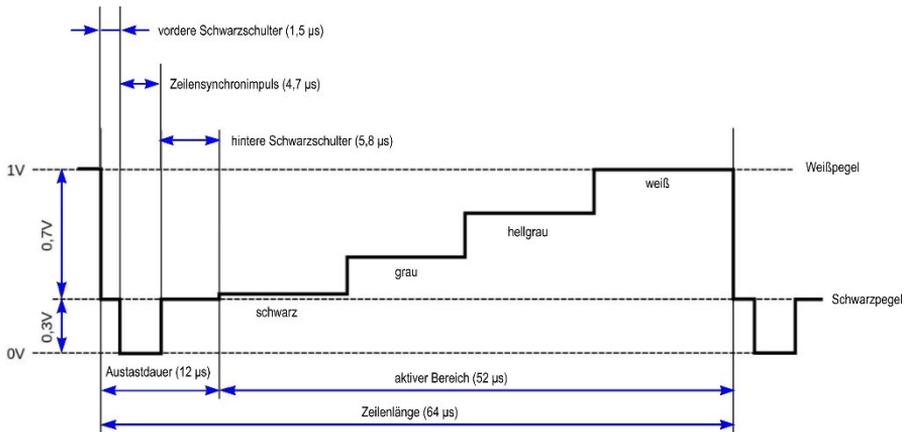


Abbildung 97: Zeitlicher Ablauf einer Bildzeile des Fernsehsignals am Beispiel einer Grautreppe

Wie bereits erwähnt, wird bei den europäischen Fernsehnormen (z.B. PAL) mit 25 Bildern pro Sekunde und bei SD-Signalen im Zeilensprungverfahren gearbeitet. Die Bilddauer eines Vollbildes beträgt 40 Millisekunden (ms) und die entsprechende Halbbilddauer 20 Millisekunden. Da pro Vollbild 625 Zeilen geschrieben werden, ergibt sich daraus eine Zeilendauer von 64 Mikrosekunden (μs), wobei gilt:

$$1 \text{ Sekunde} = 1000 \text{ Millisekunden} = 1 \text{ Million Mikrosekunden} (10^6 \mu\text{s})$$

Im Zeilensprungverfahren werden jedoch nicht 25 Vollbilder mit je 625 Zeilen, sondern 50 Halbbilder mit je $312\frac{1}{2}$ Zeilen übertragen. Somit ergeben sich eine Halbbildwechselfrequenz (Vertikalfrequenz) von 50 Hz und eine Zeilenwechselfrequenz (Horizontalfrequenz) von 15,625 Hz, denn

$$25 \cdot 625 = 50 \cdot 312\frac{1}{2} = 15\,625 \text{ Hz.}$$

Die Basis für die unterschiedlichen Werte von Videosignalen bildet insofern die Zeilenzahl (vgl. Abbildung).

| Norm | CCIR (Westeuropa) | OIRT (Osteuropa) | FCC (USA/Japan) |
|-------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Zeilenzahl | 625 | 625 | 525 |
| Halbbildwechselfrequenz | 50 Hz | 50 Hz | 60 Hz |
| Zeilenfrequenz | 15.625 Hz | 15.625 Hz | 15.750 Hz |
| Videobandbreite | 5 MHz | 6 MHz | 4,2 MHz |
| Zeilendauer (H) | 64 μ s | 64 μ s | 63,5 μ s |
| Halbbilddauer | 20 ms | 20 ms | 16,667 ms |

Abbildung 98: Übersicht der unterschiedlichen Videosignale

Wie im Kapitel über das Zeilensprungverfahren ausgeführt, darf der Elektronenstrahl nicht sichtbar sein, wenn er vom Ende der Zeile zum Anfang der neuen Zeile zurückspringt. Er wird innerhalb einer bestimmten Zeit ausgeschaltet beziehungsweise ausgetastet. Für diesen horizontalen Strahlrücksprung wurde zu Beginn der Fernsehtechnik ein Zeitraum von 12 Mikrosekunden (μ s) festgelegt, der als horizontale Austastlücke bezeichnet wird (vgl. Abbildung).

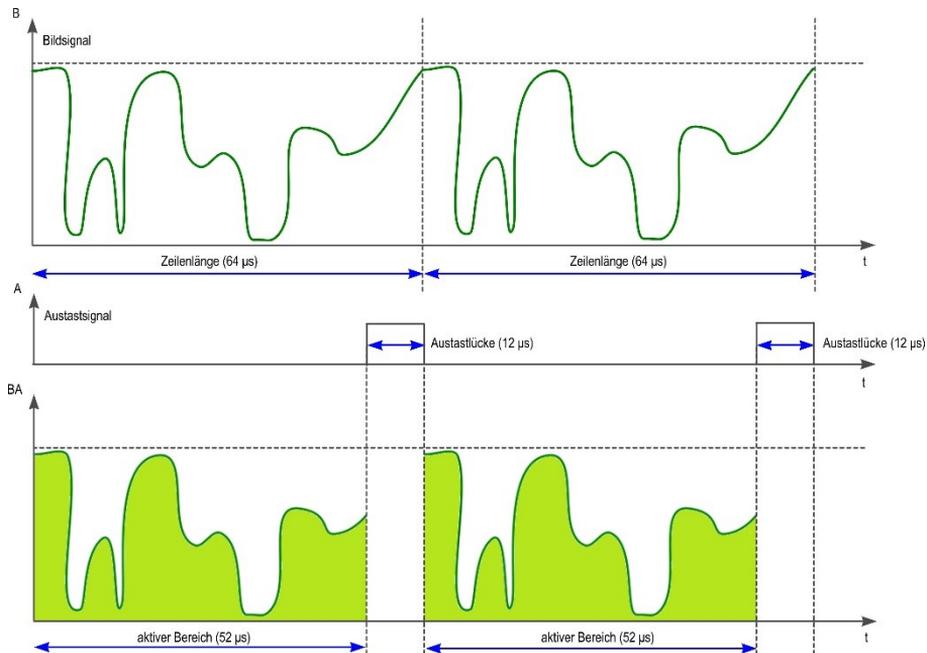


Abbildung 99: Horizontalaustattung mit Austastlücke (vereinfachte Darstellung)

Da der Schwarzpegel beziehungsweise Schwarzwert bei 0,01 V liegt, beträgt der Pegel der horizontalen Austastlücke tatsächlich 0 V. Der Weißpegel oder auch Weißwert, also der Maximalwert, ist mit 0,7 V festgelegt. Wenn keine Spannung (0 V) anliegt, dann ist der Bildschirm ebenfalls schwarz. Zur Unterscheidung zwischen Austastwert bei Abschaltung des Elektronenstrahls und Schwarzwert wurde deshalb für das Bildsignal die sogenannte Schwarzabhebung eingestellt, deren Wert bei ca. 0 bis 0,2 Prozent des Abstandes zwischen Maximalspannung (Weiß) und Austastlücke liegt.

Allerdings wird in modernen Geräten auf die Schwarzabhebung nicht selten verzichtet, um eine bessere Ausnutzung des gesamten Pegelbereiches zu erzielen. Im Zeitalter der Quantum-Dots oder OLED-Displays können die sogenannten Subpixel einfach ausgeschaltet werden, ohne dass man gleich am Fernseher den Stecker ziehen muss.

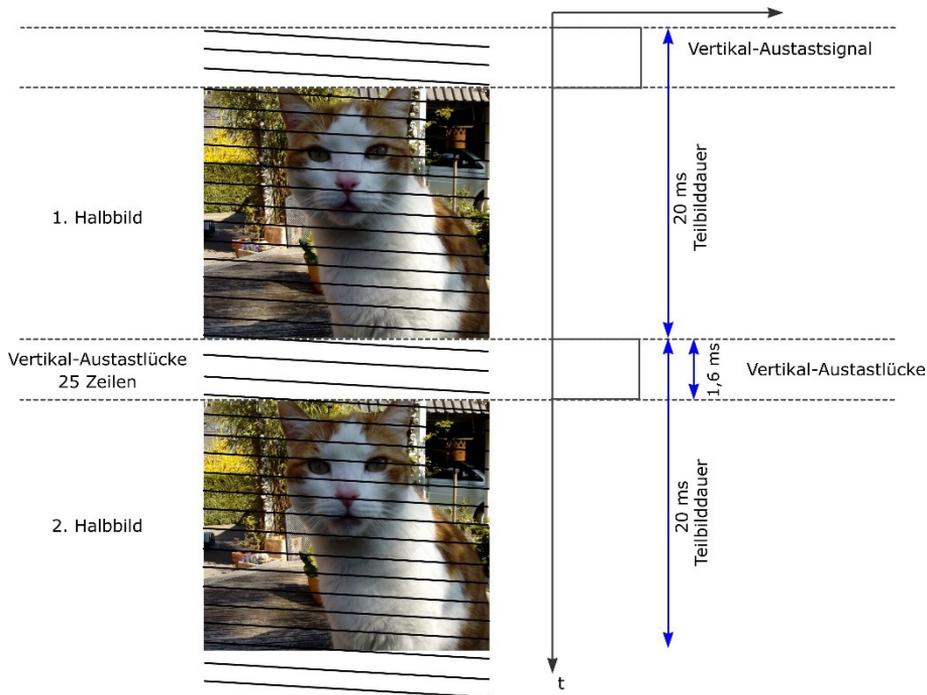


Abbildung 100: Vertikalaustastung mit Austastlücke (vereinfachte Darstellung)

Der Elektronenstrahl springt jedoch nicht nur vom Zeilenende zum Zeilenanfang, sondern auch pro Halbbild von rechts unten nach links oben. Bei der sogenannten vertikalen Austastlücke wird ähnlich verfahren wie bei der horizontalen Austastlücke. Für die Vertikalaustastlücke wurde historisch ein Zeitraum von 1,6 Millisekunden (ms) festgelegt, da der Weg über die Bildschirmdiagonale weitaus länger ist. Das heißt, für die Dauer von 25 Zeilen

pro Halbbild ist der Elektronenstrahl ausgeschaltet beziehungsweise ausgetastet. Daraus ergibt sich, dass im 50-Hz-System bei der Vertikalaustastung von 625 Zeilen effektiv nur 575 Bildzeilen sichtbar sind. Deshalb beträgt die nutzbare (aktive) Zeilendauer nicht 64 μs , sondern lediglich 52 μs (vgl. Abbildungen).

Sogenannte Synchronsignale sorgen nun abschließend dafür, dass die Zeilen im Empfänger genauso geschrieben werden, wie sie vorab von der AufnahmeSeite erzeugt wurden. Der Pegel der Synchronsignale liegt dabei noch unter dem Austastwert, sodass sie „unsichtbar“ beziehungsweise „schwärzer als schwarz“ sind (vgl. Abbildung).



Abbildung 101: Aussteuerbereich des BAS-Signals

Allerdings ist es wichtig, dass sich die Synchronsignale für die Horizontal- und Vertikalablenkung eindeutig unterscheiden. Für eine einfache Trennung in Zeilen-Synchronimpulse (horizontal) und Bild-Synchronimpulse (vertikal) im Empfänger werden diese mit unterschiedlichen Merkmalen sowie einer unterschiedlichen Impulsdauer übertragen.

Hierzu wird bei der horizontalen Synchronisation nach jeder Zeile ein Rechtecksignal in der Horizontalaustastlücke positioniert, das auch als H-Synchronimpuls bezeichnet wird. Dieser liegt zwischen der vorderen und der hinteren Schwarzscher. Beim Strahlrücklauf bestimmt so die Vorderflanke des Impulses das Einsetzen der Synchronisierung. Die Dauer dieses H-Synchronimpulses beträgt etwa 4,5 μs bis 5 μs .

Die vordere Schwarzscher ist dafür verantwortlich, dass der Zeilenrücklauf präzise in die Austastlücke fällt. Die hintere Schwarzscher übernimmt hingegen die Aufgabe eines Bezugspegels und dient parallel der Übertragung zusätzlicher Signale, beispielsweise des Farb-Synchronsignals (vgl. F-BAS-Signal). Bei der Vertikalaustastung wird nach dem gleichen Prinzip verfahren,

allerdings ist der V-Synchronimpuls mit 2,5 H-Perioden wesentlich länger als der Horizontal-Synchronimpuls (etwa 0,07 H-Perioden).

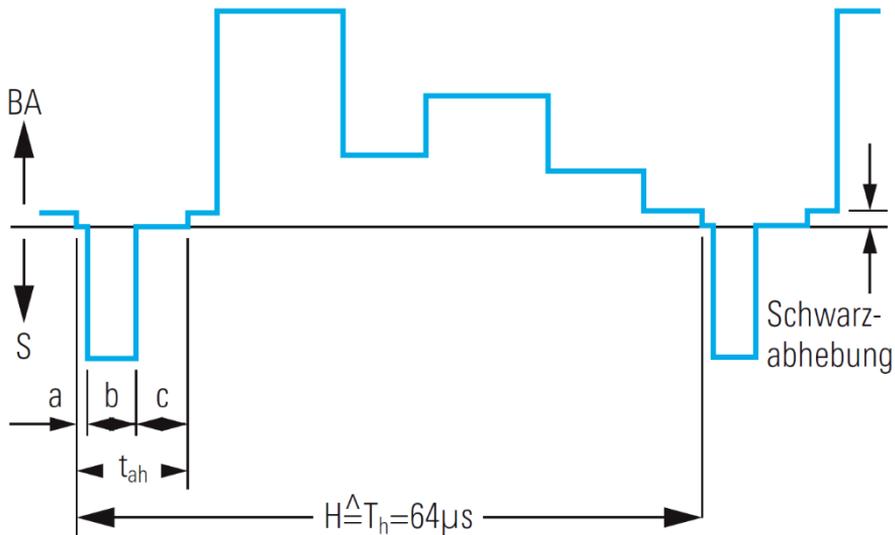


Abbildung 102: Horizontal-Synchronsignal
(Rudolf Mäusl²⁰; R&S-Repetitorium Fernsehtechnik)

Um unsymmetrisches Halbbildschaltverhalten und damit eine paarige Rasterstruktur zu vermeiden, ist es wichtig, die beiden Halbbilder zu unterscheiden. Hierzu dienen die sogenannten Vor- und Nachtrabanten (Pre- & Pro-Equalizing Pulses), die quasi dieselben Anfangsbedingungen für die Integration der Halbbilder schaffen. Dazu wird vor der Bildumschaltung am Ende des ersten Halbbildes nur eine halbe Zeile geschrieben, während das zweite Halbbild mit einer kompletten Zeile endet. Der Strahlrücksprung wird durch einen Kondensator der RC-Kombination ausgelöst, der bei jedem Synchronimpuls geladen wird. Jedoch benötigt er für den Strahlrücksprung eine besonders hohe Kondensatorspannung, die nur erreicht werden kann, wenn ein möglichst langer Impuls vorliegt. Deshalb beträgt die Impulsdauer bei einem Bildwechsel im 625-Zeilensystem genau 2,5 Zeilen (beim 525-Zeilensystem: drei Zeilen).

So erklärt sich im Übrigen auch die Zählweise der Bildzeilen in der Fernsehtechnik. Üblicherweise werden die aufeinanderfolgend übertragenen Zeilen durchlaufend nummeriert. Dabei beginnt das erste Halbbild mit der Vorderflanke des Vertikal-Synchronimpulses. Im 625-Zeilensystem weist dieses erste Halbbild somit 312,5 Zeilen auf. Allerdings fallen die ersten 22,5 Zeilen in

²⁰ Professor Rudolf Mäusl, Fachhochschule München, Repetitorium „Rohde & Schwarz“

die Vertikal-Austastlücke. Entsprechend beginnt das aktiv genutzte Bild erst mit der halben Zeile 23 und endet mit Zeile 310.

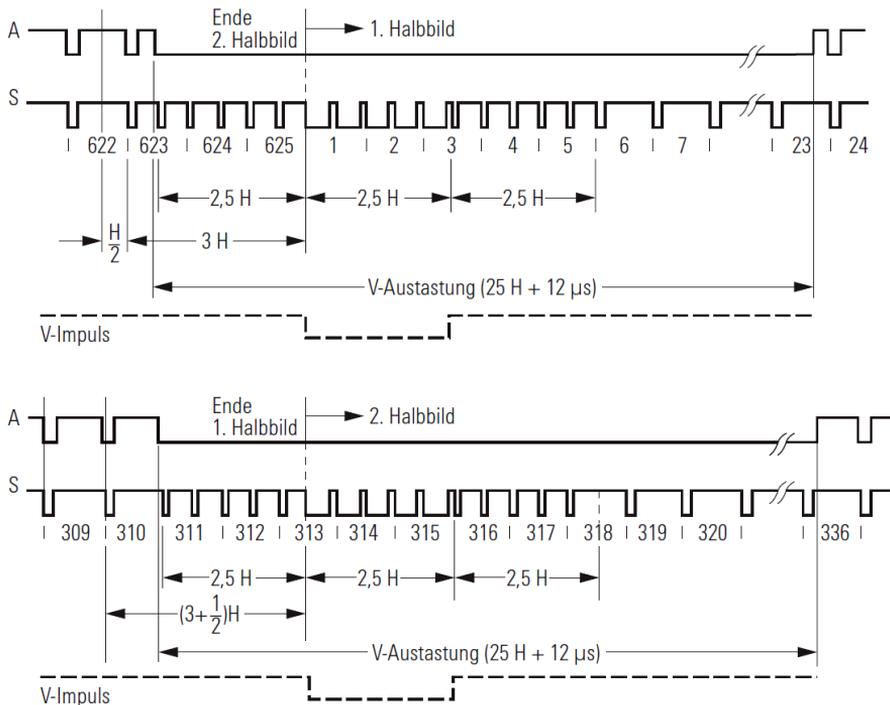


Abbildung 103: Vertikal-Synchronsignal
(Rudolf Mäusl; R&S-Repetitorium Fernsehtechnik)

Die Vortrabanten für dieses erste Halbbild werden bereits in den letzten 2,5 Zeilen des vorherigen Bildes übertragen. Ebenso wie beim zweiten Halbbild. Deshalb beginnt das zweite Halbbild erst in der Mitte der 313sten Zeile mit der nächsten Austastlücke. Das aktive Bild startet somit ab Zeile 336 (vgl. Abbildung). Zur Komplettierung des BAS-Signals wird das Synchronsignal (S) in einer Signalmischstufe pegelgerecht dem BA-Signal zugesetzt. Entsprechend ergibt sich aus der Differenz der Zeilenzahl der beiden Halbbilder (625) sowie Austastlücke und den Vor- und Nachtrabanten ($2 \times 22,5 + 2 \times 2,5 = 50$) eine effektive Anzahl von 575 aktiven beziehungsweise sichtbaren Bildzeilen. Bei Röhrenmonitoren wurden die Bildränder üblicherweise horizontal und vertikal überschrieben, um schwarze Bildränder zu vermeiden (Overscan). Bei Studiomonitoren sind die 575 aktiven Bildzeilen jedoch in voller Breite sichtbar (Underscan). Auch Flachbildschirme zeigen das volle Bild. Hier werden die Bildränder nur noch minimal überschrieben (ca. 7 Prozent), damit alle bildwichtigen Elemente genügend Abstand zum Bildrand haben.

Das Chrominanz-Signal (Farbsignalcodierung)

Bei der Entwicklung der Farbfernsehgeräte bestand die Herausforderung darin, im Bereich der Standard-Definition-Auflösung dem BAS-Signal weitere Farbdifferenzsignale zuzufügen, ohne dass die Übertragungsbandbreite des BAS-Signals erhöht wird. Eine weitere Forderung war, dass ein Schwarz-Weiß-Empfänger ein übertragenes Farbbildsignal auch als fehlerfreies Schwarz-Weiß-Bild empfangen und wiedergeben kann (Kompatibilität). Andererseits sollte umgekehrt sichergestellt werden, dass auch ein Farbfernsehempfänger ein monochromes Videosignal als einwandfreies Schwarz-Weiß-Bild darstellen kann (Rekompatibilität).



bunte Bildvorlage

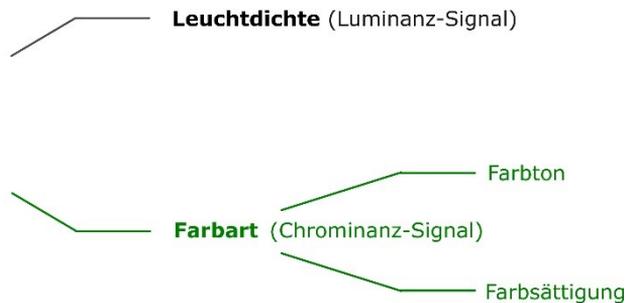


Abbildung 104: Darstellung einer farbigen Bildvorlage

Für die zusätzlichen Farbinformationen muss nunmehr bei der Wiedergabe der farbigen Bildvorlage zum Luminanz-Signal (Leuchtdichte-Signal) ein sogenanntes Chrominanz-Signal (Farbart-Signal) übertragen werden. Neben der Helligkeits- beziehungsweise Leuchtdichte-Verteilung soll also die Übermittlung von Informationen über die Farbart der einzelnen Bildpunkte innerhalb des verfügbaren Frequenzbandes des BAS-Signals an den Empfänger erfolgen. Dieses Farbartsignal beinhaltet Informationen sowohl über den Farbton als auch die Farbsättigung (vgl. Abbildung).

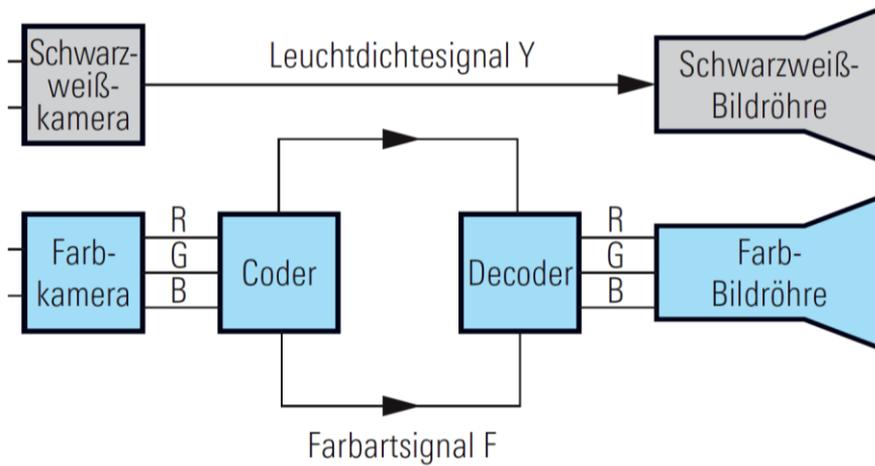


Abbildung 105: Schema kompatible Farbbildübertragung
(Rudolf Mäusl; R&S-Repetitorium Fernsehtechnik)

Die relativen Helligkeitsbeiwerte werden auf Basis einer Normierung aus den entsprechenden Werten der Augenempfindlichkeitskurve ermittelt und wie folgt berechnet:

$$h_r = \frac{h_{(R_e)}}{\Sigma h} = \frac{0,47}{1,56} = 0,30$$

$$h_g = \frac{h_{(G_e)}}{\Sigma h} = \frac{0,92}{1,56} = 0,59$$

$$h_b = \frac{h_{(B_e)}}{\Sigma h} = \frac{0,17}{1,56} = 0,11$$

Abbildung 106: Berechnung der Helligkeitsbeiwerte

Auf eine fundierte mathematische Herleitung soll im Rahmen dieses Praxishandbuches verzichtet werden. Grundsätzlich ist jedoch festzustellen, dass für das Luminanz-Signal (Y) die folgende Gleichung gilt, die eine der wichtigsten Beziehungen der Farbfernsehtechnik darstellt:

$$Y = 0,30 \cdot R + 0,59 \cdot G + 0,11 \cdot B.$$

In der folgend abgebildeten Tabelle werden die Signale dargestellt, die sich für eine sogenannte Normfarbbalkenfolge ergeben. Eine solche Bildvorlage mit acht Farbbalken besteht aus den drei Primärfarben und den dazugehörigen Komplementärfarben sowie den Unbunt-Stufen Weiß und Schwarz. Dabei steigen die Frequenzen von Gelb zu Blau - ähnlich wie die Wellenlängen im Farbspektrum.

| Bildvorlage | R | G | B | Y |
|---|---|---|---|------|
| Weiß | x | x | x | 1,00 |
| Gelb (R + G) | x | x | 0 | 0,89 |
| Cyan (G + B) | 0 | x | x | 0,70 |
| Grün | 0 | x | 0 | 0,59 |
| Purpur (R + B) | x | 0 | x | 0,41 |
| Rot | x | 0 | 0 | 0,30 |
| Blau | 0 | 0 | x | 0,11 |
| Schwarz | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rot = 0,30 Grün = 0,59 Blau = 0,11 | | | | |

Abbildung 107: Signale der Normfarbbalkenfolge

Voraussetzung für die Farbbildwiedergabe ist die Gewinnung der jeweiligen Farbinformationen aus der bunten Bildvorlage. Dazu werden zunächst die Farbdifferenzsignale zu einem Chrominanz-Signal zusammengefasst. Hierbei handelt es sich um Farbwertsignale, die aus den Primärfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B) sowie aus dem Luminanz-Signal (Y) gebildet werden. Diese werden auch Farbdifferenzkomponenten (R-Y, G-Y, B-Y) genannt. Da es zu umständlich wäre, das Signal für die Farbe direkt aus den Farbwertsignalen zu gewinnen, wird es aus den um den Leuchtdichteanteil reduzierten Farbwertsignalen ermittelt, was gleichbedeutet mit den Farbdifferenzsignalen (R-Y, G-Y, B-Y) ist.

Zur Bildung des Farbartsignals, das die nötigen Informationen über den Farbton und die Farbsättigung enthält, genügen bereits zwei Farbdifferenzsignale R-Y (Rot) und B-Y (Blau), die durch Quadraturmodulation eines 4,43-MHz-Trägers zusammengefasst werden. Das Grün-Signal (G-Y) wird nicht übertragen, sondern auf der Empfängerseite rechnerisch durch eine Matrix rekonstruiert (PAL-System). Die beiden übertragenen Farbdifferenzsignale enthalten jeweils nur eine Information über die Farbart, während bei unbunten Bildvorlagen der Wert 0 erreicht wird.

Insofern gibt die Amplitude der Farbdifferenzsignale die jeweilige Abweichung der Farbart vom Unbunt-Wert an. Sie ist somit das Maß für die Farbsättigung. Hingegen wird der Farbton durch das Verhältnis der Amplituden sowie das entsprechende Vorzeichen der Farbdifferenzsignale bestimmt. Hierbei ist eine Übermodulation bis zum Wert 133 Prozent beziehungsweise -33 Prozent zulässig, die besonders im Zusammenhang mit der Darstellung der Farben Gelb und Cyan Anwendung findet, da ihre jeweiligen Chrominanz-Amplituden zu den höchsten Luminanz-Pegeln addiert werden (vgl. folgende Abbildung).

Im Rahmen der Amplituden-Modulation (AM), das heißt im Modulationsverfahren, bei dem das Informationssignal auf die Amplitude einer Trägerfrequenz moduliert wird, gilt für 100 % Gelb:

$$\text{(Luminanz-Signal) } Y = 0,3 R + 0,59 G = 0,89$$

$$\text{(Farbdifferenzsignale) } R - Y = 1 - 0,89 = 0,11 \text{ sowie } B - Y = - 0,89$$

und für 100 % Cyan:

$$\text{(Luminanz-Signal) } Y = 0,59 G + 0,11 B = 0,70$$

$$\text{(Farbdifferenzsignale) } R - Y = - 0,70 = \text{ sowie } B - Y = 1 - 0,70 = 0,30.$$

Diese Übermodulation der Farben Gelb und Cyan wird in der Praxis häufig durch eine Verminderung des Farbpegels kompensiert. Bei der Signalprüfung wird deshalb anstelle eines 100/100-Farbbalkens ein 100/75-Farbbalken verwendet, bei dem alle RGB-Farbsignale maximal 75 Prozent Pegel aufweisen und damit unterhalb der Maximalwerte (im FBAS-Signal) liegen. Das unbunte Weiß bildet hier eine Ausnahme, da dieses Signal dem höchsten Helligkeitswert entspricht (Weißwert = 100 Prozent). Da Schwarz einen Signalpegel von knapp 0 Prozent erreicht, spielt der Schwarzwert im Kontext der Modulation ebenfalls keine Rolle.

Im Kapitel über die Wahrnehmung wurde bereits beschrieben, dass das menschliche Auge für farbige Bilddetails über ein weitaus geringeres Auflösungsvermögen verfügt, als dies bei Helligkeitsänderungen der Fall ist. Deshalb genügt es, die Bandbreite für das Farbart- beziehungsweise Chrominanz-Signal auf einen Wert von 1,5 MHz zu begrenzen, während das Luminanz-Signal bei der vollen Bandbreite von 5 MHz übertragen wird.

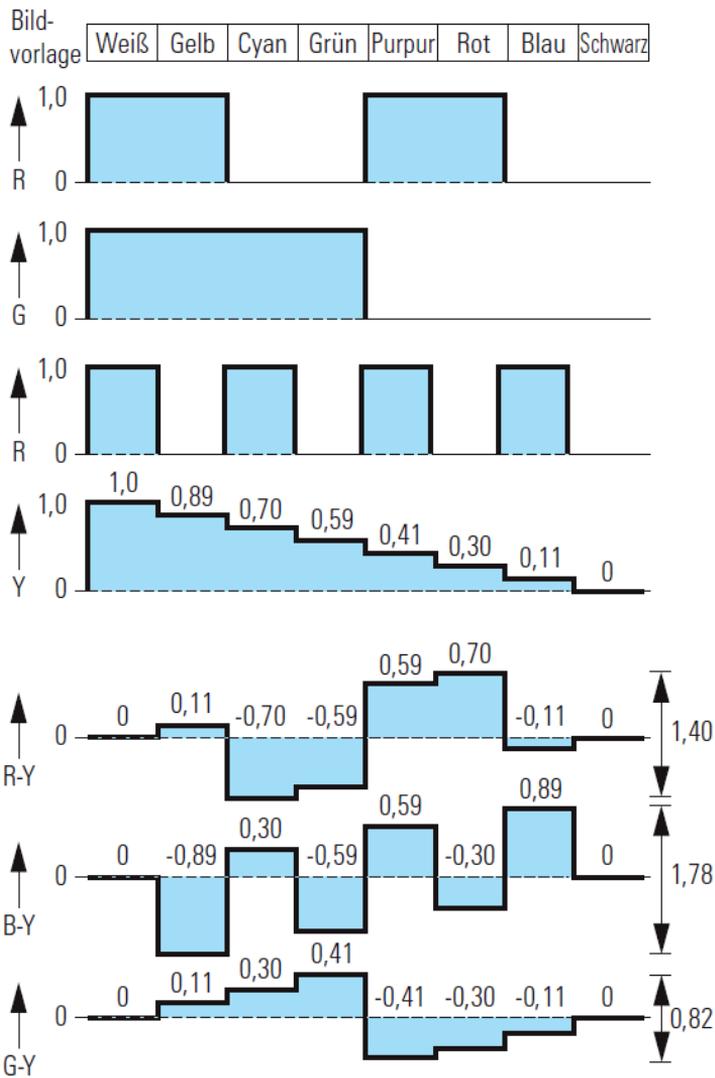


Abbildung 108: Farbwertsignale, Leuchtdichtesignale, Farbdifferenzsignale bei der Normfarbbalken-Bildvorlage (Rudolf Mäusl; R&S-Repetitorium Fernsehtechnik)

Für die Einhaltung der zu Beginn dieses Kapitels beschriebenen Übertragungsbandbreite werden darüber hinaus die Lücken im Spektrum des BAS-Signals genutzt, da die Zeilenstruktur des Luminanz-Signals (Y) in etwa dem des Chrominanz-Signals (C) entspricht und damit beide Signale über ähnliche Lücken im Amplitudenspektrum verfügen. Dadurch können die Spektren der Y- und C-Signale gerade ineinander „verkämmt“ werden (vgl. folgende Abbildung).

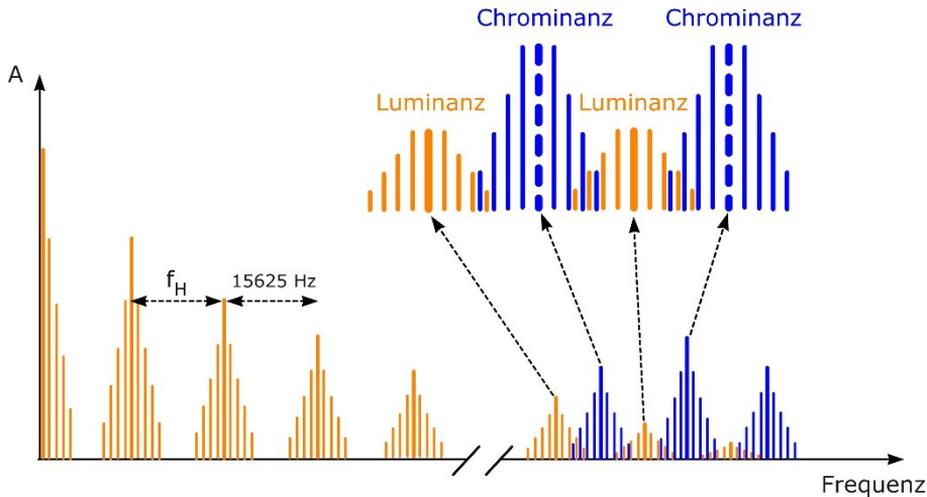


Abbildung 109: Spektrale Verkämmung von Y- und C-Signalen

FBAS-Signal

Die Zusammenfassung der Farbdifferenzsignale mit dem BAS-Signal wird Farb-Bild-Austast-Synchronsignal (FBAS-Signal) oder auch Farb-BAS-Signal beziehungsweise CVBS (Color Video Blanking Sync) genannt. Beim umgangssprachlich oft als „Fernsehsignal“ bezeichneten FBAS-Signal werden also die Y- und C-Amplitudenwerte zu einem Y-Signal addiert beziehungsweise überlagert. Damit wird unter anderem die zuvor erwähnte Forderung nach Kompatibilität erreicht, die das Schwarz-Weiß-Sehen auf einem Farbfernsehgerät ermöglicht. Das FBAS-Signal ist das Standardvideosignal (Composite-Signal) und benötigt lediglich eine Leitung.

Weitere Farbvideosignale

Es gibt allerdings verschiedene Möglichkeiten, das Farbvideosignal zu übertragen. Bei einem analogen Komponentensignal, das aus drei getrennten Informationen (Luminanz-Signal und zwei Farbdifferenz-Signalen) besteht und mithilfe von drei gleichlangen Videokabeln übertragen wird, ist die Bandbreite – vor allem im Vergleich zum FBAS-Signal – außerordentlich hoch. Wichtig zu wissen ist in diesem Zusammenhang, dass man ein Komponentensignal zwar zu einem FBAS-Signal qualitätsreduzierend codieren kann, allerdings der umgekehrte Weg nicht möglich ist. Die einmal reduzierte Frequenzbandbreite ist nicht wiederherstellbar und kann auch als solche nicht erkannt werden. Denn leider ist einem vermeintlichen Komponentensignal der eigentliche Ursprung aus einem FBAS-Signal nicht anzusehen (PAL Footprint). Insofern sollte auf eine solche Codierung nach Möglichkeit verzichtet werden.

Bei dem RGB-Signal-Verfahren hingegen, das auf die drei Grundfarben (Rot, Grün, Blau) zurückzuführen ist, werden allein für die Farbinformationen drei Übertragungskanäle beansprucht. Für das Synchronisationssignal wird in der Regel noch eine vierte Signalleitung benötigt, was insgesamt ein hohes Maß an Bandbreite (drei Mal so viel) und Leitungsvolumen nach sich zieht. Insofern kann dieses Verfahren nur für kurze Übertragungsstrecken verwendet werden, jedoch gewährleistet die RGB-Übertragung grundsätzlich eine sehr gute Bildqualität. Die Übertragung vom Computer zum Farbmonitor ist wohl die gängigste Anwendung in der Praxis.

Werden die Y- und C-Signale auf separaten Leitungen übertragen, spricht man auch von einem sogenannten Y/C-Signal, das insbesondere bei hochwertigen analogen Heimsystemen und semiprofessionellen Geräten (S-VHS, Hi8, Computerschnittsysteme) Anwendung findet oder fand. Im Zusammenhang mit diesem Y/C-Signal wird diese Form der Signalübertragung auch als S-Video bezeichnet, die die Farbauflösung und damit seinerzeit die Bildqualität erheblich verbesserte.

Farbsignalhierarchie

Zusammenfassend stellt die folgende Übersicht (Abbildung 96) die verschiedenen Farbsignalcodierungen in ihrer qualitativen Hierarchie dar. Wie bereits ausgeführt, bietet das RGB-System die höchste Farbsignalqualität, nicht zuletzt weil alle drei Signale getrennt und mit hohen Spannungswerten übertragen werden ($3 \times 0,7 \text{ V}$). Beim Komponentensignal ist die Bandbreite etwas geringer (zirka 2 MHz), allerdings ist visuell kaum ein Unterschied zum RGB-System zu erkennen. Bei allen weiteren Varianten werden die Komponenten zusammengefasst, das heißt, die Farbdifferenzsignale werden moduliert und dabei die Bandbreite auf etwa 1,3 MHz reduziert, was weitere Qualitätseinbußen nach sich zieht. Aufgrund der anschließenden Demodulation (Decodierung), die insbesondere bei PAL und NTSC die weiter unten beschriebenen Cross-Color- und Cross-Luminanz-Störungen mit sich bringen, muss mit weiteren Qualitätsverlusten gerechnet werden.

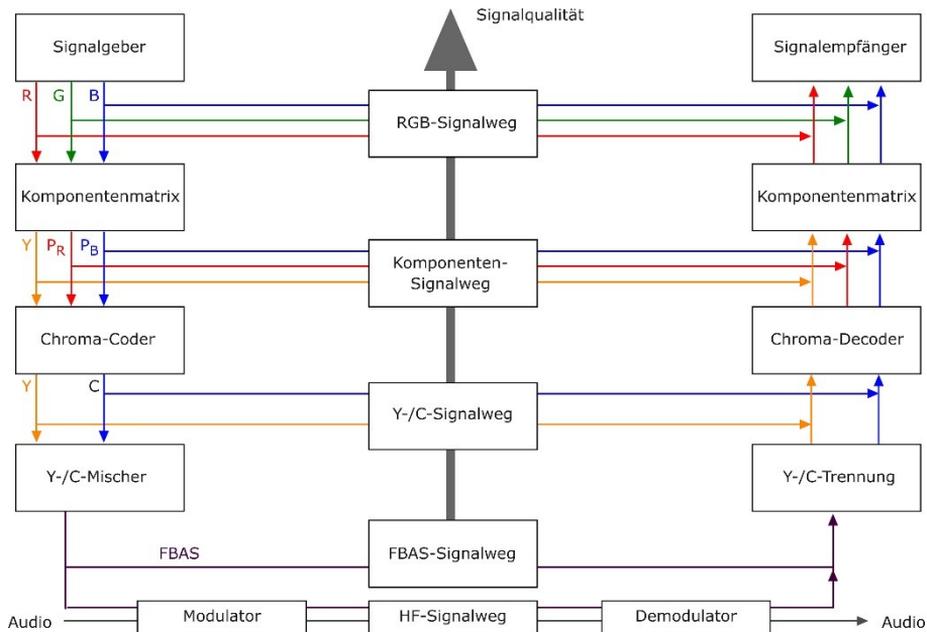


Abbildung 110: Farbsignalarbeitung

Farbfernsehsysteme

Unmittelbar nach der Erfindung des Fernsehens wurde bereits an der Entwicklung des Farbfernsehens gearbeitet. Schon im Jahre 1938 ließ sich Werner Flehsig sein Prinzip der Bilderzeugung in einer Farbbildröhre patentieren. Zwei Jahre später erfand der Mexikaner Guillermo González Camarena das System zur Farbbildübermittlung. Das amerikanische Fernsehnetzwerk CBS übertrug im Jahre 1943 farbige Fernsehbilder mit nur 405 Zeilen und 144 Bildern pro Sekunde, wobei diese nicht kompatibel waren mit dem seinerzeit bereits eingeführten Schwarz-Weiß-System mit 525 Bildzeilen. Eine gewisse Qualität sollte sich erst im Oktober 1953 einstellen, als in den USA regelmäßig Farbfernsehen übertragen wurde, das nun auch mit herkömmlichen Schwarz-Weiß-Fernsehgeräten wiedergegeben werden konnte.

In Deutschland erfolgte der Startschuss für das serienmäßige Farbfernsehen erst im Jahre 1967 auf der 25. Funk-Ausstellung in West-Berlin, und zwar am 25. August 1967, um 10:57 Uhr, durch Vizekanzler Willy Brandt. Um 14.30 Uhr übertrugen ARD und ZDF in einem Gemeinschaftsprogramm den französischen Spielfilm „Cartouche, der Bandit“, der die Aufgabe einer Testsendung übernahm. Das Versandhaus Neckermann vertrieb für stolze 1840 DM das preiswerteste deutsche Fernsehgerät aus dem Hause Körting Radio Werke GmbH. Grundsätzlich lag der Preis der anderen Händler zwischen 2000 und

2400 DM, was relativ teuer war. Denn das Automodell VW 1200 von Volkswagen, das auch als „Sparkäfer“ bekannt wurde, kostete damals vergleichsweise 4525 DM.

In der DDR wurde das Farbfernsehen am 3. Oktober 1969 eingeführt – in Verbindung mit der Einweihung des Berliner Fernsehturms. Wie in den überwiegenden Teilen Osteuropas wurde auch in der DDR das SECAM-System verwendet. Insofern war es ein Problem, das farbige DDR-Fernsehen auf westdeutschen Geräten zu empfangen. Allerdings wurden hierzu sehr bald PAL-SECAM-Decoder angeboten, damit auch die „DDR-Farbe“ empfangen werden konnte.

NTSC-Verfahren

Zu Beginn der 1950er Jahre wurde in den USA die bis dahin bestehende Fernsehnorm auf das Farbfernsehen übernommen und als erstes Farbfernsehensystem standardisiert. Mit dem NTSC-Verfahren (National Television Systems Committee) konnte nunmehr Farbfernsehen empfangen werden. Unter heutigen Maßstäben kaum noch vorstellbar, musste diese Farbe seinerzeit allerdings von Hand eingestellt werden, und zwar mehrfach während einer Sendung. Da es ebenfalls noch keine Fernbedienung gab, mussten die Zuschauer an den Geräten immer wieder aufstehen, was den NTSC-Empfängern auch die scherzhafte Bezeichnung „slimming machines“ (Abmagerungsgeräte) einbrachte. Für das Akronym NTSC wurde vor diesem Hintergrund auch bald ein weiterer Name in der Umgangssprache gefunden: „Never The Same Color“ (niemals dieselbe Farbe).

NTSC beziehungsweise die FCC-M-Norm ist in den USA bis heute gültig. Mit einer Videobandbreite von 4,2 MHz und einem Bild-Tonträger-Abstand von 4,5 MHz basiert diese Norm auf dem Zeilensprungverfahren, bei dem 60 (eigentlich nur 59,94) Halbbilder pro Sekunde und 525 Zeilen pro Vollbild übertragen werden.

Da die Videobandbreite oder auch maximale Frequenz 4,2 MHz beträgt, wurde für die Farbhilfsträger-Frequenz ein optimaler Wert von 3,6 MHz festgelegt. Die Bildwechselfrequenz wurde gegenüber dem Schwarz-Weiß-Fernsehen von 30 Hz auf 29,97 Hz reduziert. Grund dafür waren Kompatibilitätsgründe und die Vermeidung beziehungsweise Minimierung von Interferenzen zwischen den Ton- und Farbhilfsträger-Frequenzen (Abstand: 4,5 MHz). Denn die Tonträger-Frequenz sollte genau das 286-fache der Zeilenfrequenz betragen.

Würde man 30 Voll-/60 Halbbilder zugrunde legen ($525 \cdot 30 = 15.750$), würde die Gleichung mathematisch nicht aufgehen. Deshalb gilt:

$$4,5\text{MHz} : 286 = 15.734,265\text{Hz} = 525 \cdot 29,97\text{Hz} = 15.750\text{Hz} \cdot 1000 : 1001.$$

Auch weitere Systeme wurden dahingehend durch den Faktor 1000/1001 angepasst und somit die Bildwechselfrequenzen kompatibel gemacht. In der Kino-Filmtechnik (üblich: 24 Vollbilder pro Sekunde) wurde nach demselben Prinzip die Bildwechselfrequenz wie folgt reduziert:

$$24 \cdot 1000 : 1001 \text{ fps} = 23,976 \text{ fps}.$$

Über einen Halbzeilenoffset wird die Farbhilfsträger-Frequenz als ein halbzahliges Vielfaches der Horizontalfrequenz generiert und somit das Chrominanz-Signal gebildet. Hierzu dient die sogenannte Quadraturamplitudenmodulation (QAM), eine Kombination der Amplitudenmodulation und Phasenmodulation. Als Farbdifferenzsignale werden hier nicht U und V, sondern die Komponenten I (Inphase) und Q (Quadratur) verwendet (vgl. Abbildung).

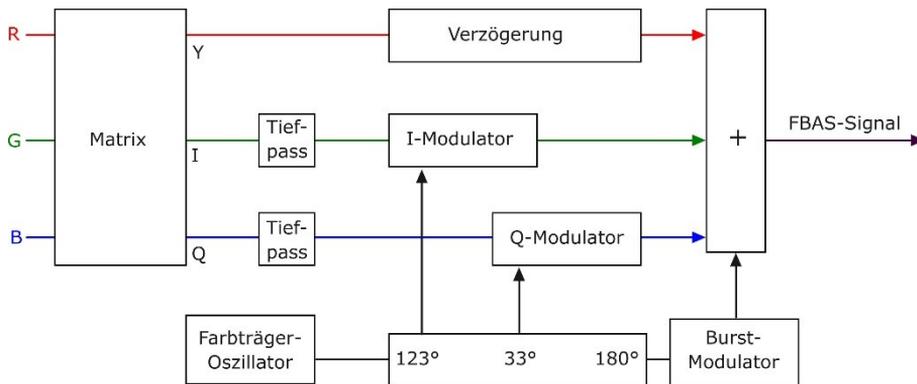


Abbildung 111: NTSC-Encoder und Eintastung des Burst

PAL-Verfahren

Gemeinsam mit dem SECAM-Verfahren wurde auch das in Westeuropa überwiegend verwendete PAL eingeführt. Zwar erst über zehn Jahre später (Mitte der 1960er Jahre), verfügte dieses System, das damals ausschließlich terrestrisch (also mithilfe einer Antenne) übertragen wurde, jedoch über eine deutlich bessere Farbtodarstellung. Abgesehen davon musste die Farbe nicht per Hand justiert werden.

Ein Grund für die bessere Farbqualität war die Erfindung des Fernsehponiers Walter Brauch, der seinerzeit das PAL-System entwickelte. Anders als beim NTSC addiert PAL zu einer Farbtonabweichung deren negative Kopie. Somit kompensiert das System auftretende Farbfehler. Durch diese Drehung beziehungsweise Spiegelung der Farbinformation um 180 Grad bei der Übertragung erhielt das System auch seinen Namen: Phase Alternating Line (deutsch: Wechseln der Phasenlage). Jedoch gab es umgangssprachlich auch hier interessante Kreationen. Eine davon war „Pay Additional Luxury“, was so viel bedeutet wie „bezahle für zusätzlichen Luxus“. Damit wurde auf die teure Technik zur Durchführung der elektrischen Addition abgezielt, da die entsprechende Schaltkomponente beziehungsweise piezoelektrische Ultraschall-Verzögerungsleitung aus nicht ganz preiswertem Quarzglas bestand.

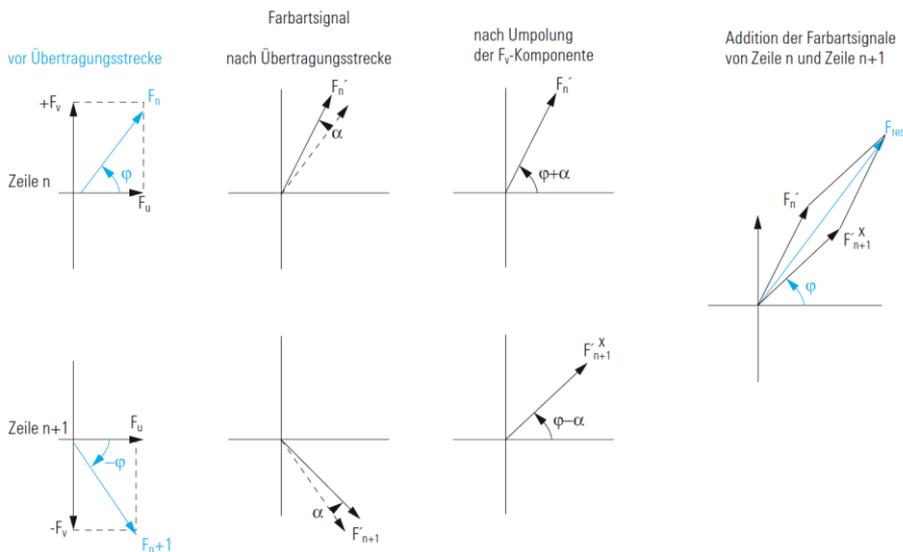


Abbildung 112: Kompensation eines Phasenfehlers beim PAL-Verfahren (Rudolf Mäusl; R&S-Repetitorium Fernsehtechnik)

Technisch gesehen unterscheiden sich die Verfahren zur Farbfernsehübertragung (NTSC, PAL, SECAM) lediglich hinsichtlich der Modulation des Farbträgers. Allerdings weist das PAL-Verfahren gegenüber NTSC eine wesentlich geringere Störanfälligkeit sowohl im Bereich der statischen als auch differentiellen Phasenfehler auf.

Bei PAL wird eine Verzögerung des Farbsignals um die Dauer einer Zeile ($64 \mu\text{s}$) vorgenommen, die sogenannte PAL-Umschaltung. Anschließend werden das verzögerte und das unverzögerte Signal addiert, sodass jeweils zwei entgegengesetzt gerichtete Phasenfehler zeitlich zusammenfallen, die sich folgerichtig gegeneinander aufheben. Nach Reduzierung auf den halben Amplitudenwert resultiert daraus ein sogenanntes „Signal Fres“, dessen Phasenwinkel mit dem des gesendeten Farbsignals identisch ist. Damit bleibt der ursprüngliche Farbton grundsätzlich erhalten, weist aber eine geringere Entsättigung auf. Deshalb kann es zu Verfälschungen des Farbübergangs kommen, da hier davon ausgegangen wird, dass sich die Farbart in zwei aufeinanderfolgend übertragenen Zeilen nicht verändert. Jedoch nimmt das menschliche Auge bei horizontal verlaufenden Farbkanten verfälschte Farbübergänge nicht wahr.

SECAM

Allein aus der französischen Abkürzungen Séquentiel Couleur à Mémoire (SECAM) könnte man schließen, dass dieses Verfahren in Frankreich entwickelt wurde, obwohl dort ursprünglich PAL zur Anwendung kam. SECAM wurde insbesondere im sogenannten Ostblock (außer Rumänien) sowie in Griechenland und – jedenfalls anfänglich – im französischsprachigen Teil Belgiens verwendet.

Auch das SECAM-Verfahren geht wie PAL von der Annahme aus, dass das menschliche Auge eine verringerte Farbauflösung nicht wahrnimmt oder zumindest nicht als störend empfindet. Da sich auch hier die Farbinformation nicht wesentlich von Zeile zu Zeile ändern, müssen die Farbdifferenzsignale ($B - Y$) und ($R - Y$) auch nicht gleichzeitig, sondern vielmehr aufeinanderfolgend (pro Zeile) übertragen werden. Das Signal einer Zeile wird somit im Empfänger für die Dauer einer Zeile ($64 \mu\text{s}$) gespeichert und anschließend gemeinsam mit dem Signal der folgenden Zeile verarbeitet. In diesem Zusammenhang spricht man von einer sogenannten Verzögerungsleitung. Vor dem Hintergrund dieser sequenziellen (fortlaufenden) Methode wurde auch die Bezeichnung SECAM abgeleitet, die so viel wie „fortlaufendes Verfahren mit Speicher“ bedeutet.

Aufgrund der getrennten Übertragung der Farbdifferenzsignale ist es möglich, die Modulationsart frei zu wählen. SECAM arbeitet mit der Frequenzmodulation, was dieses Verfahren weniger stör anfällig macht. Dies begründet sich unter anderem in der Tatsache, dass nicht über die Phasenlage des Farbsignals die Farbinformationen übertragen werden, sondern über die Frequenz des Farbsignals, die wesentlich weniger von den Ausbreitungsbedingungen beeinflusst wird. Deshalb muss auch keine Farbkorrektur vorgenommen werden.

Jedoch weist das SECAM-Verfahren einige systembedingte Schwächen auf, die bei PAL so nicht gegeben sind. Ein Grund dafür ist, dass die genannte Frequenzmodulation an physikalische Grenzen trifft. So muss beispielsweise die Bezugsfrequenz des Demodulators äußerst konstant gehalten werden, damit es zu keiner Verfälschung der demodulierten Farbdifferenzsignale kommt. Dies ist mit einem höheren Aufwand verbunden. Denn der Farbträger wird im SECAM-Verfahren nicht unterdrückt, was bedeutet, dass vor allem wenig gesättigte Farben in einem Schwarzweiß-Empfänger (trotz Farbträgeroffset) ein Störmuster (Rauschstörungen) hervorrufen. Um solche Störungen zu verhindern, erfolgt sendeseitig eine Absenkung des Farbträgers (Preemphase) und im Empfänger eine anschließende Anhebung (Deemphase). Gerade in diesem Zusammenhang wurde das SECAM-Verfahren weiterentwickelt. Die Verminderung von Störmustern des Farbträgers wurde insbesondere in der letzten Variante (SECAM III b bzw. SECAM III opt.) berücksichtigt, indem die Farbträgerfrequenzen für die Farbdifferenzsignale (B-Y) und (R-Y) geringfügig verändert wurden.

Parallel entstand das SECAM IV, das auf Entwicklungen des russischen Forschungsinstitutes NIIT basiert. Dieses spezielle SECAM-Verfahren wird als NIR bezeichnet, wobei hier nur die lineare NIR-Variante der beiden russischen Standards gemeint ist. Grundsätzlich setzte sich aber auch in Osteuropa die SECAM-III-Version durch, vor allem weil das Prinzip von SECAM IV/Linear NIR im Gegensatz zu allen anderen Systemen (NTSC, PAL und SECAM III) Mängel aufweist. Diese hängen grundsätzlich mit der Modulation des Farbsignals zusammen, was zu einer unerwünschten Gesamt- oder aber Musterfärbung sowie zu einer Farb-Entsättigung führt (Chroma-Rauschen), die besonders bei Hauttönen (Gesichtsfarben) erkennbar ist.

Die Begriffe PAL und NTSC im Digitalfernsehen

Im heute fast vollständig verbreiteten digitalen Fernsehen gibt es die Entsprechungen zu PAL, SECAM und NTSC im eigentlichen Sinne nicht mehr, da das Helligkeitssignal und zwei Farbdifferenzsignale nicht mehr zusammengefasst, sondern getrennt übertragen werden (z.B. YCbCr-Format). Obwohl es also keinen Bezug mehr zu den analogen Farbkodierungen gibt, wird der Begriff PAL nach wie vor im Zusammenhang mit 576i/50-Signalen (NTSC für 480i/60-Signale) verwendet.

Modulation und Synchronisation

Ähnlich wie bei der Synchronisation des BAS-Signals muss es beim Farbvideosignal (FBAS) gelingen, im Fernsehempfänger die für die Übertragung zusammengefassten Farbdifferenzsignale beziehungsweise die addierten Y- und C-Amplitudenwerte wieder getrennt zu gewinnen. Wie bereits erwähnt, wird sowohl beim NTSC- als auch beim PAL-Verfahren hierzu eine sogenannte Doppel-Amplitudenmodulation oder auch Quadraturamplitudenmodulation (QAM) verwendet. Dabei handelt es sich um eine kombinierte Amplituden- und Phasenmodulation.

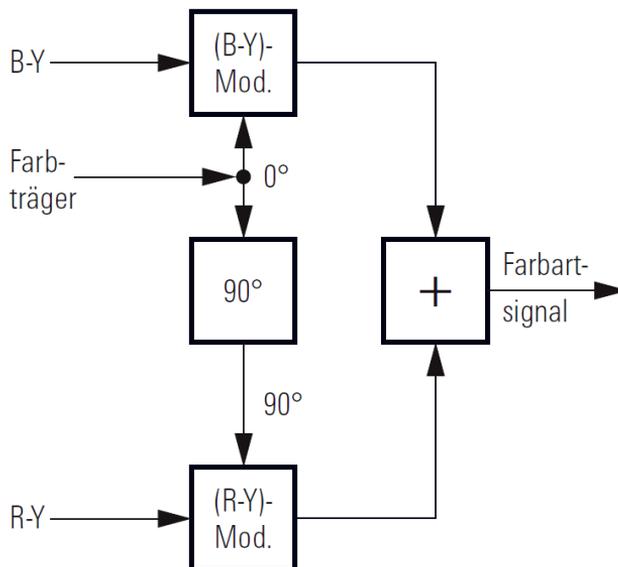


Abbildung 113: Quadraturmodulation
(Rudolf Mäusl; R&S-Repetitorium Fernsehtechnik)

Bei gleichzeitiger Trägerunterdrückung wird vom Farbträger eine 0° -Komponente durch das (B-Y)-Signal und eine 90° -Komponente durch das (R-Y)-Signal amplitudenmoduliert. Einfacher ausgedrückt: Das Farbsignalsignal wird für die Übertragung kodiert und im Empfänger wieder dekodiert (vgl. Abbildung).

Das Produkt einer solchen Quadraturmodulation ist eine modulierte Farbträgerschwingung, die auch als Farbsignalsignal bezeichnet wird. Für dessen Demodulation wird eine phasenrichtige unmodulierte Trägerschwingung benötigt. Die eigentliche Trägerschwingung wird nicht übertragen und muss am Empfangsort als Referenzträger erzeugt werden. Insofern spricht man auch von einer Synchron-Demodulation, da nur die in Phase zur Referenzträgerschwingung liegende Komponente des Farbsignals bewertet wird.

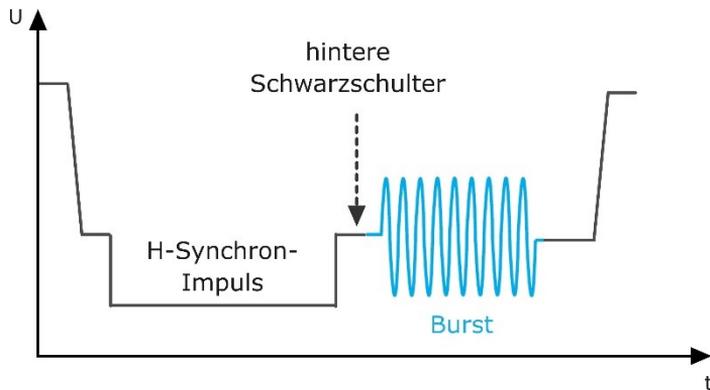


Abbildung 114: Farbsynchronsignal (Burst)

Für diese Synchronisierung mit dem sendeseitigen Farbträger wird in jeder übertragenen Bildzeile innerhalb der horizontalen Austastlücke ein Bezugssignal gesendet. Das sogenannte Farbsynchronsignal (auch Burst-Signal) besteht aus etwa zehn Schwingungszügen des sendeseitigen Farbträgers. Deren Übertragung erfolgt im Zeitfenster der hinteren Schwarzschulter (vgl. Abbildung).

Multiburst

Die Erzeugung solcher Burst- oder Farbsynchron-Signale erfolgt in der Messtechnik beispielsweise durch spezielle Testgeneratoren, wobei das übertragene Signal selbst mit einem Oszilloskop betrachtet wird. Im Bereich der Messtechnik besteht so die Möglichkeit einer simplen Abschätzung der Bandbreite eines Übertragungskanal. Neben dem einfachen Farbsynchron-

Signal gibt es auch eine Abfolge von Burst-Signalen unterschiedlicher Frequenz. Ähnlich wie die sogenannten Frequenzbesen dient das sogenannte Multi-Burst-Signal der Bandbreitenbestimmung und ist zumeist Bestandteil von Fernsehtestbildern. Die folgende Abbildung zeigt das typische Bild eines Oszilloskops von der weiter unten beschriebenen Multiburst-Testzone.

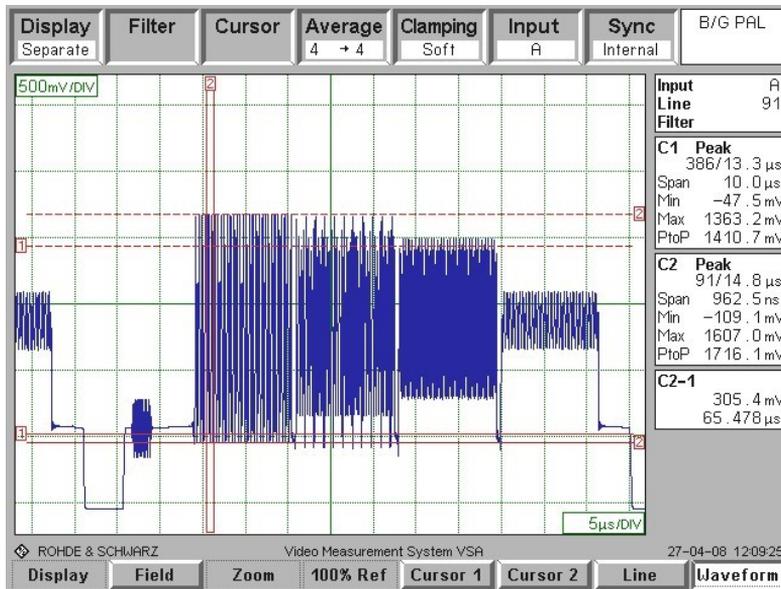


Abbildung 115: Oszilloskop-Bild eines Multiburst

Das Multiburst-Verfahren ist eine simple Methode zur Beurteilung einer darstellbaren Feinauflösung, die etwaige Skalierungsartefakte des Displays aufdecken kann. Dabei werden im Testbild konturscharf getrennte, senkrecht verlaufende Streifen angezeigt, die sich in immer kleiner werdenden Abständen von links nach rechts zwischen maximalem Schwarz und 100-prozentigem Weiß abwechseln.

Auch hier helfen sogenannte Multiburst-Testmuster (vgl. folgende Abbildungen) zur optimalen Messung der maximal darstellbaren Feinauflösung und damit Bandbreite des Displays in horizontaler Richtung. Dabei handelt es sich um hart kontrastierte Streifenmuster von 4, 3, 2 und 1 Pixel Größe, die bei tadellosem Display alle Streifenmuster klar kontrastiert, scharf und ohne Störungen beziehungsweise Grauwerte anzeigen. Sind hingegen Fremdmuster oder Unschärfen auf dem Testbild erkennbar, lassen sich also an einer oder mehreren Stellen die weißen und schwarzen Streifen nicht eindeutig unterscheiden und werden vielmehr als überlagertes Wellenmuster (Interferenz, Moiré-Effekt) oder als graue Flächen angezeigt, dann kann es sich um folgende Fehler handeln:

- nicht korrekte Auflösung des Displays,
- schlechte Skalierung des Bildinhaltes,
- mangelhaft abgeschirmte oder zu lange Verbindungsleitungen,
- nicht exakte Interpolation/ungenauere Berechnung des Overscans.

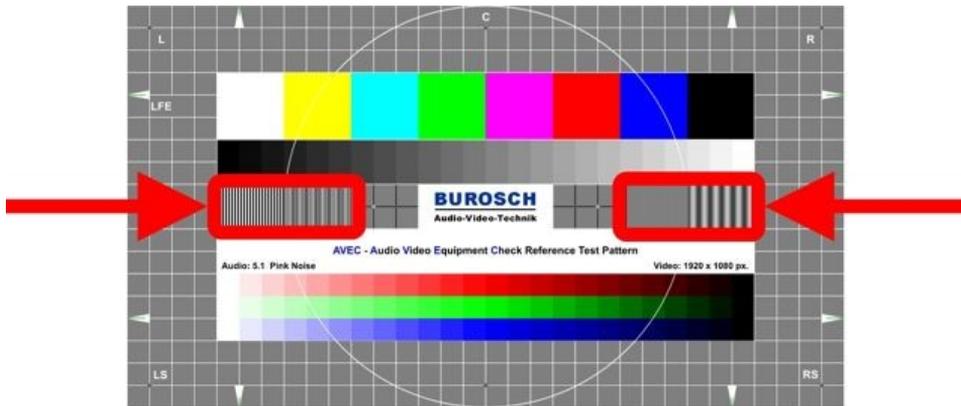


Abbildung 116: Multiburst im Testbild

In der professionellen Analyse der Firma BUROSCH wurde das folgende Multiburst-Streifenmuster (Auszug aus einem Testbild) mit „mangelhaft“ (ITU-R_BT500-11) bewertet. Das entsprechende Fernsehbild war hier grobkörnig und unscharf (verrauscht).



Abbildung 117: Detailansicht des Multiburst-Streifenmusters/hier: „mangelhaft“

Cross-Color-/Cross-Luminance (Signalübersprechen)

Für die Verzahnung der Luminanz- und Chrominanz-Signale bedient man sich der Gleichartigkeit ihrer Lücken in den Spektren. Deshalb ist es hier ausreichend, für die Farbhilfsträger-Frequenz senderseitig ein ungeradzahliges Vielfaches der Zeilenfrequenz zu wählen, welches auch als Halbzeilenoffset oder Farbträgerverkopplung bezeichnet wird. Wie bereits erwähnt, müssen allerdings auf der Empfängerseite die zusammengefassten Signale wieder zerlegt - also zurückgewonnen - werden. Die Schwierigkeit besteht nun darin, dass die Y- und C-Spektren bei der Rückgewinnung nicht vollständig separiert werden können. Die Konsequenz ist, dass es zu Überlagerungen beziehungsweise sogenannten Signalübersprechstörungen kommt, die selbst mit qualitativ hochwertigen Filtern nicht verhindert werden können.

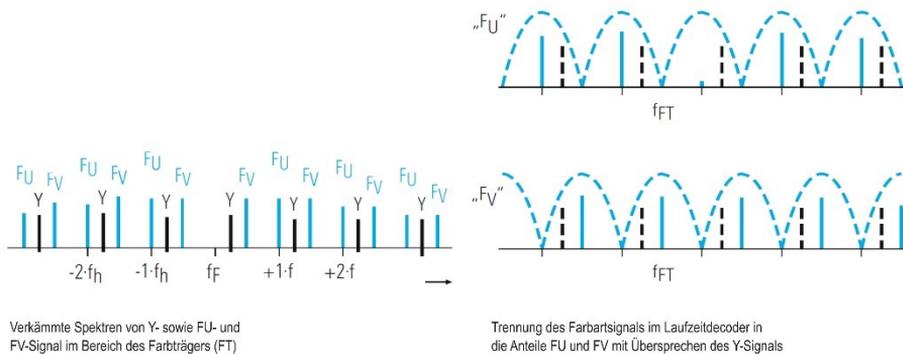


Abbildung 118: Farbsignal beim PAL-Plus-Verfahren
(Rudolf Mäusl; R&S-Repetitorium Fernsehtechnik)

Das „Übersprechen“ in den Y-Kanal ist auch bekannt als Cross-Luminanz-Effekt, bei dem Farbsignale als Helligkeitssignale interpretiert werden. Um diese Störungen zwischen den Kanälen gering zu halten, muss die Farbträgerfrequenz möglichst hoch sein, damit sich während des Übersprechens im Y-Kanal lediglich eine feine periodische Musterung (Perlschnurmuster) ergibt. Hohe Ortsfrequenzen sind für das menschliche Auge weniger wahrnehmbar als tiefe Trägerfrequenzen. Insofern wirkt das resultierende feine Schachbrettmuster weitaus weniger störend, zumal es durch Kerbfilter nicht flächig, sondern nur an Farbkanten auftritt: die Cross-Luminanz (vgl. Abbildung).

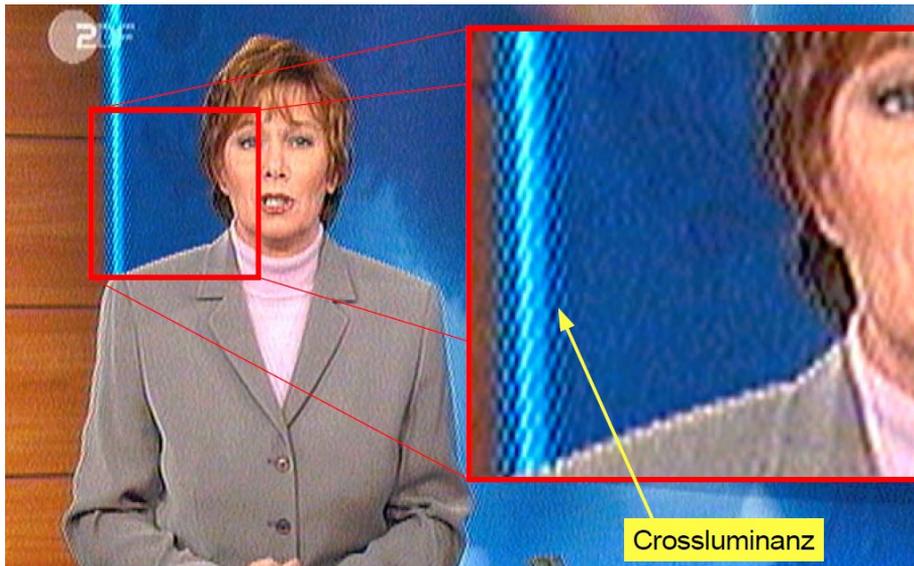


Abbildung 119: Cross-Luminanz-Effekt (Prof. Dr.-Ing. W.-P. Buchwald; Videotechnik)

Auch im C-Kanal kommt es zu Übersprechstörungen, die Cross-Color-Effekt genannt werden. Durch die Überlagerung entstehen feine Strukturen im Helligkeitssignal, die wiederum als Farbveränderungen interpretiert werden. Dieser Effekt äußert sich insbesondere in unbunten Streifenmustern (beispielsweise bei Nadelstreifenanzügen, Pullovern oder Tapeten mit Querstreifen oder Karos), die von einem Farbschleier umgeben sind und sich bei Bewegung ständig ändern. Diese Bildstörungen sind mit dem Moiré-Effekt vergleichbar.

Um diese beiden Störeffekte zu reduzieren, wurden zu Beginn der Fernsehtechnik für die Trennung des Farb- und Helligkeitssignals auf der Wiedergabeseite Hoch- sowie Tiefpassfilter verwendet. Hier wurde die Bandbreite des Helligkeitssignals einfach abgeschnitten. Im Laufe der technischen Entwicklung ging man allerdings dazu über, spezielle Kammfilter für die Auftrennung der Farbartsignalkomponenten zu nutzen. In herkömmlichen Farbfernsehgeräten (PAL) wird diese Funktion der Kammfilter von einem Laufzeitdecoder übernommen.

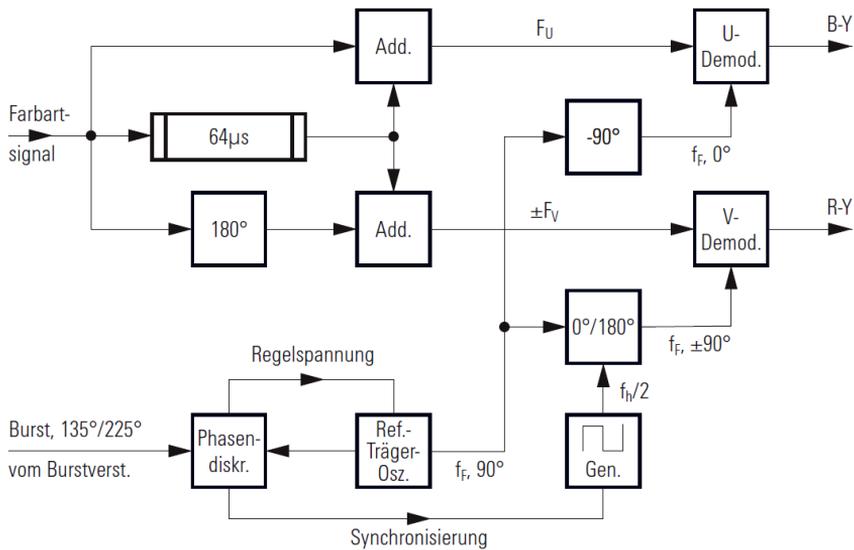


Abbildung 120: PAL-Decoder mit Referenzträgergewinnung
(Rudolf Mäusl; R&S-Repetitorium Fernsehtechnik)

Color-Plus-Verfahren/Intra Frame Averaging

Eine Verminderung der Cross-Störeffekte ist durch das sogenannte Color-Plus-Verfahren möglich, das darauf beruht, die störenden Signalkomponenten über zwei aufeinanderfolgende Halbbilder zu kompensieren. Dies führt zu einer Phasenverschiebung der Farbträger und damit auch des Farbartsignals nach einem Halbbild (312 Zeilen) auf 180° , die sich aus der Periodendauer der Farbträgerschwingung ergibt. Für die um 312 Zeilen auseinander liegenden Signale wird mithilfe der Addition (Y-Signal) oder Subtraktion (C-Signal) ein Mittelwert berechnet, wobei das zuerst anliegende Signal gespeichert wird. Die Farbe wird also auch bei der Vertikalauflösung für das zweite Bild übernommen und somit die Cross-Störungen weitgehend kompensiert (vgl. Ausführungen im Kapitel „SECAM“).

Eine bewegungsadaptive Variante des Color-Plus-Verfahrens, das auf Kamera- und Film-Modi angepasst wurde und besonders für Bewegtbilder geeignet ist, bietet das Motion-Adaptive-Colour-Plus-Verfahren (MACP). Hier werden eine stufenweise (beim Y-Signal) sowie eine kontinuierliche/nichtlineare Umschaltung (beim C-Signal) vorgenommen, die sowohl die Übertragung als auch das Weglassen der gemittelten Y- und C-Signale beinhaltet. Die so gemittelten Farbsignale werden einem Bewegungsdetektor zugeführt, der die jeweiligen Steuersignale liefert, um einen pixelweisen Vergleich der Bewegung im Bild beziehungsweise eine Überblendung im Luminanz- und Chrominanz-Kanal durchzuführen.

Analoge Übertragungsverfahren

Der analoge Fernsehempfang ist aus der öffentlichen Wahrnehmung fast vollständig verschwunden. Über Satellit und Antenne werden schon längst vollständig digitale Fernsehsender gesendet und größtenteils empfangen. Deutschland schaltete die analoge Fernsehübertragung via Antenne bereits im Jahre 2009 ab, die analoge Satellitenübertragung endete 2012.

Somit gibt es das analoge Fernsehen im Jahre 2016 lediglich noch teilweise über Kabel. Kabelnetzbetreiber versprechen eine Abschaltung in 2017. Der Verband Deutscher Kabelnetzbetreiber e.V. (ANGA) sieht hier die Voraussetzungen als gegeben, spätestens 2018 die analoge Fernsehverbreitung über die deutschen Kabelnetze generell einzustellen. Was über DSL, DVB-S oder DVB-T heute schon eine Selbstverständlichkeit im Privatkundenbereich ist, wird auch für die rund 17 Millionen Kabelfernsehkunden demnächst Realität: die vollständige TV-Digitalisierung.

Analoge Videoanschlüsse

Sie sind fast schon in Vergessenheit geraten und weitgehend von HDMI & Co. verdrängt: die analogen Videoanschlüsse. Bevor es in diesem Praxishandbuch weiter mit der digitalen und zeitgemäßen Fernsehtechnik geht, soll nun ein letzter Exkurs in die Vergangenheit unternommen werden.

Ende der 1970er Jahre galt der Multifunktionsstecker als ultimativ und bahnbrechend: die Scartbuchse. Wer kennt sie nicht – und vor allem ihre praktischen Nachteile. Wer gerne mal den Fernseher gedreht oder die Steckverbindung gewechselt hat, der weiß um die mechanische Anfälligkeit dieses Steckers. Nicht selten kam es hier zu unschönen Bild- oder Tonverlusten, wenn die Steckverbindung nicht akkurat war beziehungsweise der Stecker sich gelöst hatte.

Allerdings bot der Scart-Anschluss (vgl. Abbildung) in der analogen SD-Ära, als Stereo und DVD gerade das Licht der Welt erblickten, auch wesentliche Vorteile. Zusatzgeräte (z.B. Videorekorder oder DVD-Player) konnten über die Scartverbindung bereits beim Einschalten direkt ein Signal an den Fernseher weitergeben, sodass nicht mehr manuell die Source gesucht werden musste, sondern automatisch auf den belegten Anschluss umgeschaltet wurde. Darüber hinaus lieferte beispielsweise der DVD-Player ein weiteres Umschaltensignal,

sobald eine "anamorphe" DVD im NTSC-Format mit der vollen 16:9-Auflösung abgespielt werden sollte.

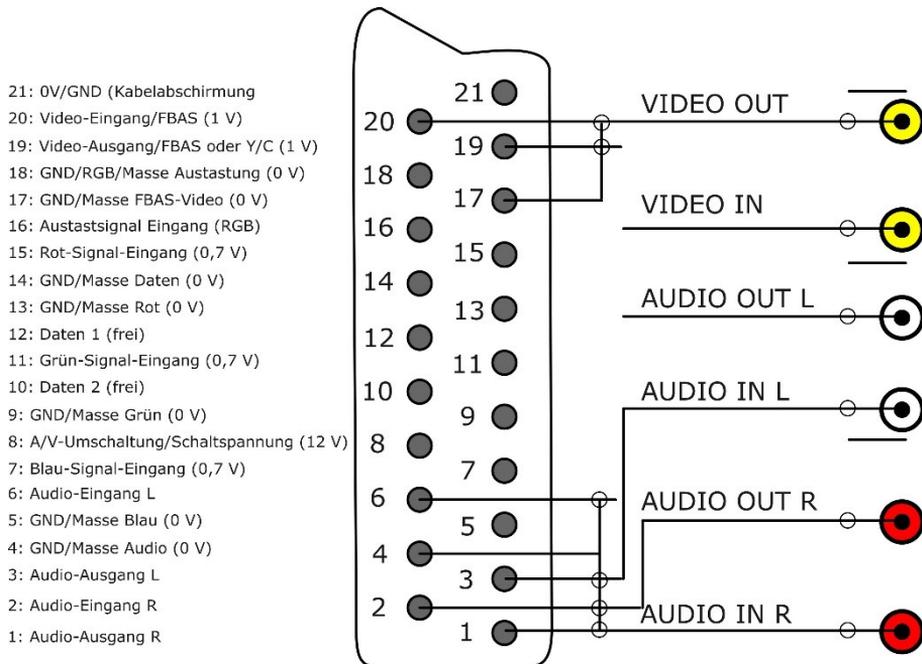


Abbildung 121: Schematische Darstellung eines SCART-Anschlusses

Was damals das Glück aller Ordnungsliebenden war, die nun nicht mehr zahlreiche Kabel einzeln in die Geräte stecken mussten, wirkt aus heutiger Sicht klobig und kompliziert.

Da Scart ausschließlich in Europa verbreitet war, gab es eine weitere schlichtere Variante: die Composite-Video-Verbindung mit ihren Cinchsteckern (vgl. Abbildung). Über eine einzige Videobuchse wurden die Farb- und Helligkeitsanteile des Bildes nicht mehr getrennt übertragen, was zwar praktisch war, aber auch zu einer relativ schlechten Bildqualität führte. Wegen der ohnehin dürftigen Bildqualität der VHS-Recorder seinerzeit machten sich die Cross-Effekte jedoch nicht weiter bemerkbar. Allerdings sollte sich das bereits mit der Einführung der DVD ändern.



Abbildung 122: Video-Composite

Um einiges besser war hier die S-Video-Hosidenbuchse (vgl. Abbildung), bei der die Helligkeits- und Farbanteile des Bildes vierpolig und somit getrennt übertragen werden konnten. Deshalb bot diese Anschlussvariante ein weitaus detailreicheres und schärferes Bild. Allerdings wird über die Hosidenleitung lediglich das Bild übertragen, was weitere Kabel sowie separate Cinch-Buchsen erforderlich machte. Eine weitere Schwachstelle waren die in der Regel schlecht abgeschirmten Leitungen, was ebenfalls zu Qualitätsverlusten führte. Allerdings verfügten nur wenige Fernseher seinerzeit über eine solche Anschlussmöglichkeit. Scart war in Europa und Video-Composite in den USA die präferierte Variante.

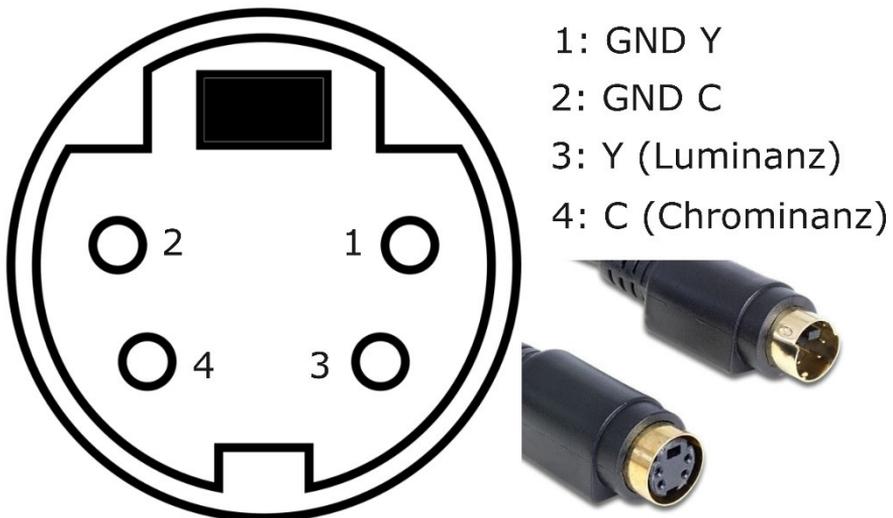


Abbildung 123: Beispiel für S-Video-Stecker bzw. Hosiden- oder S-VHS-Stecker

Der erste analoge Videoanschluss, der neben den im Zeilensprungverfahren erzeugten Halbbildern auch die Vollbilddarstellung (Progressive Scan) übertragen konnte, war die YUV-Komponenten-Verbindung. Wie im Abschnitt über die Signalhierarchie deutlich wurde, gewährleistet das Komponentensignal mit seinen drei separaten Luminanz- und Chrominanz-Signalen eine qualitativ überzeugende analoge Videoverbindung. Diese Variante ist deshalb auch als YUV bekannt (vgl. Abbildung).



Abbildung 124: YUV-Komponenten-Verbindung

Grundlagen des Digitalfernsehens

In knapp einhundert Jahren Fernsehetechnik hat sich viel verändert. Gerade seit Beginn des 21. Jahrhunderts folgt das Fernsehen dem Trend der Zeit: die Wiedergabegeräte werden größer, die Technik dagegen immer kompakter, kleiner und leistungsstärker. Im Gegensatz zur Braun'schen Kathodenstrahlröhre, Scart-Buchsen und VHS-Videorekordern sind im Zuge der Digitalisierung das Fernsehen sowie die entsprechende Signalübertragung eleganter, einfacher, kompatibler, vielfältiger, preiswerter, störfester ... kurzum: in bedeutender Weise besser und qualitativ um ein Vielfaches hochwertiger geworden.

Wobei festgestellt werden muss, dass die Digitalisierung nicht bei den Fernsehgeräten begann. Vielmehr entstand die neue Technologie in zuerst kleinen, dann in immer größer werdenden „digitalen Inseln“ der Bildbearbeitung und Videosignal-Speicherung mithilfe digitaler Magnetbandaufzeichnungsverfahren (MAZ). In diesem Fall war nicht die Wissenschaft, sondern die digitalen Studios die Wiege des heutigen Digitalfernsehens.

So erfolgt die Herstellung und Verarbeitung von Bild- und Tonsignalen heutzutage ausschließlich digital. Während alle aktuellen Fernseher die sogenannten DVB-Signale direkt verarbeiten können, sind für ältere Modelle Zusatzgeräte (Digital-Receiver etc.) erforderlich. Auf die Hintergründe und diversen Varianten soll im Weiteren eingegangen werden.

Auch die Übertragung von Bild- und Tonsignalen erfolgt heute zunehmend im digitalen Datenstrom. Die vollständige Digitalisierung ist in Deutschland für das Jahr 2018 vorgesehen. Um aber zu verstehen, wie digitales Fernsehen funktioniert, wird in diesem Kapitel auf die Analogtechnik eingegangen, die letztlich die Basis darstellt für das Fernsehen, wie wir es heute kennen. Die herausragende Bedeutung des Digitalfernsehens ist insofern nur erfassbar, wenn man sie mit seinem analogen Vorgänger vergleicht. In diesem Kontext kann man den Unterschied in einem einzigen Satz auf den Punkt bringen:

Analog = unendlich viele Werte

Digital = zählbare Quantitäten auf endliche Zahlenwerte reduziert
= ein/aus = 1/0.

Im technischen Sinne definiert man die Analogtechnik als direkte Informationsübertragung durch Signalpegeländerungen beziehungsweise Signalpegelvarianz; Digitaltechnik hingegen als indirekte Informationsübertragung durch Interpretation von Signalpegelwechseln. In der Praxis der Signalübertragung hat die digitale Variante den Vorteil, dass anstelle von unendlich vielen Analogwerten lediglich mithilfe einer begrenzten Menge ganzer Zahlen gearbeitet wird. Somit sind die wenigen Digitalwerte einfacher und vor allem eindeutiger rekonstruierbar, was insbesondere im Rahmen der Fehlerkorrektur eine klare Überlegenheit gegenüber dem analogen System bietet.

Kurzum: Es handelt sich bei der Digitaltechnik nicht mehr ausschließlich um Physik, sondern vielmehr um Mathematik, Informatik und im weitesten Sinne um Nanotechnologie. Die mechanische und elektronische Ausrüstung (Hardware) eines Fernsehers muss nicht mehr auf kompliziertem Wege den veränderten Bedingungen angepasst werden. Im Zeitalter von Prozessoren, Bits und Bytes sind neue Technologien direkt am Computer entwickelbar und entsprechend (bestenfalls) kompatibel. Digitale Schaltkreise arbeiten wesentlich stabiler als ihre analogen Vorfahren und erfordern daher sehr viel weniger Abgleich. Sie sind störfester und können mit weitaus geringerem Aufwand abgeschirmt werden. Das digitale Videosignal erlaubt ein hohes Maß an Kopiergenerationen, ohne die Schwelle des tolerierbaren Rauschens zu überschreiten. Moderne MAZ-Geräte machen die digitale Magnetbandaufzeichnung von HDTV-Signalen möglich.

Einen weiteren Vorteil bietet die Digitaltechnik im Hinblick auf Interferenzen und Rauschstörungen, die im Gegensatz zum Analog-Empfang hier nicht mehr wahrnehmbar sind. Allerdings gibt es auch Nachteile: So ist beispielsweise die Bildqualität direkt abhängig von der Kompressionsrate und dem auf der Senderseite verwendeten Encoder. Zu Beginn der Übertragung von DVB-T war zu beobachten, dass die Programmanbieter die Digitaltechnik primär dazu nutzten, möglichst viele Programme auf einem Kanal unterzubringen, was zur Folge hatte, dass dabei teilweise mit sehr niedrigen Bitraten gearbeitet wurde. Das Ergebnis waren unscharfe und von Kompressionsartefakten gekennzeichnete Bilder, die qualitativ noch unter dem Niveau des herkömmlichen Analog-TV lagen. Allerdings hat sich dieses Missverhältnis im Laufe der Zeit zugunsten der Bildqualität im DVB-T-Bereich deutlich geändert, obwohl es gerade innerhalb dieses Übertragungssektors nach wie vor so manche Tücken gibt.

Die folgende Tabelle gibt einen kleinen Überblick über die Unterschiede zwischen Analog- und Digitalfernsehen anhand einzelner Aspekte.

| Aspekt | Analog | Digital |
|---|--|---|
| Kompression der Bildinformationen | keine | MPEG-2 oder MPEG-4 |
| Bildgebungsverfahren (interlace/progressive) | nur Halbbilder (Zeilensprungverfahren) | Halb- und Vollbilder |
| Farbwiedergabe (Bandbreite) | niedrigere horizontale Bandbreite (bei SECAM auch vertikal) | niedrige horizontale und vertikale Bandbreite |
| Bildparameter (Zeilen-/Spaltenzahl, Frequenz) | hardwareseitig festgelegt | abhängig von Empfängerleistung/Datenkompression dynamisch |
| Farbsignal | Quadraturamplitudenmodulation (QAM) bei PAL | Multiplex-Modulation mit einzelnen Trägerfrequenzen bei DVB-T |
| Ton | frequenzmoduliert | im digitalen Datenstrom |
| Videotext | in Abtastlücken | im digitalen Datenstrom |
| Rauschanteil | Signal-Rausch-Verhältnis von der Stärke des Empfangssignals abhängig | Rauschen führt wegen Fehlerkorrektur zu wenigen aber dafür starken Aussetzern |
| Bandbreite und Signal-Rausch-Verhältnis (S/N) | fest | eintauschbar S/N meist schwächer zur Verringerung der Sendeleistung mehr effektive Bandbreite durch geeignete Filter im Empfänger |

Abbildung 125: Überblick über die Unterschiede zwischen Analog- und Digitalfernsehen

Bildveränderungen, Fehlerkorrekturen und die Anpassung auf Übertragungskanäle sind auf optimalem Niveau schnell, präzise und auf vielfältige Weise realisierbar. Der Markt der digital arbeitenden Systeme wächst stetig und lässt eine umfassende Verknüpfung des Videobereiches mit anderen Bereichen der Telekommunikation und Informatik zu. Beispiele dafür sind: Triple-Play beziehungsweise die parallele Verbreitung von Rundfunk, Telefon und Internet

auf nur einem Übertragungsweg; SAT-IP, die moderne Satellitentechnologie, mit der Videostreaming via Internet realisiert werden kann, oder Video on Demand (VOD), die moderne Internetvideothek. Online-Streaming, Apple-TV, Amazon-Prime, Netflix und Co. sind die Zukunft eines globalen, interaktiven Fernsehens. Denn es geht längst nicht mehr nur um einzelne Fernsehsender und deren Angebote. Zahlreiche Zusatzdienste können heute einfach kombiniert werden. Mit dem elektronischen Programmführer (Electronic Program Guide: EPG) ist man per Knopfdruck über das aktuelle TV-Programm informiert. Man kann seine Lieblingssendungen sehen, wann immer die Zeit es erlaubt und wo immer man sich gerade befindet.

In computerbasierten Netzen lassen sich digitale Signale (englisch: Streams) verbreiten, auf Bildschirmen wiedergeben und entsprechenden Datenträgern aufzeichnen. Um Datenraten zu sparen, arbeiten die Übertragungsnormen im Allgemeinen mit Datenreduktion. Dabei werden die Datenmengen der digitalen Ursprungssignale vor der Verbreitung reduziert. Für die Datenübertragung und Datenspeicherung von Audio- und Videosignalen hat sich hier vor allem das Datenreduktionssystem MPEG durchgesetzt. Auf einen einzigen USB-Stick passen heute alle Musikhits der 1990er Jahre im MP3-Format, der E-Mail-Verkehr mit dem Steuerberater, die Urlaubsfotos vom letzten Sommer und der Lieblings-Blockbuster als MP4 oder AVI.

Was mit der Erfindung des Glühfadens und einem einfachen Prisma begann, entwickelte sich zu einer multimedialen Welt, in der man jederzeit Zugriff hat auf vielfältige Informationen, aktuelle News und jede Menge Entertainment. Die Verknüpfung der einzelnen Technologien aus dem Video-, Telekommunikations- und Informatikbereich zu einem einzigen multimedialen Massenmarkt lassen das Fernsehen und seine Verbreitung über Satellit, Kabel, Antenne oder Internet darüber hinaus immer preisgünstiger werden. Das digitale Fernsehprogramm benötigt nur noch bis zu einem Zehntel der Datenrate eines analogen Kanals. Auf freien Frequenzen können somit mehr Sender angeboten und durch Hörfunksender ergänzt werden. Als eine der schlichsten Übertragungsvarianten ist vor allem das terrestrische Digitalfernsehen (DVB-T) der Pionier in der Übertragung des digitalen Videosignals. In der Bundeshauptstadt Berlin kann DVB-T bereits seit 2003 empfangen werden. Aufgrund der Kanalknappheit und der rasanten Geschwindigkeit der Nachfrage besonders im Heimanwenderbereich ist das analoge Fernsehen schon heute die Geschichte von gestern.

Geschichte der TV-Digitalisierung

Das Digitalfernsehen (DTV) basiert auf dem internationalen Standard Digital Video Broadcasting (DVB). Es wurde das erste Mal im Jahre 1994 unter dem Markennamen DirecTV in den USA angeboten und via Satellit übertragen. Bereits seit 1989 waren diverse US-Forschungseinrichtungen damit befasst, ein entsprechendes System für den terrestrischen Bereich zu entwickeln.

Durchgesetzt hat sich letztlich dort das sogenannte ATV (Advanced Television), das eine kompatible Übertragung eines HDTV-Signals innerhalb des NTSC-Kanalrasters (6 MHz) ermöglicht. Deshalb bezieht sich ATV und das damit verbundene ACTV-System mit seiner Side-Panel-Technologie gleichermaßen auf die digitale Übertragungstechnik und auf das hochauflösende HDTV. Japan nutzt ein ähnliches Verfahren, das als ISDB bezeichnet wird. China hingegen verwendet für die terrestrische Verbreitung digitaler Fernsehsignale das DTMB-Verfahren (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast), das in etwa mit den europäischen digitalen Fernsehübertragungsstandard DVB-T (oder auch DVB-H) vergleichbar ist.

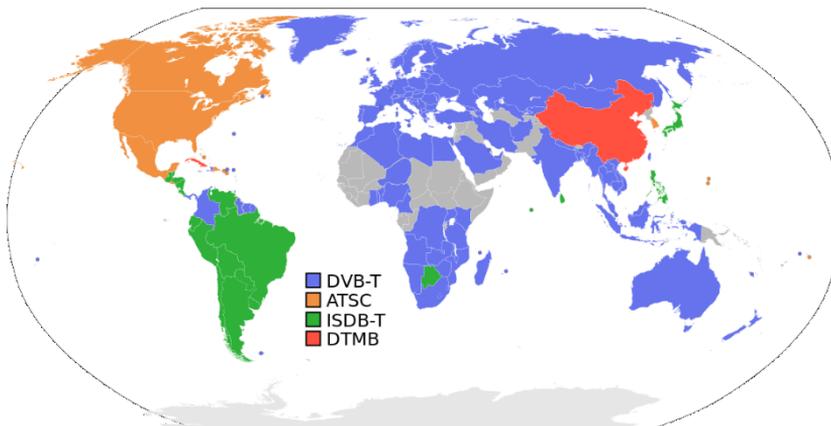


Abbildung 126: Übersicht Digital-TV (Wikimedia Commons: 2015)

Neben den weiter unten beschriebenen DVB-Standards gibt es in Europa außerdem das sogenannte DOCSIS beziehungsweise EuroDOCSIS, das vom bereits 1988 gegründeten Non-Profit Konsortium internationaler Kabelnetzbetreiber Cable Television Laboratories Inc. (CableLabs) entwickelt wurde. Dieses System wurde ebenfalls von der ITU standardisiert.

Die obige Abbildung zeigt die Verbreitung der einzelnen erdgebundenen (terrestrischen) Übertragungsverfahren weltweit. In Europa einigten sich

Anfang der 1990er Jahre zwölf europäische Staaten darauf, in naher Zukunft die digitale Fernsehübertragung über Satellit und Kabel zu spezifizieren und bis 1995 einzuführen. Am 28. Juli 1996 erfolgte erstmals in Deutschland die DVB-Ausstrahlung vom eigens für dieses Format gegründeten Pay-TV-Sender „Digitales Fernsehen 1“ (DF1). Allerdings war seinerzeit die Nachfrage sehr gering. Die Kirch-Gruppe startete eine groß angelegte Werbestrategie und nutzte insbesondere das Interesse für exklusiv übertragene Sportereignisse, um den Bezahlsender Premiere im Unterhaltungsbereich zu etablieren. Mit Erfolg! Die Kirch-Gruppe setzte die Möglichkeiten der digitalen Sendetechnik effektiv um, avancierte so zu einem der größten deutschen Medienkonzerne und war unter der Führung von Leo Kirch bis zur Insolvenz im Jahre 2002 sehr erfolgreich.

Zur Kirch-Gruppe gehörten neben dem Pay-TV-Sender Premiere (später Sky) auch die bekannten Privatsender Pro Sieben und Sat1 sowie zu Anteilen die Axel Springer AG (40 Prozent) und die Filmverleih- und Produktionsfirma Constantin Film (21 Prozent). Nach der Zerschlagung des Konzerns gelang auch den einzelnen Unternehmen der ehemaligen Kirch-Gruppe der Relaunch. Die meisten von ihnen (Sky, ProSieben etc.) sind bis heute erfolgreich am Markt.



Abbildung 127: Logo der Kirch-Gruppe (Wikimedia Commons)

Die schnelle Einführung der Digitaltechnik war letztlich für alle Privatsender aber auch öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten eine reine Kostenfrage. Denn im Vergleich zum analogen Signal war die digitale Übertragung weitaus preisgünstiger. Schon bald übertrugen diverse deutsche Fernsehsender parallel zu ihrem analogen Programmangebot auch die digitale Variante – vorwiegend über die Astra-Satelliten des Betreibers SES. Neben zahlreichen Pay-TV-Sendern entstanden auch neue Spartenprogramme und kleinere TV-Anbieter, die ihr Programm schon damals via DSL oder Glasfaser über das Internet ausstrahlten.

Allerdings war seinerzeit für diese Form der Übertragung noch eine sogenannte Uplink-Station notwendig, die die Fernsehsignale erst an einen Satelliten senden musste, damit diese anschließend auf den Fernsehgeräten empfangen

werden konnte. Die modernen Smart-TVs können heute hingegen direkt im Onlinemodus wiedergeben. Denn durch den flächendeckenden Ausbau der Netze und moderne Übertragungsstandards stellt der direkte Empfang des digitalen Fernsehens über das IP-Signal kaum mehr ein Problem dar. Für den mobilen Empfang wurden zu Beginn des 21. Jahrhunderts weitere DVB-Varianten für den Empfang über das Breitbandnetz entwickelt. Hierzu zählt DVB-IPTV (DVB-Internet Protocol Television), das auch als DVB-IPI bezeichnet wird.

Auf Basis der Daten der Arbeitsgemeinschaft Fernsehforschung (AGF), die jeweils zum 1. Januar eines Jahres erstellt werden, konnte für den Zeitraum 2005 bis 2012 eine konstante Steigerung der Marktanteile im Bereich des Digitalfernsehens verzeichnet werden. Die folgende Übersicht macht deutlich, wie rasant sich DTV in den letzten Jahren entwickelt hat. Lag der Marktanteil im Jahre 2012 noch bei 52,1 Prozent, empfangen nach Aussagen der ARD-Sendeanstalt Ende 2014 bereits über 80 Prozent aller TV-Haushalte ein digitales Fernseh-Signal.

| Jahr | 2012 | 2011 | 2010 | 2009 | 2008 | 2007 | 2006 | 2005 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Marktanteil | 52,1 | 40,9 | 33,7 | 27,3 | 21,7 | 18,8 | 15,0 | 11,6 |

Abbildung 128: Marktanteile Digital-TV in Deutschland 2005 bis 2012 in Prozent

Auf terrestrischem Wege, also via Antenne, startete das Digitalfernsehen quasi von Null auf Hundert. In nur einem Jahr wurde die Implementierung und ausschließliche Verwendung des digitalen DVB-T realisiert – jedenfalls im Mikrokosmos Berlin. Anfang 2003 startete die Einführung der terrestrischen DVB-Variante, und noch im selben Jahr erfolgte die vollständige Abschaltung des analogen Antennensignals. Somit war zumindest in der deutschen Bundeshauptstadt und Teilen Brandenburgs mithilfe eines preisgünstigen DVB-T-Receiver der digitale Fernsehempfang ohne monatliche Grundgebühren keine Utopie mehr. Nur ein Jahr später begann man in Europa damit, über DVB-T einzelne Sendungen in HDTV-Norm auszustrahlen. Nur sechs Jahre nach der Einführung von DVB-T wurde 2009 in Bad Mergentheim der letzte terrestrische Analogsender abgeschaltet. Der Nachfolgestandard DVB-T2 wird in ausgewiesenen Pilotregionen ab Mitte 2016 und in ganz Deutschland voraussichtlich bis 2019 empfangbar sein. Mit DVB-T2 soll die Programmviefalt und die Qualität steigen – insbesondere im Zusammenhang mit dem Empfang von HD.

Erst drei Jahre nach der hundertprozentigen Digitalisierung im terrestrischen Bereich wurde auch das analoge Satellitensignal vollständig abgeschaltet (2012). So können Programme über Satellit seit dem 30.04.2012 ausschließlich digital nur noch per DVB-S empfangen werden. Hierzu startete die ARD seinerzeit die Informationskampagne „klardigital 2012“, da Verbraucher für den weiteren Fernsehempfang zusätzliche Technik (Digital-Receiver) benötigen.

Das analoge Kabel-Fernsehsignal wird voraussichtlich im Jahre 2018 vom digitalen Pendant verdrängt sein. Die folgende Tabelle zeigt für die Jahre 2008 bis 2014 die Entwicklung der TV-Digitalisierung im Bereich der einzelnen Übertragungswege:

| Jahr | 2014 | 2013 | 2012 | 2011 | 2010 | 2009 | 2008 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Kabel | 62,9 | 55,9 | 48,2 | 42,5 | 37,8 | 30,6 | 21,0 |
| Satellit | 100 | 100 | 100 | 86,4 | 79,1 | 74,1 | 65,7 |
| Terrestrisch | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95,1 |

Abbildung 129: Digitalisierung nach Übertragungsweg seit 2008 bis 2014 in Prozent

Im Vergleich zum analogen Vorgänger bietet das Digitalfernsehen aufgrund der technischen Voraussetzungen eine weitaus bessere Qualität und Ausnutzung der vorhandenen Frequenzen. So können mithilfe der digitalen MCPC-Technologie beispielsweise über einen Satelliten-Transponder statt eines analogen Programms (PAL-Norm) bis zu zehn DVB-Fernsehprogramme wiedergegeben werden. Programmvielfalt, hochauflösendes Fernsehen (HDTV), Mobilität sowie zahlreiche Zusatzdienste sind in der Gegenwart schon fast Normalität.

Die rasanten Entwicklungen um die Jahrtausendwende bezogen sich allerdings nicht nur auf die digitalen Übertragungsstandards, die im übernächsten Kapitel differenzierter betrachtet werden sollen. Die Digitaltechnik machte aufgrund seiner geringeren Bandbreite den Weg frei für leistungsstärkere und damit höhere Bildauflösungen. Bereits im Jahre 1998 begannen die USA mit der Einführung von HDTV, in Europa wird das hochauflösende Digitalfernsehen seit 2004 angeboten. Ein Nachfolgeunternehmen der Kirch-Gruppe war auch hier wieder Vorreiter. Die deutsche ProSiebenSat.1-Gruppe strahlte von Oktober 2005 bis Februar 2008 ihre Programme parallel in HDTV aus. Übertragen wurde via Satellit über die seinerzeit neue DVB-S-Norm, die seit 2006 ebenfalls vom Pay-TV-Anbieter Premiere (ab 2007: Sky) genutzt wurde, der seit der 18. Fußball-Weltmeisterschaft in Deutschland durchgehend in HDTV sendet.

Die öffentlich-rechtlichen Sender zogen erst ab 2008 nach. So begann die ARD zur Internationalen Funkausstellung im selben Jahr mit sogenannten Showcases (Testläufen). Sportereignisse waren von jeher eine Variante, um probenhalber neue Standards umzusetzen. Deshalb strahlten ARD und ZDF beispielsweise die Leichtathletik-WM 2009 in Berlin in HDTV aus und setzten zu den Olympischen Winterspielen im Februar 2010 die HDTV-Einführung final um. Ziel dieser Testläufe war unter anderem, die beiden Normen 720p/50 (Vollbildverfahren) und 1080i/25 (Halbbildverfahren) zu vergleichen.

Nach zahlreichen Tests des Instituts für Rundfunktechnik GmbH (IRT) und der Union der Europäischen Rundfunkorganisationen (UER) wurde sich vonseiten der öffentlich-rechtlichen Sendeanstalten für die 720p/50-Norm – also die progressive Bildabtastung im Vollbildverfahren entschieden. Ab 2008 ging der erste Zusatzsender ARTE HD auf Sendung, zwei Jahre später folgten Das Erste HD und ZDF HD. Seit 2012 können über Satellit auch die Regionalsender Bayern, NDR, SWR, WDR sowie 3sat, KiKA und PHOENIX, seit 2013 HR, MDR und RBB sowie tagesschau24, EinsFestival und EinsPlus in HD empfangen werden.

Seit 2006 kann HDTV auch über Kabel empfangen werden. Allerdings ist seither (Stand: 2016) bis auf die öffentlichen HD-Programme das Angebot der Privaten Sender größtenteils verschlüsselt und der Kabelempfang bis heute mit monatlichen Kosten verbunden.

Grundbegriffe der Digitaltechnik

Wie der Begriff „Code“ bereits nahelegt, handelt es sich beim Binärcode um ein System zur Verschlüsselung beziehungsweise Darstellung von Informationen. Genauer gesagt werden die Informationen durch Sequenzen zweier sich unterscheidender Symbole dargestellt, wobei als Basis das Dualzahlensystem dient. Insofern geht die Bezeichnung „bi“ (zweifach oder doppelt) auf diese Form der Codierung durch zwei verschiedene Werte (1/0 = ein/aus) zurück. Aufgrund ihrer Einfachheit werden Binärcodes für die Verarbeitung digitaler Informationen generell in der Informationstechnik verwendet, zumal sie auch dort ihren Ursprung haben. In diesem Zusammenhang ist im allgemeinen Computersprachgebrauch die synonyme Verwendung des Begriffes gebräuchlich.

In der Digitaltechnik wird das Dualzahlensystem genutzt, wobei eine Zahlenstelle (Bit) eben nur zwei Werte annehmen kann (ein/aus). Das 1/0-Prinzip wird elektronisch durch Schaltzustände repräsentiert, die wie folgt aussehen können:

ein = high (H) = 5 V
aus = low (L) = 0 V.

Allerdings könnte man auch außerhalb der digitalen Welt mit Binärcodes bestimmte Informationen darstellen, die zwei Zustände (ein/aus) beschreiben sollen. Die einfachste Methode wären Rauchzeichen. Allerdings würde das im 21. Jahrhundert nur noch wenig Sinn ergeben.

Mithilfe von Binärcodes lassen sich vor allem komplexe Themen sehr simpel in einfachen Informationseinheiten darstellen. Ein schlichtes Beispiel dafür ist: ein/aus, das heißt, Spannung liegt an (1) oder Spannung liegt nicht an (0). Die kleinste dieser Einheiten wird als Bit bezeichnet. Es ist nun lediglich eine Frage der Abbildung beziehungsweise Reihenfolge, mithilfe von Logikgattern bestimmte Codes darzustellen. Im ASCII-Code bedeutet beispielsweise die Bitfolge 1000101 ein E (vgl. folgende Abbildung).

Sowohl das gebräuchliche Dezimalsystem als auch das Alphabet sind als Dualzahlen darstellbar. Die Dualzahl 1011 entspricht dem Term $2^3 + 2^1 + 2^0$ und damit der Dezimalzahl 11. Alle Werte über 9 werden als Buchstaben dargestellt, zumal im ASCII-Code die Buchstaben des Alphabetes eindeutig bestimmten Zahlenwerten zugeordnet werden können. So entspricht die Dualzahl 1011 hier dem Buchstaben B.

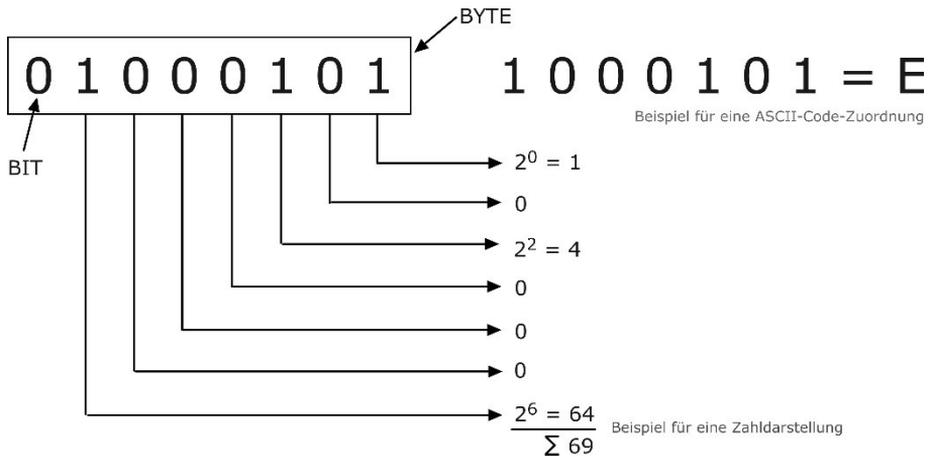


Abbildung 130: Zuordnung von Binärzahlen zu Dezimalzahlen und ASCII-Code (nach Schmidt²¹; Professionelle Videotechnik)

Bit/Byte

Neben der kleinsten binären Einheit Bit (Binary Digit) wird darüber hinaus auch der Begriff Byte (nicht selten falsch) verwendet. Per Definition geht ein Byte auf die Bezeichnung „By Eight“ zurück, wonach der Umrechnungsfaktor eben 8 und nicht 10 entspricht. Deshalb gilt: 8 Bit = 1 Byte

Insofern waren in den 1990er Jahren die Binärpräfixe üblich, die sich auf das 8:1-Verhältnis berufen.

1 Kibibyte (KiB) = 1024 Byte

1 Mebibyte (MiB) = 1024 × 1024 Byte = 1 048 576 Byte.

Allerdings wurde spätestens mit der Einführung von Computern im Heimgebrauch die Bezeichnung von Zweierpotenzen durch Binärpräfixe gemäß der bisherigen Norm IEC 60027-2 zu umständlich. Deshalb wurde durch das Internationale Büro für Maß und Gewicht (BIPM) die Empfehlung für neue SI-Präfixe ausgesprochen und damit die weltweite ISO-Norm IEC 80000-13:2008 (DIN EN 80000-13:2009-01) eingeführt. Vor diesem Hintergrund sind SI-Präfixe generell nur noch in der dezimalen Bedeutung üblich, wobei die Präfixe (Mega, Giga etc.) den entsprechenden Dezimalwert angeben:

1 Kilobyte (kB) = 1000 Byte

1 Megabyte (MB) = 1000 · 1000 Byte = 1 000 000 Byte.

²¹ Ulrich Schmidt, Professionelle Videotechnik, Springer Vieweg, 6. Auflage (2013)

Die folgende Übersicht stellt die jeweilige Bedeutung und Zahlenwerte der Dezimalpräfixe dar, die sich in heute gängigen Bezeichnungen (z.B. Gigabyte/GB) wiederfinden:

| Dezimalpräfixe | |
|----------------|---|
| Kilobyte (kB) | 10^3 Byte = 1 000 Byte |
| Megabyte (MB) | 10^6 Byte = 1 000 000 Byte |
| Gigabyte (GB) | 10^9 Byte = 1 000 000 000 Byte |
| Terabyte (TB) | 10^{12} Byte = 1 000 000 000 000 Byte |
| Petabyte (PB) | 10^{15} Byte = 1 000 000 000 000 000 Byte |
| Exabyte (EB) | 10^{18} Byte = 1 000 000 000 000 000 000 Byte |
| Zettabyte (ZB) | 10^{21} Byte = 1 000 000 000 000 000 000 000 Byte |
| Yottabyte (YB) | 10^{24} Byte = 1 000 000 000 000 000 000 000 000 Byte |

Abbildung 131: Übersicht Dezimalpräfixe

Der Unterschied zu den ursprünglichen Einheitenvorsätzen auf Basis der binären Umrechnung (8 Bit = 1 Byte) wird in der folgenden Abbildung deutlich. Bei genauerer Betrachtung wird klar, dass die gerundeten Dezimalwerte geringer sind. Somit ergibt sich bereits bei 1 kB gegenüber 1 KiB eine Differenz von 2,40 Prozent, bei 1 MB/1 MiB von 4,86 Prozent und bei 1 GB/1 GiB von 7,37 Prozent.

| Binärpräfixe | |
|----------------|--|
| Kibibyte (KiB) | 2^{10} Byte = 1024 Byte |
| Mebibyte (MiB) | 2^{20} Byte = 1 048 576 Byte |
| Gibibyte (GiB) | 2^{30} Byte = 1 073 741 824 Byte |
| Tebibyte (TiB) | 2^{40} Byte = 1 099 511 627 776 Byte |
| Pebibyte (PiB) | 2^{50} Byte = 1 125 899 906 842 624 Byte |
| Exbibyte (EiB) | 2^{60} Byte = 1 152 921 504 606 846 976 Byte |
| Zebibyte (ZiB) | 2^{70} Byte = 1 180 591 620 717 411 303 424 Byte |
| Yobibyte (YiB) | 2^{80} Byte = 1 208 925 819 614 629 174 706 176 Byte |

Abbildung 132: Übersicht Binärpräfixe

Jedes Kind kennt heute die Dezimalpräfixe und die Bezeichnungen Byte und Bit. Allerdings werden diese nicht selten falsch angewendet, weshalb hier kurz umrissen werden soll, in welchem Zusammenhang die jeweiligen Begriffe ihre richtige Anwendung finden: Übertragungsraten (z.B. Downstream-Geschwindigkeiten 8 Gbit/s) werden in Bit und den entsprechenden Dezimalpräfixen (z.B. Giga = G) angegeben. Dateigrößen beziehungsweise Speicherkapazitäten oder Datenmengen im Allgemeinen (Festplattenlaufwerke, Arbeitsspeicher, CDs, DVDs, Blu-ray-Discs, USB-Speichermedien etc.) werden hingegen in der Einheit Byte angegeben (z.B. Festplatte: 2 TB/Flash-Speicher: 8 GB).

Bit Error Ratio (BER)

Verwirrung besteht ebenfalls nicht selten bei den Bezeichnungen Bit Error Rate (BER), Bitfehlerrate (BFR), Bitfehlerhäufigkeit (BFH), Bitfehlerverhältnis (BFV), Bitfehlerwahrscheinlichkeit (BEP). BER definiert das Verhältnis zwischen der Anzahl der fehlerhaften binären Signalelemente zu ihrer Gesamtzahl während einer Übertragung. Eine Bitfehlerhäufigkeit wird als Bitfehlerrate von beispielsweise „ $6 \times 10^{\text{exp}-6}$ “ dargestellt und beschreibt damit das einheitenlose Bitfehlerverhältnis (Bit Error Ratio: BER), was in diesem Fall bedeutet, dass bei einer Million übertragener Bits durchschnittlich sechs Bits falsch sein können. Ein Bitfehlerverhältnis (BER) von 10^{-4} entspricht einem fehlerhaften Bit auf 10.000 Bits.

Im Gegensatz zu den tatsächlichen Werten in der Praxis beinhaltet der Begriff Bitfehlerwahrscheinlichkeit (Bit Error Probability: BEP) lediglich theoretische Überlegungen zum wahrscheinlichen Auftreten eines Bitfehlers, wobei solche Wahrscheinlichkeitsberechnungen lediglich simulativen Charakter besitzen und für idealisierte Szenarien verwendet werden (beispielsweise in der Forschung). Grundsätzlich kann gesagt werden, dass BER die Qualität eines demodulierten Digitalsignals auf der Empfängerseite angibt. Dabei gilt: je niedriger das BER, desto besser das Signal.

Codec

Die Bezeichnung Codec beinhaltet sowohl das Codieren als auch das Decodieren als zwei kohärente Vorgänge. Als Kompositum vereint es die Wörter CODer (Codierer) und DECoder (Decodierer). Hingegen definieren die Begriffe Konvertierung oder auch Transkodierung das direkte Umwandeln von einem Dateiformat in ein anderes (z.B. MP3 zu WMA).

In diesem Zusammenhang werden verschiedene Vorgänge und ihre Ergebnisse unterschieden. So kann es sich bei kodierten Dateiformaten sowohl um Audio- als auch um Videoformate handeln. Der MPEG-Standard spezifiziert sowohl Codecs als auch Containerformate, wobei MPEG-2- oder auch MPEG-4-Standards für Videoformate stehen. Ein MP3-Audiocodec erstellt beispielsweise MP3-Audiospuren und ist nicht mit dem MPEG-3-Standard zu verwechseln, den es im Übrigen nie gegeben hat (vgl. hierzu das Kapitel Videoformate).

Container

Das Containerformat beschreibt die innere Datenstruktur einer Containerdatei, also die Art und Weise, wie in einem Container beziehungsweise einer Containerdatei gespeicherte Datenformate angeordnet sind. Einfacher ausgedrückt: in einen Behälter werden mehrere Zutaten gepackt, die ganz unterschiedlicher Natur sein dürfen. Hauptsache, sie passen hinein. So können verschiedene Datenformate in einem Container zusammengefasst werden. Ein simples Beispiel ist eine ZIP-Datei, in der die Daten komprimiert oder „gepackt“ sind. Allerdings korrespondieren die Dateien hier nicht zwangsläufig miteinander. Anders verhält es sich zum Beispiel bei Audiodaten in Verbindung mit Zusatzinformationen (MP3) oder aber zusammengeführten Video- und Audiodaten, die in der Summe einen Film ergeben. Hierfür werden im Alltag zumeist folgende Formate verwendet: MP4 (*.mp4), Matroska (*.mkv, *.mka), DivX (*.divx) oder auch AVI (*.avi). Genau wie Codes werden Containerformate von einem Multiplexer erstellt.

Chroma Subsampling/Farbunterabtastung

Der erste Schritt der Datenreduktion ist innerhalb vieler Kompressionsverfahren das sogenannte Chroma Subsampling. Dabei wird die Auflösung der Farbinformation (Chrominanz-Signal) gegenüber den Informationen über die Helligkeit (Luminanz-Signal) vernachlässigt. Man spricht auch von der Farbunterabtastung. Basis dieses Verfahrens ist ebenfalls die menschliche Wahrnehmung und damit verbunden die Anatomie des Auges, das Helligkeitsunterschiede besser wahrnehmen kann als Farbunterschiede. Unser visuelles System reagiert unterschiedlich auf Farbfrequenzen, weshalb Bilder (ähnlich wie Töne) auch als Überlagerung zweidimensionaler Schwingungen dargestellt werden können. In diesem Zusammenhang sind niedrige Bildfrequenzen für grobe Bildstrukturen und hohe Bildfrequenzen für feine Details verantwortlich. So können hohe Frequenzen besser komprimiert werden, ohne dass das menschliche Auge den Datenverlust wahrnimmt. Diese Frequenzabhängigkeit wird in allen Videokompressionsverfahren der MPEG-Standards ausgenutzt.

Insofern bedeutet Farbrunterabtastung oder auch Subsampling nichts anderes, als dass die Abtastrate reduziert beziehungsweise der räumliche Abstand der Abtastpunkte der Farbinformation verringert wird. Die Farbinformation kann so mit einer geringeren Bandbreite übertragen werden. In der Regel sind die folgenden vier Varianten der Farbrunterabtastung bekannt.

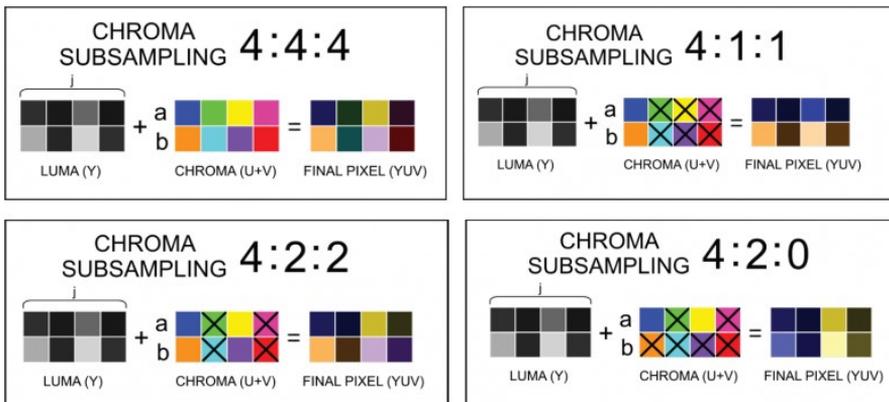


Abbildung 133: Chroma-Subsampling/Farbrunterabtastung
(Chris Gates/2013; www.videomaker.com)

4:4:4 (1x1,1x1,1x1)

Hierbei handelt es sich eigentlich um keine Farbrunterabtastung, da im 1:1-Verhältnis abgetastet wird, wie etwa beim RGB-Signal, bei dem das Luminanz- und alle drei Farbsignale getrennt übertragen werden.

4:2:2 (2x1,1x1,1x1)

Diese Variante stammt ursprünglich aus dem analogen Farbfernsehstandard NTSC, wird aber ebenfalls für digitale Videosignale verwendet (ITU-R BT 601). Hier wird zwischen der horizontalen und vertikalen Farbrunterabtastung unterschieden, wobei die Horizontalabtastung nur halb so hoch ist wie die vertikale.

4:1:1 (4x1,1x1,1x1)

Auch wird die Farbaabtastung in horizontaler Richtung nochmals halbiert und entspricht einem Viertel der Abtastung des Helligkeitssignals.

4:2:0 (2x2,1x1,1x1)

Die Abtastung ist hier in beiden Raumrichtungen (horizontal/vertikal) identisch, allerdings sind die Abtastpunkte des Farbsignals leicht versetzt. Diese Form der Farbrunterabtastung wird insbesondere bei den Standards JPEG und MPEG verwendet. Bei JPEG erfolgt eine zentrische Abtastung, bei MPEG wird das Farbsignal in gleicher vertikaler Ausrichtung wie das Helligkeitssignal abgetastet.

Darüber hinaus hat beispielsweise die Firma Sony die 3:1:1-Farbunterabtastung geprägt (DVCAM/DV SDL). Ein neueres Verfahren (22:11:11) nach der Norm SMPTE 292M ist im HDTV-Bereich auf der HD-SDI-Schnittstelle zu finden.

Allerdings kommt es bei der Farbunterabtastung auch zu unerwünschten Nebeneffekten, die insbesondere im Wiedergabegerät vorgenommen wird, um Datenvolumen zu sparen. Diese interne Farbunterabtastung erfolgt über eine Software und ist im Fernseher fest integriert. Ist eine solche vorhanden, kann sich vor allem die Wiedergabe von Fotos und künstlichen Grafiken auf dem Display verschlechtern, schmale Linien oder kleine Details werden unscharf dargestellt oder können sogar komplett verschwinden.

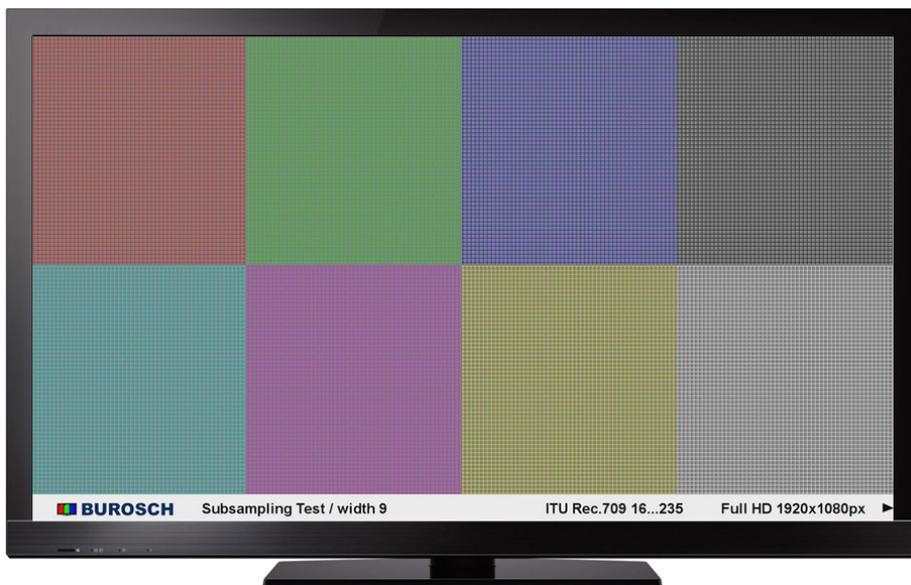


Abbildung 134: Subsampling Test Pattern

Zur Überprüfung der Bildqualität des Displays sollte auf professionelles Testmaterial zurückgegriffen werden. Hierzu eignen sich Testbilder, die allerdings ausschließlich zur Bildbeurteilung nicht aber zur Bildoptimierung dienen. Im TV-Display-Labor der Firma BUROSCH wurde hierzu eigens zur Überprüfung der internen Datenkomprimierung von modernen TV-Displays ein Testbild entwickelt (Subsampling Test Pattern), mit dem überprüft werden kann, ob ein TV-Gerät eine interne Farbunterabtastung vornimmt oder nicht.

Multiplexverfahren

Ein Multiplexer (MUX) kann mit einem Relais oder Lichtschalter verglichen werden. Bei der Datenübertragung lässt er immer nur ein Signal durch und wandelt somit parallele Datenströme in serielle (oder umgekehrt). Insofern ist es fast logisch, dass der MUX mehrere Eingänge aber nur einen Ausgang besitzt. Über Steuersignale in Form von Dualzahlen wird das jeweilige Signal und damit der entsprechende Eingang ausgewählt. Die Schaltfunktionen werden allerdings beim MUX nicht mechanisch, sondern durch integrierte Halbleiterschaltungen realisiert. Für die Rückwandlung wird das entsprechende Gegenstück, der De-Multiplexer, eingesetzt, um die seriellen Datenströme wieder zusammenzuführen.

Es gibt verschiedene MUX-Schaltungen, je nachdem, wie viele Signale gewandelt werden sollen. Die einfachste Variante ist der Einfach-Multiplexer (1-MUX), der über ein Steuersignal s_0 , zwei Eingänge e_0 und e_1 sowie einen Ausgang a verfügt. Im Rahmen der Binärcodierung bedeutet die Zahl 1 (e_1) = ein und die Zahl 0 (e_0) = aus. Über ein sogenanntes Logikgatter werden logische Operationen festgelegt. In diesem Fall: ein Nicht-, zwei Und- und ein Oder-Gatter. Liegt also am Steuersignal s_0 eine 1 an, liefert der Ausgang a das Signal, das am Eingang e_1 anliegt. Bei einer 0 am Steuersignal s_0 wird vom Ausgang a das Signal geliefert, das am Eingang e_0 anliegt (vgl. Abbildung).

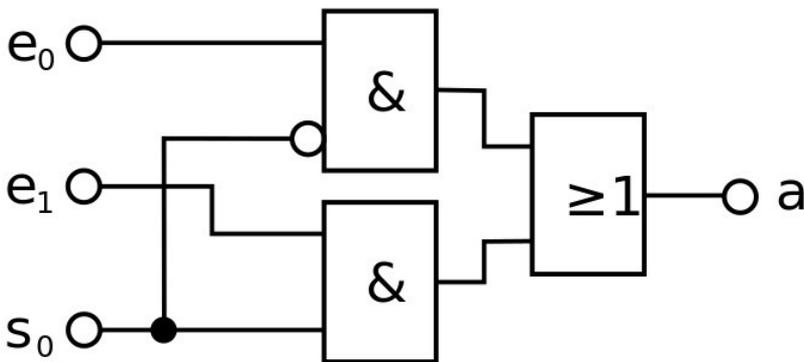


Abbildung 135: Blockschaltung 1-MUX (Bild: MichaelFrey, Wikimedia Commons)

Für die optimale Ausnutzung der Frequenzen beziehungsweise Übertragungskanäle wurden in der digitalen Kommunikationstechnik verschiedene Multiplexverfahren entwickelt. Hierzu zählen:

Raummultiplexverfahren

Gebündelte Übertragungskanäle zur parallelen Nutzung durch mehrere Sender und Empfänger (Space Division Multiplex: SDM oder Space Division Multiple Access: SDMA). Unterschieden wird zwischen kabelgebundenen und kabellosen Varianten. Das kabelgebundene Raummultiplexverfahren ist die älteste und einfachste Methode zur gleichzeitigen Unterstützung individueller Verbindungen auf mehreren parallel installierten Leitungen (Leitungsbündel). Ein Beispiel für dieses Verfahren ist die sogenannte Kreuzschienenverteilung, die Cross Bar Switching oder auch Koppelfeld genannt wird (vgl. Abbildung).

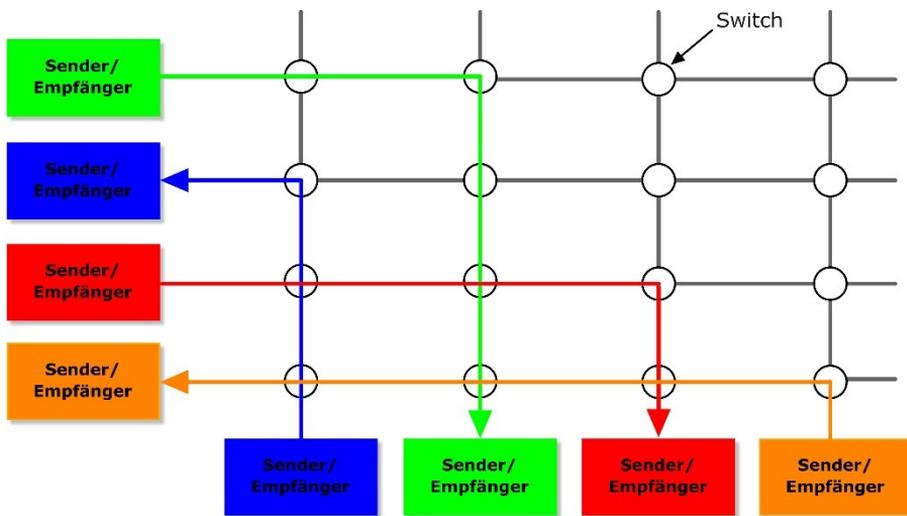


Abbildung 136: Schema einer Kreuzschienenverteilung (Cross Bar Switching)

Zum anderen wird beim kabellosen Raummultiplexverfahren dieselbe Frequenz mehrfach genutzt. Allerdings ist hierfür ein räumlicher Abstand notwendig, um Interferenzen zu vermeiden. Hier sind Kombinationen mit dem Frequenzmultiplex- oder Zeitmultiplexverfahren möglich. Insbesondere bei DVB-T kommt der Spezialfall (Multiple-Input-/Output) zur Anwendung. Damit ist die simultane Übertragung eines Signals durch mehrere kooperierende Antennen gemeint, um somit die Qualität der drahtlosen Verbindung zu erhöhen und im Gegenzug die Bitfehlerhäufigkeit zu verringern.

Frequenz- bzw. Wellenlängenmultiplexverfahren

Damit ist die getrennte Leitungsübertragung mehrerer Signale in unterschiedlichen Frequenzbereichen gemeint, wobei den Signalen unterschiedliche Wellenlängen zugewiesen werden (Frequency Division Multiplex: FDM oder Frequency Division Multiple Access: FDMA). Dieses Verfahren geht bereits auf das Jahr 1886 zurück, als Elisha Gray erste

Vorschläge zur Mehrfachausnutzung von telegrafischen Übertragungsleitungen machte. Bekannt wurde es durch die Stereotonübertragung im UKW-Radio.

Auch hier unterscheidet man die kabellose und kabelgebundene Variante, wobei als praktische Beispiele vor allem das Antennen- und Satellitenfernsehen auf der einen Seite und das Kabelfernsehen auf der anderen Seite zu nennen sind. In Kombination mit dem Zeitmultiplexverfahren wird es auch in der Mobilfunktechnik eingesetzt – beispielsweise beim Global System for Mobile Communications (GSM) oder auch bei Bluetooth.

Zeitmultiplexverfahren

Wie der Name vermuten lässt, handelt es sich hier um die zeitversetzte Übertragung mehrerer Signale, die zeitlich ineinander verschachtelt sind. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten für die jeweiligen Zeitabschnitte (Zeitschlitze): synchronisiert/gleich lang oder asynchron/bedarfsabhängig (Time Division Multiplex: TDM oder Time Division Multiple Access: TDMA).

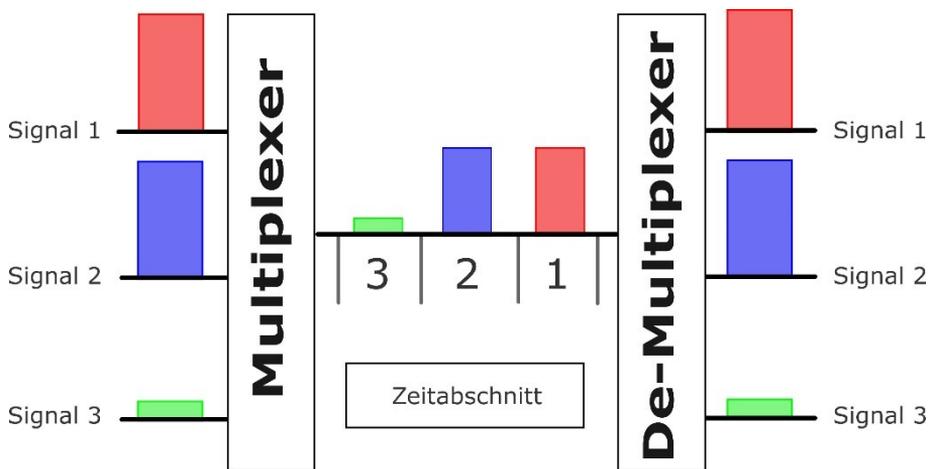


Abbildung 137: Schema synchrones Zeitmultiplexverfahren (nach Wikimedia Commons)

Beim synchronen Verfahren (Synchronous Time Division: STD) erhält jeder Sender einen festen Zeitabschnitt mit konstanter Datenübertragungsrate. Wird vom Sender kein Signal geliefert, bleibt der Übertragungskanal allerdings ungenutzt. Insofern bietet das asynchrone Verfahren mehr Flexibilität und Effizienz, da hier bedarfsgerecht gearbeitet wird, indem nichtgenutzte Zeitabschnitte auch von anderen Datenströmen genutzt werden können. Zur besseren Unterscheidung werden jedem Datenpaket individuelle Kanalinformation (Header, Channel Identifier) beigefügt, damit der De-Multiplexer im Empfänger die Datenpakete richtig zuordnen kann.

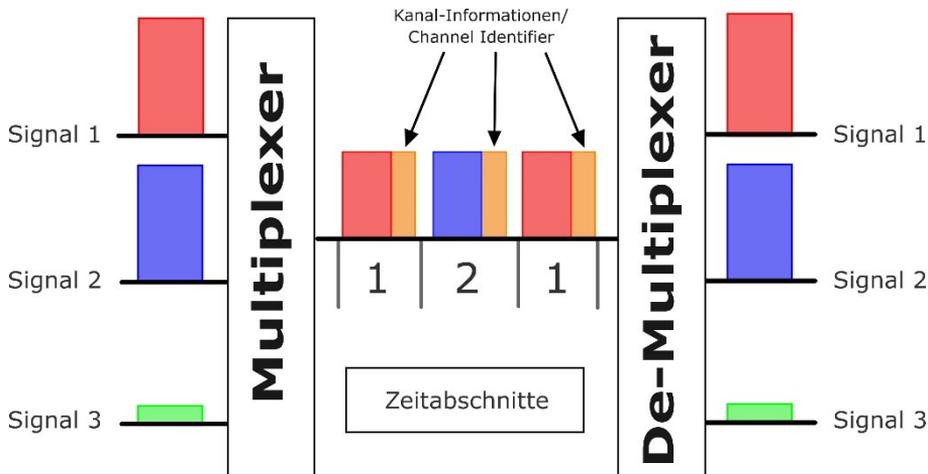


Abbildung 138: Schema asynchrones Zeitmultiplexverfahren (nach Wikimedia Commons)

Codemultiplexverfahren (CDMA)

Dieses Verfahren wird als die Übertragung verschiedener Signalfolgen mit unterschiedlicher Codierung definiert, die im entsprechenden Empfänger erkannt und zugeordnet werden (Code Division Multiplex: CDM oder Code Division Multiple Access: CDMA). Es ist verwandt mit dem Zeitmultiplexverfahren, arbeitet jedoch ohne Koordinierung der Zeitfenster. In der Praxis findet man dieses Verfahren beispielsweise in der funkgesteuerten Zentralverriegelung bei Autos oder beim Mobilfunkstandard Universal Mobile Telecommunications System (UMTS).

Videokompressionsverfahren

Bei der Daten- oder Videokompression wird zur Übertragung eine bestimmte Datenmenge reduziert. Dieses Verfahren wird auch Reduktion genannt. Hierzu gibt es verschiedene Ansätze und Methoden. Die zwei wohl bekanntesten stammen aus der Informationstheorie: Redundanz- und Irrelevanz-Reduktion. Hierbei handelt es sich um modellhafte beziehungsweise idealisierte Ansätze zur Datenreduktion, bei dem die entsprechenden Informationen von der Quelle zur sogenannten Senke geführt werden. Die Quelle bezeichnet in diesem Fall das Original (Videosignal), wie es in der Kamera entstanden ist. Mit der Senke wiederum ist das Auge des Betrachters gemeint, was stellvertretend für die menschliche Wahrnehmung steht.

Redundanzreduktion

Die Redundanzreduktion ist eine verlustlose Codierungsmöglichkeit, die vom Grundsatz her der Stenographie gleicht. Oft verwendete Begriffe werden hier

sehr kurz gehalten, um die Schreibgeschwindigkeit zu erhöhen. Ähnlich verhält es sich bei der Redundanzreduktion. Das Verfahren lässt sich aus dem Begriff selbst ableiten. Redundanz bedeutet das Vorhandensein von überflüssigen Elementen, die für eine bestimmte Information überflüssig sind. Insofern werden hier häufiger auftretende Symbole nicht mit einer konstanten Codewortlänge, sondern mit variablen Codewortlängen codiert. Diese Codierung wird als Variable Length Coding (VLC) bezeichnet.

Irrelevanzreduktion

Die Irrelevanzreduktion ist hingegen eine verlustbehaftete Codierung. Denn hier werden bestimmte Information bei der Übertragung einfach wegelassen, die für die menschliche Wahrnehmung (Senke) nicht relevant sind, das heißt, vom Betrachter nicht als störend empfunden werden kann. Neben diesen beiden Reduktionsverfahren gibt es weitere Möglichkeiten, die zur Datenreduktion von Videosignalen verwendet werden können.

Vorwärts gerichtete diskrete Kosinus-Transformation

Dieses Verfahren (Fast Discrete Cosine Transforms: FDCT) ist quasi die Voraussetzung für die Irrelevantreduktion. Die Daten werden hier zuerst beurteilt, abgetastet, diskretisiert, um ihre Komplexität beziehungsweise die benötigte Speicherkapazität zu bestimmen. Dabei wird das einzelne Videobild (Frame) in 8 x 8 große Pixel-Blöcke zerlegt (Beispiel: JPEG).

Bewegungskorrektur

Bei der sogenannten Bewegungskorrektur (Motion Compensation) werden ebenfalls nicht alle Daten, sondern lediglich die Unterschiede zum vorhergehenden Bild gespeichert. Dazu wird nach veränderten (bewegten) Pixelblöcken gesucht, die über einen Bewegungsvektor gespeichert werden. Unveränderte (unbewegte) Signaleigenschaften werden vom letzten Frame einfach übernommen.

Digitalisierung

Der Begriff Digitalisierung bedeutet im Grunde nichts anderes, als dass aus dem analogen Videosignal das digitale gewonnen wird. Dabei handelt es sich um drei aufeinanderfolgende Vorgänge, die in der Summe als Digitalisierung bezeichnet werden.

- Diskretisierung
- Quantisierung
- Codierung

Diskretisierung

Das Analogsignal wird sowohl vertikal als auch horizontal in Zeilen und Bilder unterteilt. Die Informationen liegen also zeitkontinuierlich und wertkontinuierlich vor und müssen im Rahmen der Digitalisierung diskretisiert werden. Damit ist gemeint, dass aus einer kontinuierlichen Daten- oder Informationsmenge (Analogsignal) eine diskrete Teilmenge (Digitalsignal) gewonnen wird. Denn in der Digitaltechnik erfolgt die Übertragung der Signalwerte nicht kontinuierlich, sondern quantisiert und zu klar definierten Zeitpunkten.

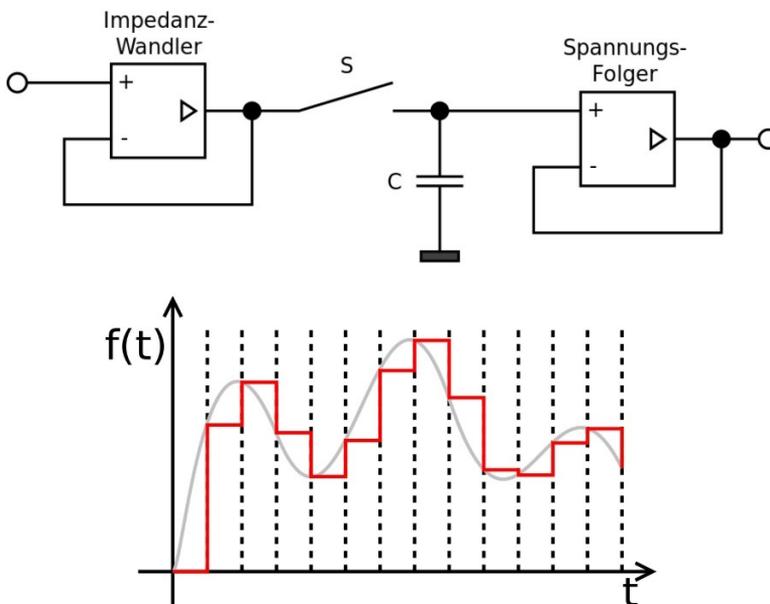


Abbildung 139: Schema für eine Sample-Hold-Schaltung (Wikimedia Commons)

Diskretisierung bedeutet im Kontext der Digitalisierung des Fernsehsignals die Abtastung beziehungsweise Modulation. Diese zeitliche Diskretisierung erfolgt in regelmäßigen Abständen, in denen dem zu wandelnden Signal Proben (sogenannte Samples) entnommen werden, die bis zur nächsten Entnahme gespeichert werden. Dieser Vorgang wird auch Hold genannt. Eine solche Sample-Hold-Schaltung (Abtast-Halte-Schaltung) wird durch die Aufladung eines Kondensators realisiert.

Die Abtastrate oder -frequenz gibt an, wie viele Abtastwerte pro Zeiteinheit vorliegen. Je höher diese Abtastfrequenz (Samplingrate) ist, desto störfreier ist das Signal. Allerdings müssen auch entsprechend viele Daten übertragen werden. Mit zunehmender Qualität steigt somit die Datenrate.

Nach dem sogenannten Abtasttheorem sollte die Samplingrate nicht niedriger aber auch nur maximal doppelt so hoch sein wie die höchste auftretende Signalfrequenz des Originals. Parallel muss darauf geachtet werden, dass oberhalb dieser Signalfrequenz keine Spektralanteile im Signal auftreten (Störfrequenzen). Um dies zu vermeiden, ist vor der A/D-Umsetzung eine Tiefpassfilterung erforderlich. Mithilfe dieser Tiefpassfilterung, einem spektralen statistischen Analyseverfahren zur numerischen Zeitreihenfilterung, werden aus einer Zeitreihe nicht nur die tiefen Frequenzen herausgefiltert, sondern auch hohe Frequenzen unterdrückt, die so im Original nicht vorkommen (vgl. Abbildung).

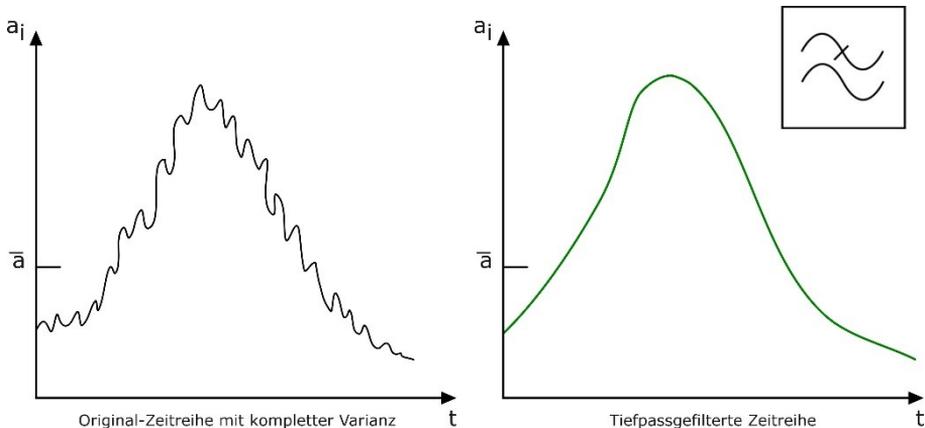


Abbildung 140: Schema zur Tiefpassfilterung

Ohne Tiefpassfilterung können oberhalb des Originalsignals Störsignale auftreten, die das Abtastsignal überlagern. Das heißt, im Abtastsignal können Frequenzanteile enthalten sein, die höher sind als die sogenannte Nyquist-Frequenz²² (halbe Abtastfrequenz). Denn aus der Differenz zwischen Original- und Abtastfrequenz bilden sich sogenannte Aliaseffekte, die sich als Fehler in der Bilddarstellung äußern. Deshalb sollte beim Abtasten digitaler Signale sowohl das Abtasttheorem Beachtung finden, als auch Störsignale vermieden werden, die das Originalsignal (Alias) überlagern.

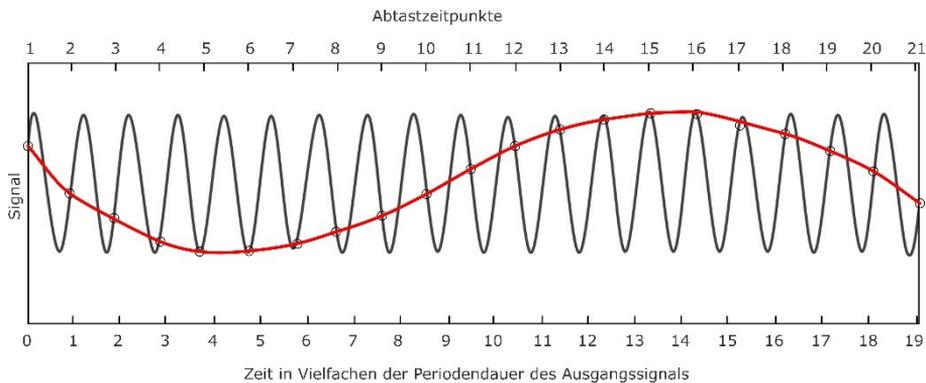


Abbildung 141: Alias-Effekt

Die Abbildung zeigt das Missverhältnis zwischen Abtastsignal (rot) und kontinuierlichem Originalsignal (grau), wie es bei einer Zeitdiskretisierung mit falscher Abtastfrequenz entsteht. Mithilfe sogenannter A/D-Wandler werden die originalen analogen Videosignale in digitale Datenströme gewandelt beziehungsweise rekonstruiert, wobei die Analog-Digital-Wandlung für das Luminanz-Signal (Y) und die Farbdifferenz-Signale (B-Y) und (R-Y) getrennt erfolgt. Diese Wandlung bezieht sich auf die Übertragung von unendlich vielen Analogwerten in eine begrenzte Menge zählbarer Quantitäten, die als Binärcodes bezeichnet werden. Auch bei wiederholter Wandlung der Signale (A/D- bzw. D/A-Umsetzung) kann es zu den oben genannten Aliaseffekten kommen, da eine mehrfache Filterung mit der gleichen Grenzfrequenz zu einer Verringerung der Gesamt-Grenzfrequenz führen kann.

Zum Abschluss des ersten Schritts der Digitalisierung (Abtastung) liegt ein sogenanntes PAM-Signal (puls-amplitudenmoduliert) vor, welches allerdings noch analog ist. Ausgehend von diesem PAM-Signal wird die Maximalamplitude des Sample-Hold-Signals auf die Wandler-Kennlinie eines A/D-Wandlers angepasst beziehungsweise in binäre Datenworte gewandelt. Die jeweiligen

²² Die Nyquist-Frequenz oder Nyquist-Grenze stammt aus der Signaltheorie und ist als die doppelte Signalfrequenz definiert. Gemäß Nyquist-Shannon-Abtasttheorem müssen alle Anteile in einem Signal kleinere Frequenzen aufweisen als die Nyquist-Frequenz, um das abgetastete Signal beliebig genau rekonstruieren zu können.

positiven wie negativen Signalspannungen oder auch Amplitudenbereiche werden in definierte Spannungsstufen eingeteilt. Dieses Verfahren wird Quantisierung genannt.

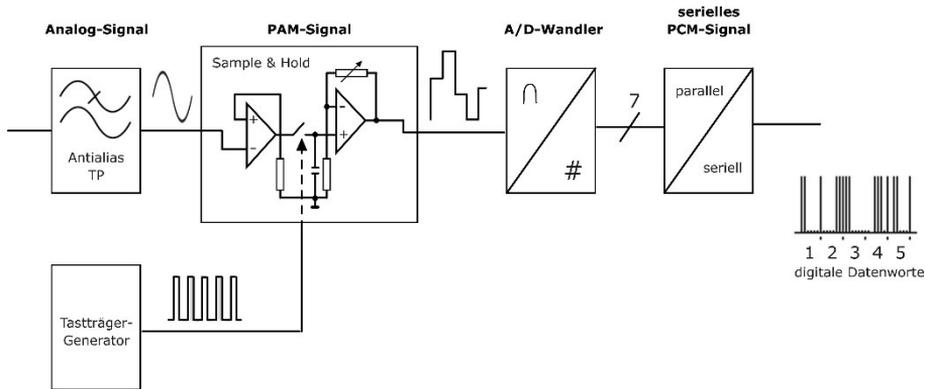


Abbildung 142: Digitalisierung analoger Signale durch Abtastung zur PAM/Codierung zur PCM

Quantisierung

Mit einer Band- beziehungsweise Kanalbreite von 6 MHz können im digitalen Fernsehen Video-, Audio-, Hilfs- und Steuerdaten übertragen werden. Neben den aus der Analogtechnik bekannten Übertragungswegen (Satellit, Kabel und Antenne) kommt beim digitalen Standard die Übertragung via IP-Signal (Internet) hinzu. Auf Basis des ursprünglichen MHP-Standards (Multimedia Home Plattform) können die verschiedenen Übertragungswege kombiniert und sogenannte Hybrid-Endgeräte angeboten werden. Näheres hierzu findet sich im Kapitel „Praxis der modernen Fernsehtechnik“.

Die Datenraten der einzelnen Übertragungswege sind dabei sehr unterschiedlich. Allen gemeinsam ist die konsequente Nutzung verschiedener Verfahren zur Datenreduktion, die eine Übertragung hoher Datenraten auf geringen Bandbreiten zulassen. Bei vorhandener Bandbreite können somit mehrere Fernsehkanäle gleichzeitig übertragen werden, was beim analogen Fernsehsignal nicht möglich war. Während des Prozesses der Digitalisierung werden die Abtastwerte also nicht nur moduliert (zeitlich diskretisiert), sondern auch quantisiert.

Bei der (Amplituden-)Quantisierung gilt: je mehr Quantisierungsstufen, desto besser die Signalqualität (Videoauflösung). Fehler treten dennoch auf, die sich in einem Rauschen äußern können. Tolerierbare Fehler werden über den sogenannten Signal-Rauschabstand (S/N) bestimmt, der im Videobereich bei < 45 dB und im Audibereich bei > 90 dB liegt.

Insofern kann im Rahmen der Quantisierung (Auflösung) im Videobereich mit weniger Stufen (256/8 Bit) als beim Audiosignal (65000/16 Bit) gearbeitet werden, da der Gesichtssinn in der Regel weniger ausgeprägt ist als der Gehörsinn und sogenannte Quantisierungsgeräusche damit im tolerierbaren Bereich liegen. Durch die unterschiedliche Wahrnehmung und entsprechenden Toleranzgrenzen sind die Werte sowie Formeln zur Bestimmung des jeweiligen Signal-Rauschabstandes bei Audio- und Videosignalen unterschiedlich. Auf die Darstellung einer detaillierten Berechnung der Quantisierungsrauschleistung, Quantisierungsfehlerspannung und Signalleistung wird im Rahmen dieses Praxishandbuchs verzichtet.

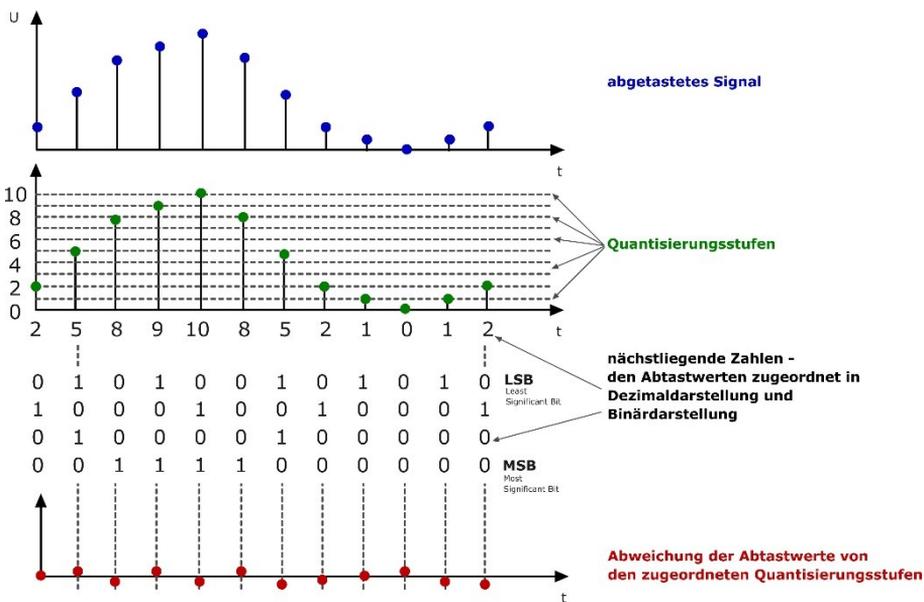


Abbildung 143: Quantisierungsfehler
(nach Schmidt, Professionelle Videotechnik)

Bei der Signalverarbeitung kann es gerade bei höheren Auflösungen zu Rundungsfehlern kommen, die zwangsläufig entstehen, wenn unendlich viele Werte auf eine endliche Zahl reduziert werden (Quantisierungsfehler). Diese Quantisierungsfehler können insbesondere bei hohen Signalpegeln auftreten und werden dann im Videobereich als stufige Grauwerte oder im Audiobereich als unangenehmes Rauschen wahrgenommen. Deshalb werden diese Fehler auch als Quantisierungsrauschen bezeichnet, das mithilfe sogenannter Dither (zugesetzte unregelmäßige Signale) verdeckt wird.

In der Videotechnik werden verschiedene Verfahren zur Quantisierung (A/D-Umsetzung) verwendet. Die schnellste Variante ist der sogenannte Parallelumsetzer, bei dem ein gleichzeitiger (paralleler) Vergleich der umzuwandelnden Spannung mit allen Quantisierungsstufen erfolgt. Hier werden die Spannungswerte der Stufen aus einem Spannungsteiler gewonnen, wobei bereits nach dem ersten Vergleichsschritt ein quantisiertes Signal vorliegt. Da bei einer Auflösung mit 8 Bit gleichzeitig 256 Vergleichswerte vorliegen müssen, ist dieses Verfahren in technischer Hinsicht sehr anspruchsvoll.

Eine einfachere Variante ist die Wägewandlung, bei der die analogen und digitalen Datenwerte in mehreren Schritten gewandelt und verglichen werden, bis sich der Digitalwert dem analogen bestmöglich angenähert hat. Im Gegensatz zum Abwägeprinzip dieser Variante gibt es ein weiteres Quantisierungsverfahren, das im Audibereich angewandt wird. Beim sogenannten Zählwandler läuft vom Minimum bis zum Maximum des zu wandelnden Signals eine sogenannte Sägezahnspannung (vgl. Abbildung). Beim Anstieg läuft quasi eine Stoppuhr (Digitalzähler), bis die Sägezahnspannung den Wert erreicht hat, der gewandelt werden soll.

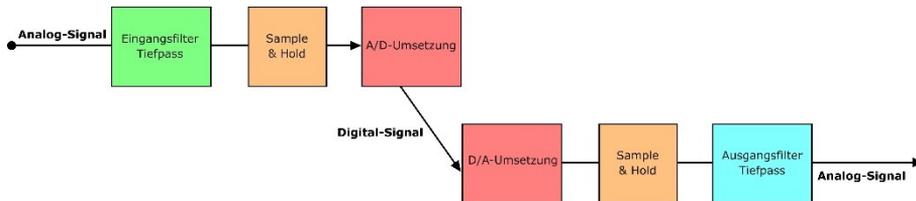


Abbildung 144: A/D-D/A-Übertragungskette

Die Wandlung von analogen und digitalen Signalen kann auch umgekehrt werden. Bei der sogenannten Rückwandlung durch D/A-Umsetzer kann allerdings nicht das Originalsignal wieder hergestellt werden, da die Quantisierungsfehler erhalten bleiben. Auch zur Rekonstruktion werden eine Sample-Hold-Schaltung sowie Tiefpassfilter verwendet, wobei man in diesem Zusammenhang von Rekonstruktionsfiltern spricht. Die Abbildung zeigt den gesamten Quantisierungsprozess in beiden Richtungen als Blockschaltbild.

Codieren/Decodieren

Im Zeitalter der hochauflösenden Videoformate werden deren Datenmengen immer größer, die entsprechend komprimiert übertragen werden müssen. Dazu ist es notwendig, mithilfe eines Algorithmus' aus den Daten des Originals (der Quelle) einen komprimierten Datenstrom zu erzeugen. Dieser kann dann entsprechend übertragen oder gespeichert werden. Dieses zusammengehörende Algorithmenpaar zur Codierung beziehungsweise Decodierung digitaler Videosignale nennt man Videocodec.

Bei der Codierung werden Informationen von der Quelle abgeschickt und im Quellcodierer komprimiert. Dabei muss der Originaldatenstrom so komprimiert werden, dass er auch nach der Codierung noch eindeutig rekonstruierbar ist. Dieses Verfahren wird entsprechend als Quellcodierung bezeichnet. Ein Beispiel für einen Quellcode ist der sogenannte Huffman-Code. In einem zweiten Schritt wird der möglichst gut decodierbare Datenstrom an den jeweiligen Übertragungskanal angepasst (Kanalcodierung). Kanalcodes werden auch als Blockcodes bezeichnet (z.B. Hamming- oder Golay-Code). Bei der Kanalcodierung spielen insbesondere Fehlererkennungs- und Fehlerkorrekturmöglichkeiten eine wesentliche Rolle. Denn in der Regel kann bei sehr hohen Datenmengen kaum verlustfrei komprimiert werden.

Insofern werden Videocodecs generell in zwei Kategorien unterteilt, die sich jeweils in ihrer Anwendung und den daraus resultierenden Ansprüchen begründen. Für hohe Qualität bei ebenfalls hoher Übertragungsrate, wie sie bei DVB und DVD üblich sind, stehen beispielsweise die Standards MPEG-2, MPEG-4-AVC/H.264 oder aktuell in Deutschland als High Efficiency Video Coding (HEVC) H.265. Näheres hierzu findet sich im folgenden Kapitel. Soll eine möglichst niedrige Datenmenge übertragen und damit sowohl die Rechenleistung als auch der Energieverbrauch gering gehalten werden, kommen dagegen Standards wie H.263 oder VP8 zum Einsatz. Dies ist insbesondere bei mobilen Endgeräten (z.B. Smartphones) der Fall.

Beim digitalen Fernsehen wird zuerst das Programm selbst codiert. Dafür wurde bisher der MPEG-2-Standard verwendet, moderne Verfahren wie DVB-S2 sowie UHD verwenden MPEG-4. Im Anschluss erfolgt im Multiplexer eine Verschachtelung des Programms mit etwaigen Zusatzdiensten zu Datenpaketen. Innerhalb eines Paketes lassen sich mehrere Programme (Fernsehen oder Radio) zu einem Datenstrom kombinieren (Transportstrom), der wiederum mit dem Trägersignal moduliert wird. Abschließend wird das Signal verstärkt und zum Übertragungssender (Satellit, Kabel, Antenne) gelenkt.

Nach der Übertragung müssen die komprimierten Daten im Wiedergabegerät wieder decodiert beziehungsweise encodiert werden. Das Verfahren läuft also quasi rückwärts ab: im Kanaldecodierer werden die empfangenen Dateien rekonstruiert, im Quellcodierer entsprechend decodiert, wobei idealerweise das rekonstruierte Videosignal möglichst identisch ist mit dem Originalsignal.

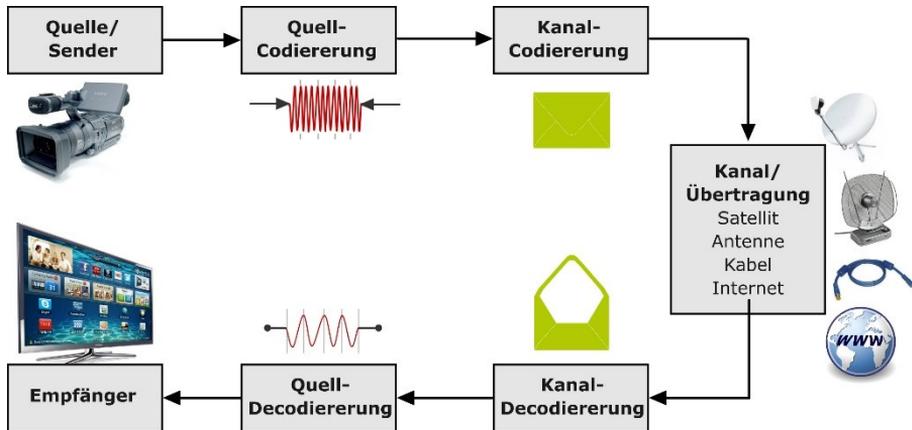


Abbildung 145: Grundprinzip der Videosignalcodierung

Beim Codier- beziehungsweise Decodiervorgang ist vor allem ein synchroner Takt (gleiche Bitfolge) sowohl im Sender als auch im Empfänger nötig, damit im Wiedergabegerät auf derselben Grundlage die Daten rekonstruiert und decodiert werden können, wie sie zuvor im Sender quantisiert und codiert wurden. Die Takt- beziehungsweise Bitfolge lässt sich aus dem übertragenen Signal entnehmen, indem bei jedem Übergang von 0 auf 1 oder 1 auf 0 der abgelaufene Taktzyklus erkennbar ist. Um Fehler (Taktabweichungen) zu vermeiden, muss die Anzahl der Signalwechsel (0/1 oder 1/0) pro Bit, die gleichbedeutend mit der Modulationsrate ist, möglichst gering gehalten werden. Je höher die Modulationsrate, desto geringer die Effizienz der Codierung. Für die Codierung stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, wobei gilt: je fehlerfreier komprimiert werden soll, desto komplizierter ist der Codierungsalgorithmus.

RZ (Return to Zero)

Nach dem einfachen Prinzip 0/1 = aus/ein wird jedes 0-Bit mit einem sogenannten Low-Signal (niedrige Spannung) codiert und jedes 1-Bit mit einem High-Signal (hohe Spannung). Nach jedem High-Signal (1-Bit) wird das Bit auf Null (Low-Signal) zurückgesetzt.

NRZ (Non-Return to Zero)

Hier bleibt die Spannung gleich, das heißt, nach dem Wert 1 wird das Bit nicht auf Null zurückgesetzt. Die Grenzfrequenz ist hier niedriger als im RZ-Verfahren und erlaubt dadurch eine geringe Modulationsrate. Allerdings ist dieses Verfahren anfällig, da bei aufeinanderfolgenden gleichen Bits kein Signalübergang erfolgt (keine Null-Schaltung). Insofern ist die richtige Bitfolge nicht immer erkennbar und es kann zu Fehlern bei der Synchronisation kommen.

NRZI (Non-Return to Zero Inverted)

1-Bit wird hier nicht als High-Signal, sondern direkt als Signalwechsel dargestellt. Dagegen erfolgt bei einem 0-Bit kein Wechsel. Auch hier ist eine geringe Modulationsrate realisierbar, allerdings können ebenfalls Fehler bei der Synchronisation auftreten, da der Signalübergang beziehungsweise die Taktung nicht immer eindeutig erkennbar ist.

Manchester

Zur besseren Unterscheidung einer Bitfolge wird bei diesem Verfahren ein Bit in zwei Phasen unterteilt beziehungsweise durch zwei Signale dargestellt (Selbsttaktung): 0-Bit (Low-Signal/High-Signal); 1-Bit (High-Signal/Low-Signal).

Wenn nun über einen gewissen Zeitraum kein Signalwechsel erfolgt, ist eindeutig erkennbar, dass ein Fehler aufgetreten ist. Insofern kann es bei maximaler Fehlererkennung zu keinen Synchronisationsproblemen kommen. Allerdings ist die Modulationsrate aufgrund der zweifachen Signalwechsel entsprechend doppelt so hoch, obwohl nur die Hälfte der übertragenen Bits tatsächlich genutzt werden.

Die Codierung, Übertragung, Decodierung und Wiedergabe von Videodaten ist je nach Qualitätsanspruch und Verfahren relativ zeitaufwändig. Dieser Zeitraum der Digitalisierung wird auch Latenz genannt. Insofern kommt es gegenüber der analogen Fernsehsignalübertragung beim DTV zu Verzögerungen, die mehrere Sekunden in Anspruch nehmen können. Bei flächendeckendem Digitalempfang fällt die zeitliche Differenz in der Ausstrahlung allerdings nicht mehr auf. Erkennbar war sie allerdings noch vor einiger Zeit, als über DVB-T bereits digital und über Kabel noch umfassend analog gesendet wurde. Im Jahre 2006 zur Fußballweltmeisterschaft in Deutschland fielen die Tore entsprechend mit geringen Verzögerungen – je nach Empfangsart.

SMPTE

Der SMPTE-Timecode wurde nach seinem „Erfinder“ benannt, der Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE). Hierbei handelt es sich um einen geräteunabhängigen Synchronisationsstandard (ST 12-1/ST 12-2), der zuletzt im Jahre 2014 aktualisiert wurde. Anwendung findet der SMPTE-Timecode im Fernseh-, Hörfunk- und Studiobereich zur synchronen Aufnahme und Wiedergabe von Video- und Audiodaten, wobei die Zeitsteuerung heute vor allem in Tonstudios über Computer beziehungsweise spezielle Schnittstellen erfolgt.

AVC/H.264

Obwohl wir im Jahre 2016 bereits bei HEVC/H.265 angelangt sind, soll im Folgenden der Vorgängerstandard zur Videokompression umfassend erläutert werden, da dieser die Basis für H.265 darstellt.

Im Rahmen der Digitalisierung und technischen Entwicklung von High Definition (HD) war es notwendig, die Datenrate zur Übertragung und Wiedergabe von hochauflösendem Videomaterial zu reduzieren und dabei dennoch die Qualität beizubehalten. Hierzu wurde zunächst von der ITU-Gruppe (Video Coding Experts Group) ein neuer Standard zur digitalen Videokompression entwickelt, der die Bezeichnung H.26L hatte. Nach einem Zusammenschluss mit MPEG-Visual (Moving Picture Experts Group: MPEG) wurde im Jahre 2001 die Entwicklung innerhalb der Arbeitsgruppe „Joint Video Team – JVT“ vorangetrieben, zu der unter anderem auch das Fraunhofer-Institut und namhafte Vertreter der Technikbranche (beispielsweise Microsoft und Cisco Systems) gehörten. Zwei Jahre später wurde der neue Standard mit der offiziellen ITU-Bezeichnung MPEG-4/AVC (H.264) veröffentlicht.

Das Format Advanced Video Coding (AVC) ist Teil 10 des MPEG-4-Standards (MPEG-4/Part 10, ISO/IEC 14496-10) und Nachfolger anderer MPEG-4-Formate, wie zum Beispiel XviD oder H.263 (Teil 2 des MPEG-4-Standards). AVC/MPEG-4 wird synonym als H.264 bezeichnet und war Mitte der 2000er Jahre der effizienteste Videokompressionsstandard, der speziell für HDTV ausgelegt war, weil seine Codiereffizienz im Vergleich zu MPEG-2/H.262 das Dreifache erreicht und somit bei geringerer Datenrate sogar bessere Qualität realisiert. Neben der weitaus höheren Rechenleistung bietet der MPEG-4-Standard AVC/H.264 weitere Vorteile im Vergleich zu seinen Vorgängern, die im Folgenden beschrieben werden.

Die Grundlagen der Datenkompression wurden in diesem Buch bereits erläutert. Wichtiger Bestandteil dieser ist die Redundanzreduktion, also die Ermittlung

von Mittelwerten aus Differenzinformationen. Im Gegensatz zum MPEG-2-Standard, bei dem sich immer nur auf vorherige Bilder bezogen wurde, durchsucht die MPEG-4-AVC-Erweiterung H.264 in einem größeren Umfeld nach Redundanzen – also beispielsweise nicht nur in den vorherigen, sondern auch in den folgenden Frames/Bildern. Hinzu kommt, dass die Größe der untersuchten Blöcke sich verringert.

Im seinerzeit neuen Verfahren zur Datenkompression wurde auf die diskrete Kosinustransformation (DCT) mit 8x8-Pixel-Blöcken verzichtet. Bei AVC/H.264 kommt eine Integertransformation auf Basis von 4x4-Pixel-Blöcken zum Einsatz. An die veränderte Transformation wurde die sogenannte Entropiekodierung angepasst. Hierbei handelt es sich um eine Methode zur verlustfreien Datenkompression, wie zum Beispiel die arithmetische Kodierung oder die Huffman-Kodierung (Näheres hierzu findet sich in diesem Kapitel „Codieren/Decodieren“). Deshalb unterstützt AVC/H.264 nicht mehr nur herkömmliche VLC-Codes (Huffman-Codierung), sondern darüber hinaus die leistungsfähigere arithmetische Kodierung CABAC (Context Adaptive Binary Arithmetic Coding).

In diesem Zusammenhang bietet der seinerzeit aktuelle Videokompressionsstandard AVC/H.264 einen weiteren Vorteil - vor allem in Bezug auf hochauflösendes Videomaterial sowie die bessere Bewegungsschärfe oder vielmehr Bewegungskompensation, welche auf $\frac{1}{4}$ Pixel genau ist. Denn die Makroblöcke mit einer Größe von 16x16 Pixel werden hier auf Unterblöcke (4x4 Pixel) unterteilt (Macroblock Partitioning) und für jeden Block ein eigener Bewegungsvektor gespeichert. Bei der Mittelwertbildung wird im Vergleich zu H.263 nicht mehr mit zwei, sondern mit sechs Koeffizienten (+1/32, -5/32, +20/32, +20/32, -5/32, +1/32) gearbeitet und eine weitere Mittelwertbildung (Intra Prediction) verwendet, bei der aus den Halbpixeln die Informationen auf $\frac{1}{4}$ Pixel genau berechnet werden. Neben zusätzlichen Referenzbildungen, wie die Long-Term Prediction und Weighted Prediction, kommt bei AVC/H.264 ein Deblocking-Filter zum Einsatz. Dabei werden Referenzen für die Bildinformationen nicht nur aus bereits dekodierten, sondern zusätzlich aus bereits gefilterten Frames/Bildern gewonnen. Dies erhöht insbesondere in Verbindung mit der verringerten Transformation (4x4 Pixel) die Qualität der Bewegtbildwiedergabe.

Doch was im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung als „Format für die Zukunft“ titulierte wurde, ist zehn Jahre später schon wieder Makulatur. Mit der Einführung von Ultra HD/HDR, UHD/4K-Blu-ray, DVB-T2 und entsprechendem Videomaterial hat der einst revolutionäre Videokompressionsstandard AVC/H.264 für HDTV, Blu-ray, HD-DVD und DVB ausgesorgt. Neue Standards

sind auf dem Markt, die eine noch effizientere Methode zur Videokompression nötig machen.

HEVC/H.265

Auf der IFA 2013 wurde der neue Videokompressionsstandard HEVC/H.265 bekannt. Aufgrund der gestiegenen Anforderungen durch höhere Auflösungen im Kontext der Einführung von BT.2020 entwickelte das Gemeinschaftsprojekt von ITU und MPEG einen neuen MPEG-Standard, der von der Moving Picture Experts Group (MPEG) bereits ein Jahr zuvor in Stockholm verabschiedet wurde. Mit HEVC/H.265 ist es nunmehr möglich, bei gleicher Qualität die Datenkompression zu verdoppeln. Das bedeutet bei der Übertragung von Videomaterial entweder doppelt so viele Kanäle oder höhere Qualität oberhalb von Full HD (1920 x 1080 Pixel) bei gleichbleibender Kanalbelastung auf allen Übertragungswegen (Internet, Fernsehen).

High Efficiency Video Coding (HEVC) ist Teil 2 des MPEG-H-Standards und steht in unmittelbarer Konkurrenz zum lizenzgebührenfreien Format aus dem Hause Google für die verlustbehaftete Videodatenkomprimierung VP9, das insbesondere von YouTube verwendet wird.

HEVC/H.265 stellt eine Weiterentwicklung der Technologie von H.264 in Bezug auf die bereits beschriebene Redundanzreduktion und veränderte Transformation in Form einer arithmetischen Kodierung dar. Neu ist bei H.265 die flexible Größe der untersuchten Makroblöcke. Mit der sogenannten Coding Unit werden Redundanzen sogar zwischen unterschiedlich großen Bildbereichen gefunden. Dies macht eine Skalierung von 320 x 240 Pixel bis zu 8192 x 4320 Pixel möglich und ist somit bestens geeignet für die Übertragung ultrahochauflösender TV- und Streaming-Angebote sowie die Realisierung von Blu-ray mit 4K-Auflösung und HDR und könnte somit die Basis für 8K/UHD-2 mit einer Auflösung von 7680 x 4320 Pixeln bilden.

Dennoch sieht die ITU den aktuellen Standard HEVC/H.265 lediglich als Meilenstein in der technischen Entwicklung zur Videodatenkompression und der einhergehenden Realisierung von BT.2020. Das Ziel der nächsten Jahre heißt UHD-2/8K. Ob HEVC/H.265 einer weiteren Vervielfachung des Datenvolumens tatsächlich Stand hält, wird sich zeigen. Die ITU hat bereits mit der Einführung ihres derzeitigen Videokompressionsstandards im Jahre 2013 die Haltbarkeitsdauer auf maximal zehn Jahre begrenzt.

Digitale Videosignale

Die Digitale Studionorm „CCIR 601“ geht auf eine Empfehlung des Comité Consultatif International des Radiocommunications (CCIR) aus dem Jahre 1982 zurück. Zehn Jahre später (1992) wurde sie mit der Bezeichnung „Encoding Parameters of Digital Television for Studios“ (ITU-R BT.601) von der International Telecommunication Union (ITU) standardisiert.

Digitale Videosignale entstehen im Allgemeinen durch die Analog/Digital-Wandlung, das heißt, aus einem analogen Original entsteht im Rahmen der Digitalisierung (vgl. entsprechendes Kapitel) ein digitales Bildsignal mit zunächst derselben Auflösung in Helligkeit und Farbe. Lediglich die Art und Weise der Kompressionsverfahren, die Anzahl der MAZ-Generationen und die Quantität der Auflösung sind letztlich für die Qualität des digitalen Videosignals verantwortlich.



Abbildung 146: Logo für High Definition Serial Digital Interface HD-SDI (Norm SMPTE 292M)

Im professionellen TV-Bereich werden heute üblicherweise neben DVI- und HDMI-Signalen auch digitale Komponentensignale (SDI-Signale) verarbeitet. Da die Komponentencodierung weitgehend unabhängig von Fernsehnormen ist, findet das digitale Komponentensignal im DTV am meisten Verwendung. Hauptsächlich handelt es sich um SDI-Signale, wobei der Begriff SDI lediglich eine Schnittstelle beschreibt. Das digitale Komponentensignal besteht aus dem Luminanz-Signal und den beiden Farbdifferenz-Signalen. Das 4:2:2-Prinzip der Farbrunterabtastung und eine 10-Bit-Quantisierung werden hier grundsätzlich favorisiert. Jedoch können die hohen Datenmengen des SDI-Signals auch mithilfe anderer Verfahren reduziert werden (z.B. 8-Bit-Quantisierung, im Chroma-Subsampling-Format 4:2:0 oder gar 3:1,5:0, bei dem auch das Luminanz-Signal reduziert wird. In jedem Fall weisen digitale

Komponentensignale gegenüber digitalen RGB-Signalen aufgrund ihrer Bearbeitung eine verminderte Qualität auf, die allerdings nicht immer sichtbar sein muss.

Wie bereits erwähnt, beschreibt SDI (Serial Digital Interface) im eigentlichen Sinne die Geräteschnittstelle. Dennoch wird die Bezeichnung oft synonym für das SDI-Signal verwendet, das sowohl als Standard bei nicht-datenreduzierten Geräteverbindungen (Filmstudios oder Rundfunkanstalten) genutzt wird, als auch für jede Art von Datenreduktion digitaler Videosignale im Zusammenhang mit der weiteren Verwendung beziehungsweise Übertragung.

Während herkömmliche Komponentensignale (Analogtechnik) in drei voneinander getrennten Leitungen übertragen wurden, ist für die Übertragung des SDI-Signals lediglich ein einziges Kabel mit einem BNC-Stecker²³ notwendig. Die drei Komponenten des SDI-Signals werden ineinander verschachtelt und seriell weitergeleitet. Die Weiterverarbeitung des Signals hängt dabei vom jeweiligen Anspruch beziehungsweise der entsprechenden Videonorm ab. Während Studiogeräte und die Systeme zur Signalverteilung in der Regel beide Normen (SD und HD) beherrschen, werden - je nach Übertragungsform, Videonorm und Auflösung des digitalen Komponentensignals - verschiedene Schnittstellen benötigt.

Beispiele dafür sind:

- SD (576i/25/576psF25): SD-SDI.
- HD (1080i/25/1080pSF/25): HD-SDI,
- HD (1080p/50): 3G-SDI oder Dual Link HD-SDI.
- UHD-1: 3G- oder 6G-SDI.

Video-Schnittstellen (Interfaces)

So entscheidet die richtige Schnittstelle nicht selten über die Qualität der Signalverbindung. Denn hier ist der sogenannte elektrische Übergabepunkt zwischen zwei Geräten für alle digitalen Audio-, Video- oder Steuersignale. Deshalb müssen für eine optimale Verbindung das Signal selbst sowie die Hardware zueinander passen. Insofern ist insbesondere für den Verbraucher die richtige Schnittstelle beziehungsweise Steckverbindung interessant.

²³ koaxiale Steckverbinder mit einem Bajonettverschluss BNC (Bayonet Neill Concelman) - benannt nach den Entwicklern Paul Neill und Carl Concelman - für Hochfrequenzen bis etwa 1 GHz (teilweise bis 4 GHz) und Anwendungsbereich u.a. in der Funk- und Videotechnik



Abbildung 147: DVI- und VGA-Schnittstelle

Für die Verteilung dekomprimierter Audio- und Videosignale können sowohl analoge als auch digitale Schnittstellen benutzt werden. Die Verwendung ist im Großen und Ganzen von der erforderlichen Bandbreite und den Frequenzen der einzelnen Signale abhängig. Im analogen HD-Bereich gehören im Allgemeinen VGA (inklusive DVI-Analog und DVI-Integrated), Component Video (inklusive SCART) zu den bekanntesten und meist verwendeten Schnittstellen. Im digitalen Bereich sind dies VGA (DVI-Digital) sowie SDI und HDMI, wobei diese Schnittstellen durchaus kompatibel sind oder aber mittels eines Adapters beziehungsweise Converters verbunden werden können.



Abbildung 148: Converter SDI-HDMI

SDI

Die digitale SDI-Schnittstelle (Serial Digital Interface) dient vornehmlich der seriellen Übertragung nicht-komprimierter und unverschlüsselter Videodaten über Koaxialkabel oder Lichtwellenleiter und wird entsprechend hauptsächlich in professionellen Fernsehstudios und Fernsehsendern eingesetzt. SDI-Schnittstellen werden durch verschiedene SMPTE-Normen definiert, die sich vor allem durch ihre verschiedenen Bitraten unterscheiden. So beschreibt der Standard SMPTE 292M die HD-SDI-Schnittstelle mit einer Bitrate von 1,485

Gbits pro Sekunde. Diese Norm wird beispielsweise für HDTV-Formate verwendet. Eine Weiterentwicklung ist die Schnittstelle 3G-SDI für das HD-Format 1080p/50, das aufgrund der doppelten Abtastung entsprechend mehr Datenvolumen benötigt. Deshalb beträgt die Bitrate hier 2,97 Gbits pro Sekunde und ist in der Norm SMPTE 424M festgelegt.

DVI

Die Schnittstelle Digital Visual Interface (DVI) wird vorrangig bei der Verbindung zwischen einer PC-Grafikkarte und einem Bildschirm verwendet. Spätestens seit der Einführung der LC-Displays wurde die analoge VGA-Schnittstelle von der digitalen Variante der DVI-Schnittstelle abgelöst, weil die Umwandlung eines analogen in ein digitales Signal (A/D-Wandlung) überflüssig wurde.

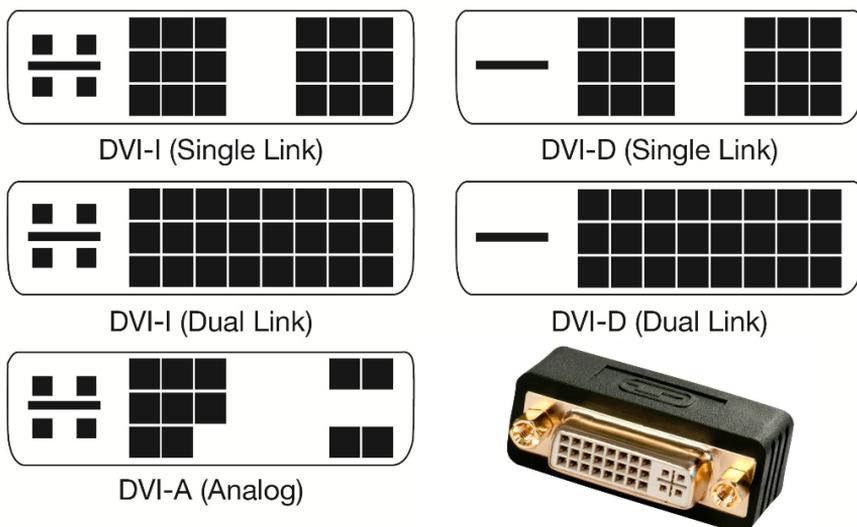


Abbildung 149: Varianten der DVI-Schnittstelle

Ein DVI-Stecker kann unterschiedlich belegt sein, wobei die Bezeichnung DVI-A ausschließlich für analoge Signale und DVI-D für digitale Videosignale steht. Bei den unterschiedlichen Ausführungen einer DVI-I-Schnittstelle steht das „I“ für Integration, das heißt, dass sowohl analoge als auch digitale Signale übertragen werden können. Dabei liegt das RGB-Analogsignal auf vier Pins und das digitale Signal auf 18 (Single Link) oder 24 Pins (Dual Link). Beispiele für die einzelnen DVI-Stecker sind in der obigen Abbildung dargestellt.



Abbildung 150: Möglichkeiten für Schnittstellen am Fernsehgerät

Nicht nur im Computerbereich, sondern auch an Playern, Receivern oder Fernsehern kommen DVI-Schnittstellen vor. Allerdings setzte sich hier im Laufe der Zeit vorwiegend der SCART-Anschluss und später zunehmend die HDMI-Variante durch. Die Daten werden nach dem Schnittstellenstandard TMDS (Transition-Minimized Differential Signaling) übertragen, wobei die Datenrate pro TDMS-Leitung (Lane) bei ca. 1,65 Gbits pro Sekunde liegt. Bei hohem Datenvolumen beziehungsweise Videobandbreite sollten Dual-Link-Kabel verwendet werden.

HDMI

Der TMDS-Standard ist sowohl für DVI als auch für HDMI festgesetzt, zumal HDMI zu DVI abwärtskompatibel ist. Somit sind Geräte mit DVI- und HDMI-Anschluss kombinierbar, wobei in der Regel das DVI-Signal übertragen wird. Dennoch stellt die Kompatibilität (gerade von DVI zu HDMI) nicht selten ein Problem bei der Gerätekombination dar, weil nicht selten Hersteller die digitalen Formate für die Helligkeitspegel DVI-PC (0 bis 255) oder DVI-Video (16 bis 239) in ihren Geräten festschreiben. In vielen Flachbildschirmen sowie Videoprojektoren ist im Menü keine Wahlmöglichkeit zwischen PC- und Video-Level enthalten. So kann es passieren, dass Schwarz zu hell dargestellt und der Weißpegel übersteuert wird. Deshalb gilt: nur wenn der Videopegelbereich identisch ist, kann ein optimaler Kontrast erreicht werden.

Die im Jahre 2002 entwickelte Schnittstelle High Definition Multimedia Interface (HDMI) gehört heute zum Standardformat im Bereich des digitalen Fernsehens. Hintergrund ist vor allem die Datenrate von bis zu 5 Gigabits pro Sekunde. So können hochauflösende Videoformate (wie bei HD, Full HD oder Ultra HD) in Kombination mit Audiodaten störungsfrei über HDMI-Schnittstellen weitergeleitet werden. Darüber hinaus besteht mit HDMI ein hervorragender

Kopierschutz (HDCP - High-Bandwidth Digital Content Protection), der gewährleistet, dass multimediale Inhalte in Form von Video- und Audiodaten nicht kopiert werden können.

Alle modernen Wiedergabegeräte verfügen neben dem herkömmlichen SCART-Anschluss zumeist über mehrere HDMI-Anschlüsse. Insofern können Flachbildschirme, DVB-Receiver und beispielsweise Blu-ray-Player einfach miteinander verbunden werden. Außerdem macht HDMI die Übertragung diverser Ton- und Bildsignale möglich. Hierzu zählen die nicht-komprimierten Signale verschiedener HD-Normen sowie datenreduzierte Signale im MPEG-Standard. Die einzelnen HDMI-Varianten begründen sich vorwiegend in den unterschiedlichen Auflösungen, Farbtiefen und Tonnormen, aber auch in der Fähigkeit, weitere codierte Audioformate zu übertragen.

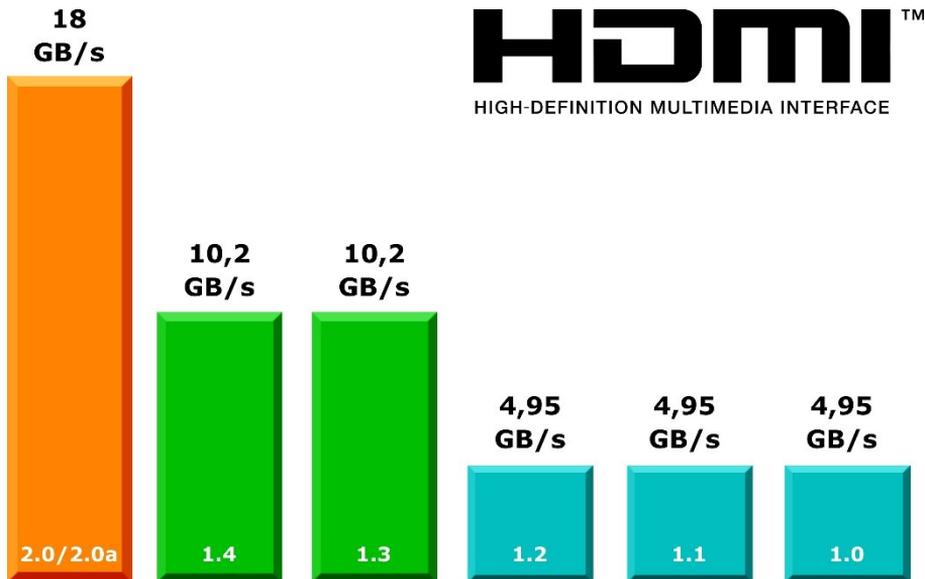


Abbildung 151: Entwicklung des HDMI-Standards

Seit der Markteinführung der ersten Version HDMI-1.0 Ende 2002 wurden in sehr kurzer Zeit Nachfolgemodelle entwickelt. Bereits zwei Jahre später (2004) kam HDMI-1.1. und in den folgenden Jahren HDMI-1.2 und 1.2a sowie verschiedene 1.3-Versionen und HDMI-1.4 auf den Markt. Mit der Variante HDMI 1.4a war die 3D-Implementierung in den Heimbereich möglich. Ab 2010 können mit HDMI-2.0 höhere Datenübertragungsraten realisiert werden, die gegenüber anfänglichen 4,95 Gbits pro Sekunde nunmehr bei bis zu 10,2 Gbits pro Sekunde lagen. Gleichzeitig stiegen auch die Pixelraten von 165 MHz bis auf 340 MHz.

Im Zuge der Weiterentwicklung wurde 2013 auf der Internationalen Funkausstellung (IFA) die aktuelle HDMI-2.0-Version vorgestellt, der sogar 18 Gbits pro Sekunde zulässt. Mittlerweile gibt es den Standard HDMI 2.0/a, der darüber hinaus bis zu 32 Audio-Kanäle und die erweiterte UHD-Farbraum-Technologie gemäß Rec.2020 unterstützen soll, wodurch das visuelle Farbspektrum um bis zu 80 Prozent vergrößert werden kann.

Was ist der Theorie ganz einfach klingt, ist in der täglichen Praxis allerdings nicht immer Realität. Wie generell im Multimediabereich wird auch bei den HDMI-Kabeln mitunter getrickst und weitaus mehr versprochen, als tatsächlich realisiert werden kann. Abhilfe soll hier die zuständige Lizenzstelle für alle HDMI-Spezifikationen (HDMI Licensing, LLC) schaffen, die ein neues Prüfverfahren zur Zertifizierung von HDMI-Kabeln verabschiedet hat. Erweiterte Prüfverfahren sollen in Zukunft gewährleisten, dass UHD/4K-Signale von allen geprüften und zertifizierten HDMI-Kabeln auch in vollem Umfang unterstützt werden.

Denn auf dem Markt ist nicht alles Gold, was auch glänzt. Viele der bisher im Handel erhältlichen HDMI-Kabel unterstützen keineswegs die vollen 18 Gigabit/s, die für Ultra HD in bestmöglicher Qualität nötig sind - selbst wenn sie mit dem Label „High Speed HDMI“ gekennzeichnet sind. Ab Längen von drei bis fünf Metern wird es besonders kritisch. Nicht selten wird mit Kabeln in Verbindung mit dem HDMI2.0/a-Standard derzeit regelrecht Schindluder betrieben. Wer also sicherstellen möchte, dass sein HDMI-Kabel tatsächlich UHD- und 4K-Signale unterstützt, der sollte nach folgendem Logo Ausschau halten.

Ein geprüftes HDMI-Kabel, das dem vollwertigen HDMI2.0/a-Standard entspricht, kann man zukünftig anhand dieses neuen Gütesiegels mit QR-Code erkennen, das mit „Premium Certified Cable“ gekennzeichnet ist. Durch entsprechende Tests soll im Prüfverfahren unter anderem die Möglichkeit erhöhter Störstrahlungen und damit eine ausreichende Schirmung berücksichtigt werden.

Das Siegel soll zudem gewährleisten, dass alle erweiterten Funktionen wie HDR und auch die erweiterten Farbräume mit 10 und 12 Bit einwandfrei übertragen werden können. Was die Farbunterabtastung angeht, darüber schweigt sich die HDMI Licensing, LLC allerdings aus, man kann aber wohl davon ausgehen, dass die Tests mit einer Farbunterabtastung von 4:4:4 durchgeführt werden. Alles andere wäre geradezu absurd.

Leider wurde das Prüfverfahren wieder einmal nicht zur Pflicht gemacht, denn dem Kabelhersteller bleibt es selbst überlassen, ob er das kostenpflichtige Prüfverfahren durchführt oder eben nicht. Wie schon bei den Siegeln zuvor werden wir wohl auch dieses Prüfsiegel zukünftig ausschließlich bei den Markenherstellern finden. Die billige „Chinastrippe“ kann also fröhlich weiter mit selbst gebastelten Logos für volle UHD-Unterstützung werben, ohne dass es für den Hersteller Konsequenzen hätte.



Abbildung 152: Gütesiegel "Premium Certified Cable" (www.hdmi.org)

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass zwar nicht immer ein hoher Preis auch eine hervorragende Qualität garantiert. Andererseits kann man bei dem Motto „Geiz ist geil“ aber in den seltensten Fällen hochwertige Technik erwarten. Weitere Informationen über die UHD-Standards im Zusammenhang mit den modernen Schnittstellen finden sich im Kapitel „Video-Equipment“ im Abschnitt über die Bildwiedergabesysteme in diesem Buch.

Zusätzlich zur klassischen kabelgebundenen HDMI-Version gibt es mittlerweile WHDMI oder WHDI – ein kabelloser und vollwertiger Ersatz zur herkömmlichen HDMI-Schnittstelle. Mit WHDI (Wireless Home Digital Interface) lassen sich beispielsweise Full-HD-Formate (inklusive 3D) von mobilen Endgeräten (Smartphone oder Tablett) auf den Fernseher übertragen. Nicht zuletzt deshalb wird die WHDMI-Technologie von diversen Unternehmen, wie Sony, Panasonic, Samsung, LG, Toshiba, im Rahmen der WirelessHD-Allianz (WiHD) unterstützt.

WHDI überträgt Videoinhalte mittels Funkverbindung und nutzt dafür das 5-GHz-Frequenzband, womit eine relativ hohe Reichweite sichergestellt werden kann. Und auch wenn die Übertragung über weitere Entfernungen und durch Wände möglich ist, bleibt sie doch – wie bei allen Funkverbindungen – begrenzt und störanfällig. Dennoch bietet die kabellose Variante mehr Mobilität und (im Rahmen der Reichweite) einen qualitativ hochwertigen Empfang.



Abbildung 153: Logo WHDI - Wireless Home Digital Interface (www.whdi.org)

Aber auch die Kabelvariante bringt (wenn auch sehr wenige) Nachteile mit sich, die weniger an der Schnittstelle, sondern am Kabel selbst liegen. Dabei gilt: je länger das Kabel, desto höher die „Verständigungsprobleme“ zwischen Quell- und Zielgerät, die sich vor allem bei großen Datenmengen als Bitfehler und damit Bildstörungen kennzeichnen. Allerdings können zwischen einzelnen Geräten ebene Verständigungsschwierigkeiten auch unabhängig von der Kabellänge und bei gleichen HDMI-Standard auftreten. Wie im richtigen Leben kommt es auch hier auf den sogenannten „Begrüßungsprozess“ an, der im Fachjargon auch „Handshake“ genannt wird, wenn Geräte über HDMI-Schnittstellen verbunden werden. Dabei handelt es sich um einen Anmeldevorgang, der im Allgemeinen sehr komplex ist. Dabei werden die übertragenden Frequenzen synchronisiert und die HDCP-Kopierschutz-Zertifizierungen abgeglichen, wobei ein Schlüssel erstellt wird, der zur Decodierung genutzt wird. In einem nächsten Schritt werden die jeweiligen Bildschirminformationen (z.B. Bildwechselfrequenzen, Auflösungen) ausgelesen und anschließend die Audio-Fähigkeiten des Zielgerätes in Bezug auf Decodierung des Bitstreams, PCM-Kanäle und so weiter abgefragt. Abschließend wird der CEC-Kanal überprüft, mit dem sich die Geräte gegenseitig steuern. Der gesamte Vorgang wird in einem sogenannten Handshake-Protokoll aufgezeichnet, das vorrangig zur Identifizierung möglicher Fehler genutzt werden kann.

Gelingt dieser „Handshake“ in all seinen Schritten, sind die Geräte erfolgreich miteinander verbunden, die Störmöglichkeiten gehen gegen Null und es kann mit der Datenübermittlung begonnen werden.



Abbildung 154: HDMI-Kabelvarianten (www.hdmi.org)

Im Grunde kommt es für eine optimale Kommunikation zwischen den Geräten auf den richtigen Stecker beziehungsweise das richtige Kabel an. Mittlerweile gibt es fünf verschiedene Typen von HDMI-Steckern, die sich nicht nur durch ihr Aussehen unterscheiden. Typ A verfügt über 19 nach innen liegende Kontakte und misst 13,9 x 4,5 Millimeter. Typ B wird zwar in der Praxis kaum eingesetzt, soll aber dennoch hier Erwähnung finden. Er ist 21,2 Millimeter breit und damit der größte seiner Art. (Im Vergleich: ein DVI-Stecker zählt stolze 39,5 Millimeter in der Breite.) Typ B ermöglicht durch seine Dual-Link-Verbindung mit sechs TMDS-Signalleitungen eine (im Gegensatz zu den HDMI-Steckern A und C) doppelt so hohe Datenrate. Denn wie Typ A kann auch Typ C nur für Single-Link-Verbindungen mit drei TMDS-Leitungen genutzt werden. Dieser Typ wird aufgrund seiner Größe (2,5 x 10,4 Millimeter) auch Mini-HDMI-Stecker genannt, verfügt aber ebenfalls über 19 Kontakte.

Die kleinste Steckverbindung stellt die entsprechend bezeichnete Micro-HDMI-Buchse (Typ D) dar. Bei einer Größe von gerade einmal 2,8 x 6,4 Millimetern verfügt sie dennoch über genauso viel Kontakte wie Typ A und C (19-polig).

Dieser Stecker wurde mit dem HDMI-Standard 1.4 entwickelt und ist insbesondere für mobile Geräte (Digitalkameras, Smartphones, Tablets) geeignet.

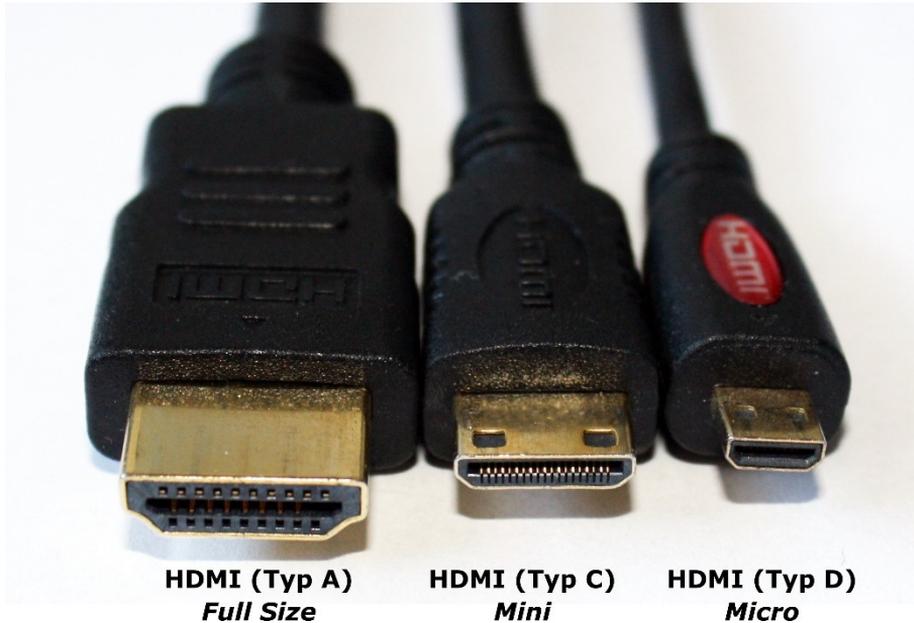


Abbildung 155: HDMI-Steckertypen

Vor allem im Auto sind verriegelbare Steckvorrichtungen von Vorteil, um die Anschlüsse vor Vibrationen und Erschütterungen zu schützen. So wurde für die sogenannte Automotive-Technik der entsprechende Automotive-HDMI-Stecker Typ E konzipiert. Für eine umfassende Kompatibilität sind diverse Verteiler und Adapter auf dem Markt, die sowohl innerhalb der HDMI-Familie eine höhere Anzahl von Steckverbindungen als auch die Vernetzung mehrerer Standards ermöglichen. Eine kleine Auswahl des vielfältigen Angebots ist in Abbildung 142 dargestellt.



Abbildung 156: Vielfältiges Angebot von HDMI-Adaptern und -verteilern

HDMI 2.0 und damit 50Hz/60Hz UHD-Auflösungen bei 10/12 Bit UHD Deep Color 4:4:4 stellen in Bezug auf den sehr hohen Datenstrom, besonders hohe Ansprüche an das verbindende HDMI-Kabel. Grundsätzlich ist der Standard HDMI-2.0 innerhalb der HDMI-Familie abwärtskompatibel. Das heißt, die Kabel älterer Versionen können weiterhin genutzt werden. So wird es jedenfalls im Verkauf und von den Herstellern propagiert. Und letztlich ist auch bei der Kabelbelegung sowie bei den Steckern und Buchsen kein Unterschied zu vorherigen HDMI-Standards zu erkennen.

Und doch beschwerten sich viele Nutzer, dass beispielsweise bei einer Auflösung von 3.840 x 2.160 Bildpunkten (60Hz) das Bild nicht stabil übertragen wird. Und dabei handelt es sich weder um Zufall noch um Einzelfälle. Oft sind irreführende wenn nicht gar falsche Angaben der Grund für die schlechte Signalübertragung. Nicht selten werden Kabel für die HDMI-2.0-Spezifikation beworben, bei näherer Betrachtung entsprechen sie aber längst nicht diesem Standard. Vorsicht ist auch geboten, wenn in einer Werbeanzeige steht, dass für alle Kabellängen dieselben Werte gelten. Spätestens jetzt sollte man die Finger von diesem Angebot lassen. Denn für ein Kabel von einem Meter Länge können nicht dieselben qualitativen Eigenschaften gelten wie für ein Kabel, das 15 Meter lang ist. Solche Angaben wären schlicht falsch.

Denn tatsächlich steigen bei höherer Kabellänge und natürlich mit dem HDMI-2.0-Standard auch die Anforderungen an die Qualität der Kabel. Genauer gesagt sind sowohl der Querschnitt der Innenleiter als auch die Konfektionierung der Stecker das Problem - oder eben die Lösung.



Abbildung 157: HDMI-Kabelinnenansichten

Macht man sich die Mühe und schneidet ein HDMI-Kabel auf, erkennt man sofort den Unterschied. Die Firma BUROSCH hat den Test gemacht und kam zu dem Schluss, dass tatsächlich die inneren Werte zählen. Denn selbst die Kabeldicke entscheidet nicht über die Qualität. In Abbildung 143 kann man am massiven Kabel links erkennen, dass die innere Struktur eher dünn und mit mangelhafter Abschirmung versehen ist. Der Kabelkauf erinnert insofern an ein Glücksspiel. Denn auch teure Varianten namhafter Hersteller müssen nicht immer halten, was die Werbung verspricht.

Auch Angaben wie „HDMI Highspeed“ sollten mit Vorsicht betrachtet werden, da sie nicht immer optimal 4K/UHD-fähig sind. Dies kann nur ein Verkaufsargument sein, um den neuen Highspeed-Standard zu entsprechen, wie er von der HDMI Licensing Organisation kommuniziert wurde. Alles in allem gibt es keine Standardlösung für dieses Standardproblem. In erster Linie sollte man auf die Kabellänge achten und diese so kurz wie möglich halten. Ansonsten hilft nur: kaufen und ausprobieren. Mit ein bisschen Glück ist das richtige dabei. Näheres zu den aktuellen Standards in Bezug auf Ultra HD/4K und entsprechende Geräte finden sich im Kapitel „Praxis der modernen Fernsehtechnik“.

Video- und Bildformate

Da die Videoerstellung und -bearbeitung heute immer mehr im Heimgebrauch Anwendung findet und mittlerweile jedes Kind sich im Internet Filme anschauen, herunterladen oder gar einstellen kann, hat sich entsprechend der Markt verändert. Eine Vielzahl digitaler Videoformate sind vorhanden und für deren Nutzer mitunter verwirrend. So ist das Videoformat nicht gleichbedeutend mit dem Dateiformat einer Videodatei. Vielmehr bezeichnet der Begriff Videoformat die Zusammenfassung aller audiovisueller Spezifikationen eines Videos, die im Einzelnen die folgenden vier beinhalten:

- Bildauflösung,
- Bildwiederholungsrate,
- Farbtiefe,
- Tonspur.

Es sind also mehrere Dateien und Dateiformate (Ton und Bild), die sich in einem Videoformat wiederfinden und komprimiert werden. Dabei können verschiedene Verfahren zur Datenreduktion (Videokompression) angewendet werden, die alle Daten in Form von Videocodecs oder Video-Containerdateien abspeichern. Dabei ist ein Videoformat nicht grundsätzlich an ein bestimmtes Kompressionsverfahren gebunden, sondern es kommt auf den jeweiligen Einsatz an: z.B. Fernsehen, Blu-ray oder Webinhalt.

Im überwiegend semiprofessionellen Anwendungsbereich finden sich vor allem Videoformate aus der Computerbranche - wie beispielsweise aus dem Hause Microsoft (*.wmv, *.avi), Apple (*.mov), aus der Adobe-Familie (*.flv oder *.swf) oder vom Softwarehersteller RealNetworks (*.rm).



Abbildung 158: Video-/Containerformate

Beim digitalen Fernsehen entscheiden vor allem die Fernsehnormen sowie Auflösungsformate über die Art und Weise der Kompression und damit zuletzt über das Videoformat. Während PAL mit dem Standard MPEG-2 komprimiert, kommt bei UHD TV/4K (z.B. über DVB-S2) das MPEG-4-Verfahren zum Einsatz.

MPEG

Die Begriffe MPEG oder auch MP3, MP4 sind heute gebräuchlich und gehören in die multimediale Welt wie in den Alltag das Kaffeekochen. Doch kaum jemand weiß, wie diese Bezeichnung ursprünglich entstanden ist. Im Jahre 1988 konstituierte sich eine Arbeitsgruppe mit dem Namen Moving Pictures Experts Group: MPEG. Dieser Zusammenschluss mehrerer Organisationen - Joint Technical Committees (JTC) der International Standards Organisation (ISO) und der International Electrotechnical Commission (IEC) - hatte die Aufgabe, in mehreren Schritten Codierungsprinzipien und -algorithmen für Video- und Audiosignale zu standardisieren. Im Laufe der Zeit wurden so die folgenden Kompressionsformate standardisiert:

MPEG-1-Standard (1993)

Definition einer Quellencodierung zur Speicherung von Bild- und Tondateien auf CD-ROM beziehungsweise Video-CDs. Typisch für den MPEG-1-Standard, der auf einer Vollbildverarbeitung basiert, sind die maximale Datenrate von 1,5 Mbit/s und die drei zulässigen Tonqualitätsstufen für Mono- und Stereoton. Zum MPEG-1-Standard gehört übrigens auch das Audioformat MP3, das eigentlich MPEG-1/ Layer 3 heißt.

MPEG-2-Standard (1994 – 2000)

Folgetechnologie des MPEG-1-Standards für DVD und DVB mit Videosignalverarbeitung im Vollbild- und Halbbildformat, weitaus höheren Datenraten für Standard-TV-Signale (2 Mbit/s bis 15 Mbit/s) und HDTV-Signale (16 Mbit/s bis 40 Mbit/s) und einer Erweiterung der Audiocodierung auf Mehrkanalton bis zu fünf Kanälen. 1994 kam der erste Standard (H.262) auf den Markt, später folgten H.263 (1995/1996), H.263+ (1997/1998) und H.263++ im Jahre 2000.

MPEG-3-Standard

Dieser Standard war für HDTV vorgesehen. Allerdings genügte eine Erweiterung des MPEG-2-Standards für die Quellencodierung von HDTV-Signalen. MPEG-3 wurde daher nie verabschiedet.

MPEG-4-Standard (1998 – ...)

Codierung mit sehr kleiner Bitrate im kbit/s-Bereich durch deutlich stärkere Videokompression. Neue Technologie für Multimediaanwendungen: Containerformat ähnlich wie QuickTime, 3D-Sprache mit VRML vergleichbar und Unterstützung der digitalen Rechtevermarkung (DRM) und nicht-rechteckiger Video-Objekte. Seit 2002 ist der Nachfolgestandard MPEG-4-AVC/H.264 auf dem Markt (JVT, Advanced Video Code (AVC), JM2.x, JM3.x und JM4.x). Im Jahre 2013 wurde dieser Standard weiterentwickelt und unter der Bezeichnung

MPEG-H (HEVC/H.265) standardisiert, er erlaubt bei gleicher Qualität eine noch stärkere Videokompression für UHD/4K.



Abbildung 159: MPEG-Standards (2015)

Da MPEG sowohl Containerformate als auch Codecs spezifiziert, ist dieser Standard beispielsweise mit dem Videocontainerformat Audio Video Interleave AVI (Microsoft) kompatibel. Ein weiterer Vorteil, der nicht zuletzt zum Erfolgskonzept führte, liegt in der Tatsache, dass MPEG nur den Bit-Stream und den Decodierer als sogenannte Terminal-Architektur standardisiert.

Die Codierung selbst bleibt weitgehend von Standardisierungen frei. So werden keine festen Parameter vorgegeben, sondern Parametersätze lediglich mithilfe sogenannter Toolboxes optimiert, damit sie für verschiedene Anwendungen kompatibel bleiben. Im Zuge dessen werden insofern nur Musterimplementierungen zur Verifizierung bestimmter Möglichkeiten (Verification Models) vorgeschlagen. Somit können professionelle Anbieter die tatsächlich benötigten Implementierungen von MPEG-Codierungen neu schreiben und so den individuellen Ansprüchen anpassen.

Die Grundstruktur des MPEG-Datenstroms ist durch zwei Merkmale gekennzeichnet: Zum einen enthält die sogenannte Systemschicht die Rahmenstruktur sowie die Bitorganisation und darüber hinaus notwendige Informationen für das De-Multiplexen des Video- und Audiodatenstroms sowie die Synchronisation der Audio- und Videosignale während der Wiedergabe. Zum anderen enthält die sogenannte Kompressionsschicht den komprimierten Video- und Audiodatenstrom.

Für das digitale Fernsehen war bisher ausschließlich das MPEG-2-Format relevant, das vor allem für die Videocodierung von HDTV-Signalen konzipiert wurde. Für den aufstrebenden Multimediabereich ist dieser Standard allerdings nicht mehr ausreichend. Und wieder einmal war es der Pay-TV-Sender Sky

(ehemals Premiere), der als erster die neue Technologie umsetzte. Ende 2015 stellt der Sender die DVB-S-Betrieb ein und wird gleichzeitig auf DVB-S2 umstellen. Damit ist Sky der erste Anbieter in Deutschland, der sein Programm vollständig im MPEG-4-Standard ausstrahlen wird.

Viele Kabelnetzbetreiber, die Sky-Pakete anbieten, müssen die sogenannten Kopfstellen neu konfigurieren, damit diese den neuen Standard DVB-S2 unterstützen, das heißt, die Satellitensignale in Kabelsignale umsetzen können. Da das Kabelfernsehen im Rahmen der Digitalisierung generell hinterherhinkt (komplette Digitalisierung ist erst für 2018 vorgesehen), wird auch diese Nuss nicht leicht zu knacken sein.

JPEG

Im Jahre 1992 wurde die Norm ISO/IEC 10918-1 bzw. CCITT Recommendation T.81 vorgestellt, die vom Joint Photographic Experts Gremium (JPEG) entwickelt wurde, das gleichzeitig Namensgeber war. Ähnlich wie MPEG legt die JPEG-Norm nicht fest, wie Daten abgespeichert werden sollen, sondern beschreibt lediglich Methoden der Bildkompression. Grundsätzlich definiert die JPEG-Norm ISO/IEC 10918-1 unterschiedliche (verlustbehaftete oder verlustfreie) Komprimierungs- und Codierungsmethoden, verschiedene Farbtiefen sowie diverse Parameter zum sequenziellen oder progressiven Bildaufbau. Allerdings ist die verlustbehaftete Komprimierung bei sequenziellem oder progressivem Modus sowie 8-Bit-Farbkanälen (Huffman-Kodierung) die derzeit (Stand: 2015) am meisten verbreitete Variante des JPEG-Standards.

Dabei gliedert sich der Kompressionsvorgang in mehrere Bereiche, von denen die meisten verlustbehaftet sind:

- Farbraumumrechnung: (verlustbehaftet)
- Tiefpassfilterung/Unterabtastung (verlustbehaftet)
- diskrete Kosinus-Transformation (Rundungsfehler/verlustbehaftet)
- Quantisierung (verlustbehaftet)
- Umsortierung
- Entropiecodierung

Trotz Verlusten bei der Datenkompressionen sind Werte von etwa 1,5 bis 2 Bit/Pixel visuell nicht wahrnehmbar und Werte von 0,7 bis 1 Bit/Pixel noch im akzeptablen Bereich. Hingegen entsprechen Werte unter 0,3 Bit/Pixel keinem Qualitätsmaßstab und sind praktisch unbrauchbar. Es bilden sich sogenannte

Kompressionsartefakte (Blockbildung, stufige Übergänge, Farbeffekte an Graukeilen), die nicht mehr übersehbar sind.

Neben der JPEG-Norm ISO/IEC 10918-1 gibt es weitere Standards, darunter der Nachfolgestandard JPEG 2000, der wesentlich anfälliger in Bezug auf die erwähnten Kompressionsartefakte ist. Darüber hinaus gibt es die verlustfreie Komprimierungsmethode JPEG Lossless Mode (JPEG-LS: ISO/IEC IS 14495-1) oder aber die JBIG-Norm zur Komprimierung von Schwarzweißbildern.

Digital Video Broadcasting (DVB)

Bevor die einzelnen Übertragungsvarianten näher erläutert werden, sollen zunächst allgemeine Hinweise zum Digital Video Broadcasting (DVB) gemacht werden, das wörtlich mit „digitaler Videorundfunk“ übersetzt werden kann. Die Bezeichnung DVB steht grundsätzlich für Digitalfernsehen und in technischer Hinsicht für das in Europa standardisierte Verfahren zur Übertragung digitaler Inhalte mithilfe entsprechender Technik. Insofern gilt die Bezeichnung nicht mehr ausschließlich für das Fernsehen, sondern auch für Radio, Mehrkanalton, Raumklang sowie interaktive beziehungsweise zusätzliche Dienste (z.B. EPG). Aufgrund der Datenreduktion, die im Weiteren noch differenziert beschrieben werden soll, ist es möglich, mehrere Programme parallel auf einem Sendekanal beziehungsweise auf einer Frequenz zu übertragen. Wie bereits beschrieben, wurde gerade zu Beginn des Digitalfernsehens dieser Vorteil zulasten der Bildqualität genutzt. Denn je größer die komprimierte Datenmenge, desto geringer ist die Qualität der Wiedergabe mit steigendem Rechenaufwand.



Abbildung 160: Offizielles Logo der Organisation Digital Video Broadcasting (www.dvb.org)

Auch wenn durch verschiedene Kompressionsverfahren die Daten reduziert werden können, sind dennoch die Bandbreite und die Form der Übertragung ausschlaggebend. Für die klassischen Übertragungswege (Antenne, Kabel, Satellit) wurden entsprechende Verfahren entwickelt und standardisiert. Beim terrestrischen Digitalfernsehen (DVB-T) wird beispielsweise das Modulationsverfahren DOFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) verwendet, mit dem bei einer Bandbreite von 8 MHz bis zu 24 Mbit pro Sekunde und pro Kanal (Frequenz) übertragen werden können. Hingegen beträgt die Datenrate bei gleicher Frequenzbreite im Breitband-Kabelnetz DVB-C bis zu 38 Mbit pro Sekunde.

Für die einzelnen Übertragungswege sollten im Zuge der Digitalisierung europaweit Standardisierungen vorgenommen werden. Infolgedessen erfolgte Mitte der 1990er Jahre der Zusammenschluss der beiden Organisationen DVB und DAVIC (Digital Audio and Video Council) und die Bildung des DVB/DAVIC-Standards, der vom European Telecommunications Standards Institute (ETSI) mit der Bezeichnung ETS 300 800 geführt und von der internationalen Fernmeldeunion (ITU) unter der ITU-Bezeichnung J.112 übernommen wurde. Dieser ressourcenübergreifende Standard ist für die Übertragung in HFC-Netze und drahtlose LMDS-Netzwerke geeignet.

Im Jahre 1998 wurde zudem das DDIC-Konsortium DDIC (DVB/DAVIC Interoperability Consortium) gegründet, mit dem insbesondere namhafte Hersteller die sogenannte Interoperabilität von DVB- und DAVIC-Produkten unterstützen, um so ein hohes Maß an Kompatibilität zu gewährleisten. Der entsprechende Interoperabilitätsgrad der jeweiligen DVB- und DAVIC-Produkte wird von der DDIC in regelmäßigen Abständen getestet, dokumentiert und zertifiziert.

Allein am DVB-Konzept beteiligen sich über 200 Unternehmen, Sendeanstalten, Institute und weitere Organisationen. Es beinhaltet die Verknüpfung der Bereiche Fernsehen, Internet und Telekommunikation. Hierzu zählen unter anderem die Signalübertragung in IP-Netze, Schnittstellen zwischen der DVB-Welt und Hochgeschwindigkeitsnetzen, die Vernetzung von DVB-Endgeräten und Speichermedien, die Multimedia Home Platform (MHP) sowie das Digital Satellite News Gathering (DSNG). Darüber hinaus beinhaltet das DVB-Konzept die Synchronisation von Gleichwellennetzen und bestimmte Systeme im Zusammenhang mit dem Bezahlfernsehen – etwa für gesicherte Transaktionen, Authentifizierungen und Zugangskontrollen.

In den DVB-Nutzungsrichtlinien sind die technischen Leistungsmerkmale festgeschrieben. Die Audioqualitäten differenzieren sich in Mono, Stereo und Dolby Surround. Für den digitalen Videoempfang können grundsätzlich die folgenden Qualitätsstandards unterschieden werden:

- LDTV (Low Definition Television): niedrige Qualität
- SDTV (Standard Definition Television): TV-Standardqualität
- EDTV (Enhanced Definition Television): Studioqualität
- HDTV (High Definition Television): hochauflösendes Fernsehen.

Für die diversen Übertragungswege wurden mehrere technische DVB-Unterarten entwickelt. Diese unterscheiden sich neben dem Übertragungsweg hauptsächlich in der Fehlerkorrektur und im Modulationsverfahren, das insbesondere vom Frequenzbereich und dem entsprechenden Übertragungskanal abhängt. In der folgenden Abbildung werden die DVB-Standards benannt, die heute (Stand: 2016) auf dem Markt zu finden sind.

| Bezeichnung | DVB-Standard | Details |
|-------------|--------------|----------------------------------|
| DVB-S | EN 300 421 | Übertragung über Satelliten |
| DVB-S2 | EN 302 307 | Nachfolgestandard für DVB-S |
| DVB-C | EN 300 429 | Übertragung über Kabelnetze |
| DVB-C2 | TM 68 | Nachfolgestandard für DVB-C |
| DVB-T | EN 300 744 | Übertragung über Antenne |
| DVB-T2 | A 122 | Nachfolgestandard für DVB-T |
| DVB-IPTV | TS 102 034 | Übertragung über IP-Netzwerke |
| DVB-H | EN 3020304 | Übertragung auf mobile Endgeräte |

Abbildung 161: Standards der DVB-Familie (www.dvb.org)

DVB-S/DVB-S2 (Satellitenkanal/ETS 300 421)

Die meistgenutzte DVB-Variante ist das über Satellit ausgestrahlte DVB-S beziehungsweise DVB-S2. Die englische Bezeichnung „Digital Video Broadcasting/Satellite“ bedeutet es also nichts weiter als digitales Satellitenfernsehen. Empfangen werden kann DVB-S beispielsweise über Astra oder Eutelsat.

Die Datenübertragungsrate ist beim Satellitenfernsehen am höchsten, deshalb ist die Anzahl der übertragenen Fernseh- und Rundfunkprogramme hier am größten. Vergleicht man den Empfang beispielsweise mit DVB-T, so wird schnell deutlich, dass die Sendervielfalt bei DVB-S wesentlich ausgeprägter ist. Bis zu 300 Fernsehprogramme und 170 Radiosender können unverschlüsselt empfangen werden. Darüber hinaus benötigt DVB-S keine sogenannte Zusatzinfrastruktur. Das heißt, es ist direkt mit dem Satelliten „verbunden“, während für DVB-C flächendeckende Kabelnetze nötig sind, die regelmäßig gewartet werden müssen. Insofern ist der Satellitenempfang auch in der entlegensten Ecke möglich, dies schließt im Übrigen auch eine gewisse Mobilität ein. Es gibt DVB-S-Systeme, die mithilfe automatisch nachführender Parabolantennen die Verbindung zum jeweiligen Satelliten halten. Somit kann sogar in Flugzeugen, auf Schiffen oder im Campingmobil digitales Fernsehen empfangen werden. Deshalb spricht man bei DVB-S auch vom „Überallfernsehen“.



Abbildung 162: Logo für DVB-Satellit (www.dvb.org)

Mit der einmaligen Anschaffung der entsprechenden Hardware sind keine weiteren Kosten verbunden, da der Satellitenbetrieb von den Rundfunkanstalten finanziert wird. Aber nicht nur für den Verbraucher ist diese Form des digitalen Fernsehempfangs eine kostengünstige Variante. Während mit der Analogtechnik lediglich ein Programm auf einem Transponder abgestrahlt werden konnte, sind es mithilfe der MCPC-Technologie mehrere Kanäle pro Trägerfrequenz. Das heißt, dass Programmanbieter sich gegebenenfalls die relativ kostenintensive Miete für einen oder mehrere Satelliten-Transponder sparen können. Bei MCPC-Signalen (Multiple Channel per Carrier) werden Symbolraten über 10.000 kSym/s benutzt. Die Datenübertragungsrate ist letztlich dafür verantwortlich, wie viele Programme gleichzeitig über einen Transponder ausgestrahlt werden können und natürlich die Videoauflösung. So können durchschnittlich zirka acht SDTV-Programme mit durchschnittlicher Auflösung oder aber vier HDTV-Programme pro Trägerfrequenz übertragen werden.

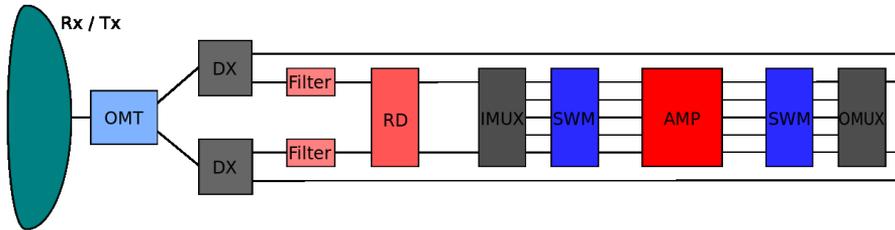


Abbildung 163: Blockdiagramm eines Satelliten-Transponders (Wikimedia Commons)

Im Vergleich zum digitalen Kabelfernsehen bringt der Satellitenempfang über DVB-S und insbesondere DVB-S2 einen weiteren Vorteil mit sich: die Programmvierfalt. Da die Polarisierungsebenen pro Satellit quasi doppelt genutzt werden (in der Regel horizontal und vertikal), verdoppelt sich damit der Frequenzbereich. Darüber hinaus ist unter dem Begriff „Astra 19° Ost“ nicht nur ein Satellit zu verstehen, sondern derzeit (Stand: 2016) sogar vier, denn es finden sich an jeder Orbitalposition gleich mehrere Satelliten. Sofern sie auf dasselbe Empfangsgebiet ausgerichtet sind, sind sie auch in der Lage, sich die Bandbreite von 4 GHz (bei DVB-C 0,8 GHz) zu teilen. Vor diesem Hintergrund sind weitere Steigerungen der Programmanzahl bei DBV-S keine undurchführbare Utopie.

Standardmäßig werden in Europa lediglich die Frequenzen des Ku-Bandes genutzt, dabei ist es technisch jederzeit möglich, auf weitere Frequenzbänder auszuweiten. Eine Verdoppelung der Bandbreite einer Satellitenposition und damit ein zusätzliches Multimedia- oder Programmangebot wäre allein mit der Nutzung des Ka-Bandes (17,7 – 21,2 GHz) machbar. Darüber hinaus könnte das C-Band (3,4–4,2 GHz) eine weitere Programmsteigerung ermöglichen, zumal es eine weitaus geringere Störanfälligkeit bei Regen aufweist. Allerdings benötigt man für den Empfang unverhältnismäßig große Antennen, die im Durchmesser mindestens zwei Meter betragen müssen. Deshalb wird das C-Band weniger in Europa als vielmehr in Amerika, Asien und Afrika genutzt.

Aber auch wenn die Bandbreite pro Satellitenposition mit 4 GHz im Ku-Band weitaus höher ist als in Kabelnetzen (0,8 GHz), relativiert sich dieser Wert. Grund dafür sind die unterschiedlichen Modulationsverfahren, mit denen DVB-S (QPSK) und DVB-C (QAM) arbeiten. Wird der sogenannte Signal-Rausch-Abstand in die Betrachtungen mit einbezogen, kann unter Berücksichtigung des Shannon-Hartley-Gesetzes²⁴ eine vergleichbare effektive Kanalkapazität errechnet werden. So ergeben sich via Satellit höhere Fehlerkorrektur-Anteile,

²⁴ Das Shannon-Hartley-Gesetz definiert das theoretische Maximum einer Bitrate im Übertragungskanal in Abhängigkeit von Bandbreite und Signal-zu-Rausch-Verhältnis im Rahmen einer fehlerfreien Datenübertragung, die u.a. durch Kanalkapazität oder Kanalkodierung beeinflusst wird.

die bis zu einem Drittel der Bruttodatenrate ausmachen. Denn im Gegensatz zu DVB-C bedarf es aufgrund seiner Übertragungsart beim digitalen Satellitenfernsehen einem äußeren Fehlerschutz (FEC). Näheres hierzu finden Sie im entsprechenden Kapitel in den weiteren Ausführungen.

Auch bei der Weiterentwicklung der digitalen Satellitentechnik (DVB-S2) nimmt der Fehlerkorrekturanteil ein ebenfalls hohes Maß an Datenvolumen in Anspruch. Allerdings wird die Datenrate durch verbesserte Kodierungs-, Modulations- und Fehlerkorrekturverfahren um bis zu 30 Prozent gesteigert.

Für die Satellitenübertragung wurde von der DVB-Organisation der DVB-RCS-Standard (Return Channel for Satellite) initiiert, mit dem Endgeräte zukünftig digitale Fernsehprogramme sowie Computerdaten mit Übertragungsraten von bis zu 50 Mbit pro Sekunde empfangen können. Denn auch das mobile Satellitenfernsehen ist keine Zukunftsmusik mehr. Mit der neuen SAT-IP-Technologie können die kostenlosen Signale aus dem Orbit dem Heimnetzwerk zur Verfügung gestellt werden, sodass von jedem IP-fähigen Gerät das Streamen möglich ist. Die rasanten Entwicklungen im Multimediabereich machen allerdings auch innerhalb des digitalen Satellitenfernsehens die Anschaffung von Wiedergabegeräten der neuen Generation nötig. Denn sowohl für die IP-Variante als auch die volle UHD-Auflösung sind vor allem ältere Fernsehgeräte nicht mehr geeignet. Näheres hierzu findet sich im Kapitel „Sat over IP“.

DVB-C/DVB-C2 (Kabelkanal/ETS 300 429)

Das Kabelfernsehen ist nahezu überall bekannt, auch wenn nicht jeder die Möglichkeit hat, das Fernsehen aus der Dose zu schauen. In manchen Regionen ist die Chance höher, im Lotto zu gewinnen, woanders kann man sogar auf exklusiven Campingplätzen sein Wohnmobil mit einem entsprechenden Anschluss ausstatten. Die endgültige Abschaffung des analogen Kabelfernsehens ist für Sommer 2017 geplant. Kurzum: Es ist in Deutschland nicht jedem vergönnt, auf die kabelgebundene TV-Variante zurückzugreifen, die vor allem bei schlechtem Wetter den besten Empfang zulässt. Andererseits hinkt das Kabelfernsehen in punkto Fortschritt und Kosten naturgemäß hinter den alternativen Übertragungsmethoden hinterher, weshalb das C auch für „classic“ stehen könnte.

Konkret steht für die Abkürzung DVB-C selbstredend die englische Bezeichnung „Digital Video Broadcasting – Cable“ - also die Übertragung digitaler Hörfunk- und Fernsehsignale via Kabelanschluss, wie sie seit 1998 standardisiert wurde. Obwohl die Digitalisierung in Deutschland im Kabelbereich noch nicht

abgeschlossen ist, wurde hier dennoch relativ schnell (2010) ein Nachfolger entwickelt, der vor allem eine höhere spektrale Effizienz bietet.

DVB-C findet unter dem ETSI-Standard EN 300429 beziehungsweise EN 302769 (DVB-C2) auch außerhalb der Grenzen Europas Verwendung. So zum Beispiel in weiten Teilen Asiens, in Afrika, Australien sowie in Südamerika. Die USA (ATSC) und Japan (ISDB) stellen auch hier eine Ausnahme mit ihren eigenen Verfahren dar, die im Übrigen mit DVB-C nicht kompatibel sind.



Abbildung 164: Logo DVB-C (www.dvb.org)

Nicht nur beim Satellitenfernsehen, sondern auch bei der digitalen Kabelvariante ist es möglich, Video- und Zusatzdaten über nur eine Trägerfrequenz zu übertragen. Mithilfe des Multiplexverfahrens werden dafür mehrere Fernsehprogramme aber auch Radioprogramme in einem Kanal zusammengefasst.

Der Vorteil des digitalen Kabelempfangs liegt eindeutig in seiner geringen Störanfälligkeit. Denn gerade Nutzer der terrestrischen oder auch satellitenbasierten Funkausstrahlung kennen das: bei Gewitter ist der Empfang gestört und fällt teilweise sogar ganz aus. Darüber hinaus kommt es bei Übertragungen via Antenne zu Interferenzen, Abschattungen und Mehrwegeausbreitungen des Funksignals, die als Fading bezeichnet werden. Solche Störungen aufgrund von Schwankungen der Empfangsfeldstärke (Doppler-Effekt) treten beim DVB-C-Empfang nicht auf. Deshalb kann auf einfachere Modulationstechniken zurückgegriffen werden, was wiederum die effektive Datenrate erhöht.

Somit können neben den Video- und Audiodaten problemlos zusätzlich interaktive Funktionen (elektronischer Programmführer oder digitaler Teletext) angeboten werden. Auch kommerzielle Dienste (Video-on-Demand, HbbTV oder Pay-per-View) gehören zu den heute gängigen Zusatzdiensten im digitalen Kabelfernsehen. Allerdings sind diese - genau wie der HDTV-Empfang der Privatsender - mit einer zusätzlichen Gebühr verbunden und entsprechend verschlüsselt. Bis heute beansprucht DVB-C einen Großteil des

Bezahlfernsehens (Pay-TV), das neben der Kabelgebühr auch weitere Kosten für die Decodierung verursacht. Moderne Fernsehgeräte sind seit 2010 zumeist mit DVB-C-Tunern ausgestattet, sodass zumindest die Anschaffung eines Receivers (Set-Top-Box) gegebenenfalls wegfallen kann. Für Pay-TV ist natürlich nach wie vor eine personalisierte Smartcard erforderlich. Allerdings steht im Rahmen der IPTV-Entwicklung mit der Direct2TV-Technologie mittlerweile auch eine Lösung ohne Set-Top-Box und Smartcard zur Verfügung.

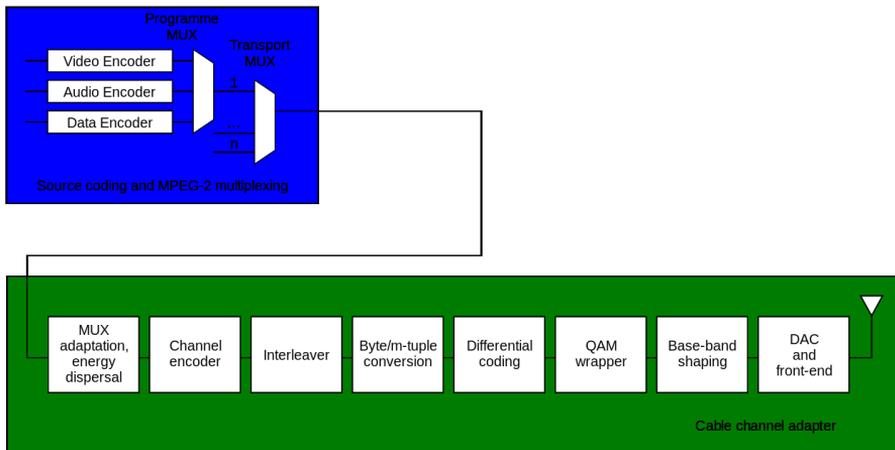


Abbildung 165: Signalverarbeitung bei DVB-C-Sendeanlage/Kabelkopfstation (Wikimedia Commons)

Obwohl die Digitalisierung des Kabelfernsehens noch nicht abgeschlossen ist, wird via DVB-C parallel zum SDTV auch in HDTV übertragen. Dies könnte der Grund dafür sein, warum die Einführung des DVB-C-Nachfolgers so schleppend vorangeht. Seit 2013 laufen diverse Feldversuche mit DVB-C2, das die Ausstrahlung von UHD TV beinhalten soll. Tatsächlich wurde der DVB-C2-Standard bereits im Jahre 2010 von der ETSI unter der Bezeichnung EN 302 769 entwickelt. Jedoch bleibt der Regelbetrieb aus. Kabelkunden kann es nur recht sein, denn für den Empfang von DVB-C2 wäre ein neuer Receiver anzuschaffen, da der Nachfolgestandard nicht mit DVB-C kompatibel ist.

Der Aufruf vom größten deutschen Netzbetreiber Kabel Deutschland an die Hersteller ging bisher mehr oder minder ins Leere. Erst wenn ausreichend Endgeräte auf dem Markt sind, die neben DVB-C auch DVB-C2 empfangen können, wäre Kabel Deutschland bereit, den neuen Standard einzuführen beziehungsweise vom erweiterten DVB-C2-Feldversuch in den Regelbetrieb überzugehen. Das Angebot an solchen DVB-C2-Receivern ist nach wie vor „übersichtlich“ (Stand: 2016). Insofern könnte die Einführung noch etwas auf sich warten lassen. Dennoch soll hier nicht darauf verzichtet werden, schon einmal den neuen Standard mit dem herkömmlichen zu vergleichen:

| Parameter | DVB-C | DVB-C2 |
|--|------------------------|--|
| Datenschnittstelle Transport Stream | einfach | mehrfach in Kombination GSE |
| Bitrate | fixe Bitrate pro Kanal | variable Bitrate, adaptive Datencodierung pro Kanal |
| Vorwärtsfehler- korrektur | Reed-Solomon (RS) | LDPC + FEC + BCH-Code |
| Modulation | Einträgersystem: QAM | Mehrträgersystem: OFDM |
| Basismodulation | 16-QAM bis 256-QAM | 16-QAM bis 4096-QAM |
| Schutzintervall | -- | 1/64 oder 1/128 |
| maximale spektrale Effizienz | 51 MBit/s | 83,1 MBit/s |
| Downstream- geschwindigkeit | 5 Gbit/s | 8 Gbit/s |
| Interleaving | auf Bit-Ebene | auf Bit-, Zeit- und Frequenz-Ebene |

Abbildung 166: Vergleich Standards DVB-C und DVB-C2-Standard

DVB-T/DVB-T2 (Terrestrischer Kanal/ETS 300 744)

Hinter der Abkürzung DVB-T verbirgt sich die englische Bezeichnung „Digital Video Broadcasting Terrestrial“ und der digitale Standard für die Fernseh- und Hörfunkübertragung via Antenne in der Erdatmosphäre. Terrestrisch bedeutet in diesem Kontext die erdgebundene Verbreitung digitaler Radio-, Fernseh- und Datensignale. DVB-T wurde bereits im Jahre 1997 vom Europäischen Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) standardisiert (EN 300 744).

Dennoch wird diese Form des Digitalfernsehens nicht nur in Europa, sondern auch in einigen asiatischen und afrikanischen Staaten sowie in Australien verwendet, wobei die Bezeichnung hier variieren kann. So wird der terrestrische Empfang beispielsweise in Großbritannien und Irland unter der Bezeichnung „Digital Terrestrial Television (DTT)“ geführt, in Frankreich „Télévision numérique terrestre“ (TNT) und in Spanien „Televisión Digital Terrestre“ (TDT). Wie bereits erwähnt, ist insbesondere in Nordamerika beziehungsweise Teilen der USA der Standard ATSC, in Japan dafür ISDB und in China DTMB (früher DMB-T/H) gebräuchlich.



Abbildung 167: Logo DVB-T (www.dvb.org)

Auch für das digitale Antennenfernsehen wurde vom ETSI ein Nachfolgestandard entwickelt, der unter der Bezeichnung EN 302 755 (DVB-T2) geführt wird. Der bereits seit 2008 festgelegte neue Standard ist nicht mit seinem Vorgänger kompatibel und sorgte vor allem deshalb für einige Schlagzeilen. Denn im Gegensatz zum digitalen Kabelfernsehen hat die Einführung des terrestrischen Nachfolgestandards neben wirtschaftlichen vor allem politische Ursachen. Mit dem Beschluss des Bundeskabinetts vom Februar 2015 wurde das Ende von DVB-T quasi besiegelt. Hintergrund des Beschlusses war der Breitbandausbau. Hierzu wurden ab 2015 Frequenzen versteigert, die bisher von DVB-T genutzt wurden.

Der Verkauf wurde unter anderem durch das Bundesverkehrsministerium beschleunigt, um ab spätestens 2017 mehr mobiles LTE-Breitband zur Verfügung stellen zu können. Der Übergang ist vor allem eines: teuer. Denn DVB-T2 ist nicht mit seinem Vorgänger kompatibel. Für bundesweit 3,8 Millionen Haushalte bedeutet dies, dass sie ab 2017 auf den digitalen Antennenempfang verzichten oder auf DVB-T2 nachrüsten müssen. Die aktuellen DVB-T-Receiver sowie alle Fernsehgeräte und PC-Bildschirme mit entsprechendem Tuner können dann nur noch mit einem Zusatzgerät empfangen, das auf den neuen DVB-T2-Standard ausgerichtet ist.

Neben geschätzten 300 Millionen Euro Anschaffungskosten für die Verbraucher wurden insbesondere die Entsorgungskosten auf einen mehrstelligen Millionenbetrag geschätzt. Der Ausstieg war ursprünglich für 2020 vorgesehen. Ab 2017 sollte lediglich eine schrittweise Einführung erfolgen. Da der Breitbandausbau eine höhere Priorität besitzt, wird an dem Abschalttermin trotz heftiger Widerstände vonseiten der Verbraucherschützer und Rundfunkanstalten nicht mehr gerüttelt.

Seit 2016 sind die neuen Empfänger bereits auf dem Markt und bringen neben HD-Qualität auch mehr Sendervielfalt mit. Am März 2017 werden nach derzeitigem Stand (2016) 15 frei empfangbare Sender und bis zu 20

verschlüsselte Privatsender bereitgestellt. Und obwohl sich die Preise für eine Neuanschaffung in Grenzen halten, ist doch Vorsicht beim Kauf eines DVB-T2-Receiver angesagt. Denn gegenüber anderen Ländern, in denen DVB-T2 bereits eingeführt wurde, setzt Deutschland auf den zusätzlichen Codec H.265/HEVC. Fazit: Nicht jeder DVB-T2-Tuner kann deutsche Programme empfangen. Somit sind viele Fernseher, die mit der neuen Technologie ausgestattet sind, in Deutschland nutzlos. Deshalb hat das Projektbüro DVB-T2 HD Deutschland ein neues Logo vorgestellt, das Verbrauchern zur Orientierung dienen und den terrestrischen Empfang deutscher Fernsehprogramme garantieren soll (vgl. Abbildung).



Abbildung 168: DVB-T2 HD - das Logo für den aktuellen Codec H.265

Im Juni 2015 wurde auf der Kölner Messe Anga Com die neue terrestrische Digitalübertragung vorgestellt. Hierzu zählen bestimmte Mindestspezifikationen, die unter anderem auf der Internetseite Deutsche TV-Plattform (www.tv-plattform.de) nachzulesen sind. Allerdings bringt der neue Standard auch zahlreiche Vorteile mit sich, die vor allem eine bessere Qualität und mehr Programme beinhalten. Gegenüber der analogen Übertragung lassen sich bei der digitalen Ausstrahlung die jeweiligen Funkkanäle UHF (7 MHz) und VHF (8 MHz) effizienter ausnutzen. Auf Basis der COFDM-Modulation (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex) werden innerhalb der verfügbaren Bandbreite mehrere tausend schmalbandige Einzelträger gesendet, wobei jeder dieser Einzelträger mithilfe verschiedener Verfahren (QPSK, 16-QAM, 64-QAM oder bei DVB-T2 QAM-256) moduliert wird. Somit können gerade bei DVB-T2 mehrere Fernsehprogramme pro Kanal übertragen werden.

Doch zurück zu den Grundlagen des Antennenfernsehens: Bei der Ausstrahlung von DVB-T ist die Bildung eines sogenannten Gleichwellennetzes vorgesehen. Ähnlich wie bei DVB-S wird hier ein Signal von mehreren aufeinander synchronisierten Sendeanlagen ausgestrahlt, die räumlich verteilt sind. Allerdings überlagern sich diese Funksignale. Es kommt also neben den charakteristischen Störeinflüssen auf Funkkanälen (Fading) zu weiteren Interferenzen, die allerdings frequenz- und standortabhängig sind und nur einen Teil der schmalbandigen Einzelträger in einem Funkkanal betrifft.

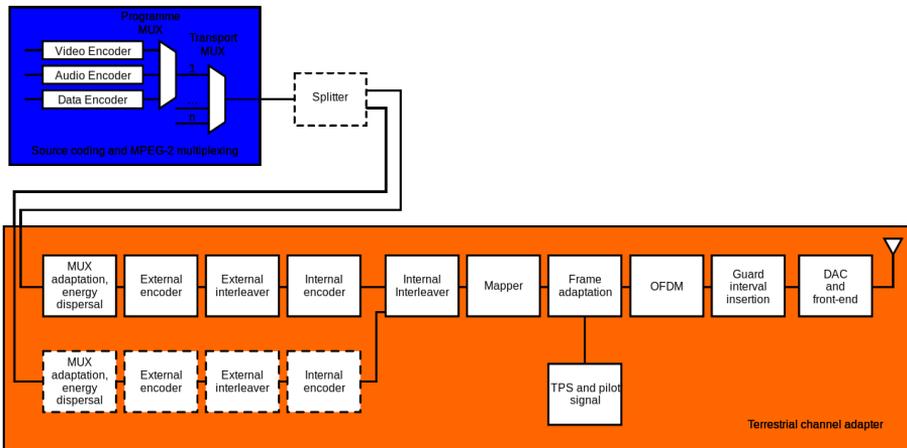


Abbildung 169: Signalverarbeitung einer DVB-T-Sendeanlage (Wikimedia Commons)

Deshalb werden mithilfe des Modulationsverfahrens COFDM und redundanter Verteilung der Informationen auf mehrere Einzelträger diese Beeinträchtigungen durch Fading unterdrückt oder zumindest reduziert. Die COFDM-Parameter werden je nach Anzahl, Abstand und Leistung der einzelnen Sender im Gebiet eines Gleichwellennetzes entsprechend angepasst. Hierzu zählt unter anderem die Länge des Schutzintervalls oder die Art des Modulationsverfahrens (QPSK, 16-QAM oder 64-QAM). Die Anpassung der COFDM-Parameter hat direkte Auswirkungen auf die Nutzdatenrate. Je höher die Fehlerkorrektur, desto geringer die Datenübertragungsrate pro Kanal, die zwischen 12 Mbit/s und knapp über 20 Mbit/s. liegen kann.

Aus diesem Grund liegt in Ballungsgebieten wie Berlin die Datenrate bei bis zu 22,19 Mbit/s, während in Regionen mit niedriger Senderdichte (zum Beispiel Nordrhein-Westfalen) die Sendeleistung bei gerade einmal 13,27 Mbit/s liegt. Insofern ist der mobile DVB-T-Empfang etwa in einem Wohnmobil eher mit einer Wüschelrute vergleichbar. Da diese Datenübertragungsrate bei DVB-T mithilfe des Multiplexverfahrens auf vier Programme aufgeteilt wird, liegt die mittlere Bitrate für jedes einzelne Programm zwischen 3 Mbit/s bis 3,5 Mbit/s. Lässt man Witterungsbedingungen und Störeffekte einmal außer Betracht,

kommt es allein schon bei der Übertragung von Bildern mit hoher Dynamik (z.B. Action- oder Sportszenen) aufgrund des geringen Datenvolumens (3,5 Mbit/s) zu unschönen Bildverzerrungen. Pixel so groß wie Bauklötzer (Blockartefakte) sowie erhebliche Strukturverluste sind die Folge (vgl. Kapitel „Klötzchenbildung“ in diesem Buch).

Was heute schon als überholt gilt, war allerdings bei Einführung von DVB-T quasi eine Revolution. Denn im Gegensatz zum analogen Fernsehempfang war es durch die Datenkompression für Videodaten (MPEG-2/H.264) möglich, auf der Bandbreite eines Funkkanals drei bis sechs Fernsehprogramme in Standardauflösung auszustrahlen. Mit MPEG-4/H.265 ist es bei DVB-T2 möglich, trotz des höheren Datenvolumens mehrere Programme pro Kanal zu transportieren – je nachdem, welches Verfahren zur Bildabtastung genutzt wird (1080i/50 = ein Programm; 720p/25 = zwei Programme), was wiederum grundsätzlich von den Sendeanstalten abhängt.

| DVB-Variant | DVB-S/DVB-S2 | DVB-C/DVB-C2 | DVB-T/DVB-T2 |
|------------------------------|--|---------------------------------------|--|
| Übertragungsart | Satellit | Kabel (Cable) | Antenne (VHF/UHF) |
| Modulationsart | QPSK (DVB-S) 8PSK, 16APSK oder 32APSK | 16-256 QAM 16-4096 QAM | QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256 QAM |
| Übertragungs- kapazität | typisch: 33 Mbit/s max.: 38 Mbit/s | typisch: 38 Mbit/s max.: 83 Mbit/s | typisch: 4 Mbit/s max.: 22 Mbit/s |
| Empfang | Parabolantenne | Kabelnetz | Terrestrisch |
| Empfangs- qualität | gut | sehr gut | anfällig |
| Mobilität | stationär mobil (mit portablen Geräten möglich) | stationär | stationär mobil (abhängig vom Empfang) |
| Kosten | Anschaffungspreis keine Fixkosten | Anschaffungspreis + Fixkosten | Anschaffungspreis + Fixkosten |
| Programm- vielfalt | sehr gut | gut | gering |
| HD+/Full HD (Stand: 2016) | generell | tendenziell | mit DVB-T2 |

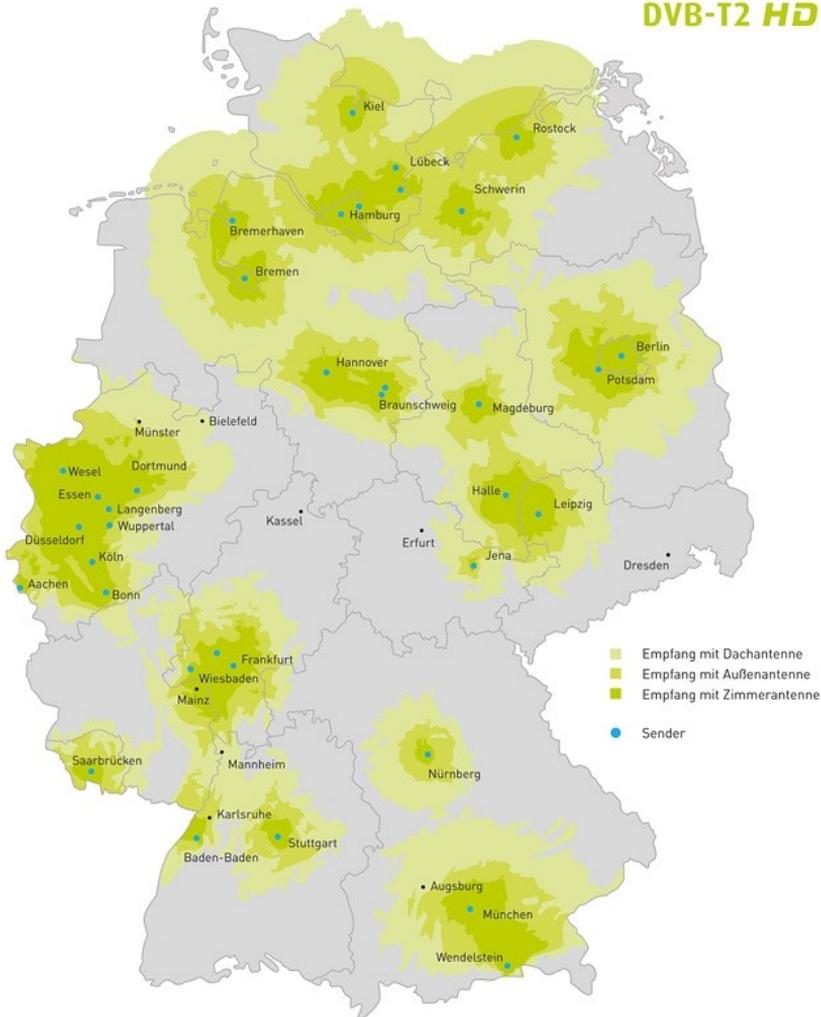
Abbildung 170: Vergleich DVB-S, DVB-C, DVB-T

Zusammenfassend betrachtet, haben die drei gängigen DVB-Varianten allesamt Vor- und Nachteile, die je nach Anspruch und Budget gewichtet werden müssen. Programmvielfalt und hochauflösende Bildqualität bringen vor allem der Satellitenempfang aber auch (teilweise) DVB-C mit. Dagegen kann DVB-T mit problemlos überall hin mitgenommen werden. Allerdings ist hier – wie beschrieben – der Empfang nicht generell garantiert und für den Empfang der Privatsender müssen Verbraucher mit der flächendeckenden Einführung von DVB-T2 zukünftig in die Tasche greifen. In der oben abgebildeten Übersicht (vgl. Abbildung) werden die zurzeit (Stand: 2016) gängigsten DVB-Varianten verglichen.

Die Einführung des terrestrischen Nachfolgestandards in Deutschland wurde im Frühjahr 2016 endlich Realität. Drei Jahre früher als geplant soll der Regelbetrieb für DVB-T2 im 1. Quartal 2017 starten, die offizielle Testphase begann bereits am 31. Mai 2016. Seither ist in einigen Teilen Deutschlands das neue terrestrische Fernsehen probenhalber empfangbar. An dieser DVB-T2-Testphase nehmen insgesamt sechs Sender mit ihren HD-Programmen teil: ARD, ZDF, ProSieben, RTL, Sat.1 und VOX. Da die RTL-Group sowohl beim Testlauf mitmacht als auch an der Initiierung des "Projektbüros DVB-T2 HD" für das digitale Antennenfernsehen der zweiten Generation (DVB-T2) beteiligt war, können Gerüchte über den Ausstieg dieses Programmanbieters (zumindest vorerst) vernachlässigt werden. Der Regelbetrieb beginnt übrigens nach derzeitigem Stand (2016) im ersten Quartal 2017. Bis zur endgültigen Fertigstellung des DVB-T2-Sendernetzes (voraussichtlich Mitte 2019) bleibt der terrestrische HD-Empfang jedoch vorerst Bewohnern von Ballungszentren vorbehalten. Stufenweise soll ab 2018 allerdings erweitert werden, sodass zumindest die öffentlich-rechtlichen Programme auch in sogenannten Mittelzentren und ländlichen Gebieten empfangen werden können. Die gute Nachricht: Alle Programme via Antenne werden mit DVB-T2 in HD-Qualität (maximal Full HD) ausgestrahlt. Kostenlos gibt es dann allerdings nur noch das Angebot der Öffentlich-Rechtlichen. Die Privatsender (z.B. Sat.1, RTL oder ProSieben) werden verschlüsselt angeboten und verbinden den Empfang mit einem jährlichen Entgelt. Näheres dazu haben wir für Sie im folgenden Kapitel „freenet.tv“ zusammengefasst.

Empfangsgebiete von DVB-T2 HD

Erste Stufe ab 31. Mai 2016



Hinweis: Die Karte stellt lediglich eine schematische Darstellung der Empfangsprognosen dar (Stand: März 2016). Auf Grund örtlicher oder topografischer Gegebenheiten können die DVB-T2 HD-Signale in den gekennzeichneten Gebieten nicht oder ggf. nur mit einem höheren Antennenaufwand empfangen werden.
Empfangsprognosen: MEDIA BROADCAST GmbH, 2016

Abbildung 171: Quelle: Media Broadcast

In einschlägigen Foren wird seit mehreren Jahren über DVB-T2 HD/HEVC diskutiert. Immer wieder ist davon zu lesen, dass der Testbetrieb bereits läuft. Richtig ist, dass der führende Betreiber digital-terrestrischer TV- und Radionetze in Deutschland (MEDIA BROADCAST) seit Oktober 2014 seinen

ersten Testlauf in Berlin gestartet hat, weitere Pilotprojekte laufen seitdem sowohl in München als auch seit August 2015 im Raum Köln/Bonn. Dieser Probelauf richtete sich seinerzeit jedoch nicht an private Verbraucher, sondern naturgemäß an die Hersteller, denen somit eine praktische Testumgebung für die Entwicklung ihrer entsprechenden Endgeräte zur Verfügung gestellt wurde. Darüber hinaus werden vonseiten der Programmanbieter diverse Tests durchgeführt, die sich auf die Umschaltung der Standards (von DVB-T auf DVB-T2 HD) beziehen.

Ähnlich wie auch schon beim Vorgänger DVB-T hängt auch der DVB-T2-Empfang vom Wohnort ab. Jedes Bundesland soll mit entsprechenden Senderstandorten (z.B. Berliner Fernsehturm) ausgestattet werden, vorläufig jedoch lediglich in Großstädten wie Berlin, München, Köln. Wer in der Nähe eines Ballungszentrums wohnt, könnte neben der Zimmerantenne mit einer Außen- oder Dachantenne das Signal verstärken, die im Übrigen weiterhin genutzt werden kann. Anders sieht es bei den Empfangsgeräten aus. Viele neue Fernseher sind bereits mit DVB-T2-Tunern ausgestattet, allerdings kann mit diesen ausschließlich unverschlüsseltes Antennenfernsehen empfangen werden. Hierzu zählen zirka fünfzehn kostenlose Sender der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten, die ab 2017 regelmäßig ausgestrahlt werden. Das komplette Programm-Bouquet soll insgesamt etwa 35 bis 40 Sender umfassen. Anders als bisher können die Sender der privaten Programmanbieter dann aber nur noch gegen ein jährliches Entgelt empfangen werden (vgl. Kapitel „freenet.tv“ in diesem Buch).

Mit dem Anlauf der offiziellen Testphase kamen im Mai 2016 die „richtigen“ DVB-T2-Receiver auf den Markt, mit denen dann auch die verschlüsselten Privatsender in HD-Qualität via Antenne auf den TV-Bildschirm übertragen werden können. Auch hier wurde in der Vergangenheit reichlich philosophiert. Nicht alles, was man zum Thema lesen konnte, entsprach zwangsläufig der Wahrheit. Fakt ist, dass das hochauflösende Antennenfernsehen in vielen Teilen Europas längst Usus ist, Deutschland jedoch erst jetzt aufschließt (Stand: 2016). Deshalb sollten deutsche Verbraucher beim Kauf eines DVB-T2-Receiver genau hinschauen. Denn gegenüber anderen Ländern, in denen DVB-T2 bereits eingeführt wurde, setzt Deutschland auf den zusätzlichen Codec HEVC/H.265 (High Efficiency Video Coding) – auch wenn dieses Videokompressionsverfahren nicht Bestandteil der internationalen DVB-Spezifikation ist. Somit kann nicht jeder DVB-T2-Tuner automatisch deutsche Programme empfangen. Wie bereits beschrieben, wurde hierzu vom Projektbüro DVB-T2 HD Deutschland am 8. Juni 2015 eine für den deutschen Fernsehempfang entwickelte Spezifikation und ein entsprechendes Logo eingeführt, das Verbrauchern zur Orientierung dienen und den terrestrischen Empfang deutscher Fernsehprogramme garantieren soll.

Doch auch wenn in den aktuellen TV-Geräten der DVB-T2-Tuner mit dem offiziellen Logo bereits eingebaut ist, kann damit noch längst nicht das volle Programm empfangen werden. Wie beschrieben, werden die Privatsender ihr Angebot ausschließlich verschlüsselt senden. Neben der mangelnden Abwärtskompatibilität und dem Codec H.265 ein weiterer Grund, weshalb die Anschaffung eines neuen Receivers (Set-Top-Box) nötig wird, der mit entsprechender Hardware ausgestattet sein muss. Ähnlich wie beim herkömmlichen Pay-TV dient auch hier ein CI-Plus-Schacht am Receiver beziehungsweise der Set-Top-Box für die nötige Entschlüsselung der Signale. Entsprechende Geräte kamen erstmals im Mai 2016 auf den Markt. Die Deutsche TV-Plattform stellt hierzu auf ihrer Webseite eine Geräteliste zur Verfügung, die ständig erweitert werden soll. Hier können Verbraucher nachschlagen, ob ihr Gerät bereits die Mindeststandards der deutschen Spezifikation DVB-T2 HD erfüllt. Hierzu zählt unter anderem ein Gerät aus dem Hause Humax (HUMAX HD NANO T2/EAN: 8809095667929), eine internetfähige Set-Top-Box, die die CI-Plus-Hardware bereits eingebaut hat. Weitere DVB-T2-Empfänger sind auf dem Markt und auf der Internetseite www.tv-plattform.de/de/dvb-t2-hd-geraeteliste abrufbar.

Generell sollte beim Kauf sowohl auf das DVB-T2-HD-Logo als auch auf den entsprechenden Codec (HEVC/H.265) geachtet werden. Denn grundsätzlich gilt: Mit nicht-zertifizierten Receivern/Tunern (AVC/H.264) ist kein Empfang von deutschem Antennen-TV in HD möglich. Die alte DVB-T-Box kann entsorgt werden, da der neue HD-Standard nicht abwärtskompatibel ist. Jedoch können mit den neuen Empfängern durchaus die alten Signale empfangen werden. Wer sich also schon in 2016 entschließt, eine neue Box mit DVB-T2-Standard (ETSI EN 302 755 V1.3.1) zu kaufen, der kann bis zur Abschaltung 2017 nach wie vor herkömmliches DVB-T empfangen.

Entscheidender ist natürlich die Frage, was uns der neue Standard bringt. Auf die Standardauflösung (SD-TV) mit 720x576 Pixeln soll bei DVB-T2 HD komplett verzichtet werden. Gesendet wird ab 2017 überwiegend im progressiven Verfahren und Full-HD-Auflösung (1080p) mit 50 Bildern pro Sekunde und 1920 x 1080 Bildpunkten. Ob die ARD ebenfalls progressiv (im Vollbildverfahren) überträgt oder am Interlacing (Halbbildverfahren) festhält, ist bisher (Stand: 2016) noch nicht endgültig geklärt - wohl aber, dass Testläufe in diesem Format laufen. Obwohl hochauflösendes Fernsehen aufgrund der vielfachen Pixelanzahl pro Bild mehr Datenvolumen mit sich bringt, erhöht sich mithilfe der aktuellen Videokompressionsverfahren die Übertragungskapazität bei DVB-T2 um stolze 70 Prozent. Dies bringt gleich mehrere Vorteile mit sich. Zum einen können bei gleicher Bandbreite mehr Programme in besserer Qualität gesendet werden. Im sogenannten Multiplex können bei DVB-T2 HD

bis zu sieben Programme pro Kanal zusammengefasst werden, bei DVB-T waren es lediglich vier. Zum anderen erhöht sich die Benutzerfreundlichkeit beispielsweise durch eine robustere Signalstärke, die wiederum weniger Bild-Artefakte zur Folge hat und schnellere Umschaltzeiten ermöglicht. Die berühmten Klötzchen während eines Gewitterschauers könnten somit bestenfalls der Vergangenheit angehören. Denn durch die Einbindung des IP-Signals und eine Erhöhung der sogenannten Sende-Diversität (Multiple Input Multiple Output-Konzept) entsteht unter anderem eine bessere Versorgung zwischen zwei Sendeantennen. Somit wird nicht nur der stationäre Empfang via Antenne als kostengünstiges Pendant zum Kabel- und Satellitenfernsehen schneller und stärker, der TV-Empfang mit DVB-T2 wird zudem mobiler. Mit Geschwindigkeiten von bis zu 200 km/h kann das terrestrische Fernsehsignal demnächst sogar während der Fahrt im Auto, Zug oder Wohnmobil empfangen werden.

Denn mit der offiziellen Testphase ab Mai 2016 sind die technischen Entwicklungen noch längst nicht abgeschlossen. So befasst sich beispielsweise das Projekt ROMEO mit der Verbreitung beziehungsweise Live-Übertragung von 3D-Inhalten (www.ict-romeo.eu). Darüber hinaus gibt es viele Vermutungen im WWW ...

freenet.tv

Mitte 2016 wurde endlich bekannt, dass der Service „freenet TV“ von Media Broadcast ab 1. Juli 2017 für den Empfang der privaten Sender sorgen wird und jährlich 69 Euro kostet. Bis dahin bleiben die derzeit im Rahmen der Testphase bereitgestellten Privatsender kostenlos. Wer bis Juli 2017 den kostenpflichtigen Empfang nicht freigeschaltet hat, kann dann nur noch die Öffentlich-Rechtlichen sehen.

Für derzeit (Stand: 2016) 79,99 Euro bietet der neue TV-Dienstleister „freenet TV“ verschlüsselten DVB-T2-Empfang an, der über das entsprechende freenet TV CI+ Modul" realisiert wird. Im Lieferumfang enthalten ist ein für drei Monate geltender Gratiszugang. Damit ist ab März 2017 der Empfang von bis zu 20 privaten Sendern in FULL HD möglich. Die Freischaltung erfolgt ähnlich wie bei Prepaid-Karten per Telefon oder über das Internet und soll nicht länger als fünf bis zwanzig Minuten dauern. Entsprechende Gutscheine sind dann im Handel erhältlich. Wie bereits erwähnt, sollte beim Kauf eines DVB-T2-Receivers beziehungsweise Fernsehers inklusive DVB-T2-Tuner auf den dafür nötigen Kartenslot und das weiter oben beschriebene DVB-T2HD-Logo geachtet werden.



Abbildung 172: freenet TV 89001 DVB-T2 HD CI+ Modul

Die Empfangsvoraussetzungen hier noch einmal im Überblick:

- DVB-T-Antenne: kein neues Modell nötig
- Interner/externer Tuner: DVB-T2 HD, H.265/HEVC, CI-Plus-Slot
- Laufende Kosten: 69 Euro pro Jahr (Freischaltung nötig)
- Offizieller DVB-T2-Start: 1. Quartal 2017 (voraussichtlich Ende März)

Weitere Hinweise zu Empfang und Programmangebot finden sich auf der Seite www.freenet.tv.

DVB-Spezifikationen

Im Zuge der Weiterentwicklung der DVB-Technologien traten auch zunehmend die Ansprüche der Verbraucher nach mehr Mobilität in den Mittelpunkt der Konzipierung neuer Systemvorschläge. Insofern befassen sich aktuelle Modelle aus dem Hause DVB nicht mehr ausschließlich mit der Übertragung von Audio- und Videodaten. Zeitgemäße DVB-Spezifikationen entsprechen den technischen Möglichkeiten für eine neue Art des mobilen digitalen TV-Entertainments.

DVB-IPTV (TV over IP)

Mehr Mobilität bringt die relativ neue DVB-Technologie mit, die unter den Begriffen DVB-IPTV oder auch DVB-IPI bekannt ist. Dabei handelt es sich um einen offenen IP-basierten DVB-Standard. Die Audio- und Videoübertragung erfolgt über das Internet-Protokoll (IP), woraus sich die Bezeichnung IPTV beziehungsweise IPI (Internet Protocol Infrastructure) ableitet. Von der Organisation Digital Video Broadcasting Project (DVB) wird der Begriff DVB-IPTV verwendet, obwohl sich IPTV auf diverse Übertragungswege beziehen kann. Deshalb wird das allgemeine Internetfernsehen (IPTV) in einem gesonderten Abschnitt dieses Buches unabhängig vom DVB-Standard noch einmal ausführlich betrachtet (vgl. hierzu Kapitel „Praxis der modernen Fernsehtechnik“).



Abbildung 173: Logo DVB-IPTV (www.dvb.org)

Wie die übrigen DVB-Varianten ist DVB-IPTV ein zugelassener Übertragungsstandard der European Telecommunications Standards Institute (ETSI) und wird von Übertragungsanstalten zunehmend favorisiert. Insbesondere das öffentlich-rechtliche Fernsehen setzt auf IPTV und überträgt seine Programme im offenen DVB-IP-Standard – Tendenz steigend. Schon heute können sowohl auf dem Fernseher als auch auf Computern TV-Programme empfangen werden. Beim PC ist neben dem Internetempfang dafür lediglich eine Player-Software nötig, die kostenlos aus dem Internet geladen werden kann (z.B. VLC-Player).

DVB-IPTV wurde bereits im Jahre 2001 spezifiziert. Mit diesem Standard werden audiovisuelle Inhalte dem DVB-Datenstrom (MPEG-2 und MPEG-4 AVC) entnommen und für die Verteilung über das IP-Netz (Heimnetzwerk) ein sogenannter IP-Datenrahmen erstellt. Damit ist es möglich, nicht nur bestimmte Sendungen zeitversetzt aus dem Fernsehen (z.B. ZDF-Mediathek) kostenlos zu empfangen, sondern Pay-TV-Übertragungen und Video-on-Demand (VoD) zu realisieren. Auf Maxdome, Netflix und das Videostreaming im Allgemeinen wird im entsprechenden Kapitel noch näher eingegangen.

Da der Trend zu All-IP geht, werden die Entwicklungen der einzelnen Anbieter weitergehen. Kabel Deutschland etwa setzt für die Zukunft auf ein Kabelnetz aus Koax und Glasfaser, das in Verbindung mit der Schnittstellen-Spezifikation

DOCSIS 3.1 (Data Over Cable Service Interface Specification) die Basis für eine Datenübertragungsrate von über 1 GBit/s gewährleisten soll. Wann es soweit sein wird? Näheres hierzu findet sich im Kapitel „All-IP (Quad Play“ und in den folgenden Ausführungen.

DVB-GEM/MHP

Ähnlich wie DVB-IPTV ist DVB-GEM eine interoperable Applikation, die gemeinsame Application Programming Interfaces (API) definiert und somit unabhängig von Netzwerkprotokollen und Signalisierung in einem speziellen Übertragungsnetz arbeitet. Deshalb handelt es sich hierbei nicht mehr um eine DVB-Übertragungstechnik, sondern streng genommen nur noch um eine DVB-Spezifikation mit dem Standard ETSI TS 102 728 und ITU-Empfehlung (ITU-T J.202).



Abbildung 174: Logo DVB-GEM (www.dvb.org)

Globally Executable MHP (GEM) ist ein spezifizierter MHP-Standard aus dem DVB-Projekt, der auf der Programmiersprache Java beruht. MHP (Multimedia-Home-Plattform) wurde für die Übertragung und Darstellung interaktiver Inhalte entwickelt, die verschiedene Dienste wie Videotext, EPG, Nachrichtenticker, Video on Demand und sogar E-Mail umfassen.



Abbildung 175: Hybrid-Plattform IPTV/OTT Set-Top-Box IRENIS 5700 ICT2/HD von PROTEL

GEM ist somit eine Java-basierte Softwareplattform, über die interaktive Dienste im Digitalfernsehen angeboten werden können. Da GEM nicht direkt implementiert wird, bildet sie lediglich die Basis für spezifische Netze und Geräteklassen. Sie wird demnach in Geräten für Internetfernsehen (IPTV) sowie

in Set-Top-Boxen (Broadcast) und Blu-ray-Playern (Packaged Media) verwendet. Darüber hinaus ist die Kombination verschiedener Geräteklassen mit unterschiedlichen Netzwerkschnittstellen zu einer sogenannten Hybrid-Plattform möglich, beispielsweise eine Broadcast/Internet/Set-Top-Box, wie sie im Folgenden noch eingehender beschrieben werden soll.

MHP (DVB-J/DVB-HTML)

Das Grundprinzip von MPH basiert allerdings nicht ausschließlich auf Java-Anwendungen, sondern ebenfalls auf HTML. Der Unterschied von DVB-J und DVB-HTML begründet sich letztlich also nur in den jeweilig verwendeten Programmiersprachen, wobei DVB-HTML ebenfalls mit optional eingebetteten Java-Codes arbeitet, ähnlich wie Internet-Browser mit Java-Applets. Der zweite Unterschied besteht in der praktischen Anwendung selbst, das heißt, auf welchen Endgeräten sie zur Anwendung kommen. Die MHP-Technologie unterstützt einen Rückkanal, was bedeutet, dass die Interaktion in beide Richtungen möglich ist. So können insbesondere bei Pay-TV über sogenannte Punkt-zu-Punkt-Verbindungen Bestellungen und Bezahlvorgänge initiiert und abgewickelt werden. Der MHP-Rückkanal arbeitet dabei unabhängig von der jeweiligen Übertragungstechnik. Insofern können MHP-Endgeräte je nach Beschaffenheit auf verschiedene Verbindungen (ISDN, DSL, Kabel, GPRS oder UMTS) zurückgreifen.

MHP als ursprünglicher Standard konnte sich allerdings nur bedingt durchsetzen. Obwohl sich die Technologie gerade für das kostenpflichtige Kabelfernsehen vorteilhaft hätte auswirken können, zog der Pay-TV-Sender Premiere im Jahre 2003 den Auftrag für eine MPH-Software für seine D-Box2 zurück. In den folgenden Jahren distanzieren sich auch andere Fernsehbetreiber, so etwa der Hessische Rundfunk und auch das ZDF. Beide Sender beendeten die Ausstrahlung von MHP über DVB-T Mitte 2007. Die öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten schalteten mit der ARD als letztem Broadcaster den MHP-Service im April 2010 ab. Allerdings bot MHP im Rahmen der technischen Entwicklung die Basis für verschiedene Standards, wie:

- DVB-GEM (Globally Executable MHP)
- OCAP (für amerikanische Kabelnetze)
- ACAP (für amerikanische terrestrische Fernsehnetze)
- ARIB B.23 (für japanische Fernsehnetze) und
- BD-J (für Blu-ray-Disc ohne Rundfunkunterstützung).

DVB-H (Mobil)

Auch eine weitere Spezifikation aus dem DVB-Projekt wurde im Laufe der Zeit vom Markt verdrängt: DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handhelds). Diese Technologie wurde als separater Standard für Mobilgeräte (EN 302 304) entwickelt und in der Entwicklungsphase auch unter der Abkürzung DVB-M (Mobile) und DVB-X geführt. Obwohl sich DVB-H anfänglich durchzusetzen schien, scheiterte es letztlich an der Nachfrage der Mobilfunkanbieter.



Abbildung 176: Logo DVB-H (nicht mehr aktuell)

Im Jahre 2006 startete parallel zur Fußball-Weltmeisterschaft in Italien DVB-H. Ende 2007 verzeichnete der Mobilfunkanbieter „3“ in Italien 750.000 Kunden. Im selben Jahr sprach sich die Europäische Kommission für eine Einführung von DVB-H als einheitliches europäisches System für mobiles Fernsehen aus. 2008 erfolgte auf EU-Ebene der Beschluss der Aufnahme von DVB-H in das EU-Verzeichnis der Normen und Spezifikationen.

In Deutschland war seinerzeit die Reaktion allerdings eher verhalten. Der Bundesrat lehnte die gesonderte Reservierung bestimmter Frequenzen (unter anderem im L-Band) für die mobile Übertragungstechnologie ab. Im Oktober 2007 vergab die Bundesnetzagentur Frequenzen für die bundesweite DVB-H-Abdeckung. Das Bundeskartellamt erteilte Genehmigungen an verschiedene Mobilfunknetzbetreiber (T-Mobile, Vodafone und O2).

Jedoch beschloss 2008 die Gesamtkonferenz der Landesmedienanstalten die Übertragung von Sendelizenzen lediglich an das Betreiberkonsortium "Mobile 3.0". Aufgrund der schlechten Nachfrage verlangte allerdings im selben Jahr die Kommission für Zulassung und Aufsicht der Landesmedienanstalten (ZAK) vom ebenjenem Konsortium die Übertragungslizenzen für mobiles Fernsehen über DVB-H zurück. Ebenfalls in 2008 erklärte Vodafone-Chef Friedrich Jousen das Projekt DVB-H für gescheitert. Trotz verschiedener Testläufe (z.B. zur Fußball-EM 2008) ist es zumindest in Deutschland nie zu einem Regelbetrieb von DVB-H gekommen. Anfang 2010 erklärte die ZAK, dass die Übertragungslizenzen neu vergeben werden könnten. Jedoch fand sich kein Mobilfunkanbieter, sodass es zu keiner Neuausschreibung kam. Ende 2010 wurde der Sendebetrieb für DVB-H eingestellt.

Allerdings ist DVB-H auf Transportstromebene mit DVB-T kompatibel, was die Erzeugung gemischter DVB-H/T-Multiplexe ermöglicht, die sich einen entsprechenden Kanal teilen. Insofern kann DVB-H über DVB-T gesendet werden. Auf der bereits bestehenden DVB-T-Basis kamen ebenfalls mobile Geräte auf dem Markt, mit denen der terrestrische Fernsehempfang möglich ist. Näheres hierzu findet sich im folgenden Kapitel über das mobile Fernsehen.

Praxis der modernen Fernsehtechnik

Von der Bildröhre zum OLED-TV – so einfach könnte man es ausdrücken: die Geschichte des Fernsehens beziehungsweise der Medientechnik im Allgemeinen. Denn Fernsehen ist spätestens mit dem Millennium nicht mehr nur die protzige Mattscheibe in der alten Schrankwand „Eiche rustikal“. Elegante XXL-Displays mit präziser Nanotechnologie – von superschlank bis kurvenreich – schmücken heute nicht nur moderne Wohnzimmer. Im 21. Jahrhundert können wir Fernsehen jederzeit und überall empfangen – mit nativer UHD/4K-Auflösung, brillanten Farben und einem nie da gewesenen Kontrast, stationär oder mobil, vom Smartphone bis zum Beamer.

Mobiles Fernsehen

Die Welt wird immer mobiler. Das Fernsehen auch. Heute gibt es nicht nur den Kaffee zum Mitnehmen, sondern quasi auch TV to go. Die Idee selbst ist nicht neu, jedoch haben die mobilen Geräte der neuen Generation kaum noch etwas mit ihren Vorvätern zu tun. Was in den 1960ern beispielsweise mit dem „Mikro-TV“ der Firma Sony als absolute Neuheit und genialer Durchbruch im Fernsehmarkt gefeiert wurde, kann heute nur noch belächelt werden.



Abbildung 177: TV5-303 der Firma Sony (www.4k-entertainment.de)

Das Modell Micro TV 5-303 M war stolze 200 x 110 x 180 Millimeter groß und galt seinerzeit als der kleinste und leichteste Fernseher der Welt (vgl. Abbildung).

Wie die portablen TV-Geräte des 20. Jahrhunderts landeten auch bestimmte Übertragungstechnologien in der Besenkammer. DVB-H konnte sich nicht durchsetzen, ebenso wenig andere Methoden des sogenannten Handy-TV. Es brauchte seine Zeit, bis das Internet als Übertragungsmedium beziehungsweise Bindeglied zwischen Broadcast und Endgerät vollumfänglich genutzt werden konnte.

Denn vor allem die hohen Datenmengen, die für das mobile Fernsehen erforderlich sind, waren das berühmte Haar in der Suppe. Mit dem Breitbandausbau und der Entwicklung neuer Technologien gelingt es zunehmend besser, den Ansprüchen der Konsumenten in Bezug auf das Format „TV to go“ zu genügen. Und die Varianten sind zahlreich.

Im Zeitalter des Highspeed-Surfing und Datenraten von mehr als 100 Mbit pro Sekunde ist das mobile Fernsehen praktisch auf jedem Endgerät möglich. Ob auf dem Smartphone, Tablet, Laptop oder TV-Geräten in Fahrzeugen - die angebotenen Produkte auf der Empfängerseite sind kaum noch zu überschauen. Nicht weniger verwirrend ist die Anbieterseite für mobiles Fernsehen. Während sich mehr und mehr IP-basierte Standards durchsetzen, kamen zu Beginn des mobilen Fernsehens vor allem vier Varianten auf den Markt, die die seinerzeit technisch möglichen Übertragungswege nutzten. Das war zum einen die satellitengestützte DVB-SH-Spezifikation (eine Weiterentwicklung des DVB-H-Standards), Adapter für den mobilen Empfang via Antenne (DVB-T), Digital Multimedia Broadcasting (DMB) sowie das sogenannte Handy-TV auf UMTS-Basis.

Der überwiegende Teil dieser mobilen TV-Varianten ist im Laufe der Zeit wieder vom Markt verschwunden. Im Allgemeinen konnte eine kommerzielle Nutzung nicht realisiert werden, weil die Technologien nicht vollständig ausgereift waren und somit kaum den qualitativen Ansprüchen der Verbraucher genügen konnten. Denn jeder technische Fortschritt kostet in erster Linie Geld. Forschung und Entwicklung muss bezahlt werden.

Jede Einführung eines neuen innovativen Produktportfolios ist mit sehr hohen Investitionen verbunden. Insofern ist die Verknüpfung von Sprachdiensten, Internet und Fernsehen zu einer multimedialen Plattform (Triple-Play) nicht nur in punkto Entertainment eine großartige Entwicklung für die Verbraucher. Vielmehr entwickelt sich hier ein boomender Wirtschaftszweig, der in der Politik

und den weltweiten Parlamenten mittlerweile als ein herausragender Standort- und Wettbewerbsfaktor gesehen wird.

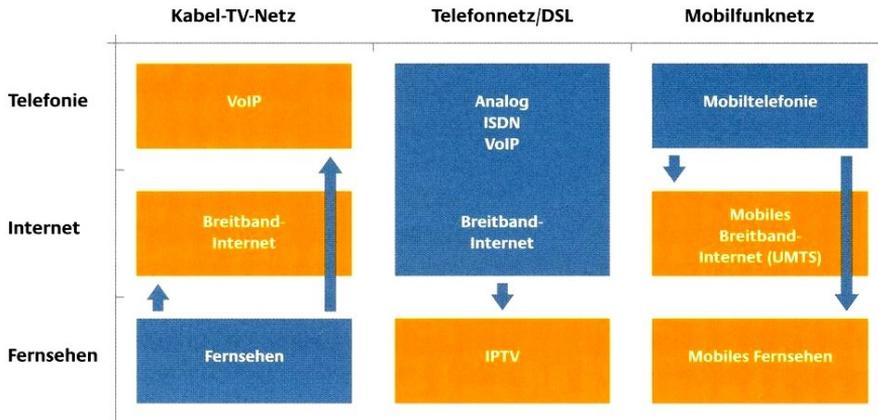


Abbildung 178: Triple-Play-Plattformen (Jahresbericht 2005 Bundesnetzagentur)

So erließ beispielsweise die Europäische Kommission am 18. Juli 2007 eine Mitteilung an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen mit dem Titel „Stärkung des Binnenmarkts für das Mobilfernsehen“ KOM(2007)-409. In dieser Mitteilung heißt es unter anderem: „Diese Plattform verbindet die große Dynamik der Telekommunikation mit der Vielfalt der audiovisuellen Medien. [...] Das Mobilfernsehen gilt als ein unverzichtbarer innovativer Dienst. [...] Diese Plattform könnte bis 2015 ein Marktvolumen von etwa 20 Milliarden Euro darstellen und 200-500 Millionen Verbraucher weltweit erreichen.“ In ihrer Mitteilung ruft die Kommission alle Mitgliedsstaaten sowie die Beteiligten der Branche auf, ihre Anstrengungen zu koordinieren und die Einführung des Mobilfernsehens in ganz Europa zu beschleunigen, damit Europa seinen Wettbewerbsvorsprung auf dem Mobilfunk nicht einbüßt (<http://eur-lex.europa.eu>).

Und der Markt wächst weltweit jedes Jahr ein bisschen mehr. Allein die steigende Anzahl der SIM-Kartenbestände belegt, dass jeder Deutsche nicht mehr nur ein Handy, Smartphone oder internetfähiges Tablet besitzt. Nach Angaben der Bundesnetzagentur und aus den Geschäftsberichten der Netzbetreiber ergeben sich für den Zeitraum 2002 bis 2014 folgende Werte (vgl. Tabelle).

| Teilnehmerentwicklung im Mobilfunk | | | | |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Jahr | D1-Netz (Telekom) | D2-Netz (Vodafone) | E-Netz (E-Plus/O2) | Gesamt |
| 2014 | 39.337.000 | 31.939.000 | 45.281.000 | 116.557.000 |
| 2012 | 35.470.000 | 35.806.000 | 42.338.000 | 113.614.000 |
| 2010 | 36.976.000 | 34.874.000 | 35.862.000 | 107.712.000 |
| 2008 | 38.400.000 | 35.295.000 | 29.776.000 | 103.471.000 |
| 2006 | 31.398.000 | 30.600.000 | 23.654.000 | 85.652.000 |
| 2004 | 27.471.000 | 26.940.000 | 16.911.000 | 71.322.000 |
| 2002 | 24.582.000 | 22.700.000 | 11.846.000 | 59.128.000 |

Abbildung 179: Anzahl der Teilnehmer nach Netzen von 2002 bis 2014 (Stand: 2015, BNetzA)

Nach Angaben des Branchenverbandes BITKOM gab jeder Einwohner der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2014 durchschnittlich 1.476 Euro für Digitaltechnik (Computer, Smartphones etc.) aus. Damit liegt Deutschland auf Platz 4 der Weltrangliste. Spitzenreiter ist die USA mit einem Pro-Kopf-Ausgabenvolumen von 2.468 Euro, gefolgt von Großbritannien (1.912 Euro) und Japan (1.510 Euro).

In diesem Zusammenhang äußerte der BITKOM-Präsident Dieter Kempf: „Die Pro-Kopf-Ausgaben sind ein wichtiger Indikator für die Digitalisierung der Wirtschaft. Wenn wir zu den führenden Nationen aufschließen wollen, dann müssen wir unser Investitionstempo deutlich erhöhen“. Denn die Konkurrenz schläft nicht. Neben den USA ist vor allem Asien nicht erst seit der neuen Samsung-Generation ein starker Mitbewerber auf dem Digitalmarkt. Das Wirtschaftswachstum im asiatischen Raum zieht eine hohe Nachfrage mit sich. Im CeBIT-Partnerland China wachsen die Pro-Kopf-Ausgaben in diesem Sektor derzeit um 15 Prozent (Deutschland: 1 Prozent). Im Vergleich zum deutschen Digitalmarkt ist allein der chinesische Telekommunikationsmarkt mit 247 Milliarden Euro mehr als viermal so groß. Denn in den bevölkerungsreichen Ländern spielen nicht die Ausgaben des Einzelnen eine Rolle, sondern die Masse. Wenn in Indien jeder Einwohner durchschnittlich 43 Euro für PC, Tablet und Smartphone ausgibt, ist das in der Summe eine gigantische Zahl.

Die Zeiten, in denen ein Fernsehapparat zwanzig Jahre im heimischen Wohnzimmer verstaubte, sind längst Geschichte. Heute hat jedes Kind ein eigenes Smartphone. Tablet-PCs und Laptops sind meistens sogar mehrfach in jedem Haushalt zu finden – genauso wie Smart-TVs und Spielekonsolen. Informationen und Entertainment sind heute jederzeit und überall verfügbar. Wie alles begann und welche Möglichkeiten aktuelle Technologien und Standards bieten, wird in den nächsten Kapiteln ausführlich erläutert.

Handy-TV per UMTS

Das Zauberwort zu Beginn des 21. Jahrhunderts hieß UMTS. Mit diesem Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G) konnten seinerzeit die Datenübertragungsraten um ein Vielfaches erhöht werden. Während mit dem alten GSM-Standard lediglich 384 Kbit pro Sekunde möglich waren, stiegen diese mit UMTS auf über 40 Mbit pro Sekunde. Der neue Standard umfasste seinerzeit multimediale Dienste sowie satelliten- und erdgestützte Sendeanlagen. Von Audio- und Videotelefonie über Navigation bis E-Commerce ist seither mit einem Handy sehr viel mehr möglich als nur telefonieren. Handy-TV gehörte ebenfalls dazu, zumal mithilfe der UMTS-Technologie ein Rückkanal für interaktives Fernsehen sorgte (z.B. für Pay-TV).

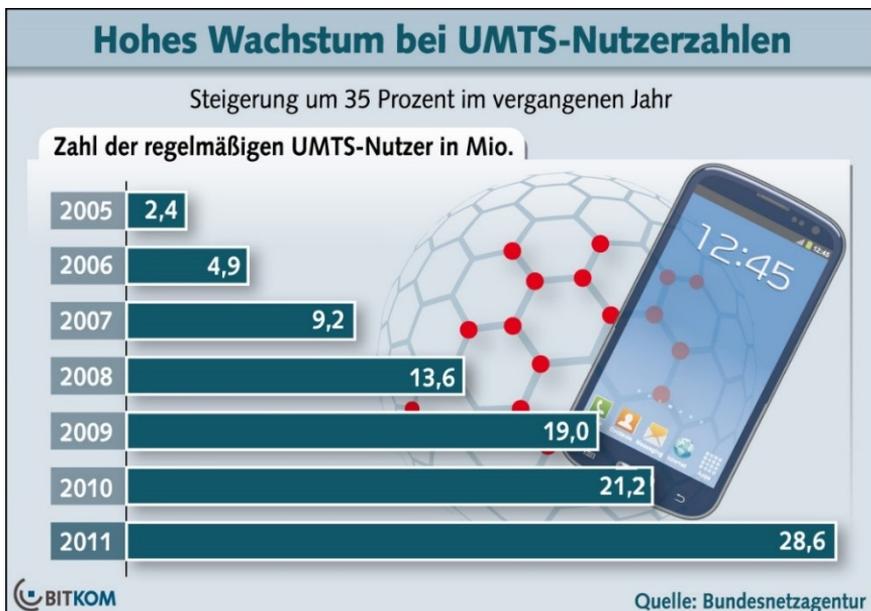


Abbildung 180: Zahl der regelmäßigen UMTS-Nutzer in Mio. (Stand: 2012, Bundesnetzagentur)

Für einen Testlauf des ersten Live-Empfangs über mobile Endgeräte (Handys) wurde wieder einmal ein großes Sportereignis genutzt. Zur Fußballweltmeisterschaft 2006 wurde über Digital Multimedia Broadcasting (DMB) ausgestrahlt und per UMTS übertragen. Jedoch kam es bei der UMTS-Lösung zu erheblichen Kapazitätsproblemen und Übertragungsstörungen, die es so bei der herkömmlichen DVB-Übertragung nicht gab. Deshalb hielten sich enttäuschte Verbraucher zurück, die anfängliche Nachfrage schrumpfte.

Im Sommer 2000 wurden die UMTS-Lizenzen erstmalig versteigert. Die Bundesrepublik Deutschland verkaufte sechs Lizenzen an verschiedene Mobilfunkanbieter – etwa an Vodafone, MobilCom, E-Plus, O2 und Group 3G – für insgesamt 98,8 Milliarden DM (ca. 50 Milliarden Euro). Zehn Jahre später erfolgte eine zweite Versteigerung von Lizenzen für den UMTS-Nachfolgestandard LTE (Long Term Evolution). In Deutschland investierten die Unternehmen Telekom Deutschland, Vodafone und Telefónica Germany insgesamt rund 4,4 Milliarden Euro und spülten damit jede Menge Geld in die deutsche Staatskasse.

Im Zuge der Versteigerung wurde in Deutschland das 2100-MHz-Frequenzband mit insgesamt 60 MHz in sechs Bänder aufgeteilt. Jedes Band umfasste 10 MHz und maximal zwei Kanäle. Die seinerzeit von MobilCom und Group 3G zurückgegebenen Lizenzen wurden im Jahre 2010 in zwei Blöcke aufgeteilt und neu versteigert. Die einzelnen Frequenzen der Mobilfunkanbieter stellten sich im Anschluss wie folgt zusammen (vgl. Tabelle).

| Betreiber | Uplink | Downlink |
|-----------|----------------------|----------------------|
| Vodafone | 1920,3 – 1930,2 MHz | 2110,3 – 2120,2 MHz |
| Vodafone | 1930,2 – 1935,15 MHz | 2120,2 – 2125,15 MHz |
| E-Plus | 1935,15 – 1940,1 MHz | 2125,15 – 2130,1 MHz |
| E-Plus | 1940,1 – 1950,0 MHz | 2130,1 – 2140,0 MHz |
| E-Plus | 1950,0 – 1954,95 MHz | 2140,0 – 2144,95 MHz |
| O2 | 1954,95 – 1959,9 MHz | 2144,95 – 2149,9 MHz |
| O2 | 1959,9 – 1969,8 MHz | 2149,9 – 2159,8 MHz |
| Telekom | 1969,8 – 1979,7 MHz | 2159,8 – 2169,7 MHz |

Abbildung 181: UMTS-Frequenzen nach Anbieter (Stand: 2015)

Beim Handy-TV wird das Programm über das Mobilfunknetz (UMTS) an die entsprechenden Endgeräte übertragen. Allerdings war das Fernsehen hier nicht vergleichbar mit dem stationären Standardfernsehprogramm. Die einzelnen Mobilfunkanbieter boten verschiedene Mixturen aus speziellen Sendungen an, wobei der zahlende Nutzer sein individuelles Wunschprogramm auswählen konnte. Zu den favorisierten Formaten gehörten insbesondere der Sport (beispielsweise Formel 1 oder Bundesliga) und Comedy.

Auch wenn bei Vertragskunden von T-Mobile (Telekom), Vodafone oder O2 die entsprechende Abspielsoftware bereits auf dem UMTS-fähigen Handy vorinstalliert war, musste der Nutzer jede Sendung separat abrufen und natürlich bezahlen. Je nach Anbieter und Tarif lagen die Kosten hierfür bei 4 bis 10 Euro im Monat. Die Senderanzahl war ebenfalls vom Mobilfunkanbieter und Tarif abhängig und lag zwischen zwei und 32. Die zumeist sehr schlechte Übertragungs- und Bildqualität sowie kurze Akkulaufzeiten ließen die Nachfrage schnell wieder sinken. Denn selbst mit leistungsstarken Handys waren qualitativ hochwertige Bildauflösungen oder aber schnelle Bewegungen sowie rasante Schnitte nicht darstellbar. Neben dem schlechten Empfang war das Bild detailarm und reich an Artefakten. Denn UMTS beziehungsweise LTE ist auch heute (Stand: 2016) noch längst nicht flächendeckend verfügbar. Selbst in Ballungsgebieten, in denen grundsätzlich der Empfang besser ist, kann es bei zu vielen Nutzern zu Netzüberlastungen kommen.



Abbildung 182: Mobiles Fernsehen (Nokia)

Insofern war und ist das Konzept des mobilen TV-Empfangs über das Funknetz wenig zukunftssträftig – jedenfalls solange keine flächendeckende Nutzung möglich ist und die Bildqualität aufgrund mangelnder Aufbereitung für diesen Standard nicht besser wird. Alles in allem stellt also Handy-TV keine optimale Lösung für mobiles Broadcasting dar und ist deshalb auch schon wieder in Vergessenheit geraten.

DMB: TV goes mobile

Auch andere Spezifikationen konnten sich nicht durchsetzen, als das mobile Fernsehen noch in den Kinderschuhen steckte. Dazu gehörten vor allem DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld) und DMB (Digital Multimedia Broadcasting).

DMB bezeichnet ein Übertragungssystem zur Versorgung mobiler Endgeräte mit digitalen Audio- und Videodaten. Je nach Signalübertragungsweg wird zwischen S-DMB (Satellit) und T-DMB (terrestrisch) unterschieden. Grundlage für T-DMB ist der Hörfunkstandard DAB (Digital Audio Broadcasting) – also der Empfang von Digitalradio, der lediglich um audiovisuelle Inhalte erweitert wurde. Entwickelt wurde die DMB-Übertragungstechnik von der Robert Bosch GmbH und dem Heinrich-Hertz-Institut.

DAB/DMB wurde vorrangig für den mobilen Empfang konzipiert. Deshalb kommt eine stromeffiziente Decodierung zum Einsatz, bei der selektiv nur die jeweils relevanten Träger empfangen und decodiert werden (Relevanzreduktion). Aufgrund der einfachen Codierung und entsprechender Modulationsverfahren ist der Stromverbrauch entsprechend gering. Über die 2-MHz-Bandbreite im Band III und im L-Band können zirka 1 Mbit pro Sekunde übertragen werden, das entspricht ungefähr drei TV-Programmen mit jeweils 300 Kbit pro Sekunde zuzüglich Audioprogrammen und Datendiensten. Ein sogenanntes Ensemble belegt jedoch nur etwa ein Viertel eines Kanals, sodass beispielsweise in München 12 DMB- und 19 DAB-Programme inklusive Datendienste ausgestrahlt werden konnten.

In Europa und insbesondere in Deutschland kam vor allem der DMB-Standard nur vorübergehend zum Einsatz. Der DMB-Plattformbetreiber Mobiles Fernsehen Deutschland (MFD) und verschiedene Serviceprovider (Debitel, Mobilcom und Simply) gründeten ein Gemeinschaftsprojekt unter der Bezeichnung „watcha“. Von Mai 2006 bis April 2008 wurden im öffentlichen Regelbetrieb fünf Fernsehprogramme (ARD, ZDF, NTV, Pro7, Sat1, MTV) im DMB-Standard ausgestrahlt, die in 16 deutschen Städten empfangen werden konnten. Dazu gehörten München, Stuttgart, Nürnberg, Frankfurt, Köln, Leipzig, Berlin und Hamburg.



Abbildung 183: Logo des Gemeinschaftsprojektes "watcha" für mobilen TV-Empfang

Vorwiegend in Asien wurde die DMB-Technologie adaptiert und von asiatischen Mobilfunkanbietern kommerziell relativ erfolgreich vertrieben. In Südkorea stieg die Zahl der T-DMB-Nutzer auf 20 Millionen. In China gilt T-DMB als die favorisierte Variante des mobilen Fernsehens – unterstützt durch die chinesische Regulierungsbehörde SARFT.

In Europa und Deutschland hingegen blieben die weitere Ausstrahlung sowie der geplante flächendeckende Ausbau bis 2010 und die damit verbundene Aufstockung auf 40 TV-Programme aus. Zum 1. Mai 2008 gab der Betreiber Mobiles Fernsehen Deutschland die Sendelizenzen an die Landesmedienanstalten zurück. Vertragskunden der Provider debitel, mobilcom und simply, die seinerzeit 99 Euro für den Empfang von Handy-TV gezahlt hatten, war es nicht weiter möglich, das mobile Fernsehangebot „watcha“ zu empfangen. Grund für die Einstellung des Sendebetriebs war neben der mangelnden Nachfrage auch die von der EU-Kommission eingeführte offizielle DVB-H-Norm. Wie bereits beschrieben, konnte sich allerdings auch dieser Standard nicht am Markt etablieren (vgl. hierzu das Kapitel „DVB-H“).

Dennoch bleibt die DAB-Technologie zumindest als reiner Audio-Service den Nutzern erhalten. Auch können die DMB-Geräte für den digitalen Radioempfang weiterhin genutzt werden. Insbesondere die geringe Störanfälligkeit macht die mobile Variante besonders attraktiv. Vor allem in Autoradios könnte der weiterentwickelte Audio-Standard DAB+ eine Zukunft haben. Kenwood verspricht mit seinem KDC - BT73DAB einen brillanten, rauschfreien Klang ohne Pegelschwankungen, da das Gerät über einen digitalen ZF-Filter verfügt und gegebenenfalls auf UKW-Frequenz gewechselt werden kann.



Abbildung 184: Radioadapter DAB+ für Apple (Tivizen); Autoradio DAB+ (Kenwood: KDC-BT73DAB)

Während im Galaxy S WiFi 5.0 der Firma Samsung ein solcher DAB-Tuner bereits integriert ist, können iPod oder iPad beispielsweise mit dem DAB+/DMB Radio-Tuner der Firma Tivizen verbunden werden, der mittlerweile für unter 10 Euro (Stand: 2016) im Handel erhältlich ist. Im Vergleich zur herkömmlichen Ultrakurzwelle (UKW) ist der digitale Radioempfang auf DAB-Basis innerhalb Deutschlands aber auch im europäischen Ausland um ein Vielfaches besser. Zudem benötigt der Adapter keine zusätzliche Internet- oder 3G-Verbindung. Mit der kostenlosen App ist quasi Radioempfang überall möglich, überdies können Sendungen auch aufgenommen und später abgespielt werden.

Insofern scheint DMB/DAB zumindest für die Tonübertragung eine vielversprechende Technologie zu sein, auch wenn es für den mobilen Fernsehempfang in Deutschland nicht mehr verwendet wird.

DVB-SH

Der Digitale Videorundfunk über Satellit für Handgeräte (DVB-SH) basiert auf einer Weiterentwicklung des gescheiterten DVB-H-Standards. Die Verknüpfung einer Satellitenübertragung mit der terrestrischen Infrastruktur bietet insbesondere den Vorteil der territorialen Abdeckung durch den Satelliten sowie optimaler Empfangsqualität durch terrestrische Repeater (zumindest in Ballungszentren). Anders als bei UMTS ermöglicht der DVB-SH-Standard eine bandbreiteneffiziente Versorgung beliebig vieler Empfänger.

Die DVB-SH-Spezifikation nutzt dabei Kanäle im S-Band und damit Frequenzen zwischen 2170 MHz bis 2200 MHz. Diese 30-MHz-Bandbreite entspricht der Kapazität eines DVB-S-Transponders von TV-Satelliten im Ku-Band, was zwar eine Übertragung von über 200 Radioprogrammen zulässt, aber im Gegensatz dazu nur eine begrenzte Anzahl von TV-Programmen. Das im Jahre 2008 eigens

von den Satellitenbetreibern Astra und Eutelsat für DVB-SH gegründete Konsortium Solaris Mobile (später: EchoStar Mobile) kombiniert die Möglichkeiten von Satellit und Terrestrik. Dieses hybride Verbreitungskonzept der Firma Solaris Mobile sollte den europaweiten Empfang - inklusive optimierter Bildauflösung für mobile Endgeräte - von bis zu zehn Fernseh- und 50 bis 100 Radioprogrammen ermöglichen. Dabei standen für die 27 EU-Mitgliedsländer zwei Frequenzblöcke von jeweils 15 MHz Bandbreite im S-Band zur Verfügung.

Im Rahmen des ARTES-4-Programms hat die Europäische Weltraumorganisation (ESA) im Jahre 2006 den ersten S-Band-Repeater für Satelliten in Auftrag gegeben. Dazu wurde ein entsprechender Satellit in Betrieb genommen, der von Eutelsat und Astra auf 10° Ost positioniert wurde. Im Februar 2008 startete die erste Live-Demonstration von Mobilfernsehen per DVB-SH über das S-Band auf dem FIRA-Messegelände in Barcelona. Während der größten Mobilfunkmesse Europas (GSMA Mobile World Congress) präsentierten die DVB-SH-Hauptakteure Alcatel-Lucent, DiBcom, Eutelsat Communications, Sagem Mobiles, SES Astra, TeamCast und UDcast die ersten DVB-SH-fähigen Handys der Firma Sagem Mobiles (myMobileTV), die mit Prototypen eines DVB-SH-Receiver der Firma DiBcom ausgestattet waren. Somit konnten europaweit die ersten Live-Mobil-TV-Kanäle auf dem Handy empfangen werden. Zu ihnen gehörten die Programme CNBC, La Sexta, Canal 300, Nickelodeon, 40 Latino, Teledeporte, 24h TVE und Telecinco Sport.



www.GSMArena.com

Abbildung 185: Sagem myMobileTV 2 pictures (www.GSMArena.com/2008)

Doch auch um die DVB-SH-Spezifikation ist es still geworden. Im Laufe der Zeit setzt sich immer mehr das IP-Fernsehen – also die Übertragung von Audio- und Videodiensten über das Internet-Protokoll – durch. Hierfür wurde im Jahre 2001 der herstellerunabhängige Standard DVB-IPI/DVB-IPTV spezifiziert, auf dessen Basis mittlerweile verschiedene Varianten des Internetfernsehens zur Verfügung stehen.

DVB-T für Android und Apple

Eine weitere Möglichkeit des mobilen Fernsehens ist der terrestrische Empfang auf Notebooks, Tablets oder Smartphones mithilfe entsprechender Zusatzausrüstung. Allerdings wurde der DVB-T-Standard ursprünglich für den stationären Einsatz entwickelt. Insofern spielt insbesondere der hohe Stromverbrauch eine tragende Rolle, zumal die mobilen Geräte generell über eine eher geringe Akkulaufzeit verfügen.

Den mobilen Fernsehempfang machen diverse DVB-T-Adapter möglich. So kann etwa ein Fußballspiel auch ohne Internetverbindung auf dem Smartphone, Tablet oder Laptop verfolgt werden. Für Android-Geräte kommt dafür beispielsweise das Modell Xoro HRT 1100 infrage oder aber der Nachfolger Xoro HRT 1101, der neben Android auch das Betriebssystem Windows 8 unterstützt.



Abbildung 186: DVB-T für Android (Xoro HRT 1100)

Grundsätzlich wird bei dieser Variante des mobilen TV-Empfangs ein Adapter (inklusive Antenne) über USB mit dem entsprechenden Endgerät verbunden. Im Anschluss können über eine herstellerabhängige App alle gängigen DVB-T-Sender frei auf dem Mobilgerät empfangen werden. In der Regel bietet ein solcher DVB-T-Stick zusätzlich eine Time-Shift-Funktion (zeitversetztes Fernsehen) und den elektronischen Programmführer (EPG) an, wie es bei stationären Receivern ebenfalls mehr oder minder üblich ist. Der Frequenzbereich liegt im Allgemeinen bei VHF 174-230 MHz bzw. UHF 470-862 MHz.

Doch so wie beim terrestrischen Empfang im heimischen Wohnzimmer hat auch die mobile Variante ihre Tücken. Denn das DVB-T-Signal ist außerhalb der Großstädte kaum empfangbar und die Sendervielfalt ist gegenüber der kabel-, satelliten- oder IP-basierten Übertragung eher dürftig. Auch ist beim Kauf auf die richtige Schnittstelle zu achten. Vor allem iOS-basierte Apple-Geräte (z.B. iPads) verfügen zumeist über andere Steckanschlüsse als Tablets beziehungsweise Smartphones mit einem Android- oder Windows-Betriebssystem. Schnittstellenadapter wären die Lösung oder aber die kabellose Variante. Denn mittlerweile kann DVB-T auch per WLAN übertragen werden.

Die Firma Hauppauge! bietet unter anderem verschiedene Modelle zum mobilen DVB-T-Empfang an. Für Apple-Geräte eignet sich beispielsweise das myTV 2GO mit eingebauter Antenne, WiFi-Funktion und integriertem Akku. Der Hersteller verspricht eine Laufzeit von etwa 3,5 Stunden und keine zusätzliche Belastung für einen bestehenden Internetzugang, da das Gerät einen eigenen WLAN-Hotspot aufbaut. Außerdem kann mithilfe der im Paket enthaltenen TV-Software Fuugo auch ein MacBook drahtlos verbunden werden. Die Aufnahmefunktion über Time-Shift sowie EPG sind ebenfalls im Angebot enthalten.



Abbildung 187: DVB-T-Adapter für Apple (myTV-2GO von Hauppauge!)

Ähnliche Produkte werden auch von anderen Herstellern angeboten. So etwa von icube (Tivizen-Serie), Technaxx, Pearl Auvisio oder auch Tizi Mobile TV mit separaten, batteriebetriebenen TV-Empfängern oder EyeTV mobile von der Firma Elgato, der über beide Steckvarianten verfügt (für iOS-Geräte und Micro-USB). Die Preise sind sehr unterschiedlich, liegen aber durchschnittlich unter 50 Euro. Kurzum: DVB-T bietet im Gegensatz zu DVB-C und DVB-S derzeit die einzige Möglichkeit, ohne stationäre Basisstation „richtiges“ Fernsehen zu empfangen. Für Nachrichten, Reportagen, einzelne Folgen der Lieblingsserie oder aber ein komplettes Fußballspiel bieten die Geräteadapter eine mobile Alternative zur derzeit noch favorisierten TV-Nutzung in den eigenen vier

Wänden. Auch im Vergleich zu internetbasierten TV-Lösungen, die nicht selten mit Zusatzkosten verbunden sind, kann DVB-T mobil und kostenfrei empfangen werden.

TV over IP/IPTV

Nicht nur unterwegs wird das Fernsehen mobil. Auch über das heimische Netzwerk steht mittlerweile das TV-Programm mithilfe von Server-Hard- sowie Software zur Verfügung. Während sich in den 1970er Jahren die ganze Familie in der guten Stube um einen Fernsehempfänger versammelte, können TV-Sendungen nunmehr wahlweise auf diversen Endgeräten angeschaut werden. Für „richtiges“ Fernsehen benötigte man bisher einen Digital-Receiver, der mitunter direkt im TV-Gerät integriert war oder als Set-Top-Box extern neben dem Flachbildschirm stand. Bei herkömmlichem Fernsehempfang via Satellit, Kabel oder Antenne waren dafür jede Menge Koaxialkabel notwendig, die durch alle Räume verlegt werden mussten, in denen ein Endgerät stand.

Aufwendiges Strippenziehen gehört allerdings nun ebenfalls der Vergangenheit an. Denn das in den meisten Haushalten bereits vorhandene Netzwerk kann jetzt für den TV-Empfang genutzt werden. Über das gute alte LAN wird lediglich der Router und/oder Receiver verbunden, ansonsten kann über WLAN oder Power-LAN-Adapter von der Küche bis zum Badezimmer mobil und überall empfangen werden. Dabei gelangt das TV-Programm auf verschiedenen Wegen zum Fernseher, PC, Tablet oder Smartphone.

Die bekannten TV-Standards DVB-S (Satellit) und DVB-C (Kabel) sind in den letzten Jahren entsprechend modifiziert worden und werden aktuell in sogenannten Triple-Play-Paketen angeboten. Hierzu gehören diverse Varianten des IPTV, das im Allgemeinen kostenpflichtig und vertragsgebunden ist. Darüber hinaus gibt es SAT-IP, bei dem das Satellitensignal in ein IP-Signal umgewandelt wird, oder aber DVB-IPTV sowie Hybridtechnologien. Diese Möglichkeiten des modernen TV-Empfangs werden als „richtiges Fernsehen“ bezeichnet, da es sich hierbei um geschlossene und im Allgemeinen kostenpflichtige Netzwerke mit zugewiesener Bandbreite handelt, die die Standardfernsehprogramme auf den Bildschirm bringen.

Egal ob via Satellit oder Kabel wird bei „TV over IP“ aus dem TV-Tuner ein IPTV-Server, der über LAN oder Power-LAN-Adapter mit dem Router verbunden ist. Wobei es hier bereits erste Hybridmodelle gibt, die sowohl die TV-Signale via Satellit als auch Kabel empfangen können. Neben den hauseigenen Receivern der IPTV-Anbieter (Telekom, Vodafone, O2) gibt es beispielsweise auch von

AVM die Fritzbox 6490 Cable, die DVB-C-Signale über WLAN und Kabel im Heimnetzwerk verteilt.

Doch die moderne IP-basierte Technik kann noch viel mehr. Zusätzlich zu IPTV gibt es vielfältige Möglichkeiten, TV-Sendungen sowie Video-on-Demand-Angebote über Apps oder spezielle Boxen zu streamen. Diese Form der mitunter kostenfreien Bewegtbildinhalte über offene Netzwerke wird als Web-TV bezeichnet, bietet allerdings auch keine Gewährleistung für Empfang oder Qualität. Die Anbieter (z.B. Telekom, Vodafone, Kabel Deutschland, O2) von klassischem Fernsehen stehen insofern nicht mehr allein auf dem Markt, der täglich reichhaltiger und universeller wird.



Abbildung 188: Web-TV

Was gestern noch eine Revolution war, ist heute schon wieder Makulatur. Zu Beginn des 21. Jahrhunderts begann sich IPTV zu etablieren und im Laufe der letzten Jahre stetig mehr Kundenschaft zu erobern. Doch mit seinen starren Verträgen und anbieterabhängigen Set-Top-Boxen wird es übermorgen gegebenenfalls schon wieder Schnee von gestern sein. Spätestens mit einem gelungenen Breitbandausbau werden qualitätsorientierte TV-Standards frei empfangbar werden, denn die Mobilität des Fernsehens war nur der Anfang. Der nächste Schritt ist das Ende der Grundverschlüsselung. Dann sind HbbTV, Zattoo oder Amazon Fire TV die Zukunft, die eigentlich schon begonnen hat.

Triple-Play

Dieser Begriff vereinte ab 2005 die komplette Vielfalt des TV-Entertainments der Neuzeit. Mittlerweile gibt es verschiedene Standards zur Weiterleitung von Audio- und Videoinformationen auf IP-Basis. Mit einem herkömmlichen DSL-Zugang und entsprechenden Endgeräten können nunmehr am Fernseher, Laptop, PC, Tablet oder Smartphone neben TV-Programmen in HD-Qualität auch zahlreiche Zusatzfunktionen (z.B. Video-on-Demand, Pay-TV oder Onlinedienste) abgerufen werden.



Abbildung 189: Triple Play

Im Allgemeinen versteht man unter dem Begriff „IP“ im Multimediabereich die Umwandlung eines Fernsehsignals in IP-fähige Datenpakete. Abhängig vom Übertragungsweg (Antenne, Satellit, Kabel) ist dafür eine entsprechende Hardware erforderlich. Das bestehende Heimnetzwerk kann in der Regel weiterhin genutzt werden, sofern es eine gewisse Datenkapazität zulässt. Eine DSL-Leitung mit mindestens 5 MBit/s sollte also gegeben sein.

Gemäß Angaben der Statista GmbH stand im Jahre 2014 in 14 Millionen deutschen Haushalten bereits mindestens ein aktiv vernetztes TV-Endgerät. Für das Jahr 2016 wurden über 20 Millionen Haushalte prognostiziert, die über einen Smart-TV verfügen. Ebenfalls steigend ist die Nachfrage in Bezug auf IPTV (DSL-TV), wie die Infografik zeigt (vgl. folgende Abbildung).

Kurzum: internetfähige TV-Geräte stehen bereits in vielen deutschen Wohnzimmern, allerdings wissen nur sehr wenige Verbraucher, was im Einzelnen in ihren riesengroßen und superflachen Schmuckstücken steckt. Kaum jemand nimmt sich tatsächlich die Zeit, sich der unglaublichen Vielfalt zu widmen, die heute per Knopfdruck möglich ist. Von der kostenlosen Yoga-App über Red-Bull-TV bis hin zu fast unendlichem Filmspaß für die ganze Familie. Darüber hinaus kann der Fernseher heute als Spielkonsole genutzt werden, als Musikdatenbank, die Urlaubsbilder und -videos können gemeinsam angeschaut werden, es gibt prasselndes Kaminfeuer als Animation, Nachrichten,

Dokumentationen, natürlich einen Webbrowser und sämtliche Social-Media-Portale wie Facebook, Twitter, Youtube & Co. Wie beim klassischen Fernsehempfang kann zwischen verschiedenen Standards und Anbietern gewählt werden.

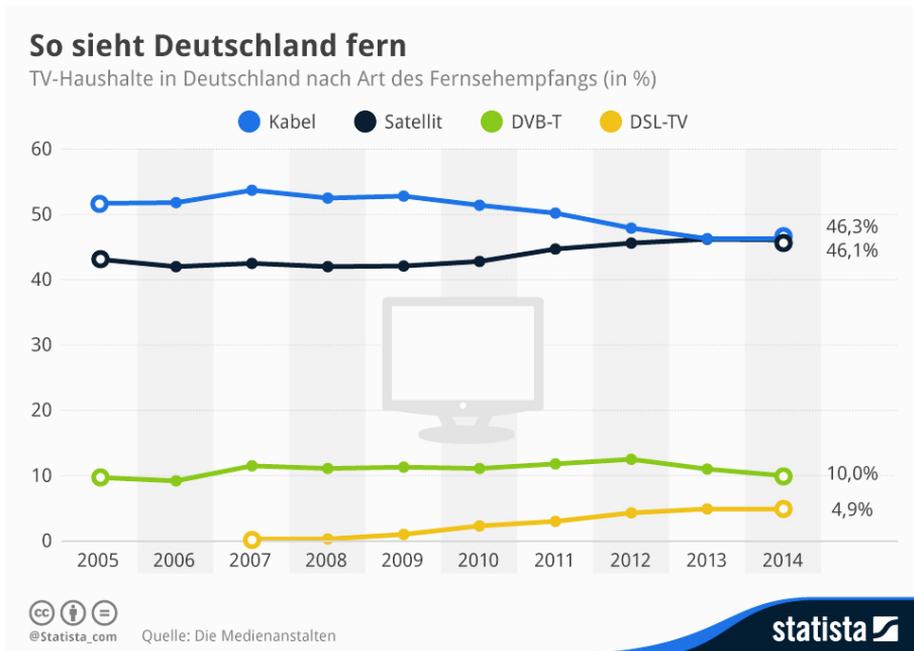


Abbildung 190: TV-Haushalte in Deutschland nach Art des Fernsehempfangs (www.statista.com)

IPTV (DSL + Kabel)

Das IP-basierte digitale Fernsehen, das synonym als IPTV bezeichnet wird, kann am ehesten mit dem herkömmlichen Kabel-TV verglichen werden. Hinter der Abkürzung IPTV verbirgt sich der Begriff „Internet Protocol Television“, der für die Übertragung via Internet-Infrastruktur, also DSL-, VDSL- oder Glasfaser-Anschlüsse, steht. Deshalb wird das Fernsehen via Internet auch sehr oft DSL-TV genannt. Die Basis für IPTV ist der Router sowie die anbieterabhängige Set-Top-Box (Receiver), wobei die Verbindung mobiler Endgeräte kabellos über WLAN erfolgen kann. IPTV ist nicht kostenfrei, sondern wird von den drei deutschen Anbietern (Telekom, 1&1 und Vodafone) im Paket inklusive Hardware vertrieben.

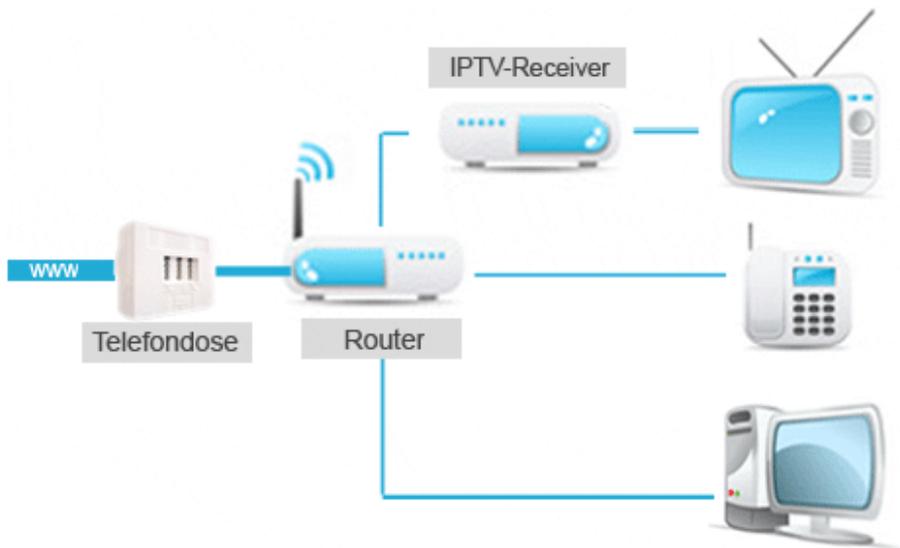


Abbildung 191: Funktionsweise IPTV (www.iptv-anbieter.info)

Der vierte große Mobilfunkanbieter O2 hat bis 2016 kein IPTV angeboten, obwohl mit der Übernahme von Alice im Jahre 2012 die besten Voraussetzungen geschaffen wurden. Denn bis dahin war das sogenannte „Alice homeTV“ (später Alice-TV) verfügbar, das vom gleichnamigen Anbieter sechs Jahre zuvor als IPTV-Paket auf den Markt gebracht wurde. Obwohl Alice TV durchaus mit der starken Konkurrenz mithalten konnte, wurde es mit dem Verkauf der Firma an den O2-Konzern eingestellt.

Das Bild zeigt eine Werbeanzeige für Alice TV. Oben links ist das Alice-Logo und die kostenlose Bestell-Hotline 0800 4110 411 zu sehen. Rechts oben befindet sich ein O2-Logo mit dem Text 'Alice ist jetzt bei O2 Zuhause'. Die Navigation umfasst Start, DSL & Festnetz, Mobilfunk, TV & Movies, Mediacenter, Hilfe & Service und Alice Lounge. Unter 'DSL & Festnetz' sind 'Aktuelle Angebote' und 'Tarifvergleich' ausgewählt. Zwei Haupttarife sind dargestellt: 'Alice Light' (Ihr Surf-Flatrate-Paket) für 14,90 € pro Monat und 'Alice Fun' (Ihr Doppel-Flatrate-Paket) für 19,90 € pro Monat. Ein 'Alice Tipp!' weist auf 'OHNE FESTE VERTRAGS-LAUFZEIT' hin. Rechts ist eine Anzeige 'Welcher Tarif passt zu mir?' mit einem Puzzle-Symbol und dem Text 'Alle Alice Tarife jetzt vergleichen.' zu sehen.

Abbildung 192: Alice TV Werbung aus dem Jahre 2010

Im selben Jahr folgte die Deutsche Telekom mit ihrem ersten IPTV-Tarif. Am 17. Oktober 2006 begann der einstige Herrscher über das Telekommunikationsmonopol als IPTV-Versorger mit der Bereitstellung der Triple-Play-Variante, also der Verknüpfung von Telefon, Internet und Fernsehen. Damals noch mit geringer Bandbreite und mäßigem Absatz. Erst 2014 zog 1&1 nach und präsentiert seither seinen Kunden zubuchbares IPTV in Kooperation mit der Telekom. Denn das einstige Monopolunternehmen stellt 1&1 ein Vorleistungspaket bereit, was fast identische Features enthält und zu einem ähnlichen Preis zu haben ist.



Abbildung 193: Arcor-TV (2009 eingestellt)

Auch das Unternehmen Arcor ging als IPTV-Anbieter an den Start und mit seinem „Arcor TV“ im Dezember 2007 ans Netz. Mit der Übernahme durch Vodafone wurde allerdings auch dieses Angebot eingestellt. Der Mobilfunkkonzern brachte am 17. Februar 2011 sein eigenes Produktportfolio auf den Markt. Erfolgreich erweitert wurde das Vodafone-IPTV-Paket im Jahre 2014 durch die Übernahme des Telekom-Konkurrenten Kabel Deutschland.

Mit dem Kauf erhielt Vodafone nicht nur mehr Kunden, sondern quasi seinen hauseigenen Kabelnetzbetreiber. Ein gelungener Coup, mit dem sich Vodafone den Zugang zum Festnetz ebnete und gleichzeitig den IPTV-Markt erschließen konnte. Gemeinsam mit seiner neuen Tochterfirma Kabel Deutschland brachte der Multimediakonzern Vodafone im Jahre 2014 „All-in-One“ und damit das erste gemeinsame Produktangebot auf den Markt, welches nunmehr Mobilfunk, Festnetz, Internet und TV bündelte. Bisher einzigartig dabei ist die Möglichkeit, verschiedene Tarife der beiden Anbieter (Vodafone und Kabel Deutschland) zu kombinieren. Denn grundsätzlich gilt, dass die Kompatibilität der Leistungen und dazugehörigen Hardware nicht gegeben ist. Telekommunikation, Internet

und Fernsehen aus einer Hand ist im wahrsten Sinne des Wortes als Komplettangebot zu verstehen. Die separate Buchung von IPTV von einem Anbieter und den Internetanschluss von einem anderen, ist grundsätzlich nicht möglich. Die individuelle Zubuchung einzelner Segmente verschiedener Anbieter fällt daher aus. Abgesehen davon sind die Verträge in der Regel für mindestens ein – wenn nicht gar zwei Jahre festgelegt. Die mangelnde Flexibilität steht jedoch dem Vorteil diverser Rabatte und der Übersichtlichkeit im ansonsten relativ undurchsichtigen Vertragsdschungel gegenüber.

Mit der Einführung von LTE steigt nicht nur die Zahl der Breitbandkunden, auch das zahlungspflichtige TV-Angebot erfreut sich wachsender Beliebtheit. Bisher teilen sich die drei Multimedia-Riesen Telekom, 1&1 und Vodafone den Markt, der nicht nur in Deutschland stetig wächst. Mitte 2015 nutzten hier knapp drei Millionen Verbraucher IPTV, Tendenz steigend. Die folgende Tabelle zeigt, wie IPTV seit 2007 die deutschen Haushalte eroberte und wie die Prognose bis 2018 ausfällt:

| Anzahl deutscher Haushalte mit IPTV (in Mio.) | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 0,2 | 0,5 | 1,0 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 2,7 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | |
| 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | |

Abbildung 194: IPTV-Haushalte in Deutschland in Millionen (Prognose: Statista)

In Europa lag die Zahl der IPTV-Abonnenten im Jahre 2008 bei 11 Millionen, drei Jahre später (im September 2011) zählte das britische Marktforschungsunternehmen „Point Topic“ für die EU-Mitgliedsstaaten schon zirka 20 Millionen IPTV-Anschlüsse. Prognosen zufolge rechnen die Forscher für 2020 mit einer Verdreifachung (60 Millionen) der Kunden mit IPTV-Abonnement. In Deutschland wird sogar von einer Verfünffachung gegenüber dem Jahr 2014 ausgegangen, damit soll die Zahl der Nutzer bis 2020 auf über zehn Millionen steigen, was einem IPTV-Anschluss in jedem vierten Haushalt entspricht. Auch wenn Prognosen nicht immer den tatsächlich erreichten Werten gerecht werden, wird dennoch schon jetzt deutlich, dass sich die IP-basierte Triple-Play-Variante nach und nach den Titel „Fernsehen der Zukunft“ erstreitet.

O2 TV & Video – kein IPTV, dafür live via App + AirPlay

Nicht zuletzt wird dies der Grund dafür gewesen sein, warum der Mobilfunkanbieter O2 im Juni 2016 nun endlich sein eigenes mobiles Fernsehen auf den Markt brachte. Kein klassisches IPTV, sondern noch moderner, anwenderfreundlicher und dazu auch noch kostenlos. In Kooperation mit TV

Spielfilm bringt O2 mehr als 50 TV-Sender via App auf Smartphone oder Tablet. Und das sogar gratis – zumindest für O2-Kunden und den Empfang der Öffentlich-Rechtlichen. Für alle, die RTL, SAT.1, ProSieben und andere Privatsender empfangen möchten, gibt es die Premium-Variante mit über 70 TV-Programmen (davon 30 in HD) für monatliche 9,99 Euro.

Mit der Einführung in 2016 steht o2 TV & Video powered by TV Spielfilm für alle Android-Geräte ab Version 4.3 zur Verfügung. Die App für iOS-Betriebssysteme (iPhone, iPad) soll nicht ewig auf sich warten lassen (Stand: 2016). Solange kann natürlich das Live-TV noch nicht über Apple AirPlay auf den großen Fernseher übertragen werden, doch mit Google Chromecast und einem Android-Gerät ist es in 2016 bereits möglich. Ähnlich wie bei klassischen IPTV kommt das TV-Signal auch beim O2-Live-TV über das Internet und kann im Heimnetzwerk (WLAN) sowohl empfangen als auch auf andere Geräte (Fernseher) übertragen werden. Wer unterwegs über die App fernsehen möchte, sollte an sein monatliches Datenkontingent denken. Der Live-Stream (insbesondere in HD) frisst naturgemäß viel Datenvolumen.

Doch zurück zur klassischen IPTV-Variante, für die ein internetfähiger Receiver beziehungsweise eine Set-Top-Box erforderlich ist. Da schon bei der Übertragung mithilfe des klassischen Kabelnetzes der HD-Empfang einzelner Sender möglich war, gibt es bei IPTV in punkto Bildqualität keine Qualitätsunterschiede, jedoch überzeugt beim neuen Standard die Mobilität.

Telekom IPTV: Magenta

Die Telekom wirbt seit einiger Zeit mit einem Komplettpaket „Magenta“, das Telefon, Internet und Fernsehen verbindet. IPTV ist dabei ausschließlich in Kombination erhältlich und darüber hinaus mit monatlichen Extrakosten verbunden.

Für eine Datenflatrate bis 100 MBit/s im Download und 40 MBit/s im Upload (Magenta L: 39,95 Euro) sowie dem IPTV-Zusatzpaket, mit dem 49 der 100 angebotenen TV-Sender in HD empfangen werden können (Entertain Premium: + 14,95 Euro), zahlte man im Sommer 2015 insgesamt stolze 54,90 Euro monatlich. Allerdings fällt mit dem neuen Triple-Play-Angebot die herkömmliche Kabelanschlussgebühr (z.B. von Kabel Deutschland, Kabel BW, Unitymedia) weg.



Abbildung 195: Werbung der Telekom für Triple Play "Magenta" (2015)

Das Herzstück des digitalen und IP-gestützten Fernsehempfangs via Kabel ist im Hause Telekom der MediaReceiver MR 303, der durch eine zweite Set-Top-Box (MR 102) erweitert werden kann. Der neue Hauptempfänger ist eine Weiterentwicklung seiner Vorgänger MR300 (160 GB) und MR 301 (320 GB). Das aktuelle Entertain-Empfangsgerät MR 303 verfügt nunmehr über eine 500 GB große Festplatte und ist als Limited Edition auch in weiß erhältlich.

Außerdem ist der Receiver mit zahlreichen Videoschnittstellen (HDMI, S-Video, Scart), einem optischen Ausgang (S/PDIF) sowie einem Koax-Ausgang versehen. Das Gerät unterstützt Dolby Digital und sowohl SD-Fernsehen (Standardqualität), HD-Fernsehen (hochauflösend) als auch das dreidimensionale Fernsehen (3D). Durch eine integrierte Festplatte wird die Time-Shift-Funktion realisiert, die das Anhalten oder Aufnehmen von Videosequenzen ermöglicht. Der 500 GB Datenspeicher entspricht in etwa 120 Stunden Filme/Video in HD-Qualität oder 310 Stunden in Standardqualität (SD). Ein weiterer Pluspunkt in Sachen Mobilität ist die Programm-Manager-App, über die auch von unterwegs von jedem mobilen Endgerät (z.B. Smartphone) die Aufnahme einer Sendung initiiert werden kann. Darüber hinaus steht das komplette Angebot der Onlinevideothek Videoload zur Verfügung.



Abbildung 196: Telekom Media Receiver 303 (MR 303)

Für IPTV muss der Media-Receiver an das Internet angeschlossen werden. Die Telekom wirbt in diesem Zusammenhang mit ihrem Speedport-Router. Weitere hauseigene Möglichkeiten bestehen per Telekom-WLAN-Bridge oder mit dem Telekom-Powerline-Adapter. Über den Internetzugang wird auch die Firmware regelmäßig automatisch aktualisiert. Doch alles Gute hat seinen Preis. Neben den monatlichen Grundgebühren kostet der Telekom Entertain-Media-Receiver 303 einmalig 299,99 € oder monatlich 4,95 €, wobei hier die flexible Laufzeit beziehungsweise Kündigungsfrist von nur sechs Werktagen von Vorteil ist, da man sich somit jederzeit für mögliche Nachfolgemodelle entscheiden kann.

Fernsehen mit 1&1 DSL

Der Internetdiensteanbieter 1&1 vertreibt seit Frühjahr 2015 ebenfalls IPTV. DSL-Neukunden können ein IPTV-Paket zum 1&1-DSL-Tarif dazu buchen. Obwohl es sich hierbei um eine Kooperation mit der Telekom handelt, fällt das Angebot von 1&1 deutlich günstiger aus. Auch hier erhält der Kunde über 100 TV-Sender, wovon hingegen nur 24 in HD-Qualität sind. Der passende Receiver ist ebenfalls im Paket „Digital TV - provided by Telekom“ von 1&1 enthalten.

 An advertisement for 1&1 DSL IPTV. On the left, a large TV screen shows a news broadcast with a man and a woman. Below the screen is a black IPTV receiver and its remote control. To the right, a list of benefits is provided:

- ✓ Über 100 der beliebtesten TV-Sender, viele davon in brillanter HD-Qualität
- ✓ Zeitversetztes Fernsehen
- ✓ Elektronischer Programm-Guide (EPG)

 A blue box on the right states 'nur 5,7€ / Monat'. A handwritten note in a blue oval says 'Weder Satellitenschüssel noch Kabelanschluss erforderlich!'.

Abbildung 197: IPTV: Fernsehen mit 1&1 DSL (www.1und1.de)

Das IPTV-Zusatzpaket kostet nur fünf Euro und Verbraucher müssen für die Datenflatrate bis 100 Mbit/s im ersten Jahr lediglich 19,99 Euro (später 34,99 Euro) zahlen. Außerdem ist eine Handyflat inklusive, was letztlich schon All-IP-Niveau ist. Insofern wird deutlich, dass es sich allemal lohnt, die Preise und die entsprechenden Leistungen zu vergleichen.

Die Schaltzentrale bei 1&1 wird IPTV Media Center genannt. Die typischen Features sind auch hier gegeben: HD-Qualität, Zugriff auf die Online-Videothek (Videoload) und zeitversetztes Fernsehen mit dem HD-fähigen Festplattenrekorder. Die Speicherkapazität entspricht dem Telekom-Media-Receiver 303 mit 500 GB (256 MB Arbeitsspeicher). Vom Hersteller wird die Aufnahmezeit mit 310 Stunden angegeben. Eine preiswertere Variante des IPTV-Receiver gibt es auch ohne Festplatte, dafür aber auch ohne Time-Shift-Funktion beziehungsweise Aufnahmemöglichkeit.

Optisch unterscheidet sich der 1&1-Receiver nicht von dem grundsätzlich baugleichen Modell der Telekom (MR 303). Neben dem Scart-Anschluss sind zwei analoge Audio-Chinchbuchsen (rot, weiß) samt Video-Out (gelb) und ein S-Video-Out vorhanden. Allerdings wird vom Hersteller auch hier die HDMI-Schnittstelle empfohlen, um insbesondere für HD die beste Bildqualität zu gewährleisten. Kompatibilität bietet die herkömmliche Antennen-Koaxialbuchse für Fernseher mit Composite Anschluss sowie Optical Digital Audio für digitale Hifi-Anlagen/Receiver. Neben dem 100Mbit-LAN-Port für den Anschluss an den Internet-Router verfügt der Receiver über eine USB-Schnittstelle und einen eSata-Port (unten) zur Anbindung externer Speichermedien.



Abbildung 198: IPTV-Mediacycenter (1&1)

Darüber hinaus bietet 1&1 einen 100-GB-Onlinespeicher, für Neukunden exklusiv sogar 150 GB. Somit können Filme, Fotos, Serien auch auf mobilen Endgeräten geschaut werden, unabhängig wo man sich gerade im Heimnetzwerk befindet. Außerdem erhalten 1&1-Kunden einen Internet-Radio-Player quasi on top.

Genau wie beim Telekom-Modell ist derzeit (Stand: 2015) noch kein Support für Ultra HD vorhanden. Außerdem kann die Set-Top-Box von 1&1 nicht für den IPTV-Empfang anderer Anbieter (Vodafone, Telekom) verwendet werden. Denn selbst wenn die IPTV-Box von 1&1 von außen der Telekom-Box gleicht, ist das „Innenleben“ und damit beispielsweise das Benutzermenü für das Angebot von 1&1 entsprechend modifiziert. Insofern wird das Gerät bei einem Anbieterwechsel unbrauchbar.

Fritz!Box 6490 Cable

Verbraucherfreundlich könnte auch die Devise des Fritzbox-Herstellers AVM heißen. Das Modell 6490 Cable erlaubt das Streamen von Live-TV ins Heimnetzwerk, bei dem das DVB-C-Signal in ein IP-Signal umgewandelt wird. Die Übertragung erfolgt ebenfalls vom Kabelanschluss über WLAN, Powerline oder auch das klassische LAN.

Es wäre die erste multifunktionale Set-Top-Box, die nicht direkt von einem der Multimediariesen stammt. Allerdings ist die Sache nicht so einfach. Denn für die Nutzung von Live-TV ist ein DSL/IPTV-Anschluss der Telekom oder Vodafone Voraussetzung. Deshalb gibt es die Fritz!Box 6490 Cable auch nicht frei im Handel zu kaufen, sondern wird nur von Kabel Providern gegen eine monatliche Mietgebühr oder zum einmaligen Kaufpreis zur Verfügung gestellt.



Abbildung 199: AVM Fritz!Box 6490 Cable (www.avm.de)

Dennoch ist die kleine Box des Berliner Unternehmens einen zweiten Blick wert, vor allem weil sie Router und Set-Top-Box in einem ist. Außerdem erspart man sich auch hier das Bohren und Kabelverlegen. Die neue Technologie Dual-WLAN AC+N und das integrierte EuroDOCSIS-3.0-Kabelmodem ermöglichen schnelles Netz für bis zu 1.300 MBit/s Downstream-Geschwindigkeit – noch dazu auf zwei unterschiedlichen Frequenzbändern (2,4 GHz oder 5 GHz). Das garantiert stabile Verbindungen und störungsfreien Empfang ohne Bildaussetzer – dafür mit qualitativ hochwertiger HD-Auflösung.

Alle integrierten Geräte werden automatisch synchronisiert, sodass Bilder, Musik und Filme auf TV, PC, Laptop, Smartphone oder Tablet parallel zur Verfügung stehen. Neben einem geringen Stromverbrauch dank WLAN Eco enthält die Box einen Gastzugang und selbstverständlich die üblichen Features in punkto Sicherheit, die auch von anderen AVM-Produkten bekannt sind. Dazu gehören Firewall/NAT, DHCP-Server, DynDNS-Client und UPnP und ein relativ sicherer Fernzugang via Internet mit VPN (IPSec).

Darüber hinaus bietet das Gerät aus dem Hause AVM diverse Anschlüsse und damit hohe Funktionalität. Neben zwei USB-2.0-Schnittstellen für Speicher oder Drucker stehen die üblichen Steckverbindungen (analog und ISDN) für Telefone, Anrufbeantworter und Fax, eine DECT-Basis für bis zu sechs Handgeräte, das WLAN-AC bis maximal 1.300 MBit/s (5 GHz) und WLAN-N mit bis zu 450 MBit/s (2,4 GHz) zur Verfügung.

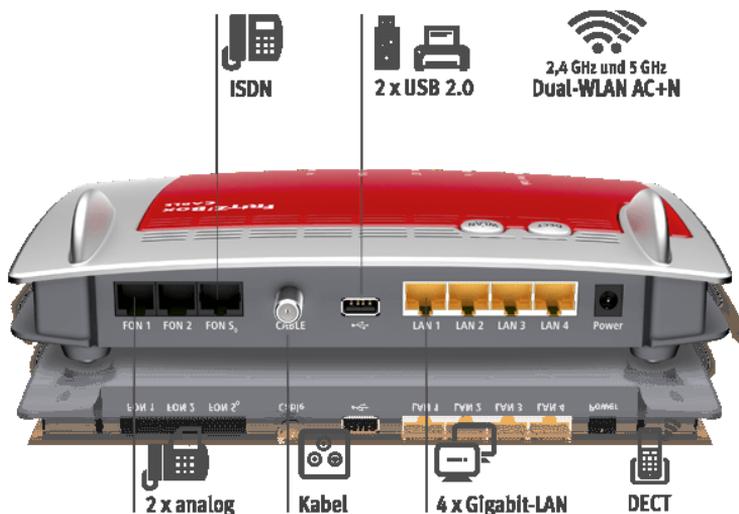


Abbildung 200: FRITZ!Box 6490 Cable, Anschlüsse (www.avm.de)

Als ideale Ergänzung zur Hardware bietet Fritz! eine eigene TV-App an, mit der alle unverschlüsselten TV-Programme des jeweiligen Kabelanbieters angezeigt werden. Zusatz- und Hintergrundinformationen zu einzelnen Sendungen sind ebenfalls inbegriffen. Sofern die App auf einem im WLAN-Netzwerk integrierten mobilen Endgerät heruntergeladen wurde, erkennt das Smartphone oder Tablet automatisch die Signale des DVB-C-Repeater (Fritz!Box 6490) und lädt die individuelle Senderliste. Auch als Fernbedienung kann die App genutzt werden und ermöglicht so einen einfachen Senderwechsel, Mute- oder Zoomfunktion.

Für den Pay-TV-Empfang ist nach wie vor ein zusätzlicher Decoder nötig. Abhängig vom Netzanbieter streamt Fritz! jedoch die gesamte Palette des Free-TV auf die mobilen Endgeräte im Heimnetzwerk. Noch, kann wohl behauptet werden. Auch wenn die sogenannte Grundverschlüsselung vorerst aufgehoben wurde, ist die letzte Messe hier noch längst nicht gesungen.

In diesem Zusammenhang schwimmt im Übrigen nicht selten der Unterschied zwischen IPTV und WebTV. Bei IPTV handelt es sich grundsätzlich um den standardisierten Fernsehempfang auf IP-Basis, der in geschlossenen und vertraglich geregelten Netzwerken sowie zu einem gewissen Preis bezogen werden kann. Hingegen werden unter dem Sammelbegriff Web-TV im Allgemeinen alle Streaming-Angebote zusammengefasst, die über das Internet übertragen werden. Video-on-Demand ist davon ausgenommen, da hierfür ein Rückkanal notwendig ist.

IPTV via Satellit/SAT over IP

Für Nutzer außerhalb der Ballungsgebiete eignet sich die Hybridlösung von Vodafone, die alle Vorzüge von IPTV in punkto Interaktivität und Flexibilität mit denen von DVB-S vereint. Die Set-Top-Box ist hier mit einem Kabel- und einem Satellitentuner ausgestattet, sodass alternativ auf beide Übertragungswege (Kabel und Satellit) zurückgegriffen werden kann. Dafür ist jedoch eine entsprechende Satellitenschüssel unabdingbar. Allerdings bietet der Satellitenempfang mehr als nur stabiles Fernsehen unabhängig von der Bandbreite. Wie bereits beschrieben, sind bei DVB-S die Programmvierfalt und vor allem die Anzahl der HD-Sender weitaus größer. Auch bleibt beim klassischen IPTV via Kabel gegenüber dem aktuellen SAT-IP der stationäre Charakter des Fernsehempfangs weitgehend erhalten, auch wenn per Videostream auf mobilen Endgeräten (z.B. Smartphone) einzelne Filme angesehen werden können.

Wer also nicht in Berlin, München oder Hamburg wohnt beziehungsweise über keinen VDSL-Anschluss verfügt, muss dennoch nicht auf ein Komplettpaket aus Telefon, Internet und TV verzichten. Die Telekom startete bereits 2011 mit ihrem „Entertain“ ein Multimediaangebot ohne Highspeed-Internet via Kabel. Nach dem Vodafone-Vorbild handelt es sich hierbei um ein Hybrid-Konzept, das aus Sat-TV und Internetzugang besteht. Bei SAT-Entertain der Telekom wird das Fernsehsignal per Satellit mit modernen IP-Zusatzdiensten kombiniert, was die Angebotsreichweite erhöht und viele Vorteile aus zweierlei Welten vereint.



Abbildung 201: SAT-Entertain: TV via SAT (Telekom)

Gleich mehrere Satelliten sorgen für ein unvergleichbares Senderspektrum. Neben dem empfohlenen ASTRA/19.2° Ost können auch zahlreiche andere Satelliten angepeilt werden. Dazu gehören u.a. 23,0° Ost: Astra | 28,2° Ost: Astra 2; 31,5° Ost: Astra 1D, 2C | 25,5° Ost: Eurobird 2 | 33,0° Ost: Eurobird 3 | 13,0° Ost: Hotbird 6, 8, 9 | 15,8° Ost: Eurobird 16, Eutelsat W2M 31,0° Ost: Türksat 1C.

Über 300 TV-Sender, wovon derzeit (Stand: 2015) 30 in HD-Qualität sind, und zusätzlich diverse digitale Radio-Sender können ohne monatliche Mehrkosten empfangen werden. Darüber hinaus können beim Entertain-Paket der Telekom etwa 20 Sender käuflich erworben werden (HD-Plus-Karte), wobei selbst die das erste Jahr gratis bleiben und erst im folgenden Vertragsjahr Kosten

verursachen. Aber auch beim Kombipaket der Telekom ist in jedem Fall ein Vertrag nötig – anders als beispielsweise bei SAT-IP. Dafür sind Telefon und Internetanschluss inklusive. Hierzu wird das Entertain-SAT-Angebot mit einem Telekomtarif (z.B. „MagentaZuhause S) kombiniert. Im Entertain-Comfort-Tarif kann das Angebot des Pay-TV-Senders SKY mit dazu gebucht werden.

Neben dem Zusatzangebot HD+ (SAT 1 HD, Pro7 HD, RTL HD, VOX HD etc.) stehen in der Onlinevideothek über 8000 Titel in HD-Qualität bereit, im SD-Format sind weitere 35.000 Filme, Serien, Dokus abrufbar. Genau wie bei IPTV via Kabel ist zeitversetztes Fernsehen möglich. Die SAT-Box der Telekom „Media Receiver 500 SAT“ (MR 500 SAT) hat ebenfalls eine integrierte Festplatte mit 500 GB Datenspeicher und eine Kindersicherung, mit der – wie beim Kabelfernsehen – über einen PIN jugendschutzrelevante Inhalte des Pay-TV- und Video-on-Demand- Angebots vor unbefugtem Zugriff geschützt sind.

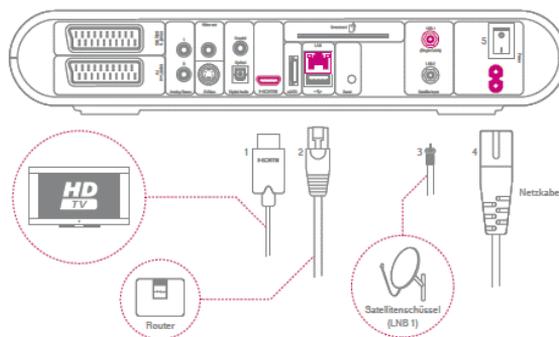


Abbildung 202: Telekom Media Receiver 500 Sat

Und nicht nur die Programmviefalt ist bestechend, sondern auch die Bild-beziehungsweise Empfangsqualität. Mit dem richtigen Equipment ist Satellitenfernsehen fast überall möglich. Wie bereits im Kapitel DVB-S ausführlich beschrieben, ist ein flächendeckender Empfang realisierbar, sofern eine entsprechende Satellitenschüssel installiert werden kann beziehungsweise darf. Allerdings ist diese nicht im Service der Telekom enthalten – genauso wenig wie der digitale Empfangskollektor (LNB).

Und dieser ist unabdingbar für den IP-gestützten digitalen SAT-Empfang, zumal im Rahmen der Digitalisierung des Fernsehens die analoge Hardware generell nicht mehr verwendet werden kann. Wer sich nicht sicher ist, ob die Schüssel auf dem Dach bereits digital empfängt, kann dies auf der Videotextseite 198 der ARD überprüfen. Eine Umrüstung ist dann erforderlich, wenn auf ebenjener Seite der Vermerk zur Abschaltung des analogen Satellitensignals noch nachzulesen ist. Alles in allem ist das Entertain-SAT-Angebot der Telekom mit

IPTV-Kabelvariante vergleichbar, es ist jedoch weitaus vielfältiger, höherwertiger und preisgünstiger.

Wirkliche Unabhängigkeit erhält man allerdings erst mit SAT-IP, dem mobilen HD-Fernsehen ohne Vertragsbindung und lästigen Kabelsalat. Wer also seine analoge Satellitenschüssel demnächst umrüsten möchte, der sollte in jedem Fall einen Blick auf SAT-IP riskieren. Denn im Vergleich zu den Hybridlösungen oder gar zum herkömmlichen Kabelempfang ist diese Variante ohne monatliche Zusatzkosten zu haben. Darüber hinaus besticht SAT-IP durch seine moderne IP-basierte Netzwerkstruktur, die Kabel quasi überflüssig macht. Stationärer Empfang mit Vertragszwang war gestern. Wer bisher auf ein umfangreiches Home-Entertainment in HD-Qualität nicht verzichten wollte, konnte entweder auf die mitunter teuren Angebote der Kabelnetzbetreiber zurückgreifen oder das Haus komplett verkabeln. Denn ein vertragsfreier Empfang der meisten HD-Sender war herkömmlich lediglich über eine Satellitenanlage möglich, die allerdings nicht nur Vorteile mit sich brachte. Jeder Fernseher beziehungsweise SAT-Receiver musste umständlich mit der Satellitenschüssel auf dem Dach verbunden werden. Jede Menge Kabel und kein SAT-TV auf Smartphone oder Tablet. Annähernd mobil war man bislang nur mit DVB-T. Allerdings ist diese terrestrische Funkausstrahlung nichts für den gehobenen Anspruch, denn DVB-T bietet weder Sendervielfalt noch herausragende Qualität.



Abbildung 203: TX-42ASW504 (Panasonic)

Die gute Nachricht: Diese Probleme gehören nun endlich der Vergangenheit an. Ab sofort ist mobiles Fernsehen in bester HD-Qualität ohne Vertragsbindung und lästigen Bandsalat kein Wunschtraum mehr. SAT-IP bringt hochwertiges Satellitenfernsehen in alle Räume und auf nahezu alle Geräte – und das zum Anschaffungspreis. Mit SAT-IP ist die Wiedergabe über das heimische Netzwerk

auf fast allen Computern, Tablet-PCs und Smartphones sowie auf allen gängigen TV-Geräten mit einem SAT>IP-Client möglich. Als erster Hersteller stattete Panasonic im Herbst 2014 seine aktuellen Modelle der VIERA-TV-Reihe mit einem integrierten SAT>IP-Server aus, der das Satelliten-Signal in ein IP-Signal umwandelt.

Bei SAT-IP handelt es sich um einen herstellerunabhängigen europäischen Standard mit CENELEC-Zertifikat. Die SAT-over-IP-Technik (SAT-IP oder SAT>IP) ist eine neue IP-basierte Architektur, die Fernsehsignale vom Satelliten direkt in die IP-Welt „übersetzt“ (IP: Internet-Protokoll). Der SAT-IP-Converter macht den Empfang und die kabelfreie Verteilung von Satellitenfernsehen überall im Haus möglich. Hier wird der SAT-Empfänger zum Server, wobei über den digitalen LNB oder Multischalter empfangene DVB-S- bzw. DVB-S2-Signale konvertiert und in IP-Pakete gekapselt werden. Oder einfacher ausgedrückt: SAT-IP kann digitale Satellitenfernsehsignale direkt in IP-Signale umsetzen, um diese dann über ein bestehendes IP-Netzwerk (WLAN, Ethernet, Powerline) zu verteilen. SAT-IP ermöglicht so die Nutzung der digitalen Satelliten-Signale auf allen Multimedia-IP-Geräten, mit denen bis zu acht HD-Programme oder bis zu 30 SD-Programme gleichzeitig empfangen werden können (Stand: 2015).

Das heißt, Fernsehen von heute kann nicht mehr nur über den stationären TV-Bildschirm im heimischen Wohnzimmer, sondern mobil auf allen gängigen Endgeräten genossen werden. Für Smartphone und Tablets stehen diverse SAT-IP-Apps zur Verfügung, die alle Betriebssysteme (iOS, Android und Windows) unterstützen und zum Teil kostenlos im Internet heruntergeladen werden können. Auch über Computer und Notebooks kann SAT-IP empfangen werden.

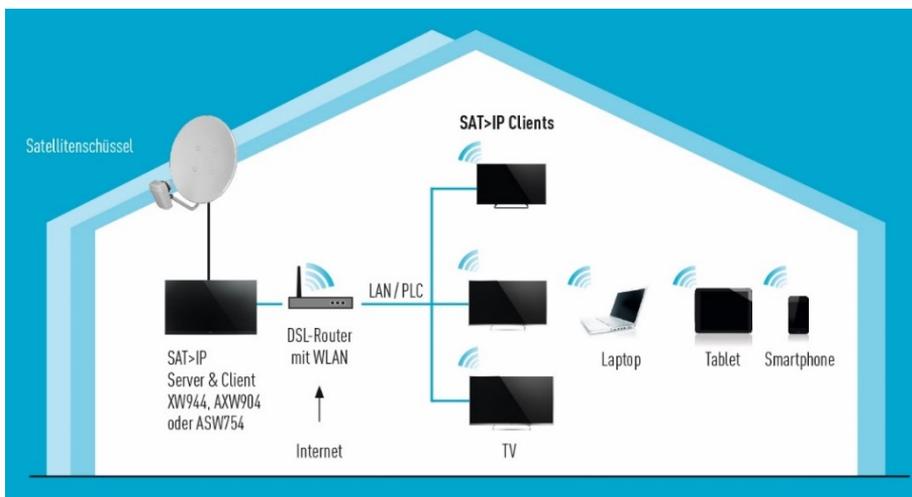


Abbildung 204: SAT>IP – vom Server zum Client (Panasonic)

Für Windows gibt es hier unter anderem das Programm „DVB-Viewer“, das ursprünglich für den Digital-TV-Empfang am PC per SAT-TV-Karte oder DVB-T-Stick entwickelt wurde. Außerdem kann man sich das TV-Programm beispielsweise über den kostenlosen VLC Player oder Windows Media Player auf den Schirm holen. Für Mac steht bisher das Programm „Elgato EyeTV 3“ zur Verfügung. Mit dem Plugin „vdr-plugin-satip“ ist das unter Linux laufende Programm VDR (Video Disk Recorder) mit dem SAT-IP-Protokoll kompatibel.

Auch die Herstellerabhängigkeit entfällt bei SAT-IP. Kompatibilität und universelle Nutzung stehen im Mittelpunkt dieser digitalen TV-Lösung. Denn es werden in der Regel die vorhandenen Heimnetzwerkstandards, wie DLNA (Digital Living Network Alliance) oder UPnP (Universal Plug and Play) genutzt. Da die meisten SAT-IP-Server eine DLNA-Serverfunktion haben, können insofern beinahe alle Netzwerkplayer als SAT-IP-Abspieler verwendet werden. Gängige Multimedia-Konsolen beziehungsweise Set-Top-Boxen, insbesondere die neueren Generationen von X-Box & Co., gewährleisten den digitalen SAT-Empfang.

Natürlich sind auch internetfähige Smart-TVs (die also HTTP-Streaming beherrschen und bei denen ein Codec auf Client verfügbar beziehungsweise lizenziert ist) in der Lage, die über das Netzwerk übermittelten TV-Programme wiederzugeben. Doch die Unabhängigkeit hat auch ihren Preis, wenn über herkömmliche DLNA-Player empfangen wird. Für Smart-TVs gibt es nach aktuellem Stand (2015) noch keine passenden Apps. Auch das zügige Umschalten ist kaum möglich und zusätzliche Digital-TV-Daten (EPG) können nicht dargestellt werden. Kurzum: für unbeschwerte Fernsehabende lohnt sich in jedem Fall die Anschaffung eines passenden SAT-IP-Receivers, der im Übrigen an jeden handelsüblichen Fernseher angeschlossen werden kann.

Wer über eine schwache Datenleitung verfügt, der lässt alternativ zum WLAN die Satellitenprogramme bequem über das Stromnetz (Powerline) auf den Fernseher oder andere Geräte befördern. Hier gibt es beispielsweise vom Powerline-Spezialist devolo ein vielfältiges Angebot – vom Single-Adapter bis zum dLAN® TV-SAT-Multituner. Des Weiteren können mit FRITZ!Powerline Geräte via Stromleitung ins Heimnetzwerk eingebunden werden.



Abbildung 205: dLAN® 1200+ (devolo)

Wem die kostenlose Programmvielfalt des SAT-Empfangs nicht ausreicht, kann auch das Pay-TV-Angebot nutzen. Im Netzwerk können sogar mehrere SAT-IP-Server und -Clients gemeinsam für verschlüsselte Pay-TV-Übertragungen betrieben werden. Wie bei der Kabelvariante werden Pay-TV-Streams allerdings nur durch SAT-IP-Receiver mit integriertem HD-Plus-Slot (CI/CI+) entschlüsselt. Voraussetzung ist hier selbstverständlich die entsprechend kostenpflichtige Mitgliedschaft.

Die SAT-IP-Receiver lassen sich - wie herkömmliche SAT-Receiver - einfach am Fernseher anschließen. Angeboten werden sie mittlerweile von zahlreichen Herstellern. Grundsätzlich sollte man sich vor der Anschaffung klar darüber sein, wie viele Programme parallel empfangen beziehungsweise aufgenommen werden sollen. Die Bandbreite ist groß, die Preise unterschiedlich. Der HD-fähige SAT-Receiver mit einem Empfangsteil ist ausreichend für einfachen Empfang, die Aufnahme ist hier auf einer separaten USB-Festplatte möglich (z.B. Easy One HD+ Basic).

Wer gleichzeitig fernsehen und aus einem anderen Programm aufnehmen möchte, sollte beim Kauf darauf achten, dass der Receiver mit wenigstens zwei Empfangsteilen (Satelliten-Tuner) ausgestattet ist (z.B. Technisat Technistar S1+). Mit dem Humax iCord Evolution können beispielsweise bis zu vier TV-Sendungen zeitgleich aufgenommen und eine weitere live angeschaut werden. Darüber hinaus kann man parallel auf dem Tablet oder Smartphone streamen.



Abbildung 206: Modell iCord Evolution (Humax)

Am günstigsten sind Modelle, die nur ein Programm wiedergeben, weder über eine Aufnahmefunktion verfügen noch Pay-TV-Sender entschlüsseln können (z.B. Edision Argus piccolo). Die platzsparende Variante sind Fernsehgeräte, bei denen der SAT-IP-Server bereits integriert ist (z.B. Panasonic TX-65AXW904). Beim Kauf eines neuen Fernsehgerätes sollte darauf geachtet werden, ob es sich um einen integrierten klassischen SAT-Tuner oder aber um einen SAT-IP-Server handelt.

Der SAT-IP-Server setzt ohne Transkodierung die Satelliten-TV-Signale auf IP um. Im Server befinden sich sowohl ein HF-Tuner als auch ein HF-Demodulator, die als gemeinsame Ressource dem IP-Netz bereitgestellt werden. Diese liefert einen MPEG-Transportstrom des Satellitentransponders, der im Unicast- oder Multicast-Modus an einen oder mehrere SAT-IP-Clients geschickt werden kann. Je nach Modell verfügen SAT-IP-Server mitunter über mehrere HF-Tuner/-Demodulatoren, um aus verschiedenen Transpondern diverse Programme gleichzeitig ausliefern zu können.

Der Server kann in Form einer Master-Set-Top-Box, in einer Verteilereinrichtung (analog zu einem HF-Multischalter) oder im LNB (IP-LNB) angebracht werden. Nach aktuellem SAT-IP-Standard (Stand: 2016) ist die Versorgung von maximal acht Geräten im vorhandenen Netzwerk möglich, wobei jeder SAT-IP-Server über maximal vier Empfangsteile verfügt. Will man also tatsächlich auf acht verschiedenen Geräten unterschiedliche Programme empfangen, müssen zwei SAT-IP-Server parallel geschaltet werden.



Abbildung 207: Devolo dLAN TV SAT Multituner Kit

Ganz ohne Kabel geht es natürlich nicht. Jedes Empfangsteil muss per Antennenkabel an das Empfangsteil der Satellitenschüssel angeschlossen werden. Für die einfache Schaltung reicht der LNB-Zugang, für die Parallelschaltung (also zwei Empfangsteile) benötigt man einen Doppel-LNB (Twin-LNB). Für vier Empfangsteile ist ein Quad-LNB und darüber hinaus ein Multischalter erforderlich, mit dem im Übrigen bereits bestehende Anlagen problemlos erweitert werden können. Der Netzwerkanschluss (LAN) am SAT-IP-Server ermöglicht ein schnelles Verbinden mit dem Router, aber auch via Stromnetz (Powerline) ist eine Verbindung möglich.

Eine solche SAT-TV-Multiroom-Lösung via Powerline realisiert beispielsweise der SAT-Multituner aus dem Hause Devolo mit einem herstellerunabhängigen Konzept. Hier wird die Stromleitung quasi zum Antennenkabel und ermöglicht mithilfe der SAT>IP-Technologie den Empfang auf allen zertifizierten Set-Top-Boxen diverser Hersteller. Ein Twin-Tuner ist bereits integriert, sodass zwei unterschiedliche TV-Programme parallel empfangen werden können. Devolo bietet neben seiner Hardware auch die passende App, über die das TV-Programm kinderleicht auf allen im Heimnetzwerk zugeschalteten mobilen Endgeräten abgerufen werden kann. Selbst über die eigenen vier Wände hinaus kann die Multiroom-Lösung funktionieren, solange Tuner und Powerline-Adapter vom selben Stromzähler erfasst werden.

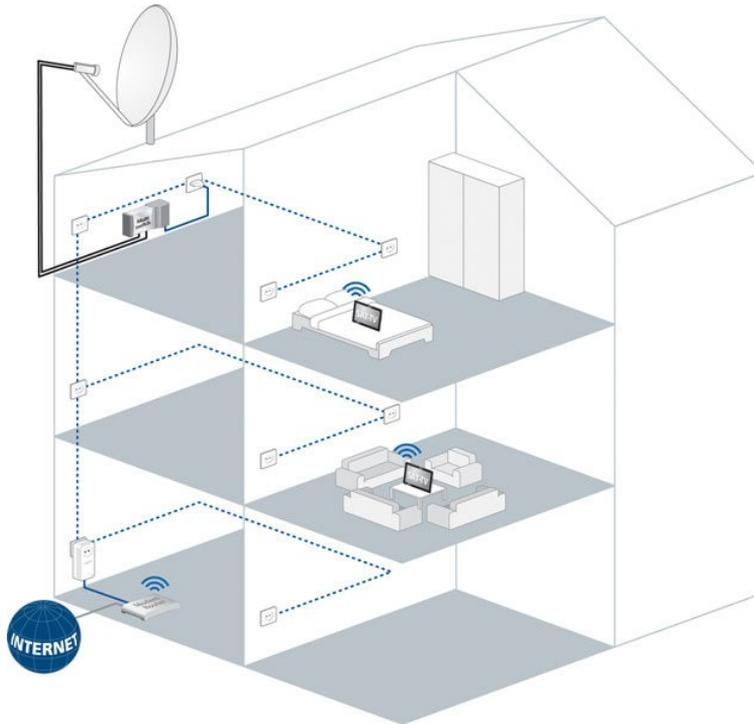


Abbildung 208: Satelliten-TV über die Stromleitung (www.amazon.de)

Auch beim Herzstück der Satellitenanlage hat sich einiges getan. Der Low Noise Block (kurz LNB) ist ein Signalumsetzer beziehungsweise der Empfangskopf einer Satellitenempfangsanlage, der das von der Schüssel gebündelte Signal an angeschlossene Geräte weiterleitet. Im Zuge der Entwicklung von SAT-IP konzipierte der niederländische Satellitenbetreiber SES WORLD SKIES (SES S.A.-Holding) in Zusammenarbeit mit dem OEM-Hersteller FTA Communications S.a.r.l unter der Marke "Inverto" einen IP-LNB, der die SAT-IP-Konverter-Logik bereits implementiert hat. Die Umwandlung in IP-Signale erfolgt nunmehr direkt in der Satellitenanlage und damit die Bereitstellung von bis zu acht Kanälen.

Unter der Bezeichnung „INVERTO SAT TO IP LNB 8 KANAL MIT POE-ADAPTER (SAT OVER IP)“ ist dieser iLNB seit 2015 im Handel. Über den Poe-Adapter (Power-Over-Ethernet-Adapter), der in der Regel im Lieferumfang enthalten ist, erfolgt die Stromversorgung direkt über das Netzkabel.



Abbildung 209: 8 channel SAT>IP LNB (inverto)

Grundsätzlich ist es möglich, gleichzeitig mehrere TV-Programme auf unterschiedlichen Geräten abzurufen. Allerdings ist dafür eine entsprechende Netzwerkleistung Voraussetzung, da die jeweilige Bandbreite die Anzahl der gleichzeitig verfügbaren Programme begrenzt. Nach Angaben des Unternehmens Telestar beträgt die benötigte Netzwerkbandbreite ungefähr 30 Mbit/s für einen HD-Stream und 10 Mbit/s pro SD-Stream. Mit einem einfachen DSL-Anschluss kann es insofern eng werden. Deshalb ist auch bei SAT-IP ein „breiter“ Internetanschluss mit entsprechendem Datenvolumen von Vorteil.

Allerdings hat die kabellose Variante auch einige Nachteile, die hier nicht unerwähnt bleiben sollen. Bei Drahtlos-Netzwerken bremst der Abstand zum Zugangspunkt (Access Point) sowie etwaige Überlagerungen das WLAN. Deshalb wird hier oft nicht die erforderliche Geschwindigkeit erreicht. Denn viele WLAN-Basisstationen fallen aus Sicherheitsgründen auf einen Multicast-Modus zurück (WLAN-Spezifikation). Der Datenstrom wird mit einer Brutto-Bandbreite von nur 6 Mbit/s verschickt, was kaum ausreichend ist.

Jedoch verfügen neuere WLAN-Basisstationen über eine Möglichkeit, vom Multicast- in den sehr viel schnelleren Unicast-Modus umzuwandeln, was zwar das Übertragungsvolumen vereinfacht, aber jeden Client mit einer ausreichenden Bandbreite versorgt. Im Gegensatz dazu stellt der Empfang über das herkömmliche Netzwerkkabel (LAN) in der Regel überhaupt kein Problem dar. Hiermit lassen sich bis zu acht HDTV-Sender befördern (bei 100 Mbit/Sekunde).



Abbildung 210: FRITZ!Box 7490 (AVM)

Dennoch bietet SAT-IP eine klare Alternative zur bisherigen HF-basierenden gebäudeinternen Zwischenfrequenz-Verteilung von DVB-S(2)-Signalen mittels Koaxialkabeln. Mit dem neuen IP-Standard ist es gelungen, bewährte Technologien zu integrieren und effizient in die Praxis umzusetzen. SAT-IP führt das Satellitenfernsehen in ein neues Zeitalter und hat die Idee des Multiroom-TV-Entertainments anwenderfreundlich weiterentwickelt.

Alle Vorteile des satellitenbasierten HDTV vereinen sich hier mit den modernen Ansprüchen an Freiheit und Mobilität. Keine neuen Kabel. Kein umständliches Bohren oder Möbelrücken. Keine Vertragsbindung. Keine monatlichen Kosten. Moderater Anschaffungspreis. Nutzung des vorhandenen Netzwerks (WLAN, Ethernet, Powerline). Und das bei bester SAT-Qualität in HD mit großartiger Programmvielfalt und parallelem Empfang auch auf Geräten ohne integrierten Satellitenempfänger. Kurzum: Mit SAT-IP erhält man multifunktionales und qualitativ hochwertiges Fernsehen, das man gleichzeitig sehen, speichern und/oder streamen kann - vom Keller bis zur Terrasse.

Quadplay/All in One

Das aktuelle IPTV-Angebot von Vodafone unterscheidet sich nicht wesentlich, so doch aber in Nuancen vom dem seiner Mitbewerber (Telekom, 1&1). Der Unternehmenszusammenschluss des Mobilfunkanbieters Vodafone mit dem Kabelnetzbetreiber Kabel Deutschland bietet für Endverbraucher insbesondere im TV-Bereich gewisse Vorteile. Denn Vodafone nutzt seit 2013 sowohl VDSL als auch das separate Kabelnetz – in der Verbindung mit der mobilen

Ebenfalls etwas anders als bei der Konkurrenz ist der Vodafone-Receiver (Vodafone-TV-Center) gestaltet, der zwar auch über einen integrierten HD-Festplatten-Recorder verfügt, aber aufgrund seiner geringeren Speicherkapazität von 320 GB „nur“ 140 Stunden (90 Stunden in HD-Qualität) Videomaterial aufnehmen kann.



Abbildung 212: Vodafone-TV-Center für IPTV (2015)

Die Anschlüsse sind weitaus vielfältiger als bei den IPTV-Boxen der Konkurrenz. Neben dem Anschluss für Kabelempfang bietet die Vodafone-Box auch die Möglichkeit der Verbindung mit dem Satellitenempfänger. Außerdem verfügt der Receiver über zwei LAN-Anschlüsse und diverse Schnittstellen für zukünftige Produkterweiterungen. Ob für die nächste Generation dieselbe Set-Top-Box verwendet werden kann, steht zwar in den Sternen, aber in jedem Fall lässt eine solche Erweiterungsmöglichkeit auf Verbraucherfreundlichkeit schließen. Allerdings ist auch hier die Möglichkeit des „echten“ UHD/4K-Empfangs schon allein durch den fehlenden HEVC-Standard H.265 nicht gegeben (vgl. Kapitel „HEVC/H.265“ in diesem Buch).

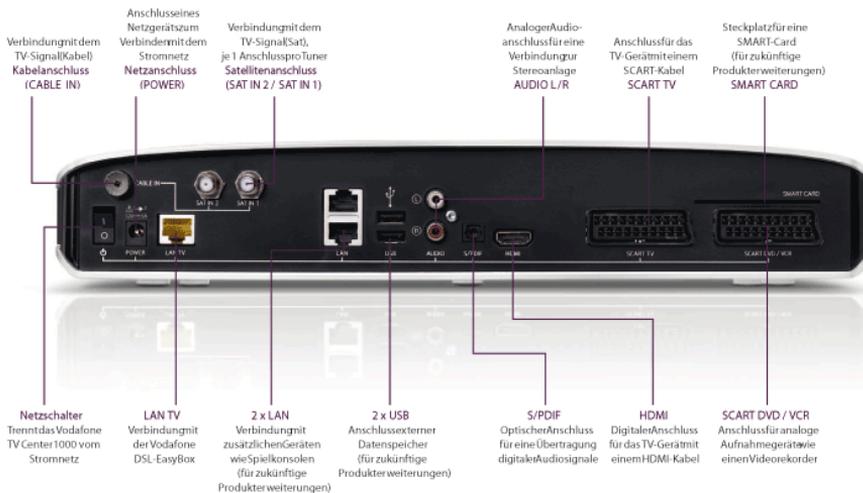


Abbildung 213: IPTV-Box von Vodafone (Rückansicht)

(K)ein Ende der Grundverschlüsselung?

Im Zuge der Digitalisierung des Fernsehens sahen TV-Sender und Kabelanbieter in der Grundverschlüsselung ihrer Programme eine zusätzliche Einnahmequelle. Insbesondere in den Jahren 2005/2006 sollen die Sender RTL und ProSieben/Sat.1 gegenseitige Preisabsprachen getroffen haben, um ihre digitalen Free-TV-Programme in SD-Qualität zu verschlüsseln und sowohl von den Fernsehzuschauern als auch Übertragungswegebetreibern Entgelte zu verlangen. In diesem Zusammenhang beabsichtigten die Programmanbieter, die Nutzungsmöglichkeiten der TV-Signale für den Fernsehzuschauer zu beschränken.

Am 27. Dezember 2012 beschloss das Bundeskartellamt mit Aktenzeichen B7 - 22/07, B7 - 34/10 die „Beendigung der Verfahren zur TV-Grundverschlüsselung“ und verhängte Bußgelder in Höhe von insgesamt rund 55 Mio. Euro gegen die TV-Sender ProSieben/Sat.1 und RTL. Mit der Kartellentscheidung müssen beide Sendergruppen ihre Free-TV-Programme seither unverschlüsselt und kostenfrei per Kabel, Satellit und IPTV ausstrahlen. Allerdings gilt diese Auflage lediglich für Standard-SD. Der HD-Empfang der Privatsender bleibt nach wie vor im digitalen Kabelnetz verschlüsselt. Hingegen sind die HD-Programme der öffentlich-rechtlichen Sendeanstalten weiterhin unverschlüsselt und kostenfrei. Somit entfällt zumindest für eine gewisse Anzahl an Sendern beim digitalen Kabelempfang die zusätzliche Smartcard inklusive CI-Plus-Modul. Auch ist mit der Kartellentscheidung nunmehr der Weg frei für unverschlüsseltes TV-Streaming.



Abbildung 214: Logo VISEO+ von Eutelsat visAvision GmbH (www.viseo.tv.)

Doch was für DVB-C gilt, muss für DVB-T noch längst nicht gelten. Zwar wird der terrestrische Empfang grundsätzlich ohne monatliche Vertragskosten angeboten, doch auch hier hat die Mediengruppe RTL und Eutelsat Deutschland mit der Ausstrahlung in HD die Verschlüsselung eingeführt. Fünf Jahre (2009 bis 2014) lang wurden die Kunden im Großraum Leipzig, Halle und Stuttgart mit dem DVB-T-Angebot „Viseo Plus“ zur Kasse gebeten, indem die Free-TV-Sender RTL, Vox, RTL2 und Super RTL nur noch verschlüsselt angeboten wurden. Die Plattform stellte zum Jahresende 2014 ihren Betrieb ein, nicht zuletzt wegen mangelnder Nachfrage.

Für DVB-T-Nutzer hieß das allerdings ab Januar 2015, dass sie die proprietäre Hardware nicht mehr weiter nutzen konnten, sondern frei im Handel erhältliche Receiver neu erwerben mussten. Mit dem Umstieg auf DVB-T2 im Jahre 2016 werden generell alle Kunden, die den terrestrischen TV-Empfang bevorzugen, erneut zur Kasse gebeten. Und das nicht nur, weil die Geräte mit dem dann veralteten DVB-T-Standard unbrauchbar sind.

Sowohl die RTL-Mediengruppe als auch der Privatsender ProSiebenSat.1 wollen mit der Einführung des neuen Übertragungsstands DVB-T2 erneut versuchen, ihre Free-TV-Programme in HD zu verschlüsseln. Sofern das Projekt nicht gelingen sollte, könnte auch ein kompletter Ausstieg der Privatsender aus dem terrestrischen Fernsehen die Folge sein. Andererseits wächst der Druck durch die modernen Übertragungsvarianten. Immer mehr Internetsender finden via IP-Signal ihren Weg zu den Verbrauchern. Mobiles Fernsehen ohne Vertragsbindung wird mehr denn je nachgefragt. Die starke Position der klassischen Fernsehanbieter könnte zukünftig nachhaltig geschwächt werden, sodass auch hier ein Umdenken eintreten muss, um am Markt bestehen zu bleiben.

IPTV Deutschland GmbH

Denn neben den herkömmlichen „richtigen“ Fernsehsendern gibt es im Zusammenhang mit IPTV auch zahlreiche reine IPTV-Sender. Etwas Licht ins

Dunkel bringt hier unter anderem das zentrale Verzeichnis für alle Bewegtbild-Angebote im Internet, bei dem vor allem deutschsprachige Sender im Mittelpunkt stehen. Bei der IPTV Deutschland GmbH (www.iptv.de) werden alle Angebote der über tausend IPTV-Sender nach Themengebieten und Regionen - von Akupunktur-TV bis Winzer-TV - kategorisiert und somit die Möglichkeit geschaffen, Nutzern eine gewisse Übersichtlichkeit zu gewährleisten und Anbietern zielgruppengerechte Werbe- und Marketings-Aktionen zu ermöglichen.



Abbildung 215: Logo der IPTV Deutschland GmbH (www.iptv.de)

Im Jahre 2010 erhielt die IPTV Deutschland GmbH für ihr Schaffen den Deutschen IPTV-Award, der zu den wichtigsten Branchenpreisen in Deutschland zählt. Der Deutsche IPTV Verband kürte das Angebot von IPTV Deutschland in der Kategorie „Bestes Geschäftsmodell“.

Was so schön klingt, ist jedoch noch nicht für jeden deutschen Haushalt möglich. Für ein Wachstum des IPTV-Marktes ist insbesondere der Ausbau des Breitbandes essentiell. Sowohl stationär als auch mobil kann IPTV derzeit (Stand: 2016) nur in Ballungsgebieten genutzt werden. Entsprechende Hinweise hierzu geben die einzelnen Anbieter auf ihren Internetseiten. Letztlich kann aber erst mit der flächendeckenden Einführung des neuen LTE-Mobilfunkstandards (bis 100 MBit/s) der umfassende Empfang von IPTV an jedem Ort in Deutschland realisiert werden.

Grundsätzlich ist mindestens ein DSL-Anschluss erforderlich, da die Bandbreite pro SDTV-Stream mindestens 5 MBit/s und für HDTV 10 Mbit/s betragen sollte. Insofern wird für einen störfreien Fernsehgenuss die schnellere VDSL-Leitung mit 25 MBit/s oder 50 MBit/s empfohlen. Denn bei Triple-Play muss die Bandbreite neben Telefon und Internet auch für das TV-Signal ausreichen, für das ein Teil der Kapazität reserviert und priorisiert wird, damit das Fernsehbild jederzeit stabil bleibt. Näheres hierzu findet sich im Kapitel „Das richtige Netz(werk)“.

HbbTV – mehr als nur IPTV

Als kleine TV-Revolution wird auch das Hybrid Broadcasting Broadband TV gefeiert, das im Allgemeinen unter der Abkürzung HbbTV das mobile Fernsehen erobert. Hierbei handelt es sich um keine Hardware, keinen Vertrag eines Providers, sondern lediglich um einen Standard, der ohne zusätzlichen Receiver und monatliche Kosten direkt auf einem HbbTV-fähigen TV-Gerät empfangen werden kann. Für die Übertragung wird sowohl das Fernsehsignal via Digital Storage Media Command and Control (DSM-CC) als auch über eine Internetverbindung genutzt, wodurch sich letztlich die Bezeichnung „Hybrid“ definiert. Aufgrund der smarten Technologie, die praktisch für jeden möglich ist, wird HbbTV auch synonym unter dem Begriff „Smart TV“ zusammengefasst.



Abbildung 216: Werbung der ARD (www.ard.de)

Anfang 2015 nutzten bereits über 10 Millionen Haushalte in Deutschland HbbTV, Tendenz auch hier steigend. Vor allem junge Zuschauer nutzen das Fernsehen der neuen Generation. Denn in punkto Kompatibilität, Funktionalität und Freiheit stellt HbbTV tatsächlich eine kleine Revolution dar, die das Fernsehen zukünftig interaktiver, farbenfroher und unterhaltsamer machen kann. Laut einer Veröffentlichung von Statistica im Juli 2016 ist beispielsweise knapp die Hälfte der HbbTV-Nutzer von ProSieben zwischen 14 und 29 Jahre alt. Unabhängig vom Gerätetyp oder Hersteller ist HbbTV nicht nur über moderne TV-Flachbildschirme, sondern auch über DVB-Receiver oder Blu-ray-Player möglich. Voraussetzung ist die Verbindung zum Internet, wobei auch die erforderliche Geschwindigkeit von mindestens 3 MBit/s gegenüber anderen IPTV-Lösungen durchaus flächendeckend realisierbar sein könnte.

Bei HbbTV verschmilzt Fernsehen und Internet zu einer Multimediaplattform. Dabei ist die Bezeichnung Hybrid Broadcasting auf den Umstand zurückzuführen, dass der Übertragungsweg des TV-Signals auf vielfältige Weise erfolgen kann beziehungsweise unabhängig vom HbbTV-Standard ist. Grundsätzlicher Gedanke war, dass im Zeitalter von Internet und Multimedia der herkömmliche Videotext antiquiert war und die Kapazität besser genutzt werden sollte.

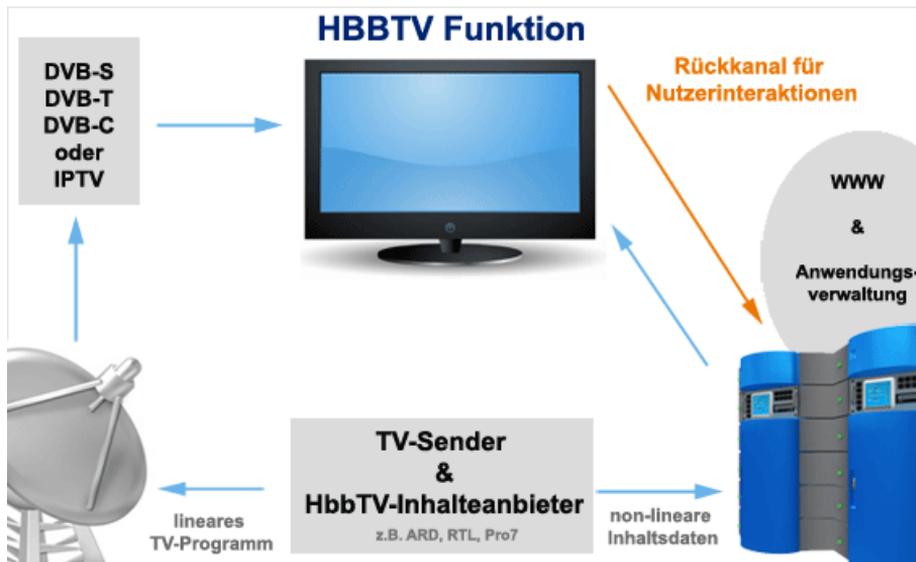


Abbildung 217: Schematische Darstellung der HbbTV-Funktionsweise (www.hbbtv-infos.de)

Natürlich ist die Verschmelzung von Fernsehen und Internet nichts Neues mehr. Spätestens mit IPTV oder SAT-IP ist die einstige Revolution schon wieder Makulatur. Bei HbbTV handelt es sich deshalb streng genommen nur um eine Weiterentwicklung von IPTV & Co, also um das Hybrid-TV der Zukunft, bei dem Fernsehen über das Internet bezogen wird. Denn mittlerweile gehört es fast zur Normalität, dass moderne Flachbildfernseher Zugang zum Netz haben. Hersteller wie Panasonic, Sony oder Samsung haben ihre Gerätemodelle längst internetfähig gemacht und Internetbrowser, Webdienste, diverse Apps und zahlreiche Video-On-Demand-Angebote in ihre TV-Menüs integriert.

Aber auch über den Computer oder mobile Endgeräte kann das klassische Fernsehen empfangen werden, und zwar ganz ohne Antenne, Kabel oder Satellit. Mit den aktuellen Betriebssystemen (z.B. Windows 10) ist es ein Kinderspiel, die passende App herunterzuladen und zahlreiche Sendungen zeitversetzt oder aber live zu sehen. Die Mediatheken der einzelnen Programmanbieter sind mittlerweile überwiegend im Internet vertreten und können sowohl über Smart-TV als auch über jedes beliebige internetfähige

Gerät empfangen werden. Näheres hierzu findet sich im nächsten Kapitel „TV-Mediatheken“.



Abbildung 218: ARD-Mediathek auf dem PC-Bildschirm

Anders verhält es sich beim Web-TV. Hierbei handelt es sich nicht um „richtiges“ Fernsehen, sondern lediglich um das Streamen einzelner Videos, wie ebenfalls im nächsten Kapitel erklärt werden soll. Basis von IPTV und natürlich auch HbbTV ist es, das klassische Fernsehsignal in ein IP-Signal umzuwandeln und einen Rückkanal bereitzustellen. Damit können Programmanbieter ihre Sendungen mit interaktiven Inhalten anreichern und so beispielsweise Mitrater-Optionen bei Quizsendungen, Abstimmungen bei Castingshows oder eine Bezahlfunktion bei Pay-TV realisieren.

Während in der Vergangenheit auch für HbbTV spezielle Set-Top-Boxen (Receiver) notwendig waren, sind in TV-Geräten der neueren Generation bereits vollwertige HbbTV-Lösungen integriert. Seit 2011 werden internetfähige Fernsehgeräte und Set-Top-Boxen überwiegend von den Herstellern mit der HbbTV-Technologie ausgestattet. Somit ist zeitversetztes Fernsehen auf eine andere Art und Weise möglich. Denn einzelne Sendungen können so aus dem traditionell linearen Fernsehprogramm abgerufen und darüber hinaus durch interaktive Zusatzinfos angereichert werden.

Anhand des Beispiels einer Kochsendung ist das Prinzip schnell erklärt: Wenn früher der Fernsehkoch ein interessantes Gericht zauberte, konnte man auf der passenden Videotexttafel mit Monochromoptik das jeweilige Rezept nachlesen. Ein paar Jahre später war die Kochanleitung dann auf der Internetseite des Senders abrufbar. Dazu benötigte man aber ein zusätzliches Gerät, in der Regel den Computer. Doch wer machte das schon? Heute wäre das Tablet schnell zur Hand, was in den meisten Fällen auch genutzt wird. Doch HbbTV ist schon wieder eine „Ampel“ weiter. Mit der Fernbedienung oder konkret mit einem Druck auf den „Red Button“ kommen die Zusatzinformationen direkt auf den TV-Bildschirm. Das Rezept und passende Bilder erscheinen in bester

Bildqualität, Bestellmöglichkeiten für exotische Zutaten oder exklusive Weine gleich mit.

Insofern kann mit Fug und Recht behauptet werden, dass HbbTV die Funktionalität des herkömmlichen Videotextangebots zukunftsfähig gemacht hat. Und dabei ist das Beispiel des Fernsehkochs nur eines unter vielen. Die Möglichkeiten in punkto Service sind so vielfältig wie noch nie und versprechen für die Zukunft noch enorme Erweiterungsspielräume.

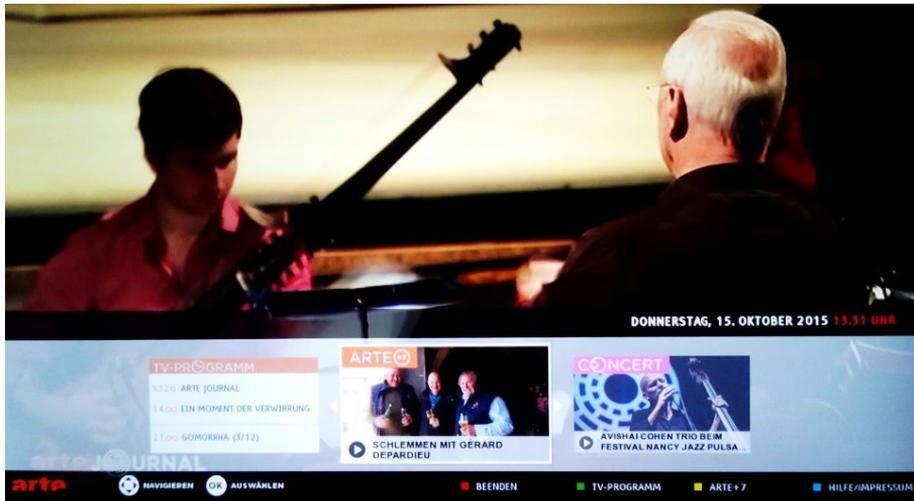


Abbildung 219: HbbTV mit der ARTE-Mediathek

Um zu erkennen, wohin die Reise geht, spielt nicht selten die Betrachtung der Vergangenheit eine entscheidende Rolle. Und die Palette der an der Entwicklung von HbbTV beteiligten Unternehmen und Institutionen ist lang. Ins Leben gerufen wurde HbbTV als eine paneuropäische Initiative zur Verknüpfung offener Fernsehstandards und Zusatzangebote aus dem Internet. Verantwortlich für diese Initiative war ein Konsortium, das sich unter anderem aus den französischen Rundfunksendern Canal+, France Television und TF1, dem deutsch-österreichisch-schweizerischen Institut für Rundfunktechnik, dem Satellitenbetreiber SES ASTRA sowie den Softwareunternehmen ANT, OpenTV und Opera zusammensetzte. Im Laufe der Zeit kamen zahlreiche weitere Unternehmen und Institutionen dazu, die alle relevanten Bereiche von der Praxis bis zur Forschung abdeckten.

Als Basistechnologie für HbbTV dient eine speziell für Unterhaltungselektronik (CE) entwickelte HTML-Variante: die Consumer Electronics Hypertext Markup Language (CE-HTML). Damit wurde die Hybridtechnologie geboren, die sich an diversen Fernsehstandards und Internettechnologien orientiert. So beispielsweise am bereits ausführlich dargestellten Digital Video Broadcasting

(DVB), aber auch an Open IPTV Forum (OIPF), Consumer Electronics Association (CEA) oder World Wide Web Consortium (W3C). Diese Verschmelzung verschiedener Standards ermöglicht letztlich eine gemeinsame Darstellung von Fernsehprogrammen und Internetinhalten auf einem TV-Bildschirm.

Und dieses Gemeinschaftsprojekt verbindet auch in der Praxis. In mittlerweile 15 Ländern ist HbbTV verfügbar (Stand: 2015). Neben Frankreich, Deutschland und Spanien etabliert sich der Standard für interaktives Fernsehen zunehmend in weiten Teilen Europas – beispielsweise in Österreich und Polen aber auch Belgien, Dänemark, Finnland, Tschechien, die Schweiz, Niederlande und Ungarn gelten als zukunftssträchtige HbbTV-Wachstumsmärkte.

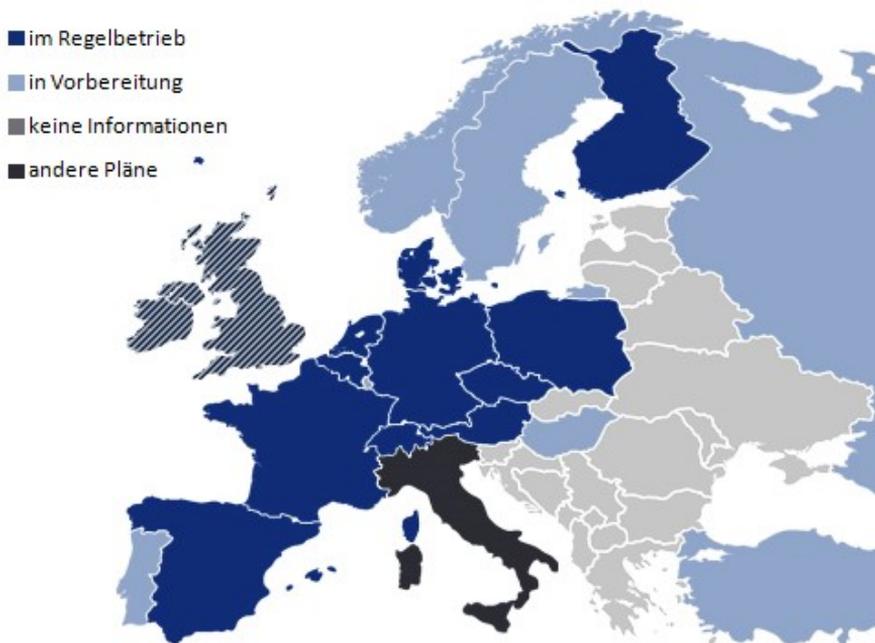


Abbildung 220: Verbreitung von HbbTV in Europa in 2014 (HbbTV-Forum/HbbTV in Europe)

Am 11. Juni 2010 wurde die erste HbbTV-Spezifikation durch das ETSI mit der Referenznummer ETSI TS 102 796 standardisiert. Die neue 2.0-Version soll sowohl HTML5- als auch HEVC-kodierte Inhalte bis zu einer Auflösung von 3.840 x 2.160 (4K) unterstützen. Damit realisiert HbbTV beste Bildqualität in Ultra HD. Mit HbbTV 2.0 sollen zukünftig auch Videostreams und Zusatzinformationen auf mobilen Endgeräten zur Verfügung gestellt werden.

Die HbbTV-Association stellte zu Beginn des Jahres 2015 die zweite Generation des hybriden Übertragungsstandards vor, der alle neuen Technologien und Standards wie HTML 5, UHD oder auch CI Plus unterstützen soll. Der 2.0-

Standard soll mit dem Videokompressionsverfahren HEVC arbeiten und mit speziellen Applikationen die Möglichkeit der Interaktion zwischen Smartphone/Tablet und dem HbbTV-Gerät fördern. Ähnlich wie bei SAT-IP sollen vom TV-Bildschirm Inhalte per Streaming auf den mobilen Endgeräten wiedergegeben werden können.

Im Gegensatz zu den Weiterentwicklungen anderer Übertragungsstandards (z.B. DVB-C oder DVB-T) soll bei HbbTV über beide Standards hinweg eine Abwärtskompatibilität gewährleistet sein, sodass auch ältere Anwendungen auf den neuen Geräten mit integriertem HbbTV 2.0 abrufbar sind. Die ersten Receiver mit dem 2.0-Standard sollen ab 2016 auf den Markt kommen, die Apps dafür sind in Arbeit. Für Programmanbieter und Geräteentwickler gibt es schon jetzt eine sogenannte Testsuite für ausgiebige Probeszenarien zum Erstellen und Testen neuer Anwendungen in diesem Bereich.

Red-Button

Interessant ist für Verbraucher vor allem die Kompatibilität mit CI-Plus 1.4, mit der zukünftig auch die Entschlüsselung von Pay-TV-Streams durch das Decodieren mit entsprechenden Smartcards machbar ist. Weitere Features sind beispielsweise im Audibereich zu finden, wo zusätzliche Audiostreams über das Internet oder Mehrkanalton angeboten werden.



**AUF ROT
GEHT'S LOS!**
Meine Taste für smartes Fernsehen.

Abbildung 221: HbbTV-Werbeslogan der Fernsehsender „Auf Rot geht's los!“

Aber schon jetzt ermöglicht HbbTV eine vielfältige Funktionalität über die inhaltliche Verknüpfung von Rundfunk- und Internetinhalten. Die bereits erwähnten Zusatzinformationen werden mit der roten Taste auf der Fernbedienung gestartet. Hintergrund dieser Funktion ist das Einfügen eines zusätzlichen Signals in das bestehende Rundfunksignal. Diese sogenannte AI-Tabelle (application identification) wird vom Empfänger decodiert und in Form einer Internetadresse (URL) beziehungsweise einer speziellen HTML-Seite dargestellt. Nutzer von internetfähigen Fernsehgeräten kennen den Hinweis auf den Red Button, der während einer Sendung angezeigt wird.

Allerdings lassen sich so nicht nur verbesserte Videotextfunktionen darstellen, sondern auch TV-Editionen der einzelnen Programm-Mediatheken (z.B. ZDF) abrufen oder aber Menüfunktionen und sogar Nachrichtenticker synchron zum Fernsehprogramm abspielen, die transparent über das laufende Fernsehbild gelegt werden. Die rote Taste ist also senderübergreifend Programm - sowohl in der Umgangssprache als auch in Werbung und Fachjargon. Deshalb wird nicht selten auch vom „Red-Button-Konzept“ gesprochen.

Blue-Button

Und für alle, die sich nicht an Programmzeiten halten wollen, integrierte ARTE im Frühjahr 2016 die blaue Taste der Fernbedienung und bietet seither ein neues Feature im HbbTV an. Der deutsch-französische Sender trumpft neuerdings mit seinem „Blue Button“ und bietet eine weitere Möglichkeit für alle, die sonst zum Spielfilm immer zu spät kommen. Die RESTART-Funktion über die blaue Taste ermöglicht es nunmehr, die laufende Sendung einfach auf den Anfang zurückzuspulen. Wer es also erst um neun vor die Glotze schafft, der verpasst jetzt trotzdem nichts.

Live-Sendungen sind naturgemäß vom RESTART-Modus ausgeschlossen. Helene Fischer kann schlecht ihren Gesang unterbrechen, wenn im Bruchteil einer Sekunde tausende Menschen in Deutschland auf den blauen Knopf ihrer Fernbedienung drücken. Logisch!

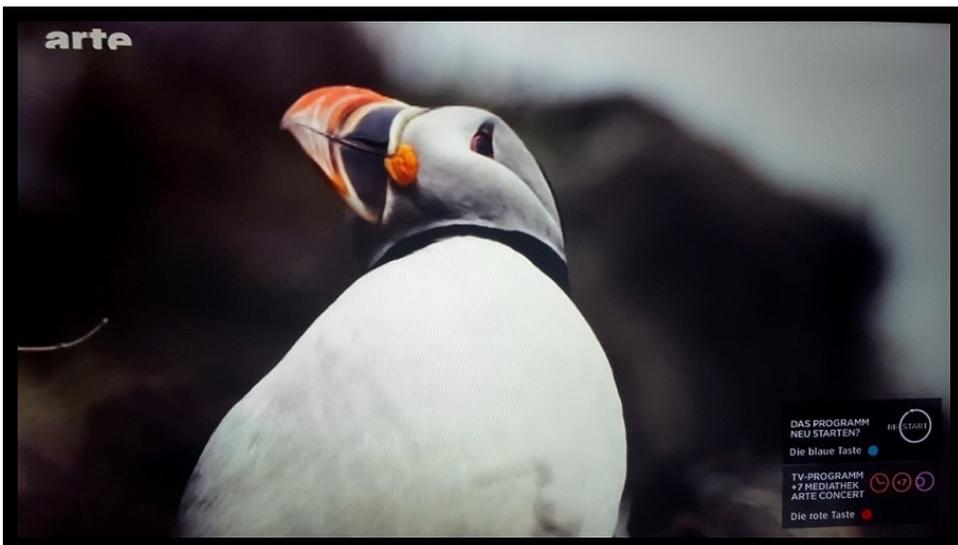


Abbildung 222: RESTART-Funktion bei ARTE (www.arte.tv)

Aber für alle Filme, Serien und Reportagen aus der Konserve ist das Blue-Button-Prinzip ein weiterer Schritt zu mehr Funktionalität und Freiheit im Fernsehprogramm. Darüber hinaus können weitere Einstellungen über die neue Navigationsleiste gewählt werden, die mit der OK-Taste angezeigt wird. Beispielsweise kann man zwischen drei verschiedenen Videoqualitäten und der entsprechenden Downstream-Geschwindigkeit wählen: SQ (800 Kbit/s), HQ (1500 Kbit/s) und HD (2200 Kbit/s).

Aber Achtung! Zeitversetztes Fernsehen ist nicht mehr das TV-Programm, wie wir es aus Zeiten von Biene Maja und „Wetten ..., dass?“ kennen. Hier verschmelzen TV- und IP-Signal. Man sollte also das Flatrate-Volumen seines Internet-Providers im Hinterkopf behalten, wenn an der Glotze virtuell die Uhr angehalten wird.

TV-Mediatheken

In einer Zeit, in der wir unseren Alltag nicht mehr von festgesetzten Abläufen, Essenszeiten oder gar Sendeterminen abhängig machen wollen, wird auch das Fernsehen flexibler. Sendung verpasst? Kein Problem! In den diversen Mediatheken der verschiedenen Programmanbieter lassen sich einzelne Beiträge jederzeit und kostenfrei abrufen.



Abbildung 223: Werbung für HbbTV der ARD

Und dabei ist es egal, ob man vor dem Fernseher im Wohnzimmer, auf dem Balkon, im Büro oder am Strand von Ibiza sitzt. An mobilen Endgeräten oder am PC erfolgt der Abruf ohne Empfangsadapter oder TV-Karte direkt aus dem

Netz. Am heimischen Smart-TV können verpasste Sendungen parallel zum Standardprogramm ebenfalls ohne große Umstände angeschaut werden. Tatortzeit ist heute also immer und nicht mehr ausschließlich Sonntagabend, 20.15 Uhr.

Neben der bekannten Krimiserie gibt es jede Menge Themenschwerpunkte, Dokumentationen und natürlich Nachrichten zu sehen. Im Öffentlich-Rechtlichen sowohl von den Hauptsendern (ARD und ZDF) als auch aus dem Programmen der Landesfunkanstalten (z.B. RBB, SWR oder NDR). Das „jederzeit“ wird lediglich durch Jugendschutzbestimmungen eingeschränkt, deshalb sind bestimmte Sendungen aus rechtlichen Gründen erst nach 20.00 Uhr oder 22.00 Uhr abrufbar. Auch die Privatsender bieten den „Red Button“ und damit kostenloses und zeitloses TV-Entertainment sowie zahlreiche Zusatzinformationen über Serien, Filme, Fakten und Features. Zu den privaten Sendern mit HbbTV gehören unter anderem Channel 21, HSE24, kabel eins, n-tv, ProSieben, RTL Television, RTL II, RTL Nitro, SAT.1, SIXX, Sonnenklar.TV, SUPER RTL, VOX und der Teleshoppingkanal QVC.



Abbildung 224: Auf Rot geht's los! (www.prosieben.de)

Die Sender RTL und Vox bieten in Kooperation mit Clipfish über das eigene Programm hinaus verschiedene Features an. Neben „Clipfish MUSIC“ und „Clipfish COMEDY“ steht nun auch „Clipfish ANIME“ zur Verfügung, mit dem kostenlos und in voller Länge zahlreiche Serien insbesondere für Fans der japanischen Zeichentrickserien abrufbar sind. Während allerdings solche Apps im Bereich Video-on-Demand im Allgemeinen nicht auf allen Smart-TVs zu

finden sind, beherrschen alle internetfähigen Fernseher den einheitlichen HbbTV-Standard. Voraussetzung ist natürlich ein Internetzugang und eine möglichst schnelle Leitung.

Video-on-Demand

Neben den bekannten Formaten wie Clipfish oder Youtube, mit denen bisher kurze Videos per Stream auf dem Smartphone, Tablet oder auch TV-Gerät gesehen werden konnten, besteht nun auch die Möglichkeit, ganze Filme und Serien aus dem Internet zu laden. Fernsehen und Kino immer und überall wird also immer mehr zur allgegenwärtigen Realität. Zur Vergangenheit hingegen könnten zukünftig neben den lokalen Videotheken die Harddisk wie DVD und Blu-ray angehören, was nicht zuletzt der Umwelt zugutekommen würde. Auch der Flexibilität sind keine Grenzen mehr gesetzt. Aktuelle Blockbuster und diverse Serienhits aber auch Klassiker der internationalen Filmindustrie sind senderunabhängig und zeitversetzt abrufbar. Die Bandbreite ist groß, die Anbieter zahlreich.

Unter der Abkürzung VoD verbirgt sich also die interaktive Möglichkeit, Videos direkt und individuell über das Internet von einem Server abzurufen und auf einem beliebigen internetfähigen Gerät wiederzugeben. Im allgemeinen Sprachgebrauch werden für den Begriff Video on Demand auch synonym die Bezeichnungen Online-Videotheken oder Online-Streaming verwendet.



Abbildung 225: Video on Demand mit RTL und Clipfish

Hierfür stehen verschiedene Portale zur Verfügung, die sich vor allem zwischen der Flatrate-Variante mit monatlichen Kosten und dem Einzelabruf unterscheiden. Außerdem gibt es kostenfreie VoD-Varianten, zu denen unter anderem ebenjenes Videportal Clipfish gehört, welches bereits seit mehreren Jahren sogenannte non-lineare Bewegtbildinhalte (Spielfilme) über seine Website und via kostenloser App für Apple, Android und Windows sendet. Solche kostenfreien Angebote werden im Allgemeinen über Werbung finanziert. Im Februar 2015 erfolgte die Integration von Clipfish in die RTL-NOW-Familie und damit neben den Smart-TV-Channeln Fitness&Yoga-Channel und dem interaktiven Musikfernsehen doolooop.tv. auch der Spielfilmabruf auf HbbTV-fähigen Fernsehgeräten. Der Vorteil gegenüber internetbasierten Streaming-Angeboten ist bei der hybriden Lösung (Select Video) auf HbbTV-Basis, dass lediglich die Navigation sowie Steuersignale (z.B. Start, Stopp, Pause) über das IP-Signal, das Video selbst aber über das DVB-Signal übertragen wird. Die Signalverarbeitung ist somit weniger stör anfällig und auch bei begrenzter Bandbreite möglich. Abgesehen davon wird das Datenvolumen nicht unnötig belastet.

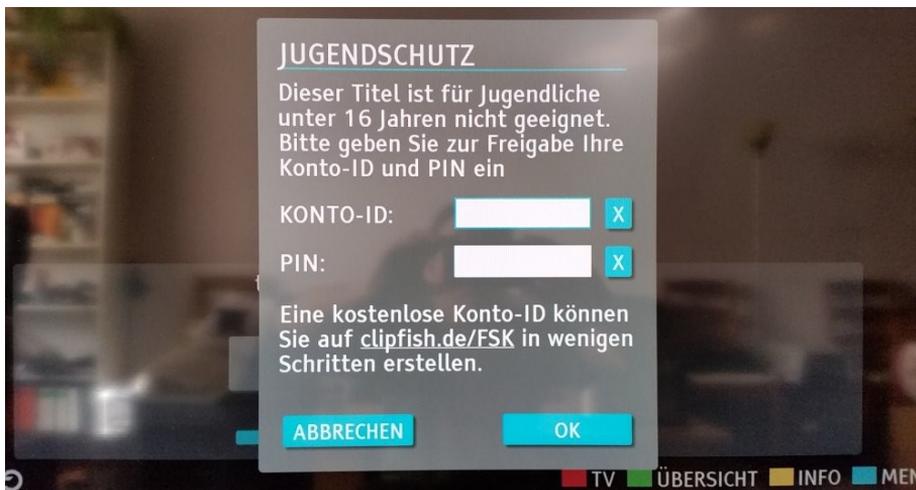


Abbildung 226: Jugendschutzbestimmungen (www.clipfish.de/FSK)

Unabhängig vom Anbieter ist die Übertragung audiovisueller Dienste im Rahmen des Video-on-Demand-Angebotes generell mit einem Rückkanal versehen. Diese individuelle Verbindung zwischen Anbieter und Verbraucher, die auch als Unicast bezeichnet wird, machen diverse Features möglich. Hierzu gehört unter anderem die Altersfreigabe im Rahmen des Jugendschutzes. Ähnlich wie bei Pay-TV können FSK-16- oder 18-Filme auf dem Fernseher erst mit einem Nachweis über das Kundenkonto angesehen werden.

Auch bei kostenpflichtigen VoD-Portalen besteht insbesondere für Eltern die Sicherheit, dass ihre Sprösslinge (zumindest über die TV-App) nur Filme anschauen können, die ihrem Alter entsprechen. Weitere Vorteile der werbefreien Videoportale finden sich in den folgenden Kapiteln, in denen die bekanntesten Online-Videotheken unter die Lupe genommen werden.

Vorab hat sich im Jahre 2015 die Stiftung Warentest dreizehn Steaming-Anbieter näher angesehen und quasi alle großen VoD-Dienste getestet. Wenn auch mit dem unbefriedigenden Prädikat von 3,5 stand Amazon Instant Video dennoch auf Platz 1 der Testliste. In punkto Bildqualität wurden neben Amazon die Streaming-Portale Netflix und iTunes bzw. Apple-TV benannt.

Netflix

Das Unternehmen Netflix Inc. wurde Ende der 1990er Jahre in Los Gatos (Kalifornien) gegründet, als das Internet quasi noch in den Kinderschuhen steckte. Die Unternehmensgründer Reed Hastings und Marc Randolph kreierten den Namen aus der englischen Bezeichnung für Internet (net) und dem umgangssprachlichen Ausdruck für Filme (flicks). Das Unternehmen spezialisierte sich neben der Produktion vor allem auf den Verleih von Filmen und Serien, die seinerzeit noch als Disk (DVB und später Blu-ray) an die Abonnenten verschickt wurden. Mit 2,5 Millionen Dollar Startkapital, 30 Mitarbeitern und einem Sortiment von nicht mehr als 900 Filmen startete 1997 das Unternehmen seinen Feldzug gegen die lokalen Videotheken. Zwei Jahre später bot Netflix als einer der ersten ein Flatrate-Preismodell an, bei dem keine Extragebühren bei zu später Rückgabe fällig wurden, wie sonst üblich.

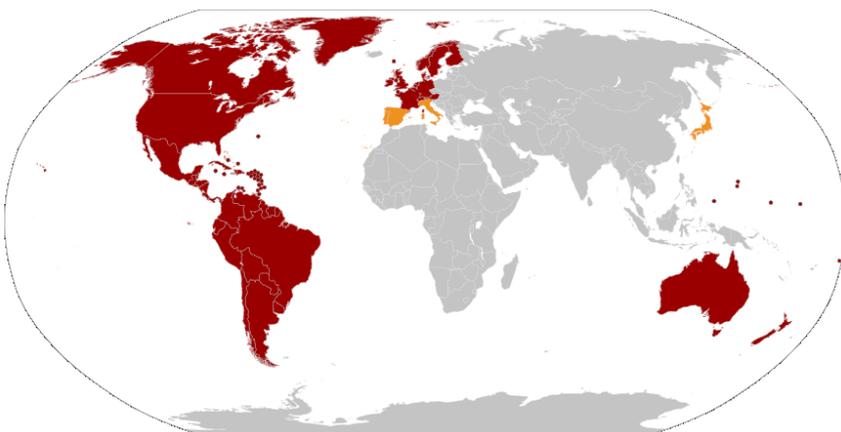


Abbildung 227: weltweite Verfügbarkeit von Netflix (Wikimedia Commons)

Auch wenn die Vorteile seinerzeit bereits überwogen, konnte Netflix erst nach seinem Börsengang im Jahre 2002 die ersten Gewinne erzielen. Mit der Verbreitung des Internets in die privaten Haushalte wuchs das Unternehmen und mit ihm das Angebot. Drei Jahre lieferte Netflix täglich eine Million Disk an seine Abonnenten, die Zahl der bestellbaren Filme stieg auf 35.000. Im Jahre 2007 erreichte das Unternehmen die Marke eine Milliarde ausgelieferter DVDs. Im selben Jahr wurde das Geschäftsmodell erweitert. Neben dem Postversand stieg Netflix ins Video-on-Demand-Geschäft ein.

Für den Onlinevertrieb erwarb das Unternehmen die entsprechenden Filmrechte der Studios Paramount Pictures, Lions Gate Entertainment und Metro-Goldwyn-Mayer in Höhe von ungefähr einer Milliarde US-Dollar. Der Marktwert des Unternehmens stieg im Dezember 2010 auf das Zehnfache dieser Summe, allein im dritten Quartal 2011 erwirtschaftete Netflix einen Erlös in Höhe von über 800 Millionen US-Dollar, im ersten Quartal 2014 betrug dieser bereits über eine Milliarde US-Dollar. Mit derzeit 69 Millionen Abonnenten (Stand: 2016) führt Netflix den VoD-Markt in den Vereinigten Staaten an und verzeichnet schon jetzt mehr Zuschauer als jeder herkömmliche US-amerikanische Fernsehsender.



Abbildung 228: Mobiles Fernsehen mit NETFLIX

Aber auch außerhalb der USA ist Netflix mittlerweile keine unbekannte Größe mehr. Neben Kanada, Lateinamerika und der Karibik ist das Videoangebot auch in vielen Teilen Westeuropas (z.B. Großbritannien, Skandinavien, Schweiz, Frankreich, Belgien) und natürlich auch in Deutschland erhältlich. Selbst auf Kuba kann man seit 2015 mit Netflix Videos streamen, die allerdings hauptsächlich in der Originalfassung und mit entsprechenden Untertiteln verfügbar sind.

Zu bekannten Eigenproduktionen des Erfolgsunternehmens gehören unter anderem das Politdrama „House of Cards“ von David Fincher mit dem Oscarpreisträger Kevin Spacey in der Hauptrolle, das 2013 drei Emmys gewann. Außerdem hält Netflix die Exklusivrechte diverser Disney- und Marvel-Produktionen (z.B. Daredevil, Jessica Jones und Defenders). Darüber hinaus wurden verschiedene Serien fortgesetzt, die grundsätzlich als eingestellt galten. Darunter beispielsweise „Star Wars: The Clone Wars“ (Staffel 6).

Auf dem deutschen Markt bietet Netflix für den monatlichen Pauschalpreis von 7,99 Euro im Vergleich zu anderen Anbietern eher wenig Filme an, dafür steigt die Zahl der hauseigenen Serienproduktionen, die für immer mehr Verbraucher zum Trend werden. Während anfänglich beim Streaming-Angebot ausschließlich Microsoft-Technologien (VC-1 als Videocodec und WMA als Audiocodec) verwendet wurden, werden aktuell MPEG-Formate (z.B. H.264 und H.265) benutzt, wobei jedes Video mit verschiedenen Codecs bis zu 120 Mal encodiert wird.

Verbraucherfreundlich ist insbesondere das sogenannte Adaptive-Bitrate-Streaming, bei dem die Bitrate während des Streamings an die jeweilige Geschwindigkeit der Internetleitung angepasst wird. Empfohlen wird jedoch eine Mindestgeschwindigkeit von 1,5 Mbit/s für die niedrigste Qualität. Wer Videos in 4K-Auflösung genießen möchte, muss allerdings eine Bitrate von 25 Mbit/s sicherstellen. Für die IT-Infrastruktur nutzt Netflix im Übrigen den Amazon-Web-Service. Im Gegenzug für die Speichermöglichkeit der Masterkopien auf Amazon S3 bietet der marktführende Internethändler mit seiner Streaming-Box „Amazon Fire TV“ auch Netflix als App an.



Abbildung 229: Amazon Prime Instant Video

Amazon Instant Video

Die Produktstrategie von Amazon geht weit über VoD hinaus, ebenso das Kostenmodell. Streng genommen handelt es sich bei Amazon Prime Instant Video um eine Hybridvariante (Flatrate + Einzelabruf). Denn mit einem Jahresbeitrag von derzeit (Stand: 2016) 49,00 Euro sind Serien und Filme im Einzelabruf möglich, wobei viele Videos kostenlos verfügbar und lediglich

aktuelle Blockbuster und Serienhighlights mit Extrakosten verbunden sind. Auch die Angebotsfülle kann sich sehen lassen und überbietet mit etwa 13.000 abrufbaren Filmen und Serienepisoden die Produktpalette der Konkurrenz.

Die Prime-Mitgliedschaft, die im Übrigen für Studenten nur 24,00 Euro kostet, können bis zu vier Personen kostenlos mitnutzen. Dies bietet sich vor allem für Familien an, die so auf unterschiedlichen Endgeräten verschiedene Filme gleichzeitig streamen können. Im Paket ebenfalls inbegriffen sind diverse Features. Dazu zählen der Premiumversand des Onlinehändlers, die Nutzung der Kindle-Leihbibliothek, unbegrenzter Speicherplatz für Fotos im Amazon Cloud Drive und der Premiumzugang auf Amazon BuyVIP.



Abbildung 230: DVD-Verleih LOVEFiLM bei www.amazon.de

Auch Amazon begann seinerzeit mit dem Verleih von DVDs. Im Jahre 2005 ging das Unternehmen dafür eine Kooperation mit dem bestehenden DVD-Verleih LOVEFiLM ein. Im Zuge der Umstellung auf VoD wurde nach und nach das LOVEFiLM-Angebot in die Amazon-Plattform implementiert und mit der kompletten Übernahme im Februar 2014 als solche eingestellt. Seither gibt es den VoD-Service ausschließlich bei Amazon Instant Video, der DVD-Verleih per Post läuft aber weiterhin unter dem Namen LOVEFiLM, der im Übrigen auch als App zu haben ist.

Alles in allem ist der Service des selbsternannten Marktführers eine runde Sache und nicht umsonst bei den Verbrauchern gern gesehen, auch wenn Amazon.com Inc. Lange Zeit im Zusammenhang mit fragwürdigen Arbeitsbedingungen der Logistikbranche im Fokus der öffentlichen Wahrnehmung stand.

Mit knapp 107 Milliarden US-Dollar Jahresumsatz in 2015 und weltweit etwa 268.900 Mitarbeitern (Stand: 2016) steht das 1994 vom Informatiker Jeff Bezos in Seattle gegründete Unternehmen an der Spitze des modernen Onlinehandels. Dabei werden nicht nur Produkte von Firmen und Privatpersonen vertrieben, sondern neben dem VoD-Service Prime Instant Video auch hauseigene Produkte angeboten – darunter der E-Book-Reader Kindle, der Tablet-PC Kindle Fire, das Fire Smartphone sowie Computerequipment der Hausmarke AmazonBasics (z.B. Notebooktaschen oder diverse Audio-/Videokabel) und natürlich das mittlerweile legendäre Fire TV, welches in einem der nächsten Kapitel noch ausführlich beschrieben wird.

Watchever

Spätestens seit dem Spot mit Till Schweiger und seiner Tochter Emma kennt jeder Watchever. Das Regie-Debüt des bekannten deutschen Schauspielers aus dem Jahre 2013 war eine sympathische Werbung für eine der ersten VoD-Plattformen im Spielfilmformat.



Abbildung 231: Werbung für Watchever

Zum monatlichen Festpreis von 8,99 Euro (Stand: 2016) kann man ohne Extrakosten und lange Kündigungsfristen grenzenlos und flexibel zahlreiche Serien und Filme streamen. Wobei sich „grenzenlos“ hier natürlich nicht auf die Anzahl der angebotenen Filme bezieht, die teilweise in HD und auf Wunsch in der Originalversion abgerufen werden können.

Gegenüber einer begrenzten Filmauswahl steht hingegen das vollumfängliche Spektrum der Endgeräte: mobil auf allen Android- und Apple-Geräten, stationär auf MAC, PC, Spielkonsolen sowie diversen Smart-TVs (Samsung, LG, Philips, Panasonic, Sony) und per Stream via Airplay und Chromecast. Mit einem Watchever-Account können darüber hinaus bis zu drei Streams gleichzeitig realisiert werden – also drei Nutzer können auf drei unterschiedlichen Geräten gleichzeitig verschiedene Filme schauen. Im Vergleich zu HbbTV hat der klassische VoD-Service den Vorteil, dass die Filme auch offline angesehen werden können. Bis zu 25 Titel können im Offline-Modus gespeichert und jederzeit und überall abgespielt werden. Natürlich hängt die tatsächliche Anzahl der heruntergeladenen Filme direkt von der Speicherkapazität des Endgerätes ab. Externe Speicher beziehungsweise SD-Karten können in diesem Zusammenhang sehr hilfreich sein.



Abbildung 232: Kooperation von O2 und Watchever (2015)

Außerdem werden alle dem jeweiligen Konto zugehörigen Endgeräte permanent synchronisiert, sodass alle im Heimnetzwerk verfügbaren Smartphones, Tablets und eingeschlossenen Fernseher immer auf demselben Stand sind. Insgesamt können fünf Geräte über einen Watchever-Account angemeldet werden, wobei auf drei Geräten gleichzeitig das Online-Angebot genutzt werden kann. Voraussetzung ist auch hier ein Internetanschluss und eine Mindestbandbreite von 3 Mbit/s (normale Qualität) oder aber 6 Mbit/s für Filme und Serien in HD-Qualität. Seit Frühjahr 2015 kann die Movie-Flatrate von Watchever in Verbindung mit einem O2-Vertrag für nur 3,99 Euro gebucht werden. Allerdings beträgt die fixierte Laufzeit dann 24 Monate. Auch BASE-Kunden (E-Plus) können seit 2015 das Angebot nutzen.

Maxdome

Und wieder einmal war die Kirch-Gruppe seinerzeit als TV-Pionier unterwegs, nur leider wollte Mitte der 2000er Jahre kaum jemand etwas von Video-Streaming wissen. Die Zeit war noch nicht reif, als die Idee entstand, Live-Fußballspiele per Streaming auszustrahlen. Die mangelnde Akzeptanz auf dem Markt ließ das Projekt vorerst in der Schublade verschwinden. Nach einer gescheiterten Kooperation mit der Telekom entdeckte United Internet das Thema für sich neu. In Zusammenarbeit mit dem Kirch-Nachfolger ProSiebenSat.1-Gruppe, SevenOne Intermedia und GMX - dem Tochterunternehmen der United Internet AG startete das Videoportal maxdome offiziell am 27. Juli 2006. Fünf Jahre später erwarb das Medienunternehmen ProSiebenSat.1 Media SE sämtliche Anteile der Plattform.

The image shows a promotional banner for Maxdome's children's content. At the top, it reads "FILME & SERIEN FÜR UNSERE KLEINEN!" with a subtext "Mit Alterskennzeichnung und Kindersicherung!". Below this, there are five thumbnail images for different programs: "Happy Friends", "Die Sesamstraße", "Unser Sandmännchen", "Hilmi und Lurche", and "Sammys Abenteuer". A central button says "1 Monat kostenlos testen". At the bottom right, there is a link "...UND VIELE MEHR >". The bottom section of the banner has a dark background with the text "MAXDOME ÜBERALL NUTZEN" and "Auf dem Fernseher, Smartphone und Tablet".

Abbildung 233: IP-Kinderfernsehen mit maxdome (www.maxdome.de)

Die maxdome GmbH beinhaltet neben der VoD-Plattform auch den Betrieb der Pay-TV-Sender ProSieben FUN, Sat.1 emotions sowie Kabel eins classics. Im Videoportal werden für den monatlichen Preis von 7,99 Euro etwa 60.000 Filme, Serien, Dokumentationen, Live Events, Informationssendungen und Eigenproduktionen der Fernsehsender ProSieben und Sat.1 angeboten. Auch der Einzelabruf ist möglich. Neben zahlreichen Kinofilmen können die jüngsten Videonutzer diverse TV-Serien (z.B. das Sandmännchen oder die Sesamstraße) abrufen. Mit Alterskennzeichnung und Kindersicherung wird bei maxdome insofern ebenfalls der Jugendschutz gewährleistet.

Die bereits angesprochene hohe Bildqualität der Streaming-Portale ist auch hier gegeben, sofern die Datenrate ausreichend ist. Der HD-Standard ist durchaus

mit Blu-ray vergleichbar, der Sound mit Dolby Digital Plus 5.1 ist ebenfalls qualitativ hochwertig. Während die Videos im Hintergrund kontinuierlich aus dem Internet geladen werden, passt sich die Bild- und Soundqualität der mitunter schwankenden Internetgeschwindigkeit an (Smooth-Streaming-Technologie). Nach eigenen Angaben reicht beim adaptiven Streaming eine Rate von 2 Mbit/s für die Basisqualität SD aus, während für HD 6Mbit/s empfohlen werden, damit der Film ohne Unterbrechungen und mit bester Auflösung läuft.



Abbildung 234: Online-Videothek maxdome (www.maxdome.de)

Vorgesehen sind für die Zukunft eine UHD-Auflösung (3840 x 2160 Pixel) sowie das Tonformat Dolby Atmos. Da die Kosten für die Lizenzrechte in keinem Verhältnis zu der bisherigen Nutzung im Heimbereich stehen, werden derzeit (Stand: 2016) keine 3D-Filme über den Stream angeboten, weil es schlichtweg zu teuer ist. Wie bei anderen Anbietern sind die Videostreams von maxdome bisher im H.264-Codec codiert. Bei HTML5-Browsern wird MPEG Dash genutzt, die Smooth-Streaming-Technologie hingegen bei Browsern mit Silverlight. Der HTML5-Player ist mit den neuesten Browserversionen von Google Chrome (ab Version 38) sowie Microsoft Edge und dem Microsoft Internet Explorer 11 kompatibel. Neben MS-Windows 8.1 und der aktuellen Version 10 ist maxdome auch unter Linux verfügbar. Allerdings kann maxdome nur in Deutschland und Österreich genutzt werden, da bei der Leih- und Kaufabwicklung ausschließlich auf eine deutsche oder österreichische IP-Adresse zugegriffen wird.

Auch die Möglichkeit, Filme offline anzuschauen (Download) ist im Angebot enthalten, wobei diese Option ausschließlich per App auf mobilen Endgeräten (Windows, iOS, Android) und nicht mehr auf dem PC möglich ist. Auf Smart-TVs sowie Spielkonsolen (X-Box, PS3/PS4) und Set-Top-Boxen (Chromecast)

oder internetfähigen Blu-ray-Playern ist die App von maxdome häufig vorinstalliert. Durch die Verknüpfung von Fernsehen und VoD könnte die ProSiebenSat.1-Gruppe auf eine zusätzliche Mediathek verzichten. Denn viele TV-Serien von beispielsweise ProSieben können ebenfalls über maxdome abgerufen werden. Wer das Programm anderer Sender per Live-Stream ohne TV-Gerät empfangen möchte, kann allerdings auch auf Web-TV zurückgreifen.

Web-TV per Live-Stream

Denn mobiles Fernsehen geht auch anders, wenn allerdings derzeit (Stand: 2016) auch nur auszugsweise. Denn ein vollständiger und unbegrenzter Empfang von nationalen und internationalen Sendern per Live-Stream in bester Qualität ist nicht zuletzt aufgrund diverser Lizenzierungsrichtlinien und Interessenskonflikten zumindest in Deutschland kaum mehr als eine Vision. So bietet beispielsweise der Web-TV-Anbieter Zattoo generell insgesamt 200 Live-TV-Kanäle, in Deutschland dürfen davon aber nur etwa 75 Sender ausgestrahlt werden. Rechtliche Bestimmungen machen den kostenlosen Empfang der großen Privatsender ProSieben, Sat.1 oder RTL über Zattoo nicht in Deutschland, dafür aber in anderen europäischen Ländern (z.B. Schweiz) möglich.

Das gebührenfreie und überwiegend internationale Web-TV könnte in Zukunft eine Konkurrenz zum herkömmlichen Fernsehen sein. Die Frage ist nur, ob sich die Unternehmen der klassischen Fernsehbranche hier die berühmte Butter von Brot nehmen lassen.

Zattoo

Pionier und Platzhirsch im Bereich Web-TV ist die in Zürich gegründete Zattoo International AG. In Europa zählt dieser Online-TV-Service mit über einer Million aktiver Nutzer zu den erfolgreichsten Anbietern. Das System ist kompatibel mit iOS, Android, Windows, Linux und Mac OSX, sodass Zattoo grundsätzlich auf allen mobilen und auf vielen stationären Endgeräten verfügbar ist. Dazu zählen neben allen Xbox-Varianten die Smart-TVs von LG und Samsung sowie der Nexus-Player, Google Chromecast und Fire-TV-Lösungen von Amazon.

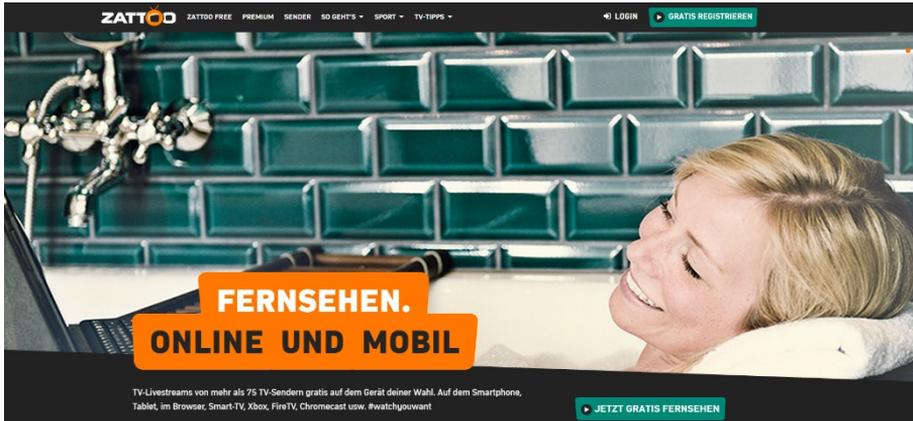


Abbildung 235: Zattoo-TV (www.zattoo.com)

Neben der App kann auch der Zattoo-Web-Player auf PC/Mac mit älteren Betriebssystemen ohne App-Funktion (z.B. Windows 7) heruntergeladen werden. Das persönliche Login ist dabei unbegrenzt auf allen Geräten nutzbar. Der Nutzer kann zwischen einer kostenlosen (werbefinanzierten) Variante und dem Premiumpaket (ohne Werbung) wählen, das monatlich ab 5 Euro zu haben ist. Per kostenpflichtigem HiQ-Abonnement können in Deutschland über 25 Sender in HD-Qualität empfangen werden, darunter auch ProSieben, Sat.1, kabel eins, sixx, Sat.1 GOLD und Pro7 MAXX sowie RTL, RTL 2, Vox, n-tv, SuperRTL und RTLnitro.



Abbildung 236: Web-TV-Anbieter Zattoo (www.zattoo.com)

Mit dem Zattoo-TV-Guide ist das Fernsehprogramm für zwei Wochen im Voraus planbar. Eine Such- sowie Erinnerungsfunktion und die Speichermöglichkeit persönlicher Favoritensender sind ebenfalls möglich. Neben dem Live-Stream können über die Recall-Funktion von Zattoo ausgewählte Sendungen von DMAX, TLC, joiz, DasNeueTV und FamilyTV auch bis zu sieben Tage nach der offiziellen Ausstrahlung abgerufen werden.

Magine TV

Eine ernst zu nehmende Konkurrenz für Zattoo stellt der schwedische Cloud-Service Magine TV dar, der ab 2013 in Berlin und Stockholm entwickelt wurde. Der Online-TV-Service bietet eine moderne Benutzeroberfläche und viele nützliche Extras. So stehen über 100 Programme – darunter alle großen deutschen Sender – zum Abruf bereit. Viele davon in bester HD-Qualität. Im sogenannten „Freemium-Modell“ kann sich der deutsche Nutzer seit April 2014 zwischen der Gratisversion (ARD, ZDF, Arte, Phoenix und alle Regionalsender) oder aber kostenpflichtigen Paketen mit Sendern der ProSiebenSat.1-Group und RTL-Familie sowie internationalen Sendern (z.B. Discovery, Fox, CNN International, BBC, Eurosport, National Geographic) und weiterführenden Features für einen monatlichen Grundpreis entscheiden.

Zum Klick-Hit auf Youtube wurde im August 2015 die Werbekampagne „Raus aus dem Sender-Dschungel“ von Magine TV. Der Schauspieler Mirko Thiele erklärt hier als rappender „Vanilla Thorsten“, wie einfach personalisiertes Web-TV funktionieren kann. Produziert wurde das Video im Auftrag von Magine TV von der Agentur OH MY!, Regie führten Feliks Horn sowie Sebastian Tomczak und der Song selbst stammt vom Hip-Hop-Produzenten SHUKO, der unter anderem bereits für Sido textete.



Abbildung 237: Werbekampagne von Magine TV: „Raus aus dem Sender-Dschungel“

Die sogenannte Catchup- beziehungsweise Startover-Funktion ermöglicht den direkten Zugriff auf ausgewählte Sendungen der vergangenen Tage. Bis zu sieben Tage sollen diese werbefrei abrufbar sein. Die zeitliche Verfügbarkeit hängt allerdings direkt von den individuellen Vereinbarungen mit den TV-Sendern und anderen Rechteinhabern zusammen. Mit TV for Me kann der User seine persönlichen Lieblingssender speichern und damit schneller auf diese zugreifen. Damit möchte sich das schwedische Unternehmen von der Konkurrenz sowie der klassischen TV-Branche abheben.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Kompakt-Paket-Modellen insbesondere bei Pay-TV soll bei Magine TV der User seine eigene Senderliste zusammenstellen können, die im personalisierten Showroom angezeigt wird. Hintergrund ist dabei eine Marketingstrategie, mit der Magine TV die Vorlieben der Kundschaft erfassen kann. Um die Abonnenten dazu zu animieren, ihre individuellen Vorlieben preiszugeben, wirbt das schwedische Unternehmen mit seinem Magine-Bonussystem. Die Verrechnung der so gesammelten Punkte erfolgt über die Monatsrechnung, das heißt, der Kunde zahlt ausschließlich für die Sender, die er auch empfangen möchte. Auf Basis dieser personalisierten Programmauswahl bietet die Funktion TV for Me auch Empfehlungen für Folgesendungen, was ein Zappen fast überflüssig macht.

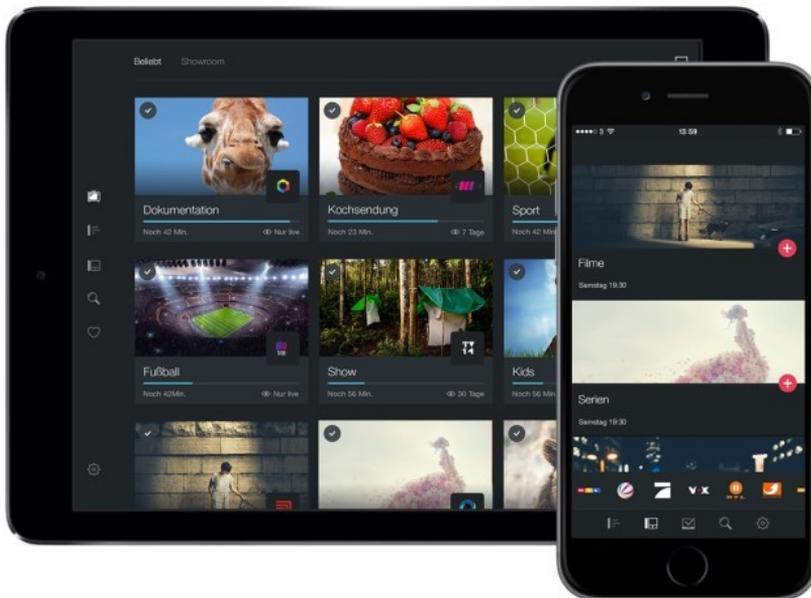


Abbildung 238: Werbung "TV for me" von Magine TV (Creative Commons)

Seit Juli 2015 ist das personalisierbare TV-Angebot „TV for Me“ nicht mehr nur für Android-Geräte sondern auch für iOS-User verfügbar. In einem nächsten Schritt will Magine TV sein Angebot auch für andere Betriebssysteme (z.B. Windows 10) modifizieren. Eine Erweiterung auf HTML5 wäre ebenfalls sinnvoll, damit auf dem PC der Online-Streaming-Service nicht nur ausschließlich über den Silverlight Media Player von Microsoft, sondern auch via Google Chrome möglich ist. Ansonsten sind auch hier die üblichen mobilen Endgeräte einsetzbar.

Weitere TV-Apps

In den App-Stores sind überdies unzählige TV-Apps zu finden. Neben einer Reihe von Fernbedienungs-Apps und virtuellen TV-Zeitschriften sind auch Aufnahmedienste und Social-TV-Anwendungen dabei. Eine kleine Auswahl soll in diesem Kapitel beschrieben werden.

dailymeTV

Mit dem Slogan „Fernsehen immer & überall“ bewirbt der Anbieter dailyme seinen Dienst, bei dem insbesondere aktuelle Folgen bestimmter Serien abgerufen werden. Das dailymeTV-Portfolio enthält darüber hinaus auch Shows, Spielfilme, Nachrichten, Dokumentationen und Kindersendungen. Jedoch müssen sich die User einen Tag gedulden, denn dailyme umschiffet sehr clever besagte Lizenzbestimmungen, und bietet seinen Service erst 24 Stunden nach TV-Ausstrahlung und darüber hinaus im Offline-Modus an.

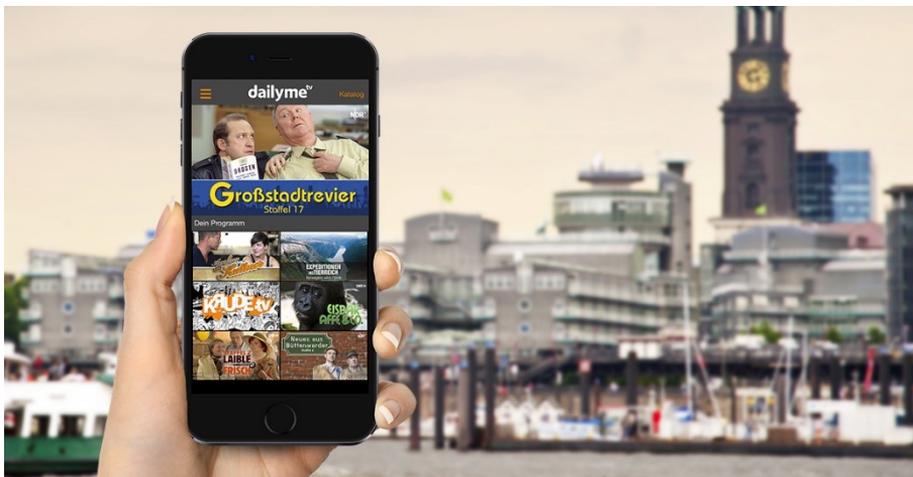


Abbildung 239: Werbung dailyme

Das bedeutet, die Lieblingsserie ist nicht im Live-Stream, dafür aber immer und überall abrufbar – auch ohne Internetzugang oder teure Roaming-Gebühren. Sendung verpasst, ist also auch hier kein Problem.

Auch wenn nicht live gestreamt werden kann, bietet diese Web-TV-Variante dem Nutzer aber dennoch einige Vorteile. So kann man beispielsweise sein mobiles Datenvolumen sparen, wenn man die Sendungen im WLAN herunterlädt, um sie dann später offline beispielsweise auf dem Weg ins Büro oder auf einer Reise anzuschauen (Download2Go-Verfahren). Dazu können sich die User über die App eine Playlist zusammenstellen und mithilfe der Push-Funktion erst dann herunterladen, wenn ein Internetzugang besteht. Andererseits werden somit auch lästige Ladezeiten oder aber Bild- und Tonstörungen bei schlechtem Empfang unterwegs vermieden.

Der kostenlose Service finanziert sich ebenfalls über Werbung und bietet diverse Programme aus dem Öffentlich-Rechtlichen aber auch Privatfernsehen an. Dazu zählen unter anderem ARD, ZDF, BBC, ProSieben, Sat.1, kabel eins, ARTE oder auch GIGA. Die App gibt es ebenfalls gratis für Android und iOS. Gerade für Geräte ohne Sim-Karte (iPod, Tablet) erscheint diese Methode des mobilen Fernsehens äußerst sinnvoll. Nicht umsonst gehört dailymeTV in Deutschland, Österreich und der Schweiz zu den führenden TV-Apps.

Couchfunk/Live-TV

Im Zeitalter von Facebook, Twitter & Co. wird in den sozialen Netzwerken auch gern über das Fernsehen geplaudert. Obwohl es sich hierbei um keine klassische TV-App handelt, soll „Couchfunk“ stellvertretend für diverse ähnliche Web-Applikationen genannt werden. Hier können User über das aktuelle Fernsehprogramm diskutieren und einzelne Sendungen empfehlen.

Zahlreiche Features stehen mit der neuen Version 2 für Android zur Verfügung. Die App dient quasi als virtuelle Fernsehzeitschrift. Die Nutzer können eine individuelle Programmliste zusammenstellen und erhalten sowohl Hintergrundinformationen als auch Bewertungen zu einzelnen Sendungen. Darüber hinaus können verschiedene Social-Media-Plattformen (z.B. Twitter) direkt eingebunden werden.

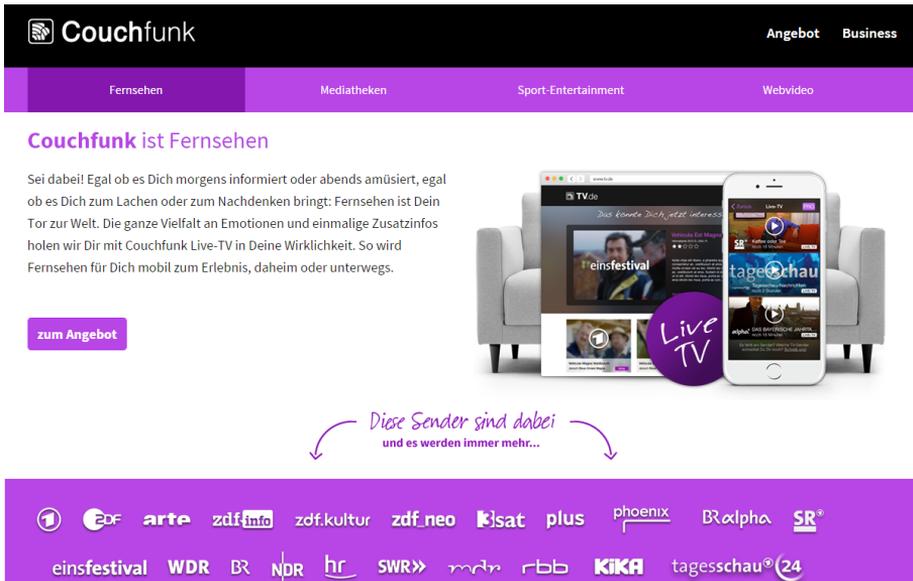


Abbildung 240: TV-App „Couchfunk“ (www.couchfunk.de)

Doch Couchfunk bietet noch mehr. Aus dem Hause der Couchfunk GmbH beziehungsweise dem selbsternannten „Couchfunk-Unterhaltungs-Universum“ stammt neben verschiedenen weiteren Apps auch die Web-TV-Applikation „Live Fernsehen“. Hier kann man auf dem PC oder Tablet, mit oder ohne App, nicht nur kosten-, sondern sogar anmeldefrei streamen. Ohne Registrierung können so Sendungen aus 21 Fernsehsendern abgerufen werden: 3sat, Das Erste (ARD), arte, BR, BR alpha, einsfestival, einsplus, hr, KiKA, MDR, NDR, phoenix, rbb, SR, SWR, tagesschau 24, WDR, ZDF, ZDFinfo, ZDFkultur, ZDFneo. Wer also unkompliziert Web-TV ausprobieren möchte, ohne gleich seine persönlichen Daten hinterlegen oder die Kontonummer angeben zu müssen, dem könnte das Angebot von Couchfunk gefallen.

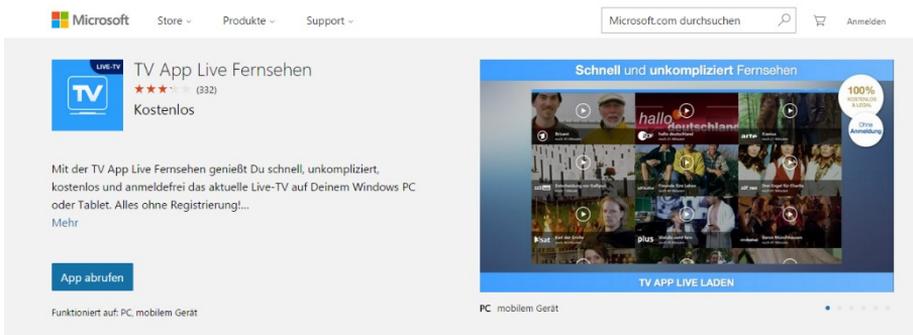


Abbildung 241: "Live Fernsehen" von Couchfunk auf www.tv.de

AllMyTV

Wer internationales Fernsehen ohne Satellitenschüssel empfangen möchte, dem könnte hingegen mit der TV-App AllMyTv gedient sein. Die CHIP-Redaktion bewertete diese App im Jahre 2013 und stellte fest, dass die Anwendung mehr als 1.000 Fernsehsender kostenlos auf mobile Endgeräte streamt, wobei die Werbung für lediglich 50 Cent ausgeblendet werden kann. Mit ausgezeichneter Qualität soll diese TV-App tatsächlich eine gute Alternative zum Spitzenreiter Zattoo sein.

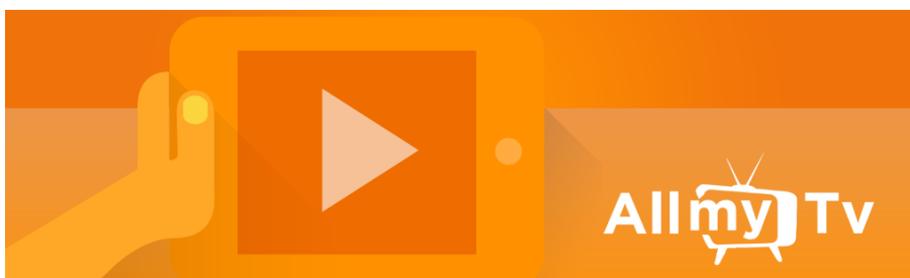


Abbildung 242: TV-App für internationale Sender AllmyTv

ComputerBild gab ein Jahr später ebenfalls eine Wertung ab, nach der AllMyTv die „beste freie Fernsehanwendung“ ist, mit der die bekanntesten Weltprogramme und die wichtigsten deutschen Sendekanäle leicht zu erreichen sind (www.computerbild.de). Die TV-App ist geeignet für Android und Kindle Fire und somit unter anderem im App-Store von Amazon aber auch bei Google Play erhältlich.

Apps der TV-Sender

Natürlich ist es auch möglich, die einzelnen Fernsehsender als hauseigene App auf mobile Endgeräte zu holen. Allerdings gibt es hier Unterschiede. Während die Öffentlich-Rechtlichen ihre Mediatheken auch in der mobilen Variante generell kostenlos und ohne Werbung anbieten, wird man bei den privaten Sendern teilweise zur Kasse gebeten. Wie im „richtigen“ Fernsehen wird auch hier der Service durch Werbung finanziert. Neben dem Live-Stream können mitunter bereits ausgestrahlte Sendungen angeschaut werden, allerdings sind diese in der Regel nur für einen gewissen Zeitraum verfügbar. Darüber hinaus bietet beispielsweise das ZDF hauseigene Produktionen vor der offiziellen Erstausstrahlung über ihre Online-Videothek an. Wer über einen Smart-TV verfügt, kann die jeweiligen Hinweise nicht verpassen, da diese mit dem „Red Button“ unten rechts im Bildschirm eingeblendet werden, wenn eine solche Aktion läuft.

Red Bull TV

Neben den klassischen Fernsehprogrammen und dem entsprechenden Live-Stream gibt es auch reine Online-Sender, die in der Regel nach Sparten aufgeteilt sind. Wer zum Beispiel denkt, Red Bull wäre nur ein Getränk, das Flügel verleiht, der irrt gewaltig. Alle, die sich für Extremsport und Action begeistern können, werden nicht ausschließlich bei den Pay-TV-Sendern bedient. Die von Red Bull gesponserten Events, welche beispielsweise in den Bereichen Base-Jumping, Kite-Surfen, Snowboarden, Skateboarden, Mountainbike oder Motorsport zu finden sind, werden bei Red Bull TV live übertragen.

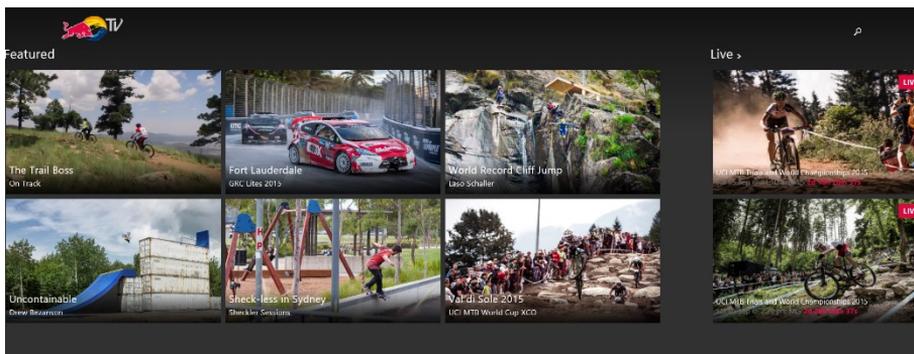


Abbildung 243: RedBull-TV (TV-App)

Bereits vergangene Veranstaltungen finden sich zahlreich im Videoarchiv. Aber auch Lifestyle und Musik kann hier abgerufen werden. Über Push-Nachrichten können sich die User automatisch informieren lassen, wann der nächste favorisierte Live-Event beginnt. Ebenso können Termine für Veranstaltungen über die Kalenderfunktion des jeweiligen mobilen Endgerätes abgespeichert werden. Die App von Red Bull TV unterstützt vor allem iOS-Geräte (iPad, iPhone) sowie Apple Airplay, aber auch die Streaming-Boxen von Google Chromecast, Apple TV und Amazon Fire TV.

Streaming-Boxen

Wer sein Tablet oder Smartphone nicht mit zahlreichen Apps überstrapazieren möchte, hat noch eine weitere Möglichkeit, das Fernsehen mobil zu machen beziehungsweise das mobile Fernsehen auf das heimische TV-Gerät zu holen – egal ob internetfähig oder nicht. Denn die kleinen Boxen von Apple, Amazon, Google & Co. stellen eine eigene Verbindung zum WLAN her. Das Angebot der Streaming-Boxen ist noch recht übersichtlich, was die Kaufentscheidung vielleicht etwas erleichtern kann. Abgesehen davon sind sie eine preiswerte

Alternative zur Anschaffung eines teuren Smart-TV. Denn angeschlossen werden können die Zusatzgeräte an jeden Bildschirm oder Computermonitor.

In den kleinen Kisten steckt allerdings mehr als nur das Streamen von Filmen und Serien. Es sind wahre Meister in punkto Multimedia und könnten schon bald die Movie-Konservendosen ablösen. Der DVD-Player ist quasi schon aus den deutschen Wohnzimmern verbannt. Und obwohl moderne Blu-ray-Player mehr können, als nur Filme abzuspielen, bieten sie bei weitem nicht die zahlreichen Features der Streaming-Boxen, die sich unaufhaltsam und erfolgreich in den Markt drängen. Welche das im Einzelnen sind, wird in den nächsten Kapiteln unter die Lupe genommen.

Apple-TV (Airplay)

Kleine Kiste, guter Preis, große Unterhaltung. Auch wenn der bisherige Spitzenreiter seine Marktposition an Amazon abgeben musste, steckt gerade für Apple-Liebhaber viel drin in diesem verhältnismäßig winzigen Gerät, das kleiner ist als die technische Errungenschaft im mobilen Entertainment der 1980er Jahre: der Walkman. Und nicht nur die Größe ist entscheidend. Apple TV erfüllt alle Ansprüche des 21. Jahrhunderts. Es passt in die kleinste Ecke, ist flexibel einsetzbar und zudem energieeffizient.



Abbildung 244: Vergleich Apple-TV und Walkman

Doch entscheidend sind natürlich vor allem die inneren Werte. Um die Auflösung bis zu Full HD (1080p) mit 60 Bildern pro Sekunde genießen zu können, ist ein entsprechender Flachbildschirm von Vorteil. Allerdings reicht auch beispielsweise ein PC-Monitor. Denn die Verbindung ist kinderleicht über die HDMI-Schnittstelle realisierbar. Voraussetzung ist allerdings, dass man über ein entsprechendes mobiles Endgerät aus der Apple-Familie verfügt. Denn damit

ist via Bluetooth die Konfiguration von Apple-TV möglich. Dazu hält man – nachdem die Box mit dem Fernsehgerät mithilfe eines HDMI-Kabels verbunden wurde – einfach sein iPhone oder iPad in die Nähe des Apple-TV, das so die Account-Daten automatisch einliest.

Für iOS-Nutzer ist die Oberfläche von Apple-TV keine wirkliche Neuheit. Navigiert werden kann sowohl über die mitgelieferte Fernbedienung als auch direkt über das iPhone oder iPad. Im iTunes-Portal können nun Filme und Serien geliehen oder gekauft werden. Mit iTunes Extras werden zahlreiche Hintergrundinformationen – also quasi der Blick hinter die Filmkulissen – kostenlos mitgeliefert. Diverse Apps sind ebenfalls vorinstalliert, sodass zusätzliche Streamingdienste von Drittanbietern (unter anderem die VoD-Plattformen wie Netflix oder Watchever) genutzt werden können. Für Sportliebhaber gibt es RedBull-TV, für Interessierte die neuesten Wirtschaftsnachrichten bei Wall Street Journal Live sowie Bloomberg TV.

Doch die kleine Box kann noch viel mehr. Mit AirPlay kann man wiederum Inhalte vom iPhone, iPad, iPod oder aber Mac drahtlos auf den großen Bildschirm streamen. So müssen etwa Filme, die auf einem mobilen Endgerät gespeichert sind, nicht nochmals gekauft, sondern können über das WLAN-Netzwerk auf den Fernseher geholt werden. Auch private Videos und Fotos oder aber Mediabeiträge von Webseiten sowie AirPlay-fähigen Apps können auf diese Weise übertragen werden. Selbst iOS-Geräten außerhalb des Netzwerkes ist es möglich, mithilfe der Peer-to-Peer-Funktion von Airplay eingebunden zu werden. So können beispielsweise Gäste die multimedialen Inhalte ihres Apple-Gerätes auf den Bildschirm bringen, ohne Login im heimischen Netzwerk.



Abbildung 245: Apple TV (www.apple.com)

Darüber hinaus bietet Apple TV schier ungeahnte Möglichkeiten. Eine Synchronisation zwischen den einzelnen Geräten ist nicht mehr nötig. Über die iCloud-Freigabe können Videos und Fotos auch mit anderen Apple-TV-Boxen ausgetauscht werden. Außerdem erscheinen die privaten Videodateien

automatisch auf allen Geräten. Einmal in der iCloud-Fotomediathek abgelegt, müssen Daten nicht mehr synchronisiert oder umständlich per E-Mail oder Bluetooth versendet werden. Und Musik ist auch noch drin. Wenn einmal kein Film oder die Urlaubsfotos angeschaut werden sollen, kann auch allein oder gemeinschaftlich der Lieblingsmusik gelauscht oder selbige ausgetauscht werden. Denn auch die iTunes-Mediathek ist über die iCloud mit allen integrierten Apple-Geräten verbunden.

Was zu Beginn der virtuellen Filme, Musik oder Bücher noch als Nachteil empfunden wurde, hat Apple neben der iCloud auch mit der Familienfreigabe überwunden. Eine DVD, ein Buch oder aber die selbstgebrannte Foto-CD konnte man früher verleihen, hingegen waren E-Books sowie gekaufte Audio- oder Videodateien ausschließlich auf dem Gerät abrufbar, mit dem der Kauf getätigt wurde. Nicht zuletzt, um Raubkopien vorzubeugen, hat sich hier einiges auf dem Markt getan.

Über die Cloud-Funktion können heute Kauf- oder Leihvideos auch (begrenzt) übertragen werden. Hierzu gehört bei Apple im Allgemeinen und Apple TV im Besonderen die Familienfreigabe. Damit können bis zu sechs Familienmitglieder die einmal gekauften Filme oder TV-Serien miteinander teilen beziehungsweise von einer iTunes-Mediathek in die andere übertragen. Abgesehen davon wird Apple TV mit der Familienfreigabe dem Jugendschutz gerecht. Eltern können festlegen, dass bestimmte Filme (z.B. FSK 16) nur mit ihrer vorherigen Zustimmung gekauft und angesehen werden.

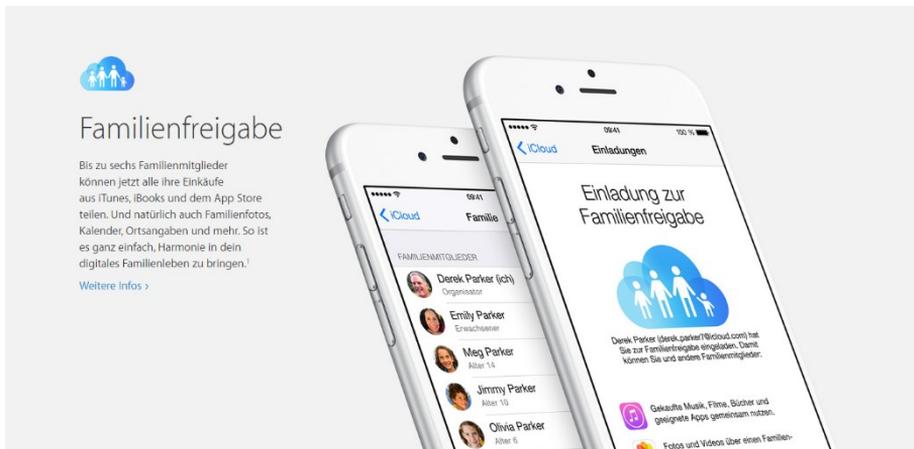


Abbildung 246: iCloud von Apple/Familienfreigabe (www.apple.com)

Aus der einstigen Idee des Visionärs Steve Jobs wurde innerhalb kürzester Zeit Realität. Am 12. September 2006 präsentierte der nur fünf Jahre später in Kalifornien verstorbene Apple-Chef den neuesten Coup aus der

Innovationsschmiede mit Kultstatus: iTV, eine Set-Top-Box ohne TV-Empfang und DVD-Player. Der ideenreiche Mitbegründer und langjährige Geschäftsführer von Apple Inc. begründete seine damals als sehr speziell geltende Idee damit, dass es neben dem iPod bereits genügend Geräte mit Abspiel- und Aufnahmefunktion gab. Nur die Verknüpfung fehlte noch. Im Jahre 2007 war die Streaming-Box Apple TV geboren. Auf die ursprüngliche Bezeichnung iTV wurde allerdings verzichtet, da der Name durch den britischen Fernsehsender ITV (Independent Television) bereits vergeben war.

2008 folgte das Nachfolgemodell Apple TV „Take 2“. Erst nach dem Tod des großartigen Visionärs wurde die aktuelle Generation von Apple TV auf den Markt gebracht. Im Laufe der Zeit wurden diverse Modifizierungen vorgenommen. Während anfänglich noch die Apple-Software Front Row in einer Spezialversion als Benutzeroberfläche von Apple TV diente, wurde in späteren Generationen auf das Programm, das eigentlich Mediacenter-Funktionalitäten auf den Mac bringt, verzichtet. Mit der Version 2.0 erhielt Apple TV eine individuelle Oberfläche und ein vollständiges Betriebssystem auf Basis von Mac OS X inklusive diverser Funktionserweiterungen. Dazu gehörten beispielsweise der Zugriff auf YouTube oder den iTunes-Store sowie die Streaming-Funktion AirPlay. Mit der nunmehr integrierten Festplatte stieg die Hardwareleistung des Gerätes. Später wurde auf das iOS-basierte Betriebssystem und den neuen Apple-A4-Prozessor umgerüstet. Im Zuge dessen wurde die Benutzeroberfläche verändert und das Bedienkonzept stark vereinfacht. Dennoch blieb Apple TV kompatibel zu früheren Generationen. Ab Softwareversion 5.2 ist bei Apple TV die Audioausgabe an AirPlay-Lautsprecher möglich.

Mit der dritten Generation kam der direkte Zugriff auf die neuesten Medien sowie die Unterstützung von iTunes LP, iTunes Extras, iTunes Genius-Mixe hinzu. Darüber hinaus konnte nunmehr über iTunes auf verschiedene Internet-Radiostationen zugegriffen werden. Ursprünglich konnte ausschließlich über die Fernbedienung der Apple-TV-Box navigiert werden, mit der Einführung der Remote-Funktion kann heute jede x-beliebige Fernbedienung verwendet werden, da Apple TV den Infrarotcode speichern kann. Ebenfalls können Bluetooth-Tastaturen mit der Box verbunden werden oder aber die mobilen iOS-Geräte selbst dienen zur Navigation.

Seit 2009 werden bei Apple TV über iTunes Blockbuster in deutscher Sprache angeboten. Gleichzeitig wurde die IPTV-Funktion realisiert, die den Empfang von deutschem IP-basierten Fernsehen ermöglicht. Während die erste Generation des Apple TV eine 40GB-Festplatte enthielt, wurden spätere Modelle mit einem 160GB-Speicher ausgerüstet. Die Apple-TV-Box hat äußerlich eine große Ähnlichkeit mit dem ursprünglichen Mac mini. Dennoch zählt Apple seinen Apple TV nicht zur Mac-Produktreihe, sondern ordnete ihn auf der Apple-

Webseite in die Produktreihe iPod beziehungsweise iTunes ein. Heute verwendet Apple TV den A5-Prozessor in der Single-Core-Variante sowie eine weitaus höhere Speicherkapazität, was unter anderem Full-HD-Qualität gewährleistet. Das ändert sich im Übrigen auch mit Apple TV 4 nicht wirklich. Auch hier bleibt es bei einer Full-HD-Auflösung, wenn auch mit einer höheren Bildwechselfrequenz. Nach derzeitigem Stand (2016) bietet Apple TV weiterhin nur H.264 Video mit maximal 1080p und 60 Bildern pro Sekunde. Ultra HD ist also nach wie vor nicht vorgesehen. Dafür wirbt Apple mit einem Update seines Betriebssystems tvOS und verspricht damit ein neues Design und die Möglichkeit einer noch einfacheren und innovativeren Bedienung über die neue Remote App. Damit soll man unter anderem die Temperatur und Beleuchtung in den eigenen vier Wänden steuern können. Wer es braucht?!

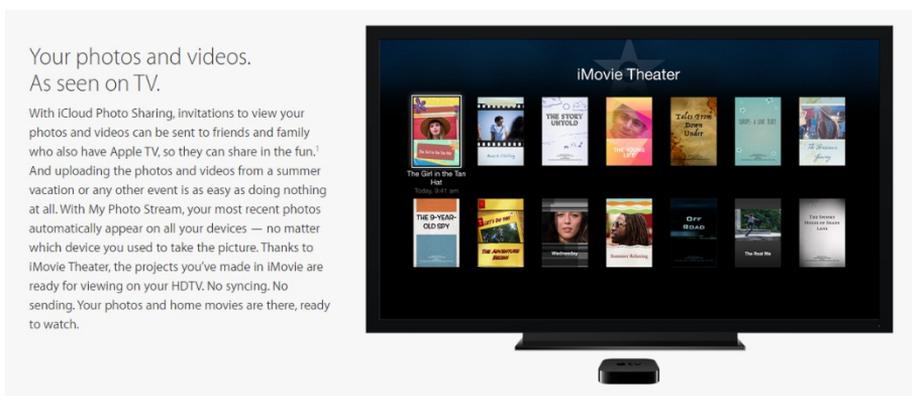


Abbildung 247: Apple TV/iMovie Theater (www.apple.com)

Da Apple nach wie vor sein striktes Closed-World-Geschäftsmodell verfolgt, nach dem bestimmte Funktionen serienmäßig gesperrt sind, wird wohl auch zukünftig der sogenannte Jailbreak erhalten bleiben. Insofern können ausschließlich Geräte mit dem iOS-Betriebssystem beziehungsweise aus der Apple-Familie miteinander kommunizieren. Eine Kompatibilität mit Smartphones oder Tablets auf Basis von Linux, Android oder aber Windows bleibt damit weiterhin verwehrt.

Android-TV

Erst vier Jahre nach der ersten Präsentation von Apple TV stellte im Mai 2010 Google seine Software-Plattform für Set-Top-Boxen und HDTV-Fernsehgeräte vor, die auf Basis des Google-Betriebssystems Android laufen sollte. Streng genommen handelte es sich seinerzeit um ein Gemeinschaftsprojekt von Google, Intel, Sony und Logitech. Die tatsächliche Einführung der Streaming-Box verzögerte sich. Offizielle Gründe dafür wurden nicht genannt, scheinbar waren jedoch technische Probleme, der Ausstieg des Schweizer

Computerzubehör-Herstellers im November 2011 sowie negative Presseberichte dafür verantwortlich.

Außerdem hielt sich die Nachfrage mehr als nur in Grenzen. 2010 standen in den wenigsten Haushalten internetfähige TV-Geräte. Und selbst wenn, verfügten diese nur über spezifische Programme sowie einen begrenzten Web-Content für einige Applikationen, etwa YouTube, Picasa, Online-Spiele oder Nachrichten. Auch die mangelhafte Kompatibilität der Internet-Browser oder gar die unzureichende Leistungsfähigkeit der Netze bildeten die Basis für die anfänglichen Startschwierigkeiten. Trotzdem war die Vision von Google TV, Fernsehen und Internet miteinander zu verknüpfen. Also ein kluges Multimediainstrument zu schaffen, das beispielsweise die Sehgewohnheiten und Vorlieben der User analysiert und in personalisierte Programmtipps umsetzt.



Abbildung 248: Google-TV-Gemeinschaftsprojekt (wurde 2014 eingestellt)

Dazu sollte die Anwendungsbreite mithilfe eines leistungsfähigen und kompatiblen Webbrowsers (Google Chrome) sowie Adobe-Flash-Player aber auch das Android-Betriebssystem selbst erweitert werden. Darüber hinaus war vorgesehen, eine Open-Source-Plattform bereitzustellen, die eine Erstellung spezieller Widgets für Google TV erlaubte, wonach eine individuelle Anpassung der Geräteoberfläche ermöglicht werden sollte.

Die ursprüngliche Fernbedienung für Google TV stammte vom japanischen Elektronikkonzern Sony. Neu daran war vor allem die beidseitige Verwendung. Auf der einen Seite eine komplette Tastatur – auf der anderen ein Touchpad. Doch das war nicht die einzige Neuheit gegenüber den Mitbewerbern. Schon damals war vorgesehen, Google TV nicht nur über Set-Top-Boxen anzubieten, sondern auch als Modul in künftige TV-Geräte und Blu-ray-Player der Firma

Sony zu implementieren. Erste Modelle dazu kamen im Jahre 2012 unter dem Namen NSZ-GS7 beziehungsweise NSZ-GS9 auf den Markt, sind aber heute größtenteils nicht mehr verfügbar.

Insbesondere die hohen Entwicklungskosten ließen das Projekt, das ursprünglich „Google TV“ heißen sollte, letztlich scheitern. Allein Logitech musste Verluste in mehrstelliger Millionenhöhe verbuchen und machte vielleicht deshalb einen Rückzieher aus dem Projekt. Selbst Google stellte die Entwicklung von Google TV im Jahre 2014 ein und konzentrierte sich auf parallele Projekte, wie beispielsweise Android TV.

Der im Rahmen der Google-Entwicklerkonferenz I/O 2014 in San Francisco vorgestellte Google-TV-Nachfolger kann sich mit seiner intuitiven Benutzeroberfläche, zahlreichen Features und einem reifen Betriebssystem gegenüber Apple und Amazon schon eher behaupten, auch wenn der große Durchbruch bisher nicht gelungen ist.



Abbildung 249: Sony NSZ-GS7 Player mit Google TV (doppelseitige Universalfernbedienung)

Android hat als Betriebssystem im Bereich der Smartphones und Tablets bereits eine marktführende Position eingenommen. Bei Android TV handelt es sich um ein sogenanntes L-Release-Produkt, das nach Abschluss der Testphase als Android 5.0 (Lollipop) bezeichnet wurde und in diversen Produkten namhafter Hersteller Verwendung findet. Vorteile der Neuerung gegenüber dem Vorgängersystem Android 4.4 Kitkat begründen sich unter anderem in einer einfachen und funktionalen Gestaltung der Benutzeroberfläche nach dem sogenannten "Material Design". Außerdem wird ein schnellerer Zugriff auf Bluetooth, WLAN und mobile Datenverbindungen gewährleistet sowie eine

Synchronisation von Musik, Fotos, Apps und Suchbegriffen zwischen den mobilen Endgeräten im Netzwerk. Darüber hinaus soll die neue Laufzeitumgebung ART die Apps schneller machen und auch der Akku soll länger halten.

Natürlich kann mit Android TV auf den Google Play Store zugegriffen werden, aber auch auf den systemeigenen App-Store sowie auf verschiedene vorinstallierte Apps von Drittanbietern (z.B. Netflix oder Spotify). Darüber hinaus soll Android TV nach und nach in diverse TV-Geräte aus dem Hause Sony, Sharp und Philips implementiert werden. Außerdem sind bereits verschiedene Streaming-Boxen mit der Android-TV-Oberfläche ausgestattet. So beispielsweise der Streaming-Media-Adapter in Form eines HDMI-Sticks, der unter dem Namen Chromecast im Juli 2013 als alternatives Google-Projekt vorgestellt wurde.

Google Chromecast

Was 2015 mit dem kleinen Google Chromecast als Stick für 19 Euro noch schwach und unscheinbar kaum eine Konkurrenz gegenüber Amazon und Apple darstellte, kam nur ein Jahr später besser, bunter und benutzerfreundlicher auf den Markt. 2016 punktet Google mit seinem neuen Chromecast für Video- und Audio-Streaming.

Doch bleiben wir zunächst beim Vorgängermodell, welches sich grundsätzlich kaum von Wecast, Anycast oder Miracast unterscheidet. Grundsätzlich gilt für alle diese Streaming-Sticks, die auch als WLAN-Dongle oder TV-Dongle bezeichnet werden, dass sie nicht an die „großen“ Boxen von Apple und vor allem Amazon heranreichen. Doch gerade für Einsteiger bietet Google Chromecast eine solide Möglichkeit, das Internet auf einen Flachbildschirm älteren Semesters zu bringen. Auch wenn der Stick beim Streamen im heimischen Netzwerk teilweise Bildruckler verursacht und sowohl voller Kinosound als auch Full-HD nicht möglich sind, ist der Stick gerade für Einsteiger eine gelungene Investition.

Ähnlich wie ein USB-Stick kann sowohl der Chromecast-Stick als auch seine Kollegen per HDMI-Schnittstelle an TV-Geräte angeschlossen werden. Den notwendigen Strom bezieht der Mini-Streamer entweder über ein Netzteil oder per Micro-USB direkt aus dem TV, wobei der Energieverbrauch hier geringer ist als beispielsweise bei Apple TV. Installation sowie Bedienung sind kinderleicht, das Smartphone fungiert als Fernbedienung, diverse Apps und Zusatzdienste sind ebenfalls verfügbar.

Auch bei Chromecast erfolgt der Stream der Audio- und Videodaten über WLAN (2,4 GHz). Der Stick selbst steuert dabei lediglich die Suchfunktion und Navigation sowie Lautstärke, während die Inhalte direkt aus dem Internet bezogen werden. Verantwortlich dafür ist die Streaming-Architektur Google Cast, die über sogenannte Commands die Kommunikation zwischen Steuergerät (Tablet oder Smartphone) und Stick regelt. Insofern handelt es sich streng genommen um kein klassisches Streaming-Protokoll wie etwa bei Apple AirPlay, sondern technisch gesehen vielmehr um einen DLNA-Server basierend auf einem Multicast-DNS-Protokoll.



Abbildung 250: © Creative Commons

Die Übertragung lokaler Medieninhalte aus mobilen Endgeräten auf den TV-Bildschirm ist genauso möglich wie das Streamen in umgekehrter Richtung. Dienste und Applikationen aus der Google-Familie sind selbstverständlich integriert. Dazu gehören unter anderem Art Project, Google Maps und Google Plus. Mit der Version 1.8.22 wurde Chromecast um eine Backdrop-Funktion erweitert, die eine Anpassung der dargestellten Medien und Information auf dem Stick ermöglicht. Neben einem vorinstallierten Bildschirmschoner in Form einer Diashow können eigene Fotos eingebunden werden sowie das regionale Wetter, Nachrichten und Satellitenaufnahmen angezeigt werden.

Interessant ist nebenbei bemerkt die vielfach erwähnte Assoziation der Modellnummer H2G2-42 zum Roman „Per Anhalter durch die Galaxis“ sowie der Modellnummer des mitgelieferten Netzadapters (MST3K-US) zur US-amerikanischen Fernsehserie „Mystery Science Theater 3000“, die auch mit MST3K abgekürzt wird. In der realen Praxis sind über Chromecast zahlreiche Apps und Dienste zu empfangen. Darunter finden sich YouTube, Netflix (ohne UHD/4K), Google Play sowie Red Bull.TV und RealPlayer Cloud. Im März 2014

wurde für deutsche User das VoD-Portal Watchever sowie Magine TV implementiert.

Wie bereits erwähnt, ist die Steuerung ausschließlich über mobile Endgeräte möglich. Hier im Besonderen nur mit Android- oder iOS-basierten Smartphones oder Tablets. Grundsätzlich reicht bei Android die Version 2.3, bei einigen Funktionen benötigt Chromecast allerdings Android-Versionen ab 4.3. Bei Geräten aus der Apple-Familie verhält es sich ähnlich. Basics funktionieren mit iOS ab Version 6.0 – also ab iPad 2 oder dem iPhone 3GS. Zusätzliche Features können nur mit Geräten ab iOS 7.0 realisiert werden. Und natürlich ist generell die Chromecast-App zu installieren, deren neueste Version unter anderem die Bildschirmspiegelung (screen mirroring) sowie den sogenannten Gastmodus unterstützt.



Abbildung 251: Chromecast Gastmodus

Hierbei handelt es sich um eine Funktion, die Nutzern eine Verbindung mit dem Chromecast-Stick ermöglicht, auch wenn das entsprechende mobile Endgerät nicht im vorhandenen Netzwerk angemeldet ist. Bei aktiviertem Gastmodus sendet Chromecast ein spezielles WLAN-Signal (beacon) aus, das vom Gastgerät empfangen wird und somit eine Verbindung zwischen beiden Komponenten herstellt. Dabei wird ein vierstelliger PIN-Code generiert, der auf dem Startbildschirm angezeigt wird. Der PIN-Code kann manuell eingegeben werden oder automatisch über Ultraschall erfolgen, sofern diese im Gastgerät empfangen werden können.

Der große Nachteil ist, dass Google Chromecast mangels separater Fernbedienung nicht im Offline-Modus funktioniert. Denn anders als bei der Übertragung mit WiFi-Direct-Standard wird hier die Internetverbindung des Mobilgeräts nicht getrennt. Deshalb können auch lokal gespeicherte Medien

nicht abgerufen werden. Allerdings unterstützt die von Chromecast genutzte Media Player Library (MPL) Streaming-Protokolle mit adaptiven Bitraten. Insofern kann die Bildqualität der Wiedergabe der vorhandenen Bandbreite angepasst und darüber hinaus Videodaten progressiv heruntergeladen werden.

Da Chromecast mit einer Schnittstelle nach dem HDMI-1.x-Standard ausgestattet ist, reicht die Bandbreite des Gerätes nicht für eine UHD/4K-Auflösung, wie sie mit HDMI 2.0 möglich wäre. Eine Erweiterung durch entsprechende Adapter (z.B. DisplayPort-1.3) ist nicht umsetzbar. Auch die Speicherkapazität lässt gegenüber Konkurrenzprodukten zu wünschen übrig. Chromecast besitzt einen 512 MB DDR3-SDRAM (DDR3L) sowie einen 2GB-Flash-Speicher, der ebenfalls nicht erweitert werden kann. Somit unterstützt das System nur eingeschränkt Videoformate, und zwar ausschließlich mit einer Auflösung von bis zu 1280 mal 720 Pixel (720p). Bei höheren Auflösungen werden die Daten komprimiert – wie im Übrigen auch Audiodaten mit hohem Speichervolumen. So werden Sounddateien, die in Dolby Digital oder Dolby Digital Plus codiert wurden, über HDMI lediglich „durchgeschleift“ (Audio Passthrough), können aber von geeigneten Endgeräten wieder dekodiert werden. Insofern wird Google Chromecast auch zukünftig nicht unbedingt zu einer ernst zu nehmenden Konkurrenz von Apple oder Amazon avancieren.



Abbildung 252: Video-Streaming mit Google Chromecast (www.google.com)

Seit 2016 ist nun der neue Google Chromecast auf dem Markt. Besser, bunter, benutzerfreundlicher – für 39 Euro. Videos, Musik und Fotos können ganz einfach vom mobilen Endgerät auf den Fernseher übertragen werden. Google verspricht über chromecast.com/apps einen Ausbau des App-Angebotes. Derzeit (Stand: 2016) stehen hierfür unter anderem Netflix, Zattoo, YouTube,

Watchever, Maxdome, 7TV und Spotify zur Verfügung. Wissen sollte man allerdings, dass all diese Streaming-Dienste nicht kostenfrei sind. Wenn Google also mit „einmalig“ wirbt, dann ist damit lediglich die Hardware gemeint.

Der neue Chromecast unterstützt die Betriebssysteme beziehungsweise Geräte mit Android 4.1 oder iOS 7.0 oder höher, Windows 10 dafür leider (noch) nicht. Ein Speicher ist nicht verfügbar, die Auflösung beschränkt sich auf Full HD und eine separate Fernbedienung ist auch hier nicht vorgesehen. Im Zweifel ist die Verwendung also reine Geschmackssache oder gar eine Weltanschauung, falls man mit Apple TV oder Amazon auf Kriegsfuß stehen sollte.

Für ebenfalls 39 Euro gibt es passend zur Video-Streaming-Box das Audio-Streaming-Gerät „Chromecast Audio WiFi“ von Google. Hiermit wird jede Box im Handumdrehen WLAN-fähig. Einfach den mitgelieferten Klinkenstecker in den herkömmlichen Lautsprecher stecken, den Chromecast Audio einrichten und vom Smartphone, Tablet, iPhone, iPad, Mac, PC oder Chromebook beispielsweise über die App Spotify jede Menge Musik und darüber hinaus Radiosender und Podcasts streamen. Steuerung und Lautstärkeregelung erfolgt also über das mobile Endgerät. Näheres hierzu findet sich auch auf chromecast.com/audio.



Abbildung 253: Audio-Streaming mit Chromecast Audio WIFI (www.google.com)

Google Nexus Player

Näher dran ist der Nexus-Player, der ebenfalls mit Android TV läuft und seit 2015 auf dem deutschen Markt zu haben ist. Anders als Google Chromecast ist

der Nexus-Player tatsächlich eine Streaming-Box und vielmehr mit Amazons Fire TV zu vergleichen. Denn zur Box gehört nicht nur eine Fernbedienung, sondern auf Wunsch auch ein Gamecontroller.



Abbildung 254: Streaming-Box Nexus Player (Google)

Über ein integriertes Mikrofon ist Voice Search (sprachgesteuerte Suchfunktion) möglich und mit zahlreich angebotenen Android-Spielen verdient sich der Nexus-Player seinen Namen. Jedoch ist die Filmauswahl ziemlich mager, da hier vorerst nur über den Google Play Store, Google Movies und Netflix zugegriffen werden kann. Neben dem Musikdienst Spotify fehlen als Standard-App auch VoD-Plattformen wie Maxdome, Watchever und (wen wundert es) Amazon Instant Video. Dafür stehen die Mediatheken von ARD und ZDF, BILD TV oder Sport1 zur Verfügung.

Schaut man sich die inneren Werte an, so besteht keinerlei Ähnlichkeit mit Chromecast. Wenn der 8 GB große Datenspeicher und der 1 GB Arbeitsspeicher noch nicht überzeugen, dann vielleicht der 1,8 Gigahertz schnelle Atom-Prozessor von Intel oder die Grafikeinheit PowerVR 6. Damit ist Full HD und sogar 3D möglich. Die Box von der Größe einer Blu-ray-Disk hat diverse Schnittstellen. Neben dem HDMI-Stecker für die Verbindung zum TV-Flachbildschirm verfügt der Nexus über eine USB-2.0-Buchse zum Anschluss weiterer Geräte, dazu kommt Bluetooth 4.1 und die automatische Verbindung zum Heimnetzwerk via WLAN-AC.

Nicht viele, dafür aber die gängigsten Video- und Audiocontainerformate werden unterstützt. So zum Beispiel MPEG-4 (ausschließlich) sowie MP3, WAV und ACC und JPEG für Bilder. Die mobilen Endgeräte innerhalb des Netzwerkes werden ebenfalls automatisch synchronisiert, was gerade die Gamer freuen wird. Wer unterwegs ein Spiel begonnen hat, kann es zu Hause am heimischen TV-Gerät zu Ende spielen. Ein Multiplayer-Modus ist ebenfalls realisierbar, indem einfach zwei Gamepads/Controller mit der Nexus-Streaming-Box verbunden werden.

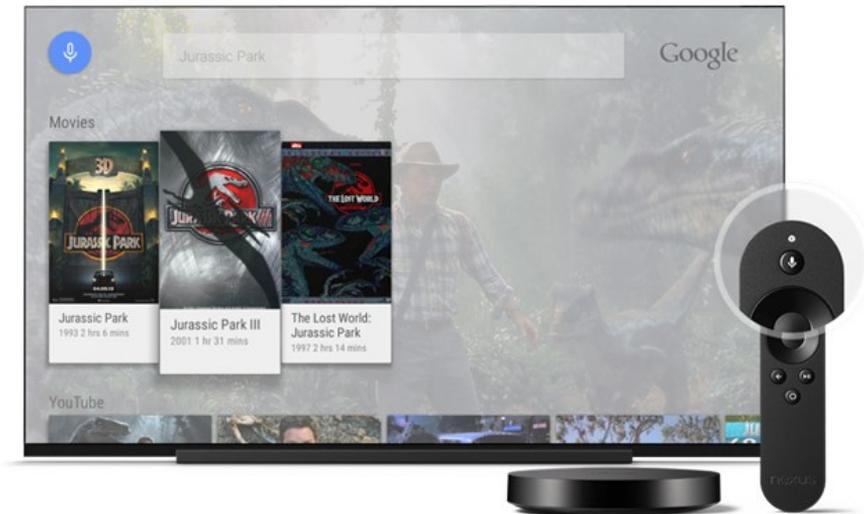


Abbildung 255: Nexus Player von Google

In Deutschland ist der Nexus-Player seit dem 15. April 2015 im Handel erhältlich und auch der Preis von durchschnittlich 90 Euro für die Box inklusive Fernbedienung und zusätzlichen knapp 50 Euro für das separate Gamepad liegt ungefähr bei dem der Konkurrenz.

NVIDIA SHIELD

Diese ebenfalls plattformunabhängige Streaming-Box auf Basis von Android-TV gibt es gleich mit Controller und/oder Fernbedienung. Hier kann sich nicht nur der Style sehen lassen, sondern auch der technische Standard ist durchaus konkurrenzfähig mit Amazon und Apple.

Mit seinem Tegra X1-Prozessor, einer 64-Bit-CPU, 3 GB RAM und einem 10-Bit-Farbsystem verspricht das kalifornische Unternehmen Nvidia nicht nur 4K-Auflösung, sondern darüber hinaus sogar eine exzellente Wiedergabe von HDR-Inhalten. Mit gleich zwei Schnittstellen für USB 3.0 sowie Dolby 7.1 und 5.1-Surround-Passthrough passt die Streaming-Box tatsächlich in die Kategorie „next generation“. Ganz preiswert ist das natürlich nicht. Die NVIDIA SHIELD TV-BOX gibt es für 199 Euro (16 GB Speicher) oder für 299 Euro mit einem gigantischen Speicher mit 500 GB (Stand: 2016).



Amazon Fire TV

Die beste Werbung für die ungekrönte Königin unter den Streaming-Boxen war wohl am 18. August 2015, als das Gerät „derzeit nicht verfügbar“ war. Noch ein Tag zuvor ging Amazon Fire TV für unter 70 Euro über den virtuellen Ladentisch. Dann waren die Lager leer. Und die erstaunte Kundschaft fragte sich zurecht, was da los ist im Hause Amazon. Auch in den USA startete im Sommer 2015 ein Ausverkauf, im Anschluss hieß es für die Nachfrage „out of stock“ – ohne Hinweis des Internethändlers, wann Geräte wieder verfügbar sind.



Abbildung 256: Amazon Fire TV (im Sommer 2015: ausverkauft)

Für 89 Euro gab es lediglich noch generalüberholte und damit gebrauchte Boxen im Angebot bei Amazon Deutschland. Die Spekulationen häuften sich. Was ist los im Hause Amazon? Kommt die nächste Generation? Anzeichen dafür fanden

sich im Juli 2015 in einem Benchmark, als dort ein Gerät mit der Bezeichnung „Amazon AFTS“ auftauchte - mit einem schnelleren Vierkern-Prozessor und einem Betriebssystem auf Android-5.1-Basis ausgestattet. Doch der Hersteller hüllte sich in Schweigen. Auf der Amazon-Website war lediglich der Hinweis „ob und wann dieser Artikel wieder vorrätig sein wird, ist unbekannt.“ vermerkt. Doch das will so gar nicht zu dem erfolgreichen Logistikriesen passen, der ansonsten jedes Produkt, das noch nicht auf dem Markt ist, über die Funktion „Jetzt vorbestellen“ ausstaffiert.

Wer es nicht abwarten konnte, wurde im Gebrauchtwarenmarkt bei Ebay & Co. vorrübergehend fündig, ansonsten hieß die Devise: abwarten oder sich mit der abgespeckten Variante der großen Box begnügen: dem Fire-TV-Stick, der nach wie vor lieferbar ist. Alles in allem soll im Folgenden dennoch erläutert werden, was die kleine Box bisher Großartiges unter der Haube hat.



Abbildung 257: Installation des Amazon Fire TV (www.amazon.de)

Nun kann man sich über „Big Brother“ berechtigterweise das Hirn zermartern, aber manchmal bringt das neue Spionagezeitalter und die entsprechende Technik auch etwas durchaus Praktisches mit sich. Wer als Amazon-Kunde und bestenfalls Prime-Mitglied über seinen Account die Streaming-Box oder den Streaming-Stick Fire TV käuflich erwirbt (oder eben erworben hat), der muss nicht mit lästigen Logins und Passwortabfragen seine Zeit verschwenden. Die einfache Handhabung ist tatsächlich überzeugend und lässt für zumindest einen kurzen Augenblick die Abhörskandale und Markendiebstähle in der Versenkung unserer Wahrnehmung verschwinden.

Auch wenn man kein Technikfan oder gar Profi ist, kann man Fire TV innerhalb kürzester Zeit installieren. Die Zeiten, in denen man sich nach dem Kauf eines Videorekorders oder DVD-Players stundelang mit seitenlangen und ziemlich verwirrenden Gebrauchsanweisungen herumschlagen musste, sind endgültig vorbei. Der Beipackzettel von Fire TV hat quasi Postkartengröße und alle technischen „Zutaten“ sind im Paket inklusive.

Die Stromversorgung funktioniert wie bei jedem Smartphone. Micro-USB in den Stick, USB in das Netzteil und ab in die Steckdose. Die Verbindung zum Fernseher erfolgt über eine HDMI-Schnittstelle. Hierfür kann entweder der Anschluss direkt am Fire-TV-Stick verwendet werden oder aber mithilfe des mitgelieferten HDMI-Extenderkabels. Anschließend nur noch das TV-Gerät anschalten, und schon kann es losgehen.



Abbildung 258: Amazon Fire TV (www.amazon.de)

In der Regel schaltet der Fernseher automatisch auf den richtigen HDMI-Eingang um, die Startseite von Fire TV wird sichtbar und empfängt den User mit einem Hilfenemü, das in Form einer lustigen Trickfilmanimation kurz und knapp erläutert, was zu tun ist. Und die Aufgabe des Anwenders besteht im Grunde genommen lediglich in der Eingabe einer Ziffernfolge. Denn was die kleine Wunderkiste natürlich nicht wissen kann (oder wissen sollte), ist der Key für das persönliche Heimnetzwerk. Nachdem das WLAN-Passwort eingegeben wurde, steht in Sekundenschnelle die personalisierte Oberfläche auf dem TV-Bildschirm bereit - und mit ihr die geballte Vielfalt von Amazon Prime Instant Video, zahlreiche Apps und der komplette Inhalt aus der virtuellen Musikbibliothek sowie alle Fotos aus dem Cloud Drive (sofern genutzt).

Wer sich nun fragt, warum man sich eine Set-Top-Box kaufen soll, wenn die App von Amazon Prime Video zumindest auf einigen Smart-TVs (z.B. Samsung) bereits vorinstalliert ist, der sollte wissen, dass diese Box viel mehr drauf hat. Denn nicht nur die Benutzeroberfläche ist weitaus übersichtlicher, das Streamen ist durch die zusätzliche Hardware um ein hohes Maß störungsfreier und damit hochwertiger. Selbst in Heimnetzwerken mit niedriger Datenrate ist ein Bildausfall nahezu unwahrscheinlich. Abgesehen davon lässt sich ein Flachbildschirm, der selbst nicht internetfähig ist, mit Fire TV in einen Smart-

TV verwandeln. Für den durchschnittlichen Hausgebrauch reicht im Übrigen der Fire-TV-Stick für 39 Euro allemal.

Mit einem Dual-Core-Prozessor (2xARM A9) sowie einem speziellen VideoCore4-Grafikprozessor und stolzen 8 GB Datenspeicher stellt der Fire-TV-Stick von Amazon seinen Mitbewerber Chromecast problemlos in den Schatten. Das kleine Wunderding streamt HD-Filme und -Serien mit einer Auflösung von 720p und 1080p bis 60fps, ein satter Surround-Sound mit Dolby Digital Plus (Passthrough bis 7.1) ist inklusive. Neben einem starken Speicher verfügt der Fire-TV-Stick über zwei Antennen im Dualband (MIMO) und unterstützt WLAN-Netzwerke mit dem Standard 802.11a/b/g/n. Darüber hinaus ist er mit Bluetooth 3.0 ausgestattet, das die Profile HID, HFP und SPP unterstützt, und Amazon-Cloud-Drive-Kunden können kostenlos den virtuellen Zusatzspeicher von 5 GB nutzen. Außerdem werden das Videoformat H.264 sowie die Audioformate AAC-LC, AC3, eAC3 (Dolby Digital Plus), FLAC, MP3, PCM/Wave und Vorbis unterstützt. Fotos können als JPEG, PNG, GIF oder BMP geladen werden.

Grundsätzlich kann der Stick (oder auch die Box) mit fast jedem Fernseher verbunden werden. Nach Angaben des Herstellers ist der Streaming-Stick von Amazon mit allen HD-Fernsehgeräten (60/50 Hz) kompatibel, die über eine HDMI-Schnittstelle verfügen. Einschließlich HDCP-kompatibler Modelle werden TV-Geräte der Hersteller LG, Panasonic, Philips, Samsung, Sharp, Sony, Toshiba, iSymphony, Digihome, Vizio und Westinghouse unterstützt.



Abbildung 259: Amazon Fire TV Stick (www.amazon.de)

Und das Wichtigste: der Stick ist unglaublich schnell. Die Menü- und Filmauswahl mit entsprechenden Zusatzinformationen ist tatsächlich in Sekundenschnelle per Knopfdruck möglich. Längere Ladezeiten entfallen, was unter anderem auf die integrierte ASAP-Technologie (Advanced Streaming and

Prediction) zurückzuführen ist, mit der sich der Stick den individuellen Vorlieben und Konsumgewohnheiten seines Besitzers schrittweise anpasst.

Einfach und funktional ist die Navigation. Die mitgelieferte Fernbedienung verblüfft durch ihre Schlichtheit. Während Google TV seinerzeit noch beide Seiten benötigte, reicht hier quasi ein Viertel der Fläche aus, um alle notwendigen Funktionen unterzubringen. Das kleine runde Touchpad bildet das Kernstück für die Auswahl am Bildschirm, mit dem Home-Button gelangt man von überall zurück zur Startseite. Die anderen Tasten erklären sich von selbst.



Abbildung 260: Amazon Fire TV Stick/Fernbedienung (www.amazon.de)

Wer seine Fernbedienung verlegt hat oder wem die Batterien ausgegangen sind, der kann auch über sein Smartphone oder Tablet navigieren. Mit der entsprechenden App aus dem Play-Store ist im Handumdrehen eine weitere Fernbedienung integriert. Und wer wiederum über kein mobiles Endgerät verfügt, der sollte sich die Fernbedienung seines TV-Gerätes näher anschauen. Der Infrarotempfänger übernimmt in der Regel das Signal, sodass auch mit dem herkömmlichen Zapper kinderleicht Fire TV bedient werden kann. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Sprachsteuerung, wie sie auch bei Konkurrenzangeboten möglich ist. Damit erspart man sich im Rahmen der Suchfunktion das umständliche eintippen bestimmter Begriffe. Die Spracherkennung erkennt nahezu alles, was man in das Mikrofon der Fernbedienung (nur bei der Set-Top-Box) oder seines Smartphones spricht, sofern dieses als Remote implementiert wurde. Egal ob Filmtitel, Schauspieler, Genre oder Regisseur – im Handumdrehen wird man fündig, jedenfalls dann, wenn der Film in der Videodatenbank vorhanden ist.

Auch bei Amazon Fire TV werden alle implementierten Geräte automatisch synchronisiert. Das betrifft nicht nur den angeschlossenen Fernseher, sondern auch sämtliche mobilen Endgeräte im Haushalt. Egal ob Filme, Musik, E-Books oder Games – sie sind auf Android und sogar Apple verfügbar. Und die gute Nachricht ist, Amazon erweitert die Download-Funktion für iPhones, iPads, Android-Geräte und Amazons Fire Devices.



Abbildung 261: Amazon Fire TV/Fernbedienung mit Voice Search (www.amazon.de)

Seit September 2015 können Prime-Mitglieder tausende Filme und Serienepisoden herunterladen und unterwegs offline sehen. Nähere Informationen und die entsprechenden Apps bietet Amazon auf www.amazon.de/getandroidvideo (für Android) und www.amazon.de/ios-download (für iOS-Geräte).

Eine weitere relativ neue Funktion ist X-Ray. Aus dem ursprünglichen Tool für Amazons E-Book-Reader Kindle Paperwhite entstand eine neue Version für Fire TV. Dabei nutzt X-Ray Informationen aus der Internet-Filmdatenbank IMDb (Internet Movie Database) und bringt passend zum jeweiligen Movie entsprechende Hintergrundinformationen zu Schauspielern, Szenen, Soundtrack etc. auf den Bildschirm.

Wer sich keine teure X-Box oder eine andere Spielekonsole zulegen möchte, wird über die Gaming-Plattform bei Fire TV ebenfalls bedient. Das Angebot ist auch hier umfangreich, mit den aktuellen Spielen bestückt und für Android-Geräte verfügbar. Wer bei Amazon ein Spiel gekauft hat, kann es nun auch auf dem großen Bildschirm spielen. Wenn man überhaupt etwas zu meckern hat,

dann lediglich im Gaming-Kontext, denn grafisch reichen die Fire-TV-Spiele nicht unbedingt an die Qualität heran, die auf Play-Station oder Xbox üblich ist.



Abbildung 262: Amazon Fire TV - mit dem X-Ray-Toll gut informiert (www.amazon.de)

Dennoch kann zusammenfassend gesagt werden, dass Fire TV tatsächlich sowohl konzeptionell als auch technisch die Nase weit vorn hat. Und die Umsatzzahlen bestätigen diese Tatsache. In einer Pressemitteilung vom 3. September 2015 erklärte Amazon, dass genau ein Jahr nach Einführung der Streaming-Player auf der IFA 2014 Amazons Fire TV „die am schnellsten verkaufte Hardware-Kategorie“ ist. Der Fire-TV-Stick avancierte hingegen in nur vier Monaten „zum meist verkauften Produkt 2015 auf www.amazon.de“. Der Vice President von Amazon, Jorrit Van der Meulen, fasst in ebenjener Pressemitteilung den Riesenerfolg zusammen: „Als wir Fire TV vorstellten, war die Nachfrage so hoch, dass das Gerät bereits nach vier Stunden ausverkauft war – und so ging es seitdem weiter. Nur sechs Monate später haben wir Fire TV Stick auf den Markt gebracht und damit den Erfolg von Fire TV noch übertroffen – kein von uns gebautes Produkt hat sich jemals besser verkauft.“ (Amazon, 03.09.2015)

Doch die stetigen Verkaufszahlen kamen nicht von ungefähr. Denn parallel zur Nachfrage erweiterte Amazon auch sein Fire-TV-Portfolio, das Amazon selbst als „großes und offenes Öko-System“ bezeichnet. So vervielfachte sich

beispielsweise in nur einem Jahr das Angebot für Fire TV. Im Sommer 2015 standen somit über 2.000 Kanäle, Apps und Spiele zum Download bereit. Neu dabei sind die Streaming-Dienste von Zattoo-TV, 7TV, n-tv, Clifish und Porsche-TV, seither natürlich ebenfalls verfügbar sind Netflix, Spotify oder YouTube.com und diverse Mediatheken (z.B. von ARD und ZDF). Aber auch der hauseigene Streaming-Dienstleister Amazon Prime Video erweiterte seine Produktpalette um 3.000 Titel. Die beliebtesten TV-Serien, Blockbuster, Filmevergrees, zahlreiche deutsche Produktionen, Dokumentationen, Konzertmitschnitte sind mitunter kostenlos, in jedem Fall aber auf Abruf erhältlich.

Und wer noch nicht genug hat in punkto Multimedia, der kann sich aus der Fire-Familie neben dem Smartphone auch noch das Kindle Fire HDX zulegen. Aktuell gibt es zwei Modelle (HDX 7 und HDX 8.9), die sich vor allem in ihrer Auflösung, Prozessorleistung sowie in den Abmessungen unterscheiden. Und natürlich im Preis. Das HDX 7 ist derzeit (Stand: 2015) für 159 Euro, das HDX 8.9 für 379 Euro zu haben. Vorgängermodelle wie das HD 7 kosten mittlerweile unter 100 Euro und sind damit ein wirkliches Schnäppchen für ein Tablet, das alles auf einmal kann. Denn mit diesem mobilen Gerät ist nicht nur das Surfen, Shoppen und Streamen möglich. Eine komplette Bibliothek, Mediathek, alle Fotoalben und sogar die Büroablage passen in dieses winzige Ding, deren Speichervolumen von 8 GB bis zu sagenhaften 64 GB reicht.



Abbildung 263: Amazon Kindle Fire HDX 8.9 (www.amazon.de)

Gerade für unterwegs oder auf langen Reisen können Filme und Serien geschaut, Hörbüchern gelauscht, Bücher gelesen sowie fotografiert, dokumentiert und gespielt werden. Und das alles im Offline-Modus, da auch hier die Downloadfunktion zur Verfügung steht. Wahlweise steht dafür die

Möglichkeit, Filme, Bücher etc. auf der Cloud zu belassen oder eben direkt auf das Gerät herunterzuladen. Über WLAN oder Hotspot lässt sich überall online gehen, um die neuesten Charts beispielsweise in den sozialen Netzwerken zu kommunizieren oder eine E-Mail zu schreiben. Denn Amazon lässt auch auf diesem Gerät zahlreiche Dienste von Drittanbietern zu, was leider noch nicht generell im Multimediabereich selbstverständlich ist. Kurzum: im Vergleich zu herkömmlichen Tablets ist das Kindle Fire ein wahres Multitalent und kann als kleiner Bruder der Flachbildschirme gesehen werden – nur dass er flexibler, funktionaler und natürlich mobil einsetzbar ist.

Und für alle, die sich nun fragen, was aus dem Kindle Fire TV geworden ist: Seit dem 3. November 2015 bietet Amazon exklusiv das aktuelle Modell mit UHD/4K-Auflösung für 99 Euro an. Näheres hierzu findet sich in den Kapiteln „Streaming in Ultra HD und 8K“ sowie „UHD/4K-Streaming“ dieses Buches.

Das richtige Netz(werk)

Die Vielfaltigkeit des Fernsehens hat natürlich auch seine Tücken. In Anbetracht der zahlreichen Übertragungsmöglichkeiten des TV-Signals kann einem bisweilen schwindlig werden. Während man noch vor fünfzig Jahren lediglich eine Steckdose benötigte und für die Zimmerantenne einen geeigneten Platz suchen musste, sind wir heute nicht selten mit dem Angebot komplett überfordert. Und Tatsache ist, die Lektüre einer einzigen Gebrauchsanweisung hilft heutzutage kaum noch weiter, um komplexe Themen wie Streaming oder gar das Internet zu verstehen. Durch die digitale Vernetzung und die Vielzahl der Methoden wird das Fernsehen zu einer durchaus komplizierten Angelegenheit. Doch wie überall im Leben ist auch diese Sache kinderleicht, wenn man sie versucht zu verstehen. Insofern ist ein gewisses Halbwissen über den modernen Fernsehbildschirm hinaus ein klarer Vorteil - nicht zuletzt um die ungeahnten Möglichkeiten tatsächlich nutzen und genießen zu können.



Abbildung 264: Netzwerk

Natürlich kann auch dieses Buch nur eine Basis vermitteln und vor dem Hintergrund der rasanten Entwicklungen lediglich eine Momentaufnahme darstellen. Deshalb sollen im Folgenden zumindest die wichtigsten Begriffe erläutert werden, die im Zusammenhang mit dem modernen, mobilen, multimedialen TV-Empfang der Gegenwart und Zukunft stehen. Denn egal, wie

man es dreht und wendet, das Fernsehen ist schon längst kein lokales Gebilde mehr. Wir alle gehören zu einem virtuellen Netzwerk, ob wir nun via Satellit, Kabel, Antenne oder Internet empfangen. Selbst wenn wir gar kein klassisches Fernsehgerät mehr im heimischen Wohnzimmer zu stehen haben, sind wir dennoch Teil einer globalen Community.

Nun kann man sich in dieses Schicksal fügen und dem nächstbesten Angebot trauen, was ins Haus flattert. Im Zweifel einen Vertrag unterschreiben, den man gar nicht haben wollte und damit Leistungen, die man vielleicht gar nicht benötigt. Oder aber man wappnet sich für eine Zeit des großen technischen Umbruchs, öffnet sich für die Vielfalt des multimedialen Entertainments und sucht sich gezielt das heraus, was zu einem passt.

Im Zusammenhang mit sämtlichen Möglichkeiten des digitalen TV-Empfangs tauchen immer wieder dieselben Begriffe auf. Ob Triple Play, All-IP, SAT-IP oder IPTV - wir kommen um das Internet nicht mehr herum. Was ist aber nun das richtige Netz? Was bedeutet Heimnetzwerk überhaupt? Was ist der Unterschied zwischen Fernsehen aus dem Internet und Internet aus dem Fernsehen? Was bedeutet WiFi, Ethernet oder Powerline? Und warum benötigt man für WLAN trotzdem LAN? Welche Router sind die besten? Woher weiß mein Lieblingsfilm eigentlich, dass ich ihn heute auf meinem Tablet schauen möchte? Und wie findet er überhaupt den Weg durch das WWW zu mir?



Abbildung 265: World Wide Web (www.1und1.de)

Internet

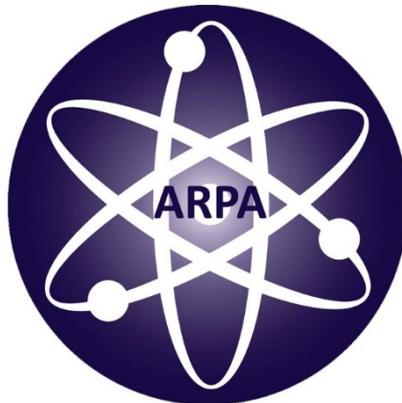
Seit das Internet in den 1990er Jahren den Weg in die privaten Haushalte gefunden hat, kennt es irgendwie jeder. Faszinierend bleibt, wie per Mausclick oder Fingerdruck ein Film abgespielt werden kann, ohne dass man umständlich eine Disk in ein dafür vorgesehenes Laufwerk schieben muss. Wer VHS-Kassetten, Schmalfilm oder den guten alten Diaprojektor noch kennengelernt hat, ist wahrscheinlich über diesen Umstand noch viel begeisterter als die junge Generation, die im digitalen Zeitalter heranwächst.

Seit der Erfindung des ersten elektronischen Netzwerkes in den 1950er Jahren führte die Verbreitung des Internets zu einem fast revolutionären Wandel in Wirtschaft, Forschung, Technik, Kultur und Gesellschaft. Der weltweite Informationsaustausch hat ein Niveau erreicht, das der Erfindung des Buchdrucks gleichkommt. Und wieder ist es mehr oder minder einem Zufall zu verdanken, dass wir heute ganz selbstverständlich mit der Tante in Florida skypen, die Informationen für die Bachelorarbeit aus Onlinedatenbanken beziehen, die Mathenachhilfe am PC realisieren, Nachrichten aus aller Welt und das Wetter im Minutentakt direkt auf unserem Smartphone nachlesen oder eben die neueste Folge unserer Lieblingsserie auf dem Weg zur Arbeit anschauen können.

Denn wie die meisten Erfindungen der Neuzeit ist das Internet, wie wir es heute kennen, ein „Abfallprodukt“ der Militärforschung. Denn insbesondere im 20. Jahrhundert aber auch rückblickend auf die Menschheitsgeschichte wurde nirgendwo mehr Geld ausgegeben als für die Kriegsmaschinerie. Insofern kann man wohl von Glück sprechen, dass die Menschheit zu weitaus mehr in der Lage ist, als nur Vernichtungswaffen zu entwickeln. Funk, Fernsehen, Satelliten- und Computertechnik, GPS, Navigationsgeräte und noch vieles mehr wird heute und hoffentlich auch in Zukunft zumindest zu einem überwiegenden Teil friedlich genutzt.

Während im Jahre 2016 nahezu jedes Kind ein eigenes Smartphone, Tablet und/oder Laptop besitzt und im Internet surfen kann, war diese Technologie zu Zeiten des kalten Krieges absolute Geheimsache. 1958 wurde vom US-amerikanischen Verteidigungsministerium die Advanced Research Project Agency (ARPA) gegründet. Diese Forschungsbehörde wurde mit der Aufgabe betraut, ein System zu entwickeln, mit dessen Hilfe US-Regierungsstellen, Rüstungsbetriebe und natürlich das Militär selbst alle vorhandenen Daten zentral sichern kann. Die Angst vor einem atomaren Angriff war seinerzeit sehr groß. Vor allem in den USA aber auch in Europa wurden dazu zahllose Bunkersysteme entwickelt, um nach einer etwaigen Verseuchung den

jeweiligen Staatsapparat am Laufen zu halten. Für den Datenaustausch benötigte man also eine Möglichkeit, die über lokale Systeme oder gar Papier und Kurierdienste hinausging. Vor diesem Hintergrund entstand die Idee eines elektronischen Netzwerkes, das alle wichtigen Informationen des amerikanischen Militärs beinhalten und darüber hinaus nicht mehr nur stationär aktualisiert werden sollte. Alle verknüpften Dienstrechner (Hosts) sollten unabhängig von ihrem lokalen Standort zeitgleich auf identische Daten zugreifen können.



ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY

Abbildung 266: Logo der Forschungsbehörde ARPA

Dazu gab die US Air Force im Jahre 1964 der RAND Corporation einen entsprechenden Auftrag, der allerdings scheiterte. Erst vier Jahre später gelang es der Forschungsbehörde ARPA, vier ihrer Großrechner zu vernetzen. Das erste dezentrale Netzwerk war geboren. 1972 waren im sogenannten ARPA-Netz bereits knapp 40 Computer angeschlossen. Die einheitliche Kommunikation der unterschiedlichen Stationen beziehungsweise Computer wurde im Jahre 1977 durch das TCP/IP-Protokoll (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) realisiert, das seither im ARPA-Netz eingesetzt wurde und bis heute nicht nur dort Bestand hat. Bis zum Fall der Berliner Mauer und der offiziellen Beendigung des Kalten Krieges wurde das ARPA-Netz weiterentwickelt. 1989 spaltete sich der militärische Teil ab und wurde unter der Bezeichnung Military Network weitergeführt. In den nichtmilitärischen Teil des Internets wurde im selben Jahr das Schweizer Forschungsnetz SWITCH implementiert.

1992 war es dann endlich soweit. Die Europäische Organisation für Kernforschung CERN mit Sitz in der Schweiz entwickelte das WWW (World Wide Web) und damit den wohl bekanntesten Teil des Internets. Hier sind seither alle Stationen verknüpft, die über das sogenannte Hypertexttransferprotokoll (http) erreichbar sind. Somit ist das Internet – und das WWW im Besonderen - letztlich das größte Netzwerk, welches wiederum aus Netzwerken besteht. Weitere Teilbereiche des Internets bilden E-Mail, Telnet, Usenet und FTP. Allen gemein ist das Prinzip der Verbindung von Rechnern untereinander und der Datenaustausch, welcher über verschiedene Internetprotokolle realisiert wird, die je nach Einsatzgebiet technisch normiert sind.

Während E-Mail (POP3, IMAP und SMTP) heute ebenfalls gängige Begriffe sind, wissen nicht viele Nutzer des Internets, dass es überhaupt weitere Teilbereiche gibt. Das sogenannte Unix User Network (Usenet) ist vielleicht nicht so bekannt wie das WWW, bietet für seine zumeist wissenschaftlichen beziehungsweise fachspezifischen Nutzer ein kleines Paralleluniversum. Schnörkellos bildet Usenet die Grundlage für fachliche Diskussionsforen (Newsgroups) in reiner Textform. Über den Ableger Binary Usenet können darüber hinaus auch Binärdateien als Anhänge verteilt werden. Das Teletype Network (Telnet) ist dem durchschnittlichen Privatnutzer ebenfalls nicht zwingend geläufig. Allerdings ist diese Variante des Netzwerkprotokolls relativ weit verbreitet. Das sogenannte Clientprogramm wird vorrangig zur Ausgabe von Betriebsdaten sowie zur Fernsteuerung oder aber Konfiguration von Computern genutzt, die keine grafische Benutzeroberfläche verwenden. Die Befehle sind also auch hier rein textbasiert (z.B. UNIX- oder DOS-Shell). Typische Anwendung findet Telnet bei Datenbankabfragen.

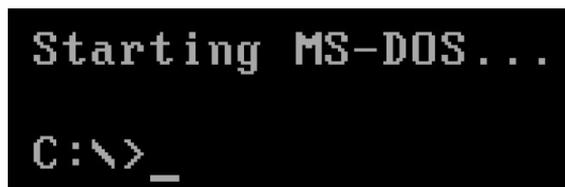


Abbildung 267: Textbasierte Befehle (DOS)

Das File Transfer Protocol (FTP) hingegen dient der Übertragung von Dateien innerhalb von IP-Netzwerken – also zwischen Server und Client. Dieses spezifische Netzwerkprotokoll, das es übrigens seit 1985 gibt, gehört zur Anwendungsschicht 7 des sogenannten OSI-Schichtenmodells, auf das im Rahmen der folgenden Ausführungen noch näher eingegangen wird.

Denn streng genommen kommunizieren nicht wir, die an unserem Laptop, Tablet oder Smartphone sitzen, sondern verschiedene Protokolle, die sich auf den unterschiedlichen Ebenen des OSI-Modells wiederfinden. Dabei wird dieses Modell grundsätzlich nicht vollständig abgebildet, sondern lediglich Teile (Schichten) davon verknüpfen sich gegenseitig und bilden somit eine komplexe Struktur in einem durchaus heterogenen Netzwerk. Auf Basis der Netzwerk- oder Kommunikationsprotokolle erfolgt der Datenaustausch zwischen den jeweiligen Rechnern, die in einem Netzwerk miteinander verbunden sind. Wie im richtigen Leben sind für eine erfolgreiche Kommunikation sowohl die Form als auch die Sprache beziehungsweise deren Bedeutung und Interpretation unabdingbar. Innerhalb der Rechnernetze bestehen deshalb ebenfalls definierte Vereinbarungen, die aus bestimmten Regeln und Formaten (Syntax) sowie einer festgelegten Sprache und einem Kommunikationsverhalten (Semantik) bestehen.

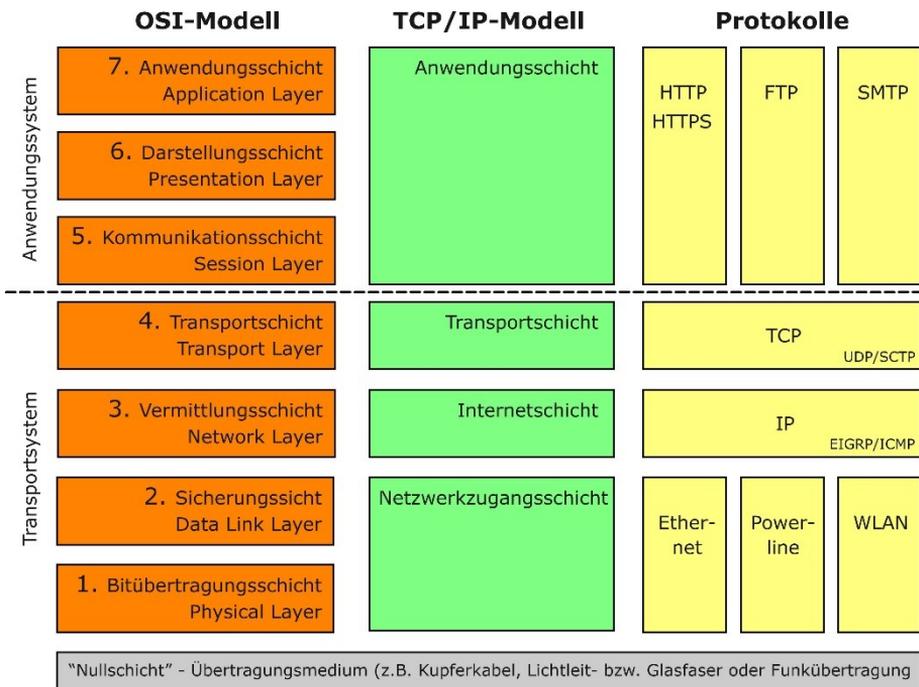


Abbildung 268: OSI- und TCP/IP-Modell – Struktur nach Schichten und Protokoll-Beispiele

Die verschiedenen Aufgaben werden nun auf unterschiedlichen Schichten wahrgenommen, wobei ein Zusammenspiel untereinander erfolgt. In diesem Zusammenhang spricht man auch von einer Internetprotokollfamilie oder im Kontext der Anordnung von einer Internetarchitektur. Zu den bekanntesten Protokollen gehören neben den bereits erwähnten die TCP/IP-Dienste, auf

deren Basis sich Internetprotokollfamilien bilden und weltweit Millionen Computer miteinander kommunizieren.

Das TCP/IP-Referenzmodell beinhaltet – anders als das OSI-Modell – lediglich vier Schichten. Die Entwicklung begann ebenfalls in den 1960er Jahren im Auftrag des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums. Im TCP/IP-Bereich werden Verbindungen zwischen Netzwerkteilnehmern hergestellt und Datenpakete über sogenannte Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (Hops) weitervermittelt. TCP/IP ist insofern das vereinfachte Modell von Netzwerkprotokollen, das die folgenden vier Schichten beinhaltet:

Anwendungsschicht (OSI-Layer 5-7)

Wie der Name vermuten lässt, umfasst die Application Layer (Anwendungsschicht) alle Protokolle im Zusammenhang mit Anwendungsprogrammen beziehungsweise einer Nutzung der Netzwerkinfrastruktur für den anwendungsspezifischen Datenaustausch. Dazu zählen die drei Transferprotokolle FTP (File Transfer Protocol/Dateitransfer), HTTP (Hypertext Transfer Protocol/WWW) und HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) als sichere Variante. Die Basis für die Kommunikation zwischen Domainnamen (www) und IP-Adresse entsprechend integrierter Geräte oder Gerätesysteme bildet das Domain-Name-System (DNS). Für die technische Steuerung von Kommunikationssitzungen im Internet (VoIP) ist das Session Initiation Protocol (SIP) zuständig und für den E-Mail-Versand das Simple Mail Transfer Protocol (SMTP).

Transportschicht (OSI-Layer 4)

In diese Schicht (Transport Layer) gehören alle Protokolle, die mit der Übertragung beziehungsweise dem Transport der Daten befasst sind. Neben dem Transportprotokoll SCTP (Stream Control Transmission Protocol) und dem User Datagram Protocol (UDP) ist vor allem das Transmission Control Protocol (TCP) das gängige Protokoll, welches die Verbindung zwischen Netzwerkteilnehmern herstellt, um ein zuverlässiges Versenden von Datenströmen zu ermöglichen.

Internetschicht (OSI-Layer 3)

Im Internet Layer werden die Datenpakete vermittelt und weitergeleitet. Dazu zählt beispielsweise die Wahl des Transportweges (Routing) und damit die Fragestellung, wie kommen die Daten von A nach B – oder vielleicht doch über ein Zwischenziel C. Im Mittelpunkt steht hier das Internet Protocol (IP), das sozusagen die Logistik übernimmt; aber auch der frühere Distanzvektor, der heute als EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) bezeichnet wird und zuständig ist für den Informationsaustausch zwischen einzelnen Routern via IP.

Netzzugangsschicht (OSI-Layer 1-2)

Die vierte Schicht (Link Layer) im TCP/IP-Referenzmodell enthält interessanterweise keine Protokolle der TCP/IP-Familie. Sie dient lediglich als Platzhalter für diverse Datenübertragungstechniken zur Punkt-zu-Punkt-Übertragung. Die auch als Host-an-Netz-Schicht bezeichnete Netzzugangsschicht ist quasi die Tür, der Zugang zur Datenautobahn. Ab hier wird lokal weitergeleitet – über interne Netzwerkverbindungen: WLAN, Ethernet oder Powerline.

Neben der Verbindung im lokalen Netzwerk (mit oder ohne Kabel) ist aber auch die Kommunikationsform zwischen Client und Server beziehungsweise die Klassifizierung der Adressierung ausschlaggebend. Das heißt, es gibt verschiedene Wege der Netzwerkkommunikation, die auch als Routing-Methoden bezeichnet werden.

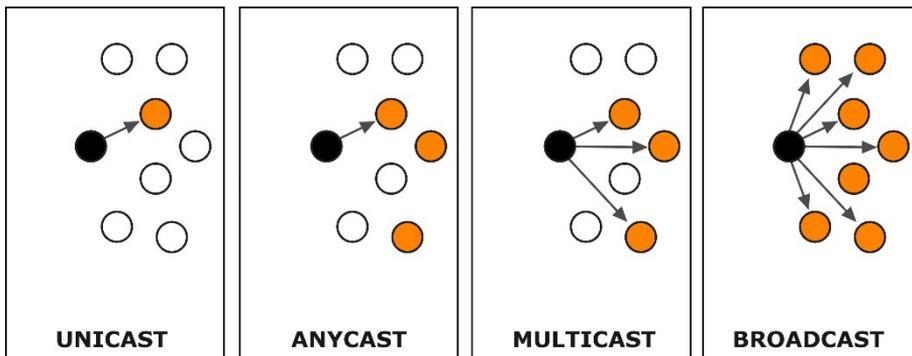


Abbildung 269: Klassifizierung der IP-Adressierung

Die schlichteste Variante bildet – wie der Name schon sagt: Unicast. Hier werden Nachrichten zwischen einem Sender und einem Empfänger übertragen. Nicht zu verwechseln ist diese Methode mit der Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen zwei Netzwerkteilnehmern. Unicast-Verbindungen werden vor allem für Netzwerk-Prozesse verwendet, bei denen vertrauliche und spezialisierte Ressourcen vom Empfänger angefordert werden. Hierzu zählt beispielsweise das Video-Streaming (vgl. auch Kapitel über SAT-IP).

Bei Anycast funktioniert die Kommunikation über eine bestimmte IP-Adresse. Hierzu können mehrere gleichartige Server auf separaten IP-Netzen verteilt werden, die sogar in unterschiedlichen Ländern oder verschiedenen Kontinenten installiert sind. Jeder Server/Rechner hat dieselbe IP-Adresse. Somit können bestimmte Dienste auch dann angeboten werden, wenn ein oder mehrere Server ausfallen. Im Rahmen der Administration muss die

entsprechend gleiche IP-Adresse vom Client angesprochen werden. Vor diesem Hintergrund besteht für den jeweiligen Client kein Unterschied zwischen Unicast und Anycast. Außerdem wird generell mit dem nächstgelegenen Server kommuniziert. Dadurch entsteht eine Lastverteilung, auf die der einzelne Client keinen Einfluss hat. Das Anycast-Konzept wird vor allem im Rahmen von Firmennetzwerken beziehungsweise für DNS-Rootserver genutzt.

Bei Multicast- oder auch Mehrpunkt-Verbindungen können zeitgleich von einem Sender mehrere Empfänger erreicht werden, wobei die Datenübertragungsrate nicht proportional zur Anzahl der erreichten Teilnehmer steigt. Dennoch bleibt bei Multicast die Verbindung geschlossen, das heißt, nur der kann die Datenpakete empfangen, der sich vorab beim Sender angemeldet hat. Der Spezialfall von Multicast ist Geocast. Hier kommt eine Verbindung in einem räumlich abgegrenzten Bereich zustande.

Eine weitere spezielle Mehrpunktverbindung ist Broadcast, was so viel wie „Rundruf“ bedeutet und mit dem umgangssprachlichen „Spaghetti-Prinzip“ verglichen werden kann. Denn von einem Punkt aus werden Datenpakete an alle Teilnehmer eines Netzwerkes versendet, wobei diese nicht explizit als Empfänger deklariert werden beziehungsweise die IP-Adressen nicht bekannt sein müssen. In der Praxis findet sich dieser Verbindungstyp beispielsweise bei der Suche oder Freigabe von Druckern sowie anderer Hardware via Bluetooth oder WLAN.

Netzwerkverbindungen

Dass mittlerweile nicht mehr nur Drucker, Scanner oder Fax-Geräte im heimischen Netzwerk miteinander verbunden werden können, ist seit einigen Jahren kein Geheimnis mehr. Wie bereits erwähnt, können Filme nicht mehr nur per Disk (DVD, Blu-ray) oder im klassischen Fernsehprogramm angeschaut werden. Smart-TV, HbbTV, Live-TV, Web-TV, Android TV, Apple TV, Amazon Fire TV, Video-Streaming, Set-Top-Boxen, Multimedia-Player, SAT-IP, IPTV, Triple Play, All-IP ... und alles via IP über die verschiedenen lokalen Netzwerkverbindungen: Ethernet (LAN), Power-LAN, WPAN oder WLAN.

Allen gemeinsam ist, dass die Anzahl der Geräte, die in ein solches Heimnetzwerk eingebunden werden können, von Jahr zu Jahr steigt. Während zum Ende des 20. Jahrhunderts lediglich Computer und Drucker in Privathaushalten zu finden waren, die via LAN miteinander verbunden wurden, sind die Geräte heute kaum noch zählbar.



Abbildung 270: Entwicklung des Heimnetzwerkes

Für welche Verbindung man sich im heimischen Netzwerk entscheidet, hängt letztlich von der Beschaffenheit des Hauses, den Ansprüchen der Nutzer und natürlich vom Leistungsumfang des Netzes beziehungsweise der Datenübertragungsrate ab.

LAN (Ethernet)

Die älteste Möglichkeit ist die direkte Verbindung von Netzwerkkomponenten mithilfe von Kabeln. Hierbei stehen sich zwei Geräte quasi Face-to-Face gegenüber. Denn bei der Verbindung über LAN (Local Area Network) werden alle Clients einzeln mit dem Router verbunden, welche zusammen das Ethernet bilden. Klarer Vorteil ist die sichere und weitgehend störungsfreie Vernetzung. Im Rahmen der Netzwerkkonfiguration erfolgt die Zuweisung der IP-Adressen der jeweiligen Endgeräte (Clients) automatisch über den Ethernet-Anschluss vom Server (Router). In diesem Zusammenhang wird der Begriff DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) verwendet.

Ein weiterer Vorteil ist die Leistungsstärke. Keine andere Netzwerkverbindung bietet Datenübertragungsraten wie das Ethernet. Diese reichen bei Standardverbindungen von 10 Mbit/s über 100 Mbit/s - beim sogenannten Fast Ethernet bis hin zu sagenhaften 1000 Mbit/s im Gigabit-Ethernet. Die Qualität richtet sich grundsätzlich nach der Länge der Kabel innerhalb eines Gebäudes (vgl. hierzu auch das Kapitel „Schnittstellen“). Hier beträgt bei der modernen Form der Kupfer-basierten Twisted-Pair-Verkabelung (TP) die maximale

Netzausdehnung hundert Meter. Allerdings bietet das Ethernet über Glasfaser auf Multimodebasis auch Reichweiten von bis zu dreihundert Kilometern.

Der Nachteil liegt auf der Hand. Je mehr Geräte in das Netzwerk integriert werden sollen, desto mehr Kabel müssen verlegt werden. In vielen Büros dienen dazu spezielle Kabelschächte. In der Mietwohnung oder im Eigenheim wird es hingegen beschwerlich, den Fußboden aufzureißen, um den Kabelsalat zu verstauen. Eine kleine Abhilfe könnte eine Patch-Kabeltrommel (Conrad) schaffen. Doch für alle, die Mobilität zu schätzen wissen, wäre diese Lösung auch lediglich ein Tropfen auf den heißen Stein.



Abbildung 271: Patchkabel U/UTP mit RJ45-Stecker (Conrad)

Power-LAN (Powerline)

Bei diesem Begriff kann es leicht zu Verwirrungen kommen, da „Powerline“ sowohl als die Möglichkeit bezeichnet wird, das Internet direkt aus der Steckdose zu beziehen (Powerline Access) als auch über die Steckdose das heimische Netzwerk miteinander zu verbinden (Power-LAN).

Der Übertragungsweg via Stromnetz als DSL-Ersatz verkümmert zu einer regionalen Angelegenheit, wie im Kapitel (Powerline Access) noch näher erläutert werden soll. Die Alternative zum klassischen LAN via Kabel oder WLAN über Funk ist allerdings einen Blick wert, zumal sie sich zunehmend in den privaten Haushalten etabliert. Um weitere Verwirrungen zu vermeiden, wird im Folgenden der Begriff Power-LAN verwendet, auch wenn in der Fachliteratur und -presse parallel auch diverse andere Bezeichnungen praktiziert werden.

Der erste Vorteil, der im Zusammenhang mit dem Stromnetz zu nennen ist, liegt quasi auf der Hand. Die Infrastruktur ist bereits vorhanden. Kein Kabelverlegen. Kein Bohren. Keine Kosten. Im Vergleich zum funkbasierten

WLAN bietet die Verteilung über das Stromkabel weniger Störanfälligkeit, jedenfalls was das Internet anbelangt.

Wie funktioniert Power-LAN?

Ganz ohne Kabel und weiteres Equipment geht es natürlich nicht. Das Netzwerksignal muss erst einmal aufgenommen und dann über die Stromleitung (power line) befördert werden. Dazu wird ein Power-LAN-Adapter via Patchkabel mit dem Router verbunden und in eine Steckdose gesteckt. Durch Plug & Play weiß dieser erste Adapter von ganz allein, was er zu tun hat. Er bereitet das Netzwerksignal auf (Modulation), macht es also passend für den Transport über das Stromnetz. Je nachdem, wo das nächste Endgerät (z.B. Smart-TV) steht, wird ein zweiter Adapter in eine Hausstromsteckdose gesteckt und via Patchkabel mit dem Fernseher oder einem anderen Endgerät verbunden.

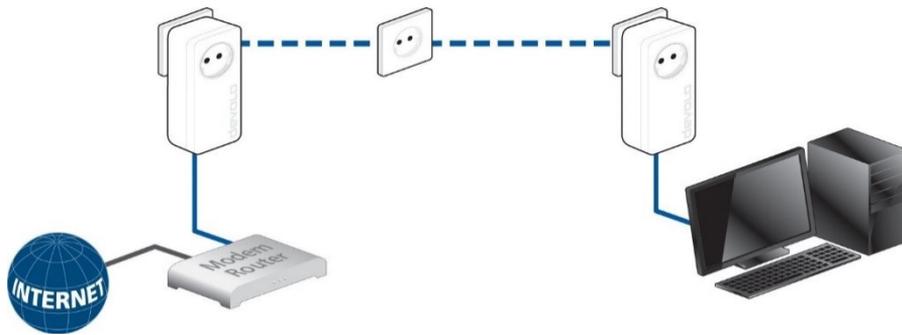


Abbildung 272: Power-LAN - stabile und schnelles Internet via Stromleitung (devolo)

Hier wird das IP-Signal demoduliert und das Internet quasi in den Fernseher befördert. Das stationäre Endgerät kann also sowohl Strom als auch Internet aus der Dose beziehungsweise dem Adapter ziehen. Insofern bietet Power-LAN eine stabile Verbindung und lässt sich einfach installieren: Auspacken. Einstecken. Loslegen. Sogenannte Starterkids mit einem Sender und einem Empfänger gibt es im Handel schon für unter 100 Euro.

Zu den bekanntesten und erfolgreichsten Herstellern gehört neben AVM die Firma devolo. Nach eigenen Angaben besitzen weltweit über zehn Millionen Haushalte bereits die Power-LAN-Adapter aus diesem Hause. Die aktuellen Geräte versprechen stolze Datenraten bis zu 600 Mbit/s, und zwar aus jeder Steckdose. Mit dem Werbeslogan „Funktioniert, wo andere versagen“, macht sich devolo auf, den Markt zu erobern.

Die lokalen Steckverbindungen gewährleisten (ähnlich wie LAN) naturgemäß eine Sicherheit, die WLAN nicht bieten kann. Darüber hinaus muss man nicht bei jedem Gerät den mitunter langen Netzwerkschlüssel eingeben. Das Heimnetzwerk wird genau einmal konfiguriert. Die Hersteller bieten hierzu die passende Software, die in der Regel für alle Betriebssysteme (Windows, Mac OS X, Linux) kompatibel ist. Die automatische Verschlüsselung im Adapter bietet deshalb nicht nur mehr Freiheit, sondern vor allem einen aktiven Schutz vor unbefugtem Zugriff Dritter. Ein „Absaugen“ des Netzes durch den Nachbarn ist somit nicht mehr möglich.



Abbildung 273: Devolo dLAN 650 triple+ Starter Kit (600 Mbit/s, 3 LAN Ports)

Wer also viel Wert auf eine stabile, sichere und schnelle „Leitung“ legt, der könnte mit Power-LAN eine gute Alternative zum Kabelsalat finden. Multimediakonsolen, Set-Top-Boxen, Smart-TVs, Computer, Drucker etc. lassen sich als stationäre Geräte einfach anschließen. Für Vielnutzer gibt es nunmehr auch Adapter mit mehreren LAN-Anschlüssen.

Natürlich ist aber auch hier ein Haken zu finden. Mobile Smartphones, iPods, Tablets und insbesondere ausgesprochene WLAN-Geräte lassen sich über Power-LAN-Adapter selbstverständlich nicht im heimischen Netzwerk integrieren. Da jeder WLAN-Router aber über entsprechende Schnittstellen verfügt, ist eine parallele Anwendung jederzeit möglich. Außerdem verfügen viele Power-LAN-Adapter bereits über integrierte WLAN-Sender.

So bietet die Firma TP-Link einen Adapter, der über eine sogenannte WiFi-Clone-Taste verfügt, mit der SSID und Passwort des WLAN-Netzwerkes automatisch eingelesen werden. Der Hersteller verspricht mit seinem Modell

TL-WPA4220KIT verschiedene Datenraten – je nach Übertragungsmodus: LAN (100 Mbit/s), Powerline (500 Mbit/s), WLAN (300 Mbit). Grundsätzlich eignen sich solche hybriden Adapter selbstverständlich auch, um das WLAN-Netzwerk zu erweitern. Denn die funkbasierte mobile Variante stößt in Bezug auf die Reichweite schnell an ihre Grenzen. Ist die Entfernung zum Netzzugangspunkt (Router) zu weit, weil sich dieser beispielsweise im Keller eines Einfamilienhauses befindet, könnte man im ausgebauten Dachgeschoss immer noch WLAN-Empfang haben, wenn man dort eine solche Adapter-Lösung verwendet.



Abbildung 274: Powerline WLAN Starter Kit 500 Mbit/s (TP-LINK)

Wer schon auf Power-LAN umgestellt hat und nun seine Internetverbindung mit neuen Adaptern aufpeppen möchte, der sollte wissen, dass die Stecker der einzelnen Serien durchaus abwärtskompatibel sind. Jedoch funktionieren sie nach dem einfachen Prinzip: Wir sind nur so schnell, wie das schwächste Glied in der Kette. Sollte also beispielsweise zwischen Adaptern der 650er-Produktreihe von devolo irgendwo im Haus noch ein 200-Stecker sein Dasein fristen, dann ist es durchaus möglich, dass die versprochene Datenrate von 600 Mbit/s nicht erreicht wird.

Ebenfalls negativ zu bewerten sind die Störungen insbesondere im Kurzwellenbereich, die durch Power-LAN-Adapter verursacht werden. Obwohl die Hersteller behaupten, dass die aktuelle Technik nicht für solche Funkstörungen verantwortlich ist, kann sich der Einsatz eines Steckdosen-Netzwerks auf den Radioempfang auswirken. Dass Funkamateure und passionierte Radiohörer sehr wohl ein Knacken in der Leitung hören, liegt insbesondere daran, dass die Stromleitungen nicht für die Datenübertragung

konstruiert wurden. Die klassischen Stromkabel sind ungeschirmt und nutzen für die Übertragung Frequenzbereiche zwischen 2 und 68 MHz. Damit wirken sie – wenn auch unbeabsichtigt – wie Antennen für den gesamten Kurzwellenbereich, der zwischen 3 und 30 MHz liegt.

Verschwiegen wird in den Hochglanzprospekten der Hersteller oft auch, dass die Entfernung zwischen Netzzugang und Endgerät bei Verlängerung über das Stromnetz entscheidend bleibt. Noch dazu ist die Datenrate von 600 Mbit/s zwar schön anzusehen, doch relevant für ruckelfreies Streaming ist der Downstream. Bei einem 16.000er DSL-Anschluss sind das direkt am Router tatsächlich 16 Mbit/s, ein Stockwerk höher liegt die Downloadgeschwindigkeit vielleicht noch bei 10 bis 12 Mbit/s, Tendenz auch hier fallend. Wobei natürlich zu erwähnen ist, dass Power-LAN immer noch stabiler funktioniert als WLAN.

WPAN (Bluetooth)

Obwohl Bluetooth keine klassische Netzwerkverbindung darstellt, eignet sich dieses spezielle Funkverfahren ebenfalls für die kabelfreie Datenübertragung zwischen Geräten – allerdings nur mit kurzer Distanz. Entwickelt wurde der Industriestandard gemäß IEEE 802.15.1 bereits in den 1990er-Jahren von der Bluetooth Special Interest Group (SIG).



Abbildung 275: Bluetooth-Logo

Dabei handelt es sich – ähnlich wie die Wi-Fi-Alliance – um einen Zusammenschluss von Unternehmen, die daran interessiert sind, die entsprechende Technologie zu entwickeln sowie zu vermarkten. Über 8000 Hersteller aus der ganzen Welt gehören mittlerweile zur Bluetooth-Group, die im Jahre 1998 von den Firmen Ericsson, IBM, Intel, Nokia und Toshiba gegründet wurde. Im Laufe der Zeit kamen weitere namhafte Größen der Technikbranche hinzu. So beispielsweise Microsoft und Motorola.

Was nun blaue Zacken oder Zähne mit einer modernen Funkübertragung zu tun haben, darüber könnte man sich streiten. Eine bekannte Erklärung ist die, dass der Name „Bluetooth“ tatsächlich auf den berühmten dänisch-norwegischen König Harald Blauzahn (King Bluetooth) zurückgeht, der im 10. Jahrhundert die

verfeindeten Gebiete von Dänemark und Norwegen vereinte. Obwohl die Historiker sich nicht einmal einig darüber sind, warum der einstige König überhaupt „Blauzahn“ genannt wurde, könnte die Verknüpfung seiner Initialen durchaus das heute nicht nur in Skandinavien bekannte Bluetooth-Logo erklären.

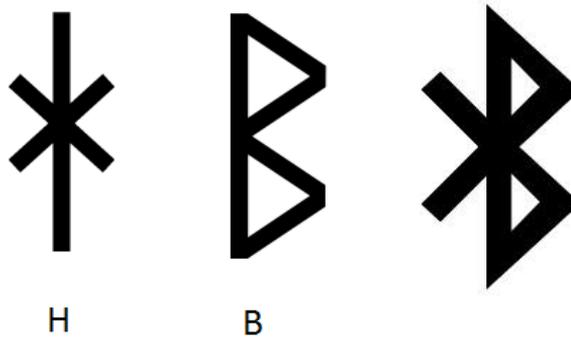


Abbildung 276: Hintergrund des Bluetooth-Logos

Im Gegensatz zu WLAN und Wi-Fi steht hinter der Bezeichnung „Bluetooth“ sowohl das Markenzeichen als auch der Name der Spezifikation für das entsprechende Funkverfahren. Dieses wurde hauptsächlich von den Wissenschaftlern Jaap Haartsen (Niederlande) und Sven Mattisson (Schweden) im Auftrag von Ericsson entwickelt. Ergänzt wurde die Technologie von Nokia und Intel. Im Wesentlichen basiert Bluetooth auf dem WPAN-Verfahren (Wireless Private Local Area Networks) und unterstützt damit die Verbindungsstandards „Punkt zu Punkt“ sowie „Ad-hoc“. Insofern eignen sich Bluetooth-Verbindungen für die Funkkommunikation von Geräten mit geringer Reichweite. In diesem Zusammenhang spricht man auch von der Short-Range-Wireless-Technologie (SRW). Dabei werden Entfernungen von bis zu zehn Metern erreicht. Mithilfe von Verstärkern kann die Distanz zwischen zwei Endgeräten sogar auf maximal einhundert Meter erhöht werden.

Die Übertragung erfolgt im lizenzfreien ISM-Band (Industrial, Scientific and Medical Band) bei Frequenzen um 2,4 GHz. In diesem Zusammenhang kann es zu Störungen durch WLAN, Schnurlostelefone oder sogar Mikrowellengeräte kommen. Um dem entgegenzuwirken, wird ein sogenanntes Frequenzsprungverfahren eingesetzt. Beim „frequency hopping“ wird das verwendete Frequenzband in 79 Stufen mit einem jeweiligen Abstand von 1 MHz eingeteilt, der bis zu 1.600 Mal pro Sekunde gewechselt wird. Eine andere Möglichkeit bieten Multislot-Pakete, bei denen die Frequenz nicht so oft gewechselt wird. Hier existiert am oberen und unteren Ende des

Frequenzbandes ein sogenanntes „guard band“ (Sicherheitsband), um die benachbarten Frequenzbereiche abzuschirmen.

Seit Dezember 2014 ist der neue 4.2-Standard auf dem Markt. Der Schwerpunkt liegt hier auf verbesserten Sicherheitsmerkmalen und einer höheren Übertragungsgeschwindigkeit. Hierzu bietet Bluetooth 4.2 erstmals die Verwendung des IPv6-Standards im Rahmen des Internet Protocol Support Profile (IPSP). Damit wird eine IP-IP-Konnektivität gewährleistet, die es bisher noch nicht bei Bluetooth gab. Denn die Sicherheit der Verbindung war seit der Markteinführung ein Manko, dem nur schwer begegnet werden konnte. Vor allem dann, wenn die Nutzer sich nicht freiwillig durch Passwort vor unbefugtem Eindringen Dritter geschützt haben. Auch zu kurz gewählte Pin-Codes können im Übrigen viel zu schnell gehackt werden. Deshalb sollte die bisher optionale Authentifizierung während des Verbindungsaufbaus in jedem Fall in Anspruch genommen werden.

SONY
MDR
XB950BT



Abbildung 277: Sony-Bluetooth-Kopfhörer MDR-XB950BT

Mit Bluetooth 4.2 werden zusätzliche Datenschutztechniken verwendet, die nicht mehr nur optional sind. So wird das Senden von Informationen über eine Bluetooth-Verbindung erschwert, wenn keine explizite Zustimmung des offiziellen Nutzers erfolgt, das heißt, bestimmte Dienste bedürfen zukünftig generell der ausdrücklichen Genehmigung des Anwenders. Darüber hinaus ist die beste Sicherheit selbstverständlich dann gegeben, wenn man die Bluetooth-Funktion an seinem Smartphone, Laptop etc. generell ausschaltet und nur während einer gewünschten Übertragung aktiviert.

Da moderne Bluetooth-Geräte ab Version 2.0 mit der DER-Technologie (Enhanced Data Rate) eine Übertragungsgeschwindigkeit von über 2 Mbit/s zulassen, wird Bluetooth nicht mehr nur für den Austausch geringer Daten (z.B. Fotos) genutzt.

Mithilfe entsprechender Klinkenanschlüsse können heute kabellos Kopfhörer oder kleine Soundanlagen mit dem Fernseher oder aber die Hi-Fi-Anlage mit Bluetooth-fähigen Laptops oder Smartphones verbunden werden. So kann die

Musik aus der virtuellen Cloud vom mobilen Endgerät auf die alte Stereoanlage im Wohnzimmer oder aber das Autoradio gebracht werden. Der LogiLink Bluetooth Audio Receiver (2.1) erlaubt beispielsweise eine Abspieldauer von bis zu zwölf Stunden (Standby: über 200 Stunden) dank integriertem Akku – bei einer Reichweite von bis zu zehn Metern.



Abbildung 278: Bluetooth® Musik-Empfänger LogiLink BT0020 (Version: 2.1 + EDR)

Für die kabelfreie Verbindung kleiner Geräte auf kurzen Distanzen ist Bluetooth insofern eine geeignete Alternative, zumal die Übertragung als solche kostenlos ist. Allerdings bleibt die Bandbreite im 2,45-GHz-ISM-Frequenzband begrenzt. Bei synchronen Übertragungen können nur wenige Geräte miteinander verbunden werden. Auch wenn die Bluetooth-SIG spezielle Erweiterungen im Rahmen der PHY- und MAC-Schicht der IEEE-802.11-Spezifikationen plant, bleibt der WLAN-Standard die derzeit einzig praktikable Lösung im Rahmen einer komplett kabellosen Netzwerkverbindung.

WLAN (WiFi)

Und Fakt ist: modernes Entertainment funktioniert heute weitgehend kabellos – vom Keller bis zum Dach. So weit, so gut. Aber wie? In vielen Restaurants, Bahnhöfen, Hotels, öffentlichen Einrichtungen und sogar mobil über Hotspots ist heute die drahtlose Funkverbindung WLAN nahezu Standard.

Auch aus den meisten Privathaushalten ist Wireless Local Area Network (WLAN) - also die drahtlose örtliche Vernetzung - kaum noch wegzudenken. Smart-TVs, Set-Top-Boxen und die mobilen Endgeräte sowieso verfügen über entsprechende Schnittstellen (integriertes WLAN) oder zumindest Optionen für externe Adapter per USB (adaptiertes WLAN).

Obwohl der Begriff „Wireless Local Area Network“ aus dem Englischen stammt, sucht man insbesondere im englischsprachigen Raum, wie in den USA, Großbritannien, Kanada aber auch in Spanien, Frankreich, Italien oder der Niederlande die Bezeichnung WLAN zumeist vergeblich. Auch in Deutschland setzt sich immer mehr der Kunstbegriff WiFi durch, der oft auch synonym für WLAN-Hotspots oder eben die kabelfreien Netzwerkverbindung genutzt wird.

Dabei ist „Wireless Fidelity“ lediglich ein Markenbegriff und zudem eine Analogie zu „High Fidelity“ (Hi-Fi) – dem Qualitätsstandard aus der Audiotechnik. Der Kunstbegriff Wi-Fi ist im Grunde also nichts anderes als ebenfalls ein Qualitätsstandard aus der IP-Technik, der von einem Firmenkonsortium erfunden wurde, das entsprechende Zertifikate für Geräte mit Funkschnittstellen vergibt.

Aber auch wenn Wi-Fi, dem IEEE-Zertifizierungsstandard der WiFi-Alliance, streng genommen nicht identisch ist mit WLAN als Netzwerkverbindung über Funk, ist dieser Begriff heute auf der ganzen Welt bekannt. Ursprünglich bildete sich die Wi-Fi-Alliance unter dem Namen Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA) Ende der 1990er Jahre und umfasste mehr als 300 Unternehmen. Zu ihnen gehörten unter anderem Apple, Asus, Canon, Dell, Hewlett-Packard, IBM, Intel, Lexmark, Microsoft, Nintendo, Nokia, Philips, Samsung, Sony, Toshiba. Das Konsortium prüfte und entwickelte diverse Komponenten und vergab auf Basis des IEEE-802.11-Standards das Wi-Fi-Zertifikat. Der Zusammenschluss aller namhaften Hersteller zur Wi-Fi-Alliance gewährleistet damit eine Kompatibilität verschiedener Wireless-Geräte und nicht zuletzt eine herstellerunabhängige Interoperabilität.



Abbildung 279: Logo der Wi-Fi-Alliance

Bis heute (Stand: 2016) setzt das Konsortium den weltweit allgemeingültigen Wi-Fi-Standard durch. Ende 2002 etwa wurde durch die Wi-Fi-Alliance der neue IEEE-Standard 802.11i etabliert, der auch als WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2) bekannt ist. Dabei handelt es sich um eine seinerzeit neue Verschlüsselungstechnik, die Sicherheitsstandards in Funknetzwerke implementiert. WPA2 basiert auf verschiedenen Standards. Unter anderem auf dem WPA-Vorgänger Wired Equivalent Privacy (WEP), der mittlerweile als unsicher gilt. Im Gegensatz dazu wird WPA2 als relativ sicher eingestuft, weshalb auch der Begriff RSN (Robust Security Network) synonym verwendet wird.

WLAN findet sich auf der ersten und zweiten Schicht des OSI-Referenzmodells wieder. Als Modulationsverfahren wird in der Regel das orthogonale Frequenzmultiplexverfahren OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) verwendet. Je nach Hardwareausstattung und Anforderungsprofil kommen für WLAN verschiedenen Modi in Frage. Zum einen zählt hierzu der bereits erwähnte Ad-hoc-Modus, welcher grundsätzlich für die spontane Vernetzung einzelner Endgeräte genutzt wird. Allerdings sind in diesem Zusammenhang sowohl Infrarot als auch vor allem Bluetooth die bekanntere Methode. Das favorisierte und in Privathaushalten am meisten verbreitete Verfahren für WLAN ist der Infrastruktur-Modus mit einer Basisstation (Router) und mehreren Clients (z.B. Laptop, PC, Tablet, Smartphone, Smart-TV, Receiver, Streaming-Box).

Übertragungswege

Doch wer sich für modernes, mobiles und multimediales Fernsehen entschieden hat, stößt spätestens bei der Auswahl des richtigen Netzes an gewisse Grenzen. Denn auch wenn die Technik kaum mehr Wünsche offen lässt, hapert es nicht selten am Netz selbst. DSL, VDSL, Glasfaser, LTE, Breitbandausbau ... alles schöne Worte. Nur was nützt der teuerste Smart-TV, die aktuellste Set-Top-Box und der schnellste Router, wenn die Datenautobahn vor der heimischen Netzwerktür quasi aus löchrigem Kopfsteinpflaster besteht?

Insofern sind Vergleiche der „schnellsten Netze“ nur bedingt sinnvoll und nützen letztlich nur dem, der auch eine Wahl treffen kann. Denn schnelles Netz ist zumeist nur denjenigen vorbehalten, die das Glück haben, in einer deutschen Großstadt zu wohnen. Auf dem platten Land kann man nicht einmal qualitativ hochwertig in die berühmte Röhre glotzen. Denn selbst wenn das Hightech-Glasfasernetz zum greifen nahe ist, scheitert der schnelle Internetzugang in nach wie vor weiten Teilen Deutschlands an der sogenannten „letzten Meile“.

Für viel Geld kann man sich den Anschluss natürlich bis in die eigenen vier Wände legen lassen. Wer sich das nicht leisten kann oder will, muss auf Alternativen wie LTE zurückgreifen. Und so können vor allem Bewohner ländlicher Regionen vom Highspeed per (Glasfaser-)Kabel auch weiterhin nur träumen.

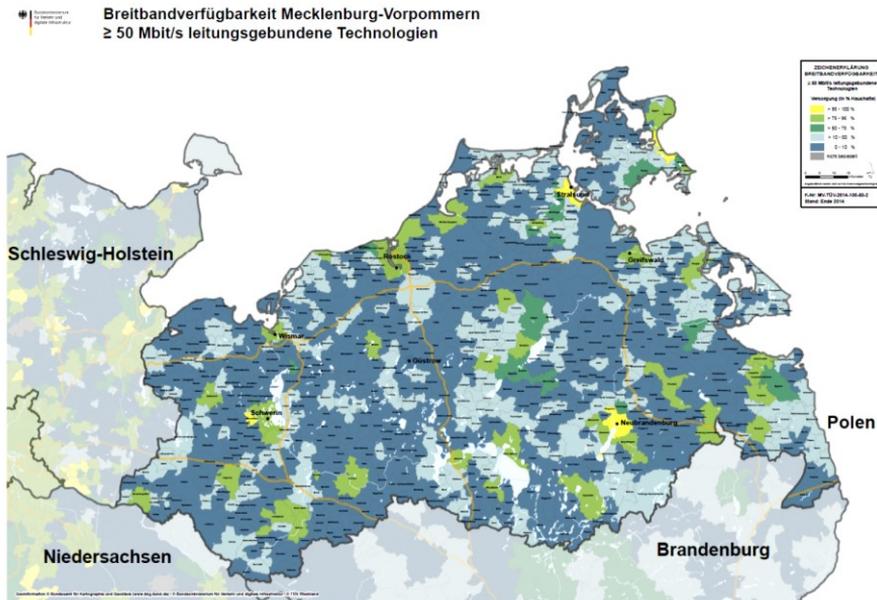


Abbildung 280: Breitbandverfügbarkeit Mecklenburg-Vorpommern (BMVI, 2015)

Welche Datenautobahnen gelten nun aber als halbwegs schlaglochfrei? Wo ist Highspeed möglich? Was ist die günstigste Variante? Was sind die wichtigsten Hintergründe? Wo kann man sich informieren? Was sind die Alternativen? Wie sehen die Netze der Zukunft aus? Diesen und weiteren Fragen soll im folgenden Kapitel nachgegangen werden.

DSL/VDSL

Schon seit Jahren kennt jedes Kind das Schlagwort „DSL“. In letzter Zeit macht insbesondere die Telekom viel Werbung für ihr VDSL. Aber worum geht es dabei eigentlich? Und was ist der Unterschied zu ADSL?

Wer noch das gute alte Modem kennt und das piepsende Geräusch, das es bei der mitunter zeitraubenden Einwahl hinterließ, der weiß in der Regel, dass der digitale Teilnehmeranschluss (Digital Subscriber Line: DSL) die herkömmlichen Kupferkabel nutzt, die im Volksmund als Telefonleitungen bezeichnet werden. Das Internet via Fernsehkabel oder Satellit wird zwar ebenfalls unter dem

Begriff „DSL“ vermarktet, allerdings gehören diese im klassischen Sinne eben nicht dazu.



Abbildung 281: Werbung für VDSL der Telekom

Simpel ausgedrückt, gab es seinerzeit noch freie Kapazitäten in den Telefonleitungen, die durch die Übertragung von Sprache allein nicht ausgelastet waren. Deshalb wählte man im Laufe der Digitalisierung des Telefonnetzes ebendiese Infrastruktur für die zusätzliche Datenübertragung. Wenn man nun bedenkt, wie alt das Telefon ist, kann man sich vorstellen, wie die erdverlegten Kupferleitungen nach jahrzehntelangem Einsatz aussehen. Wie bei jedem Kabel ist auch hier für die Qualität der Übertragung insbesondere die Länge aber auch die Beschaffenheit verantwortlich.

Veraltete Kabelschächte, Witterungsbedingungen, zum Teil fehlende Isolierungen und gegebenenfalls technisch nicht ganz einwandfreie Verteilerstellen sind nicht selten die Ursache für schlechten Empfang. Während ein Knacken oder Knirschen in der Telefonleitung irgendwann in den 1970er Jahren nicht weiter störte, möchte sich heute ein Kunde mit Festnetz- und DSL-Anschluss nicht mehr damit zufrieden geben. Denn wenn das Youtube-Video oder gar der spannende Thriller beim Streaming Aussetzer hat, dann hört der Spaß doch wirklich auf.



Abbildung 282: DSL-Varianten

Deshalb sollte bei der Anschaffung einer Streaming-Box oder eines Smart-TVs bereits im Vorfeld der Internetanschluss überprüft werden. Denn bei DSL gibt es Unterschiede, welche für Nichtkenner oft verwirrend sind. Wenn auf Routern beispielsweise steht „für VDSL und ADSL“, fragt sich der durchschnittliche DSL-Kunde, ob sein Anschluss damit überhaupt gemeint sein kann. Ja, er ist es! Denn die diversen „Präfixe“ vor der DSL-Bezeichnung geben in der Regel lediglich Auskunft über die verschiedenen Geschwindigkeiten der Übertragung (Stream).

Für das Senden (Upload) steht hierbei im Allgemeinen eine geringere Bandbreite zur Verfügung als für den Download - also den Datenempfang. Deshalb beziehen sich die Angaben der Provider (Anbieter) meistens auf die Downloadgeschwindigkeit, die für den Heimgebrauch weitaus wichtiger ist. Denn schließlich ziehen wir die Daten überwiegend aus dem Netz und nicht umgekehrt. Hinter der Abkürzung ADSL verbirgt sich beispielsweise nichts anderes als DSL. Das „asymmetrische DSL“ bedeutet lediglich, dass die Geschwindigkeiten für Download und Upload eben nicht symmetrisch, sondern unterschiedlich hoch sind.

Anders als SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line). Hier können die Daten genauso schnell ins Netz wie aus dem Netz geladen werden, wobei diese Variante kaum im Privatbereich, sondern vielmehr für Unternehmen geeignet

ist, die große Datenmengen ins Internet übertragen müssen. Aber egal, um welches DSL es sich handelt, das Prinzip als solches ist immer gleich.

Die Datenübertragung erfolgt auf einer ursprünglich ausschließlich für Sprache ausgerichteten Telefonleitung. Deshalb muss mithilfe eines Splitters das Sprachsignal vom Datensignal getrennt werden. Darüber hinaus sind ein Modem sowie ein Router notwendig, um ins Netz zu kommen und die digitalen Endgeräte miteinander zu verknüpfen.

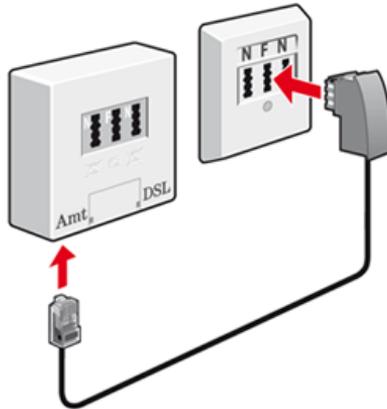


Abbildung 283: DSL-Splitter (links) und TAE-Dose (rechts) (www.avm.de)

Auch wenn das Modem heute nicht mehr piepst, ist das Prinzip bei DSL grundsätzlich dasselbe geblieben. Der Begriff setzt sich zusammen aus den Bezeichnungen der Arbeitsweise eines Modems. Denn die kleine Kiste ist sowohl MODulator als auch DEModulator – dient also der Kommunikation zwischen Sender und Empfänger. Während zum Ende des 20. Jahrhunderts dieser digitale Datentransfer noch über das sogenannte Schmalband funktionierte, wird heute mit höheren (breiteren) Trägerfrequenzen gearbeitet, wonach sich auch der Begriff „Breitband“ definiert.

Im Zusammenhang mit dem Breitbandausbau und den damit einhergehenden Datenübertragungsraten wird heute auch von „Very High Speed Digital Subscriber Line“ – kurz VDSL gesprochen. Grundsätzlich funktioniert auch VDSL genauso wie sein langsamerer Vorgänger. Gerade durch die Etablierung von Web-TV und VoD in privaten Haushalten steigt hier der Bedarf an schneller Übertragung hoher Datenmengen. Entsprechend müssen die Provider ihr Angebot durch technische Optimierung anpassen. Seit 2015 werden typischerweise Übertragungsraten von durchschnittlich 50 Mbit/s angeboten. Perspektivisch soll sich diese Zahl verdoppeln. Allerdings sind für ein solch hohes Übertragungsvolumen nicht ausschließlich die Leitungen verantwortlich, die derzeit tatkräftig ausgebaut werden. Der sogenannte DSL-

Zugangsmultiplexer beziehungsweise die Entfernung vom Shared Medium – also dem lokalen Netzwerk - zum DSLAM ist entscheidend für einen hohen Durchsatz. Bei diesem DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) handelt es sich im Grunde um nichts anderes, als den guten alten Telefonverteilerkasten.



Abbildung 284: Kabelverzweiger (links), Outdoor-DSLAM (rechts) (Wikimedia Commons)

In der Regel stehen diese Vermittlungsstellen für den Privatgebrauch in Wohngebieten. Je nach Wohnsituation laufen hier zahlreiche Teilnehmeranschlüsse zusammen. Allerdings darf die Entfernung vom Heimnetzwerk zum DSLAM nur maximal vier Kilometer betragen. In weniger urbanisierten Gegenden müssen hingegen weite Strecken überbrückt werden, deshalb fehlen dort nicht selten solche Verteilerkästen, die den DSL-Datenverkehr bis zum Endverbraucher bringen. Da heißt es dann: abwarten und LTE nutzen. Alle (V)DSL-Kunden haben irgendwo in der Nähe ihres Hauses einen DSLAM stehen, der sozusagen das Gegenstück zum heimischen DSL-Modem bildet.

Da vor allem in Ballungszentren mitunter mehrere tausend Haushalte über eine solche Vermittlungsstelle gespeist werden, kann es durch die unterschiedlichen Anschlüsse ebenfalls zu Beeinflussungen kommen, die insbesondere dadurch entstehen, dass sich Frequenzen überlagern oder nicht genutzt werden. Deshalb gibt es hier nicht selten eine sogenannte Trainingsphase, in der die Kommunikation zwischen DSL-Modem und DSLAM „geübt“ wird, um den jeweils vertraglich festgelegten Up- und Downstream maximal synchronisieren zu können.

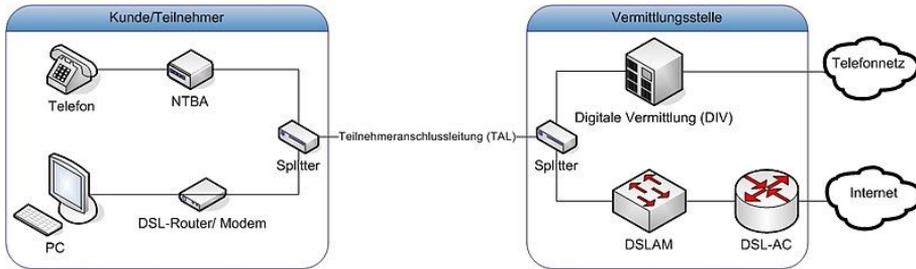


Abbildung 285: Schaubild DSL von der Vermittlungsstelle bis zum Kunden
(Wikimedia Commons)

Weniger Kuddelmuddel bieten „reine“ DSL-Anschlüsse. Da hier nicht mehr zwischen Telefonleitung und Datenübertragung differenziert wird, ist auch kein Splitter mehr erforderlich. Das neue Schlagwort in diesem Zusammenhang heißt: „Voice over IP“ – kurz VoIP. Einfach ausgedrückt, wird das ursprüngliche Telefonkabel ausschließlich für den Datentransfer genutzt. Wie der Begriff „IP“ vermuten lässt, kommt das Telefonsignal nunmehr ebenfalls über das Internet. Näheres hierzu findet sich im Kapitel „Netze der Zukunft“.

Allerdings ist die Zukunft für Bewohner in ländlichen Regionen nicht ganz so aussichtslos. Branchenverbände und Politik fordern seit Jahren die Beschleunigung des Netzausbaus, und das zu Recht. Die durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit in Deutschland betrug statistisch gesehen im Jahre 2015 etwas über 10 Mbit/s. Im internationalen Vergleich ist das mehr als dürftig. Der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) äußerte dies in seiner Pressemitteilung vom 10.07.2015 und appellierte an alle Beteiligten, den Netzausbau insbesondere in Bezug auf die Nachhaltigkeit zu beschleunigen. Gemeint ist hier das Glasfasernetz, mit dem sowohl Privathaushalte als auch Unternehmen mit schnellem Internet im Gigabit-Bereich versorgt werden könnten. ZVEI hält eine flächendeckende Umsetzung bis zum Jahre 2030 für realistisch.

Nicht zuletzt muss die Politik die entsprechenden Rahmenbedingungen (Bundesnetzausbauplan) schaffen und zügig weiterentwickeln. Im Juli 2015 forderte die CDU sogar einen Rechtsanspruch auf eine Internet-Mindestgeschwindigkeit von 50 Mbit/s. Im Abschlussbericht der zuständigen CDU-Programmkommission heißt es dazu unter anderem, „dass jeder an den Chancen der Informationsgesellschaft teilhaben kann“. Hierbei geht es vor allem um den Standortfaktor Internet. Die Ansiedlung von Unternehmen in ländlichen Regionen scheitert allzu oft daran, dass kein entsprechender Anschluss möglich ist. Deshalb stellt die CDU fest, dass jeder „überall in Deutschland über schnelles Internet verfügen“ sollte. Das geforderte

Zeitfenster der Kommission wurde auf zwei Jahre festgelegt (Quelle: sueddeutsche.de).



Abbildung 286: Internationaler Vergleich der Downloadgeschwindigkeit Mbit/s (statista.com)

Glasfaser

Die Frage bleibt jedoch im Raum: Was ist nun eigentlich so schwer am Netzausbau? Natürlich bedarf es Zeit und vor allem Geld, kilometerlange Kabel vorwiegend durch das Erdreich zu ziehen. Aber selbst wenn die Infrastruktur in der Fläche vorhanden ist, kommt es nicht selten am oben beschriebenen Verteilerkasten zu Problemen, die nur durch einen kompletten Umbau zu lösen wären.

Denn Glasfaserkabel könnten tatsächlich problemlos Datenmengen im Gigabit-Bereich (< 1000 MBit/s) befördern. Theoretisch! Doch in der Regel werden diese im Verteilerkasten mit dem weitaus langsameren Kupferkabel kombiniert. Natürlich legen mittlerweile auch private Anbieter solche Glasfasernetze. Jedoch fallen nach wie vor weite Teile der kompletten Infrastruktur, das heißt inklusive DSLAM, in den Zuständigkeits- oder zumindest Verwaltungsbereich der Telekom. Das (staatliche) Monopol der ehemaligen „grauen Post“ wurde zwar im Rahmen der Privatisierung in den 1990er Jahren zerschlagen, doch immer noch haben es kleinere Unternehmen schwer, den Marktzugang zu finden. Hauptgrund sind letztlich die hohen Kosten für die aufwändige

Bereitstellung der Glasfaser-Anbindungen. Regionale Anbieter sind bisher nur in großen Städten wie München, Köln oder Hamburg zu finden. Und selbst dort sind die Anschlüsse mit der Lupe zu suchen.

Doch wie funktioniert nun das Breitband-Internet über Glasfaser? Bei der Übertragung via Glasfasern werden die Daten als Lichtsignale codiert und weitergeleitet. Deshalb spricht man in diesem Zusammenhang auch von Lichtwellenleitern (LWL) oder auch optischen Leitungen, die aus langen und sehr dünnen Fasern aus geschmolzenem, hochreinem Quarzglas bestehen. Im Vergleich zu herkömmlichen Kupferkabeln (Telefonleitungen) bietet dieses Material eine weitaus geringere Anfälligkeit in Bezug auf elektromagnetische Störungen. Deshalb können im Glasfasernetz ohne „Reibungsverluste“ sehr viel höhere Datenmengen transportiert werden. Datenraten bis zu 40 GBit/s sind theoretisch möglich, wäre eben nicht die Überbrückung durch Kupferdraht bis zum Endkunden. Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen der Glasfasertechnologie auch von „Fibre To The Curb“ (FTTC) gesprochen, was so viel wie „Glasfaser bis zum Bordstein“ bedeutet. Auch FTTN ist ein gängiger Begriff: Fiber To The Neighborhood (Glasfaser bis zur Nachbarschaft) oder FTTB (Fibre To The Basement/Building – also Glasfaser bis in den Keller beziehungsweise zur Grundstücksgrenze).



Abbildung 287: Glasfaseranschlüsse im europäischen Vergleich (2012)

Lediglich bei der Variante FTTH (Fiber To The Home) wird die Glasfaserleitung bis in die Wohnung gelegt. Allerdings sind nur sehr wenige Häuser bisher überhaupt mit LWL-Kabeln ausgestattet. Die Sanierung der gebäudeinternen Kabelinfrastruktur ist kostenintensiv, zumal die sehr dünnen Leitungen überaus empfindlich gegenüber mechanischen Belastungen sowie Flüssigkeiten sind.

Auch dieser Umstand erschwert eine flächendeckende praktikable Lösung im Alltag. Deshalb wird Glasfaser in Deutschland fast ausschließlich für Datenfernleitungen (Backbone) verwendet. Die Zahl der Anbieter ist überschaubar, die Zahl der Verbraucher unterdurchschnittlich. Dabei könnte beim Neubau eines Eigenheimes gleich drauf geachtet werden, die „richtigen“ Strippen zu ziehen. Provider wie die Telekom beraten hierzu auf ihren Internetseiten oder via Hotline (www.telekom.de/bauherren oder 0800 33 01903).

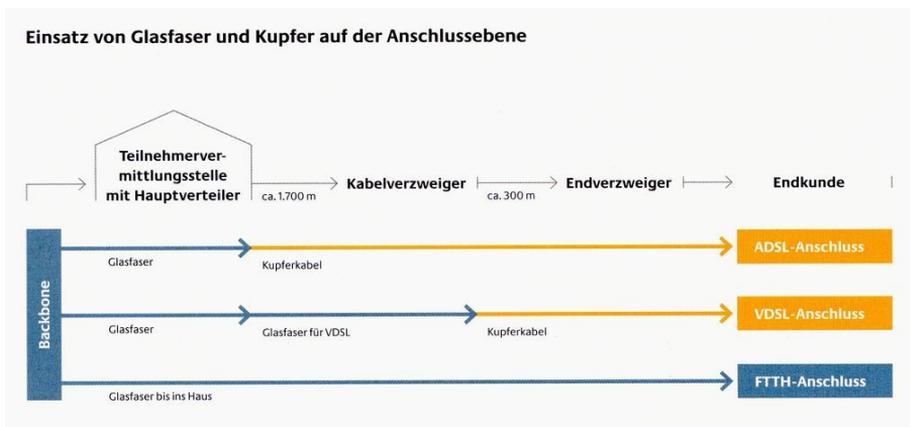


Abbildung 288: Anschlussvarianten (Quelle: Jahresbericht 2005 Bundesnetzagentur)

Doch wie bereits erwähnt, müssen die Leitungen überhaupt bis zum Bordstein verfügbar sein. Wenn es nicht mal diesen gibt, wird es schwer in punkto Internetnutzung. Allerdings bedeutet „schwer“ noch nicht zwangsläufig unmöglich. Denn auch für die zahlreichen Nutzer, die vom Breitbandausbau bisher nicht profitieren konnten, gibt es Zugang zur Datenautobahn, auch wenn diese eher einer schmalen Landstraße ähnelt.

LTE (4G)

Die Angebote der LTE-Anbieter liegen bei spärlichen 7 bis 50 MBit/s, wobei das versprochene Maximum selten, das Downloadvolumenlimit dafür entsprechend schnell erreicht wird. Ähnlich wie beim Vorgänger UMTS (3G+) wird das ohnehin schon langsame Netz auf ein paar KBit/s gedrosselt, was den Ladevorgang um einiges erhöht. Denn Datenmengen von einem Gigabyte sind schnell erreicht, wenn man Streamingdienste in Anspruch nimmt oder sich einfach im Internet gerne Videos anschaut.

Insofern stellt LTE (Long Term Evolution) für den Multimediabereich zu Hause nicht die optimalste Lösung dar, die aber immerhin besser ist als nichts. Der im Jahre 2012 eingeführte Standard verfügt über optimierte Modulationsverfahren

und die Nutzung verschiedener Frequenzbereiche. In ländlichen Regionen sind Frequenzen um 800 MHz, in Städten Bereiche von 1,8 bis 2,6 GHz möglich.

Diese Bandbreite macht in jedem Fall schnelleres Internet möglich, und zwar überall. Wer also keine Kupfer- oder Glasfaserkabel vor der Haustür oder gar in den eigenen vier Wänden hat, der könnte mit einem LTE-fähigen Router sein heimisches Netzwerk einrichten.

Abbildung 289: Werbung für LTE-Internet (2013)

Neben Funk- und Festnetz war Ende der 1990er Jahre eine weitere Alternative in der Entwicklung, die an sich sehr vielversprechend war – insbesondere da eine flächendeckende Internetversorgung einfach, schnell und kostengünstig hätte erfolgen können. Doch beim Internet aus der Steckdose gab es schlichtweg zu viele Hürden, die selbst die großen Konzerne wie E.ON, RWE, EnBW und MVV nicht überwinden konnten.

Powerline Access

Die Idee der vier größten deutschen Energieversorger klang auf den ersten Blick logisch und vor allem praktikabel. Schließlich ist das Stromnetz auch in der letzten Ecke Deutschlands verfügbar. Warum also nicht einfach Telefonie und Internet ebenfalls über die bereits vorhandene Infrastruktur legen und somit kosten- und zeitintensive Glasfaserkabelarchitektur sparen? Was auf den ersten Blick durch seine schlichte Ausführung besticht, wurde allerdings sogar von Experten beim Marktstart im Jahre 2001 als Flop deklariert, da nach deren Meinung das Konzept keine Chance gegen die Konkurrenz im kabel- oder

funkbasierten Breitband habe. Und ebenjene Experten sollten Recht behalten: Powerline-Access hat den Durchbruch nie geschafft. Die Hintergründe dafür sind zum einen auf den starken Wettbewerb am Markt zurückzuführen. Die technischen Probleme, die Powerline-Access mit sich bringt, sind jedoch andererseits auch nicht von der Hand zu weisen.

Die Powerline-Technologie wirkte sich störend sowohl auf den Amateurfunk, aber insbesondere auf die Funkdienste von Polizei oder Militär aus. Grund dafür sind die verwendeten Trägerfrequenzen. Während die Elektrizität standardisiert 50 Hz nutzt, werden bei der Datenübertragung über das Stromnetz weitaus höhere Frequenzen (150 kHz bis 30 MHz) verwendet. Der Nebeneffekt: Stromleitungen werden zu Antennen, und die daraus resultierende Störfeld-Problematik führte nicht zuletzt zu einer Bundesratsinitiative im Frühjahr 2001, über die vonseiten der damaligen Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (RegTP) bestimmte Grenzwerte festgelegt wurden. Die heutige Bundesnetzagentur musste die sogenannte Nutzungsbestimmung 30 (NB 30) allerdings wieder zurücknehmen, da vonseiten der EU diese als zu streng erachtet wurde. Geregelt wird Powerline dennoch - heute beispielsweise durch das Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG) und die Sicherheitsfunk-Schutzverordnung (SchuTSEV).

Die großen Energieversorger stiegen quasi kurz nach der Markteinführung schon wieder aus dem Geschäft aus. Bekannt für Internet aus der Steckdose ist bislang lediglich noch die Stadtwerke Hameln mit ihrem vor Ort angebotenen piper.net. Aber auch wenn sich Internet via Powerline-Access nicht durchsetzen konnte, nutzen die Energieversorger die Technologie für ihre Smart Grids und Privatanwender für die bereits erwähnte Heimvernetzung (Power-LAN).



Abbildung 290: Internet aus der Steckdose (www.stadtwerke-hamelnde.de)

Doch selbst wenn sich die eine oder andere Technologie nicht durchsetzen konnte, werden im Zukunftsmarkt der multimedialen Technik weitere Optionen entwickelt, um zumindest einen Basisstandard für alle Haushalte zu erreichen. Insofern ist das Ende der berühmten Fahnenstange noch längst nicht erreicht. Ähnlich wie beim Fernsehen gibt es deshalb auch für das Internet diverse Übertragungsmöglichkeiten, wobei mit zunehmender Nachfrage nunmehr auch Wege genutzt werden, die bis vor kurzem ausschließlich dem TV-Signal vorbehalten waren.

Netze der Zukunft

Die Not macht erfinderisch, könnte man meinen. Oder der Drang nach Vielfalt und das Ringen um Marktanteile kommt denjenigen zu Gute, die nicht ewig darauf warten wollen, bis der Breitbandausbau irgendwann auch ihre heimische Haustür erreicht hat. Wenn das IP-Signal über das Telefonsignal gelegt werden konnte, dann klappt das auch mit dem TV-Signal.



Abbildung 291: Werbung für Netzqualität (www.telekom.de)

Internet via Satellit

Richtig gedacht! Vor allem, weil schon das Satellitenfernsehen an sich nahezu überall verfügbar ist. So könnte IP over SAT durchaus eine flächendeckende Alternative zu DSL bedeuten und vielleicht sogar die Lösung für das Debakel um den Netzausbau und das Warten auf freiwerdende Frequenzkapazitäten durch die Digitalisierung des terrestrischen Radio- und Fernsehprogramms (DVB-T). Voraussetzung ist natürlich – wie bereits im Rahmen der Satellitentechnik erwähnt – die entsprechende Hardware, welche in der Anschaffung erst einmal nicht ganz billig ist, allerdings mittel- und langfristig gesehen durchaus preiswerter sein kann als Festnetz- oder Kabelanschluss.

Zumal mit einer Satellitenschüssel alle drei Dienste (Telefonie, TV und Internet) abgedeckt werden können. Das heißt, mit Eutelsat oder Astra ist Triple-Play verfügbar, und das gar nicht mal schlecht. Wo leitungsgebundene Technologien nicht möglich sind oder wem die funkgestützte Grundversorgung (1 MBit/s) zu wenig erscheint, der kann mit Satelliteninternet Übertragungsraten von bis zu 22 MBit/s im Downstream und 6 MBit/s im Upstream erreichen. Zur Erinnerung: Wer mit VDSL-Anschluss nicht direkt neben der Vermittlungsstelle wohnt, bei dem sinken die versprochenen 50 MBit/s proportional zur Entfernung zum DSLAM; ab 900 Meter bereits auf 26 beziehungsweise 5,5 Mbit/s, ab zwei Kilometern surft man lediglich auf ADSL-Niveau, das weit unter den Übertragungsraten via Satellit liegt.

Dank der Zweiwegetechnologie im KA-Band ist heutzutage auch beim Satelliteninternet sowohl Download als auch Upload möglich. Der französische Satelliten-Anbieter Eutelsat hat dazu die sogenannte TooWay-Technologie entwickelt. Wem das Inklusiv-Volumen der Anbieter zu niedrig ist, der kann den Vorteil der Nachoption nutzen. Hierzu bietet beispielsweise der Provider getinternet zwischen 0.00 und 6.00 Uhr morgens Surfen ohne Limit an, was insbesondere für Downloads größerer Datenmengen (z.B. Videodateien) interessant sein dürfte. Insofern lohnt sich der direkte Vergleich vor allem in Bezug auf das Inklusiv-Volumen und ein Blick in die jeweiligen AGBs. Denn auch bei Flatrates wird auf eine minimale Bandbreite gedrosselt, sofern das Datenvolumen erreicht wurde. Um eine Netzüberlastung in Hochnutzungszeiten zu umgehen, wird der Speed auf alle Nutzer fair verteilt (Fair Use Policy). Mithilfe eines sogenannten Volumen-Boosters kann man bei getinternet beispielsweise spontan sein Datenvolumen erhöhen.

| | | |
|--|--|---|
| <p>skyDSL2+ FLAT L</p> <ul style="list-style-type: none"> • bis zu 20 Mbit/s • Flatrate für Internet & Telefon • monatlich 10 € Rabatt nach dem 12. Monat (Treuebonus) • inkl. Musikpaket im Wert von bis zu 12,90 € • keine Mindestvertragslaufzeit • garantiert bei Ihnen verfügbar • inkl. Geld-zurück-Garantie <p>20 Mbit/s Download, 2 Mbit/s Upload, 10 Tbit/Monat, Festnetz, Geld zurück, Flatrate, Telefonie, Garantie</p> <p>inkl. Treuebonus 49⁹⁰€</p> | <p>skyDSL2+ FLAT S</p> <ul style="list-style-type: none"> • Internet-Flatrate mit bis zu 6 Mbit/s • monatlich 10 € Rabatt nach dem 12. Monat (Treuebonus) <p>6 Mbit/s Download, 512 Kbit/s Upload, 3 Tbit/Monat, inkl. Treuebonus 19⁹⁰€</p> <p>skyDSL2+ FLAT M</p> <ul style="list-style-type: none"> • bis zu 16 Mbit/s • Flatrate für Internet & Telefon • monatlich 10 € Rabatt nach dem 12. Monat (Treuebonus) • inkl. Musikpaket im Wert von bis zu 7,74 € • keine Mindestvertragslaufzeit <p>16 Mbit/s Download, 1 Mbit/s Upload, 6 Tbit/Monat, Festnetz, Flatrate, Telefonie, inkl. Treuebonus 34⁹⁰€</p> | <p>Bestellen Sie beim Marktführer in Europa, wie bereits hunderttausend Kunden vor Ihnen.</p> <p>Bestellen</p>  <p>Kunden über skyDSL</p> |
|--|--|---|

Abbildung 292: skyDSL - Internet via Satellit (2015)

TooWay, SkyDSL, getinternet, selbst bei Angeboten der Telekom ist das Prinzip von SAT-Internet vom Grundsatz her gleich, lediglich die Tarife unterscheiden

sich in der Datenrate und dem Inklusiv-Volumen. Ähnlich wie bei anderen Übertragungswegen kann man die Hardware direkt vom Provider beziehen und entweder als Einmalpreis oder aber als Leihgabe monatlich bezahlen.

| TooWay-Anbieter im Überblick | | | | | | |
|------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------------------------|
| Provider | Tarif | Down-stream MBit/s | Up-stream MBit/s | Inklusiv- volumen/ Flatrate | Kosten mtl. | Hardware einmalig o. Leihgerät |
| EUSANET | Flexus | 20 | 6 | bis 2 GB | 18,90 | 399,00 |
| | | | | bis 10 GB | 29,90 | |
| | | | | ab 10 GB | 54,90 | |
| Sat Internet Services | tooway 10 | 22 | 6 | 10 GB | 29,90 | 399,00 |
| | tooway 25 | 22 | 6 | 25 GB | 44,90 | 399,00 |
| | tooway 40 | 22 | 6 | 40 GB | 64,90 | 399,00 |
| | tooway Extra | 22 | 6 | 100 GB | 89,90 | 399,00 |
| | Flat Absolute | 20 | 6 | Flatrate | 89,95 | 399,00 |
| skyDSL | skyDSL 2+ Flat S | 6 | 1 | Flatrate | 29,90 | 399,00 |
| | skyDSL 2+ Flat M | 12 | 4 | Flatrate | 39,90 | 399,00 |
| | skyDSL 2+ Flat L | 20 | 6 | Flatrate | 69,90 | 399,00 |
| | | | | | | |
| getinternet | tooway 2 | 5 | 1 | 2 GB | 19,90 | 189,00 |
| | tooway 10 | 22 | 6 | 10 GB | 29,90 | 129,00 |
| | tooway 25 | 22 | 6 | 25 GB | 44,90 | 109,00 |
| | tooway 40 | 22 | 6 | 40 GB | 64,90 | 99,00 |
| | tooway Extra | 22 | 6 | 100 GB | 89,90 | 99,00 |
| | tooway Flat | 20 | 6 | Flatrate | 99,90 | 99,00 |

Abbildung 293: Satelliteninternet-Tarife im Vergleich, Stand: Juni 2015 (www.teltarif.de)

Doch egal, für welchen Provider man sich entscheidet, der Lieferumfang beziehungsweise das benötigte Equipment ist vergleichbar:

- Satellitenantenne mindestens 75 Zentimeter Durchmesser
- Sende- und Empfangs-LNB (iLNB)
- Modem mit Netzwerkanschluss (Ethernet/LAN)
- Netzkabel (Patch)
- Koaxialkabel
- Satellitenfinder (Point&Play-Werkzeug).

Für TV-Empfang und das Heimnetzwerk sind zusätzlich ein SAT-Receiver und ein WLAN-Router erforderlich. Da das Telefon nicht mehr über den herkömmlichen Telefonanschluss (ISDN) kommt, benötigt man für VoIP entsprechende Geräte. Wer zwei linke Hände hat und die Installation lieber einem Fachmann überlassen möchte, der findet bei seinem favorisierten Anbieter die nötige Unterstützung.

Vermittlung eines Montagefachmanns



- ✓ Montage der Satelliten Anlage
- ✓ Inkl. Kabelverlegung in ein Gebäude
- ✓ Inbetriebnahme des Modems mit Aktivierung
- ✓ Erstinbetriebnahme des Routers
- ✓ Ausrichtung der Satelliten Anlage

199,00 €

Direkte Abrechnung mit dem Dienstleister

Die Vermittlung durch getinternet erfolgt gratis.

● Lieferzeit: 3-5 Werktage

Abbildung 294: Montageservice für SAT-Internet (www.getinternet.de)

Internet via Kabel

Auch Kabelkunden können über ihren Fernsehanschluss ins Internet gehen. Die entsprechenden Provider (z.B. Kabel Deutschland oder Unitymedia) werben damit, dass TV-Kabel-Internet schneller als DSL und sogar VDSL sein soll. Dabei werden Datenraten von 32 bis 100 MBit/s versprochen. Allerdings ist auch hier Vorsicht geboten. Denn der tatsächliche Durchsatz reduziert sich proportional zur Anzahl der Nutzer. Das Maximum wird bestenfalls im Eigenheim erreicht, dagegen kaum in Mehrfamilienhäusern, wo sich zahlreiche Mieter einen Kabelanschluss teilen. Wer jedoch als DSL-Kunde in großer Entfernung zur nächsten Vermittlungsstelle wohnt, der könnte mit Internet via Fernsehkabel mehr Erfolg haben – jedenfalls in punkto Datenraten.

Mittlerweile kann man beim Kabelnetzbetreiber eben nicht nur Triple-Play – also Internet, Telefon und TV – buchen, sondern einen separaten Internetanschluss. Diejenigen, die auf das klassische Kabel-Fernsehen verzichten wollen, können also auch ohne Komplettpaket ins Netz. Hier wird das TV-Signal einfach gesperrt. Beim Preisvergleich zu DSL & Co. sollten die Geschwindigkeiten für Up- und Downstream aber auch das jeweilige Volumen der angebotenen Flatrates verglichen werden. In der Regel verbrauchen sich ein paar Gigabit schnell, danach wird standardgemäß gedrosselt.

Wer also seinen Internetanschluss für mehr als nur E-Mail nutzen möchte, sollte bei der Internetflatrate auf das Datenvolumen achten. Allerdings erreichen diese in den diversen Tarifen mittlerweile schwindelerregende Höhen. Die Firma Vodafone hat beispielsweise für ihre Kundschaft differenziert, wie viel Anwendungen in etwa 1.000 GB entsprechen. Die durchaus interessante Rechnung sieht wie folgt aus:

- bis zu 147.000 Youtube-Videos oder
- bis zu 241 HD Filmen (90 Minuten) oder
- bis zu 900 Filmen (Standardqualität) oder
- bis zu 694 Tagen oder 16.656 Stunden Musik hören oder
- bis zu 2.760 Stunden bzw. 115 Tage Skypen oder
- bis zu 2.500.000 Websites öffnen.

In der Erläuterung ihres Tarifes „Internet & Phone Kabel 200 V“ findet sich darüber hinaus der Hinweis, dass sich die maximale Geschwindigkeit von 200 MBit/s auf 10 MBit/s im Downstream reduziert, wenn dieses monatliche Inklusiv-Volumen von 1.000 GB verbraucht wurde. Jedoch bleibt zu bezweifeln, ob es selbst passionierten Couch-Potatos, Dauersurfern und HD-Guckern gelingt, dieses Limit überhaupt zu knacken.

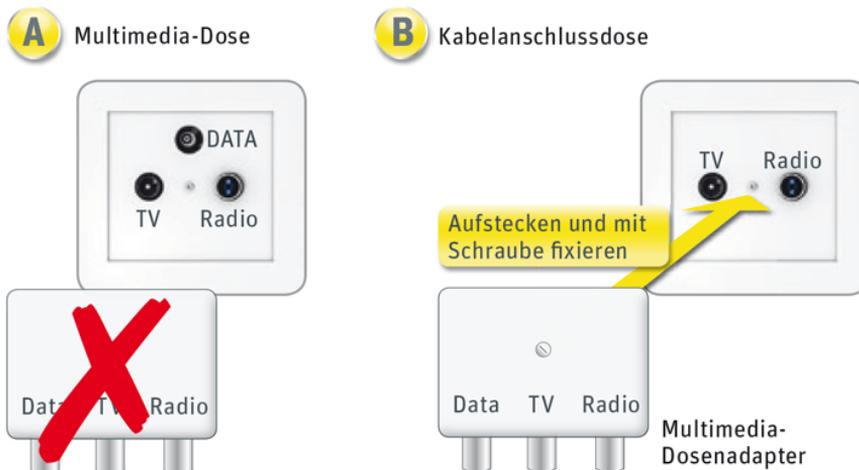


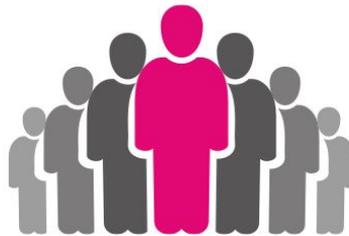
Abbildung 295: Umrüstung des alten Kabelanschlusses auf Triple Play (www.dslweb.de)

Wenn sowohl TV und Radio als auch Internet und Telefon über den kabelbasierten Anschluss übertragen werden sollen, muss in jedem Fall eine Umrüstung des Anschlusses erfolgen. Dazu kann entweder eine neue Multimedia-Dose installiert oder aber mithilfe eines Adapters die alte Dose umfunktioniert werden.

Wer also sowieso schon über einen Kabelanschluss verfügt oder sich demnächst einen solchen zulegen möchte, der könnte von Triple-Play profitieren und den separaten Telefon- und Internetanschluss (soweit vorhanden) kündigen. Denn der multimediale Paket-Service liegt voll im Trend und wird immer beliebter. Jedoch ist das sogenannte Next Generation Network (NGN) eigentlich schon wieder Makulatur. Was mit Voice over IP – dem Telefon über das Internet – begann und sich mit Triple-Play fortsetzte, wird demnächst sein kompaktes (vorläufiges) Finale im All-IP finden.

All-IP (Quad Play)

Wie der Begriff All-IP vermuten lässt, handelt es sich dabei um die Umstellung ALLER bisherigen Übertragungstechniken in Telekommunikationsnetzen auf IP-Basis: Telefon, Fernsehen, Mobilfunk und Internet kommt dann quasi aus einer Leitung. Als Nachfolger von Triple Play wird dieses Modell, das alle vier Segmente der Telekommunikation vereint, auch als Quad Play bezeichnet.



ERLEBEN, WAS VERBINDET.

Umstellung auf All-IP

Abbildung 296: Umstellung auf All-IP bis 2018 (www.telekom.de)

Die digitale Paketvermittlung über das Netzwerkprotokoll (All-IP) ist zwar für junge Leute, Technikbegeisterte und alle jene, die beispielsweise von Berufs wegen an modernen Technologien interessiert sind, ein wahrer Segen. Doch gerade die ältere Generation aber auch Menschen mit schmalen Geldbeutel sind dabei die Leittragenden, denn sie werden nicht gefragt. Analoge Technologien sowie ISDN-Anschlüsse werden in naher Zukunft vom Markt verschwunden sein. Und das nicht unbedingt freiwillig.

Bis Ende 2018 soll die Umstellung auf All-IP abgeschlossen sein. Nicht nur die Telekom, sondern die gesamte deutsche Telekommunikationsbranche hat sich zum Ziel gesetzt, das öffentliche Fernmeldenetz und damit sämtliche Anschlüsse auf die IP-basierte Technik umzustellen. Alle deutschen Privathaushalte aber vor allem Unternehmen, die bisher ISDN-Kommunikationssysteme genutzt haben, müssen sich langsam Gedanken darüber machen, wann und wie sie auf die IP-Technologie und damit auf neue Geräte umrüsten. Denn die alten Telefonanlagen sind dann ein Fall für die Müllabfuhr.

Und mehr noch: Wenn der Strom ausfällt, kommt die Kommunikation zum Stillstand. Während über die guten alten Telefonleitungen auch dann noch telefoniert werden konnte, wenn ansonsten Dunkelheit herrschte, wird mit VoIP diese Möglichkeit nicht mehr gegeben sein. Sämtliche Geräte sind auf den Strom aus der Leitung angewiesen. Wenn der Router nicht funktioniert, läuft also nichts mehr. Es sei denn, man verfügt über ein Notstromaggregat. Doch wer hat das schon?



Abbildung 297: Gigaset der Firma Siemens (ISDN und VoIP)

Die Telekom begann bereits im Herbst 2014, mit Zwangskündigungen zu drohen. Wechselunwillige Kunden werden sukzessive aus ihren Verträgen gedrängt. Auch wenn die große Kündigungswelle erst für 2017 geplant ist, wurde bereits im Jahre 2015 damit begonnen. Nach deutschem Vertragsrecht sind solche Zwangskündigungen rechtlich durchaus legitim.

Obwohl eine solche Vertragsbeendigung durch den Anbieter insbesondere für kleinere Telekommunikationsunternehmen bestenfalls die Ausnahme darstellen soll, bleibt sowohl den verbrauchenden Unternehmen als auch den zahlreichen Privatkunden nichts anderes übrig, als jetzt schon mal die Portokasse auf Eis zu legen. Denn je nach Umfang kommen mitunter hohe Investitionskosten auf sie zu. Bis 2018 will die Telekom ISDN komplett abschalten. Im Jahre 2016 gelten bereits etwa siebeneinhalb Millionen Anschlüsse in den Privathaushalten als umgestellt. Im Geschäftskundenbereich entwickelt sich die Umstellung auf die neue Übertragungsart hingegen etwas langsamer. Doch der Zeitplan für die Umstellung steht. ISDN war gestern. All-IP die weltweite Zukunft. Alternativen kaum vorhanden. Basta!



Abbildung 298: Werbung für IP-basierten Anschluss der Telekom (2015)

Doch der „Anschluss an die Zukunft“ ist als solcher natürlich auch kein Werk des Teufels. Im Gegenteil! Telefonieren, Surfen, Mailen, Faxen, Fernsehen – alles aus einer Hand, alles über IP – hat auch durchaus bestechende Vorteile zu bieten:

- hohe Bandbreiten
- mehrere Rufnummern
- viele Funktionen ohne Aufpreis
- kostenlose Rufumleitung
- automatische Namensanzeige auch ohne Rufnummernspeicherung
- kein Splitter oder NTBA mehr erforderlich
- exzellente Sprachqualität ohne Rauschen
- Festnetz über Smartphone
- Mailboxnachrichten per E-Mail
- geräteunabhängiger Zugriff auf alle Daten und Dokumente
- WLAN TO GO: kostenloses Surfen an Millionen Hotspots weltweit
- Regelung der Haustechnik (Beleuchtung, Entertainment, Alarm- oder Klimaanlage etc.) über Smartphone, Tablet oder PC
- und natürlich Fernsehen sowie VoD inklusive.

Man könnte also behaupten, bei All-IP handelt es sich um Fluch und Segen zugleich. Ähnlich wie bei der Umstellung von VHS auf DVD, DVD auf Blu-ray, Kassette auf CD, Schreibmaschine auf Computer, Röhrenfernseher auf Flachbildschirm, SD auf HD und HD auf UHD/4K wird man in einigen Jahren auch über den Wechsel zu All-IP nur noch schmunzeln.

Das einzig Anstrengende an der Entwicklung der multimedialen Welt ist doch letztlich die rasante Geschwindigkeit, mit der diese vorstättengeht. Der gute alte Fernseher des 20. Jahrhunderts war quasi ein Mitglied der Familie. Heute hat man kaum noch Zeit, mit den Geräten vertraut zu werden. Im gefühlten Minutentakt gibt es schon wieder Nachfolgemodelle mit weiterentwickelten Standards auf dem Markt. Deshalb sollen im nächsten Kapitel einige Geräte für das heimische Netzwerk vorgestellt werden.

Router & Co.

Die Basisstation im Infrastruktur-Modus bildet ein sogenannter Wireless Access Point beziehungsweise drahtloser Router, der für die Koordination aller Clients verantwortlich ist. Dieser sendet in festgelegten Intervallen (z.B. zehnmal pro Sekunde) kleine Datenpakete an alle Geräte (Clients) innerhalb des Empfangsbereichs, wobei dabei immer die niedrigste Übertragungsrate von 1 MBit/s gewählt wird. Die Datenpakete, welche auch Beacons (Leuchtfener) genannt werden, beinhalten bestimmte Informationen. Dazu zählen unter anderem der Netzwerkname (Service Set Identifier: SSID) sowie einige Parameter in Bezug auf die Verschlüsselung. Auf diese Weise wird der Verbindungsaufbau zwischen Router und Clients erleichtert, und der permanente Kontakt ermöglicht eine stetige Überwachung der Empfangsqualität.

The screenshot displays the web interface of a Fritz!Box 7112. The interface is organized into several sections:

- Header:** Features the 'FRITZ!' logo and the model name 'FRITZ!Box 7112'. Navigation links include 'Kennwort setzen', 'Ansicht: Standard', 'Inhalt', and 'Hilfe'.
- Left Sidebar:** Contains menu items for 'Übersicht', 'Internet', 'Telefonie', 'Heimnetz', 'WLAN', and 'System'. Below this is an 'Assistenten' section with the subtext 'Einrichten, Update, Telefone'.
- Main Content Area:**
 - Übersicht:** Shows 'FRITZ!Box Fon WLAN 7112 (UI)' with 'Firmware-Version 87.04.88' and 'Aktueller Energieverbrauch: 0%'. It notes 'Kennwortschutz nicht aktiv'.
 - Verbindungen:** Lists 'Internet' (verbunden seit 10.09.2015, 01:58 Uhr, 1&1 Internet) and 'Telefonie' (3 Rufnummern aktiv).
 - Anschlüsse:** Shows 'DSL' (bereit, 7,1 MBit/s ~ 961 kBit/s ^), 'LAN' (nicht verbunden), and 'WLAN' (an, gesichert).
 - Komfortfunktionen:** Shows 'Anrufe sperren' as 'aktiv'.
 - Anrufe (heute 1):** A list of call logs with columns for date/time, duration, and status.
 - Netzwerk:** Lists connected devices such as 'android-WLAN', 'android-WLAN', 'android-WLAN', 'android-WLAN', 'android-WLAN', and 'BK7'.
 - Telefonbuch (zuletzt bearbeitet):** Lists contacts like 'MM **2', 'Alle (Rundruf) **9', 'Auskunft 11833 11833', 'AVM Ansage (HD) 500@hd-tel...', and 'Telefon 1 **1'.
- Footer:** Includes links for 'Handbuch', 'Service-Portal', 'FAQs', 'FRITZ! Clips', 'Programme', and 'www.avm.de'.

Abbildung 299: Beispiel für eine Fritz!Box-Oberfläche

Im Allgemeinen suchen sich die Clients die Verbindung zum Zugangspunkt (Router). Anders als bei einer kabelgebundenen Variante, wo eine direkte Steckverbindung den Zugriff nichtautorisierter Dritter fast unmöglich macht, kann bei WLAN dies nicht ausgeschlossen werden. Deshalb ist eine Verschlüsselung sinnvoll, da theoretisch jedes Gerät im unmittelbaren Umkreis auf das Funksignal zugreifen kann. Zum Schutz des heimischen Netzwerkes sollte der WLAN-Zugang grundsätzlich mit einem entsprechenden Key (WLAN-Pin) verschlüsselt werden.

Aktiviert wird dieser Netzwerkschlüssel entweder bei der Installation des Netzwerkes oder auch im Nachhinein. In diesem Zusammenhang sollte auf die Abkürzungen WEP (Wired Equivalent Privacy) und WPA (Wi-Fi Protected Access) geachtet werden, die den jeweiligen Verschlüsselungsstandard darstellen, wobei der Nachfolger WPA2 mehr Sicherheit durch längere Schlüssel (Keys) gewährleistet.

Grundsätzlich sollte dabei beachtet werden, dass unrechtmäßige Nutzer nicht nur kostenlos durch das Internet surfen können, sondern im Zweifel auch Zugriff auf alle persönlichen Daten haben oder aber im Namen des eigentlichen Netzwerkinhabers (Internetvertragskunden) Straftaten begehen können. Denn ein Netzwerk (ob lokal als WLAN oder dezentral im WWW) funktioniert immer in beide Richtungen. So können Daten jederzeit zurückverfolgt werden.

Besitzer einer Fritzbox haben mit der Fritz!Box-Oberfläche einen relativ schnellen und vor allem einfachen Überblick (Abbildung 285). Auf jedem Tablet, PC oder Laptop, das im Heimnetzwerk angemeldet ist, kann über den Internetbrowser die Oberfläche des jeweiligen Routers (Fritz!Box) aufgerufen werden. Auch hier sollte auf ein Kennwort nicht verzichtet werden. Neuere Modelle schreiben ein solches im Übrigen vor. Grundsätzlich sind – wie in Abbildung 285 dargestellt – auf einen Blick sämtliche Informationen erhältlich, was insbesondere dann sinnvoll ist, wenn es zu Komplikationen kommt.

Denn die an sich einfache und vor allem praktikable Lösung ohne Kabel hat auch ihre Nachteile. Neben der Sicherheit sei hier die Störanfälligkeit genannt. Wer in einem Haus wohnt, dessen Wände und Decken aus dickem Stahlbeton bestehen, der kann selbst mit dem besten und teuersten Router seine Empfangsprobleme haben. Auch die Reichweite ist begrenzt. Wenn sich die Basisstation im Keller befindet, wird es ziemlich schwer bis aussichtslos sein, im zweiten Stock noch verlustfrei streamen oder surfen zu können.

Zur Erhöhung von Reichweite und Sendeleistung können auch mehrere Access Points (Router) zu einem Wireless Distribution System (WDS) zusammengeschlossen werden. Aber auch sogenannte Repeater dienen quasi als verlängerter Arm. Im heimischen Netzwerk könnte ein solcher Signalverstärker einem Smart-TV im Obergeschoss schon ordentlich auf die Sprünge helfen. Ähnlich wie Power-LAN vergrößern WLAN-Repaeter die Reichweite des IP-Signals. Denn die kleinen Boxen, die man ebenfalls in die herkömmliche Steckdose steckt, bereiten das empfangene Signal auf und senden es neu moduliert weiter. Somit können größere Distanzen vom eigentlichen WLAN-Router zu stationären oder aber mobilen Endgeräten überbrückt werden, allerdings erhöhen sie nicht die bestehende Datenrate eines Netzes.

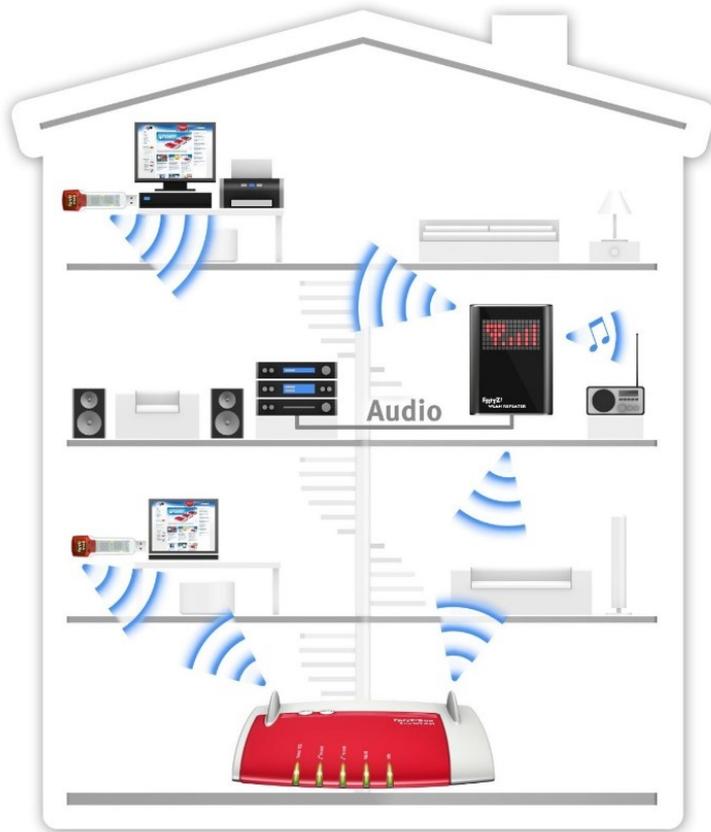


Abbildung 300: Repeater als Signalverstärker im WLAN-Netzwerk (AVM/www.amazon.de)

Auch wenn der WLAN-Repeater grundsätzlich die Reichweite eines drahtlosen Funknetzes erhöht, kann sich die Datenübertragungsrate des Funknetzes bei Verwendung eines solchen Signalverstärkers jedoch verringern. Denn der Repeater kommuniziert sowohl mit dem Client als auch mit dem Wireless Access Point – also dem WLAN-Router. Bei herkömmlichen Repeatern funktioniert diese Kommunikation auf derselben Frequenz. Eine Halbierung der Datenrate lässt sich also nur umgehen, wenn dafür unterschiedliche Kanäle genutzt werden. Jedoch ist diese Option nicht überall vorgesehen. Dennoch kann die Zwischenschaltung eines solchen Signalverstärkers die drahtlose Funkverbindung im WLAN-Netzwerk verstärken und damit die Qualität des Signals erhöhen. Grundsätzlich können nahezu beliebig viele WLAN-Verstärker im Privatbereich installiert werden. Allerdings kommt es bei über zwanzig Repeatern zu Funksignal-Überschneidungen.



Abbildung 301: Dyon D100004 WLAN Repeater + WPS-Datenverschlüsselung

Dreh- und Angelpunkt im heimischen Netzwerk bleibt jedoch der Router. Er bestimmt quasi die Verkehrsführung bei der Übertragung der Datenpakete. Dabei stellt er zum einen die Verbindung zum Internet her, zum anderen kommuniziert er mit den einzelnen Clients, indem er als sogenannter DHCP-Server fungiert und jedem Gerät innerhalb des Netzwerkes eine IP-Adresse zuteilt.

Wie in einem Logistikzentrum werden also Absender und Adressaten identifiziert sowie die effizientesten Routen für den Transport bestimmt. Im Bereich der Netzwerktechnik wird dabei generell zwischen zwei Prozessen unterschieden. Obwohl der Begriff „Routing“ im Allgemeinen als Oberbegriff gilt, wird darunter im eigentlichen Sinne lediglich der Weg des Nachrichtenstroms verstanden, der individuell festgelegt wird. Hingegen stellt das sogenannte Forwarding den Entscheidungsprozess dar, über welche Netzknoten die jeweilige Nachricht weitergeleitet werden soll. Für den Heimgebrauch reicht allerdings das Wissen, dass der Router ganz allein entscheiden kann, wie und wohin er die Daten übertragen soll.

Seit Jahren ungeschlagen sind die WLAN-Router von AVM. Während bereits die FRITZ!Box 7390 sämtliche Preise abräumte, ist auch das Nachfolgemodell FRITZ!Box 7490 wieder einmal Testsieger bei Stiftung Warentest (08/2014) und Computer Bild (05/2014) sowie Gewinner des Connect Community Award 2015. Natürlich gibt es auch diverse vergleichbare Geräte anderer Hersteller, aber nicht umsonst haben AVM-Produkte neben dem Berliner Kultstatus auch einen hohen Absatz und erfreuen sich großer Beliebtheit. Sie sind einfach, praktisch und technisch immer auf dem neuesten Stand. Insofern kann man tatsächlich behaupten, wer eine Fritz!Box sein Eigen nennt, besitzt die Nummer Eins unter den WLAN-Routern.

Für den durchschnittlichen Bedarf eines modernen Heimnetzwerkes ohne Kabel hat man mit diesem Router den entsprechenden WLAN-Accesspoint, eine kostenlose Firewall und natürlich eine vollwertige Telefonanlage. Der Hersteller verspricht mit seinem Modell 7490 rasante Verbindungen auf Highspeed-Niveau. Die Hardware wurde komplett überarbeitet und den neuen Standards angepasst. Neben USB-3.0 und Giga-LAN sorgt die neue WLAN-AC-Technologie mit zwei Funkbändern für drei Mal so schnelle Geschwindigkeit und optimale Einbindung aller Geräte. Mit dem aktuellen FRITZ!OS-Betriebssystem werden vor allem in punkto Sicherheit regelmäßige Updates durchgeführt. Diese sind genauso kostenlos wie die Apps, über die man auch mobil über das Smartphone etc. auf seine Daten zugreifen kann. Unliebsame SPAM-Nummern können jederzeit gesperrt und sogar die Webcam kann von unterwegs gesteuert werden. Es ist also weit mehr drin in dieser kleinen Box, als nur der Weg ins Internet, und zwar für alle kabelgebundenen Internetvarianten und via Satellit.



Abbildung 302: FRITZ!Box 7490 von AVM (www.avm.de)

Wer nicht das Glück hat und über einen Internetanschluss „aus der Dose“ verfügt, der kann sich mit diversen LTE-Geräten ein Heimnetzwerk schaffen. Auch wenn das Internet via Funksignal nicht mit einem Festnetz- oder Kabelanschluss mithalten kann, bieten sie doch zumindest eine Alternative. Der Hardware-Anbieter AVM verspricht mit seiner FRITZ!Box 6842 LTE auf Basis der sogenannten Triband-Technologie sogar Highspeed-Internet mit einer maximalen Downloadgeschwindigkeit von 100 MBit/s. Auch ohne Festnetzanschluss kann über die kleine Box telefoniert werden, denn sowohl ISDN-Schnurlostelefone als auch die analoge Variante finden hier Anschluss.



Abbildung 303: FRITZ!Box 6842 LTE (www.avm.de)

LTE-Router benötigen für den Weg ins Internet also kein Kabel, dafür aber eine SIM-Karte. Die üblichen Provider (z.B. Vodafone, Telekom oder O2) bieten im Rahmen ihrer Tarife auch entsprechende Hardware an. Neben dem klassischen Router gibt es im Übrigen auch Hybrid-Modelle, die DSL und LTE vereinen. Zwei weitere Möglichkeiten, um über LTE ins Netz zu kommen, bieten Surf-Sticks und WLAN-Hotspots.

Mit der Einführung von UMTS kamen seinerzeit die Surfsticks auf den Markt. Allerdings sind die kleinen LTE-Modems im Taschenformat heute weitaus leistungsstärker. Über eine USB-Schnittstelle quasi mit jedem Endgerät kompatibel, können Surfsticks sowohl zu Hause als auch unterwegs dazu genutzt werden, beispielsweise mit dem Laptop ins Internet zu gehen. Mit einem externen Antennenanschluss kann hier die Reichweite gegebenenfalls auch erhöht werden.

Der LTE-Stick von O2 nutzt wie andere Modelle aus diesem Bereich volle Bandbreite – also die Frequenzen 800 MHz sowie 1,8 und 2,6 GHz. Darüber hinaus verfügt er über zwei Anschlüsse für externe Antennen und ist abwärtskompatibel in die Netze von GSM und UMTS. Somit ermöglicht der Stick auch Internet ohne LTE, wobei die maximale Downloadgeschwindigkeit bei etwa 50 MBit/s liegt.

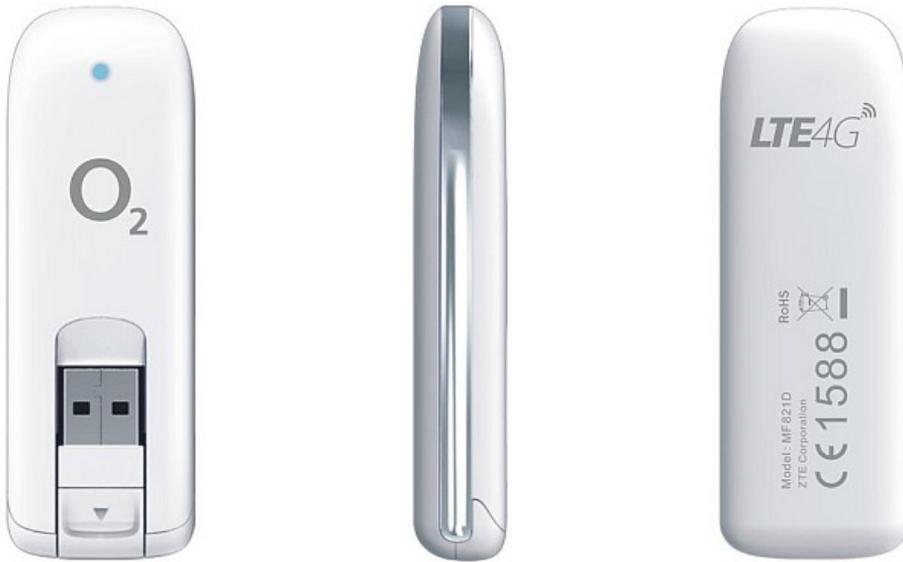


Abbildung 304: LTE-Surfstick ZTE MF821D von O2

Grundsätzlich ist der Surfstick keine vollwertige Alternative zum heimischen Netzwerk via (V)DSL, obwohl er natürlich auch zu Hause genutzt werden kann. Er ist nicht mit einem Router vergleichbar, der mehrere Geräte verbinden kann, und er bietet auch keine Möglichkeit einer integrierten Telefonanlage. Vielmehr ist der Stick eine Variante für mobiles Internet im LTE-Standard. Wer flexibel und unabhängig ins Internet will oder muss, der könnte allerdings auch Gefallen an einem WLAN-Hot-Spot finden.

Natürlich kann man jedes Smartphone zum Hotspot umfunktionieren. Komfortabler sind jedoch WLAN-Hotspots auf LTE-Basis. Genau wie ein klassischer WLAN-Router ist ein Hotspot das Herzstück eines Netzwerkes, das in diesem Fall Datensignale via Funk (LTE) überträgt. Sofern man die Roaming-Gebühren mal außen vor lässt, bietet ein solcher LTE-Hotspot im Urlaub oder auf Geschäftsreisen eine gute Alternative, wenn im Hotel oder auf dem Zeltplatz kein WLAN zur Verfügung steht. Abgesehen davon befindet man sich quasi im persönlichen Netzwerk, das naturgemäß sicherer ist. Bis zu zehn mobile Endgeräte lassen sich mit einem LTE-Hotspot vernetzen. Die Firma TP-Link bietet beispielsweise für unter 100 Euro das Modell M7350 an, mit dem sogar bis zu 15 Geräte gleichzeitig angeschlossen werden können. Der Hersteller verspricht Geschwindigkeiten bis zu 150 MBit/s (Download) beziehungsweise 50 MBit/s (Upload) und damit schnelles Internet, das sogar für HD-Videostreaming geeignet ist. Ähnliche Produkte gibt es natürlich auch von anderen Herstellern.



Abbildung 305: Mobiler 4G/LTE-WLAN-Router M7350 von TP-Link

Beim Kauf sollte darauf geachtet werden, dass ein solches Gerät zumindest über einen Anschluss für eine externe Antenne verfügt, damit auch bei schlechtem Empfang noch das Optimum an Geschwindigkeit herausgeholt werden kann. Ein separater SD-Kartenslot ist ebenfalls nicht von Nachteil. Wenn also der Breitbandausbau in punkto Glasfaser noch auf sich warten lässt, bietet das LTE- Funknetz zumindest einige Alternativen in punkto Mobilität und Flexibilität sowie für alle, die nicht in einer Großstadt leben dürfen oder wollen.

Betriebssysteme für Smart-TVs

Für echtes UHD bleiben derzeit (Stand: 2016) lediglich die Demokanäle, die Online-Variante via Smart-TV, Streaming-Box oder mobilem Endgerät und die vereinzelt Angebote auf Blu-ray-Disc. Nicht allein deshalb verliert das klassische Programmfernsehen immer mehr an Bedeutung. Die Zuschauer wollen selbst bestimmen, wann sie ihre Lieblingsserie schauen, sich ihr Programm individuell zusammenstellen und nebenbei noch twittern oder skypen. All das ist natürlich möglich: mit einem Smart-TV. Die großen Fernsehhersteller setzen seit 2015 auf neue oder zumindest optimierte Betriebssysteme, die überwiegend aus der Smartphone-Welt stammen. Mit AndroidTV, Firefox OS, Tizen oder WebOS 2.0 wird dem Zuschauer das geboten, was er sich von einem kompakten Entertainment wünscht. Unterhaltung auf Knopfdruck, eine intuitive Bedienung, übersichtliche Benutzeroberflächen und einfach erreichbare Apps, Mediatheken und diverse Videodienste.

webOS 2.0/3.0

Das ursprünglich für Palm entwickelte und später von HP übernommene Betriebssystem webOS macht seit einigen Jahren auch Smart-TVs fit. Der südkoreanische Hersteller LG Electronics erweiterte nunmehr das bestehende Betriebssystem für seine Smart-TVs um vier zentrale Funktionen (My Channels, Quick Setting, Input Picker und Live Menü) der aktuellsten webOS 2.0-Plattform. Besitzer eines intelligenten LG-Fernsehers mit webOS 1.0 können gratis auf die neue Version upgraden.



Abbildung 306: webOS - das neue Betriebssystem für Smart-TVs von LG (www.lg.com)

Ähnlich wie Apple & Co. wird bei dem neuen Betriebssystem auf zu viel Schnickschnack verzichtet. Die Benutzeroberfläche ist übersichtlich strukturiert und ermöglicht einen schnellen Zugriff auf diverse Applikationen. Die sogenannte Lauchner Bar (App-Leiste) kann bei Bedarf gestaltet und erweitert, das heißt App-Favoriten können festgelegt und neue Apps installiert werden.

Kurzum: webOS ist ein innovatives und modernes Smart-TV-Betriebssystem mit schnellen Zugriffen, flüssigen Reaktionszeiten und jeder Menge UHD-Inhalten dank der Kooperation mit Netflix und Amazon.

Auf der Consumer Electronics Show (CES) 2016 stellte LG das neue Betriebssystem WebOS 3.0 sowie die entsprechenden Geräte vor und kündigte ein Update für alle in 2016 erscheinenden Smart-TVs an. Die Benutzeroberfläche sieht ähnlich aus wie bei WebOS 2.0. Neu sind zwei kleine Icons am rechten Rand, die zur neuen Funktion „Magic Mobile Connection“ gehören. Der Fernseher lässt sich mit dem Smartphone verbinden, wobei der Bildschirm personalisiert wird und mit den Inhalten des Smartphones verknüpft wird. Bis zu vier mobile Endgeräte lassen sich mit dem Fernseher koppeln,

wobei eine einmalige Verbindung ausreichend ist, um Medieninhalte zu übertragen. Hierzu zählen nicht nur Videos und Fotos, sondern auch Musik und ganze Playlists können über den gekoppelten Fernseher wiedergegeben werden. Anders als bei anderen Modellen kann hier der Bildschirm ausgeschaltet sein, die Musik läuft trotzdem.

Der „Magic Zoom“ ist eine weitere Neuheit bei WebOS 3.0. Dahinter verbirgt sich nichts anderes als eine Bildschirmlupe, mit welcher Bildschirminhalte vergrößert werden können. Die Qualität des Zooms richtet sich hier natürlich nach der Auflösung des Ausgangsmaterials. Bei Ultra HD/4K sind die Vergrößerungen durchaus hochwertig, bei hochskalierten SD-Material wird es hingegen problematisch. Praktisch ist das Feature „Channel Plus“. Hiermit finden Nutzer der neuen LG-Geräte zukünftig sowohl klassische Fernsehprogramme als auch Internet-TV-Sender auf einen Blick in einer gemeinsamen Programmliste. Perspektivisch soll es auf den Smart-TVs von LG auch den Playstore von Google geben, allerdings wird dies vorerst nur in den USA möglich sein (Stand: 2016).

Android-TV

Einige Hersteller wie beispielsweise Sony haben bereits 2015 ihre Smart-TVs mit dem Google-Betriebssystem Android-TV ausgestattet. Somit sind keine weiteren Geräte notwendig. Naheliegender ist hier die Anbindung an Chromecast. Damit können Inhalte vom Smartphone auf das Fernsehgerät übertragen werden – auch wenn Chromecast nicht im heimischen Netzwerk integriert wurde. Interessant ist hier, dass nicht nur mit mobilen Android-Geräten, Chromebook oder Windows-PCs Video- und Audioinhalte übertragen werden können, sondern auch mit allem, was über iOS-Betriebssystem läuft (Apple). Denn viele mobile Apps wurden extra für Google Cast optimiert und zeigen ein Cast-Symbol, über das die Wiedergabe auf dem Fernseher gestartet werden kann. Welche Apps das im Einzelnen sind, findet sich auf www.google.com.



Abbildung 307: BRAVIA trifft auf Android-TV (www.sony.net)

Vorteil der Android-Benutzeroberfläche ist die Halbtransparenz. So kann das Fernsehprogramm im Hintergrund weiterlaufen, während im Vordergrund im App-Menü geklickt wird. Außerdem ähnelt Android-TV sehr stark der in vielen Smartphones und Tablets verwendeten Betriebssystem-Variante und natürlich der Oberfläche diverser Set-Top-Boxen. Insofern müssen Verbraucher sich kaum noch umstellen. Der Smart-TV wird - jedenfalls in Bezug auf seine Anwendungen - quasi vollwertig in die Produktfamilie integriert. Android-TV könnte vor allem für Gamer interessant sein, denn hier lassen sich bis zu vier Gamepads, Android-Smartphones oder -Tablets gleichzeitig koppeln, was für den gemeinsamen Spielabend zuträglich sein sollte.

Tizen für Samsung

Auch Samsung stellt sich neu auf und stattet seine Fernsehgeräte ab 2015 mit dem neuen und offenen Betriebssystem Tizen aus, das bisher hauptsächlich in Smartwatches zu finden war. Tizen soll im Smart-TV vor allem intelligenter und intuitiver werden. Zu den Funktionen gehören sowohl umfangreiche Vernetzungsmöglichkeiten als auch eine schlichte und flüssige Bedienung sowie ein Hauptmenü, das die zuletzt genutzten Anwendungen des Users zeigt und sogar Empfehlungen ausspricht.



Abbildung 308: Smart-TV-Betriebssystem Tizen (www.samsung.com)

Auch die Quick-Connect-Funktion wurde bei den aktuellen Modellen aus dem Hause Samsung optimiert. Via Knopfdruck können Inhalte innerhalb der Samsung-Familie übertragen werden – also beispielsweise vom Smartphone

zum Smart-TV oder umgekehrt. Hierbei wird die Bluetooth-Technologie eingesetzt, die Übertragungen in verschiedene Richtungen ermöglicht.

Mit der individuellen Anbindung des Smartphones können zukünftig auch auf dem TV-Bildschirm das aktuelle Wetter oder wichtige persönliche Termine angezeigt werden; „Briefing on TV“ macht es möglich. Sportliebhaber könnten sich für „Samsung Sports Live“ begeistern, bei dem aktuelle Spielstände von Sportereignissen direkt auf dem Bildschirm angezeigt werden. Natürlich sind auch bei Samsung-Geräten wie gewohnt alle gängigen Apps vorinstalliert, weitere können hinzugefügt werden.

Noch besser könnte dies zukünftig gelingen, wenn nämlich Samsung auf Android als Betriebssystem in seinen Smartphones verzichtet und hier ebenfalls auf Tizen umsteigt. Das koreanische Unternehmen scheint hiermit seit 2016 zu liebäugeln, wenn man den Gerüchten Glauben schenken darf, wonach ein Samsung-Manager der Korea Times verriet, dass Samsung sich perspektivisch von Google und dem mobilen Betriebssystem Android unabhängig machen möchte.



Abbildung 309: "Briefing on TV" (www.samsung.com)

So könnte Samsung bald auf einen eigenen „Ökosystem“ setzen, das die Übertragung vom Smartphone auf den TV-Bildschirm mit nur einem Betriebssystem noch besser gestalten könnte. Ein Ansporn könnte beispielsweise der sich schnell entwickelnde Markt in Indien sein. Dort wurden im ersten Quartal 2016 bereits rund 64 Millionen Smartphones mit Tizen-Betriebssystem verkauft – Tendenz steigend. Samsung möchte den Smartphone-Markt in Russland erobern ... und vielleicht auch bald in Deutschland mit seinem eigenen Betriebssystem punkten.

Doch egal ob nun Tizen, Android oder WebOS - man muss kein Technikgenie sein, um mit den intelligenten Fernsehgeräten umgehen zu können. Die Menüs der Smart-TVs sind grundsätzlich selbsterklärend, die Benutzeroberfläche einfach strukturiert und die Applikationen in der Regel bereits verfügbar. Egal ob Tizen, Android-TV oder webOS – die Betriebssysteme sind im Allgemeinen vergleichbar beziehungsweise sehr ähnlich. Anders hingegen sieht es bei den TV-Bildschirmen aus. Hier stehen Verbraucher nicht selten vor der Qual der Wahl. Hinzu kommen diverse Varianten, die sich nicht nur optisch unterscheiden. Und auch wenn die menschliche Wahrnehmung grundsätzlich bei jedem Menschen genauso funktioniert, sind es doch die individuellen Feinheiten und natürlich die vielfältigen Ansprüche, die beim Kauf eines neuen Fernsehers ausschlaggebend sind.

Bildwiedergabesysteme NEXT GENERATION

Während der Röhrenfernseher über 50 Jahre die Unterhaltungselektronik dominierte, sind spätestens seit Beginn des 21. Jahrhunderts seine flachen, großen, leichten und energieeffizienten Söhne und Enkel die Stars in den Wohnzimmern und seit einigen Jahren auch wieder auf der Internationalen Funkausstellung in Berlin. Kaum noch jemand weint den dicken und schweren TV-Geräten eine Träne nach. So mancher hatte zwar anfänglich Probleme bei der Umstellung, aber letztlich haben wir uns schon längst an die schlanken Geräte gewöhnt und wollen sie auch nicht mehr missen. Oder etwa doch? Machen Smartphone und Tablet dem Fernsehgerät Konkurrenz?



Abbildung 310: Logo der Internationalen Funkausstellung 2016

Wenn man den Umsatzzahlen Glauben schenken darf, dann schon. Allerdings ist die klassische Unterhaltungselektronik auf dem Rückzug. Dafür wird mehr Geld für IT-Geräte im Privatkundenmarkt ausgegeben. Der Digitalverband Bitkom gab in einer Pressemitteilung pünktlich zum Startschuss der IFA 2015 aktuelle Zahlen bekannt, die sich auf Prognosen der Marktforschungsunternehmen EITO und GfK beziehen. Demnach stellten die Smartphones im Jahre 2015 den Verkaufsrekord auf und spülten über 9 Milliarden Euro Umsatz in die Kassen der Hersteller. Gleich nach der unglaublichen Zahl von 25,56 Millionen verkauften Geräten liegen die Tablets auf Rang 2. Hier wurden 2015 immerhin knapp 8 Millionen Geräte verkauft, was über 2 Milliarden Euro entspricht. Dagegen sieht der Gesamtumsatz der

klassischen Unterhaltungselektronik (z.B. TV-Geräte, Spielkonsolen, Blu-ray- und DVD-Player sowie Digitalkameras) mit gerade einmal 9,78 Milliarden Euro ziemlich kläglich aus.

Die Zukunft liegt also in der Vernetzung und dem mobilen Entertainment. So weit, so gut. Und die Flachbildfernseher? Werden auch sie bald vom Markt verdrängt werden oder feiern sie ein neues Comeback? Fakt ist, dass die Umsätze innerhalb des Produktsegmentes „klassische Unterhaltungselektronik“ immer noch den weitaus größten Umsatzanteil ausmachen. Mit 43 Prozent sind TV-Geräte jeglicher Art nach wie vor der Verkaufssieger par excellence. Und die kleine Lücke in der Nachfrage könnte mit der IFA 2015 auch schon wieder überwunden sein. Denn die Internationale Funkausstellung in Berlin war von jeher die Geburtshelferin für neue Technologien. In 2015 hieß das Zauberwort 4K bzw. Ultra HD, in 2016: HDR, OLED und Quantum Dots.



Abbildung 311: Curved 4K LCD TV X18119 von Medion

Im Jahre 1967 drückte Willy Brandt bei der IFA auf den berühmten roten Knopf und startete damit das Farbfernsehen in Deutschland. Dreißig Jahre später wurde auf der IFA die DVD vorgestellt. Und 2015 stand die IFA wieder Pate für die Präsentation und vielleicht sogar den Durchbruch einer neuen Technologie. In den Hallen auf dem legendären Berliner Messegelände starteten im September 2015 die ersten UHD-Demokanäle (z.B. pearl.tv) via Satellit. Und wieder war es der Sender Sky, der ein Sportevent für seinen Testlauf nutzte. Dieses Mal war es das DFB-Pokalfinale, das in UHD-Qualität live übertragen wurde. Die Verbraucher hatten davon natürlich noch nicht viel. Die Geräte kommen erfahrungsgemäß erst nach der IFA auf den Markt. In 2016 tat sich

hier einiges. Ultra HD ist keine Zukunftsmusik mehr – zumindest, was die Bildwiedergabe angeht. In den nächsten Jahren wird sich Ultra HD immer weiter etablieren, sofern Hollywood & Co. für entsprechende Filme sorgen.

Denn Ultra HD könnte im Fernsehgeschäft die Innovationsspritze sein, auf die zahlreiche Hersteller, Verkäufer und natürlich viele Verbraucher gewartet haben. Im sogenannten TecWatch-Forum stellte auf der IFA 2015 die Deutsche TV-Plattform entsprechende Programme vor und lud IFA-Besucher und vor allem Experten ein, die neue Bildqualität in Augenschein zu nehmen.



Abbildung 312: Logo Deutsche TV-Plattform zur IFA 2015

Denn der Verkauf neuer UHD-Fernseher steigt nur dann dynamisch, wenn parallel dazu das Angebot entsprechender TV-Inhalte wächst. Vorreiter hierfür ist unter anderem die Videoplattform YouTube aber auch die VoD-Anbieter, wie Amazon, Netflix und Videoload (vgl. „Streaming in Ultra HD und 8K“). Über die entsprechende Apps wurden erste ultrahochauflösende Filme bereits ausgestrahlt. Geplant sind darüber hinaus auch die zukünftige Etablierung von High Dynamic Range (HDR) sowie lineare IPTV-Programmangebote. So kündigte beispielsweise der Präsident der UHD-Alliance und CTO bei 20th Century Fox Film Corporation, Hanno Basse, an, zukünftig mehr Filme in UHD/4K inklusive HDR zu produzieren, die dann in Form von Blu-ray-Discs angeboten werden. Im Rahmen der Zertifizierung und Standardisierung kam hierzu das entsprechende Gütesiegel der UHD-Alliance in 2016 auf den Markt (vgl. hierzu das Kapitel „Ultra HD Premium™“ sowie „Weitere Gütesiegel für 4K/Ultra HD“ in diesem Buch).

Zur Qualitätssicherung dienen zusätzlich sogenannte „Best Product Awards“, die insbesondere bei den Verbrauchern zu mehr Vertrauen führen sollen. Gerade bei der Einführung neuer Technologien macht sich hier Unsicherheit breit – nicht zuletzt weil die Neuanschaffung entsprechender Geräte auch immer mit relativ hohen Kosten verbunden ist. Neben „Stiftung Warentest“ und zahlreichen Auszeichnungen von Onlinemagazinen bietet in der Fachwelt aber auch für jeden durchschnittlich interessierten TV-Liebhaber unter anderem der

EISA-Award die Möglichkeit, sich im Dschungel des heiß umkämpften Marktes zurechtzufinden.

Die European Imaging and Sound Association (EISA) genießt nicht umsonst hohes Vertrauen und Ansehen in der Branche. Die Tests und Produktbewertungen werden ausnahmslos von hochqualifizierten Experten durchgeführt. Umso mehr kann sich die Firma Sony freuen, die in 2015 von der EISA für ihre innovativen Produktentwicklungen, herausragende Technik und ein eindrucksvolles Design gleich mehrfach ausgezeichnet wurde. So erhielt der japanische Elektronikkonzern für sage und schreibe sechs seiner Produkte den beliebten Award „bestes Produkt“. Sonys HT-XT3 wurde zu Europas bester Soundbase und der BRAVIA KD-65X9005C zum besten Design-Fernseher des Jahres 2015-2016 gekürt. In 2016 vergab die EISA die beliebten Preis in der Kategorie „HOME THEATRE DISPLAY & VIDEO“ an mehrere namhafte Hersteller, wie beispielsweise LG und Panasonic.

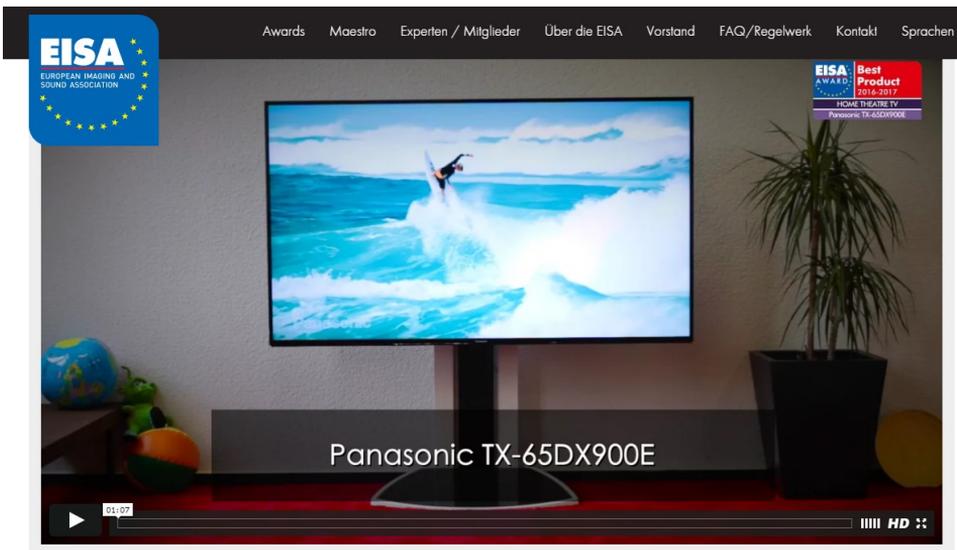


Abbildung 313: EISA-Award/Best Product 2016-2017: Panasonic TX-65-DX900E

Doch was ist denn nun der Unterschied zwischen SD, HD, Full HD, Ultra HD? Bei den zahlreichen Bildformaten der televisionären Neuzeit kann man leicht den Überblick verlieren. Worin unterscheiden sie sich? Welche Videoauflösungen gibt es überhaupt? Und wofür benötigt man eine so hohe Pixeldichte? Im folgenden Kapitel soll ein kleiner Überblick über die unterschiedlichen Technologien erfolgen und einzelne Beispiele stellvertretend für die Bildwiedergabesysteme der neuen Generation vorgestellt werden. Natürlich sei auch hier angemerkt, dass die vorgestellten Technologien und

Produkte nur eine Momentaufnahme im sich rasant entwickelnden Markt der Unterhaltungselektronik darstellen kann – bezogen auf die Jahre 2015/2016.

Video-Features der Zukunft

Seit der Erfindung des Fernsehens hat sich sowohl die Technik als auch das Verhalten der Verbraucher gravierend geändert. Brillante Bilder, hochauflösend und superscharf sind nur einige Merkmale, die nicht mehr nur TV-Bildschirme, sondern auch Computermonitore sowie Tablet- und Smartphone-Displays der Neuzeit auszeichnen. In der Praxis wird hier nicht selten so einiges durcheinander geworfen und führt mitunter deshalb zu diversen Missverständnissen. Beispielsweise die Bildauflösung. Umgangssprachlich stellt diese das Maß für die Bildgröße dar, die durch die Gesamtzahl der Bildpunkte (Pixel) angegeben wird. Im physikalischen Sinne bezeichnet die Auflösung die Pixeldichte einer Wiedergabe beziehungsweise Bildabtastung. Neben der Farbtiefe zählt also insbesondere die Bildauflösung als Merkmal für die Qualität von Videomaterial.



Abbildung 314: Bildschirmauflösungen (www.burosch.de)

Insofern spielt die Bildgröße zwar eine tragende Rolle in der heutigen Fernsehtechnik, allerdings ist sie kein Garant für ausgezeichnete Bildqualität. Im Gegenteil! So kann beispielsweise eine sehr kleine Grafik viel hochwertiger sein und riesige Bildschirme wiederum geben ein schlechtes Bild, wenn die Auflösung nicht stimmig ist. Alles in allem zählt im Kontext der Bildauflösung

und der Bildformate vor allem eines: Ein Bild kann nur so gut sein, wie seine Wiedergabe es ermöglicht. Deshalb ist vor allem die Wiedergabequalität entscheidend für perfekten und hochauflösenden Fernsehgenuss.

Da die Bildauflösung immer auch durch die Anzahl der Spalten (Breite und der Bildzeilen (Höhe) gemessen wird, ist das Bildformat in diesem Zusammenhang entscheidend. Und auch wenn mit den neuen Technologien die Probleme, die sich insbesondere aus der Verknüpfung alter (analoger) und neuer (digitaler) Systeme ergeben, bald verschwunden sein werden, soll hier dennoch kurz auf die herkömmlichen Bildformate eingegangen werden, die sich in der folgenden Abbildung wiederfinden.

| Bildschirm-Auflösungen | | |
|------------------------|---------------|------------------|
| Bezeichnung | Pixel | Seitenverhältnis |
| VGA | 640 x 480 | 1,33:1 = 4:3 |
| SVGA | 800 x 600 | 1,33:1 = 4:3 |
| WVGA | 853 x 480 | 1,77:1 = 16:9 |
| XGA | 1.024 x 768 | 1,33:1 = 4:3 |
| SXGA | 1.280 x 1.024 | 1,25:1 |
| WXGA | 1.280 x 768 | 1,66:1 = 15:9 |
| WXGA | 1280 x 800 | 16:10 |
| WXGA | 1.366 x 768 | 1,77:1 = 16:9 |
| SXGA+ | 1.400 x 1.050 | 1,33:1 = 4:3 |
| UXGA | 1.600 x 1.200 | 1,33:1 = 4:3 |
| WSXGA+ | 1680 x 1050 | 16:10 |
| UXGA+ | 1.920 x 1.200 | 1,6:1 |
| QXGA | 2.048 x 1.536 | 1,33:1 = 4:3 |
| QUXGA | 3.200 x 2.400 | 1,33:1 = 4:3 |
| QUXGA+ | 3.840 x 2.400 | 1,6:1 |

Abbildung 315: Standards für Bildschirmauflösungen

Das Format des Eingangssignals kann nicht immer akkurat wiedergegeben werden, denn das sogenannte Wiedergaberaster ist auf modernen Flachbildschirmen in der Regel fest vorgegeben. Deshalb muss man im Allgemeinen bereits beim sogenannten Skalieren mit Qualitätsverlusten rechnen. Dass man gestochen scharfe Bilder mit UHD-Technologie nicht auf einem TV-Gerät aus dem Jahre 2001 erkennen kann, leuchtet noch jedem ein. Die Auflösung reduziert sich aber auch und vor allem, wenn beispielsweise HDTV auf einem 4:3-Bildschirm geschaut wird. Grund dafür ist, dass HD

ausschließlich das Bildformat 16:9 verwendet und somit bei der Wiedergabe in 4:3 bis zu 25 Prozent der horizontalen Zeilen verloren gehen. Insofern reduziert sich die nutzbare Auflösung und HDTV kommt nicht vollumfänglich zur Geltung.

Kurzum: Jede Auflösungsänderung wirkt sich negativ auf die Bildqualität aus. Da spielt nicht nur die Pixeldichte als solche, sondern vor allem das Bildformat (Höhe und Breite) eine tragende Rolle. Ausschlaggebend dabei ist nicht zwangsläufig die Bilderstellung, sondern vielmehr die Möglichkeiten der Bildwiedergabe. Deshalb ist es wichtig, die Bildauflösung lediglich an einer Stelle des Signalwegs zu verändern, und zwar bei der Bildwiedergabe. In diesem Zusammenhang spricht man auch von der nativen Auflösung, die exakt der physikalischen digitalen Auflösung eines Anzeigegerätes entspricht. Wenn beispielsweise ein Film über einen Blu-ray-Player auf dem Fernseher wiedergegeben werden soll, so ist es ratsam, die Bildeinstellungen entweder am TV-Gerät ODER am Blu-ray-Player vorzunehmen, damit im Zweifel nicht zwei Mal die Auflösung skaliert werden muss. Näheres dazu findet sich im Kapitel „Professionelle Bildeinstellungen“ am Ende dieses Buches.



Abbildung 316: SD(PAL)-Referenzbild „Dubvronik“ (www.burosch.de)

Während bei der Umstellung von SD (Standard Definition) zu HD (High Definition) noch Komplikationen in der Verarbeitung der analogen sowie digitalen Signale auftraten, wird zukünftig bei UHD/4K, HDR, 8K etc. das Umkopieren der Darstellungsformate hoffentlich der Vergangenheit angehören. Basis dafür können jedoch nur die TV-Programmanstalten selbst sein, die sich bestenfalls auf einheitliche Bildformate und Bildabstastvarianten (progressiv

oder interlaced) einigen. So könnte die Standardauflösung mit nur 720 x 576 Pixel bald ins kollektive Langzeitgedächtnis wandern, wenn die Fernsehsender das SD-Signal nicht mehr ausstrahlen, sondern ausschließlich in HD senden. Denn erst im Vergleich wird deutlich, wie schlecht das Bild noch vor einigen Jahren standardisiert war (vgl. Abbildung).

Doch selbst wenn man das bis vor kurzem noch als absoluten Durchbruch gefeierte HDTV mit dem aktuellen 4K-Standard vergleicht, erkennt man schnell die gravierenden Qualitätsunterschiede.

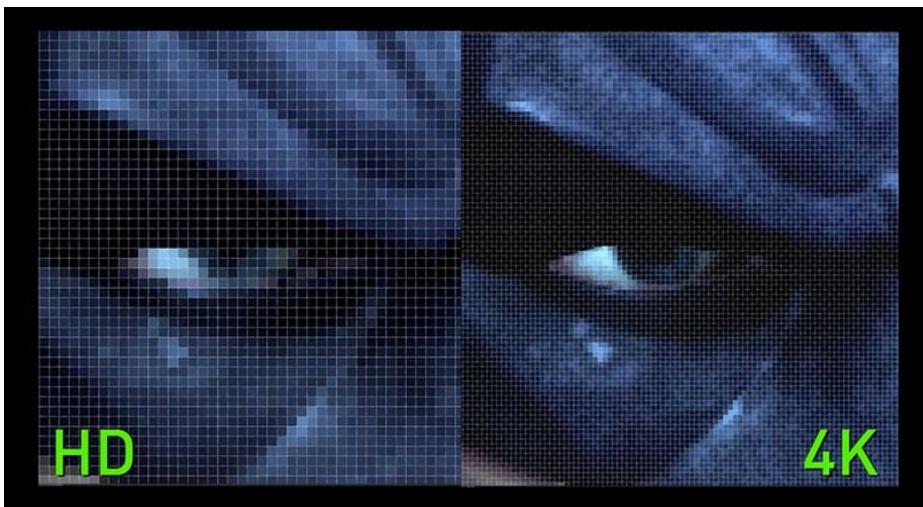


Abbildung 317: Auflösungs-vorteil von HD gegenüber Ultra HD/4K (NVIDIA Corporation)

Ein Grund für die rasante Geschwindigkeit, mit der sich die Bildauflösungen potenzieren, ist natürlich die hohe Nachfrage nach besonders großen TV-Geräten. Es liegt in der Natur der Sache, dass eine geringe Pixeldichte auf einem riesigen Bildschirm kein scharfes Bild, sondern vielmehr eine Aneinanderreihung von „Klötzchen“ ergibt. Deshalb konnte selbst Full HD mit 1920 x 1080 Pixel lediglich eine Übergangslösung darstellen – vor allem wenn man bedenkt, dass dieses Format gegenüber Ultra HD nur über ein Viertel der Pixelanzahl pro Fläche verfügt. Gerade bei großen Displayflächen wird der Qualitätsunterschied besonders in den Bilddetails deutlich.

Und wenn man schon Ultra HD auf seinem Bildschirm zu stehen hat, dann sollte auch tatsächlich Ultra HD ausgegeben werden. Um also das Beste aus dem neuen und sicherlich nicht ganz preiswerten TV-Gerät herausholen zu können, sind auch hier Testbilder äußerst sinnvoll. Als Referenz für die optimale Bild-darstellung eignen sich beispielsweise die Testbilder „Dubrovnik“, die in SD und Full HD zur Verfügung stehen. Die feine Struktur der Dächer ist perfekt

dafür geeignet, die unterschiedlichen Display-Technologien deutlich zu visualisieren (vgl. die folgenden zwei Abbildungen).

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass Referenzbilder ausnahmslos um ein Vielfaches besser sein müssen als die Displays, auf denen sie angezeigt werden. Denn wie beim Urmeter oder der Atomuhr dient eine Referenz als exklusiver Bezugswert, nach dem sich alles andere richtet. Deshalb eignet sich noch längst nicht jedes Foto, das mit einer herkömmlichen Digitalkamera aufgenommen wurde, als Referenzbild. BUROSCH verwendet für die Erstellung seiner Referenzbilder höchstauflösendes Video-Equipment und gewährleistet damit Referenz-Qualität auf maximalem Niveau.



Abbildung 318: Full-HD-Referenzbild „Dubvronik“ (www.burosch.de)

Ultra HD/UHD/4K

Vielleicht fragt sich der eine oder andere Fernsehkunde, wozu eine so gigantische Auflösung überhaupt gut sein kann. Wer ehrlich ist, muss aber auch zugeben, dass genau solche Fragen den technischen Fortschritt in all seinen Facetten und Etappen begleitet haben. In den 1930er Jahren wollte niemand Fernsehgeräte im Wohnzimmer, in den 1950er Jahren waren die Verbraucher skeptisch gegenüber Color-TV. Und übermorgen kann sich kaum noch jemand vorstellen, dass es vor kurzem überhaupt analoges Fernsehen gab und die Pixeldichte unterirdisch niedrig war.

Denn Ultra HD mit 3840 x 2160 Pixel bedeutet die exakt vierfache Auflösung gegenüber Full HD und damit immer mehr darstellbare und vor allem schärfere Bilddetails trotz großer Bildschirmfläche. Denn auch die ist heute keine Seltenheit mehr. TV-Geräte mit Diagonalen von 60 Zoll (152 Zentimeter) und mehr stehen bereits in vielen deutschen Haushalten. Nicht zuletzt durch unsere Smartphones sind wir in punkto Auflösung mehr als nur verwöhnt. Da kommen die 4K-Fernseher mit ihren unglaublichen acht Millionen Bildpunkten gerade richtig. Und wer sich fragt, ob sich ein Kauf jetzt (2016) schon lohnt, wo es kaum ultraauflösendes Filmmaterial gibt: Es lohnt sich allemal, denn die 4K-Fernseher rechnen mithilfe neuer Chip-Technologien auf die stärkere Auflösung hoch, sodass die Bildqualität im Allgemeinen nur besser werden kann (vgl. hierzu Kapitel „Upscaling & Co.“ in diesem Buch).

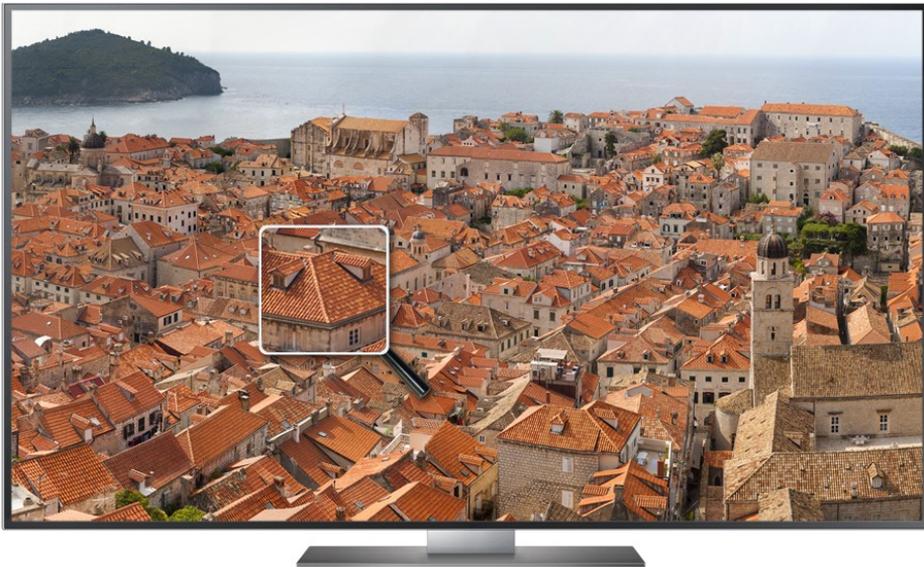


Abbildung 319: UHD-Referenzbild „Dubvronik“ (www.burosch.de)

Beim Kauf eines solchen neuen 4K-Gerätes sollten allerdings einige Punkte beachtet werden. Insbesondere die Anschlüsse müssen zur Verwendung passen. Wer sich zum UHD-TV beispielsweise gleich noch einen 4K-Blu-ray-Player kauft, der könnte bei 60 Hz enttäuscht werden. Nicht alle HDMI-Eingänge unterstützen alle Standards. In der Regel weiß der versierte Verkäufer Rat, allerdings bieten auch diverse Fachzeitschriften und entsprechende Online-Portale ausreichende Informationen an. Auch die Firma BUROSCH wird als Ansprechpartner gern genutzt, wenn es um qualifizierte Beratung und herausragende Bildoptimierung geht. Nicht umsonst ist das Stuttgarter Unternehmen Experte im TV-Tuning und seit Jahren Marktführer auf diesem Gebiet.

Auf unserer Webseite erhalten Interessierte viele Informationen in Bezug auf das Grundlagenwissen der Fernsehtechnik, die aktuellen technischen Features und damit Auskunft darüber, ob ein UHD-Fernseher zukunftssicher ist oder eben nicht. Denn nicht jeder UHD-TV ist qualitativ gleichwertig in Bezug auf Qualität und technische Standards. Warum sollten sonst Geräte im Jahre 2016 das Vielfache von dem Kosten, was im Grunde bereits 2014 auf dem Markt erhältlich war. Die eindeutige Aussage ist: die Pixelanzahl allein ist noch kein Qualitätskriterium, sondern die Qualität jedes einzelnen Bildpunktes. In ist, was drin ist! Und hier sind die Unterschiede zwischen Einstiegs- und Oberklassemodellen gewaltig. Ob mit zusätzlichen Farbfiltern, beschichteten Leuchtdioden oder Nanotechnologie – die technischen Dimensionen und damit Kontrast und Farbbrillanz haben sich in nur wenigen Monaten signifikant verbessert. Und auch die Anschlüsse sind nicht überall dieselben. Nicht alle UHD-TVs unterstützen das neue HDR-Format oder aber HEVC-Codecs. Die Zukunft liegt darüber hinaus in HDMI 2.0 und HDCP 2.2 sowie in Doppeltunern, drahtlosem TV-Empfang, Streaming und natürlich bester 4K-Bildqualität sowie HDR.



Abbildung 320: © Sony

Die Checkliste könnte also folgende Punkte enthalten:

- 1.** Zur Mindestausstattung gehört ein HDMI-Eingang, der den Kopierschutz HDCP 2.2 sowie den Codec H.265 verarbeiten kann, um für zukünftige UHD/4K Blu-ray-Player gerüstet zu sein.
- 2.** Darüber hinaus sollte das Gerät über mindestens einen HDMI-Eingang verfügen, der die UHD-Auflösung bei 10 oder aber 12 Bit/Deep Color mit einer Farbunterabtastung von YCbCr 4:2:0 bis hoch zu YCbCr 4:4:4 bei 50/60Hz unterstützt. Die 8-Bit-Variante ist allerdings auch nach wie vor wichtig, um Rückwärtskompatibilität zu gewährleisten.
- 3.** Für zukünftigen UHD-Empfang sollte der TV über einen eingebauten Empfänger verfügen, der auch entsprechend codierte Signale (50/60Hz H.265/HEVC) empfangen und decodieren kann sowie die aktuellen Spezifikationen DVB-S2 und DVB-T2 unterstützt (Stand: 2016).
- 4.** Für das zukünftige UHD-Film-Streaming über Netflix, Amazon & Co. muss der H.265/HEVC-Codec auch über die jeweilige App des Streaming-Anbieters unterstützt werden. Sofern dies der Fall ist, greift auch die Abwärtskompatibilität zu HDCP 2.2.
- 5.** Auch über den USB-Anschluss sollte optional das Abspielen von UHD- sowie Full-HD-Files im H.265/HEVC codierten Standard möglich sein.
- 6.** JPEG-Dateien beziehungsweise Fotos im Allgemeinen sollten auch in nativer UHD-Auflösung dargestellt werden, ohne dass die Ränder beschnitten werden.
- 7.** Und letztlich ist UHD-Auflösung nicht alles. Auch eine verbesserte Farbdarstellung und die Unterstützung des neuen HDR-Formats sollten vom neuen „Familienmitglied“ im heimischen Wohnzimmer realisiert werden können, wenn es um Zukunftssicherheit und die entsprechenden technischen Möglichkeiten geht.

Grundsätzlich ist beim Kauf darauf zu achten, dass die oben genannten technischen Daten gegeben sind. Bei den 2016er Modellen der Markenhersteller sollten die Features eigentlich zur Standardausrüstung gehören, wobei HDR und auch der neue Farbraum BT.2020 hier noch in den Kinderschuhen stecken. Wichtige Informationen zu diesen neuen Features erhalten Sie in den folgenden Kapiteln. Auf der UHD-Welle schwimmen jedoch auch diverse Billigerhersteller mit, bei denen die Ausstattung ganz genau geprüft werden sollte. Andererseits bieten beispielsweise ältere AV-Receiver das sogenannte UHD/4K-Passthrough, was hingegen nicht ausreicht, um echte UHD-Filme in ihrer ganzen Schönheit darstellen zu können. Auch Blu-ray-Player sind erst seit Ende 2015 vollständig UHD-fähig. Weitere Informationen hierzu finden sich im Kapitel „Video-Equipment“.

BT.2020: Der lange Weg zum erweiterten Farbraum

Die Hersteller werben mit einem erweiterten Farbraum und manche Displays bieten bereits entsprechende Menü-Optionen an. Ähnlich verhält es sich mit dem neuen Feature High Dynamic Range (HDR), das im nächsten Kapitel eingehender erläutert werden soll. In diesem Zusammenhang hält sich tapfer das Gerücht, dass unter dem Begriff „Rec.2020“ ausschließlich die Erweiterung des Farbraums gemeint ist. Doch das ist so natürlich nicht richtig. Beide Standards rücken mit hoher Geschwindigkeit in den kollektiven Fokus der technikinteressierten Gemeinde, Verwirrung macht sich breit. Jedoch wird selbst im Zukunftsmarkt Medientechnik nicht alles so heiß gegessen, wie es serviert wird.

Bevor wir uns mit den technischen Details der BTU-Empfehlung BT.2020 (oder Rec.2020) befassen, schauen wir uns deshalb noch einmal etwas genauer an, was Farbräume überhaupt sind. Näheres dazu findet sich im Übrigen auch im Kapitel „Farbräume und photometrische Größen“.



Abbildung 321: BT.2020 – Der lange Weg zum erweiterten Farbraum (Bild: Panasonic)

Die Grundlage für alle Farbräume bilden die Graßmannschen Gesetze, welche die Farbvalenz als eine dreidimensionale Größe - die Grundfarbe (Spektralfarbe), die Farbintensität und die Weißintensität - definieren. Darauf aufbauend werden diese drei Grundgrößen heute im Zusammenhang mit dem HSV-Farbraum, den CIE-Primärvalenzen oder den Werten CMY und RGB verwendet. RGB ist die Abkürzung für Rot, Grün, Blau. Diese drei Farbwerte stellen die Primärvalenzen beziehungsweise Primärfarben dar, also jene drei spektral reinen Farben, die sich nicht aus den jeweils anderen herstellen

(mischen) lassen. Der deutsche Naturwissenschaftler Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz erkannte, dass die Farbvalenz durch Farbton, Sättigung und Helligkeit gekennzeichnet ist. So lässt sich die „Farbe“ nach ihrem Helligkeitsanteil (engl. luminance) und der Farbart unterscheiden. Diese setzt sich aus dem durch die Wellenlänge des Lichtes bestimmten Farbton (engl. hue) und der Farbsättigung (engl. saturation) zusammen, die durch den zugemischten Weißanteil entsteht. Insofern ist der Begriff „Farbe“ nicht korrekt. Es müsste vielmehr „Buntheit“ heißen, da die sogenannten Farbnuancen in erster Linie etwas mit der Helligkeit zu tun haben. Im Umkehrschluss verwendet man bei Grauwerten in der Fachsprache die Bezeichnung „unbunte Farben“.

Farben entstehen also in erster Linie durch Licht, weshalb ebenjenes auch und vor allem in der Display-Praxis eine tragende Rolle spielt. Verändert man die Intensität eines Farbtons, ergeben sich pro Farbton etwa 500 unterscheidbare Helligkeiten. Die Grundlage aller Farben sind die oben beschriebenen Primärvalenzen RGB und darüber hinaus die sogenannten Komplementärfarben, welche auch synonym als Gegenfarben bezeichnet werden, da sie sich im sogenannten Farbkreis genau gegenüberstehen. Verschiedene Farbpaaire gelten als komplementär. Dazu zählen Blau ↔ Gelb, Rot ↔ Cyan und Grün ↔ Magenta. Da diese aus den Farben RGB resultieren, stellen sie die Basis dar für das CIE-System und andere technische Systeme (z.B. RGB und CMY).

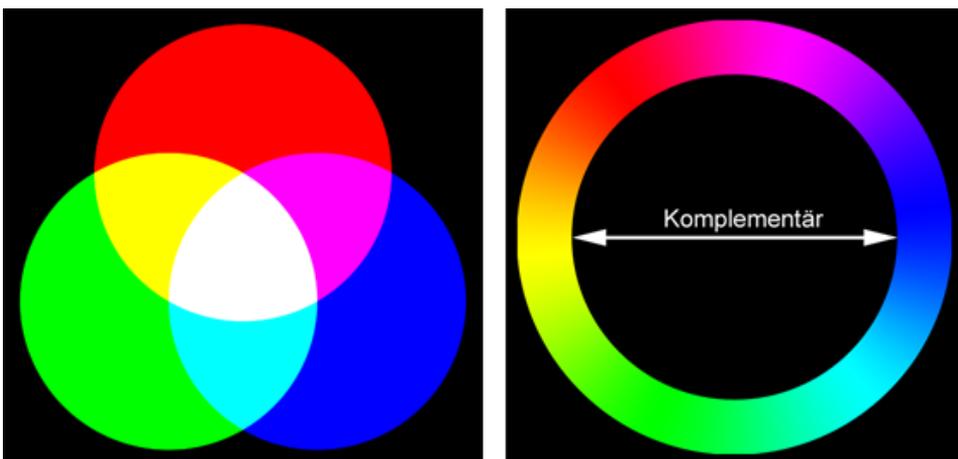


Abbildung 322: Veranschaulichung der Primär- und Komplementärfarben im Farbkreis

Soweit die Theorie. Im Laufe der technischen Entwicklungen wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts erkannt, dass die subjektive Natur der menschlichen Farbwahrnehmung nicht unbedingt ein verlässlicher Parameter ist. Deshalb wurden bestimmte Farben als Referenzwerte festgelegt werden. Bereits im Jahre 1931 wurde eine Normfarbtafel entwickelt und von der Internationalen

Beleuchtungskommission (Commission internationale de l'éclairage: CIE) in einem Farbbeschreibungssystem definiert: dem CIE 1931. Dieses stellt auch heute noch eine international vereinbarte Methode der Farbkennzeichnung dar, um die menschliche Farbwahrnehmung und die physiologisch farbige Wirkung einer wahrgenommenen Strahlung (Farbvalenz) in Relation zu setzen. Sie basiert auf der additiven Farbmischung. Deshalb wird dieses wahrnehmungsbezogene System auch als CIE-Normvalenzsystem bezeichnet, das die Gesamtheit aller vom Menschen wahrnehmbaren Farben umfasst.

Mithilfe der Dreifarbentheorie gelang somit die numerische Erfassung der vom Menschen wahrnehmbaren Farbreize. Auch wenn die Hufeisenform des CIE-Farbsegels vom Grunde her der nicht-linearen physiologischen Verarbeitung im menschlichen Auge entspricht, können mit den drei Primärfarben nur die Farbreize technisch wiedergegeben werden, die nach dem Gamut-Prinzip innerhalb des abgebildeten Dreiecks liegen. Insofern handelt es sich hierbei um ein theoretisches Dreieck mit einem mathematisch definierten Feld, in dem jeweils die Farben liegen, die von einem Bildgerät reproduziert werden können. Auch wenn sich dieses dreieckige Feld innerhalb des Gamuts im Laufe der Zeit erweiterte und damit heute einen weitaus größeren Farbraum gemäß Rec.2020 zulässt, gleicht es noch längst nicht dem Potenzial der menschlichen Wahrnehmung.

Neben dem aktuellen HDTV-Standard gemäß Rec.709 und dem zukünftigen nach BTU-Empfehlung Rec.2020 haben sich im Laufe der Zeit diverse Farbraummodelle entwickelt. So haben allein die Fernsehnormen (NTSC, PAL und SECAM) jeweils individuelle Parameter für die Farbdarstellung. Genauso wurden im Computerbereich eigene Modelle entwickelt, wie etwa sRGB, der eine aktuelle Alternative zu Rec.709 bietet. In der Digitalfotographie ist seit 1998 Adobe-RGB internationaler Standard, im Digitaldruck hat sich CMYK etabliert. Und ein weiterer Farbraum ist spätestens seit Ultra HD und dem entsprechenden Gütesiegel der UHD-Alliance in aller Munde: DCI - der Farbdynamik-Standard für Kinoformate.

Im Rahmen der Zertifizierung und den entsprechenden Angaben in Bezug auf Standards zu Ultra HD und HDR tauchte in 2016 immer wieder die Formulierung auf: „deckt den DCI-Farbraum um xy Prozent ab“. Dieser Parameter wird als Qualitätsmerkmal genutzt, doch kaum jemand weiß, was tatsächlich dahinter steckt. DCI bedeutet grundsätzlich „Digital Cinema Initiatives“. Hierbei handelt es sich um den Dachverband der amerikanischen Filmstudios, welcher den gleichnamigen Farbdynamik-Standard herausgegeben hat. Im eigentlichen Sinne bezieht sich dieser Farbraum auf Kinoformate. Jedoch ist im Zusammenhang mit der 4K-Auflösung insbesondere bei Beamern ebenjenes Cinema-Format mit einer Auflösung von 4096 × 2160 Pixeln im

Heimkinobereich längst angekommen. Der entsprechend bezeichnete DCI-Farbraum ähnelt vom Umfang her in etwa dem Adobe-RGB-Farbraum und ist somit bedeutend größer als der Farbraum gemäß BT.709 aber kleiner als nach BT.2020 (vgl. Abbildung).

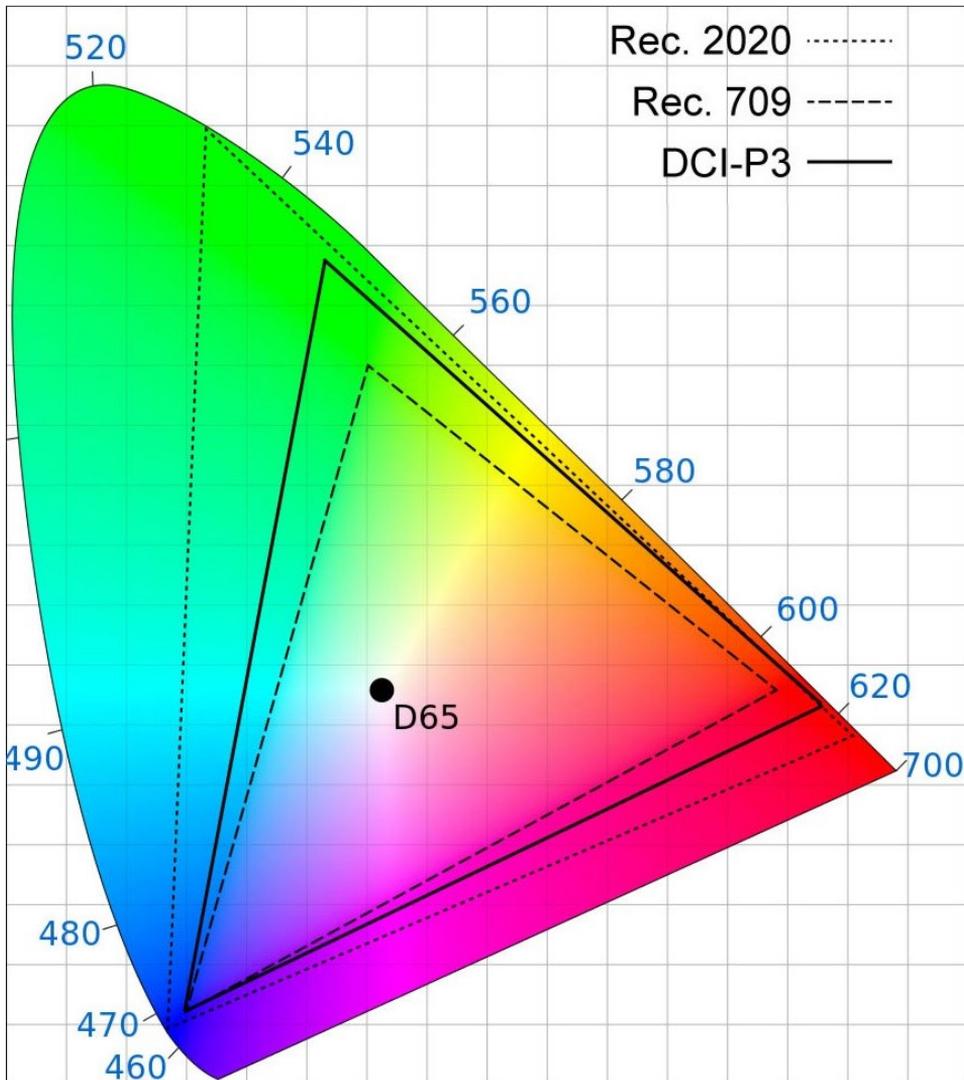


Abbildung 323: Vergleich Farbräume nach Rec. 709, Rec.2020 und DCI

Kommen wir nun zur Praxis. Erinnern Sie sich an das Desaster seinerzeit bei der Umstellung auf 16:9? Selbst als die Fernseher technisch dazu in der Lage waren, das Seitenverhältnis automatisch anzupassen, waren nervige Verzerrungen die Folge. Die Darsteller in älteren Filmen oder TV-Produktionen im 4:3-Format hatten plötzlich breite Gesichter oder aber ihnen fehlte der halbe

Kopf. Ganz ähnlich verhält es sich bei der Darstellung der beiden Farbräume. Denn es ist nicht so einfach, aus 75,8 Prozent des Farbraums 35,9 Prozent zu zaubern – oder umgekehrt. Vor allem dann, wenn nicht bekannt ist, wie diese Farben produziert wurden. Anders als beim Upscaling/Downscaling – also der Anpassung von Full HD auf Ultra HD oder umgekehrt – gibt es in punkto Farbraum kaum geeignete Technologien, die es ermöglichen, die Farben beziehungsweise Farbstandards automatisch anpassen zu können. Die ersten Geräte bieten bereits in den Bildeinstellungen die Auswahlmöglichkeit zwischen BT.709 und BT.2020. Nur hilft uns dieser Modus zurzeit (Stand: 2016) noch keinen Millimeter weiter. Denn auch mit dem teuersten Fernseher bleiben die massiven Probleme in der Abwärtskompatibilität sowie der Linearität der Wiedergabekette bei den verschiedenen Zuspielungen. Warum? Produziert und gesendet wird derzeit noch im Farbraum gemäß BT.709. Stellt man das Display mit BT.2020 ein, wirken die Bilder zu knallig. Und selbst wenn originales Videomaterial mit dem erweiterten Farbraum zugespielt wird, können die Geräte heute noch nicht automatisch zwischen den Farbräumen wechseln und die Bildmodi entsprechend anpassen. Insofern ist es wohl für den Übergang besser, weniger Farben einzustellen, auch wenn man mehr Farben zur Verfügung hat.

Schon mit der Einführung von HDTV und dem Farbstandard gemäß ITU-R BT.709 gab es Probleme zwischen der Filmaufnahme und der Filmwiedergabe. Während die Koordinaten für die Farborte exakt definiert sind, wurde ein verbindlicher Gammaverlauf nur für die Filmaufnahme festgelegt – nicht aber für die Wiedergabe. Doch die Basis für ein perfektes Bild ist die korrekte Umsetzung der Gammafunktion beziehungsweise Gammakorrektur (vgl. entsprechendes Kapitel in diesem Buch). Hierbei handelt es sich um das Leuchtverhältnis unterschiedlicher Grau- und Farbstufen, das dazu dient, aus einer linearen Größe (Aufnahme) eine nicht-lineare Übertragungsfunktion (Wiedergabe) zu machen, die der menschlichen Wahrnehmung entspricht. Im Allgemeinen hat sich der Gammawert von 2,2 bis 2,4 als Standardgröße etabliert, weshalb Displays zwischen 10 und 90 IRE exakt auf ein Gamma von 2,2 kalibriert werden. Bei der Verarbeitung des Eingangs- und Ausgangssignals im TV-Display kann es nun zu Fehlern kommen, die vor allem die Leuchtkraft und damit den Kontrast und natürlich auch die Farbstufen betreffen. Denn der spezifizierte Gammaverlauf von BT.709 für die Aufnahme weicht massiv von einem realen Gamma 2,2 ab. So muss ein 10-Prozent-Pegel im Eingangssignal noch längst keine 10 Prozent der maximalen Leuchtkraft bei der Wiedergabe ergeben. Bisweilen bleibt nicht mehr als 1 Prozent Lichtstärke im Ausgangssignal übrig.

Dies ändert sich nun insbesondere mit der neuen HDR-Technologie. Denn hier wurde die nicht-lineare Übertragungsfunktion (klassische Gammakurve) durch

die weitaus komplexere elektrooptische Transferfunktion (EOTF) ersetzt. Allerdings definiert die ITU mit BT.2020 weiterhin eine nichtlineare Übertragungsfunktion zur Gammakorrektur bei RGB und YCbCr. Wobei RGB für beste Qualität und YCbCr für die Gewährleistung der Kompatibilität zu SDTV/HDTV eingesetzt werden kann. Darüber hinaus ist in BT.2020 ebenfalls eine linear-kodierte Version von YCbCr (YcCbCr) definiert, welche Anwendung findet, wenn eine möglichst originalgetreue Reproduktion der Helligkeitsinformationen gefordert wird.

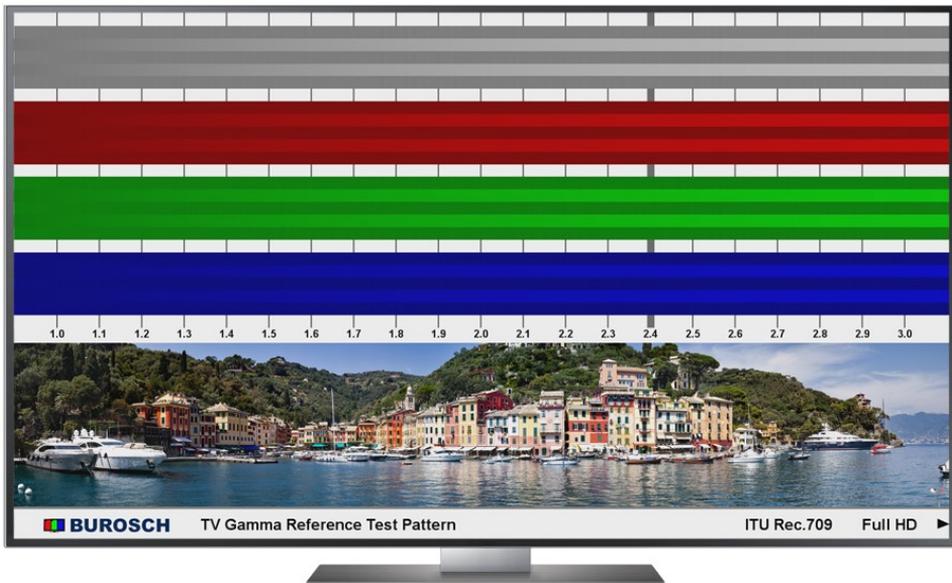


Abbildung 324: BUIROSCH-Testbild zur exakten Beurteilung des Gamma-Wertes (2,4)

Hinzu kommt, dass neben der Gammakorrektur gemäß BT.2020 bei der Filmproduktion beziehungsweise dem Mastering weitere Übertragungsfunktionen verwendet werden (z.B. nach BT.1886, BT.2035 oder Dolby Perceptual Quantizer: PQ). Außerdem kann im Nachhinein kaum eine eindeutige Aussage darüber getroffen werden, welcher Film wie gemastert wurde. Kurzum: Fernsehtechnik bedeutet heute nicht mehr nur schlichte Amplitudenmodulation. Die digitale Technik ist mittlerweile so komplex geworden, dass selbst beste Prozessoren ihre Schwierigkeiten bei der Signalverarbeitung haben. Genau deshalb klafft zwischen der Theorie und der Praxis noch eine riesige Lücke, die erst nach und nach gestopft werden kann – egal, was die Hersteller versprechen.

Bei der Fülle dieser Werte ist schnell erkennbar, dass insbesondere bei der Farbproduktion Schwierigkeiten auftreten können. Auch wenn Studiomonitore (z.B. BVM-L 230 von Sony) über präzise Farbkorrekturen

verfügen, die nahezu alle Farbstandards emulieren können, heißt das noch lange nicht, dass auch Consumer-Geräte dazu in der Lage sind. Die Hersteller werben mit „Wide Color Enhancer“ und versprechen bessere und sogar mehr Farben, als die Fernsehertechnik jemals vermochte und die Konkurrenz hat. Tatsächlich ist aber nicht die Anzahl der Farben, sondern deren richtige Darstellung das Geheimnis. Und genau hier liegt der Hase im Pfeffer. Selbst wenn die aktuellen TV-Geräte grundsätzlich einen erweiterten Farbraum darstellen können, entspricht dieser nicht immer dem festgelegten Farbstandard. Bei der Reproduktion des Farbraums werden somit Farben schlichtweg falsch dargestellt – also nicht so, wie bei der Aufnahme beziehungsweise Filmproduktion vorgesehen.

Und genau deshalb ist es noch viel zu früh, den HDTV-Standard gemäß BT.709 bereits zu den Akten zu legen. Rec.709 ist immer noch gültig. Im Kapitel „Farbräume und photometrische Größen“ wurde bereits ausführlich darauf hingewiesen, was genau die ITU-Empfehlung BT.2020 beinhaltet. Im Wettstreit um Detailreichtum und Farbvielfalt verwenden die TV-Hersteller den Begriff „Rec.2020“ jedoch quasi synonym für dynamisches Licht, nie dagewesene Bildtiefe und natürlich eine gigantische Farbenpracht. Schlagwörter wie „Wide Color Enhancer“ (Erweiterung des Farbraums) machen die Runde.

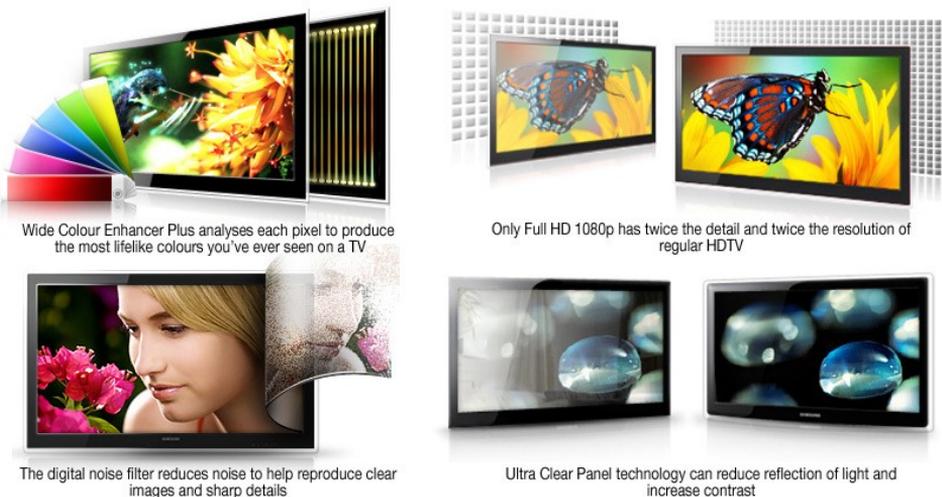


Abbildung 325: Werbung für Wide-Color-Enhancer-Technologie (Samsung)

Und doch heißt die aktuelle Videonorm: BT.709. Zumindest noch solange, bis die technischen Voraussetzungen tatsächlich in der Display-Praxis angekommen sind. Die Firma BUROSCH ist seit nunmehr siebzig Jahren am Markt und hat so einige Hypes und technische Revolutionen hautnah miterlebt.

Einige davon haben sich durchgesetzt (Full HD), andere sind noch dabei (HDR) und wieder andere verschwinden so langsam wieder von der Bildfläche (3D). Insofern gehört es zu unserem Firmenprofil, die technischen Entwicklungen und Trends am Markt genau zu beobachten, im Labor daran teilzuhaben, darüber zu berichten und im richtigen Moment entsprechend zu handeln. Aufgrund unserer engen Zusammenarbeit mit diversen Herstellern sitzen wir quasi in der ersten Reihe, wenn es um die Geburt, die Kinderkrankheiten und die Etablierung eines neuen Video-Features geht.

Vor diesem Hintergrund können wir im Jahre 2016 mit Fug und Recht behaupten, dass wir uns derzeit im Grunde erst auf der Hälfte des Weges von BT.2020 befinden. Denn es sind gerade einmal vier Jahre vergangen seit der Veröffentlichung der BTU-Empfehlung Rec.2020, die als solche im Übrigen keinen festen Zeitplan vorsieht. Schaut man sich in der Praxis an, was in den aktuellen TV-Modellen drinsteckt, dann wird schnell klar, dass wir uns derzeit erst am Anfang der Phase 2 von UHD-1 befinden. Ultra HD erobert den Markt, 50 beziehungsweise 60 Hz sind Realität und 8-Bit-Panels wurden in 2016 durch die neue 10-Bit-Variante ersetzt. In den deutschen Wohnzimmern hingegen stehen überwiegend Fernseher mit FullHD-Auflösung, ganz zu schweigen vom TV-Signal, das mit DVB-T2 in 2017 erst die FullHD-Ära einläutet und von Ultra HD noch weit entfernt ist.

Selbstverständlich tut sich was in punkto Farbraumerweiterung. Die Fernsehtechnik erlebt in diesen Zeiten eine kleine Revolution. Mit der Recommendation ITU-R BT.2020 vom 23. August 2012 wurde der Grundstein für farbgewaltige XXL-Displays mit beeindruckender Bildqualität gelegt. Aber eben nur der Grundstein und längst nicht die Spitze des gigantischen Wolkenkratzers. Vergleicht man die Entwicklung von High Definition mit einem Hausbau, so befinden wir uns heute vielleicht im mittleren Stockwerk. Denn die BT.2020 sieht insgesamt drei Phasen der Einführung von UHD vor und hat für ebendiese verschiedene Parameter festgelegt oder vielmehr als Mindeststandard empfohlen. Mit 4K und HDR befinden wir uns im Jahre 2016 am Anfang von Phase 2. Das Ziel von Rec.2020 ist also noch längst nicht erreicht, denn das heißt: 8K.

| | 2012 | 2016 | 20?? |
|---------------------------|-------------------------------------|------|---------------------------------|
| | UHD-1 (Phase 1) ... UHD-1 (Phase 2) | | UHD-2 (Phase 3) |
| Auflösung | 3840 x 2160 Pixel | | 7680 x 4320 Pixel |
| Seitenverhältnis | 16:9 | | |
| Abtastverfahren | progressiv | | |
| Farbunterabtastung | 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4 | | |
| Quantisierung | 8 Bit, 10 Bit | | 10 Bit, 12 Bit |
| Farbraum | BT.709 (wie bei HD) | | BT.2020 |
| Bildwiederholrate | 24, 25, 30, 50, 60 Hz | | 24, 25, 30, 50, 60, 100, 120 Hz |

Übersicht der Parameter in den einzelnen Phasen der Umsetzung von UHD-1 und UHD-2 gemäß Rec.2020

Abbildung 326: Zeitplan für die Umsetzung von Rec.2020

Wie aus obiger Abbildung ersichtlich ist, sind für die Umsetzung der Rec.2020 drei Phasen vorgesehen. Diese beinhalten ausschließlich technische Standards und keine Werbeversprechen. Insofern sollte man sich als Technikinteressierter an ebene Spezifikationsrichtlinien halten. Schauen wir uns die technischen Details im Einzelnen an und vergleichen sie mit der Praxis im Jahre 2016:

Bei der Einführung von UHD-Fernsehern wurden noch 8-Bit-Displays verbaut und somit lediglich der Farbraum nach Rec.709 realisiert. Insofern sind hier die gravierenden Unterschiede in der Bilddarstellung begründet, weshalb die Pixelanzahl eben nicht allein über die Qualität entscheidet. So wurde der Farbraum gemäß der Empfehlung Rec.2020 für UHD-2 erweitert und umfasst 75,8 Prozent der Farben im Diagramm des Farbraumes CIE 1931 und damit Wellenlängen, die nach Rec.709 (35,9 Prozent) noch nicht darstellbar waren. Für die RGB-Grundfarben wurden die folgenden Wellenlängen in der BT.2020 festgesetzt: Rot (630 nm), Grün (532 nm), Blau (467 nm). Aufgrund der höheren Abstände zwischen benachbarten Farbwerten erfordert die entsprechend höhere Farbpräzision ein zusätzliches Bit pro Abtastwert.

Gemäß der ITU-R-Empfehlung BT.2020 wird bei 10 Bits pro Abtastwert eine Helligkeitsskala genutzt, bei der der Schwarzpunkt auf den Code 64 und der Weißpunkt auf den Code 940 festgesetzt ist. Für die Zeitreferenz dienen die Codes 0 bis 3 und 1.020 bis 1.023, während die Codes 4 bis 63 Helligkeitsskala unterhalb des Schwarzpunktes und die Codes von 941 bis 1.019 Helligkeitsskala oberhalb des Nennspitzenwertes bezeichnen. Bei 12 Bits pro Abtastwert ist der Schwarzpunkt auf dem Code 256 und der Weißpunkt auf dem Code 3.760 der Helligkeitsskala gemäß Rec.2020 festgelegt.

Entsprechend verändern sich die übrigen Werte: Zeitreferenz (Codes 0 bis 15 und 4.080 bis 4.095), Helligkeitswerte unterhalb des Schwarzpunktes (Codes 16 bis 255), Helligkeitswerte oberhalb des Nennspitzenwertes (Codes von 3.761 bis 4.079). Das klingt alles ziemlich kompliziert? Ist es auch. Für die praktische Anwendung haben wir deshalb im Folgenden vier Punkte aufgeschlüsselt, die im Wesentlichen den aktuellen Stand der Technik im Jahre 2016 aufzeigen und in diesem Zusammenhang die Tatsache begründen, warum es bis zur realen Praxis gemäß Rec.2020 noch etwas dauert:

Auflösung: Deutschland schafft gerade erst das analoge Kabelfernsehen ab (Sommer 2017). TV-Inhalte in Full HD sind noch längst nicht flächendeckend verfügbar. Lediglich Videoproduktionen in Ultra HD kommen langsam auf den Markt. Die Entwicklung der 4K-Blu-ray-Disk-/Player hinkt. Mit HDR und einem erweiterten Farbraum können ultrahochoauflösende Videoinhalte derzeit praktisch nur per Onlinestream geschaut werden – jedoch in voller Qualität nur von dem, der über Highspeed-Internet verfügt. Bei schwachem Datentransfer (z.B. DSL) wird auf Full HD oder gar SD gedrosselt.

Abtastverfahren/Bildwiederholungsrate: Die öffentlich-rechtlichen Fernsehanstalten senden derzeit mit 720 Zeilen und 50 Vollbildern pro Sekunde (720p/50) im progressiven Vollbildverfahren. Das Interlaced-/Halbbildverfahren ist jedoch mit 1080i noch nicht vom Tisch der Programmanbieter. Die Zukunft heißt 1080p/50 und damit gerade einmal Full HD und 50 Hz. Das heißt, Ultra HD mit 100/120 Hz (High Frequency Rate: HFR) ist im Zusammenhang mit der TV-Übertragung reine Zukunftsmusik.

Quantisierung/Farbraum: Mit 8 Bit für die Übertragung beziehungsweise Verteilung von TV- und Videoinhalten ist kein HDR möglich. Abgesehen davon sind alle Geräte, die bis 2015 hergestellt wurden, in der Lage, maximal mit 8 Bit zu arbeiten. Der erweiterte Farbraum wird in den Studios generell noch nicht angewendet, aktueller Standard bleibt für 2016 und die nahe Zukunft der Farbraum nach BT.709.

Insofern ist der Weg bis zur Vollendung der ITU-Empfehlung noch lang, auch wenn „lang“ im rasanten Tempo der technischen Fortschritts im 21. Jahrhundert quasi nur noch ein Wimpernschlag bedeutet. Erste Player sind auf dem Markt und mit ihnen eine kleine Auswahl an Blu-ray-Discs. Videomaterial in Ultra HD ist tatsächlich aber nach wie vor fast ausschließlich als Stream zu haben. Allerdings ist das Datenvolumen eines erstklassigen 4K-Streams inklusive HDR & Co. trotz bester Komprimierungsverfahren riesig und kann nach heutigem Stand kaum transportiert werden (vgl. Kapitel „Streaming in Ultra HD und 8K“ in diesem Buch).

Wer sich nun fragt, warum Hersteller mit ihren aktuellen TV-Modellen den erweiterten Farbraum nun so hoch loben? Dieser stellt naturgemäß ein wesentliches Qualitätsmerkmal dar - sowohl bei der Aufnahme als auch bei der Wiedergabe. Denn nur ein umfassender Einstell-Spielraum macht eine automatische Farbkorrektur möglich, die dafür sorgt, dass die Farbproduktion an die unterschiedlichen Farbstandards angepasst werden kann und somit neutrale Farben liefert. Also auch wenn es noch eine Weile dauern wird, bis Hollywood seine Blockbuster im erweiterte Farbraum serienmäßig produziert, kann es nicht schaden, schon heute einen Fernseher zu besitzen, der nicht nur den aktuellen HDTV-Standard BT.709 korrekt darstellt, sondern darüber hinaus den erweiterten Farbraum gemäß BT.2020 realisieren könnte.

Bleibt abschließend zu bemerken, dass sich die ITU-Empfehlung BT.2020 nicht auf die Bildeinstellungen bezieht, sondern grundsätzlich auf die Display-Technik für ultrahochauflösende Geräte. Es geht also primär um Bits, Hertz und die technischen Voraussetzungen für die Zukunft von UHD-2 (8K). In enger Zusammenarbeit mit diversen Herstellern testen wir seit 2016 Displays in der jeweiligen Produktionsphase auf den aktuellen Farbraum gemäß Rec.2020 - so beispielsweise das UltraHD-Premium-Modell TX-58DXW904 von Panasonic, welches als erstes Gerät überhaupt das Premium-Siegel der UHD-Alliance erhielt und tatsächlich den erweiterten Farbraum darstellen kann und darüber hinaus HDR-fähig ist.

HDR

High Dynamic Range (HDR) war bisher nur aus der Bildbearbeitung bekannt. Dabei handelt es sich um sogenannte Hochkontrastbilder, die große Helligkeitsunterschiede detailreich wiedergeben, weshalb in diesem Kontext auch von Bildern mit hohem Dynamikumfang gesprochen wird. Das Gegenteil bezeichnet LDR – also digitale Bilder mit geringem Dynamikumfang: Low Dynamic Range (Images). Die Standardvariante insbesondere in der herkömmlichen Videotechnik wird als SDR (Standard Dynamic Range) bezeichnet – also ähnlich wie bei der Videoauflösung SD und HD. Bisher waren HDR-fähige Ausgabegeräte dünn gesät. Aber auch das änderte sich mit der neuen TV-Generation im Jahre 2016, weshalb es nicht schaden kann, zu wissen, worum es dabei eigentlich geht.

Der Dynamikumfang bezeichnet grundsätzlich das Verhältnis von größter und kleinster Leuchtdichte und wird typischerweise von der sichtbaren Umgebung (Kamera oder Betrachter) in der Größenordnung von 10.000:1 ausgewiesen. Allerdings kann dieser Dynamikumfang auch noch wesentlich größer werden, wenn eine Lichtquelle hinzugezogen wird. Bisher wurden bei der digitalen

Bildverarbeitung hierzu lediglich 256 Helligkeitsstufen (8 Bit) für jeden RGB-Farbkanal verwendet.



Abbildung 327: Vergleich mit und ohne HDR-Modus (<http://4k.com>)

Allerdings erhöht sich mit den neuen Technologien die Farbtiefe auf 10 Bit (Deep Color). Dazu nutzen HDR-Displays spezielle Techniken, um den Dynamikbereich auszuweiten. Eine Möglichkeit ist hier die Erhöhung der Helligkeitswerte über eine Hintergrundbeleuchtung - einer sogenannten LED-Matrix, mit der das Display nicht flächendeckend, sondern individuell heller und dunkler bestrahlt wird oder aber die Bildpunkte selbst dynamisch leuchten. Erst so kann der Kontrast erhöht beziehungsweise Weiß heller und Schwarz dunkler dargestellt werden, als es bisher möglich war. Die Steuerung von Farbton und Helligkeit erfolgt bei HDR also nicht mehr statisch, sondern in Abhängigkeit vom Bildinhalt. In der Gerätepraxis werden so Werte zwischen 0,01 und 4.000 cd/qm erzielt, was einem Dynamikumfang von 400.000:1 entspricht.

Mit HDR ist es somit möglich, die in der Natur vorkommenden Helligkeiten und Farben viel besser zu erfassen und entsprechend darzustellen. Über- oder Unterbelichtungen sind perspektivisch so gut wie ausgeschlossen. Deshalb können mit der HDR-Technologie und der entsprechenden Farbtiefe nunmehr Bilder und Videos erzeugt und wiedergegeben werden, die gestochen scharf, kontrastreich und darüber hinaus auch noch dem natürlichen Vorbild zum Verwechseln ähnlich sehen. Wer sich die Realität in die eigenen vier Wände holen möchte, muss allerdings noch relativ viel Geld ausgeben. Auch wenn die Hersteller massiv auf diese neue Technik setzen, gibt es sie bisher nur in teuren Premiumgeräten.

HDR – Das Geheimnis ist das Licht



Abbildung 328: HDR – Das Geheimnis ist das Licht (Bild: Samsung)

Ultra HD ist schon längst keine Neuigkeit mehr und etabliert sich nach und nach in unseren Wohnzimmern. Nun tauchen neue Schlagwörter auf, die Anwendern einiges Kopfzerbrechen bereiten. Nicht selten werden technische Begriffe wie 4K, HDR und der erweiterte Farbraum in einen Topf geworfen. Fakt ist jedoch, dass jedes dieser technischen Features eine Klasse für sich darstellt. Was bedeutet nun HDR, warum hinkt die Umsetzung und welche Potenziale stecken dahinter?

Modernes Fernsehen hat spätestens seit 2016 nicht mehr ausschließlich etwas mit Masse zu tun, auch wenn über acht Millionen Pixel pro Bild bei Ultra HD natürlich schon großartig sind. Jetzt werden neben der ultrahohen Auflösung ebenjene Pixel qualitativ aufgemotzt. Die einzelnen Bildinformationen können mithilfe der HDR-Technik aufgewertet werden und machen das Videomaterial somit noch brillanter und detailreicher. Insofern sollte man HDR nicht synonym

für Ultra HD verwenden, denn es ist weitaus mehr. Mit HDR wird es zukünftig gigantische 1.000 Helligkeitsabstufungen geben, während bei herkömmlichen UHD/4K-Inhalten lediglich 256 Hell-Dunkel-Werte pro RGB-Farbkanal möglich sind (Stand: 2016).

Mit HDR gelingt die Darstellung des gesamten Umfangs an sichtbaren Details – sowohl im Licht als auch im Schatten. Das klingt erst einmal einfach, ist es aber ganz und gar nicht. Wenn Sie beispielsweise ein paar Sekunden in die Sonne schauen, fällt es Ihnen im Anschluss außerordentlich schwer, sich in einem dunklen Keller zu orientieren. Wenn man nun bedenkt, dass die menschliche Wahrnehmung der Technik meilenweit voraus ist, wird deutlich, dass die parallele Aufnahme sowie Darstellung von hellen und dunklen Bereichen eine mannigfaltige Herausforderung für Ingenieure und Kamera- und Display-Hersteller ist. Denn bisher konnte man entweder Details im Hellen darstellen, wobei dann im dunklen Teil des Bildes nichts zu erkennen war. Oder eben umgekehrt: bei detailreichen dunklen Szenen wurde der helle Anteil überbelichtet. Mit HDR wird es zukünftig möglich sein, sowohl dunkle als auch helle Bildanteile so zu produzieren und wiederzugeben, wie wir sie in der Natur wahrnehmen und es sich Produzenten und Regisseure wünschen. Dabei wird zwischen diffusem Weiß und sogenannten Spitzlichtern unterschieden, was eine deutlich bessere Differenzierung in der Tiefe eines Bildes zulässt. Das Ergebnis ist eine Bildwiedergabe, die wesentlich naturgetreuer ist, als es bisher möglich war.

Die vielen Informationen und Werbeversprechen der Hersteller lassen uns glauben, dass HDR bereits im Jahre 2016 quasi dazugehört und gleichzusetzen sei mit 4K oder Ultra HD. Doch letztlich stehen wir hier – ähnlich wie beim erweiterten Farbraum gemäß Rec.2020 - noch ganz am Anfang, wenngleich die technische Entwicklung schneller voranschreitet als noch im letzten Jahrtausend. Während der sogenannte Dynamikumfang – also das Verhältnis von größter und kleinster Leuchtdichte – noch vor einigen Jahren bei mickrigen 100 Nits lag und Videomaterial in ebenjenem Kontrastverhältnis von 100:1 produziert wurde, lagen die Werte bis 2014/2015 bei etwa 400 Nits. Einige UHD-TVs im Jahre 2016 schaffen hingegen die für HDR erforderliche Spitzenhelligkeit von 1.000 Candela pro Quadratmeter (cd/qm) und ein entsprechendes Kontrastverhältnis von 1.000:1 bis stellenweise sogar 10.000:1. Die HDR-Tauglichkeit der Geräte hängt also unmittelbar mit den technischen Voraussetzungen zusammen, die zum einen die erwähnte Spitzenhelligkeit als auch den Schwarzwert betreffen, der im Rahmen der Zertifizierung der UHD-Alliance bei weniger als 0,05 Nits für LED-LCD-Displays beziehungsweise unter 0,0005 Nits für OLED-Bildschirme liegt.

Andererseits ist für diesen riesigen Dynamikumfang (0,05 bis 10.000 Nits) und die entsprechend kontrastreiche Darstellung eines unabdingbar: die erhöhte Quantisierung. Das heißt, die Bildabtastung muss in einem höheren Intervall erfolgen, da weitaus mehr Werte im Signal verarbeitet werden müssen. Um diese für HDR typischen hohen Kontraste und brillante Bildqualität erreichen zu können und störende Helligkeitsschwellen beziehungsweise Helligkeitssprünge (Artefakte) unsichtbar zu halten, reicht die bisherige 8-Bit-Technik mit 256 Helligkeitsstufen nicht mehr aus.



Abbildung 329: www.technicolor.com

Gemäß des neuen Standards (SMPTE ST-2084) werden für HDR mindestens 10 Bits pro Abtastwert vorgeschrieben. Diese Bittiefe entspricht in etwa einer Milliarde Farbtöne, denn letztlich ist das Licht das Geheimnis von Detailgenauigkeit und brillanter Farbdarstellung. Insofern wird in diesem Zusammenhang von der Farbtiefe oder aber Deep Color gesprochen. Mit den neuen Display-Technologien (z.B. OLED, Quantum Dots) wurde die Grundlage geschaffen, die Farbtiefe auf 10 Bit oder gar 12 Bit zu erhöhen und den Dynamikbereich entsprechend auszuweiten. Doch damit noch nicht genug. Ein weiteres entscheidendes Kriterium bei der Umsetzung von HDR ist die Datenverarbeitung nach dem Vorbild des Internets.

Mithilfe des softwaregestützten HDR-Verfahrens wird es zukünftig auch in der Fernsehtechnik möglich sein, mit dem Filmmaterial gezielt Informationen (Metadaten) zu übertragen, die im Display die Helligkeit dynamisch steuern. Somit können automatisch Bildverbesserungen insbesondere bei extremen Hell-Dunkel-Bereichen vorgenommen werden. Einfach ausgedrückt funktioniert HDR ähnlich wie die menschliche Wahrnehmung - speziell wie die Adaption im menschlichen Auge. Ob nun in tiefschwarzer Nacht oder im Licht eines 1000-Watt-Halogenstrahlers: unsere Augen können sich grundsätzlich an schier unzählige Lichtintensitäten anpassen. Differenzen in den Lichtverhältnissen kompensiert die Pupille durch Verengung oder Erweiterung (Hell-Dunkel-Adaption/Pupillenlichtreflex) sowie mit Veränderung in der Sensitivität der Rezeptoren.



Abbildung 330: BUROSCH-Realbild "Winter" zur perfekten Kontrolle nach erfolgter Bildoptimierung mit unseren Referenz-Testbildern

Diese retinale Adaption hat die Natur dafür vorgesehen, dass wir unsere Wahrnehmung an stark unterschiedliche Umgebungshelligkeiten (Leuchtdichten) anpassen können. So schafft es unser Auge, sagenhafte 10.000.000.000.000 (10^{12}) verschiedene Reizstärken zu differenzieren, um somit die Orientierung bei Nacht zu gewährleisten. Auch bei direkter Sonneneinstrahlung können wir beispielsweise Spuren im Schnee erkennen, was auf die einzigartige Wechselwirkung zwischen Auge und Gehirn zurückzuführen ist. Jetzt schafft auch die Technik zumindest ansatzweise, was bisher nur der Natur vorbehalten war. Mit der 4K-Auflösung waren wir schon ziemlich dicht an der Realität, mit HDR wird der Unterschied zwischen einem künstlichen Display und dem Original in der Natur noch geringer.

Was zu Beginn des digitalen TV-Zeitalters noch als technische Herausforderung galt, ist also heute zumindest in einigen Geräten möglich. Erste HDR-taugliche TV-Modelle kamen Ende 2015/Anfang 2016 auf den Markt. Wer besonderen Wert auf extrascharfe Bilder und einzigartige Kontraste legt, der sollte auf die jeweiligen Spezifikationen und Mindestanforderungen achten, die unter anderem von der UHD-Alliance mit ihrem Label „Ultra HD Premium“ festgelegt beziehungsweise zertifiziert werden. Hierzu zählt insbesondere die Spitzenhelligkeit von mindestens 1.000 Nits, welche die Grundvoraussetzung für HDR darstellt. Wer auf Nummer sicher beim Kauf gehen möchte, der sollte sich generell an dem Label der UHD Alliance orientieren, mit dem nicht nur HDR-fähige TV-Geräte, sondern auch Player und sogar Blu-ray-Disks

ausgestattet sind. Beachten Sie hierzu das folgende Kapitel „Ultra HD Premium™“).

Probleme bei der Kompatibilität

Kaum jemand wird sich an die Umstellung vom Schwarz-Weiß- zum Farbfernsehen erinnern. Doch grundsätzlich gab es damals ähnliche Probleme wie heute. Der Grund war und ist die Kompatibilität der verschiedenen Systeme. Gerade im Broadcast- beziehungsweise Fernsehbetrieb sind die Herausforderungen an die Entwickler gigantisch, aber auch für HDR aus der „Konserven“ (Blu-ray-Disc) oder gar im Online-Stream sind im Jahre 2016 noch längst nicht alle Voraussetzungen geschaffen. Das liegt zum einen daran, dass es zumindest für eine absehbare Zeit sowohl SDR- als auch HDR-Angebote geben muss, weil natürlich nicht jeder ab sofort ein HDR-fähiges Gerät zu Hause stehen hat. Wir sind gerade erst dabei, uns von den letzten Röhrenfernseher zu verabschieden und das analoge TV-Signal restlos abzuschalten. Deshalb muss bei der Entwicklung einer Übertragungstechnik insbesondere die Kompatibilität berücksichtigt werden. Ähnlich wie bei der Auflösung (Full HD/Ultra HD) müssen die technischen Standards also geräteunabhängig praktikabel sein, da in den nächsten Jahren SDR und HDR parallel laufen werden.

Insofern wurden und werden verschiedene HDR-Standards entwickelt. Der wohl aktuell meist verbreitete ist HDR-10, welcher überwiegend in den 2016er TV-Modellen vorkommt und auch für 4K-Blu-ray vorgesehen ist. Jedoch verspricht das technisch ausgefeiltere Format „Dolby Vision“ bereits jetzt (Stand: 2016) eine noch bessere Qualität, deshalb wird sich diese Technik in nächster Zeit wohl weiter am Markt durchsetzen. Neben einer dritten Variante von Technicolor & Philips, die vorrangig für Streaming und Blu-ray entwickelt werden soll, tüfteln auch Sendeanstalten (z.B. BBC) an eigenen Verfahren, die sich allerdings mehr mit der Fernsehübertragung befassen. Mehr dazu in den weiteren Kapiteln. Zuvor widmen wir uns einigen technischen Problemen im Allgemeinen.

Probleme zwischen Aufnahme und Wiedergabe

Wie bereits erwähnt, stammt HDR eigentlich aus der digitalen Fotografie beziehungsweise Bildbearbeitung. Um dunkle und helle Szenen gleichzeitig so detailreich wie möglich zu gestalten, behilft man sich hier mit einem kleinen Trick. Dieselbe Szene wird mit unterschiedlichen Belichtungen mehrfach aufgenommen und im Anschluss mithilfe einer passenden Software zusammengesetzt. Damit solche Aufnahmen mit einem großen Dynamikumfang auch kompatibel sind und dementsprechend auf Geräten mit einem geringen Kontrast angezeigt werden können, kommt das sogenannte Tonemapping zum Einsatz, das im nächsten Kapitel noch im Detail erläutert werden soll.

Beim Film wird seit einiger Zeit mit einem sehr großen Szenenkontrastumfang und entsprechenden Kompressionsverfahren („Color Grading“) gearbeitet, weshalb die Dynamik zwischen Hell und Dunkel hier bereits gegeben ist. Hochwertige Kameras können heute (Stand: 2016) im Umfang von bis zu 14 Blendenstufen aufnehmen, denn sie verfügen über präzise Sensoren, die Licht in ein elektrisches Signal umwandeln. Diese Umwandlung von Photonen zu Elektronen bis hin zum Videosignal wird über eine sogenannte **Opto-Electronic-Transfer-Funktion (OETF)** definiert. Ursprünglich wurde diese Funktion (auch als Gammavorentzerrung bekannt) dazu benutzt, in Röhrenmonitoren die nicht-lineare **Electronic-Opto-Transfer-Funktion (EOTF)** zu kompensieren. Diese EOTF wurde seinerzeit in der ITU-Empfehlung BT.1886 standardisiert. Da diese Gammavorentzerrung als Potenzfunktion mit dem Exponenten 2,4 dem menschlichen Kontrastempfinden sehr ähnlich ist, wurde sie sowohl in der HDTV-Norm BT.709 (mit 8 Bit oder 10 Bit) als auch in der BT.2020 für UHD-TV-Signale (mit 10 Bit oder 12 Bit) beibehalten. Der einzige Unterschied liegt hier also in der Quantisierung.



8-BIT STANDARD DYNAMIC RANGE (UP TO 256 SHADES PER COLOR)

12-BIT HIGH DYNAMIC RANGE (UP TO 4096 SHADES PER COLOR)

Abbildung 331: Werbung Dolby Vision

Moderne Kameras verwenden also überwiegend eine logarithmische Kurve (OETF), während Displays auf die herkömmliche Gammavorentzerrung (EOTF) zurückgreifen. Beide Standards arbeiten unabhängig voneinander und sind längst nicht in jedem Gerät gleich. Denn die verschiedenen Hersteller nutzen

speziell optimierte log-Funktionen für den jeweiligen Sensor, damit die Kameras mit einem möglichst hohen Szenenkontrastumfang und möglichst geringem Datenvolumen aufnehmen. Die OETF (Aufnahme) ist also variabel und darüber hinaus nicht spezifiziert. Und genau hier liegt das Problem. Denn für eine perfekte Rekonstruktion (also die Umwandlung eines elektrischen Signals in ein optisches Signal) muss auf der Wiedergabeseite (EOTF) bekannt sein, mit welcher Wiedergabekennlinie gearbeitet werden muss. Ist dies nicht bekannt, wird es schwer bis unmöglich, den gesamten Dynamikumfang der Aufnahme bei der Wiedergabe zu erhalten.

So sind heute auch Fernsehkameras sehr wohl in der Lage, mit einem größeren Dynamikumfang aufzuzeichnen. Jedoch wurde dieses Feature bisher vernachlässigt, da es keine geeigneten Verarbeitungsmöglichkeiten in der Produktions- und Sendekette gab. TV-Signale werden live übertragen, eine nachträgliche manuelle Bearbeitung wie beim Film ist also beim Broadcast naturgemäß ausgeschlossen. Für die direkte Übertragung von HDR-Inhalten bedarf es insofern automatischer Verfahren, die eine hersteller- sowie systemunabhängige Signalverarbeitung zulassen und eine qualitativ hochwertige Wiedergabe sowohl in HDR als auch in SDR realisieren. Der simpelste Denkansatz hierfür war und ist die Weiterentwicklung des Tonemappings.



Abbildung 332: Werbung Dolby Vision

Tonemapping

Das Ziel der HDR-Entwicklung ist also nicht nur, die technischen Voraussetzungen für HDR sowohl bei der Aufnahme (Kamera) als auch bei der Wiedergabe (Display/Fernseher) zu schaffen. Die Schwierigkeit liegt in der Kompatibilität zwischen Sender und Empfänger und der Abwärtskompatibilität der einzelnen Standards (HDR → SDR). Insofern bietet sich die sogenannte **Hybrid-Log-Gamma-Funktion (HLG)** an, die seit 2016 für die Übertragung bereits genutzt wird (vgl. Kapitel „UHD/HDR-Demokanäle“ in diesem Buch). Die HLG-Technologie sorgt dafür, dass der Dynamikumfang abwärtskompatibel komprimiert wird, was allgemein hin als Tonemapping bekannt ist. Natürlich kann dieses Verfahren aus der Digitalfotografie nicht eins-zu-eins in den Videobereich übernommen werden. Denn anders als bei einzelnen Bildern müssen Filmsequenzen über eine temporale Homogenität und eine Echtzeitfähigkeit verfügen und darüber hinaus gilt es, Artefakte zu vermeiden.

In der Weiterentwicklung des Tonemappings gibt es nunmehr zwei Varianten. Einerseits **das globale Tonemapping**, bei der auf Basis einer durchschnittlichen und maximalen Leuchtdichte jedes Pixel mit derselben Übertragungskurve gewichtet wird. Der Vorteil liegt in der niedrigen Rechenintensität, der Möglichkeit, das Ursprungssignal zurückzugewinnen (inverses Tonemapping) und der geringen Artefaktebildung.

Wenn es jedoch darum geht, einen möglichst großen Szenenkontrastumfang darzustellen, bietet **das lokale Tonemapping** bessere Chancen, einen höheren Kontrast zu bewahren. Denn mit einer höheren Datenkompression kann hier auch die Umgebung eines jeden Pixels berücksichtigt werden. Wenn man bedenkt, dass ein UHD/4K-Bild über 8 Millionen Pixel beinhaltet und mit der BT.2020 zukünftig bis zu 120 Bilder pro Sekunde (120 Hz) übertragen werden sollen, kann man sich die unglaubliche Rechenleistung und das entsprechende Datenvolumen zumindest ansatzweise vorstellen. Insofern stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage nach der besten Übertragungsmethode, wie also die nötigen Informationen am besten und schnellsten vom Sender zum Empfänger gelangen und welche Codierung/Decodierung sinnvoll ist.

HDR-Übertragungsmethoden

Ähnlich wie bei 2D → 3D oder auch SD → HD seinerzeit und dem erweiterten Farbraum zukünftig, besteht auch bei HDR die Notwendigkeit, sowohl SDR- als auch HDR-Inhalte gleichzeitig zu übertragen sowie zu codieren. Dafür gibt es derzeit (Stand: 2016) drei verschiedene Varianten.

Einfacher Single-Layer: Hier wird die Szene über einen einzigen Datenstrom transportiert und mithilfe einer Transformationskurve (**Hybrid-Log-Gamma-Kurve: HLG**) so codiert, dass die Videoinhalte auf jedem handelsüblichen Display (SDR und HDR) wiedergegeben werden können. Metadaten sind hierfür nicht erforderlich, dafür ist der Dynamikumfang begrenzt.

Doppelter Single-Layer: Mit einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung wird die Szene in zwei voneinander getrennten Datenströmen übertragen, wobei der eine Stream die SDR-Inhalte und der andere die HDR-Inhalte enthält. Je nach Display-Typ und Videomaterial kann so das jeweils passende Signal abgerufen werden.

Dual-Layer: Auch hier werden zwei unterschiedliche Streams (SDR: Basis-Layer/HDR: Enhancement-Layer) genutzt, die jedoch parallel über nur einen Datenstrom übertragen werden. Die zusätzlich mitgelieferten Metadaten sorgen dann dafür, dass beide Signale im jeweiligen Endgerät entsprechend getrennt beziehungsweise einzeln abgerufen werden können.

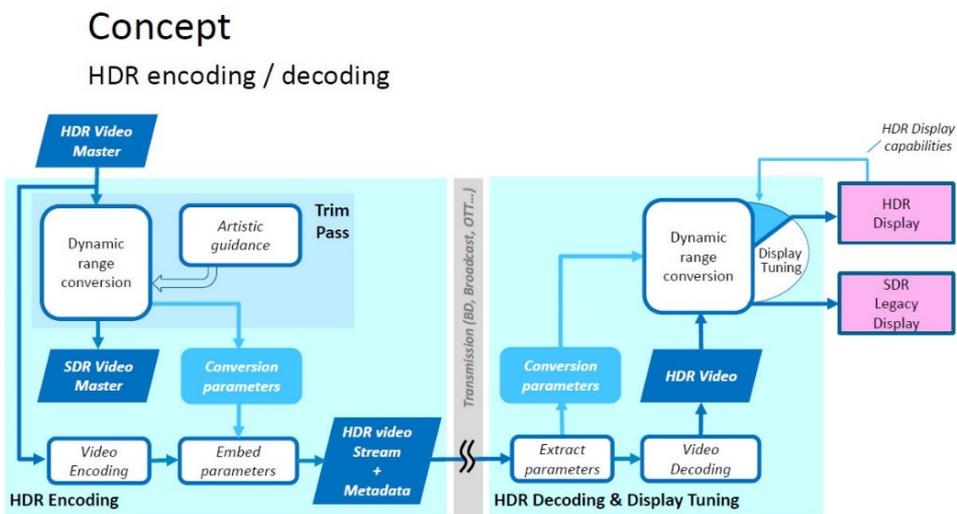


Abbildung 333: HDR-Übertragungsmethoden

Metadaten

Ein großer Schritt in Richtung Kompatibilität setzen Metadaten, die dem Datenstrom hinzugefügt werden. Wesentliche Grundvoraussetzung ist hier natürlich ein einheitlicher Standard, sodass diese auch auf allen gängigen Signalübertragungswegen (z.B. SDI, IPTV, OTT) Verwendung finden können. Eine besondere Herausforderung ist auch hier die Übertragung in Echtzeit, wie beim Broadcast/Fernsehen, da die Informationen synchron und verlustfrei weitergegeben werden und die Verzögerung bei der Signalverarbeitung so

gering wie möglich sein müssen. Insofern wird heute von den Entwicklern für Fernsehübertragungen der einfache Single-Layer-Betrieb präferiert. Bei Nicht-Echtzeitanwendungen kann sich quasi Zeit gelassen werden und die **statischen Metadaten** auch noch während der Nachbearbeitung hinzugefügt beziehungsweise abgespeichert werden. Entscheidend sind hier die Informationen über die Erstellung des Videomaterials während des Mastering-Prozesses, um die Wiedergabe möglichst originalgetreu zu realisieren. Damit Aufnahme und Wiedergabe sozusagen dieselbe Sprache sprechen, wurden im SMPTE-Standard ST-2086 konkrete Werte für das Mastering-Display festgelegt. Dazu gehören die X/Y-Koordinaten der drei Display-Primärvalenzen sowie des Weißpunkts und darüber hinaus die maximale/minimale Leuchtdichte. Diese werden in den Metadaten beschrieben, damit die Wiedergabe das Mastering nachvollziehen kann. Bei 4K-Blu-ray/HDR ist es möglich, weitere Informationen (Metadaten) hinzuzufügen, die sich im RGB-Kontext auf den maximalen Wert in einer Szene (Maximum Content Light Level: MaxCLL) und den durchschnittlichen Wert (Maximum Frame-Average Light Level: MaxFALL) von Szene zu Szene beziehen.

Diese **dynamischen Metadaten** dienen vorrangig der Kompatibilität zwischen Mastering-Display und Wiedergabebildschirmen mit geringem Dynamikumfang. Die Basisparameter hierfür sind in der SMPTE ST-2094-1 und ST-2094-2 spezifiziert und umfassen grundsätzlich vier unterschiedliche Anwendungen:

Transformation: Abhängig vom Eingangsbild wird aus dem Ausgangsmaterial ein Bild generiert und kann manuell verändert werden (Tonemapping).

Color-Grading: Hier werden bestimmte Parameter festgelegt, wie und wo (manuell oder automatisch) Helligkeits- und Farbveränderungen vorgenommen werden sollen, welche dann in den Metadaten übertragen werden.

Differenzierung: Aus dem HDR-Inhalt und den zusätzlich gelieferten Metadaten wird ein SDR-Bild gewonnen.

Spezifikation: Auf Basis der maximalen Leuchtdichte von Mastering- und Wiedergabedisplay werden mithilfe von Tonemapping-Algorithmen spezifische Parameter berechnet, um das HDR-Material bei der Wiedergabe möglichst originalgetreu darzustellen.



Abbildung 334: HDR Color Grading (www.technicolor.com)

HDR-Systeme und ihre verschiedenen Ansätze

Während perspektivisch **BBC/NNK** insbesondere vor dem Hintergrund der Live-Übertragung im Broadcast-Bereich die einfache Single-Layer-Methode nutzen wollen, bevorzugen Dolby, Philips und Technicolor komplexere Methoden. Hierbei stützen sich die Entwicklungsansätze bei **Dolby Vision** auf die Übertragung der Metadaten im Enhancement-Layer. Technische Basis hierfür ist die sogenannte Preceptual-Quantizer-Kurve (PQ) gemäß SMPTE ST-2084. Beim Mastering des EDR-Materials (Extended Dynamic Range) werden darüber hinaus Metadaten erzeugt, die weitere Informationen zur Darstellung des Bildmaterials enthalten. Natürlich gibt es das alles nicht umsonst. Die Datenrate des Enhancement-Layers steigt proportional zum Umfang der Metadaten und liegt etwa 25 Prozent über der des Basis-Layers. Dolby setzt bei seinem HDR-System „Dolby Vision“ auf die automatische Konvertierung des oben beschriebenen lokalen Verfahrens (Content Mapping Unit: CMU), bei dem aus der HDR-Version das SDR-Material generiert wird. Dazu werden aus dem HDR-Grading die entsprechenden Einstellungen abgeleitet und bei der Reproduktion die nötigen Informationen für das SDR-Grading geliefert.

| Anbieter | Transformation | Metadaten | rückwärts-kompatibel | Übertragung |
|-----------------------------|----------------|--------------------|----------------------|--------------|
| BDA/HDR10 | PQ | statisch | nein | Single-Layer |
| BBC/NHK | HLG | keine | ja | Single-Layer |
| Philips/ <u>Technicolor</u> | PQ | statisch/dynamisch | ja | Single-Layer |
| Dolby-Vision | PQ | statisch/dynamisch | ja | Dual-Layer |

PQ: Preceptual-Quantizer-Kurve

HLG: Hybrid-Log-Gamma-Kurve

Philips will für die Übertragung einen Basis-Layer zuzüglich Metadaten nutzen, aus denen die jeweilige Version (SDR/HDR) im Wiedergabegerät reproduziert werden kann. Sollte es nur eine HDR-Version im Original geben, wird das SDR-Bild mithilfe des automatischen Tonemappings inklusive manueller Bildoptimierung erzeugt. Bei **Technicolor** wird die HDR-Version

vorverarbeitet, sodass jedes HDR-Bild quasi aus einem SDR-Bild und den dazugehörigen Modulations-Metadaten besteht. So kann über das SDR-Signal beispielsweise via HEVC/Main 10 codiert, übertragen und in einem SDR-Display entsprechend wiedergegeben werden. Genau wie bei Philips werden die zusätzlichen dynamischen Metadaten für die Modulation in HDR in sogenannten SEI-Paketen (Supplemental Enhancement Information) an ein entsprechendes Wiedergabegerät weitergeleitet und dort zu einem HDR-Bild reproduziert. Hier kommt ebenfalls die inverse Funktion des Vorverarbeitungsprozesses zum Einsatz. Da sich beide Systeme im Over-The-Top-Content (OTT) sehr ähnlich sind, wurde sich hier darauf geeinigt, gemeinsam ein einheitliches Verfahren zu entwickeln. Technicolor verkündete dies in einer Pressemitteilung vom 4. Januar 2016.

HD+ (Samsung)

Im August 2016 verwirrte die Meldung, dass **Samsung** mit seinem HDR+ das entsprechende Videomaterial optimieren möchte. Hierbei handelt es sich aber nicht um einen Standard, sondern lediglich um einen Bildmodus (HDR+), der die Helligkeitseinstellungen des jeweiligen Displays umfasst. Wird HDR+ zugeschaltet, erfolgt eine automatische Anpassung unter anderem der Backlight-Einstellung auf die höchste Stufe. Damit können dunkle Bildbereiche an Kontrast gewinnen, insbesondere wenn eine entsprechend hohe Umgebungsbeleuchtung vorhanden ist (Tageslicht). Samsung verspricht ein Online-Update für HDR+ für alle 2016er SUHD-Modelle. Fakt ist aber, dass es sich hier lediglich um eine automatische Bildanpassung handelt und nicht um die in diesem Kapitel beschriebene HDR-Technologie selbst.

HDR-10 vs. Dolby Vision

Das Ziel aller Entwicklungen ist, für möglichst viele herkömmliche und zukünftige Displays mit ganz unterschiedlichen Systemvoraussetzungen (z.B. Spitzenhelligkeit, Schwarzwert) ein optimales Ergebnis zu schaffen, das sowohl SDR als auch HDR beinhaltet. Im Gegensatz zur Auflösung, bei der es lediglich um die Anzahl der Bildpunkte geht, ist HDR weitaus komplexer. Da reicht also kein Update/Upgrade. Wer mit Dolby Vision zukünftig HDR-Inhalte genießen möchte, der muss tatsächlich neu kaufen.

Grundsätzlich unterscheiden sich die einzelnen HDR-Standards im Mastering-Prozess und der Übertragungsform der Metadaten. So liegt beim herkömmlichen HDR-10 die Farbtiefe bei 10-Bit, Dolby Vision arbeitet hingegen mit 12 Bit, also einem weitaus breiterem Helligkeitsumfang, was für höhere Bildqualität sorgt. Zudem können die Bildinhalte hier besser an das Display angepasst werden, da die Helligkeitsinformationen pro Bild übertragen werden und nicht wie bei HDR-10 pro Film. Insofern greifen die ersten TV-Hersteller

(z.B. LG, Sony) nach „Dolby Vision“, mit deren Unterstützung die HDR-Umsetzung noch besser gelingen soll. Ob dieser Standard bei Blu-ray-Playern ebenfalls übernommen wird, ist derzeit (Stand: 2016) noch nicht sicher. Gemunkelt wird aber, dass noch in 2016 insbesondere LG und Philips neue UHD-Player auf den Markt bringen wollen, die Dolby Vision mit an Bord haben.

| | HDR-10 | Dolby Vision |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Maximale Helligkeit | 1.000 nits (cd/m ²) | 10.000 cd/m ² |
| Farbauflösung | 10 Bit | 12 Bit |
| Bildanpassung | statisch | dynamisch |
| Signalverarbeitung | Single-Layer | Dual-Layer |

Kurzum: Die Umsetzung von HDR steckt noch in den Kinderschuhen – genau wie die Systeme zur Umsetzung. So informiert im Sommer 2016 Dolby erstmalig ausführlich zum neuen HDR-Verfahren „Dolby Vision“. Bereits mehrere Fernseher diverser Marken (z.B. TCL, Vizio) unterstützen dieses HDR-System, die technischen Voraussetzungen bieten hingegen derzeit (Stand: 2016) nur einige aktuelle Modelle des Herstellers LG.

Mit der Etablierung von Dolby Vision wird eines unumgänglich sein: neue Geräte. Das liegt jedoch nicht am Marketing oder an den Herstellern, sondern tatsächlich am Aufbau der neuen HDR-fähigen Blu-ray-Disc mit Dolby Vision. Denn diese besteht aus mehreren Schichten. Zum einen aus der BL-Schicht (Basis-Layer) für die allgemeinen Bildinformationen und zum anderen aus der EL-Schicht (Enhancement Layer) für alle Zusatzinformationen/Metadaten. Die neuen Player müssen nun in der Lage sein, beide Schichten (BL + EL) parallel auszulesen. Hinzu kommt auch hier der aktuelle Codec H.265, der Ultra HD und HDR sowieso erst möglich macht. Aufgrund der hohen Datenmengen, die decodiert werden müssen, sind insbesondere bei höheren Bildfrequenzen für Dolby Vision neben der Single Chip-Signalverarbeitung sogar zwei HEVC-Decoder vorgesehen. Dolby Vision erklärt im Sommer 2016, dass hier die Unterstützung von gleich mehreren großen Chip-Produzenten zugesagt wurde, etwa von Mediatek, Realtek oder Sigma.

Für die Verbraucher ist dabei natürlich besonders interessant, inwieweit ein heute (Stand: 2016) gekaufter Blu-ray-Player zukünftig HDR-Videomaterial auf Basis von Dolby Vision wiedergeben soll, wenn dieser aber nur HDR-10 unterstützt. Die gute Nachricht ist: eine „Abwärtskompatibilität“ zu HDR-10 ist dabei nicht ausgeschlossen. Möglich ist, dass 4K-Blu-ray-Discs mit Dolby Vision auch die Metadaten von HDR-10 enthalten, damit Geräte, welche Dolby Vision nicht verarbeiten können, zumindest HDR mit HDR-10 möglich machen.

Videomaterial mit HDR

Wer nach passendem Videomaterial Ausschau hält, das tatsächlich in HDR produziert wurde, muss mit der Lupe suchen. Bei TV-Sendern ist HDR vor allem wegen der mangelnden Kompatibilität in der Signalverarbeitung noch reine Zukunftsmusik – ähnlich wie übrigens auch der erweiterte Farbraum gemäß BT.2020. Deshalb haben momentan ausschließlich die Streamingdienstleister in punkto Bildtiefe und Farbbrillanz die Nase vorn. Sowohl Amazon bietet erste Video-Titel mit einem HDR-Etikett an, aber auch Netflix hält sein Versprechen und produziert zunehmend Filme und Serien sowohl ultrahochoauflösend als auch mit höherem Dynamikumfang. Laut Pressemeldung vom 19. April 2016 wird Netflix bis Jahresende UHD-Videomaterial in HDR-Qualität mit einer Länge von insgesamt 250 Stunden zur Verfügung stellen.

Wenn auch schleppend so gibt es mittlerweile doch die ersten Blu-ray-Disks in Ultra HD plus HDR. Natürlich macht das Ganze nur richtig Spaß, wenn Sie die entsprechenden HDR-tauglichen Geräte besitzen. Alles in allem sollten Sie beim BD-Kauf ebenfalls auf das Premium-Zertifikat der UHD-Alliance achten. Ähnlich wie bei 3D gibt es hier mehrere Disks in unterschiedlichen Formaten in einem Cover.



Abbildung 335: Beispiel für Blu-ray-Disc mit UHD-Siegel und HDR

Amazon und Netflix setzen auf Dolby Vision

VOD-Anbieter wie Netflix und Amazon boten bisher ausschließlich HDR in Verbindung mit dem HDR-10-Standard. Doch seit Sommer 2016 hat sich dies geändert. Im Juni desselben Jahres wurde hier die 2. Staffel von „Marco Polo“ die HDR-Variante veröffentlicht, die tatsächlich sowohl HDR-10 als auch Dolby Vision unterstützt.

Bereits 2015 startete Amazon mit seinen Originalserien (z.B. „Mozart in the Jungle“ oder „Red Oaks“) den HDR-Content, jedoch aus Mangel an Möglichkeiten nur mit dem herkömmlichen HDR-10-Standard. In 2016 setzt Amazon hingegen mit seiner 2. Staffel von „Bosch“ ausschließlich auf Dolby Vision. Eine mutige Aktion, denn perfekte HDR-Inhalte können so nur mit Geräten realisiert werden, die Dolby Vision auch tatsächlich unterstützen. Hierzulande sind das im Herbst 2016 lediglich die 4K-OLEDs oder Super-UHD-TVs von LG. HDR-10 wird hingegen von diversen Modellen unterschiedlicher Hersteller unterstützt. Aber zum passenden Equipment gehört bekanntermaßen auch immer das richtige Kabel.

HDR nur mit dem richtigen Kabel

Selbst wenn Ihnen echte HDR-Inhalte zur Verfügung stehen, die Sie nun auf Ihren HDR-tauglichen Fernseher streamen oder über Ihren HDR-tauglichen Blu-ray-Player abspielen möchten, bleibt noch die Frage der richtigen Leitung. Das Datenvolumen von 4K/Ultra HD ist schon gewaltig. Auf Basis der aktuellen Technik (z.B. HEVC/H.265) müssen im Datenstrom auch noch diverse zusätzliche Informationen (Metadaten) an das Display weitergegeben werden. Mit HDMI-Kabeln der älteren Generation kommen Sie hier deshalb nicht weiter. Achten Sie auf den aktuellen HDMI-Standard 2.0a und verwenden Sie nicht zu lange Kabel.

Kurzum: HDR steckt noch längst nicht in jedem TV. HDR ist nicht gleichzusetzen mit 4K/UHD. HDR bleibt vorerst in den meisten Wohnzimmern reine Zukunftsmusik. Hollywood wird auch in nächster Zeit nur sehr spärlich in HDR produzieren. Eine TV-Übertragung in HDR-Qualität ist noch absolute Utopie (Stand: 2016). Lassen Sie sich also nicht verwirren, Rom wurde schließlich auch nicht an einem Tag erbaut.

Ultra HD Premium™

Sowohl der durchschnittlich interessierte Anwender als auch die zahlreichen Technikbegeisterten können bei der Vielzahl an Features, technischen Details und diversen Abkürzungen gelegentlich den Überblick verlieren. Licht ins Dunkel bringen hier erfahrungsgemäß die in diesem Buch beschriebenen Spezifikationen und Standards. Bewährt haben sich aber auch Zertifikate, wie etwa das neue Gütesiegel der UHD-Alliance, das Verbrauchern sowohl die lästige Suche als auch den zeitraubenden Vergleich erspart. Doch auch die Film-Studios und VoD-Dienste-Anbieter sind begeistert und nicht zuletzt haben Hersteller mit dem Logo auf ihren Geräten eine ausgezeichnete Möglichkeit, sich von der Konkurrenz abzuheben.



Abbildung 336: Gütesiegel der UHD Alliance "Ultra HD Premium™"

Noch vor dem offiziellen Start der CES 2016 in Las Vegas präsentierte die UHD Alliance auf einer eigens hierfür veranstalteten Pressekonferenz ihr aktuelles Logo, das zukünftig Garant für die Einhaltung bestimmter Standards und Spezifikationen vor allem im Bereich der ultrahochauflösenden Gerätetechnik sein soll. Mittlerweile werben Panasonic, Sony, Samsung und weitere Hersteller mit dem Gütesiegel "Ultra HD Premium". Insofern kann es gut sein, dass ebenjenes zukünftig nicht mehr ausschließlich dem High-End-Bereich vorbehalten sein wird.

Denn fehlende Spezifikationen und Standards sind letztlich generell ein Problem, das im Übrigen nicht nur die Verbraucher angeht. Vielmehr macht sich die mangelnde Vereinheitlichung vor allem als Lücke zwischen Filmproduktion und Filmwiedergabe bemerkbar. Wenn HDR und Ultra HD eine originalgetreue Darstellung beinhalten sollen, ist der wesentlichste Punkt dabei zu wissen, wie und unter welchen Voraussetzungen ein Film gedreht wurde. Nur so ist es möglich, diesen auch quasi als Original wiederzugeben. Bisher wurden die entsprechenden Informationen auf unterschiedliche Weise kodiert und dekodiert. Allgemeines Chaos herrschte, zumal Hersteller und Produktionsfirmen weltweit nicht auf demselben Stand waren.

Vor diesem Hintergrund schlossen sich alle großen Hersteller, Entwickler und Anbieter innerhalb der Unterhaltungselektronik-Branche zusammen und sorgen zumindest für eine gewisse Vereinheitlichung. Im Rahmen der Zertifizierung werden allgemeine Standards zugrunde gelegt, die sowohl für UHD/HDR-Inhalte als auch für die entsprechende Hardware (TV-Geräte etc.) mit erweitertem Farbraum gelten. UHD-Alliance-Präsident Hanno Basse sagte dazu: "Es war bislang nicht klar genug definiert, was gemeint ist, wenn von Ultra-HD, HDR oder erhöhten Farbumfang die Rede ist".



Abbildung 337: Mitglieder der UHD Alliance (Stand: 2016)

Insofern begrüßen vor allem VoD-Dienste-Anbieter (z.B. Netflix oder Amazon) sowie insbesondere auch die Vertreter aller namhaften Filmstudios eine solche Vereinheitlichung der Standards und die damit einhergehende Einführung des UHD-Logos. Denn gerade die Anbieter von entsprechendem Videomaterial benötigen weitgehend übereinstimmende technische Rahmenbedingungen, um weltweit ihre Filme anbieten zu können. Schließlich nützt es nichts, wenn Amazon eine neue Serie dreht oder Warner Bros. eine Blu-ray herausbringt, die dann nur in den USA laufen kann, weil in Europa andere Standards gelten. Deshalb könnte man behaupten, dass mit dem UHD-Gütesiegel nicht nur die Verbraucher auf der sicheren Seite sind, sondern zukünftig in den Genuss kommen, aus einem vielfältigen Angebot zu wählen.

Denn übereinstimmend erklärten sowohl 20th Century Fox, Sony Pictures und Universal Pictures als auch der Sprecher der Hollywood-Studios Warner Bros., bis Ende 2016 sechzig oder gar einhundert Filme in 4K zur Verfügung zu stellen, die dann via Online-Streaming oder aber auf UHD-Blu-ray-Disk angeboten werden. Hierbei soll es sich um neue aber auch „remasterte“ Filmklassiker handeln. Auch im 4K-Gaming-Bereich sehen die Fachleute Potenzial. Die Umsetzung bleibt abzuwarten.



Abbildung 338: Auch Blu-ray-Discs erhalten das Zertifikat „Ultra HD Premium“™

Auf Basis der ITU-R-Empfehlung BT.2020 legte die UHD Alliance nunmehr diverse Parameter fest, die für die Vergabe des Logos "Ultra HD Premium" erforderlich sind. Diese beziehen sich also insbesondere auf ultrahochauflösende Inhalte (3840 x 2160 Pixel), den erweiterten Farbraum sowie die Farbtiefe. Darüber hinaus spielen eine feinere Differenzierung der Helligkeitswerte sowie die entsprechend leistungsfähige Signalverarbeitung eine wesentliche Rolle, wobei alle am Markt üblichen Display-Technologien (z.B. OLED) berücksichtigt wurden.



Abbildung 339: Der Zertifikat der UHD-Alliance für TV und TV-Equipment (Beispiel: Samsung)

Immer mehr Hersteller werben seit 2016 mit dem Zertifikat "Ultra HD Premium", so etwa Samsung. Der Elektronikriese bekam im Mai 2016 für seinen Ultra HD Blu-ray-Player UBD-K8500 das beliebte Gütesiegel der UHD Alliance verliehen. Weltweit gibt es mittlerweile zahlreich eigens zur Verfügung gestellten Testcenter für die entsprechende Lizenzierung. Und nicht mehr nur Fernseher und Player erhalten das Gütesiegel, sondern auch Blu-ray-Discs.

Insofern können wir Verbraucher uns ein Stückweit zurücklehnen und müssen beim Kauf lediglich auf das entsprechende Logo achten. Denn alle Produkte benötigen für die Zertifizierung selbstverständlich bestimmte Mindestvoraussetzungen, die im Folgenden beschrieben werden:

- Auflösung: 3.840 x 2160 Pixel
- High Dynamic Range: SMPTE ST2084 EOTF (Standard)
- Farbtiefe: 10 Bit pro Abtastwert (entspricht über eine Milliarde Farbtöne)
- Farbraum: Wide Color Gamut gemäß BT.2020
- Display-Darstellung: 90 Prozent des P3-Farbumfangs
- Spitzen-Helligkeit: 1.000 Nits (bisher erreichten die meisten Fernsehgeräte zwischen 300 und 500 Nits)
- Kontrastumfang: 1000 Nit (Helligkeit) und weniger als 0,05 Nit (Schwarzwert) für LED-LCD-Displays oder alternativ 540 Nits maximale Helligkeit bei einem Schwarzwert von unter 0,0005 Nits für OLED-Bildschirme.

Als weltweit erstes Gerät erhielt übrigens Panasonic für sein Premium-Modell der 2016er Serie (DXW904) das mittlerweile heiß begehrte Gütesiegel „Ultra HD Premium“ der UHD Alliance, und zwar noch auf der Consumer Electronics Show (CES) im Januar 2016. Interessant dabei ist, dass es sich weder um ein OLED-TV noch um ein Display mit Quantum Dots handelt, sondern das LED/LCD-Flaggschiff aus der VIERA-Serie von Panasonic ist. Die Qualität der Bildwiedergabe hat also nicht ausschließlich etwas mit der verwendeten Technologie zu tun.

Da BUROSCH schon während der Entwicklung mit dabei war und letztlich den DXW904 mit all seinen technischen Neuerungen und seiner gigantischen Bildschirmdiagonale auf Herz und Nieren testen durfte, soll hier beispielhaft erläutert werden, was ein solches Premium-Zertifikation beinhaltet und wie die Praxis aussieht.

Praxistest zum Zertifikat

Zahlreiche Fachzeitschriften überschlugen sich im Frühjahr 2016 in ihren aktuellen Ausgaben nahezu in punkto Lob. Und das aus gutem Grunde! Schon allein der professionelle Kinobildschirm (Professional Cinema Display) mit sagenhaften 164 Zentimetern Bildschirmdiagonale sowie die perfekte 24p-Wiedergabe macht Lust auf mehr. Während „Audio Video Foto Bild“ unter der Schlagzeile „Viel hilft viel“ das Flaggschiff aus dem Hause Panasonic bewirbt (4/2016, Seite 8), kürt „audio vision“ den DXW904 gleich mal mit dem Innovations-Award. So schreibt die Redaktion in ihrer 194. Ausgabe unter anderem: „Der in 58 und 65 Zoll erhältliche DXW 904 wartet mit so vielen Technik-Highlights auf, dass wir gar nicht wissen, wo wir anfangen sollen.“ (audio vision: 03/16, Seite 20). Allerdings hat die AV REDAKTION im April 2016 dann Nägel mit Köpfen gemacht und den DXW904 bewertet.

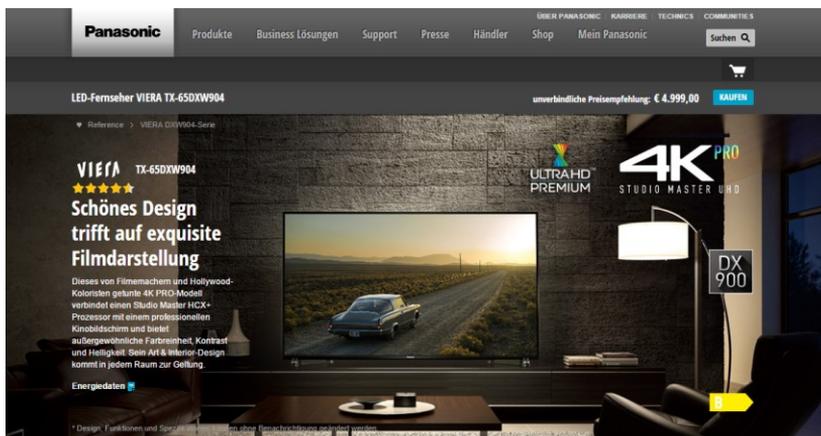


Abbildung 340: Beispiel für Premiumsiegel der UHD-Alliance: Panasonic DXW904 www.panasonic.com

Hierzu zählen sowohl die akkurate UHD/4K-Auflösung mit 3.840 x 2.160 Pixeln als auch glänzende Helligkeitsabstufungen, die Erreichung des kompletten Farbraums gemäß Rec.2020 sowie die nahezu vollständige Abdeckung des DCI-Farbraums. Mit einem Hellraumkontrast von 1.717:1, einer mit OLEDs durchaus vergleichbaren Schwarzdarstellung und Leuchtreserven von maximal 1.200 Candela pro Quadratmeter (Nits) bringt der DXW904 alles mit, was HDR erst möglich macht. Darüber hinaus bescheinigt nicht nur die Zeitschrift „Audio Vision“ dem DXW904 mit seinem 4K-Prozessor „Studio Master HCX+“ eine exzellente Signalverarbeitung. Die Bildwiederholffrequenz kann sich mit 3.000 Hertz sehen lassen. Ein umfassender TV-Empfang via Quattro-Tuner, eine außerordentlich übersichtliche Bedienung sowie das Betriebssystem Firefox OS sind natürlich inklusive. Damit ist insbesondere das Streaming von 4K-Inhalten über Video-on-Demand möglich. Zahlreiche Apps gehören natürlich ebenfalls dazu.

Trotz ausgefeilter Technologie gibt es bei Panasonic Flaggschiff ein paar Kleinigkeiten zu meckern: Obwohl das Upscaling von Full HD sehr gut realisiert wird, können leider immer noch keine DivX-HD-Videos abgespielt werden und ab einem Blickwinkel von 45 Grad kommt es zu leichten Helligkeitsverlusten und Farbabweichungen. Auch 3D-Filme wirken laut „audio vision“ etwas unscharf und die Bewegungsschärfe hat noch „Luft nach oben“. Doch mal ehrlich: Wer braucht angesichts ausgezeichneter Kontrastdynamik, exzellenter Farbbrillanz, nativer Bilddarstellung und außergewöhnlicher Detailschärfe überhaupt noch stereoskopisches Sehen mithilfe lästiger Brillen. 3D stirbt einen leisen Tod, die großen Filmstudios schaufeln selbst das Grab. Vielleicht hat Panasonic deshalb auf eine entsprechende Weiterentwicklung verzichtet und sich lieber den wesentlichen Dingen gewidmet. Und das übrigens mit Erfolg. Denn es hat nicht nur für das UHD-Gütesiegel gereicht, der DXW904 wurde von „Audio Vision“ in die Referenzklasse erhoben (vgl. Abbildung).

| PANASONIC TX-65 DXW 904 | |
|---|-------------------------------------|
| Ausstattung | |
| Preis (UVP) | 6.000 Euro |
| Abmessungen (H x B x T) | 84,6 x 145,9 x 6,7 cm |
| Gewicht | 35 kg |
| Auflösung | 3.840 x 2.160 Pixel |
| Bilddiagonale | 164 cm (65 Zoll) |
| Funktionsprinzip | LCD mit Full-LED-Backlight |
| Stromverbrauch | Standby 0,3 / Betrieb 151 Watt |
| Anschlüsse | |
| HDMI (HDCP 2.2) / YUV / Scart / Cinch / VGA | 4 (4) / 1 / 1 / 1 / – |
| Analog Stereo-Out / Digital-Audio-Out | – / 1 |
| USB / SD | 3 / 1 |
| LAN / WLAN | ja / ja |
| Sonstige | 2x CI+, Kopfhörer |
| Tuner | analog, 2x DVB-T2/-CI-S2 |
| Features | |
| 3D / Brillen mitgeliefert | ja (aktiv) / nein |
| Bewegungs-Technologie | 3.000 Hz Backlight Motion Rate IFC |
| Internet / HbbTV / DLNA | ja / ja / ja |
| USB-Recording / Timer-Vorlaufzeit | ja / 2 Wochen |
| Native Wiedergabe 4K-Video / 4K-Foto | ja / ja |
| Tuner: Overscan abschaltbar | ja |
| DISEqC 1.2 / USALS / Unicable | nein / nein / ja |
| Video-Dateiformate | MPEG1/-2, AVCHD, MP4, WMV, MKV, MOV |
| Audio-Dateiformate | MP3, WAV, WMA, FLAC, AAC |
| Foto-Dateiformate | JPEG, MPO |
| Erweiterte Farbkalibrierung | manuell + automatisch |
| Erweiterte Farbräume | Wide Colour Gamut |
| Fernbedienung beleuchtet / lernfähig | ja / nein |
| Gedrucktes Handbuch | nein |
| Standfuß drehbar / neigbar | nein / nein |
| Netztrennschalter | nein |
| Besonderheiten | TV-over-IP-Client und -Server |

| BEWERTUNG | | |
|-------------------------------------|----------------------------|---------|
| BILDQUALITÄT | sehr gut | 57 / 65 |
| maximale / mittlere Bildhelligkeit | 1.153 / 227 cd/m² | 3 / 3 |
| Kontrastumfang (Im-Bild-Kontrast) | 2.066:1 | 3 / 3 |
| im Heimkino (ANSI) | 1.849:1 | 3 / 3 |
| Hellraumkontrast | Leuchtdichtefaktor 1.717:1 | 3 / 3 |
| Ø Helligkeit bei 10-60° Blickwinkel | 47 % | 1 / 3 |
| Ø Kontrast bei 10-60° Blickwinkel | 20 % | 1 / 3 |

Schmalere Grad: Der Panasonic TX-65 DXW 904 büßt bereits ab einem Blickwinkel von 20 Grad sichtbar an Helligkeit (rot) und Kontrast (gelb) ein.

| | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------|
| Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung | 82 % | 2 / 3 |
| Farben und Grautöne | Farben (Ø ΔE 2000 EBU-Farben): 0,6 | 4 / 4 |
| | Grautöne (Ø ΔE 2000 0...100 IRE): 0,6 | 4 / 4 |

Kein anderer bislang getesteter Fernseher zeigt eine so gute Farbtreue wie der Panasonic TX-65 DXW 904. Die durchschnittlichen Delta-E-Abweichungen liegen bei unter 1.

| | | |
|-----------------------------|---------------------|---------|
| 24p-Darstellung von Blu-ray | | 3 / 3 |
| Bewegungsschärfe | | 2 / 3 |
| Sehtest | Fernsehen: sehr gut | 9 / 10 |
| | Blu-ray: sehr gut | 10 / 10 |
| | Ultra-HD: sehr gut | 5 / 5 |
| | 3D: gut | 4 / 5 |

| | | |
|-------------------------|----------|-------|
| TONQUALITÄT | gut | 4 / 5 |
| MATERIAL & VERARBEITUNG | sehr gut | 5 / 5 |

av-wertung sehr gut **90** von 100
REFERENZKLASSE

Abbildung 341: Praxistest der Fachzeitschrift „audio vision“ (Ausgabe: 03/16)

Und auch wir von BUROSCH kamen nach unserem Praxistest im Februar 2016 zu dem Schluss, dass der VIERA TX-58DXW904 schon jetzt eine Legende ist. Deshalb wird im Folgenden kurz erläutert, welche Werte im BUROSCH-Labor ermittelt wurden. Es sei jedoch gleichzeitig darauf hingewiesen, dass es sich nicht um Referenzwerte für die Bildschirmoptimierung zu Hause handelt. In unserem Testlabor herrschen ideale Bedingungen für die professionelle Kalibrierung und messtechnische Analyse. Diese sind in keiner Weise mit den praktischen Bedingungen in einem Wohnzimmer zu vergleichen. Folgende Parameter haben wir im BUROSCH-Labor analysiert:

Farbtemperatur: In den Default-Settings konnte der Fernseher mit einer sehr guten Farbtemperatur (CCT) von 6644,5K (Ziel: D65 - 6500 Kelvin) aufwarten. Durch Optimierung des Weißabgleichs an zwei Punkten (2-Point-White-Balance: 30 und 80 IRE) konnte dieser Wert auf das Optimum gehoben werden (6547K).

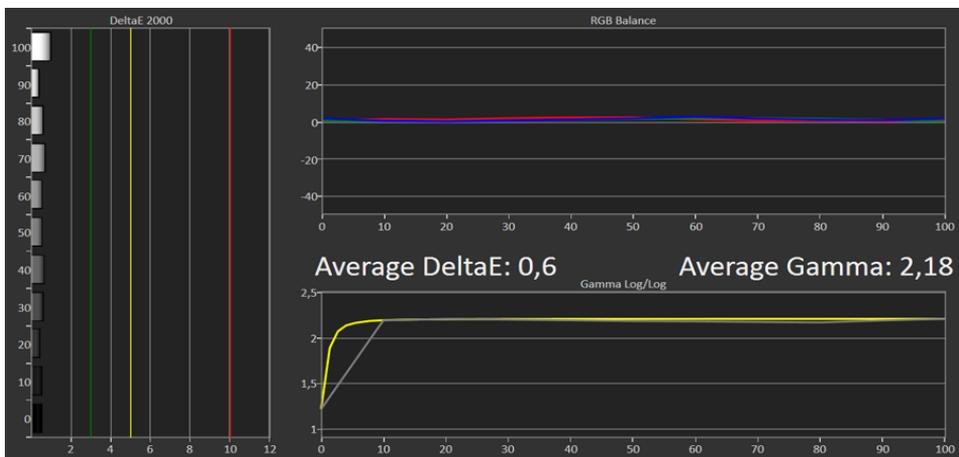


Abbildung 342: Testdiagramm für DWX904 im BUROSCH-Labor

RGB Balance & Gamma: Die ausführlichen und kritischen Testdiagramme von RGB Balance, Gamma und DeltaE 2000 bescheinigen ein Top-Resultat schon vor der Kalibrierung des angesprochenen 2-Punkt-Weißabgleichs. Das Gamma liegt bei 2,19 und verläuft sauber. Entsprechend optimal verhält sich der Gegenspieler: die 11-Punkt-RGB Balance. Durch die Kalibrierung des Weißabgleichs an den Punkten IRE 30 und 80 konnte sich auch der Verlauf der drei RGB-Balance-Graphen auf ein fantastisches Niveau verbessern. Alle drei Graphen verlaufen parallel zueinander und "kleben" förmlich an der Nulllinie. Infolgedessen ist auch das Gamma perfekt. Das empfindliche Fehlerkombinationschart DeltaE 2000 bestätigt das Ergebnis.

Farbraum: Hinsichtlich der Farbleistung haben wir in diesem Test den Rec.709-Colorspace als Messziel definiert, wenngleich der TV deutlich darüber hinauskommt. Nach der Einstellung des Color-Managements liegt der Fernseher auf Referenzniveau. Zusätzlich haben wir die kritische Colorchecker-Untersuchung durchgeführt. Das bedeutet, es werden Farben abgeprüft, die häufig in typischen Szenen vorkommen. Auch hier konnten die Ziele eingehalten werden.

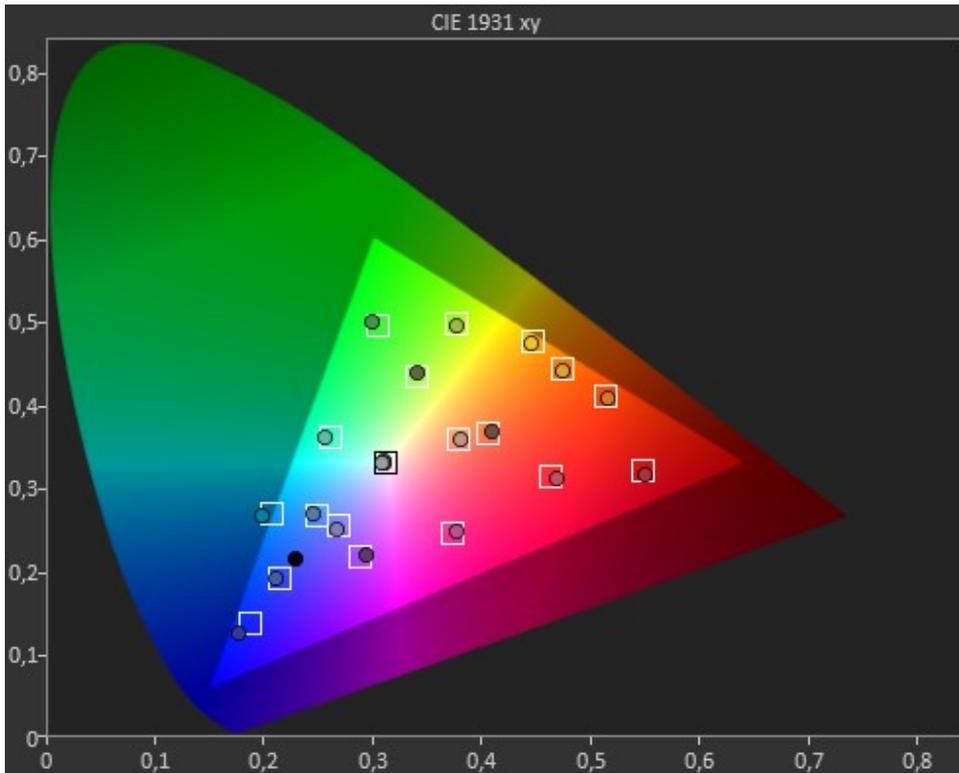


Abbildung 343: Testdiagramm (Farbraum) für DXW904 im BUROSCH-Labor

Im Rahmen unsere Analyse im BUROSCH-Labor konnten wir also eindeutig feststellen, dass der Panasonic DXW-904 aus gutem Grunde das Zertifikat „ULTRA HD Premium™“ erhalten hat. Das Gerät zeigt bereits mit seinen Werkseinstellungen ein sehr gutes Bild. Die technischen Voraussetzungen bieten also mit der individuellen Bildoptimierung auch im heimischen Wohnzimmer ein exzellentes Filmvergnügen. Das TV-Display kann darüber hinaus auch optimal in einer professionellen Studio-Umgebung eingesetzt werden.

Seit ihrer Gründung im Januar 2015 hat die UHD Alliance im Januar 2015 mehr als zweitausende Produkte zertifiziert. Hierzu zählen TV-Geräte, Blu-ray-Player und entsprechende Discs in Ultra HD und nun auch mit HDR. Darüber hinaus will die UHD Alliance zukünftig auch mobile Endgeräte (z.B. Tablets oder Smartphones) testen und zertifizieren aber auch die technischen Details für TV-Übertragungen zu definieren. Wohl eine der größten Herausforderungen an die Gemeinschaft der Hersteller, Entwickler und Anbieter von Unterhaltungselektronik; eine der kleinsten dabei ist, wie die Verbraucher erkennen können, ob es sich um zertifizierte TV-Inhalte handelt.

Weitere Gütesiegel für 4K/Ultra HD

Was man in Bezug auf das Gütesiegel der UHD Alliance aber auch auf alle anderen Gütesiegel wissen sollte: Bei der Zertifikate-Verteilung geht es lediglich um die Einhaltung von Mindeststandards. Aber selbst diese sind nicht immer spezifiziert. Fehler in der Bewegungsunschärfe oder Zwischenbildberechnung, Clouding- sowie Nachzieheffekte oder schlechte Displayeinstellungen ab Werk sind keine Kriterien bei der Logo-Vergabe. Abgesehen davon bringen Hersteller wie beispielsweise Sony ihre 2016er Modelle ganz ohne das offizielle UHD-Premium-Logo auf den Markt - und das obwohl Sony selbst Mitglied der UHD Alliance ist.

Denn es ist den Herstellern durchaus freigestellt, ob sie ihre Geräte von der UHD Alliance zertifizieren lassen oder eben selbst entsprechende Gütesiegel und Logos verwenden. Zumal das Premium-Siegel naturgemäß nicht für alle Fernseher zulässig ist, insbesondere für Geräte im unteren Preissegment. Denn die meisten Fernseher erreichen gerademal 400 Nits, was meilenweit von der geforderten Spitzenhelligkeit entfernt ist. Aber auch nicht jeder Fernseher muss HDR-tauglich sein. Genauso wie nicht jeder Verbraucher bereit ist, 4.000 Euro oder mehr für einen Fernseher auszugeben.

Darüber hinaus bringen die unterschiedlichen Display-Technologien ganz unterschiedliche Werte mit, die es schwer machen, daraus pauschale Mindestanforderungen zu kreieren. In der Praxis könnte hier vor allem so mancher OLED-TV schlechter abschneiden, als er tatsächlich ist. Denn die Geräte mit den organischen Licht emittierenden Dioden kommen ohne zusätzliche Hintergrundbeleuchtung aus, was ähnlich wie bei den Nanokristallen der Quantum Dots naturgemäß zu einer besseren Kontrastdarstellung führt. Hingegen müsste man beispielsweise bei Edge-LED-LCDs die entsprechenden Werte um einiges hochschrauben, wobei gleichzeitig der vorgeschriebene Schwarzwert äußerst schwer erreichbar ist. Ähnlich wie schon beim Energieeffizienz-Siegel könnten also die Hardware-Komponenten aber auch

insbesondere die Werkseinstellungen so erfolgen, dass zwar alle Vorschriften und Normen eingehalten werden, die optimale Bildwiedergabe bleibt dabei aber wohl wieder einmal auf der Strecke.

Um sich am Markt zu behaupten, könnten Hersteller also auf das neue UHD-Premium-Logo verzichten und alternativ die "selbstgebastelten" Gütesiegel auf ihre Modelle kleben. So setzt Panasonic genau wie Sony auf das hauseigene 4K-Logo, Samsung nennt seine UHD-Modelle seit Beginn an lieber SUHD und selbst die eigentlich schon für kaum noch möglich erklärte UHD-Blu-ray kam im Frühjahr 2016 mit eigenem 4K-Siegel auf den Markt. Das beste Qualitätsbewusstsein sollte also der Verbraucher mitbringen und beim Kauf genau die Standards einfordern, die ein erstklassiges UHD/4K-Gerät beziehungsweise entsprechendes Zubehör ausmachen. Denn nicht selten ist kaum zu erkennen, ob es sich bei der Vielzahl an Logos um ein spezifiziertes Zertifikat oder eben nur um Marketing handelt. Deshalb sollte man sich am besten selbst informieren, was tatsächlich drinstecken sollte.



Abbildung 344: Beispiele für UHD-Gütesiegel

Zu den wichtigsten Standards für Ultra HD zählt natürlich die Bildauflösung mit 3.840 x 2160 Pixel, der HDR-Standard gemäß SMPTE ST2084 EOTF, ein 10-Bit-Signal für die Farbtiefe, der Farbraum gemäß ITU-Empfehlung BT.2020, eine Display-Darstellung von mindestens 90 Prozent des DCI-P3-Farbumfangs und je nach Display-Technologie realisierbare Werte für den Kontrastumfang. Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, fordert das Ultra-HD-Premium-Logo hierfür 1000 Nit (Spitzenhelligkeit) und weniger als 0,05 Nit (Schwarzwert) für

LED-LCD-Displays oder alternativ 540 Nits maximale Helligkeit bei einem Schwarzwert von unter 0,0005 Nits für OLED-Bildschirme. Anders verhält es sich bei den diversen 4K/HDR-Logos. So spezifiziert beispielsweise Sony hierzu erst gar keine Werte.

Kurzum: Frei nach dem Motto "Vertrau nicht aufs Logo, sondern teste selbst" ist es letztlich auch bei den Premium-Modellen niemals verkehrt, mit professionellen Testsequenzen den individuellen Feinschliff am Gerät vorzunehmen und für die technischen Voraussetzungen sich die jeweilige „Packungsbeilage“ anzuschauen. Es gilt also, nicht nur auf die farbenfrohen Werbeanzeigen, sondern insbesondere das Kleingedruckte in Bezug auf Farbdarstellung, Spitzenhelligkeit, Kontrast- und Schwarzwerte anzuschauen. Hierzu helfen unter anderem die einschlägigen Portale und Fachzeitschriften für vergleichende Warentests. Ein Blick ins Internet lohnt sich also vor dem Kauf eines neuen Fernsehers oder Blu-ray-Players, und zwar nicht nur wenn es um Ultra HD und HDR geht.

Streaming in Ultra HD und 8K

Im Bereich des Video-Streamings ist Ultra HD schon längst keine Neuigkeit mehr. Bereits in 2014 stellten VOD-Anbieter wie Netflix oder Amazon erste Videos mit einer Auflösung von 3.840 x 2.160 Pixeln zur Verfügung. Auf der Videoplattform YouTube wurden Ultra HD-Videos hingegen schon im Jahre 2010 veröffentlicht. Heute (Stand: 2016) kann man hier sogar echte Cinema-4K-Auflösung mit 4.096 x 2.160 Pixeln und einer Bildfrequenz von 60 Hz (60 Bildern pro Sekunde) bewundern. Doch damit noch nicht genug. Die größte Videoplattform der Welt hat sich auf UHD-2 vorbereitet, was den Upload von Videomaterial in 8K möglich macht. Weitere Videoplattformen rüsten sich ebenfalls. So bieten Vimeo und die deutsche Plattform Videoload auch via App einen vollwertigen UHD-Content an.

YouTube setzt hier im Übrigen nicht auf den mittlerweile für Ultra HD sonst üblichen Komprimierungsstandard H.265, sondern verwendet für die Komprimierung des hochauflösenden Materials die neuste Version des VP9-Codec „Profil 2“, der sogar HDR unterstützen soll. Der Startschuss für die Wiedergabe von ultrahochauflösenden Videos inklusive HDR erfolgte bei YouTube im Sommer 2016. Mittlerweile unterstützten auch die aktuellen TV-Modelle (Stand: 2016) neben H.265 den Codec VP9, was das Streaming via YouTube-App in vollem Umfang möglich macht.

Wer sich also fragt, was er mit seinem UHD-Fernseher eigentlich anfangen soll, wenn die klassischen TV-Anbieter gerade mal auf Full HD umstellen (z.B. DVB-T2): die professionellen VoD-Streaming-Anbieter sind hier schon längst auf dem

aktuellen Stand und erweitern ihr hochauflösendes Videoangebot auch zukünftig. Netflix unterstützt bereits HDR und setzt bei seiner hauseigenen Produktion „Marco Polo“ auf den aktuellen Standard Dolby Vision, Amazon will hier in Kürze nachziehen (Stand: 2016).

Nutzer von Amazon, Netflix & Co. sollten jedoch wissen, dass für UHD/4K/HDR-Inhalte der herkömmliche DSL-Anschluss nicht ausreicht. Hochauflösend inklusive High Dynamic bedeutet trotz ausgereifter Komprimierungstechnologien naturgemäß ein hohes Datenvolumen. Deshalb ist ein Internetanschluss mit einer Kapazität von mindestens 18 Mbit/s, besser 25 Mbit/s absolute Voraussetzung für das Streaming in Ultra HD inklusive HDR. Wer diese Datenraten über seinen Anschluss nicht realisieren kann, der kann nur heruntergerechnetes Videomaterial konsumieren, was natürlich immer noch besser ist als umgekehrt. Wie das mit dem Down- und Upscaling funktioniert, erfahren Sie im nächsten Kapitel.

Upscaling & Co.

Was 2014 auf dem Messegelände in Berlin vorgestellt wurde, war ein Jahr später schon wieder Makulatur. Ultra HD ist erst seit der IFA 2015 „echt“. Bis es in den deutschen Wohnzimmern Einzug hält, wird noch einmal Zeit vergehen. Bis dahin wird der von der ITU (Rec.2020) empfohlene UHD-2-Standard wahrscheinlich schon längst auf der nächsten oder übernächsten Funkausstellung präsentiert worden sein.

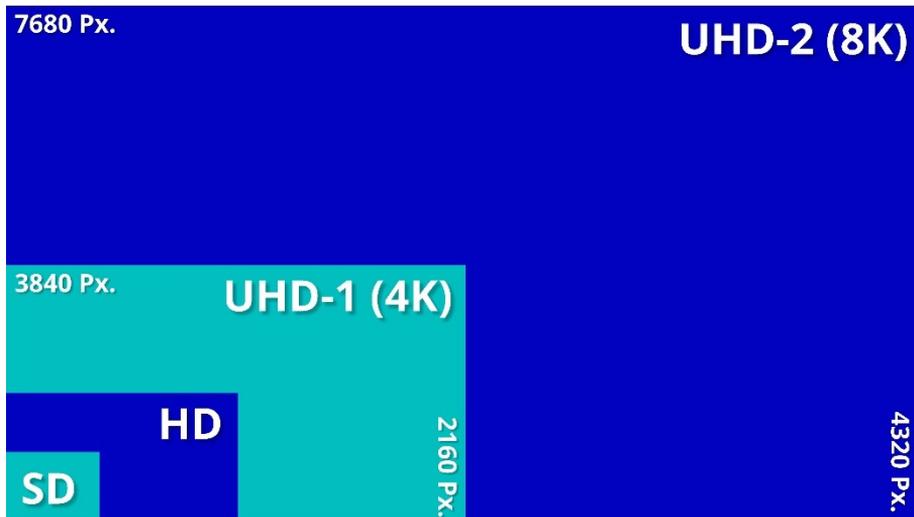


Abbildung 345: Auflösungen für SD, HD, 4K, 8K

Aber so ist es eben: die Entwicklung kommt nicht über Nacht, zumindest haben wir in unserer schnelllebigen Zeit diesen Eindruck. Fernseh-Pionier Paul Nipkow hätte seinerzeit nicht zu träumen gewagt, was heute alles möglich ist. Und vielleicht ärgern sich all jene, die bereits einen echten UHD-TV besitzen, vor diesem Hintergrund etwas weniger, dass das 4K-Videomaterial immer noch spärlich verfügbar ist. Die klassischen Fernsehanstalten sind im Jahre 2015 gerade erst auf dem Stand von Full HD angekommen. HD für alle ist nach wie vor Utopie – jedenfalls über das unverschlüsselte TV-Signal. Im Gegensatz dazu basteln die Hersteller bereits an 8K-Wiedergabegeräten.

Doch was machen wir in der Zwischenzeit? Jede neue Technologie etablierte sich Schritt für Schritt. Die Hersteller, Ingenieure und Marketingprofis wissen natürlich ganz genau, was sie tun und wie sie uns die aktuellen Trends schmackhaft machen. Mit dem Upscaling gelang es ihnen, quasi gleich zwei Fliegen mit einer Klappe zu schlagen. Zum einen wurden seit der Standardisierung von UHD im Jahre 2012 und der Einführung der ersten Geräte mit 4K-Logo im Jahre 2013/2014 noch ein bisschen gemogelt. Wo UHD draufstand, steckte noch längst nicht echtes 4K drin. Zum anderen können wir uns beruhigt einen modernen UHD-TV zulegen und dennoch alle Bildformate genießen – egal ob in SD, HD, Full HD, UHD oder Quad-UHD.



Abbildung 346: 4K-Upscaling (www.sharp.ca)

Doch kommt beim Upscaling tatsächlich eine bessere Bildqualität zustande, auch wenn noch kein echter UHD-Content vorliegt? Fakt ist: Ein vollwertiges Bild in nativer 4-facher HD-Auflösung ist nur möglich über einen vollwertigen UHD-Bildschirm ab Baureihe 2015 mit den nötigen Anschüssen und Codier-Standards sowie entsprechendem ultrahochauflösenden Filmmaterial. Alles andere ist hochskaliert, aber dennoch qualitativ akzeptabel. Grund dafür ist das sogenannte 4k-Upscaling. Hierbei wird das Basismaterial in den Formaten SD (720 x 576), HD (1280 x 720) oder Full HD (1920 x 1080) hochgerechnet

beziehungsweise hochskaliert auf ebjenene UHD-Auflösung mit 3840 x 2160 Bildpunkten.

Solange also die Fernsehanstalten und Filmproduzenten noch nicht auf UHD-Standard umgestellt haben, sollte man beim Kauf eines Fernsehgerätes und des dazu gehörigen Video-Equipments genau darauf achten, dass ebenjenes über eine präzise Upscaling-Technologie verfügt. Denn unbearbeitet würde auf einem 4K-TV von HD-Inhalten mit 1920 x 1080 Bildpunkten lediglich ein Viertel der Bildfläche zu sehen sein, 75 Prozent des Displays blieben ungenutzt. Also muss hochskaliert werden. Das Prinzip selbst ist eigentlich nicht neu, wurde doch schon bei HD-Geräten das SD-Filmmaterial oder aber Videoinhalte von DVD hochgerechnet, um die Auflösung anzupassen.

Nun kann man Bildpunkte nicht einfach erfinden oder unüberlegt vervierfachen – allein wenn man bedenkt, wie groß die Differenz ist. Wir reden schließlich bei HD beziehungsweise Full HD von einer Pixelanzahl in Höhe von 2.073.600 (1920 x 1080), bei UHD hingegen von 3840 x 2160 – also 8.294.400 Bildpunkten. Wo kommen nun 6.220.800 Pixel pro Bild her?

Eine der simpelsten Methoden ist tatsächlich die Pixelwiederholung, die aufgrund der Methodik auch als „nearest neighbor“ bezeichnet wird. Hier werden für die fehlenden Bildpunkte im Ausgabebild (Resultat) die Farbwerte der nächstgelegenen Punkte des Eingabebildes (Original) einfach übernommen. Jedoch kommt es in den Diagonalen zu starken Alias-Effekten, das skalierte Bild erhält eine klötzchenartige Struktur und wird „pixelig“. Abgesehen davon kann auf diese Art und Weise keine Vervielfachung der Bildpunkte erreicht werden.

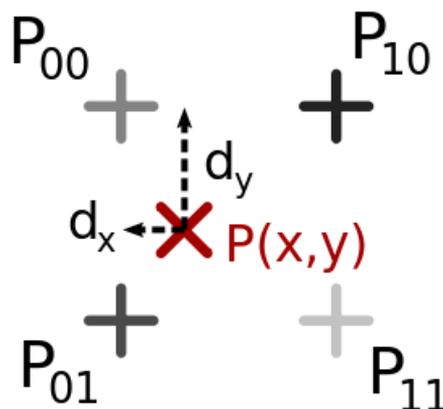


Abbildung 347: Schematische Darstellung einer bilinearen Interpolation (Wikimedia Commons)

Eine präzisere Methode ist die sogenannte bilineare Interpolation (Abbildung 309). Wie die Bezeichnung vermuten lässt, werden jeweils in zwei Richtungen die Farbwerte der Bildpunkte zwischen bekannten Werten errechnet. Oder anders ausgedrückt: Die fehlenden Pixel im Ausgabebild werden als Mittelwert aus den vier benachbarten Farbwerten des Eingabebildes interpoliert. Da hier diagonal vorgegangen wird, sorgt diese Methode für deutlich weichere Linien. Die Treppen- beziehungsweise Klötzchenbildung ist hier im Vergleich zur Pixelwiederholung wesentlich geringer.

Eine andere Skalierungsmethode ist die bikubische Interpolation, bei der ein Farbwert des Ausgabebildes ebenfalls aus den benachbarten Farbwerten des Eingabebildes mithilfe von kubischen Splines²⁵ erzeugt wird. Eine bekannte Version ist der sogenannte Mitchell-Netravali-Filter²⁶. Allein bei der bikubischen Interpolation gibt es diverse Verfahren, auf die hier im Einzelnen nicht eingegangen werden soll. Im Allgemeinen werden bei der Skalierung die vorgegebenen Bildraster auf unterschiedlich große Ausgaberraster übertragen. Dabei wird jedem Bildpunkt des Ausgabebildes ein bestimmter Farbwert zugewiesen, der aus den anliegenden Pixeln erstellt wird. Hierbei werden Rekonstruktionsfilter verwendet, die genau bestimmen, welche Bildpunkte des Eingabe- beziehungsweise Originalbildes zur Berechnung (Interpolation) herangezogen und wie die einzelnen Farbwerte gewichtet werden.

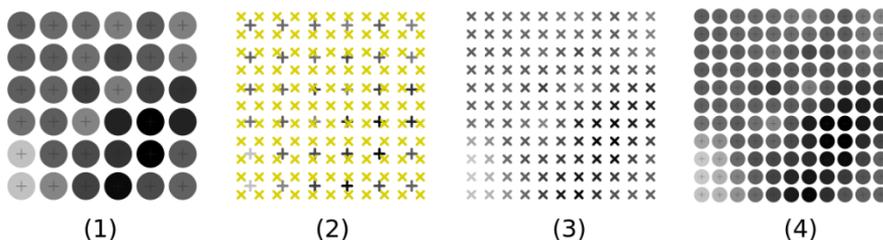


Abbildung 348: Beispiel einer Skalierung von 6x6 auf 11x11 Pixel (Wikimedia Commons)

Insofern verläuft der Skalierungsvorgang immer ähnlich, wobei die Qualität des Resultates unmittelbar vom Originalmaterial abhängt. Die Vergrößerung eines Bildes mit geringen Bildauflösungen gelingt proportional zur Pixelanzahl genauso wie die Skalierung höherer Auflösungen. Bei der in Abbildung 310 vereinfacht dargestellten Vergrößerung einer 6×6 Pixel großen Rastergrafik auf 11×11 Pixel wird das Pixelraster des Ausgabebildes (gelbe Kreuze) über das Eingabebild (Original) gelegt. Die Farbewerte werden aus den umliegenden Pixeln des Eingabebildes errechnet und auf das Pixelraster des Ausgabebildes übertragen.

²⁵ Ein kubischer Spline ist eine glatte Kurve, die durch gegebene Punkte im Koordinatensystem geht.

²⁶ Mitchell-Netravali-Filter oder BC-Splines sind Rekonstruktionsfilter, die bei der Skalierung von Rastergrafiken oder beim Antialiasing verwendet werden.

Nun könnte man fragen, was denn daran nun so schwer sein soll. Tatsächlich ist das 4K-Upscaling ungefähr so leicht, wie mit einem Küchenmesser ein ausgewachsenes Schwein zu zerlegen. Deshalb wird auch oft zurecht festgestellt, dass eine SD-Auflösung oder gar analoge TV-Signale immer noch am besten auf einem Röhrenfernseher dargestellt werden können und andererseits die Auflösung eines hochskalierten Bildes niemals an die ultrahochauflösende Qualität eines natives 4K-Bildes heranreicht. Denn das beste Resultat erzielt man nur, wenn das Material übereinstimmt. Beim Hochskalieren kommen schließlich keine neuen Bildinformationen hinzu, sondern es werden lediglich die vorhandenen umgewandelt beziehungsweise vervielfacht.

Deshalb wurde lange an der 4K-Upscaling-Technologie gefeilt und in den UHD- TVs von speziellen Chips (video scaler) in Echtzeit durchgeführt. Dabei wird das Ausgangssignal nicht gespeichert, was die Hochskalierung vom Hochkonvertieren unterscheidet, bei dem das Ausgangssignal nicht ausschließlich in Echtzeit erstellt, dafür aber generell gespeichert wird.



Abbildung 349: Chip X-Reality PRO von Sony (www.sony.co.in)

Viele Hersteller nutzen für das Upscaling ihre eigene Technologie. Sony setzt beispielsweise auf den Chip X-Reality PRO. Trotzdem natürlich auch hier in Echtzeit skaliert wird, wurden im Rahmen der Entwicklung in den Sony-Labors zahllose 4K-Bilder herunter- und wieder hochskaliert und in einer Datenbank abgespeichert. Dabei kam die sogenannte "Reality Creation" heraus - ein Chip mit einer statistischen Lernprozess-Technologie, die eine bemerkenswerte Upscaling-Qualität gewährleistet. Das Prinzip dahinter: je mehr Bilder umgewandelt werden, desto besser wird das Ergebnis.

Bei den seit 2015 auf dem Markt erhältlichen 4K-Fernsehern der AQUOS-4K/UHD-Serie von Sharp heißt der Upscaler-Chip wiederum „Revelation“, über das Verfahren selbst wird sich hier allerdings ausgeschwiegen. Fakt ist aber, dass Sharp mit seinem aktuellen Slogan „Beyond 4K“ den Mund ziemlich voll nimmt.

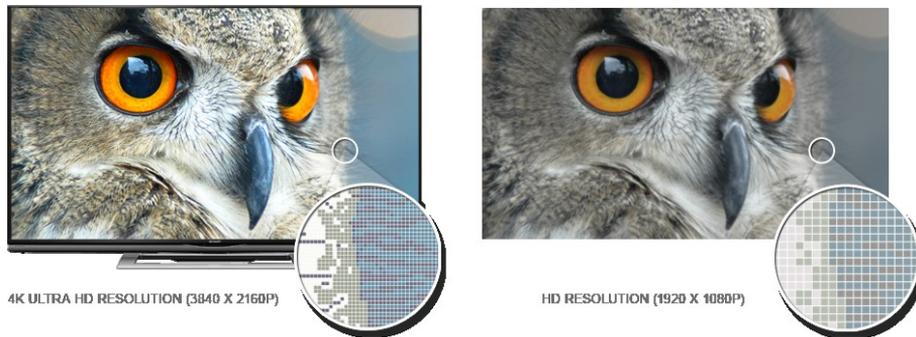


Abbildung 350: Vergleich HD - UHD/AQUOS® (www.sharp.ca)

Unter selben Namen präsentierte Sharp in 2015 bereits den Prototypen eines 4K-/UHD-TVs, der virtuell 8K (also 7680 x 4320 Pixel) darstellen kann. Virtuell bedeutet natürlich noch nicht nativ, dafür aber hochgerechnet auf insgesamt 66 Millionen Subpixel mithilfe von Pixelsplitting und der Quattron-Technologie. Insofern kann man hier feststellen, dass die Hersteller schon wieder ein Ampel weiter sind und die TV-Geräte der 2015er Bau-Serie im Allgemeinen über eine ausgereifte UHD- und Upscaling-Technologie verfügen, was im Jahre 2014 noch nicht der Fall war.

Doch auch wenn die Werbeversprechen der Hersteller, dass sich Bildinhalte beim Hochskalieren auf UHD/4K immens verbessern und detailreicher werden, nicht der ganzen Wahrheit entsprechen, sollte man sich trotzdem nicht unbedingt von den zahlreichen Kommentaren im Netz verunsichern lassen. Natürlich: Fernsehkauf ist vor allem eine Frage der Prioritäten und des Portemonnaies. Aber intelligente Upscaling-Algorithmen garantieren in den aktuellen 4K-Geräten ab Ende 2015 in jedem Fall eine bessere Darstellung durch Hochskalieren als es bei allen Vorgänger-Modellen möglich war – Tendenz steigend. Außerdem sollte man bei der Verwendung von weniger hochauflösendem Bildmaterial darauf achten, dass immer das Gerät die Auflösung hochrechnet, welches dafür am besten geeignet ist. Hierbei könnte man auf den persönlichen Geschmack vertrauen oder individuellen Rat beim Fachmann einholen. In der Regel können heute (Stand: 2016) die aktuellen UHD-Fernseher oder 4K/UHD-Beamer das Videosignal am besten verarbeiten. AV-Receiver oder die 2014er Blu-ray-Player sind dafür weniger geeignet.

UHD Deep Color

Wer nun das Beste aus dem Bild herausholen will, der kommt um die relativ neue Option „UHD Deep Color“ nicht herum. Nicht in allen Geräten gleich bezeichnet, handelt es sich aber im Wesentlichen um dasselbe, sofern man von der tatsächlichen UHD-Fassung spricht.



Abbildung 351: Vergleich Full HD und UHD (AQUOS Q+ Technology von Sharp)

Im Grunde zählt für UHD Deep Color das Gleiche wie schon für Full HD Deep Color. Natürlich gelten bei UHD die bereits erwähnten Spezifikationen gemäß ITU Rec.2020 und 1886 (Gamma), wonach UHD-Filmmaterial als unterstes Limit immer mit 10 Bit erstellt werden muss. Insofern unterstützen nur die Geräte mit 10-Bit-fähigen HDMI-Eingängen tatsächlich auch das „echte“ UHD Deep Color, welches man im Menü des 4K-Fernsehers wahlweise an- und ausschalten kann. Der Vorgänger Deep Color (also ohne UHD-Bezeichnung) lässt sich an manchen Blu-ray-Playern aktivieren, die 2014 auf den Markt kamen. Hierbei ist allerdings lediglich eine Funktion im Full-HD-Bereich gemeint, weil es noch zu den älteren HDMI-Standards 1.4/a bzw. 1.3 gehört.

Worum geht es bei Deep Color aber nun eigentlich?

Im Gegensatz zu RGB oder YCbCr, bei denen 8 Bit (256 Abstufungen) pro Farbe genutzt werden, können bei UHD Deep Color 10 Bit (1024 Abstufungen), 12 Bit (4096 Abstufungen) oder sogar 16 Bit (65536 Abstufungen) genutzt werden, um Farben in höherer Auflösung zu erzeugen. Deep Color stellt also eine Erweiterung der Farbtiefe dar. Ab einer Farbtiefe von 10 Bit pro Farbkanal erreicht Deep Color bereits mehr als eine Milliarde verschiedener Farbnuancen, was weit über dem Wert anderer Farbdarstellungen liegt. Deshalb ist es durchaus lohnenswert, wenn man diese Funktion aktiviert und somit die Qualität der Bilddarstellung noch ein Stückchen weiter nach oben schraubt und noch natürlichere Bilder mit sehr hohen Kontrastwerten erreicht. Auch

sogenannte Banding-Effekte können mit UHD Deep Color wirkungsvoll reduziert werden.



Abbildung 352: Darstellung des Banding-Effektes (Treppenstufen im Himmel links)

Nicht zu vergleichen ist UHD Deep Color im Übrigen mit Sonys x.v.Colour beziehungsweise dem erweiterten Farbraum (xvYCC) zur Übertragung von Videosignalen, der auf Basis des Kodak-PhotoCD-Farbraums YCC (YCbCr) entwickelt wurde. Hierbei handelt es sich gemäß Farbstandard IEC61966-2-4 um eine 8-Bit-Codierung und entspricht somit nicht der UHD-Norm nach ITU Rec.2020. In diesem Zusammenhang sei noch einmal darauf hingewiesen, dass nicht alle UHD-Fernseher tatsächlich Ultra High Definition beherrschen. Manche Hersteller reichen durch spätere Updates bestimmte Ausstattungsmerkmale nach. Jedoch kann die Hardware damit nicht aufgerüstet werden. Für das Streaming von 4K-Inhalten bleibt als Voraussetzung die Unterstützung des neuen H.265/HEVC Codec. TV-Geräte, die über ihren Tuner lediglich 30 Hz verarbeiten können, empfangen somit kein UHD-Signal via Satellit, wie beispielsweise den Astra-Demokanal.

UHD/HDR-Demokanäle

Für den bisher mehr als spärlichen Empfang von UHD-Inhalten sind allerdings nicht die TV-Hersteller verantwortlich, sondern vielmehr die klassischen Fernsehanstalten, die das reguläre TV-Signal via Satellit, Kabel oder gar Antenne senden. Und es wird wohl auch noch eine ganze Weile dauern, bis die Tagesschau oder der Tatort in nativer 4K-Auflösung plus HDR über den Bildschirm flimmert kann. Die Sendeanstalten haben augenscheinlich ihre Probleme, mit der rasanten Entwicklung Schritt zu halten, wird doch erst 2017 flächendeckend auf Full HD umgestellt. Die Privatsender testen bereits, wann die Öffentlich-Rechtlichen nachziehen, steht zum jetzigen Zeitpunkt in den Sternen. Rund um die IFA 2015 starteten jedoch einzelne Demokanäle für Ultra HD ihr Testprogramm, zur IFA 2016 schalteten die Satellitenbetreiber Eutel und Astra auf UHD+HDR.



Abbildung 353: UHD-Demokanal von Astra/HD+ seit September 2015

Unter anderem bietet Astra/HD+ seit dem 4. September 2015 via Satellit seinen Probekanal UHD-1 an. Hier liefen bereits erste Konzertmitschnitte verschiedener Rockbands, wie zum Beispiel Linkin Park. Täglich in der Zeit von 08:00 bis 20:00 Uhr werden hier frei empfangbare Clips gesendet, die weniger der Unterhaltung als vielmehr dem Fachhandel dienen. Denn 4K-Inhalte sind Mangelware. Der Demokanal bietet also entsprechendes Material, um UHD-fähige Fernseher zu testen beziehungsweise von Farbbrillanz und Detailreichtum zu überzeugen. Zu sehen sind in diesem Zusammenhang ein exklusiv für Astra entwickeltes Video der US-amerikanischen UHD-Spezialisten Katie und Jacob Schwarz sowie einen Trailer des europäischen Kulturkanals ARTE. Nach 20:00 Uhr wird dann verschlüsselt und ein UHD-Programm für Kunden von HD+ ausgestrahlt, das kurzweilige Beiträge aus den Bereichen Action, Lifestyle, Doku und Chillout umfasst.

Der Pay-TV-Sender Sky bleibt sich treu und nutzt große Sport-Events für seine Probeläufe neuer Technologien. Bereits mehrere Highlight-Fußballspiele wurden in 4K-Auflösung ausgestrahlt. Die Sendelizenzen sind gesichert, bis zur regelmäßigen Ausstrahlung von UHD-Inhalten wird es allerdings noch ein bisschen dauern.

Ebenfalls am 4. September 2015 startete ein zweiter UHD-Kanal sein Programm. Der Shopping-Sender Pearl TV ist seither auf Astra 19,2° Ost frei zu empfangen. Die TV-Studios wurden hierzu komplett umgebaut, um zu 100 Prozent in Ultra HD produzieren und senden zu können.

Die Geburtsstunde des dritten UHD-Demokanals war bereits am 1. September 2015. Der weltweit erste Mode- und Lifestyle-Kanal „Fashion One 4K“ ging an diesem Tag auf mehr als sechs Kontinenten gleichzeitig in kristallklarer 4K-Qualität auf Sendung. Das Programm des in New York ansässigen Mode-, Lifestyle- und Unterhaltungs-TV-Netzwerks mit Zuschauern in über 420 Millionen Haushalten überträgt seither News und Interviews von, mit und über Designer sowie Prominente und unterhält mit Realityshows, Dokumentationen, Reisetagebüchern und Lifestyle-Serien.



Abbildung 354: UHD-Demo-Kanal Fashion 4K seit 1. September 2015 (www.fashion4k.tv)

Pünktlich zur IFA 2016 kündigte der Satellitenbetreiber Eutelsat einen neuen Demokanal an, der 4K-HDR-Inhalte bereitstellen soll. Während der International Broadcasting Convention (IBC) gab Eutelsat hierzu eine Pressemitteilung heraus, aus der hervorging, dass hierfür das neue Hybrid-Log-Gamma-HDR-Format (HLG) verwendet wird. HLG macht es möglich, dass HDR-Inhalte auch für herkömmliche SDR-Fernseher erreichbar sind – wenngleich naturgemäß nicht in derselben Qualität (vgl. hierzu das Kapitel „HDR“ in diesem Buch). Außerdem müssen die Sendeanstalten somit nur einen Kanal für beide Formate (HDR und SDR) zur Verfügung stellen, was insbesondere die Kapazitäten in punkto Bandbreite schont.

Empfangen werden kann „Hot Bird 4K2 HDR“ über Eutelsat 13° Ost mit folgenden Empfangsparametern:

Kennung: Hot Bird 4K2 HDR

Frequenz: 12.015

Symbolrate: 30.000

FEC 5/6 DVB-S2/8PSK.

Auch Astra/SES kündigte an, einen Demokanal inklusive HDR anzubieten. Vor allem Hersteller können nunmehr über „UHD-1“ nicht nur Probeläufe in Bezug auf Ultra HD durchführen, die im Übrigen von LG Electronics mittels HLG-Technologie bereitgestellt werden, sondern zukünftig auch HDR-Inhalte sowie die einzelnen HDR-Technologien (HDR-10, Dolby Vision) und Übertragungsmöglichkeiten (HLG) testen. Wissenswertes über den Empfang von 4K-Inhalten via Satellit finden Sie im Kapitel „Tuner/Receiver & Co.“ dieses Buches.

Für alle echten UHD-Fans, die jetzt auch noch HDR genießen möchten, kommt ohne Satellitenempfang bis dato ausschließlich die Streaming-Variante infrage, die als solche allerdings auch keine schlechte Alternative ist. Insbesondere mit der Umstellung auf DVB-T2, das den Empfang von Privatsendern nicht mehr kostenfrei zulässt, wäre eine generelle Umstellung auf Satellit eine Überlegung wert. IPTV wäre neben VoD eine weitere Möglichkeit, UHD/4K-Inhalte auf den Fernseher zu bringen. Seit 2016 bietet hierzu beispielsweise Vodafone seine 4K-fähige IPTV-Box „TV Center 2000“ an. Verbraucher sollten sich hier im Vorfeld informieren, denn klassische TV-Inhalte sind damit vorläufig noch nicht wirklich gemeint. Neben der Übertragung und dem Empfang ist natürlich die Frage nach der Wiedergabe interessant. OLED, LED, LCD, Backlight, Quantum Dots ... Wo liegen die Unterschiede?

Display-Technologien

Es wird viel geschrieben, philosophiert und gefachsimpelt über die einzelnen Display-Technologien; insbesondere über deren Vor- und Nachteile. Vieles davon ist sicherlich richtig. Manche Halbwahrheiten sollten hingegen besser nicht weitergetragen werden, wie es in einigen Foren der Fall ist. Umso mehr liegt es uns am Herzen, im Folgenden alle bekannten sowie die aktuellen Display-Technologien etwas eingehender zu erläutern. Der direkte Vergleich gelingt dabei nicht immer. Denn es wären Äpfel und Birnen, die man dafür in dieselbe Waagschale werfen müsste.

Plasma

Auch wenn die Plasma-Bildschirme eigentlich schon längst keine Rolle mehr auf dem Fernsehmarkt spielen, sollen sie hier der Vollständigkeit halber nicht unerwähnt bleiben. Bei der Plasma-Variante besteht das Display aus winzig kleinen gasgefüllten Zellen. Durch einen elektrischen Zündimpuls beziehungsweise eine Gasentladung wird Plasma erzeugt, das die Leuchtstoffe anregt, die wiederum verschiedenfarbiges Licht erzeugen. Deshalb zählen

Plasma-Bildschirme (wie Kathodenstrahlröhren) zu den aktiven Display-Technologien, da das Licht hier selbst erzeugt wird.

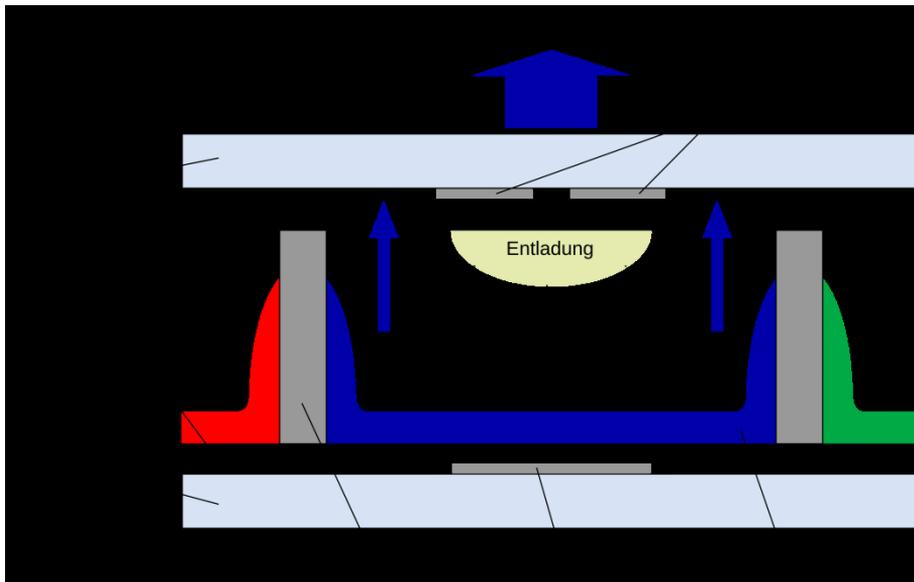


Abbildung 355: Aufbau Plasmabildschirm (Wikimedia Commons)

Den ersten funktionsfähigen Plasma-Bildschirm gab es übrigens schon im Jahre 1964. Entwickelt wurde er für das Großrechnersystem „Plato IV“ der University of Illinois. Einige Jahre konnten sich monochrome Plasma-Displays im Großrechner-Sektor durchsetzen, die bekannt waren für ihren orange-roten Farbton. Doch obwohl Plasma-Displays schon damals direkt digital angesteuert werden konnten, verhalfen die weitaus geringeren Herstellungskosten letztlich dem Röhrenmonitor zum Durchbruch als Computer-Anzeigegerät in den 1970er Jahren. Zehn Jahre später wurde jedoch wieder auf die Plasmaschirm-Technik zurückgegriffen, als Toshiba & Co. ihre ersten tragbaren Laptops entwickelten. Die Entwicklungskosten spielten aber auch hier eine tragende Rolle. Deshalb verschwanden die Plasma-Laptops zu Beginn der 1990er Jahre vom Markt und machten Platz für die LCD-Displays.

Auch im Flachbildschirmbereich der Neuzeit hatten die Plasmabildschirme kaum eine Chance. Zu hohe Fertigungskosten und der Stromverbrauch waren letztlich dafür verantwortlich, dass sich die Plasma-Displays nicht gegenüber der LCD-Technologie durchsetzen konnten. Die einst nennenswerten Vorteile, wie bessere Schwarzwerte, kräftigere Farben, natürlichere Hauttöne und größere Blickwinkelstabilität spielen im Zeitalter der UHD-Fernseher mit QD-Technologie und HDR keine Rolle mehr. Alle namhaften Hersteller haben sich aus dem Bereich der Plasma-Displays zurückgezogen, Marktführer sind

Bildschirme mit LCD-Technik, wobei mittlerweile neuere Technologien diesen Platz streitig machen.

LCD/LED

Bei klassischen Liquid Crystal Displays (LCD) wird jedem Bildpunkt ein durchleuchtbares Flüssigkristallelement zugeordnet, das durch Öffnen und Schließen das Projektionslicht auf den Bildschirm durchlässt oder eben nicht. Wie bereits erwähnt, können ebenjene Flüssigkristallelemente nicht vollständig geschlossen werden, sodass kein sattes Schwarz erzeugt werden kann. Insofern war seinerzeit der Kontrast nicht so umfangreich wie bei Plasma-Bildschirmen.

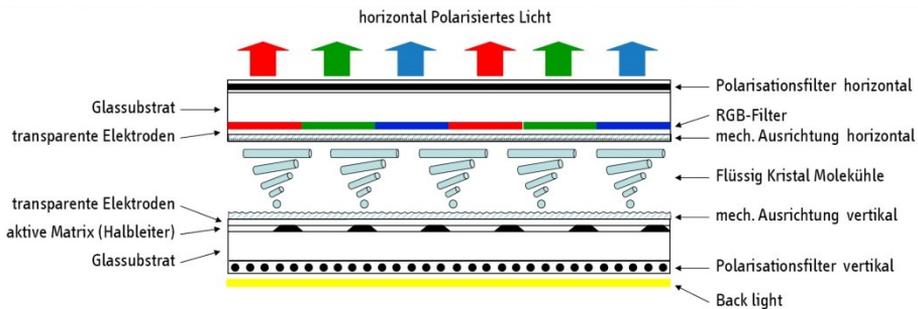


Abbildung 356: Funktionsprinzip von LC-Displays (www.chip.de)

Im Laufe der Entwicklung wurde hierzu in einigen Modellen der Helligkeitskontrast mithilfe von dynamisch arbeitenden Irisblenden verstärkt. Um die Bildschirme für hochauflösende Videos fit zu machen, wurde für HDTV & Co. die sogenannte 3LCD-Technik verwendet. Hierbei wird das Farbsignal in drei farbige Lichtbündel (RGB) zerlegt, die jeweils einem LCD-Panel zugeordnet werden. Die drei RGB-Bilder werden dann mit einem Prisma wieder exakt zusammengesetzt und gemeinsam projiziert. Die sogenannte spektrale Reinheit der so ausgefilterten Farben ist jedoch nicht besonders hoch, reichte aber für den seinerzeit empfohlenen Farbraum gemäß Rec.709 völlig aus.

LCD-Displays wurden im Volksmund auch oft als Flüssigkristallbildschirme bezeichnet. Im Laufe der Zeit änderte sich aufgrund der angesprochenen Hintergrundbeleuchtung der Name. Seit etwa 2009 wird deshalb häufig von LED-Fernsehern gesprochen, obwohl es sich im Grunde um LCD-Bildschirme handelt, deren Hintergrundbeleuchtung (Backlight) aus LEDs besteht. Auch hier geht der Trend zu mehr Vielfalt, Schlagwörter wie Edge, OLED oder Quantum Dots machen die Runde. Kaum jemand weiß hingegen, was hinter den diversen

Bezeichnungen steckt. In den nächsten Kapiteln soll deshalb ein wenig Licht ins Dunkel gebracht werden.

LED-Backlight-Technologien im Vergleich

Der Preis regiert heute das Kaufverhalten maßgeblich. Qualität rückt neben üppigen Ausstattungsmerkmalen - von denen der Kunde oft nur geblendet wird – leider mehr und mehr an die zweite oder sogar dritte Stelle und wenn dann noch direkt spürbar mehr Geld investiert werden muss, ja dann lässt man sich schnell zu Kompromissen hinreißen, die man später zu Hause nach dem Auspacken nicht selten bitter bereut. So macht sich im Vorfeld auch kaum jemand über die unterschiedlichen technischen Umsetzungen an LED-Hintergrundbeleuchtungen bei modernen LCD-TVs Gedanken. Auf den Geräten tummeln sich bunte Aufkleber dicht aneinander mit Fachbegriffen, wie Edge-LED, Direct-Back-LED, Full-LED, Active-LED-RGB oder auch nur RGB-LED, mit denen oft selbst die Verkäufer nichts anzufangen wissen.

Was ist neu und wo liegen die Unterschiede? Gehen wir kurz einen Schritt zurück. Ältere LCD-Fernseher realisierten die Beleuchtung des LCD-Panels über Leuchtröhren, üblicherweise mit dem Kürzel CCFL bezeichnet, ausgeschrieben "Cold Cathode Fluorescent Lamp". Um nun eine flachere Bauweise möglich zu machen, musste man den Schritt weg von CCFL gehen. Und was lag da näher als auf eine Technologie zurückzugreifen, die a) schon längst erfunden war und b) noch dazu wesentlich günstiger in der Fertigung ist – die LED-Technik. So ist es an dieser Stelle recht passend zu erwähnen, sogenannte LED-Fernseher sind technisch von der Bilderzeugung her nichts anderes als LCD-Fernseher mit CCFL-Röhren, nur eben mit einer anderen Art der Umsetzung, wie die LCD-Kristalle angestrahlt werden. Und natürlich bringen LEDs einen weiteren Vorteil mit: sie verbrauchen wesentlich weniger Strom. Wie die unterschiedlichen Arten der Beleuchtung durch CCFL, Edge-LED oder Direct-LED nun aufgebaut sind, soll im Folgenden erläutert werden.

CCFL-Technik (Röhren): mehre Leuchtstoffröhren sitzen waagrecht direkt hinter dem LCD-Panel und reichen über die gesamte Breite. Die Hintergrundbeleuchtung wird hier ganzheitlich gesteuert. In besonders hellen Bereichen werden die Röhren lediglich aufgedreht, was einen niedrigen Schwarzwert unmöglich macht. Dunkle Bildinhalte bleiben grau, das Bild verliert zudem an Farbe und Kontrast.

LED-RGB-Backlight (rote, grüne, blaue LEDs): Diese Form der Hintergrundbeleuchtung ist in sogenannte Cluster aufgeteilt, wobei jeder unabhängig gesteuert werden kann. Das heißt, dass viele einzelne Bereiche aus roten, grünen und blauen LEDs individuell leuchten können. Mithilfe der LED-

RGB-Backlight-Technologie ist es also möglich, dass sich die Hintergrundbeleuchtung dem Bildinhalt anpasst und so selbst schwierige Bildinhalte optimal wiedergegeben werden können. Grund dafür sind ebene Cluster, die nur in den Bereichen besonders hell leuchten, in denen die entsprechende Filmszene Licht benötigt. In dunklen Bildbereichen wird das Licht gedimmt oder sogar ganz ausgeschaltet.



Abbildung 357: CCFL-Technik (links) und LED-RGB-Backlight-Technologie (rechts) im Vergleich (Quelle: Sharp)

LED-White-Backlight: Diese Hintergrundbeleuchtung arbeitet nach einem ähnlichen Cluster-Prinzip wie das LED-RGB-Backlight, weshalb auch hier deutliche Kontraste erzeugt werden können, jedoch weniger Farben als bei der RGB-Methode.

Frame-LED-Backlight (weiße LEDs): Hierbei handelt es sich im eigentlichen Sinne nicht um eine Hintergrundbeleuchtung (Backlight), da das Licht ausschließlich im Display-Rahmen zur Verfügung steht, welches über ein sogenanntes Lichtleitersystem gleichmäßig verteilt wird. Die Kontraste sind ganz ansehnlich und liegen im Bereich 2.000.000 : 1. Jedoch bestehen naturgemäß Probleme in der punktgenauen Regulierung der Helligkeit (vor allem in der Mitte des Bildschirms) und die Farben sind ähnlich mittelmäßig.

LED-EDGE-Backlight (weiße LEDs): Ähnlich wie beim Frame-LED-Backlight strahlt das Licht hier vom Rand aus, genauer gesagt aus den Ecken. Hieraus resultiert auch die Bezeichnung, da „edge“ im Englischen „Kante“ bedeutet. Weißleuchtende LEDs sind also nicht flächendeckend über den kompletten Displayhintergrund, sondern lediglich an den Kanten angebracht. Eine gleichmäßige oder punktuelle Ausleuchtung ist somit ausgeschlossen und auch die Farben sowie Kontrastwerte sind problematisch. Von Vorteil ist in jedem Fall der Preis und die geringe Gehäusetiefe.

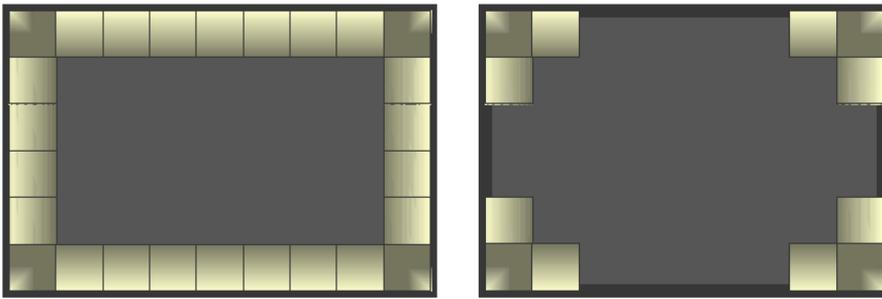


Abbildung 358: Frame-LED (links) und EDGE-LED (rechts) im Vergleich (Quelle: Sharp)

Direct-LED-Backlight (Full-LED): Diese Variante der Hintergrundbeleuchtung bezeichnet die Tatsache, dass die LEDs über die gesamte hintere Bildschirmfläche angeordnet sind. In diesem Zusammenhang kommt es nicht selten zu einem weiteren Fachbegriff: dem sogenannten Local-Dimming. Mit dieser Technologie wird die Hintergrundbeleuchtung in die Lage versetzt, bestimmte Teilbereiche (LED-Cluster) gezielt aufzuhellen oder abzdunkeln. Insofern können natürlich weitaus höhere Kontraste erzielt werden, jedoch hat auch diese Technologie ihre Schattenseiten. Zum einen kann das sogenannte „Blooming“ auftreten. Hierbei handelt es sich um eine fehlerhafte Darstellung insbesondere in sehr hellen und sehr dunklen Bildbereichen. Entsprechende Szenen wirken „verschluckt“, Bilddetails gehen verloren.

Zum anderen haben LCD-Fernseher mit Direct-LED-Technik dafür weniger Probleme mit dem sogenannten „Clouding“ und „Flashlights“, da die LEDs gleichmäßig hinter dem Panel verteilt sind und demzufolge auch eine wesentlich bessere Verteilung des Lichts ermöglichen. Die bessere visuelle Qualität aufgrund der flächendeckenden Ausleuchtung des Bildes hat jedoch auch ihren Preis. Direkt-LED-Backlight-Fernseher sind teurer als die Vertreter der Edge-LED-Variante und sind auch nicht so extrem flach. Die Begriffe Clouding, Blooming, Flashlights etc. werden im entsprechenden Kapitel „Backlight-Fehler“ dieses Buches ausführlich dargestellt.

Die qualitativ hochwertigere Hintergrundbeleuchtung liefern also Geräte mit Direct-LED-Technik! Kauft man ein Gerät mit Edge-LED-Technik, kommt es besonders bei den sehr günstigen Produkten zu oben beschriebenen negativen Effekten. Möchte man diese Effekte also vermeiden, sollte man lieber zu den Topmodellen der Hersteller mit Full-LED beziehungsweise Direct-LED-Technik greifen und gegebenenfalls etwas mehr Geld investieren. Natürlich soll das nicht heißen, dass alle LCD-Fernseher mit Edge-Technologie schwerwiegende Probleme haben. Es kommt eben auf den Einzelfall an, denn es gibt auch

genügend Geräte mit Edge-Technik, bei denen die Qualität der Hintergrundbeleuchtung ausreichend ist. Und letztlich kommt es immer auf die individuellen Wünsche, Vorlieben und natürlich die Größe des Geldbeutels an. Das Lesen von Gerätetests kann im Vorfeld bei der Auswahl helfen.

OLED

Jahrelang wurde darüber geredet, Ende 2013 war es dann endlich soweit. Mit den organischen Leuchtdioden kam eine dritte Bildschirm-Technologie auf den Markt, die so hell ist wie LCD, so reaktionsschnell und kontrastreich wie Plasma, dazu sparsam, dünn und leicht wie noch nie. Zudem ist OLED eine „Investition in die Zukunft“, sagte einst Samsung-Manager Michael Zöller. Denn mit dieser Technik ist „alles möglich“, selbst ein transparenter oder biegsamer Schirm. Zukunftsmusik? Nicht mehr! Denn im Januar 2016 präsentierte LG auf der CES das erste aufrollbare OLED-Display. Noch steckt die Entwicklung der flexiblen OLED-Panels in den Kinderschuhen, doch die Südkoreaner versprachen, dass die Schlüsseltechnologien für eine Massenproduktion bereits vorhanden sind. Allein die Nachfrage entscheidet über weitere Fortschritte. Und so war es auch der Trend der großen TV-Bildschirme, der einst die Entwicklungen der LED-Technologie vorantrieb. Doch schauen wir nun genauer, was sich hinter OLED verbirgt.

Ursprünglich für Smartphones und Tablets vorgesehen, kommt die organische Leuchtdiode (Organic Light Emitting Diode: OLED) im Zeitalter der Nanotechnologie bei großflächigen Fernsehern und sogar in der Raumbeleuchtung zum Einsatz. Hierbei handelt es sich um ein selbstleuchtendes Dünnschichtbauelement aus organischen halbleitenden Materialien.

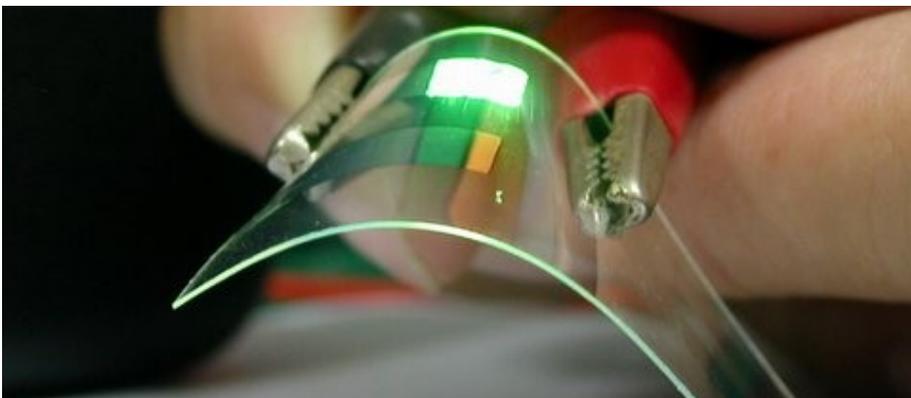


Abbildung 359: OLED auf einer biegsamen Kunststoffolie (Wikimedia Commons)

Im Gegensatz zu anorganischen Leuchtdioden (LED) sind hier keine einkristallinen Materialien erforderlich, was eine kostengünstige Herstellung in Dünnschichttechnik möglich macht. Allerdings ist sowohl die elektrische Stromdichte und damit die Leuchtdichte aber auch die Lebensdauer geringer.

Dennoch ist die OLED-Technologie ein Durchbruch in der Unterhaltungselektronik aber auch in anderen Bereichen. So können OLEDs aufgrund ihrer Materialeigenschaften zukünftig beispielsweise als biegsame Bildschirme oder aber als elektronisches Papier verwendet werden. Zumal in jüngster Zeit metall-organische Komplexe verwendet werden, die viermal so effizient sind wie die ursprünglich eingesetzten fluoreszierenden Moleküle. Bei den sogenannten Triplett-Emittern wird sowohl die organische Elektrolumineszenz genutzt als auch die Lumineszenz der Farbstoffe, die durch das Umgebungslicht angeregt wird.

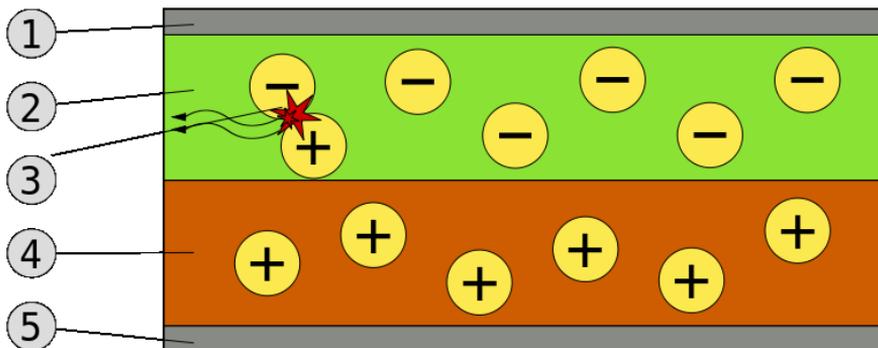


Abbildung 360: Schema einer OLED (Wikimedia Commons)

OLEDs bestehen aus mehreren organischen Schichten: 1. Kathode, 2. Emitterschicht (EL), 3. Rekombinationsschicht, 4. Lochleitungsschicht (HTL), 5. Anode (vgl. Abbildung). Die Kathode besteht aus einem Metall oder einer Legierung (z.B. Calcium, Aluminium, Barium, Ruthenium oder Magnesium-Silber-Legierung). Zwischen Kathode und Emitterschicht wird zumeist noch eine sehr dünne Schutzschicht zur Verringerung der Injektionsbarriere für Elektronen aus Lithiumfluorid, Caesiumfluorid oder Silber aufgedampft. Die Anode (Indium-Zinn-Oxid: ITO) befindet sich auf einer Glasscheibe, auf die eine sogenannte Lochleitungsschicht (Hole Transport Layer: HTL) aufgebracht ist. Die Emitterschicht (Emitter Layer: EL) liegt auf der HTL und enthält den Farbstoff.

Anders als LCD/LED-Displays leuchtet ein OLED-Bildschirm von allein – also ohne Hintergrundbeleuchtung. Ähnlich wie bei Plasmabildschirmen wird damit ein sehr viel höherer Kontrast erzeugt, der bisher bei LCD-Displays ein Manko darstellte. Weitere Vorteile liegen auf der Hand: Durch die nicht mehr benötigte

Hintergrundbeleuchtung sinkt natürlich der Strombedarf. Außerdem liegt die Reaktionszeit bei unter einer Mikrosekunde. OLED-Displays sind damit etwa tausend Mal schneller als ihre klassischen LED-Kollegen.



Abbildung 361: Farbunterschied im Vergleich LED – OLED (www.lg.com)

OLED-Displays profitieren darüber hinaus von der innovativen Pixel-Dimming-Technologie, auf deren Basis nunmehr Bilder mit bisher undenkbar niedrigen Schwarzwerten, beeindruckender Tiefenwirkung und absolut lebensechten Farben dargestellt werden können. Der Grund dafür? Jeder einzelne organische Pixel kann eigenständig und individuell Licht und damit Farbe erzeugen und sich ganz nach Bedarf selbständig an- oder ausschalten. Aufgrund dessen wird eine dynamische Genauigkeit bei der Bildarstellung erreicht, die bei einem LCD-Bildschirm nicht möglich ist. Da somit auf eine starre Hintergrundbeleuchtung verzichtet werden kann, bieten OLED-Displays aus praktisch jedem Betrachtungswinkel ein verlustfreies und gestochen scharfes Seherlebnis – ohne Farbverzerrungen oder Detailverluste an den Bildschirmrändern. Außerdem können die Bildschirme jetzt so verarbeitet werden, dass sie dünner sind als je zuvor.

Insofern kann zu Recht behauptet werden, dass mit OLED eine neue Ära der Bildqualität eingeführt wurde. Dies schreiben sich mittlerweile Firmen wie Panasonic oder LG auf die Fahne. Die Herausforderung besteht nun aber unter anderem darin, der extremen Korrosionsanfälligkeit der hochreaktiven

Injektionsschicht Herr zu werden, die aus Calcium und Barium besteht. Wasser sowie Sauerstoff kann das organische Material schnell zerstören. Die relativ kurze und unterschiedliche Lebensdauer der roten, grünen und blauen Leuchtpunkte haben unregelmäßige Farbverschiebungen zur Folge, die es zukünftig zu vermeiden gilt.

Gemeinsam ist allen OLEDs, dass sie mit positiv geladenen Teilchen (Electrons) und negative geladenen Teilchen (Holes) organische Leuchtstoffe anregen; dazu sind Injection Layer (EIL, HIL) und Transport Layer (ETL, HTL) nötig. Soweit so gut. Doch wo liegen die Unterschiede zwischen den OLED-Technologien der einzelnen Hersteller? Je nach Fertigungsverfahren sind unterschiedliche Materialeigenschaften nötig, umgekehrt lassen sich bestimmte Materialien nur auf spezielle Art und Weise aufbringen. Die Kunst der Hersteller liegt darin, gemeinsam mit den Zulieferern die richtige Kombination aus Leuchtstoff und Produktionstechnologie zu finden.

So nutzen beispielsweise sowohl Samsung als auch LG anstelle von dem wenig leistungsfähigen amorphen Silizium sogenannte Metall-Oxid-Verbindungen. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Firmen liegt hier also im Detail, genauer gesagt im Aufbau. Samsung setzt dabei zum Beispiel auf die Anordnung von Leuchtstoffen nebeneinander. Diese OLEDs in RGB-Struktur haben für jeden Subpixel einen eigenen Leuchtstoff in Rot, Grün und Blau. Darüber und darunter liegen die Layer für Elektronen-Austritt und -Transport, jeweils für negative und für positive Ladung. Die Polfilterschicht dient dem höheren Kontrast, sie kann auch durch Farbfilter ersetzt werden. Die besondere Schwierigkeit bei der RGB-Technologie liegt in der punktgenauen Platzierung der Leuchtstoffe, was derzeit noch durch Aufdampfen geschieht, zukünftig aber mithilfe eines Sprüh- oder Druckverfahrens realisiert werden soll.

OLEDs mit weißem Licht (wie etwa bei LG) verwenden mehrere Farbschichten übereinander, die transparent sind. LG setzt dabei auf einen sogenannten Dual-Stack, also zwei Farbschichten mit einem Ladungsträger dazwischen (CL), da man die Stoffe für Rot und Grün mischen kann. Hier unterscheidet man wiederum zwischen phosphoreszierenden Materialien, dieser Layer strahlt dann gelb. Blau dagegen ist fluoreszierend und muss daher separat aufgebracht werden. Drei Farbfilter sind immer nötig, LG nimmt ein zusätzliches Weiß-Segment für eine höhere Lichtausbeute und geringeren Stromverbrauch. Interessant bleibt in diesem Zusammenhang die Entwicklung der biegsamen Displays, wie anfänglich bereits beschrieben. Aufgrund der Bauart scheint es LG bei der Herstellung leichter zu haben. Aber die reale Umsetzung bleibt abzuwarten.

Eine weitere Herausforderung an die TV-Ingenieure bildet selbstverständlich die Bildverarbeitung. Hier hat zum Beispiel Panasonic in der Entwicklungsphase einiges daran gesetzt, die gigantischen Möglichkeiten der OLED-Technologie optimal auszuschöpfen. Mit dem Modell TX-65CZW954 des japanischen Elektronikkonzerns wurden erstmals die Technologien zur nativen 4K-UHD-Auflösung und der aktuellen OLED-Bildschirmtechnik vereint.



Abbildung 362: Qualitätssiegel der George-Lucas-Firmengruppe THX

Darüber hinaus ist der TX-65CZW954, welcher seit November 2015 erhältlich ist, mit einer speziell auf dieses Modell angepassten Version des 4K-Studio-Master-Panel-Prozessors ausgerüstet, die gemeinsam mit Experten aus der Filmbranche entwickelt wurde. Insbesondere durch die Einbringung der Filmexperten hat sich bei Panasonic die TV-Philosophie entwickelt, dass jedes gefilmte Detail später auf dem Bildschirm zu sehen sein soll. Was Drehbuchautoren, Regisseure und Filmemacher generell natürlich freut, kommt dem Verbraucher zugute. Eine kontrast- und bilderreiche Darstellung ist nunmehr nicht ausschließlich im Kino, sondern in den eigenen vier Wänden möglich.

Und mehr noch: Kein geringerer als der führende Colourist in Hollywood und vierfacher Finalist der Hollywood Post Alliance Awards, Mike Sowa, hat die Farbwiedergabe des TX-65CZW954 exzellent und professionell justiert. Mit Mike Sovas Voreinstellungen werden Farben so lebendig und lebensnah dargestellt, wie Regisseur und Filmemacher es beabsichtigten. Doch auch damit nicht genug. Das kommerzielle Qualitätssiegel der George-Lucas-Firmengruppe THX war ebenfalls an der Entwicklung beteiligt. Gemeinsam mit den Panasonic-Ingenieuren stellte THX in über 400 Labortests sicher, dass jeder einzelne Pixel des TX-65CZW954 das Ausgangsmaterial absolut akkurat wiedergibt. Und das Ergebnis kann sich sehen lassen. Mit dem OLED-TV werden „helle Objekte mit einem exzellenten Weißabgleich darstellt und sowohl nativen 4K-Content als

auch hochskaliertes HD-Material mit einem Kontrast und einer Schärfe abgebildet, die bislang professionellen Monitoren vorbehalten war“, so Eric Gemmer, THX Director für Bildtechnologien (2015).



Abbildung 363: OLED-Technik (www.panasonic.de)

Als weltweit erstes Gerät seiner Art erhielt der 4K-OLED-TV aus dem Hause Panasonic im Jahre 2015 das beliebte THX-Zertifikat. Aber auch das sogenannte „absolute black“ ist schon jetzt legendär und stellt die veraltete Display-Technik des Millenniums buchstäblich in den Schatten. Die neuen OLED-TVs von Panasonic erreichen ein noch tieferes Schwarz als die seinerzeit berühmten Plasma-TVs der VIERA-Serie – dafür ohne jegliches Bildrauschen. Und das Streben des Herstellers nach einer exzellenten Wiedergabe endet nicht mit der perfekten Abstufung der Schwarzwerte oder der präzisen Darstellung des 4K-Studio-Master-Panels. Viele OLED-Fernseher unterstützen mittlerweile HDR und bieten damit deutlich dynamischere und strahlende Bilder, die vom Original kaum noch zu unterscheiden sind. Und doch war es übrigens ein LED-Panel (Backlight) von Panasonic, das auf der Consumer Electronics Show (CES) 2016 erstmals das beliebte Gütesiegel „Ultra HD Premium“ der UHD Alliance erhielt. Insofern kann man also nicht pauschal behaupten, ob ein OLED nun besser als ein Backlight-Panel ist. Wie im richtigen Leben gibt es hier diverse Vor- aber auch Nachteile, vom individuellen Geschmack und Leistungsanspruch des jeweiligen Anwenders einmal ganz abgesehen. Im folgenden Kapitel soll deshalb ein detaillierter Vergleich zwischen OLED- und LED/LCD-Bildschirmen gezogen werden.

OLED vs. LED/LCD & Co.

Überall ist von perfekten Schwarzwerten und brillanten Farben die Rede. Aber was steckt hinter der neuen Technologie und wo liegen die Vorteile gegenüber modernen LED-Backlights oder aber herkömmlichen LCD-Geräten?

Um die Zukunft zu verstehen, ist es manchmal ratsam, einen Blick in die Vergangenheit zu werfen. An Begriffe wie LED oder LCD haben wir uns bereits gewöhnt, doch auch hier wissen die wenigsten TV-Nutzer die Hintergründe. Fakt ist: Schon vor vielen Jahren haben die Flüssigkristallanzeigen oder auch Liquid Crystal Displays (LCD) den Markt erobert. Plasma-Bildschirme haben den Sprung in den Massemarkt der Neuzeit leider nicht geschafft. Kaum noch vorhanden in den deutschen Wohnzimmern sind ebenfalls die antiken LCDs mit Leuchtstoffröhren sowie herkömmliche LEDs mit Leuchtdioden (Light Emitting Diode). Warum? Weil diese Technologien mit Licht emittierenden Dioden beziehungsweise Lumineszenz-Dioden und entsprechenden Flüssigkristallen nicht das können, was die aktuellen organischen Leuchtdioden (Organic Light Emitting Diode: OLED) fertig bringen.

Bei klassischen LED-TVs wird mehr oder weniger Licht durch die roten, grünen sowie blauen Farbpixel im Bildschirm durchgelassen und generell mit einer Hintergrundbeleuchtung gearbeitet, die sich nicht abschalten lässt. Reines Schwarz kann aber nur entstehen, wenn nichts mehr leuchtet. Da der sogenannte Schwarzwert bei 0 Volt liegt, war bisher also maximal dunkles Grau möglich, es sei denn, man hat den Fernseher abgeschaltet. Doch das lag natürlich nicht im Sinne des Erfinders.

Beleuchtung

Im vorherigen Kapitel wurde bereits einiges zur OLED-Technologie erwähnt. Der deutlichste Unterschied gegenüber LCD/LEDs ist in der Beleuchtung zu finden. Das Stichwort lautet hier: Nanotechnologie. Bei OLED handelt es sich um selbstleuchtende Dünnschichtbauelemente aus organischen halbleitenden Materialien. Im Gegensatz zu anorganischen Leuchtdioden (LED) sind hier keine einkristallinen Materialien erforderlich, was eine kostengünstige Herstellung in Dünnschichttechnik möglich macht. Die organischen Leuchtdioden (OLED) leuchten also von allein, können das Licht automatisch dimmen und sich sogar selbständig abschalten. Insofern sind OLED-Displays nunmehr tatsächlich in der Lage, nunmehr Bilder mit bisher undenkbaeren Schwarzwerten, beeindruckender Tiefenwirkung und absolut lebensechten Farben darzustellen. Jeder einzelne organische Pixel kann eigenständig und individuell Licht und damit Farbe erzeugen und sich ganz nach Bedarf selbständig an- oder ausschalten. Aufgrund dessen wird eine dynamische Genauigkeit bei der Bildarstellung erreicht, die bei herkömmlichen LCD-/LED-Bildschirmen nicht

möglich war. Außerdem liegt die Reaktionszeit bei unter einer Mikrosekunde, was bedeutet, dass OLED-Displays etwa tausend Mal schneller sind als ihre antiken LCD-Kollegen.

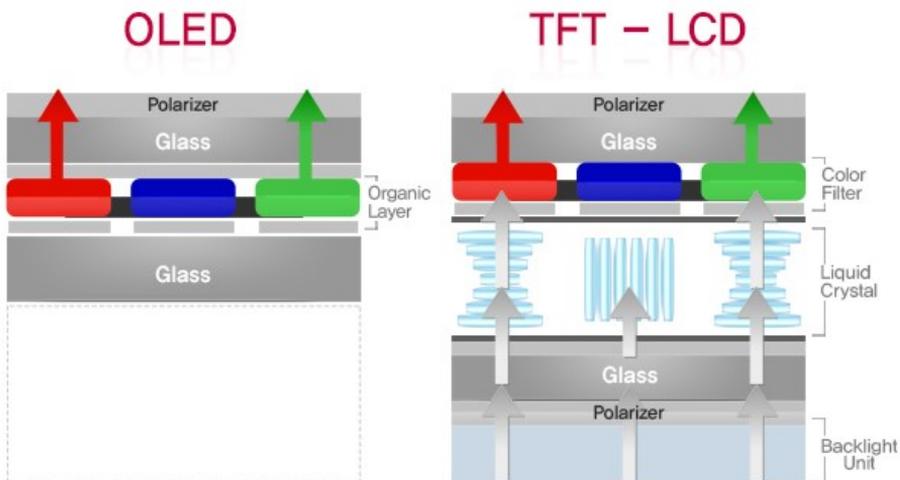


Abbildung 364: OLED und LCD im Vergleich (www.oled.at)

Wie bereits beschrieben, kann bei OLED auf eine starre Hintergrundbeleuchtung verzichtet werden, weshalb OLED-Displays aus praktisch jedem Betrachtungswinkel ein verlustfreies und gestochen scharfes Bild ohne Farbverzerrungen und Detailverluste an den Bildschirmrändern darstellen können. Aufgrund des überflüssigen Backlights, das bei LED-Panels aus vielen tausend kleinen Lämpchen besteht, sind OLED-TVs sehr viel energieeffizienter und können weitaus dünner produziert werden. Allerdings ist sowohl die elektrische Stromdichte und damit die Leuchtdichte aber auch die Lebensdauer geringer. Denn die hochreaktive Injektionsschicht ist extrem korrosionsanfällig. Wasser sowie Sauerstoff kann das organische Material schnell zerstören. Die folgenden Parameter sollen den Vergleich zwischen OLED und LCD/LED noch detaillierter möglich machen:

Farbbrillanz

Wer in letzter Zeit in einem Multimediemarkt war, der hat es vielleicht bemerkt: OLED-Bildschirme lassen bisweilen die Konkurrenz ziemlich blass erscheinen. Das hat nicht zwingend etwas mit der Qualität der Bildwiedergabe zu tun, sondern mit der Technologie selbst. Denn ob nun im Fachgeschäft oder auch auf Messen sind zahlreiche TV-Geräte nebeneinander angeordnet und dem überwältigten und zumeist auch überforderten Betrachter bieten sich keine

optimalen Bedingungen. Der Blickwinkel stimmt nicht. In den seltensten Fällen setzen wir uns im TV-Markt direkt vor den Fernseher, sondern schauen von der Seite, größer gewachsene Menschen dazu von oben. Genau deshalb schneiden OLED-Bildschirme in der Regel besser ab als ihre LCD-Kollegen. Die tragende Rolle spielt hierbei die weiter oben beschriebene organische Beleuchtung, die weitaus homogener ist als bei einer LED-Hintergrundbeleuchtung. Vor allem in Kontrast und Farbigkeit wirken OLEDs deshalb brillanter, obwohl nominell die Helligkeit sogar etwas geringer ist als bei handelsüblichen LCD-Fernsehern. Doch ähnlich wie bei Laser wirken OLEDs aufgrund der hohen Farbreinheit strahlender als Bildschirme, die ein breites Wellenlängen-Spektrum abgeben. Deshalb kommen OLEDs mit weitaus weniger Nits aus, wie im Kapitel über das UHD-Zertifikat „Ultra HD Premium“ nachzulesen ist.

OLEDs haben zudem den Vorteil, dass sie die Spitzenhelligkeit über den Mittelwert hinaus anheben können, ähnlich wie bei Bildröhren oder Plasma. Im Vergleich mit Plasma können OLED-Schirme mithalten, was die Bildwirkung angeht, sind aber durch die höhere Helligkeit überlegen. Es ist also tatsächlich so, dass die neuen Displays die Vorteile von LCD und Plasma vereinen, und zwar ohne die jeweiligen Nachteile.

Kontrast

Das Geheimnis ist auch hier das Licht beziehungsweise die Tatsache, dass bei OLED dynamisch und selbständig ein- und ausgeschaltet werden kann. Wobei „aus“ tatsächlich auch aus bedeutet. Denn während bei LCD stets ein spärliches Streulicht seinen Weg auf den Bildschirm findet und bei Plasma ein separater Löschimpuls benötigt wird, ist bei OLED einfach der jeweilige Bildpunkt aus. Der Schwarzwert liegt also real bei null, was noch bis vor ein paar Jahren nicht möglich war. Denn „aus“ bedeutete seinerzeit, dass nicht nur einzelne Leuchtpartikel oder Hintergrundlämpchen (LED) ausgeschaltet wurden, sondern der gesamte Bildschirm aus war. Doch bei OLED geht dieser Umstand noch weit über das bereits beschriebene Local Dimming hinaus.

Denn genauso beeindruckend wie der im Dunkeln gemessene Kontrast ist die Leistung im Hellraum. OLED-Bildschirme scheinen jedes Licht, das auf sie fällt, direkt einzusaugen und darüber hinaus nicht wieder herzugeben. Selbst das Blitzlicht einer Kamera macht ihnen nichts aus. Ähnlich wie bei LCD-Displays sind es bei OLED-Bildschirmen die optischen Komponenten, die einfallendes Licht rein- aber nicht wieder rauslassen. Manche Hersteller wie etwa Sony nutzen dafür spezielle Farbfilter über den Pixeln, andere wiederum Polarisationsfolien – LG sogar beides. In punkto Kontrast gilt also ähnlich wie bei der Brillanz, dass OLED-Bildschirme in hellen Räumen so gut sein können wie LCD-Displays und in dunklen Räumen so gut wie die besten Plasmas. Die

folgende Grafik soll bildhaft darstellen, auf welcher technischen Basis ein OLED das einfallende Licht verarbeiten kann.

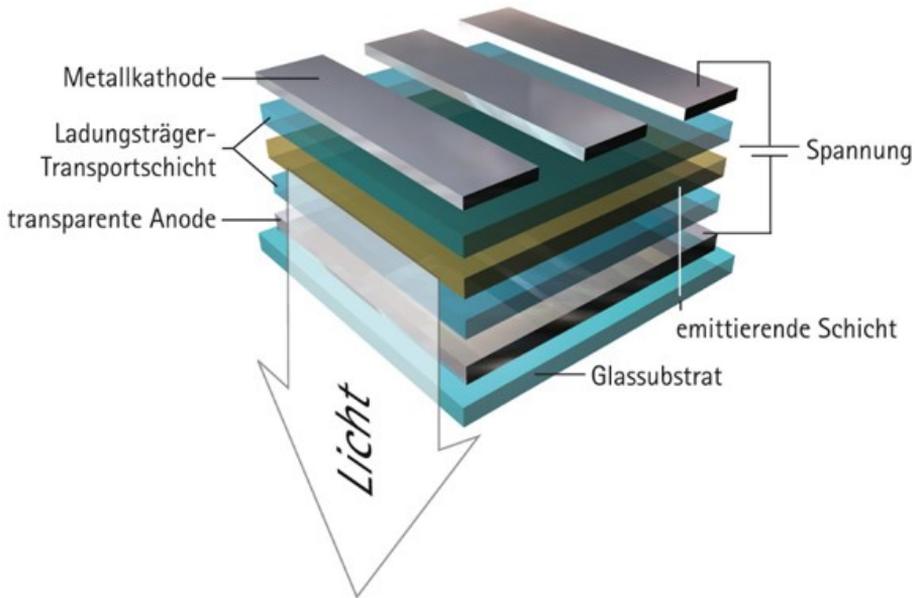


Abbildung 365: Aufbau der OLED-Technologie

Lebensdauer

Lange Zeit war der Verschleiß der Leuchtmaterialien eines der ungelösten Probleme der OLED-Technik. Die ersten Modelle mit organischen Leuchtdioden sind tatsächlich heute meistens unansehnlich geworden. Hier ist jedoch nicht die Rede vom TV-Gerät aus dem Jahre 2015, denn hier war die OLED-Technologie schon weitgehend ausgereift. Jedoch kann es vorkommen, dass beispielsweise das Pioneer-Autoradio von 1998, Digitalkameras von Kodak aus der Zeit oder ältere MP3-Player oder Smartphones kein gestochen scharfes Display mehr bieten. Jedoch lässt dies keine Rückschlüsse auf OLED-Fernseher zu. Die heutigen Leuchtstoffe werden von den Herstellern mit Lebenserwartungen von 30.000 bis 300.000 Stunden spezifiziert, was für einen Fernseher locker ausreichen sollte. Wissenswert ist in Bezug auf die Lebensdauer jedoch, dass ebenjene die Anzahl der Stunden bis zum 50-prozentigen Abfall der Helligkeit beziffert. Viele Leuchtmaterialien verlieren allerdings schon in den ersten zehn Prozent ihrer Lebenserwartung deutlich an Effizienz. Und wenn das zum Beispiel für die blaue Komponente stärker der Fall ist als für die rote oder grüne, gerät die Farbbalance aus dem Gleichgewicht. Das gilt übrigens sowohl für RGB-OLEDs als auch für OLEDs mit weißem Licht und Farbfiltern.

Einbrennen

Da es naturgemäß noch keine Langzeitstudien geben kann, bleibt das sogenannte Einbrennen sowohl bei aktuellen LCD/LED-Modellen als auch bei OLED-Fernsehern ähnlich wie die Lebensdauer eine noch offene Frage. Jedenfalls für die nächsten Jahre. Theoretisch ist ein solcher Effekt durchaus denkbar, weshalb man grundsätzlich Standbilder sowie statische Muster oder Logos vermeiden sollte – insbesondere in den ersten Monaten der Benutzung. Denn phosphoreszierende Stoffe haben quasi ein Gedächtnis, das eine ungleiche Abnutzung zumindest für eine gewisse Zeit speichern kann. OLED-Displays neigen im Übrigen eher zu einem Nachleuchten oder vielmehr einer unerwünschten Veränderung der Helligkeitsinformationen. Allerdings ist dieser Effekt nicht von Dauer und längst nicht so schwerwiegend wie seinerzeit die Einbrenneffekte.

Vorgesorgt wird hier in neueren TV-Geräten durch Bildschirmschoner oder auch die Funktion der automatischen Abschaltung. Und selbst die Fernsehanstalten sorgen dafür, dass ihre Logos nicht mehr pausenlos eingeblendet werden. Viele OLED-Displays vermindern zudem automatisch die Hintergrundbeleuchtung bei Standbildern. Dass diese Effekte zumindest bei Quantum-Dots-Displays tatsächlich kaum noch ein Problem der Zukunft darstellen, belegt wohl die Initiative von Samsung auf der IFA 2016. Der Technikriese plant eine Garantie in Bezug auf Einbrenneffekte seiner SUHD-Modelle und verspricht seinen Kunden, alle SUHD-Fernseher, die innerhalb von zehn Jahren Einbrenneffekte aufweisen, zu reparieren oder gar auszutauschen.

3D-Darstellung

Im Kapitel „Räumliche Wahrnehmung 3D“ in diesem Buch wurden die einzelnen 3D-Technologien bereits ausführlich beschrieben. Weshalb hier nicht mehr weiter auf die technischen Hintergründe eingegangen werden soll. Grundsätzlich ist bei OLED-Bildschirmen jede Art von 3D-Darstellung möglich, die es auch bei LCD und Plasma gibt. Hier gibt es also die Polfilter-Technik, die räumliche Darstellung mit Shutterbrillen und sogar 3D ohne Brille. Vor- und Nachteile sind dabei vergleichbar mit LCD, also Auflösungsverlust bei Polfiltern (halbierte Zeilenzahl) und Helligkeitseinbußen vor allem bei Shutterbrillen. Wobei sich zumindest dieser Nachteil durch die Art und Weise der Ansteuerung und das Einfügen einer Dunkelphase stark verringern lässt. Damit wird der Licht-Output auf den Zeitraum konzentriert, in dem die Brillengläser geöffnet sind, ähnlich wie bei einigen LCD/LED-Fernsehern mit 3D-Funktion. Da OLED-TVs sehr schnell schalten können (Reaktionszeit), kann das sogenannte Übersprechen (von einem Bild auf das andere) deutlich besser kontrolliert werden als bei LCD Fernsehern.

Auch die Polfilter-Technik ist bei OLED- TVs ähnlich wie bei LCDs möglich. Zumal es sich hierbei um eine einfach zu realisierende Option handelt, da die entsprechenden Folien bereits bei den meisten OLED-Schirmen für besseren Hellraum-Kontrast vorgesehen sind. Damit wird nur noch ein zweiter Layer benötigt, der zeilenweise für die Drehung der Polarisation sorgt. 3D ohne Brille kann mit OLEDs durch eine Parallaxenbarriere oder durch ein Linsenraster realisiert werden, die Nachteile speziell in puncto verringerter Auflösung ändern sich hier jedoch nicht.

Bewegungsdarstellung

Was diesen Punkt anbelangt, so wird insbesondere im Internet viel fabuliert. Auch Hersteller werben mit Reaktionszeiten, die mittlerweile im Millisekunden-Bereich liegen. Damit sind OLEDs deutlich schneller als LCDs. Allerdings nur in der Theorie. Denn diese Werte sagen grundsätzlich nichts darüber aus, wie die Darstellung von Bewegungen auf dem Schirm umgesetzt wird. Insbesondere bei großflächigen Bildschirmen muss das menschliche Auge (ähnlich wie im Kino) dem bewegten Objekt folgen. Deshalb entscheidet über die Bewegungsdarstellung beziehungsweise Bewegungsschärfe die Haltedauer, und die ist bei 50 Hertz nun einmal 20 Millisekunden. Bei jedem Bildschirm!

Röhre und Plasma arbeiten mit Helligkeitsimpulsen, die kurz aufleuchten und dann abklingen, wodurch sie selbst bei 50 Hertz scharf wirken. OLED-Displays verhalten sich hingegen wie ein moderner LCD, weshalb man für scharfe Bewegungen die 20 Millisekunden in kleine Schritte zerlegen muss. Es dürfte daher 200 beziehungsweise 240 Hertz die Regel bei OLED-Fernsehern sein, verbunden natürlich mit einer Zwischenbildberechnung. Auch höhere Frequenzen sind denkbar, dürften aber in der Praxis kaum noch Vorteile bringen, zumal das TV-Signal nach wie vor mit 50 Hertz (Europa) beziehungsweise 60-Hertz (USA) übertragen wird.

QLED/Quantum Dots

Während die TV-Programmanbieter also auf herkömmliche Standards setzen und neben der klassischen Signalverarbeitung auch noch bei HD herumdümpeln, wappnen sich die TV-Hersteller bereits für 8K. Zur Erinnerung: Eine Auflösung im aktuellen High-Definition-TV (beispielsweise bei DVB-T2) beinhaltet gerade einmal 1920×1080 Pixel (Full HD/2K), beim Streaming kann je nach Internetverbindung bereits in Ultra HD geschaut werden, also mit der doppelten Auflösung und 3840×2160 Pixeln (4K) und auf der CES 2016 gab es bereits die ersten 8K-Computerdisplays mit unglaublichen 7680×4320 Pixeln, also etwa 33 Millionen Pixeln pro Bild zu bestaunen. Entsprechende TV-Panels werden nicht mehr lange auf sich warten lassen.

Was hat das Ganze nun aber mit der QLED-Technologie zu tun? Sagen wir so: Die Umsetzung der Rec.2020 (vgl. entsprechendes Kapitel in diesem Buch) bis hin zu UHD-2 braucht natürlich technische Grundlagen. Der Wettlauf um die besten Display-Technologien hat längst begonnen. Und wo zwei sich streiten, gewinnt vielleicht der Dritte. QLED-TVs sind eine starke Konkurrenz zu OLED und herkömmlichen LED-Backlights. Wenn man den Aussagen der Hersteller glauben darf, dann vereint diese Technologie auf Basis sogenannter Quantum Dots alle Vorteile von LCD sowie OLED und könnte den TV-Markt revolutionieren. Vor allem die Firma Samsung hat sich große Ziele gesetzt und möchte Pressemeldungen zufolge zukünftig komplett auf OLED verzichten und sich ausschließlich der Produktion von QLED-Fernsehern widmen. Interessant ist hier, dass - im Gegensatz zu den SUHD-TVs aus den Jahren 2015 und 2016 - in den weiterentwickelten Modellen vollständig auf die Hintergrundbeleuchtung verzichtet werden soll, die Quantum Dots also ähnlich wie bei OLED-Panels ohne zusätzliche LEDs auskommen. Deshalb wird die bisherige Bezeichnung „QLED“ bald hinfällig werden.

Doch was steckt nun im Einzelnen hinter diesen Quantum Dots? Was hat es mit diesen TV-Panels aus der Nanotechnologie auf sich? Sind Samsung mit SUHD und Sony mit Triluminos die einzigen im QD-Fieber? Wer hat es erfunden und was sind die technischen Hintergründe?

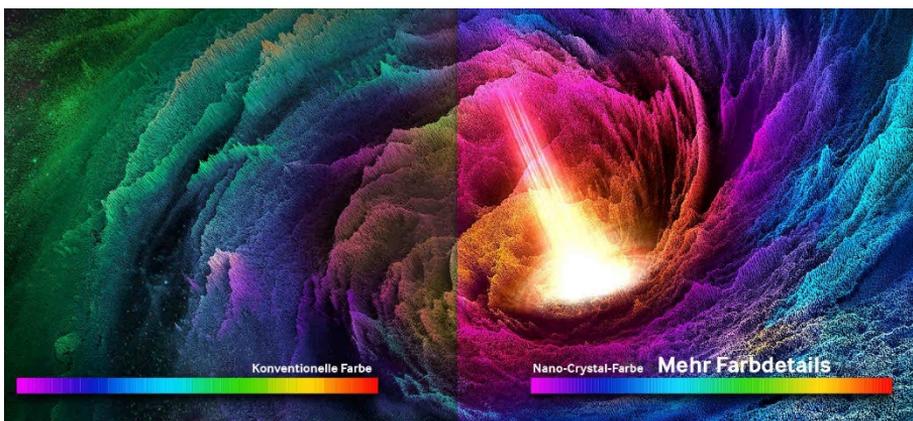


Abbildung 366: www.samsung.com

Beginnen wir bei den technischen Standards, die bereits im Jahre 2012 mit der ITU-R-Empfehlung BT.2020 spezifiziert wurden. Neben den einzelnen Auflösungen (UHD-1 und UHD-2) wurden hier unter anderem die Farbtiefe von 10 oder 12 Bits pro Abtastwert aber auch der erweiterte Farbraum für die Zukunft festgelegt. Weder die klassische Röhre noch LCD-Bildschirme und selbst herkömmliche UHD-Fernseher (bis 2015) können hier schon nicht mehr

mithalten. Und vor dem Hintergrund der sich stets entwickelnden Technologien munkt man heute schon über die aktuelle OLED-Technologie, dass hier die Farben der Subpixel zu unrein sind, das heißt, die drei Grundfarben (Rot, Grün, Blau) nicht hundertprozentig dargestellt werden. Jedenfalls nicht so rein wie mithilfe der Quantum Dots.

Vielleicht gerade deshalb setzt zum Beispiel Samsung seit 2015 neue Maßstäbe mit QLED - insbesondere in punkto Detailtiefe, Kontrast und natürlicher Farbdarstellung. Die neue Technologie ermöglicht die Darstellung eines größeren Farbraums sowie einzelner Farbabstufungen und gewährleistet mit 10 Bit eine höhere Farbtiefe als herkömmliche UHD-Fernseher (8 Bit). Damit setzt auch SUHD die ITU-Empfehlung Rec.2020 um und ist somit schon jetzt für 8K gewappnet.

Denn die SUHD-Fernseher des südkoreanischen Technikriesen enthalten mikroskopisch dünne Nanokristalle, die die Farbdarstellung deutlich verbessern. Ähnlich wie ein Prisma brechen diese superkleinen Kristalle das Licht und können somit hochreines weißes Licht erzeugen. Die Quantenpunkte sollen sogar eine um dreißig Prozent breitere Farbskala als Kathodenstrahlröhren bieten und vierundsechzigmal mehr Farben liefern als herkömmliche Fernseher – und das bei einem deutlich geringeren Stromverbrauch.



Abbildung 367: SUHD-Fernseher mit Quantenpunkten und 10-Bit-Panel (Samsung)

Neben Samsung und Sony versprechen auch die neuen Geräte der Marke Thomson dank Quantum-Dot-Technologie einen erhöhten Farbraum gemäß Rec.2020 und somit beste Bildwiedergabe. Nach eigenen Angaben soll der 55

Zoll 4K-UHD-Fernseher (55UA9806) nicht nur bezahlbar sein, sondern darüber hinaus über den breitesten Color-Gamut-Farbraum verfügen, der aktuell auf dem Markt erhältlich ist und somit dem Vergleich mit LCDs und vor allem OLEDs standhalten. Wobei „aktuell“ vor dem Hintergrund der rasanten Geschwindigkeit der multimedialen Entwicklungen natürlich immer relativ zu sehen ist. Thomsons vollmundige Versprechen gründen sich vor allem auf die Aussagen des Entwicklers QD Vision, der seine Color IQ Quantum-Dot-Technologie unter anderem damit bewirbt, dass sie nicht nur spektralrein, sondern abstimmbar und darüber hinaus wirtschaftlich erschwinglich sei. Befürworter bewerten die QLEDs ebenfalls als qualitativ hochwertiger als ihre OLED-Kollegen, viele Experten sprechen hingegen von einer ähnlich hohen Farbbrillanz wie bei der OLED-Technologie. Fakt ist jedoch, dass Quantum-Dot-Displays deutlich energieeffizienter und heller sind. Schon allein deshalb, weil die zukünftigen Modelle auf eine zusätzliche LED-Hintergrundbeleuchtung verzichten können.



Abbildung 368: QD-Vision - <http://coloriq.com>

Ähnlich wie bei OLED funktionieren die einzelnen Nanokristalle in Bezug auf Farbe und Helligkeit individuell, bestehen jedoch nicht aus organischem Material. Die bei OLED vorkommenden Probleme mit der Störanfälligkeit und Lebensdauer fallen insofern weg. Artefakte aufgrund einer nicht homogenen Hintergrundbeleuchtung (LED-Backlight) kommen bei QD-Panels ebenfalls nicht vor. Doch was ist das Geheimnis?

Quantum Dots sind von der klassischen Bildröhre so weit entfernt wie die Milchstraße von der Erde. Die Dimension von Quantenpunkten im physikalischen Sinne ist kaum noch greifbar. Ihre Energie ist nicht mehr kontinuierlich, sondern nimmt diskrete Werte an. Anders als bei Atomen können bei Quantenpunkten sowohl die Form und Größe als auch die Anzahl der Elektronen und damit die elektronischen und optischen Eigenschaften beeinflusst werden. Bei der QD-Technologie handelt es sich also um höchste Präzision schon allein aufgrund der „Größe“. Die winzigen Kristalle, welche Lichtintensität und Farbbrillanz in ein komplett neues Level rücken, sind nur wenige Atome dick. Ein Quantum Dot ist also nicht etwa ein Bildpunkt beziehungsweise Pixel. Mit der englischen Bezeichnung ist tatsächlich ein

Quantenpunkt gemeint, der über eine nanoskopische Materialstruktur verfügt. Ein Pixel (bei Ultra HD sind es über 8 Millionen pro Bild, bei 8K sogar 33 Millionen) besteht aus gleich mehreren Schichten von Quantenpunkten (Quantum Dots), die in der Lage sind, verschiedene Farbtöne zu reproduzieren. Wenn man nun bedenkt, dass ein Millimeter 1.000.000 Nanometern (nm) entspricht, reden wir also von einer sehr, sehr kleinen Maßeinheit. Die Größe eines Quantum Dots entspricht ungefähr zwei bis zehn Nanometern und damit in etwa dem Zehntausendstel eines menschlichen Haares. Detailreichtum wird also mit den winzigen Nanokristallen neu definiert. Doch damit noch nicht genug. TV-Hersteller Samsung kündigt an, das Quantum Dots zukünftig den Farbfilter eines Displays ersetzen sollen. Damit wären QD-Displays sowohl LCDs als auch OLED-Bildschirmen weit voraus. Ein weiterer Vorteil ist die kostengünstigere Produktion gegenüber OLED und die weitaus einfachere Kalibrierung und Abstimmung eines QD-Displays während der Produktion. Dies bescheinigen jedenfalls die Analysen von DisplayMate als einen der größten Vorteile dieser Technologie.

Und so ist der Markt natürlich heiß umkämpft und die Hersteller von OLED- und LED-Backlight-TVs lassen sich die Butter nicht so schnell vom Brot nehmen. Hier kam das bisherige Manko von QLED ganz gelegen. Gemeint ist das anfänglich verwendete Schwermetall, welches giftig und somit gesundheitsgefährdend ist. Während für die OLED-Technologie das wasserlösliche Calcium die Achillesferse darstellt, war es für QLED das Kadmium. So musste der US-amerikanische Entwickler der Quantum-Dots-Technologie im Jahre 2015 einige Prüfungen und Analysen der Europäischen Kommission über sich ergehen lassen. Hintergrund war eine Ausnahmegenehmigung für die als giftig deklarierten Quantenpunkte auf Kadmium-Basis. In diesem Zusammenhang war von Wettbewerbsverzerrungen die Rede, die die EU-Kommission allerdings revidierte. QD Vision blieb am Ball und arbeitete an der Überprüfung durch die EU-Kommission mit. Hierzu gehört im Übrigen auch die Überprüfung der Quantenpunkt-Technologie auf Indium-Basis. Der Grund dafür liegt auf der Hand: Ein beschleunigtes Verfahren macht den Weg frei für den europäischen Markt, der bisher durch vorwiegend asiatische Geräte nur indirekt erschlossen werden konnte.

Die in Deutschland vertriebenen Geräte sind im Übrigen frei von dem giftigen Schwermetall und basieren auf der Entwicklung des Chemieriesen Dow Chemical, der das exklusive Vertriebsrecht der britischen Firma Nanoco für kadmiumfreie Quantenpunkte besitzt. Entwarnung gibt es auch generell bei den SUHD-Modellen der 2015er Serie von Samsung, die ebenfalls ohne Kadmium auskommen.

Somit ist der Weg frei für die Revolution mit Quantum Dots. Könnte man meinen. Die Marktchancen sind da, die Marktbreite hingegen noch nicht. Denn noch handelt es sich im Vergleich zu OLED um eine 1-zu-10-Situation. Auch wenn IHS der QD-Technologie ein Umsatzvolumen in Höhe von 200 Millionen US-Dollar für das Jahr 2020 prognostizierte, sind das im Vergleich zum Markt für OLED-Displays eher Peanuts. Hier lagen die Umsätze bereits im Jahre 2012 bei 4,9 Milliarden US-Dollar und sollen nach OLED-Info auf satte 26 Milliarden Dollar anwachsen. Man muss also kein Mathegenie sein, um herauszufinden, dass hier David gegen Goliath kämpft.

Allerdings ist abzusehen, dass sich das Verhältnis hier sehr schnell ändern kann. Die Nachfrage ist mittlerweile weltweit vorhanden, von der diverse QD-Anbieter (wie Nanosys, Life Technologies, Ocean Nanotech und Evident Technologies sowie der britische Produzent Nanoco Technologies) profitieren. Auch das deutsche Unternehmen Bayer Material Science bietet im Übrigen entsprechende Vorprodukte im Rahmen der QD-Technologie an. Es verwundert also nicht, dass die weltweite Massenproduktion auf Hochtouren läuft und immer mehr Gerätehersteller auf den QD-Zug aufspringen. Bekannt für seine QD-Displays ist natürlich Sony, der diese unter dem Markennamen Triluminos vermarktet. Doch auch andere große Hersteller setzen auf die QD-Technologie. Hierzu gehören neben Samsung unter anderem LG, Philips sowie Amazon mit seinem Kindle-Fire-HDX-Tablets. In punkto Brillanz, Schärfe, Blickwinkel und Farbdarstellung soll das kleine Amazon-Tablet sogar das iPad in den Schatten stellen und wird von verschiedenen Fachzeitschriften im Zusammenhang mit der QD-Technologie in den höchsten Tönen gelobt.

QLED vs. OLED

So partizipieren TCL mit seinen Thomson-TVs oder auch Sony von einer Entwicklung der Firma QD Vision. Und dieser Name scheint Programm. Denn der Markt für QLED-Displays wächst jährlich um sagenhafte 110 Prozent (Stand: 2014). Nach Einschätzungen des Analyse- und Marktforschungsunternehmens IHS (Information Handling Services) soll das Volumen der Bildschirme mit QD-Technologie von 10 Millionen Dollar in 2013 auf rund 200 Millionen Dollar bis 2020 steigen. Nicht nur in Fachkreisen werden deshalb die Halbleiter mit Nanostruktur (QLEDs) schon jetzt als starker Konkurrent zur OLED-Technologie bewertet. Zumal sich die Quantum Dots (QDs) nicht nur in moderne TV-Geräte integrieren lassen, sondern auch generell in Computer-Chips, sodass sie Anwendung in der Sensortechnologie, Solarzellen, Laser- und/oder Medizintechnik finden. Das Analyse-Unternehmen Markets & Markets prognostizierte für das Jahr 2020 einen weltweiten Umsatz mit QDs in Höhe von 3,4 Milliarden US-Dollar, wobei der Löwenanteil im Einsatz

der Quantum Dots in der Optoelektronik liegt. Die Analysten schätzen hier allein Umsätze von rund 2,5 Milliarden US-Dollar in 2020.

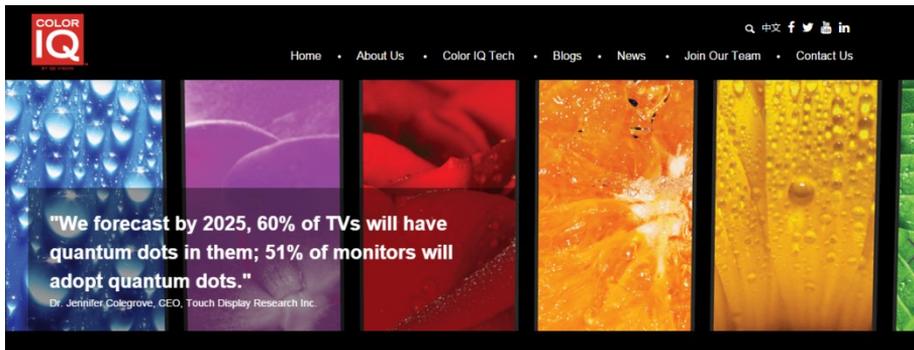


Abbildung 369: QD-Vision - Screenshot <http://coloriq.com> (2015)

Neben QD Vision profitieren von der weltweiten Nachfrage auch andere QD-Anbieter, wie Nanosys, Life Technologies, Ocean Nanotech und Evident Technologies sowie der britische Produzent Nanoco Technologies. Auch das deutsche Unternehmen Bayer Material Science bietet im Übrigen entsprechende Vorprodukte im Rahmen der QD-Technologie an.

Es verwundert also nicht, dass die weltweite Massenproduktion auf Hochtouren läuft und diverse Gerätehersteller auf den QD-Zug aufspringen. Bekannt für seine QD-Displays ist natürlich Sony, der diese unter dem Markennamen Triluminos vermarktet. Nach Angaben der IHS-Analysten setzten auch andere große Hersteller auf die QD-Technologie. Hierzu gehören unter anderem LG, Philips, Samsung und 3D sowie Amazon mit Kindle-Fire-HDX-Tablets. In punkto Brillanz, Schärfe, Blickwinkel und Farbdarstellung stellt das kleine Amazon-Tablet sogar das iPad in den Schatten und wird von verschiedenen Fachzeitschriften (z.B. c't) in den höchsten Tönen gelobt.

Somit liegt der Verdacht nahe, dass sich die Konkurrenz hier nicht gern die Butter vom Brot nehmen lässt. Befürworter bewerten die QLEDs zwar als qualitativ hochwertiger als ihre OLED-Kollegen. Viele Experten (z.B. die weltweit bekannte Testplattform DisplayMate) sprechen hingegen von einer ähnlich hohen Farbbrillanz wie bei der OLED-Technologie. Fakt ist jedoch, dass Quantum-Dot-Displays deutlich energieeffizienter und heller sind. Darüber hinaus ist die Kalibrierung und Abstimmung eines QD-Displays während der Produktion weitaus einfacher. Dies bescheinigen die Analysen von DisplayMate als einen der größten Vorteile dieser Technologie.



Abbildung 370: QD-Technologie auch in Amazons Kindle Fire HDX7 (www.go2android.de)

Dennoch handelt es sich wohl um eine 1-zu-10-Situation. Auch wenn IHS der QD-Technologie ein Umsatzvolumen in Höhe von 200 Millionen US-Dollar für das Jahr 2020 prognostizierte, sind das im Vergleich zum Markt für OLED-Displays eher Peanuts. Hier lagen die Umsätze bereits im Jahre 2012 bei 4,9 Milliarden US-Dollar und sollen nach OLED-Info auf satte 26 Milliarden Dollar anwachsen. Man muss also kein Mathegenie sein, um herauszufinden, dass hier David gegen Goliath kämpft. Und die Fronten sind dabei nicht einmal klar definiert. So hat der US-amerikanische Entwickler der Quantum-Dots-Technologie im Jahre 2015 einige Prüfungen und Analysen der Europäischen Kommission über sich ergehen lassen müssen. Hintergrund war eine Ausnahmegenehmigung für die als giftig deklarierten Quantenpunkte auf Kadmium-Basis.

In diesem Zusammenhang war von Wettbewerbsverzerrungen die Rede, die die EU-Kommission allerdings revidierte. QD Vision bleibt am Ball und arbeitet an der Überprüfung durch die EU-Kommission mit. Hierzu gehört im Übrigen auch die Überprüfung der Quantenpunkt-Technologie auf Indium-Basis. Der Grund dafür liegt auf der Hand: Ein beschleunigtes Verfahren macht den Weg frei für den europäischen Markt, der bisher durch vorwiegend asiatische Geräte nur indirekt erschlossen werden konnte. Ein Narr ist, wer hier nichts Böses ahnt. Bleibt also zu hoffen, dass sich die QD-Displays weiter am Markt durchsetzen, zumal beispielsweise Samsung auf Quantenpunkte setzt, die komplett frei von Kadmium sind.

Wem das Gerangel zwischen den großen Herstellern und visionären Technologien zu viel ist, weil er beispielsweise sowieso keine Riesensumme für exklusive TV-Geräte der Premiumklasse ausgeben möchte, der könnte sich auch mit „normalem“ UHD-Standard zufrieden geben. Und bevor es gleich richtig dünn wird, kommen wir zunächst zu den aktuellen Fernsehern aus dem Jahre 2015 für den schmalen Geldbeutel.

TV-Bildschirme

Neben der Bildauflösung und diversen Extras ließen sich Videodisplays bisher in zwei Kategorien einteilen, die unmittelbar mit ihrer Bauweise zusammenhängen: LCD und Plasma. Obwohl die Plasma-Bildschirme bereits wieder vom Markt verschwunden sind, sollen im Folgenden dennoch die jeweiligen Vor- und Nachteile beider Technologien verglichen werden.

Bildschirmgröße

Die Plasmatechnik eignete sich bei der Einführung vor allem für große Bildschirme. LCDs konnten seinerzeit dafür beliebig klein gebaut werden. Spätestens zu Beginn des 21. Jahrhunderts änderte sich dieses Prinzip. Im Zeitalter von Ultra HD und 4K beziehungsweise 8K sowie moderner OLED-Technik spielt die Bildschirmgröße nahezu keine Rolle mehr.

Helligkeit

Bislang galt das Motto: Wer seinen Fernseher vorwiegend in heller Umgebung nutzt, der sollte LCD-Bildschirme verwenden, die aufgrund ihrer Hintergrundbeleuchtung heller wirken. Plasmadisplays erzeugen hingegen in dunkler Umgebung ein besseres Bild. Auch dieses Thema ist mit Local Dimming, QD-Technologie, OLED und HDR vom Tisch. Alle modernen TV-Displays können heute Schwarzwerte mehr oder weniger hervorragend darstellen – ausschlaggebend ist die Technologie und die Hintergrundbeleuchtung. Näheres hierzu findet sich im vorherigen Kapitel „Display-Technologien“.

Kontrast

Ähnlich verhält es sich beim Kontrast. Wer bei LCD-Displays sattes Schwarz vermisste, der suchte (jedenfalls bisher) vergeblich. Grund dafür ist die permanente Hintergrundbeleuchtung, die es den einzelnen LCD-Pixeln unmöglich machte, sich völlig zu schließen. Ein höherer Kontrastumfang wurde seinerzeit generell bei Plasma-Bildschirmen erreicht. Aber auch hier sind insbesondere die neuen Displays mit OLED- oder Quantum-Dot-Technologien weitaus besser, selbst wenn die Umgebungssituation nicht optimal ist.

Farbe

Das ist reine Geschmackssache und letztlich insbesondere eine Frage der richtigen Kalibrierung. Grundsätzlich variiert die Farbdarstellung in den diversen Modellen der zahlreichen Hersteller. Da die Farbwahrnehmung subjektiver Natur ist, wurden hierzu vor Jahren verschiedene Testverfahren durchgeführt. Das Ergebnis: LCD-Bildschirme wurden seinerzeit oft als brillanter empfunden, Plasma-Bildschirme dafür als wärmer und naturgetreuer. Auch hier hat sich in punkto Qualität so einiges geändert. Was bleibt, ist der Hinweis, dass die

Bildeinstellungen ab Werk oder aber im Verkaufsmodus nicht den tatsächlichen Möglichkeiten der Bildwiedergabe entsprechen. Hier kann und muss vielfach nachgebessert werden; zum Beispiel mit Testbildern (vgl. das Kapitel „Professionelle Bildeinstellungen“).

Reaktionszeit

Wer auf „Kometenschweife“ bei schnellem Bildwechsel (Sportsendungen, Actionfilme) verzichten will, der sollte einen UHD-Displays ab Baureihe 2015 wählen. Die klassischen LCD-Displays neigen hier zu sogenannten Nachzieh-Effekten.

Einbrennen

Auch wenn die aktuelleren Modelle generell nicht mehr dazu neigen, Standbilder einzubrennen, zeigten hier - wenn überhaupt - die Plasma-Bildschirme solche Effekte. Allerdings muss man wissen, dass sich ein Bild nur dann in das Display einbrennt, wenn es über Stunden, Tage oder gar Wochen stehengelassen wird. Doch wer macht das schon?

Lebensdauer

Bei der rasanten Geschwindigkeit der technischen Entwicklung spielt die Lebensdauer von Unterhaltungsgeräten heute kaum noch eine Rolle. Bevor sie altersschwach werden, müssen sie in der Regel schon ihren Platz für den Nachfolger räumen. Die Lebenserwartung bei voller Lichtleistung entspricht bei beiden Techniken (LCD und Plasma) zwischen 40.000 und 60.000 Betriebsstunden. Legt man den Mittelwert (50.000) zugrunde, könnte man zehn Stunden am Tag über dreizehn Jahre lang den Bildschirm flimmern lassen. Moderne UHD-TVs mit organischen Leuchtdioden leben hingegen nicht ganz so lange, jedenfalls ist dies der Stand im Jahre 2015.

Empfindlichkeit

Dass Kinder nicht unbedingt Fußball im heimischen Wohnzimmer spielen sollen, ist bekannt. Auf mechanische Einwirkungen jeder Art reagieren alle technischen Geräte empfindlich. Dazu gehören im Übrigen auch scharfe Putzmittel und zu viel Feuchtigkeit. Darüber hinaus empfehlen die Hersteller von Plasma-Bildschirmen bestimmte Einschränkungen. Entsprechende Displays sollen niemals waagrecht transportiert oder gelagert werden und funktionieren gemäß Herstellergarantie nur bis etwa 1500 Meter über dem Meeresspiegel. Die Empfindlichkeit bezieht sich also bei Plasma-Displays auch auf bestimmte äußere Einflüsse, wie beispielsweise der Luftdruck. LCDs haben damit im Übrigen keine Probleme. Wer also hoch oben in den Alpen wohnt, ist mit einem LCD-Display besser beraten. Auch hier sind die neuen OLED-Bildschirme etwas anfälliger, was nicht zuletzt auf die hohe Korrosionsanfälligkeit der

hochreaktiven Injektionsschicht zurückzuführen ist. Aber auch dies kann und wird sich in den nächsten Jahren ändern.

Gewicht

Wer sich noch an die guten alten Röhrenfernseher erinnert und mit ihnen mehr als einmal umgezogen ist, der weiß, wie schwer ein Fernseher sein kann. Zwar sind die Geräte von heute weitaus größer, dafür aber auch um ein Vielfaches dünner und damit leichter. Dennoch sollte man bei der Wandmontage unbedingt auf eine geeignete Vorrichtung achten.

Stromverbrauch

Bei der Stromaufnahme unterscheiden sich beide Techniken wesentlich voneinander. Klassische LCD-Bildschirme verbrauchen zwar meist weniger Strom, dafür ist der Verbrauch statisch beziehungsweise gleichbleibend. Bei Plasma-TVs hängt der Stromverbrauch von der momentanen Bildhelligkeit ab. Je heller das Bild, desto mehr Energie wird benötigt. Insofern ist die Stromaufnahme hier schwankend, weshalb ein durchschnittlicher Verbrauch nur schwer geschätzt werden kann. Jedoch zählt gerade der Stromverbrauch neben den Herstellungskosten zu den KO-Kriterien für die Plasma-Technologie. Moderne UHD-Geräte verbrauchen allerdings auch immer noch relativ viel Strom - insbesondere bei sehr hellen Bildeinstellungen. Deshalb sind die Werkseinstellungen im Übrigen meistens auf niedrigem Niveau, um die versprochene Energieeffizienzklasse (z.B. A+) realisieren zu können. Grundsätzlich hängt der Stromverbrauch natürlich immer vom individuellen Verbrauchsverhalten ab.

Geräusche

Wer ein sensibles Gehör hat, der ist mit einem LCD-Bildschirm wohl besser beraten. Denn diese können auf Ventilatoren verzichten. Anders die Plasma-Bildschirme – hier sorgte seinerzeit der eingebaute Lüfter dafür, dass diese Technik nicht völlig geräuschlos funktioniert.



Abbildung 371: LED und OLED im Vergleich (LG)

Nach dieser kleinen Übersicht und den praktischen Tipps soll nun aber etwas eingehender erläutert werden, worin die Unterschiede zwischen LCD- und Plasma-Bildschirmen bestehen, weshalb Plasma-Bildschirme von jeher keine Chance auf dem Markt hatten und warum die Zukunft in den aktuellen Displays mit Nanotechnologie liegt.

4K-OLEDs + HDR

Alle großen Hersteller präsentierten auf der IFA 2015 erstmals ihre neuen 4K-OLED-TVs. Und das südkoreanische Unternehmen LG Electronics stellte seine ersten HDR-tauglichen Fernseher vor. Mit den Modellen 65EF9500, 55EF9500 und 55EG9200 ging LG also gleich mit drei 4K/UHD-HDR-Geräten an den Start. Extra groß, extra dünn und natürlich in absoluter Brillanz. Der LG 55EG9200 misst an seiner dünnsten Stelle sage und schreibe nur 4,8 mm und ist damit dünner als handelsübliche Smartphones. Die EF9500-Baureihe beinhaltet ebenfalls extraflache OLED-Displays mit UHD-Auflösung. Denn OLED und HDR ist die perfekte Kombination für tiefes Schwarz, leuchtende Farben und eindrucksvolle Bildqualität.



Abbildung 372: LG-Modelle 65EF9500, 55EF9500 und 55EG9200 auf der IFA 2015

Und selbstverständlich sind die HDR-fähigen OLED-TVs mit allem ausgestattet, was ein moderner Fernseher haben muss. Die multimedialen Wunderwerke von LG verfügen beispielsweise über die neueste Version der Smart-TV-Plattform webOS. Besitzer eines solchen Gerätes können somit jederzeit auf ihre Liebesserien zugreifen, alle Menüs individuell anpassen sowie UHD- und HDR-Inhalte sowohl von Streaming-Content-Partnern als auch von externen Quellen anschauen.



Abbildung 373: Fusion aus Leidenschaft: LG und Harman/Kardon® (lgnewsroom.com)

Und als wenn das noch nicht ausreichend würde, kombiniert LG zu seinem brillanten Bild noch eine Klangqualität auf höchstem Niveau. Kein geringer als Harman/Kardon® stattete die neuen Modelle mit seiner Soundtechnik aus. Der führende Audiohersteller entwickelte die integrierten Lautsprecher speziell für die ultrahochauflösenden OLED-TVs von LG. Aber auch andere Hersteller trumphen mit gestochen scharfen Bildern und einer nativen Bildauflösung. Bei der IFA 2016 wurden wieder neue Geräte vorgestellt, die Unterschiede zu 2015 sind jedoch marginal. Wer sich als Verbraucher nicht mit den diversen technischen Details befassen möchte, sollte zumindest neben seinem eigenen Eindruck vor Ort insbesondere darauf achten, dass das favorisierte Gerät mit dem Zertifikat der UHD-Alliance ausgestattet ist. Diese und alle wichtigen Informationen zu Ultra HD und HDR sind in den jeweiligen Kapiteln dieses Buches ausführlich beschrieben.

HDR + QLED

Und auch der japanische Multimedia-Riese Sony bestückt zukünftig fast alle 4K-/UHD-TVs mit der neuen HDR-Technologie. Die BRAVIA-Reihe verfügt neben HDR über einen 4K-Prozessor X1 und das berühmte Triluminos Display. Dahinter verbirgt sich heute nichts anders als die Quantum-Dot-Technologie, obwohl im Jahre 2008 Sony unter demselben Markennamen eine optimierte Variante des Edge-LED-Backlights vermarktete. Seinerzeit ging es um eine modernisierte Hintergrundbeleuchtung, die nicht mehr mit herkömmlichen LEDs, sondern mit zwei Edge-LED-Leisten arbeitete, die wiederum mit einer Harzschicht und winzigen Kristallen überzogen waren. Mit der aktuellen QD-

Technologie produzieren - wie bei SUHD - diese Quantenpartikel spektralreines Weiß, perfektes Schwarz und natürliche Farben zum Niederknien.



Abbildung 374: neuste Sony-TV-Generation der W905-Serie

Zur Umsetzung der ITU-Empfehlung Rec.2020 im Rahmen der Einführung des UHD-Standards bestand die Herausforderung an die Hersteller von Bildschirmen unter anderem darin, die Display-Technologie grundsätzlich neu zu definieren. Mit herkömmlichen LEDs war es unmöglich, den erweiterten Farbraum (Rec. 2020) darzustellen. Die Idee war nun also, die roten, grünen und blauen Spektralanteile so zu filtern, dass sich hieraus eine höhere Farbtreue und damit sattere und reinere Farben ergeben. Hierzu werden die sogenannten Subpixelfarbfilter mit spektral unverfälschtem Licht beleuchtet. Als hochreine Lichtquelle dienen Quantenpunkte (QD: Quantum Dots).

Und was bewirkt das? Das hochreine weiße Licht der Hintergrundbeleuchtung erweitert den Farbraum der QD-Displays. Blau wirkt blauer und Grün grüner. Insofern bietet unter anderem die neueste TV-Generation aus dem Hause SONY mit der W905-Serie brillante und satte Farben, die sich kaum von einem OLED-Display unterscheiden.



Abbildung 375: HDR-Technologie (www.amazon.de)

Wie Samsung kooperiert auch Sony mit dem bekannten Streaming-Dienst Amazon Video und verschafft sich damit den direkten Zugang zu UHD-Filmmaterial mit HDR-Prädikat. Zudem kündigte Sony für 2015 ein HDR-Update für diverse 4K-/UHD-TVs der Marke BRAVIA an. Dies betrifft vor allem die Modelle der Serien X91C, X90C, X85C und S85C. Mit dem Betriebssystem Android-TV bleiben die modernen Smart-TVs immer auf dem neuesten Stand, indem mithilfe von Software-Updates immer wieder neue Funktion hinzugefügt werden können.

Abgesehen davon sitzen die Besitzer eines Sony-TVs quasi in der ersten Reihe. Denn Sony Pictures Home Entertainment macht über Amazon die ersten hauseigenen Produktionen in HDR-Qualität verfügbar. Dazu gehören unter anderem „The Amazing Spider-Man 2“, „Men in Black 3“, „After Earth“ und „Herz aus Stahl“.

Aber auch Amazon selbst produziert bereits in HDR. Viele hauseigene Produktionen wie „Mozart in the Jungle“ oder „Red Oaks“ sollen zukünftig in HDR verfügbar sein. Weitere „Amazon Originals“ sind in Planung. Außerdem arbeitet Amazon nach eigenen Angaben mit Filmstudios in Hollywood und internationalen Elektronikunternehmen zusammen, um gemeinsam HDR-Serien aber auch Spielfilme zu produzieren. Wer über Amazon HDR-Inhalte streamen möchte, der muss wenigstens über einen UHD-TV mit HDMI 2.0a verfügen, der die Amazon-App für Instant Video unterstützt. Ähnlich wie seinerzeit bei HD werden die entsprechenden Videoangebote seit 2016 mit einem HDR-Logo gekennzeichnet.



Abbildung 376: Das Logo der UHD-Alliance in Bezug auf echtes Ultra HD und HDR

Neben Sony versprechen auch die neuen Geräte der Marke Thomson dank HDR und Quantum-Dot-Technologie einen erhöhten Farbraum gemäß Rec.2020 und somit beste Bildwiedergabe. Nach eigenen Angaben soll der 55 Zoll 4K-UHD-Fernseher (55UA9806) nicht nur bezahlbar sein, sondern darüber hinaus über den breitesten Color-Gamut²⁷-Farbraum verfügen, der aktuell auf dem Markt erhältlich ist und somit dem Vergleich mit LCDs und vor allem OLEDs standhalten. Damit gemeint ist der neue Standard gemäß ITU-Empfehlung Rec.2020, mit dem die Darstellung von Farben gelingt, wie sie mit Rec.709 für HDTV noch nicht möglich war.

Gemäß der aktuellen ITU für UHD-1 (4K) beziehungsweise UHD-2 (8K) handelt es sich um einen 10- oder gar 12-Bit-Farbraum und eine entsprechende Farbpalette von bis zu 68 Milliarden Farben. Die vollmundigen Versprechen gründen sich vor allem auf die Aussagen des Entwicklers QD Vision, der seine Color IQ Quantum-Dot-Technologie unter anderem damit bewirbt, dass sie nicht nur spektralrein, sondern abstimmbare und darüber hinaus wirtschaftlich erschwinglich sei.

UHD-Standard für wenig Geld

Denn nicht nur Panasonic, Samsung LG & Co. sind mit der neuen UHD-Technologie in den Regalen der TV-Geschäfte vertreten. Immer mehr chinesische Hersteller erobern den europäischen Markt. Zu den namhaften und in der Volksrepublik führenden Größen der Branche gehört neben Changhong auch Hisense. Und das Klischee, dass vieles nur geklaut und schlecht

²⁷ Ein Gamut ist ein Bereich (Dreieck) im CIE-Chromatizitätsdiagramm und bestimmt den darstellbaren Farbumfang

verarbeitet ist, trifft schon längst nicht mehr auf alles zu, was seit einiger Zeit aus der Heimat von Mao Zedong kommt.

So punktete in 2015 insbesondere Changhong sowohl bei den Verbrauchern als auch bei den Experten mit zwei aktuellen Modellen. Der weltweit agierende Web-Service „alaTest“ aus Schweden nahm im November desselben Jahres beispielsweise das Changhong-Modell UD55YC5500UA unter die Lupe und vergab den sogenannten alaScore™, der auf einen Blick zeigt, wie gut ein Produkt im Vergleich zu anderen bei Experten und Verbrauchern abgeschnitten hat.



Abbildung 377: Changhong Modell UD55YC5500UA/ alaScore™ „sehr gut“

Zusammengefasst und analysiert wurden hier insgesamt 25 Testberichte und Kundenbewertungen. Gelobt wurden vor allem das Design, das PreisLeistungsverhältnis sowie die Verarbeitungsqualität. Auch bei den Test-Kriterien Bildqualität, Bedienbarkeit, Größe, Klang und Energieeffizienz schnitt der Changhong-TV überdurchschnittlich gut ab. Mit 89 von 100 Punkten lautete der alaScore™ „sehr gut“. Zu haben ist der UHD-TV von Changhong bisher allerdings nicht in Deutschland. Aber was nicht ist, kann ja noch werden.

Anders verhält es sich mit dem 4K-Smart-TV UHD-55D5000IS aus dem Hause Changhong, der seit 2015 auf dem deutschen Markt zu haben ist. Das 800Hz-Modell mit LED/Edge-Technologie schafft laut Herstellerangaben die volle UHD/4K-Auflösung von 3840x2160 Pixeln, glänzt mit einem 55-Zoll-Display (140 Zentimeter) und verspricht höchste Bildqualität zum kleinen Preis. Bereits für unter 700 Euro (Stand: 2015) gibt es darüber hinaus 3D, Energieklasse A und den räumlichen Mehrkanal-Surround-Sound (SRS HD).



Abbildung 378: 4K-Smart-TV UHD-55D5000IS von Changhong

Es könnte also etwas werden aus dem vollmundigen Umsatzziel, das Changhong Sales Manager Andreas Chin bereits im Mai 2011 gegenüber der Presse verlautbarte. Das Handelsblatt berichtete hierzu am 10.05.2011, dass der bisher in Deutschland gänzlich unbekannte chinesische Elektronikkonzern sich auf die Fahne geschrieben hat, zukünftig fünf Prozent der in Deutschland verkauften Fernseher produzieren zu wollen. Changhong bietet seit seiner Gründung im Jahre 1958 elektronische Geräte sowie Haushaltsgeräte an und ist spätestens seit Ende der 1970er Jahre im asiatischen TV-Segment erfolgreich. Nun setzt das Unternehmen auf sein Werk in Tschechien, die deutschen Händler und niedrige Preise. Schon jetzt wirbt der asiatische TV-Riese für die IFA 2016. Es bleibt also spannend.

Bei der IFA 2015 trat der chinesische Hersteller Hisense hingegen mit aktuellen Modellen an, die durchaus überzeugen – vor allem im Preis. Auch wenn der bereits 1969 gegründete Elektronikkonzern mit Firmensitz in Qingdao (China) in Europa weniger bekannt ist, gehört er doch zu den weltweit führenden TV-Herstellern. Zudem ist Hisense seit kurzem auch in den USA kein unbeschriebenes Blatt mehr. Mit der Übernahme des Amerika-Geschäfts von Sharp stärkte das Unternehmen seine Marktposition auf dem amerikanischen Kontinent quasi über Nacht.

Die seit August 2015 in Deutschland verfügbaren Modelle der K321-Reihe überraschen natürlich durch ihre attraktiven Preise aber auch elegantes Design und praktische Features. Der chinesische Hersteller bietet ein kristallklares UHD-TV-Erlebnis für jede Zimmergröße, denn die neuen Geräte sind in drei verschiedenen Größen zu haben. Die Bildschirme mit Diagonalen von 102 cm/40 Zoll über 126 cm/50 Zoll bis 138 cm/55 Zoll verfügen in der K321-Reihe über die moderne UHD-Technologie und ermöglichen somit ebenfalls mit 3840 x 2160 Bildpunkten und einem 16:9-Format eine beeindruckende Auflösung, die viermal schärfer ist als Full HD.



Abbildung 379: TV-Hersteller aus China: Hisense

Besonderes Highlight: Die Geräte sind allesamt internetfähig und haben integrierte Tuner, sodass sie komplett ohne separate Set-Top-Boxen oder Receiver auskommen. Darüber hinaus lassen sich externe USB-Laufwerke und Blu-ray-Player anschließen, da die Hisense-Geräte mit je zwei HDMI-, einem USB-3.0- und zwei USB-2.0-Anschlüssen ausgestattet sind. Allerdings macht der Hersteller keine Angaben darüber, ob die vier HDMI-Schnittstellen auch HDCP 2.2 unterstützen. Zwei HDMI-Eingänge sollen laut Infoblatt zumindest HDMI-2.0-fähig sein, HEVC und VP9 werden ebenfalls unterstützt. Das Betriebssystem VIDAA lite ermöglicht eine übersichtliche und praktische Smart-TV-Benutzeroberfläche und den mittlerweile schon gängigen Zugriff auf Online-Inhalte, Medienbibliotheken und Video-on-Demand-Dienste (z.B. Netflix). Wer also den naturgemäßen Preisverfall der namhaften Produkte nicht abwarten kann und dafür lieber kleinere Abstriche in Kauf nimmt, der ist mit den preiswerten 4K-Modellen von Hisense nicht wirklich übel beraten.

ULED

Der chinesische Hersteller kann aber auch anders. Für knapp 4000 Euro ist seit Oktober 2015 das Modell 65XT910 aus dem Hause Hisense auf dem Ladentisch. Wer hier nach OLED oder QD sucht, der sucht vergeblich. Hisense bietet ULED-2.0 und damit eine hauseigene LED-Modul-Technik, die ebenfalls auf dem QD-

Prinzip basiert und ein ähnlich bemerkenswertes Schwarz zaubert wie OLED-
TVs. Denn zur Display-Technologie ULED 2.0 von Hisense gehören ebenfalls
Quantum Dots – also kleine Nanokristalle, die das Licht in unfassbar vielen
Farben emittieren.

Die innovative Technik sorgt für lebensechte Bilder und einen besonders großen
Farbraum von 108 Prozent (NTSC). Mitverantwortlich ist die sogenannte
Backlight-Scan-Technik, mit der die LED-Hintergrundbeleuchtung in zwölf
Schritten gescannt wird. Hierdurch wird die Lichtspur, die Bewegtbilder
mitunter erzeugen, herausgefiltert. Rasante Actionszenen oder
Sportübertragungen werden somit hochwertig dargestellt,
Bewegungsunschärfen nahezu eliminiert.



Abbildung 380: erhöhter Farbraum mit Hisense-Display-Technologie ULED 2.0

Neben einem tiefen Schwarz werden auch besonders helle Farben leuchtend
wiedergegeben. Grund dafür ist neben der bereits erwähnten Technik ein
spezielles Smart-Peaking-Verfahren, das eine perfekte Helligkeit zusätzlich
unterstützt. Hinzu kommen ein hoher dynamischer Kontrast (1.000.000:1) und
natürlich eine 4K/UHD-Auflösung von 3840 x 2160 Pixeln. Darüber hinaus sorgt
eine ausgefeilte Local-Dimming-Technik dafür, dass 240 Segmente der LED-
Hintergrundbeleuchtung separat gesteuert werden. Damit lassen sich die
Backlights individuell dimmen und sogar fast vollständig abschalten. Das
Ergebnis ist bemerkenswert. Selbst kleine Falten in schwarzer Kleidung werden
sichtbar und wirken damit so naturgetreu wie noch nie.

Auch der Stromverbrauch kann sich sehen lassen, denn die beeindruckende Leistung von Hisenses 65XT910 geht dabei nicht zu Lasten der Umwelt. Obwohl das Modell sehr hell werden kann, benötigt es dafür relativ wenig Energie. Der Stromverbrauch soll im Vergleich zu anderen LED-Modellen mit ähnlich hoher Helligkeitsleistung dafür sogar geringer sein. Außerdem bietet der 65XT910 alle nötigen Anschlüsse (HDMI 2.0, HDCP 2.2 und HEVC-Unterstützung) und damit die notwendigen Standards für 4K-UHD-Inhalte der Zukunft. Mit einer Bildwiederholungsrate von 120 sind 60 Hz kein Problem und 3D-Liebhaber kommen mit einer geeigneten Brille ebenfalls auf ihre Kosten.

Außerdem bietet Hisense sein Prachtstück mit immersiver Krümmung an. Das konkave Display mit einem Krümmungsradius von 4 Metern soll fulminante Panoramaeffekte und eine deutlich verbesserte Tiefenschärfe erzeugen. Der größte Radius, der derzeit bei Curved-TVs angeboten wird, liegt bei 4,2 Metern. Hierzu muss man sich einen gedachten Kreis mit einem Gesamtradius von 8,4 Metern vorstellen. Auf der einen Seite steht der Bildschirm – auf der anderen sitzt der Zuschauer. Wobei dieser streng genommen im Zentrum des gedachten Kreises sitzen müsste, und zwar möglichst still.

Curved-TV

Auch mit der S85-Serie bringt Sony Fernseher auf den Markt, bei denen die Farben wie echt aussehen und auf der breiten Farbskala beispielsweise ein Azurblau erzeugt, das meilenweit entfernt ist von Türkis oder Kobaltblau. Auch das Design kann sich sehen lassen, vor allem für Fans von geschwungenen Displays. Mit Triluminos-Display, 4K-Bildprozessor X1 und entsprechender 4K/UHD-Auflösung hat der Curved-TV von Sony alles drin, was seine geraden Kollegen auch haben.



Abbildung 381: BRAVIA S85C von Sony

Die Schnittstellen entsprechend bei dem BRAVIA S85C im Übrigen dem neuesten Standard. Die HDMI-Anschlüsse unterstützen 4k bei 60Hz und HDCP 2.2. Über MHL ist SmartDevices realisierbar, Screen Mirroring (MiraCast²⁸) und WiFi-Direct sind ebenfalls möglich. Ansonsten müssen jede Menge Updates gezogen werden, bevor das Gerät tatsächlich umfassend funktionstüchtig ist. Aber das kennt man vom PC oder mobilen Endgeräten – warum sollte es bei einem Smart-TV also anders sein.

Mit seinem dezent geschwungenen Modell vereint SONY zugleich Design und Mainstream. Es kann jedenfalls kaum ein Zufall sein, dass der japanische Hersteller die Wölbung des Displays so minimalistisch wie möglich gehalten hat. Curved-TVs stehen schließlich nicht erst seit gestern im Fokus des Technikhypes. Viele Hersteller versprechen immersives Fernsehen und mehr Tiefe in der Bildwahrnehmung. Die Tests sehen weitläufig anders aus, aber dazu später mehr.

Die Biegung bei Sonys Curved-TV aus der 85er Serie verfügt über einen sehr viel dezenteren Radius (Biegung < 4 Meter) als die geschwungenen Konkurrenten von Samsung oder LG. Vielleicht liegt es daran, dass der Bildeindruck hier weniger übertrieben oder gar verzerrt empfunden wird als bei anderen konkaven Displays. Natürlich ist auch bei diesem Gerät eine gewisse Eingewöhnungszeit notwendig, aber von unnatürlich oder eben verzerrt kann hier tatsächlich nicht mehr die Rede sein. Wer sich also einen gebogenen Neuen kaufen möchte, der sollte darauf achten, dass ebenjene Biegung nicht zu stark ausgeprägt ist.



Abbildung 382: Samsung Curved-/UHD-TV (Screenshot: www.samsung.com)

²⁸ Miracast ist ein Peer-to-Peer-Funk-Screencast-Standard, der von der Wi-Fi Alliance definiert wurde (ähnlich wie Chromecast oder AirPlay).

Was ist nun mit den Curved-TVs? Macht die aufwändige Biegung im Display überhaupt Sinn? Seit Jahren laufen hierzu diverse Tests, viele davon sind in Fachzeitschriften und zahlreichen Internetportalen nachlesbar. Natürlich stehen neue Technologien und Designs immer erst einmal auf dem extremen Prüfstand, allerdings könnte am großen Unkenrufen in diesem Fall sogar etwas dran sein. Oder etwa doch nicht? Letztlich entscheidet jeder Verbraucher selbst. Hier soll lediglich zusammenfassend geschildert werden, ob die konkaven Fernseher nun ein besseres Filmerlebnis beschieren oder eben nicht.

Bereits zum Weihnachtsgeschäft 2014 wurden die geschwungenen Modelle nicht nur von Samsung überall in den höchsten Tönen angepriesen. Mittlerweile gibt es entsprechend geschwungene Soundbars (z.B. HW-H7500/ H7501 von Samsung) – Audiosysteme, die sich sowohl optisch als auch akustisch der gewölbten Form der Curved-TVs anpassen sollen. Eine runde Sache?

Hersteller sprechen von einer „ikonischen Designsprache“ und versprechen imposante technologische Vorteile. Während der IFA 2014 wurde von Samsung hierzu ein Test durchgeführt, der zu dem Ergebnis kam, dass die Mehrheit der 120 befragten Messebesucher (79 Prozent) sich eindeutig für den Curved-TV entscheiden würden anstatt für in Auflösung und Bildschärfe vergleichbare Flat-Modelle. Auch die Profis durften im Sommer 2014 das Samsung-Modell UE55HU8590 testen und bescheinigten dem Gerät durchschnittlich sehr gute Qualitätsurteile (Stiftung-Warentest: Note 1,6, Fachzeitschrift Heimkino 1,1). Das Samsung-Modell UE65H8090 erhielt in 2014 von der Heimkino-Redaktion ebenfalls eine überragende Bewertung und die Testnote 1,1).



Abbildung 383: TV-Trend im Weihnachtsgeschäft 2014: Curved-TV (www.samsung.com)

Worin bestehen nun diese Vorteile? Der erste, der im wahrsten Sinne des Wortes ins Auge sticht, ist natürlich die Wölbung selbst. Sie soll unser Sichtfeld erweitern und darüber hinaus die räumliche Wahrnehmung erhöhen. Die Krümmung des Displays entspricht besser der menschlichen Wahrnehmung, da die Bildfläche stets gleich weit von unserem Auge entfernt ist. So weit, so gut. Unser Blickwinkel bleibt gleich, wodurch wir Kontraste besonders in den Randbereichen besser wahrnehmen können. Dadurch verbessert sich die Tiefenwahrnehmung und ein räumlicher Eindruck entsteht.

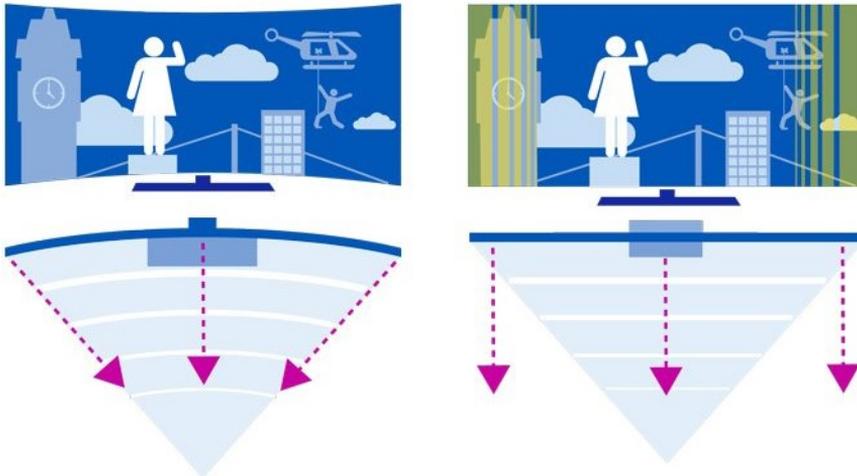


Abbildung 384: Bildeindruck im Vergleich - Curved-/Flat-TV
(Amazon/www.curved-uhd-tv-test.de)

Wer im Kapitel über das binokulare Sehen unter dem Stichwort „Horopter“ noch einmal nachschlagen möchte, der kann dies jetzt gern tun. Ansonsten soll hier noch einmal kurz erläutert werden, was es mit unserem Gesichtsfeld auf sich hat: Mediziner verstehen hierunter alle zentralen und peripheren Punkte, die vom Menschen visuell wahrgenommen werden können – ohne diese direkt zu fixieren. Bei geradeaus gerichtetem Blick und ruhiger Kopfhaltung beträgt die horizontale Gesamtausdehnung des Gesichtsfeldes (Blickwinkels) ungefähr 180 Grad, vertikal geht man von zirka 60 Grad nach oben und 70 Grad nach unten aus.

Aufgrund der Beschaffenheit und der Sensibilität unserer Netzhautareale reduziert sich das scharfe Sehen zum äußeren Rand dieser Winkel, vor allem in horizontaler Richtung. Eine umfassende Wahrnehmung bewegter Objekte ist also außerhalb von 180 Grad nicht mehr möglich und verringert sich mit sinkendem Betrachtungsabstand. Insofern ist ein geschwungener Bildschirm nur bedingt von Nutzen. Allenthalben dann, wenn man direkt davor sitzt und seine Augen nicht bewegen möchte. Deshalb sind die Eindrücke der Probanden,

die höchstwahrscheinlich unmittelbar vor einem solchen Curved-TV gestanden oder gesessen haben, durchaus nachvollziehbar.

Wie sieht nun die Praxis aus? Fernsehgeräte mit Bildschirmdiagonalen jenseits der 42 Zoll (102 bis 107 Zentimeter) sind heute keine Seltenheit mehr. Ganz im Gegenteil! Die aktuellen TVs reichen knapp an die Zwei-Meter-Marke heran. Und jedes Kind weiß, dass man sich nicht direkt vor den Fernseher setzen soll. Diese Erkenntnis stammt zwar noch aus Zeiten der Röhren-TVs, aber mit Ultra HD & Co. macht es ebenfalls überhaupt keinen Sinn, direkt vor der Glotze zu hocken, auch wenn die Pixel hier nicht mehr direkt ins Auge stechen. Die Faustformel für den Betrachtungsabstand lautet: Bildhöhe mal Drei. Das entspricht bei einem 42-Zoller rund zwei Meter, bei größeren Geräten proportional mehr. Insofern sitzt man durchschnittlich – je nach Zimmergröße – zwei bis vier Meter von seinem TV-Gerät entfernt. Der Blickwinkel wird bei diesem Abstand voll ausgeschöpft. Gekrümmte Displays machen insofern nur Sinn, wenn man direkt davor sitzt oder sitzen muss.



Abbildung 385: 27-Zoll-Monitor S27D590C von Samsung (www.amazon.de)

Tatsächlichen Nutzen bringt die Biegung bei Computer-Monitoren, zumal diese auch immer größer werden. Aufgrund der Nähe zum Bildschirm kann das Gesichtsfeld nicht komplett ausgereizt werden, vor allem weil man sich hier regelmäßig auf einen fixen Punkt konzentriert (zum Beispiel beim Schreiben). Für Gamer aber auch für Profis aus der Kreativwirtschaft, die sich mit Bildbearbeitung oder ähnlichem am Computer befassen (z. B. Webdesigner oder Architekten), könnten Curved-Monitore durchaus hilfreich sein. Für den Heimgebrauch ist die geschwungene Oberfläche eines Fernsehgerätes allerdings weniger effektiv, auch wenn sie natürlich schön anzusehen sind.

Und ein ganz klarer Nachteil kommt bei allen gebogenen Displays hinzu: nervige Reflektionen in doppelter Ausführung. Ob die Fachleute der Promotion-Abteilung von Samsung darauf geachtet haben, als das Werbefoto für das Modell UE65H8090 (Abbildung 346) auf die Website gestellt wurde, lässt sich nicht so einfach nachvollziehen. Was aber gelinde gesagt ins Auge sticht, ist die Spiegelung auf der rechten Seite des hier angepriesenen Curved-TV. Wer nun generell in einem winzig kleinen und komplett abgedunkelten Zimmer seine Lieblingsserien oder Filme schaut, dem ist mit einem Curved-TV garantiert geholfen. Wer sich dagegen gern eine Kerze anzündet oder auf die von Augenärzten und TV-Fachleuten empfohlene dezente Zimmerbeleuchtung zurückgreift, der könnte mit einem geschwungenen Display gleich doppelt genervt sein. Denn durch die Biegung potenzieren sich unschöne Reflektionen.

Ambilight

Hier könnte allerdings eine ganz andere Technologie Abhilfe schaffen: das Ambilight von Philips. Der Pragmatiker könnte nun sagen, eine LED-Leiste aus dem Baumarkt reicht auch aus. Könnte! Richtig. Der Unterschied wäre allerdings ungefähr so groß wie zwischen einer VHS-Kassette und eine 4K-Blu-ray-Disk. Es geht bei Ambilight um weit mehr als nur um die Illusion, dass der Fernseher in der bunten Luft schweben würde.

Die bisher einzigartige Technologie aus dem Hause Philips erzeugt ein Licht, das sich in Echtzeit dem jeweiligen Bildschirminhalt anpasst. Je nachdem, wo das TV-Gerät steht oder hängt, erstrahlt die Wand im Hintergrund, und das TV-Bild wird scheinbar vergrößert. Das ist nicht nur ein komplett anderes Heimkino-Erlebnis, sondern auch noch gut für die Augen. Denn allzu oft sitzen wir beim Fernsehen im Dunkeln, was gerade bei 3D oder rasanten Bildbewegungen sehr schnell auf die „Linse“ gehen kann. Und dabei ist unsere eigene gemeint, die es im Allgemeinen nicht zu kaufen gibt. Wer also unter Augenbeschwerden leidet oder selbige im Zusammenhang mit Vielfernsehen

vermeiden möchte, der könnte mit einem Ambilight-Modell von Philips durchaus gut beraten sein.



Abbildung 386: Ambilight-TV von Philips

Vor diesem Hintergrund spielt die optische Bildvergrößerung kaum mehr eine Rolle und beschränkt sich lediglich auf eine angenehme Begleiterscheinung. Zumal Philips bei den angebotenen Diagonalen von 164 Zentimetern (65PUS8601: 65 Zoll) sowie 139 Zentimetern (55PUS8601: 55 Zoll) eigentlich fast darauf verzichten könnte.

Interessant für oben genannten Pragmatiker könnte sein, dass bei der ersten Ambilight-Modellreihe im Jahre 2004 tatsächlich verschiedenfarbige Beleuchtungssysteme an der Rückseite der Geräte angebracht waren. Mit einer separaten Fernbedienung mussten Nutzer seinerzeit noch manuell den Hintergrund in der gewünschten Farbe einstellen. Das entspricht in etwa besagter LED-Leiste aus dem Baumarkt. Doch Philips ist mittlerweile auf einem ganz anderen Niveau angekommen. Die neue Generation der Ambilight-Technologie sorgt mit Zweikanal-Funktion dafür, dass sich das Licht auf der Rückseite des Displays direkt an das Bild anpasst, das vorn gezeigt wird. Dabei kann links eine andere Farbe dargestellt werden als auf der rechten Seite. Bei Fußball-Übertragungen wird so ein Teil des Wohnzimmers zum grünen Rasen im Stadion.

Im Übrigen gibt es für Tüftler eine gute Nachricht: Mit Atmolight, dem Open-Source-Lichtprogramm „PC Dimmer“ und LED-Scheinwerfern lassen sich beispielsweise Computermonitore relativ leicht mit Ambilight nachrüsten. Alles nur Schnickschnack? Kann sein, aber die Ambilight-Modelle von Philips können natürlich noch viel mehr, als nur schön bunt auszusehen.



Abbildung 387: Modell 65PUS8601 von Philips mit Ambilight

Die auf der IFA 2015 vorgestellten Philips-Geräte verfügen neben dem 4-seitigen Ambilight auch über das leistungsstarke Betriebssystem Android-TV. Und ganz klar beeindruckend sind die TVs der 8601er Serie durch knallscharfe 4K/UHD-Bilder und einen ausgezeichneten Klang. Dem Designteam von Philips ist nämlich nicht nur eine wunderschön schlanke und leuchtende Silhouette in bester europäischer Verarbeitungsqualität gelungen, sondern zudem die Möglichkeit, auf dezente Weise gleich 18 Lautsprecher mit 16 Mikrotreibern und zwei Neodymium-Subwoofern zu integrieren. Und diese machen nicht einfach nur Krach. Die Lautsprecher sind hauchdünne 17 Millimeter dick und befinden sich in eleganten Soundstäben aus poliertem Chrom, die beidseitig am TV angebracht und sogar abnehmbar sind. Warum? Weil die passende Ständer (PTA860) gleich mitgeliefert werden und somit eine Platzierung der Soundstäbe im richtigen Abstand zum TV möglich ist, was den Stereoeffekt natürlich erhöht.

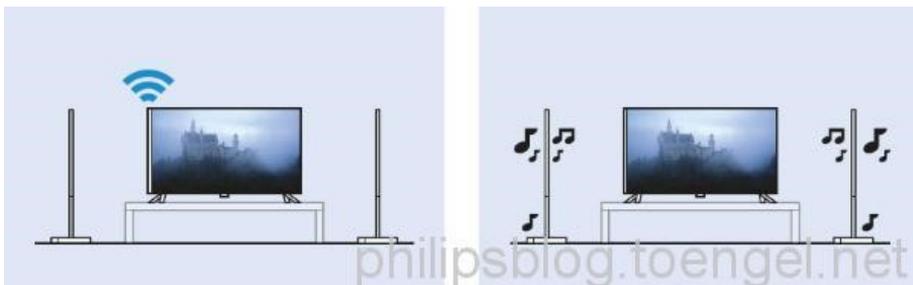


Abbildung 388: Schema der Soundbar mit Standfüßen für TVs der 8601er Serie von Philips

Und dabei funktionieren die abnehmbaren Lautsprecher ganz ohne Kabel. Funktionalität und Schönheit vereinen sich also auch hier. Und mehr noch: DTS Premium High-End Soundprocessings sorgen für qualitativ hochwertigen Soundgenuss ohne Übersteuern und Verzerrungen oder anderen Störungen – selbst bei hohen Pegeln.

Aber natürlich bietet Philips mit modernsten Bildverarbeitungstechnologien besonders scharfe und detailreiche Bilder mit Echtheitsgefühl. Grund dafür ist unter anderem das BrightPro-System, mit dem weiße Bildbereiche besonders hell wiedergegeben werden können, während dunkle Bereiche tiefschwarz bleiben. Mit der Ultra-Resolution-Technologie wird jede Videoquelle optimal auf UHD-Auflösung hochskaliert, wobei Quellen mit schlechter Qualität eine zusätzliche Rauschreduktion erfahren. Kurzum: das elegante und zudem ultrahochoflösende Model von Philips überzeugt sowohl durch seine hochwertige Qualität in Ton und Bild als auch durch seine superdünne Form.

Extra dünn

Wer kann beim Anblick dieser schmalen TV-Modelle auch nur eine Träne den alten Röhrenfernsehern nachweinen? Gut, die TV-Zeitschrift, das Häkeldeckchen und die Fernbedienung passen nun definitiv nicht mehr oben drauf. Aber mal ehrlich: Das selbstgemachte Weihnachtsgeschenk von Erbtante Heidi findet auch woanders seinen Platz, die Fernbedienung auf dem Fernseher macht ungefähr so viel Sinn wie die Butter auf dem Toaster und die TV-Zeitschrift kann schon allein der Umwelt zuliebe zukünftig digital gelesen werden. Schließlich ist im multimedialen Schmuckstück von Sony alles drin, was nötig ist ... und noch einiges mehr.



Abbildung 389: S85- und X90 UHD-TV-Serie von Sony

Die Japaner können nicht nur ultra high und high range, sondern auch ultra slim. Das einzige, was hier noch Mittelmaß hat, ist der Preis. Sony bringt 2015 besonders schlanke Geräte der S85- und X90-UHD-TV-Serie auf den deutschen Markt, die bereits für durchschnittlich 3000 Euro zu haben sind. Natürlich sind herkömmliche Smart-TVs weitaus preiswerter, aber Qualität hat nun einmal ihren Preis. Und davon gibt es beispielsweise in der X90C-Serie jede Menge.

Sony selbst bewirbt die BRAVIA-X90C-Modelle als ultradünne Design-Ikonen und übertreibt damit keineswegs.

Denn es sind die dünnsten 4K-TV's, die Sony bisher zu bieten hat. Dabei ist die Premium 2.1 Multiroom-Soundbar HT-NT3 fast genauso schmal wie der X90C-Fernseher. Und mit „schmal“ sind gerade einmal 4,0 Millimeter gemeint. Dreh- und Angelpunkt im BRAVIA X90C ist hingegen der X1-Prozessor, der exklusiv für die Sony-4K-Displays entwickelt wurde. Der kleine Mikrochip analysiert das empfangene Videomaterial, gleicht es mit einer speziellen Bilddatenbank ab und optimiert quasi jeden einzelnen Pixel auf 4K-Qualität.

Die 4K-Bildverarbeitungstechnologie von Sony nutzt dabei verschiedene Verfahren, da naturgemäß HDTV-Signale anders aufgearbeitet werden müssen als beispielsweise Filmklassiker oder aber 4K-Videos aus dem aktuellen VoD-Angebot. Darüber hinaus verspricht Sony nach eigenen Angaben ein Schwarz, das wirklich schwarz ist, und ein Weiß, das so rein strahlt wie in der Realität. Allerdings hört der Spaß bei echter HDR-Qualität auf. Die ist erst mit dem Sony-Topmodell KD-75X9405C aus der X94C-Serie zu haben – mit deutlich dickerem Design und Preis.

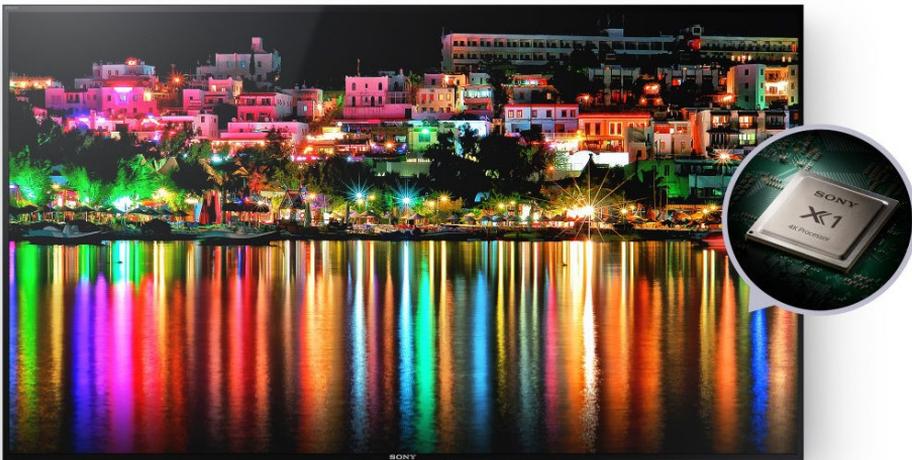


Abbildung 390: Upscaling mit Sonys 4K-Processor X1 (www.co.uk)

Alle BRAVIA-Geräte sind im Übrigen mit Android-TV ausgestattet - also mit dem meist verbreiteten Betriebssystem der Welt. In der 2015er Version gibt es mittlerweile alles, was auf dem Smartphone oder Tablet auch geht – außer vielleicht das Telefonieren selbst. Und die intuitive Benutzeroberfläche, die sich merkt, was zuletzt geklickt wurde und zudem auch Vorschläge macht, gibt es sozusagen gratis dazu. Außerdem können Nutzer sich auf eine Spracherkennung freuen, die zeitraubendes Klicken und Navigieren erspart.

Und natürlich macht der Google PlayStore eine Erweiterung der Apps möglich. Wie bei allen Smart-TVs und mobilen Endgeräten sind Software-Updates wichtig, um immer auf dem neuesten Stand zu bleiben. Auf der deutschen Internetseite von Sony stehen hierzu weitere Informationen unter dem Stichwort „Support“ zur Verfügung.

Ebenfalls ultra-dünn, ultra-smart und ultra-groß ist der Sony X91C. Bei einer Bildschirmdiagonale von fast zwei Metern (189,3 Zentimetern/75 Zoll) ist dieser XXL-UHD-TV gerade einmal so dick beziehungsweise so dünn wie ein Daumen, genauer gesagt 1,5 Zentimeter. Neben dem eleganten Design wartet Sony auch hier mit erstklassigen Bildverarbeitungstechnologien und Android-TV auf. Der leistungsstarke 4K-Prozessor X1 garantiert gemeinsam mit dem Triluminos-Display Bildschärfe und Detailgenauigkeit auf Topniveau, das allerdings seinen Preis hat. Den Sony X91C gibt es im Herbst 2015 für 5.999,00 Euro und ist damit nicht zwingend in der Schnäppchenabteilung zu finden. Aber erfahrungsgemäß dauert es nicht lange, bis die Preise purzeln. Wer clever ist, kauft erst nach Weihnachten oder der nächsten Messe.



Abbildung 391: Sony X91C UHD-TV mit hochwertiger Upscaling-Technologie

Auch wenn bekanntermaßen die inneren Werte zählen, überzeugt der X91C auch von außen. So kann er beispielsweise dank der neuen Edge-Coating-Technologie fast vollständig auf einen Rahmen und unnötige Fugen verzichten. Nahezu randlos kann somit nichts mehr vom ultrascharfen Bild ablenken. Abgesehen davon passt der UHD-Gigant damit perfekt an jede Wand, sofern die Fläche vorhanden ist. Sony liefert die Wandhalterung sogar mit. Mehr geht nun wirklich nicht mehr. Oder doch?

Wenn ein Fernseher einen Wow-Effekt auslöst, dann ist es der KD-65X9005C, der nicht umsonst als Europas bester Design-Fernseher gehandelt wird. Der 65-Zoller misst an seiner schmalsten Stelle nur dünne 4,9 Millimeter und überzeugt so durch sein superflaches Design. Auch hier wird das nötige Material zur Wandmontage gleich mitgeliefert. Dank des vertikalen Airflow-Systems von Sony schmiegt sich das Schmuckstück perfekt an fast jede Wand. Doch von einem schönen Teller wird man bekanntermaßen nicht satt. Was steckt also drin?

Neben den üblichen Features eines qualitativ hochwertigen Smart-TVs aus dem Hause Sony ist der schöne 65X9005C-Bildschirm mit der Triluminos-Displaytechnologie ausgestattet und garantiert somit perfekte 4K/UHD-Bildqualität. Darüber hinaus bietet der 905C eine 800Hz-Bildwiederholffrequenz (interpoliert), einen dynamischen Kontrast mit Werten von 1.000.000:1, alle üblichen TV-Tuner (DVB-T/-T2/-C/-S/-S2) und 3D, Dolby Digital Plus und Energieeffizienzklasse A.



Abbildung 392: Sony KD-65X9005C - Europas bester Design-Fernseher

Streng genommen ähnelt das TV-Shopping heute immer mehr der Kaffee-Bestellung bei Starbucks & Co. Nur dass man sich hier nicht für Cappuchino, Flat White, Chocolate Mocha, Caffé Latte, Caramel Macchiato, Espresso Con Panna, Caffé Americano, Kakao Cappuchino oder Flavored Latte entscheiden muss. Früher war eine Tasse Kaffee entweder schwarz, weiß oder bunt. Niemand fragte, ob das Heißgetränk mit oder ohne Koffein, fettarmer oder

laktosefreier Milch, einer weißen Zutat aus Hafer oder doch lieber Soja serviert werden soll. Geschweige denn, dass zig verschiedene Größen zur Auswahl standen und darüber hinaus noch diverse Zusatzangebote in Form von Frappuchinos, Shakes, Teesorten und Gebäck die Kundschaft komplett überforderten. Wer also beim Coffee to go oder auch im Fastfood-Restaurant bisweilen die Nerven verliert, der kann sich in punkto TV-Vielfalt eigentlich schon fast wieder zurücklehnen.

HD, Full HD, UHD, SUHD, QD, OLED, ULED, geschwungen oder flach, extra dünn, mit oder ohne Hintergrundbeleuchtung ... ist doch alles halb so wild. Für alle, denen jetzt der Kopf schwirrt, sei gesagt: halten Sie es am besten wie bei Ihren Schuhen. Was einmal passt, kann auch neu gekauft werden. Bleiben Sie einfach bei der Marke, mit der Sie bereits gute Erfahrung gemacht haben und mit der Sie sich auskennen. Für all jene, die experimentierfreudig sind und Spaß am Ausprobieren haben, steht eine noch nie dagewesene Palette zur Verfügung. Wenn also nicht allein der Preis oder die Gewohnheit entscheidet, dann lassen Sie sich doch einfach Zeit und genießen Sie eine versierte Beratung bei einem professionellen Händler Ihrer Wahl. Denn eines ist sicher: Bei so vielen Modellen findet garantiert jeder das passende für seine Ansprüche und finanziellen Möglichkeiten.

Und wer jetzt noch nicht genug hat, auf den warten in den nächsten Kapiteln noch einige Liebhaberstücke, technische Neuheiten und wissenswerte Informationen in Bezug auf das Video-Equipment.

Video-Equipment

Denn nicht nur die TV-Geräte entwickeln sich mit rasanter Geschwindigkeit. Auch das Zubehör kann sich gegen den technischen Fortschritt nicht wehren. Wie auch? Schließlich sind bestimmte Hardwarekomponenten unverzichtbar für ein umfassendes Heimkino-Erlebnis. An vorderster Front stehen hier natürlich die 4K-Blu-ray-Player. Solange die Programmanstalten ihr TV-Signal wenn überhaupt in HD übertragen, ist mit dem exklusivsten UHD-HDR-Fernseher noch kein 4K-Genuss möglich. In diesem Zusammenhang ist natürlich auch auf die richtigen HDMI-Schnittstellen zu achten. Die Standards bauen hier aufeinander auf und sind nur in einer Richtung kompatibel, nämlich ausschließlich in die vermeintlich falsche.

UHD-Standards bei Schnittstellen

Beginnen wir also mit den Schnittstellen. Auch wenn mit WLAN oder Bluetooth viele Geräte heutzutage ohne die unschönen und vor allem störenden Kabel auskommen, ist doch wahre Perfektion nach wie vor nur über das Kabel möglich. Außerdem ist bei bestimmten Geräten (z.B. Blu-ray-Player) eine leitungsfreie Alternative bisher nicht vorhanden. Hinzu kommt, dass diverse TV-Geräte Updates anbieten, mit denen der Fernseher technische Erweiterungen kostenlos erhält. Insofern ist es mehr als clever, beim TV-Shopping darauf zu achten, dass das neue Familienmitglied auch tatsächlich bereit für die Zukunft ist. Denn was nützt der Erwerb eines teuren Gerätes, wenn es in einem Jahr schon so veraltet ist, dass kommende Standards gar nicht mehr unterstützt werden und man buchstäblich in die Röhre guckt.

Nun könnte man meinen, dass es nicht so schwer sein kann, ein paar Kabel beziehungsweise Stecker zu kaufen. Abgesehen davon, dass moderne TV-Geräte doch von Hause aus über den entsprechenden Standard verfügen sollten. Aber weit gefehlt! Es lauern jede Menge Fallen – insbesondere in Bezug auf die Ausstattung der HDMI-Eingänge.

Während man früher den neuen Fernseher mit dem alten DVD-Player über das ebenfalls gebrauchte Scart-Kabel verbinden konnte, ist es heute doch etwas komplizierter. Das fängt damit an, dass HDMI nicht gleich HDMI ist. Und selbst wenn vom Hersteller oder Verkäufer der Standard 2.0 ausgewiesen wird, heißt das noch lange nicht, dass auch das drin steckt, was tatsächlich zukunftsorientiert ist. Und das ist im Kurzen und Ganzen: HDCP 2.2 bei 10/12 Bit/Deep-Color mit 50/60Hz bis hoch zur Verarbeitung von Signalen mit einer Farbunterabtastung bis YCbCr 4:4:4, MHL und der Unterstützung von H.265/HEVC-Codec. Dabei ist es relativ egal, ob auf dem Hochglanzprospekt des Herstellers nun HDMI 2.0 steht oder eben nicht. Außerdem wird in den Beschreibungen der UHD-Geräte meist keine detaillierte Auskunft darüber gegeben, was die HDMI-Anschlüsse und die jeweils unterstützten Standards anbelangt.

Auch die Verkäufer in den Multimedia-Discountern sind nicht immer so gut geschult, wie man es erwarten könnte. Deshalb ist Vertrauen ganz gut, aber Kontrolle eben besser. Maßgeblich entscheidend ist deshalb letztlich nur das, was auf der Rückseite des neuen Schmuckstücks zu finden ist oder aber in der entsprechenden Bedienungsanleitung geschrieben steht.

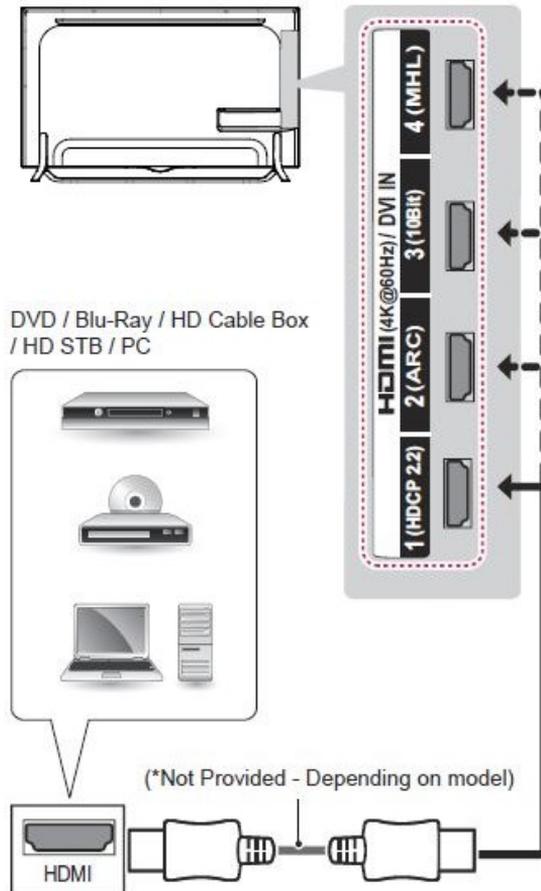


Abbildung 393: Schema für HDMI-Schnittstellen und -Standards

Bevor man nun aber im TV-Geschäft jeden einzelnen Fernseher umdreht oder stundenlang die Kartons in den Regalen sortiert, um an die entsprechenden Informationen zu kommen, könnte man sich auch einfach im Internet die jeweilige Bedienungsanleitung im Supportbereich des Herstellers herunterladen. Hier wird in den meisten Fällen beschrieben, was die einzelnen HDMI-Eingänge für Standards verarbeiten können.

Die fehlende Angabe der HDMI-Version könnte man aber auch positiv bewerten und zu dem Schluss kommen, dass letztlich das Erscheinungsjahr der Geräte darüber Auskunft gibt, welche HDMI-Version verbaut ist. Mit HDMI 2.0a ist die letzte Version im April 2015 verabschiedet worden; Geräte von Anfang 2015 müssen deshalb nicht zwangsläufig HDMI 2.0 oder 2.0a unterstützen. Wer hingegen ein Gerät besitzt, das im Jahre 2014 oder früher auf den Markt gekommen ist, kann sich die Recherche sparen. Fast alle UHD-Fernseher und

andere Multimediageräte aus dieser Zeit sind definitiv veraltet und für die neuen Standards nicht kompatibel. Es sei denn, man besitzt ein Gerät mit einer verbauten One-Connect-Schnittstelle, wie dies beispielsweise bei manchen Samsung-TVs der Fall ist. Hier kann im Hardware-Bereich tatsächlich nachgerüstet werden. In jedem Fall lohnt sich eine Anfrage beim Hersteller oder das Klicken in die FAQ-Liste der entsprechenden Internetseite.



Abbildung 394: One-Connect-Schnittstelle von Samsung

Dagegen sind die 2015er UHD-Modelle der meisten Hersteller mit den kompatiblen HDMI-Eingängen ausgestattet, die Standards wie HDCP 2.2 und H.265 unterstützen. Damit können die 2015/2016 erscheinenden UHD/4K-Blu-ray-Player problemlos angeschlossen und echte 4K-UHD-Qualität genossen werden. Weitere Hinweise finden sich übrigens auch im Kapitel „Schnittstellen (Interfaces)“ im Abschnitt über die Grundlagen des Digitalfernsehens in diesem Buch.

4K/UHD-Blu-ray-Player + HDR

Denn mit echter 4K-UHD-Qualität sind längst nicht die Modelle gemeint, die seit 2014 auf dem Markt erhältlich sind. Hierbei handelt es sich lediglich um Full-HD-Player – auch wenn sie mit 4K beworben werden, weil sie das 1080p-Full-HD-Bild von einer Blu-ray hochskalieren und gleichfalls in UHD-Auflösung ausgeben können. Und es liegt in der Natur der Sache, dass ebenjene Player zu den kommenden Filmen in echter 4K/UHD-Qualität nicht kompatibel sind. Denn wie bereits erwähnt, ist nur eine Abwärtskompatibilität möglich. Man kann sich schließlich die Haare auch nur abschneiden, aber nicht wieder ankleben. Jedenfalls im Allgemeinen. Der technische Hintergrund liegt unter anderen darin, dass das zukünftige Videomaterial in UHD auf 66 GB (Dual Layer) oder 100 GB (Triple Layer) Medien gespeichert wird. Dafür sind herkömmliche Blu-ray-Disk und entsprechende Full-HD-Player gar nicht ausgerichtet. Die Blu-ray

Disc Association (BDA) hat erst im August 2015 mit der Lizenzierung des UHD-Formates für Blu-ray begonnen. Die Spezifikation beinhaltet neben der Speicherkapazität bis 100 GB auch die Möglichkeit, mit authentifizierten Geräten Filmdateien kopieren und im heimischen Netzwerk bereitstellen zu können. Selbstredend sind Features wie HDR, HDCP 2.2 und der neue HEVC-Codec ebenfalls mit dabei.

Insofern kann nur ein HDMI-Eingang mit HDCP 2.2 für den ab 2015 erworbenen UHD/4K Blu-ray-Player genutzt werden. Erst dann können die Signale mit dem Standard (3.840 x 2.160 Pixel bei 24 Hz bis hoch zu 60 Hz und mindestens 8 Bit mit YCbCr 4:2:0 Farbrunterabtastung) problemlos verarbeitet werden. Im Übrigen auch dann, wenn dieser HDMI-Eingang tatsächlich nur 8 Bit und eine Farbrunterabtastung von YCbCr 4:2:0 zulässt. Denn die UHD/4K-Blu-ray-Player werden die UHD-Bildausgabe ebenfalls mit 8 Bit unterstützen, auch wenn die entsprechenden Filme mit 10 Bit auf den neuen größeren Blu-ray-Medien gespeichert sein sollten. Wie gesagt: abwärtskompatibel zu Full HD ist in diesem Fall immer möglich. Einen kleinen Überblick über die genannten Fakten bringt die folgende Abbildung.

| Auflösung | Bildrate (Hz) | Farbtiefe/Chroma-Abtastrate | | |
|--------------|---------------|-----------------------------|------------------------------------|--------|
| | | 8 Bit YCbCr 4:2:0 | 10 Bit YCbCr 4:2:0 ¹ | 12 Bit |
| 3840 x 2160p | 50.00 | YCbCr 4:2:2 ¹ | | |
| 4096 x 2160p | 59.94 | YCbCr | -- | -- |
| | 60.00 | 4:4:4 ¹ | -- | -- |
| | | RGB 4:4:4 ¹ | -- | -- |

¹wird nur bei einem HDMI3-Anschluss unterstützt

Abbildung 395: unterstütztes Format 4K bei 50/60 Hz bei HDMI 2.0 mit HDCP 2.2 und H.265/HEVC(LG Electronics Bedienungsanleitung)

Doch auch hier kann man sagen, dass das Essen nie so heiß gegessen wird, wie es gekocht wurde. Oder anders: Wenn der HDMI-Eingang nur 8 Bit anstatt 10 Bit unterstützt, ist der Unterschied in der Bildqualität quasi mit der Lupe zu suchen. Wer sich mit Full HD zufrieden gibt, braucht sich überhaupt keine Sorgen zu machen, denn das schafft sogar HDMI 1.0.

Was ist nun aber mit den 4K/UHD-Blu-ray-Playern der nächsten Generation? Was zu Beginn des Jahres 2015 noch vollmundig von den Herstellern versprochen wurde, kam schleppend auf den europäischen Markt. Wenn man sich die Preise anschaut, könnte man sich vom Weihnachtsmann auch etwas anderes wünschen. Die neuen Player könnten somit nur etwas für absolute

Heimkinoenthusiasten sein, die auf das Streaming-Angebot nicht zurückgreifen wollen.



Abbildung 396: neues Logo für Blu-ray in Ultra HD

Blu-ray in 4K/UHD-Qualität ist nicht billig zu haben. Player kosten um die 500 Euro, die entsprechenden Discs sage und schreibe zwischen 40 und 50 Euro. Massenmarkt sieht irgendwie anders aus. Und wer glaubt, dass Blu-ray-Discs mit dem Aufdruck "Mastered in 4K" über eine native UHD-Auflösung verfügen, der irrt gewaltig. Auch wenn die Discs mit 4K-Auflösung im Studio erstellt wurden, enthalten die 2014er Modelle tatsächlich nur Full HD. Was „richtiges“ Blu-ray anbelangt, halten sich die Filmproduzenten im Herbst 2015 dezent im Hintergrund. Twentieth Century Fox Home Entertainment möchte aktuelle Movies erst auf UHD-Blu-ray herausbringen, wenn auch die entsprechenden Player verfügbar sind.

Ein Schelm ist, wer hier Böses denkt. Aber mal ehrlich: Ist das nun Taktik oder aber verlassen die Ratten so langsam das sinkende Schiff? Auf der IFA 2015 stellten Hersteller wie Panasonic oder Samsung erste lauffähige Geräte (z.B. UBD-K8500) vor. Von Herzblut oder gar Enthusiasmus war allerdings keine Spur. Grund dafür ist nicht zuletzt der stark eingebrochene Markt und die stetig rückläufigen Verkaufszahlen in punkto Blu-ray. Im September 2015 wurde während der IFA bereits hinter vorgehaltener Hand laut geflüstert, dass selbst die Hersteller kaum noch an den Erfolg eines UHD-fähigen Mediums in Form von Blu-ray glauben. Insofern sind die recht lieblosen Offerten in diesem Produktbereich mehr als nachvollziehbar.

Und die Konkurrenz schläft nicht. Welchem Nutzer ist es zu verübeln, wenn er angesichts der preiswerten Vielfalt an VoD-Angeboten die Blockbuster lieber gemütlich streamt als umständlich und teuer als Hard-Disk zu kaufen? Abgesehen davon reicht bei dem Überangebot an Filmen auch irgendwann der Platz im Regal nicht mehr aus. Und die Umwelt freut sich ebenfalls über den Trend zur Online-Videothek.

Allerdings bleibt hier das Problem, dass nicht jeder über eine „fette“ Internetleitung verfügt und das Datenvolumen mit einigen Videos schnell aufgebraucht sein könnte. Abhilfe könnten natürlich auch die ersten UHD-Sender schaffen, die über Satellit zum Teil frei empfangen werden können. Allerdings lässt sich über die intellektuelle Qualität der Inhalte von "Fashion 4K", "UHD1" und "Pearl.TV 4K" auch prima streiten. Insofern sollen im Folgenden zumindest einige Geräte vorgestellt werden, die mit dem neuen Logo „UHD“ versehen sind.

Als erstes Gerät sei hier das Modell UBD-K8500 der Firma Samsung erwähnt, das sehr minimalistisch designt ist. Ein Display sucht man hier vergeblich, aber vielleicht gehört der Anspruch, zumindest die aktuelle Spielzeit auf einen Blick ablesen zu wollen, auch ins Antiquariat. Die Silhouette ist genauso gebogen wie viele Curved-TVs der Marke. Über den Sinn kann gerne philosophiert werden. Ansonsten entspricht der 4K/UHD-Blu-ray-Player den nötigen Standards, unterstützt also erweiterte Farbräume, HDR und Bildraten bis zu 60p. Die üblichen und oben genannten Voraussetzungen in Bezug auf die HDMI-Anschlüsse treffen hier natürlich genauso zu, ebenso wie die Abwärtskompatibilität – also das problemlose Abspielen von herkömmlichen Blu-ray-Disks und sogar DVDs.

Bei den Audio-Formaten hat sich im Übrigen generell etwas geändert. Der neue Blu-ray-Standard umfasst zusätzlich auch DTS:X und Dolby Atmos. Darüber hinaus kommt der Ton nicht mehr ausschließlich über den TV beziehungsweise angeschlossenen AV-Receiver, sondern kann mithilfe der sogenannten "Digital Bridge" auch über den Player via Bluetooth an diverse mobile Endgeräte drahtlos übertragen werden. Das Schlagwort 3D kommt bei Samsung überhaupt nicht mehr vor und wurde wohl auch nicht spezifiziert. Auch das ist ein Indiz, dass die dreidimensionale Variante mit UHD ausläuft.

Neben Samsung stellte auch Panasonic seinen neuen Blu-ray-Player auf der IFA 2015 vor. Der neue DMP-BDT570 gehört natürlich zur Kategorie der High-End-Player und bildet eine Art Fusion zwischen dem mehrfach ausgezeichneten DMP-BDT500 und dem Modell BDT700. Für 3D-Fans sind hier allerdings die entsprechenden Features noch enthalten – inklusive 2D/3D-Konvertierung.

Dank seines Dual-Core-Prozessors ist das Hochskalieren auf 4K-Qualität für den Neuen aus dem Hause Panasonic kein Problem. Zum Originalbild in Full HD werden durch die modernste Technologie Millionen zusätzlicher Pixel künstlich erzeugt, was für mehr Schärfe und Detaildichte sorgt. Das sogenannte „4K Direct Chroma Up Conversion“ ist verantwortlich für präzise Farb- und Helligkeitswerte und damit für hochwertigen 4K/UHD-Filmgenuss. Ob über Speicherkarte oder den USB-2.0-Highspeedport im Frontpanel können auch

ultrahochauflösende Fotos im JPEG-Format beziehungsweise Videodateien von externen Speichern wiedergegeben werden.



Abbildung 397: High-End Blu-ray-Player DMP-BDT570 von Panasonic

Und auch die Audioqualität ist bemerkenswert, die durch High-Performance-Audio-Komponenten realisiert wird. Hierzu gehören der 192kHz/32bit DAC (x4), ein analoger 7.1-Analogausgang aber auch ein zweiter HDMI-Ausgang, der ausschließlich für Audiosignalübertragungen genutzt werden kann.

Natürlich ist der DMP-BDT570 von Panasonic internetfähig und verfügt über DLNA-Funktionalität, um hochauflösende Soundformate (z.B. FLAC-, WAV, ALAC- oder DSD-Dateien) direkt im Heimnetzwerk abzuspielen. Darüber hinaus kann via Miracast der Displayinhalt von mobilen Endgeräten auf den Fernsehbildschirm gebracht werden. Es ist also alles drin, was modere Unterhaltungselektronik ausmacht. Im Gegensatz zu Samsung ist der Panasonic DMP-BDT570 mit Aluminium Frontpanel Ende 2015 für nur 399 Euro auf dem Markt erhältlich und damit fast ein Schnäppchen.

Blu-ray vs. Streaming (4K/HDR)

Im Frühjahr 2016 brachten unter anderem Panasonic und Samsung Neuauflagen Ihrer 4K-Blu-ray-Player auf den Markt. Über die Preise gibt es nicht mehr viel zu sagen: Sie sind hoch und halten in Verbindung mit dem spärlichen und vor allem teuren Angebot an Blu-ray-Discs (durchschnittlich 30 Euro) kaum einem Vergleich mit dem immer beliebter werdenden Streaming kaum stand. Panasonic verlangt für sein aktuelles Modell DMP-UB900 stolze 799 Euro, Samsung für seinen 4K-BD-Player UBD-K8500 immerhin „nur“ 499 Euro.

Hinzu kommen einige Tücken im Rahmen der Wiedergabe von 4K-Blu-ray-Discs. TV-Modelle aus 2015 stoßen hier trotz HDR-Unterstützung oftmals an

ihre Grenzen. Der Grund: Helligkeitswerte und Farbumfang passen nicht zwangsläufig zu den Anforderungen der neuen 4K-Blu-ray-Discs. Verblasste oder aber überzogene Darstellungen sind die Konsequenz, da die automatische Farbuweisung noch nicht realisiert werden kann. Näheres hierzu findet sich im Kapitel „BT.2020: Der lange Weg zum erweiterten Farbraum“ in diesem Buch.

Hinzu kommt die Tatsache, dass Filme nicht selten in 2K gemastert werden und dann auf 4K hochskaliert werden. Die Auflösung lässt also bisweilen zu wünschen übrig. Einzig und allein der HDR-Effekt kann sich sehen lassen, auch wenn dieser in den wenigsten Geräten bisher sauber umgesetzt werden kann (Stand: 2016). Insofern kann man sich einen neuen Blu-ray-Player und die entsprechenden Discs kaufen, muss es aber nicht. Das VoD-Angebot ist um ein Vielfaches umfangreicher und Streaming-Boxen gibt es weitaus preiswerter zu haben als BD-Player in Ultra HD/4K plus HDR. Der Haken hier ist – wie bereits mehrfach beschrieben – die nicht überall verfügbare Bandbreite und der damit verbundene Mangel an Datenvolumen, welches für einen 4K/HDR-Stream nun einmal erforderlich ist.

Tuner/Receiver & Co.

Im Bereich der Anschüsse sollte vor dem Kauf ebenfalls geprüft werden, inwieweit die eingebauten Empfangstuner UHD-praktikabel sind. Für die eingehenden SAT- oder Kabelsignale der Zukunft müssen die TV-Geräte 50Hz/60Hz unterstützen und mit dem H.265/HEVC-Codec ausgestattet sein, natürlich bei einer Auflösung von 3.840 x 2.160 Bildpunkten. Wünschenswert ist darüber hinaus die Unterstützung des HD-fähigen DVB-T2 Standards. Auch wenn sich das TV-Programmangebot in UHD-Qualität bisher (Stand: 2016) auf den Demokanal "Astra Ultra HD" und einige wenige andere beschränkt, wird es nicht mehr allzu lange dauern, bis auch die klassischen TV-Sender ihre Signale zumindest teilweise in UHV ausstrahlen. Wer sich also einen neuen Fernseher zulegt, sollte auf die zukunftsfähigen Standards achten. Die meisten Hersteller sind mit ihren aktuellen Modellen für die nahe Zukunft bestens gerüstet, sogenannte Triple-Tuner für alle Empfangswege (Antenne, Satellit und Kabel) stellen also keine Seltenheit mehr dar.

Integrierte Tuner

Wer Platz und Geld sparen möchte, entscheidet sich am besten für einen integrierten Tuner, bestenfalls für die Dreifachvariante (Triple). In modernen Fernsehgeräten ist sowohl der Anschluss für DVB-T als auch für DVB-S und DVB-C enthalten. Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass der Neue auch tatsächlich die aktuellen Standards DVB-S2 und DVB-T2 unterstützt und darüber hinaus über entsprechende Einschübe (Slots) für HD-Karten sowie Pay-TV verfügt – falls man diese denn nutzen möchte.



Abbildung 398: Beispiel für Triple-Tuner inklusive DVB-T2

Klarer Vorteil ist bei integrierten TV-Tunern neben den Finanzen auch die Platzersparnis. Man hat also keine zweite Kiste herumstehen und benötigt auch keine weitere Fernbedienung. Wer beispielsweise gleichzeitig deutsches und ausländisches Fernsehen via Satellit empfangen möchte, der muss besonders darauf achten, dass der Fernseher über einen Twin-Tuner verfügt – also zwei LNB (Twin = zwei) für den parallelen Empfang von zwei verschiedenen Satelliten.

Auch bei Kabel- oder Antennenempfang kann ein solcher Twin-Tuner Sinn machen. Denn hier ist es möglich, eine TV-Sendung aufzunehmen, während man sich die andere gerade anschaut. Wer allerdings ausschließlich einen Übertragungsweg für das TV-Signal favorisiert beziehungsweise als Vertragskunde von Telekom, Vodafone, Sky & Co. einen separaten Receiver bereits sein Eigen nennt, der kann beim Neukauf eines Fernsehgerätes natürlich auf die eingebauten Triple- oder Twin-Tuner verzichten. Wer sich hingegen gerade für einen wunderschönen Fernseher entschieden hat, beim TV-Empfang lieber flexibel bleiben möchte und deshalb lieber in punkto Tuner nachrüsten will, der sollte einen Blick auf die externen Tuner werfen.

Externe Tuner

Hier bietet beispielsweise die Firma TechniSat seit 2015 mit ihrem Modell DIGIT ISIO STC+ einen SAT-Receiver mit UHD-Qualität und integriertem 3-fach-

TwinTuner. Diese Hybrid-Variante unterstützt sowohl Digital-SAT als auch digitales Kabelfernsehen und DVB-T2 (H.265/HEVC). Darüber hinaus ist ein Entschlüsselungssystem für HD+ ebenfalls integriert. Diese Kombination von digitalem Fernsehen via Satellit, Kabel und terrestrischem Empfang bringt in jedem Fall Vielfalt und gewährleistet auch dann ein TV-Bild, wenn ein Übertragungsweg mal nicht funktionieren sollte.



Abbildung 399: DIGIT ISIO STC+ von TechniSat

Durch die Twin-Technologie lassen sich Programme parallel empfangen. Während man eine Sendung anschaut, kann gleichzeitig per UPnP-Live-Streaming eine andere im Heimnetzwerk bereitgestellt oder mithilfe der DVR-ready-Funktion aufgezeichnet werden. Gespeichert werden kann auf ein externes Speichermedium via USB-Anschluss oder aber auf einen Netzwerkspeicher (NAS). Dank der aktuellen Standards (HDMI 2.0/HDCP 2.2/H.265/HEVC) ist der DIGIT ISIO STC+ in der Lage, UHD-TV-Programme sowie generell 4K-Videoinhalte zu empfangen und zu verarbeiten.

Und selbstverständlich ist die kleine schwarze Kiste mit alphanumerischen Display auch internetfähig. Über das integrierte WLAN-Modul kann man direkt über den ISIO-Receiver auf IP-basierte interaktive Dienste (Mediatheken, VoD oder HbbTV) zurückgreifen. Wer also seinen Fernseher etwas aufpeppen möchte, könnte mit einem solchen Hybrid-Receiver bereits den ersten Schritt tun. Natürlich macht erst ein moderner UHD-Fernseher das 4K-Bild perfekt.



Abbildung 400: UHD-Receiver von TechniSat

Allerdings lässt sich auch ohne Smart-TV mit dem DIGIT ISIO STC+ ins Netz gehen. Und damit nicht genug! Sämtliche Filme, Musik und Fotos können über die hauseigene MultiPlay-App „MyTechniSat“ verwaltet und im Heimnetzwerk auf allen UPnP-fähigen Endgeräten abgespielt werden. Außerdem kann der Receiver mithilfe eines komfortablen Touch-Interface über alle mobilen Endgeräte gesteuert werden und sogar vorhandene Programmdateien und Timer mobil via Internet entsprechend updaten. Umgekehrt funktioniert das natürlich auch. Mit TechniCast lassen sich Inhalte von Smartphone oder Tablet einfach kabellos auf den TV-Bildschirm übertragen. Interessant dabei ist, dass die Geräte nicht über das Heimnetzwerk (WLAN-Router) eingebunden werden müssen, sondern direkt via WLAN-Funk kommunizieren. Diese Verbindung kann am ehesten mit Bluetooth verglichen werden. In jedem Fall ist sie kostenfrei und belastet auch nicht das Datenvolumen des Internetproviders.

Tuner plus SAT-IP-Client

Noch mehr Mobilität versprechen die internen oder externen Tuner inklusive SAT-IP-Client. Wie im entsprechenden Kapitel dieses Buches bereits ausführlich erläutert, können hier alle TV-Inhalte, die über Satellit empfangen werden, an mobile Endgeräte weitergeleitet werden. Eine runde Sache exklusiv für DVB-S-Kunden, deren Zahl in nächster Zeit vermutlich steigen wird, wenn mit DVB-T2 die Privatsender nicht mehr kostenfrei zur Verfügung stehen. Näheres hierzu finden Sie im Kapitel über den neuen Antennenstandard DVB-T2 in diesem Buch.



Abbildung 401: Beispiel für Triple-Tuner inklusive SAT-IP-Client (www.panasonic.com)

AV-Receiver

Wer das TV-Signal separat empfängt, kann auch auf einen AV-Receiver zurückgreifen. Denn dieser kann schon längst mehr, als nur den Ton auf die externe Surround-Anlage zu übertragen. Der moderne AV-Receiver ist heute quasi die Schaltzentrale im Heimkinobereich.



Abbildung 402: AV-Receiver ONKYO TX-NR646

Und die gute Nachricht ist, dass in der Produktgruppe der AV-Receiver die Preise immer weiter nach unten gehen. Heute bekommt man für relativ wenig Geld jede Menge Ausstattung. Dazu gehört zum einen natürlich die Verteilung von Video- und Audiosignalen, zum anderen aber auch die Einbindung im heimischen Netzwerk für den Empfang von Internetradio oder Musikstreaming von mobilen Endgeräten. Das Modell TX-NR646 von Onkyo etwa verfügt über die neuesten Features und entsprechende Schnittstellen. Für 600 Euro bietet

der 2015er Receiver HDMI 2.0a, HDCP 2.2, Dolby Atmos, DTS:X und auch Ultra HD bei 50/60Hz mit 10/12-Bit-Unterstützung. Selbst analoge Eingänge sind noch vorhanden, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden soll. Interessanter sind in diesem Kapitel doch die Möglichkeiten der Zukunft, die schon längst begonnen hat. Wer noch überlegt, ob er lieber Musik über sein Smartphone streamt, gern Schallplatten oder doch lieber Internetradio hört oder eben den neuesten Blockbuster im hochauflösenden Bild und Sound genießen möchte – für sämtliche Vorlieben ist natürlich solch ein Multitalent wie der TX-NR646 von Onkyo eine großartige Lösung. Natürlich sind noch viele andere Geräte diverser Hersteller auf dem Markt, dennoch gelten vom Grundsatz her dieselben Basisdaten.

Ein Blick auf die Rückseite eines AV-Receiver kann deshalb nicht schaden. Wer sich hier überfordert fühlt, könnte auch auf kleine Soundanlagen zurückgreifen, die lediglich via Bluetooth die Audiosignale weitergeben. Wer allerdings die handfeste Hardware mit entsprechenden Steckverbindungen favorisiert, ist hier genau richtig. Denn das Anschlussfeld eines typischen Mittelklasse-AV-Receiver, wie etwa dem Onkyo TX-NR646, bietet heute eine Fülle an Möglichkeiten, mit der Außenwelt zu kommunizieren und Signale zu verarbeiten.



Abbildung 403: AV-Receiver ONKYO TX-NR646 (Rückseite)

Zur Grundausstattung gehören hier natürlich nach wie vor die analogen Anschlüsse, auch wenn sie immer mehr an Bedeutung verlieren, außerdem natürlich ein Netzwerkanschluss per Ethernet oder WLAN. Neben herkömmlichen Klinkensteckern finden sich ab der 2015er Serie auch HDMI-Anschlüsse – insbesondere im Hinblick auf die Unterstützung von HDCP 2.2 für UHD/4K-Filme. Allerdings gibt es in punkto Video bei AV-Receiver durchaus qualitative Unterschiede. Geräte der Einstiegsklasse verfügen meist nur über begrenzte Möglichkeiten zur Bildverarbeitung und deren Aufbereitung, sie schleifen die Signale oft einfach nur eins zu eins durch. Daran gibt es an sich

nichts auszusetzen, zumal die Bildqualität einer Blu-ray-Disk auch ohne Nachbearbeitung schon hohen Ansprüchen gerecht wird. Deshalb wird auch bei modernen Blu-ray-Playern mit echter UHD/4K-Auflösung höchstwahrscheinlich kein Videoprozessor im AV-Receiver benötigt. Das Durchleiten des Signals über HDMI reicht in den meisten Fällen also vollkommen aus. Wenn hingegen ein Videoprozessor nachhelfen soll, hat das auch seinen Preis. Wer also analoge Bildverbindungen hochskalieren möchte oder besonderen Wert auf maximale Bildschärfe und perfekte Farben legt, der sollte ein paar Euro mehr ausgeben und sich einen AV-Receiver zulegen, der über einen integrierten Videoprozessor verfügt. Gängige verbaute Prozessoren stammen von IDT HQV, Marvell, Anchor Bay, Silicon Optix oder Meridian-Faroudja.

Neben den bereits erwähnten Schnittstellen sollte ein solcher AV-Receiver heutzutage über Bluetooth, Wi-Fi oder AirPlay verfügen sowie über qualitativ hochwertige Lautsprechersysteme. Je nach Preisklasse ist ein Mehrkanalsystem von 5.1 bis 11.2 realisierbar, wobei die 5.1-Konfiguration auch 2015 noch am meisten eingesetzt wird. Der letzte Schrei sind sogenannte Höhenlautsprecher, wie sie bei Dolby Atmos oder DTS:X Verwendung finden. Die Konfiguration wird hier mit 5.1.2 oder 7.1.2 bezeichnet.

SAT-Receiver inklusive 4K + HDR

Für den Empfang von 4K/HDR-Inhalten via Satellit reichen die herkömmlichen Receiver mit SD- oder HD-Standard natürlich nicht mehr aus. Die Satellitenschüssel selbst muss jedoch nicht erneuert werden. Seit 2016 sind erste 4K-fähige Receiver auf dem Markt. Ein durchweg sehr gutes Ergebnis in diversen Tests erhielt unter anderem der HUMAX Digital UHD 4tune+. Ein Quad Tuner für das parallele Sehen, Speichern und/oder Streamen von mehreren Programmen.



Abbildung 404: Empfehlung der Fachzeitschrift „satvision“ für HUMAX Digital UHD 4tune+

Außerdem eignet sich das Gerät als Server für SAT-IP und verteilt das TV-Signal via Satellit im heimischen Netzwerk. Die technischen Standards werden hier erfüllt, denn nicht umsonst erhielt der Humax UHD 4tune+ in den vergleichenden Warentests mehr als einmal die Note „sehr gut“.

Im Herbst 2016 soll Samsung seine 4K-TV-Box „GX-VI680SJ“ auf den Markt bringen, die neben UHD-Inhalten mit einer maximalen Bildfrequenz von 60 Bildern pro Sekunde sogar HDR unterstützen soll. Hardware und Menüstruktur des unter Linux laufenden Sat-Receiver von Samsung sind auf die hohe Auflösung (3.640 x 2.160 Pixel) angepasst. Neben dem Satellitenempfang ermöglicht die 4K-TV-Box auch das Streamen von VoD-Inhalten und unterstützt das Soundformat Dolby Digital. Darüber verfügt das Gerät über einen WLAN-Empfänger mit 2.5 und 5 GHz, die Festplatte für die Aufnahmefunktion muss hingegen extra gekauft werden. Bisher wird dieses Gerät nur in Dänemark beworben und ist dort ab Oktober 2016 für 1.990 dänische Kronen erhältlich, was knapp 300 Euro entspricht. Ob Samsung auch in Deutschland einen 4K-fähigen Receiver anbietet, der HDR unterstützt, ist derzeit nicht bekannt (Stand: 2016).



Abbildung 405: 4K-TV-Box „GX-VI680SJ“ von Samsung für dänischen Markt ab Oktober 2016

PS4 PRO mit 4K/HDR-Content

Ab November 2016 soll hingegen die Playstation 4 PRO in Deutschland auf den Markt kommen – mit echter 4K-Auflösung und HDR. Allerdings ermöglicht

dieses Gerät tatsächlich „nur“ ech-tes 4K/HDR Gaming sowie Streaming in Verbindung mit entsprechenden 4K-/HDR-fähigen Bildschirmen. Sony zufolge wird es kein Laufwerk mehr geben, was das Abspielen von DVD oder BD ermöglicht. Dafür werden die Apps von Netflix und YouTube aktualisiert. Somit kann die aktuelle Konsole aus dem Hause Sony die stetig wachsenden 4K/HDR-Content des VoD-Anbieters und der Videoplattform wiedergeben. Wobei zu erwähnen ist, dass die Abwärtskompatibilität in Bezug auf die Bildwiedergabe durchaus gegeben ist. Man muss sich also nicht gleich einen neuen Fernseher zulegen, das etwas ältere Modell in Full HD tut es zur Not auch weiterhin. Auf herkömmlichen HD-Displays macht die Playstation 4 PRO doppelt Spaß, denn sogar ältere Spiele erhalten mit zusätzlichen Shadern erweiterte Grafikfeatures und damit mehr Details und stabilere Framerates. Und alle Titel, die über die Virtual-Reality-Brille von Sony „Play-sta-tion VR“ konsumiert werden, sehen mit der neuen Konsole besser aus, was insbesondere an den erhöhten Bildfrequenzen liegt. Die PS4 PRO soll ab 10. November 2016 auf den Markt kommen (399 Euro). Für alle älteren Modelle verspricht Sony ein Update zur Wiedergabe von HDR-Inhalten. Die Zukunft liegt also nicht mehr in der „Konserven“ (Blu-ray-Disc), sondern ganz klar in der internetbasierten Verwendung, dem Streaming.

UHD/4K-Streaming-Boxen

Schon seit Ende 2015 sind erste Geräte auf dem Markt, die 4K/UHD-Videomaterial realisieren, solange die TV-Sender oder aber Blu-ray auf sich warten lassen beziehungsweise diese schlichtweg zu teuer sind. Mit HDMI 2.0 und HEVC (H.265) ausgestattet, können die neuen Boxen eine 4K/UHD-Wiedergabe bis zu 60Hz ermöglichen und einen klassischen Flachbildschirm zum Smart-TV umfunktionieren.



Abbildung 406: Open Hour Chameleon - Android-TV-Box mit 4K-Support

Wer also bereits einen echten UHD-TV besitzt oder aber sein „altes“ Full-HD-Gerät etwas aufpeppen möchte, der sollte sich eine Streaming-Box mit 4K-Support zulegen. Der Preis ist um ein Vielfaches geringer als Blu-ray-Player mit ultrahoher Auflösung. Für 99 Euro ist seit 5. Oktober 2015 beispielsweise die 4K-Box von Amazon im Handel erhältlich. Fire TV ist nahezu mit allen TV-Geräten kompatibel und unterstützt die Videoformate H.265, H.264, Audioformate AAC-LC, AC3, eAC3 (Dolby Digital Plus), FLAC, MP3, PCM/Wave, Vorbis, Dolby Atmos (EC3_JOC), Fotoformate JPEG, PNG, GIF, BMP und Bildschirmauflösungen von 2160p, 1080p oder 720p bei allen gängigen Frequenzen (24/25/30/50/60Hz). Kurzum: lediglich ein HD-Fernseher mit herkömmlicher HDMI-Schnittstelle ist Mindestvoraussetzung. Von Amazon werden hier HDCP-kompatible Modelle der Hersteller LG, Samsung, Sony, Sharp, Toshiba, Vizio sowie Hitachi, JVC, Mitsubishi, NEC, Panasonic, Philips, Pioneer und Westinghouse genannt.

Amazon hat sowohl den Arbeitsspeicher auf 2 GB als auch die Prozessorleistung um 75 Prozent erhöht. Mit dem modernen Quad-Core-Prozessor und der GX6250-Grafik-Engine ist das Gerät bestens gewappnet für ultrahochauflösenden Filmspaß.



Abbildung 407: Amazon Fire TV mit 4K Ultra HD (seit Oktober 2015)

Mit der Einführung von Fire TV mit 4K/UHD erweiterte Amazon auch sein Angebot an Serien und Filmen von Sony Pictures Home Entertainment. Seit Herbst 2015 stehen somit Blockbuster wie „The Amazing Spider-Man“, „Captain Phillips“, „The Vow“, „Think Like a Man“ oder „Elysium“ sowie Klassiker wie „Lawrence von Arabien“, „Philadelphia“, „Da Vinci Code“ (Sakrileg) oder „Jerry Maguire“ (wenn auch nachbearbeitet) in höchster Bildqualität zur Verfügung. Und natürlich werden auch Amazon Originale mit einer Auflösung von 3840 x 2160 Pixeln verfügbar. Hierzu zählen unter anderem die mit zwei Golden Globes prämierte Dark-Comedy „Transparent“ sowie die hochgelobte Polit-Comedy „Alpha House“, die Musik-Dramedy „Mozart in the Jungle“ sowie das Krimidrama „Bosch“.

Ebenfalls im Oktober 2015 brachte auch Konkurrent Apple seine neue Streaming-Box auf den Markt. Lange wurde gerätselt, ob der Multimedia-Gigant endlich eine Touch-Version der Remote-Fernbedienung liefert. Die Antwort lautet: „Tschüss Drücken. Hallo Wischen.“ Apple bringt tatsächlich die Touch-Funktion nun auf seine Siri-Remote, die im Übrigen über eine Spracherkennung verfügt. Neben Touch und Sprachassistent Siri wartet Apple allerdings mit weitaus mehr Funktionen auf. Apple TV4 verfügt über seinen eigenen App-Store und sogar ein exklusives Betriebssystem tvOS. Böse Zungen könnten behaupten, dass die Benutzeroberfläche in vielen Teilen der von Android TV oder Fire TV gleicht. Grundsätzlich ist aber anzuerkennen, dass ebenjene jetzt sehr viel aufgeräumter und damit übersichtlicher sowie praktikabler ist. Auch die Speicher der zwei angebotenen Versionen mit 32 oder gar 64 GB sind zwar mehr als gigantisch, die Preise für die kleinen Büchsen allerdings auch. Für 199 US-Dollar (etwa 180 Euro) beziehungsweise 149 US-Dollar (etwa 130 Euro) bleibt Apple auch in punkto Kosten sehr exklusiv.



Abbildung 408: Apple TV4 seit Oktober 2015

Ansonsten bleibt der einstige Pionier in Sachen Streaming-Boxen im Schatten der leistungsstarken Konkurrenzmodelle von Amazon Fire TV oder Googles Nexus Player heraustreten. Denn Apple bleibt bei der FullHD-Auflösung und bietet derzeit (Stand: 2016) keinen 4K/HDR-Content an.

Die Zukunft wird zeigen, wie sich hier der Markt entwickelt. Andere Hersteller werden mit Sicherheit nachziehen und auf den Streaming-Zug aufspringen. Insbesondere dann, wenn Blu-ray auf sich warten lässt oder aber aufgibt. Die Technologie der bisherigen Geräte ist grundsätzlich vergleichbar. Boxen wie die von Amazon setzen auf leistungsstarke Quad-Core-Prozessoren und nicht selten auf das Android-Betriebssystem. Ultimative Voraussetzung für das Streaming von echten 4K/UHD-Inhalten ist auch hier die Unterstützung von HEVC (H.265). Das heißt, die Bildausgabe in der UHD-Auflösung mit 3.840 x 2.160 Bildpunkten bei 60 Hz funktioniert nur an solchen UHD-TVs, die zumindest über einen HDMI-2.0-Eingang verfügen, der 10 Bit/UHD Deep Color unterstützt. Alles andere ist sonst „nur“ HD.



Abbildung 409: ITU-Standard für High Efficiency Video Coding (HEVC): H.265

Soundbars/Audio-Systeme

Wer auf Kabelsalat verzichten und lieber minimalistisches Design mit hervorragender Klangqualität vereinen möchte, der ist bei den modernen Soundbars genau richtig. Nirgendwo ist die Palette in Bezug auf Größe, Qualität und Preis größer als hier. Und wer glaubt, dass UHD sich ausschließlich auf das Bild bezieht, der irrt gewaltig. Mit High Resolution Audio (HRA) sind feinste Klangnuancen in Studioqualität im Heimkinobereich kein Wunschdenken mehr. Moderne Technologien – wie beispielsweise das digitale Upscaling – tragen dazu bei, dass auch schlechtere Tonqualitäten zu einem unvergesslichen Musikgenuss werden können. Ob also der Lieblingssong aus der Cloud oder der Soundtrack vom neuesten Blockbuster: mit virtuellem Surround-Sound (7.1-

Kanal S-Force PRO) und Wave-Front-Technologie definieren die Soundbars von heute den Begriff Audio neu und können sogar ein dreidimensionales Klangfeld nachbilden, das ganz dicht am Original ist.



Abbildung 410: 7.1-Kanal-Soundbar mit Wi-Fi und Bluetooth (www.sony.de)

Obwohl es in diesem Buch grundsätzlich nicht um Audio-Systeme geht, soll hier dennoch ein kleiner Exkurs in die Welt der modernen Töne vorgenommen werden.

Ähnlich wie das Videosignal wird auch das Audiosignal abgetastet, codiert, moduliert und im Wiedergabesystem decodiert. Als klassisches Verfahren hierzu dient das Audiokompressionsverfahren PCM (Pulse Code Modulation) oder die verlustfreie Variante LPCM (Linear Pulse Code Modulation), welche vorwiegend in Audio-CDs, DVDs und Blu-ray-Discs eingesetzt wird. Die Qualität bestimmen hier zwei Faktoren: die Bit-Tiefe und die Abtastfrequenz. Je präziser die Audiosignale abgetastet werden, umso genauer ist deren Umwandlung. Dabei spielt die Abtastfrequenz eine maßgebliche Rolle, die sich auf den Umfang der speicherbaren Audiofrequenzen auswirkt.

Einfacher ausgedrückt: Je mehr „Schnappschüsse“ vom tiefsten bis zum höchsten Ton gemacht werden, umso hochwertiger ist letztlich der Klang.

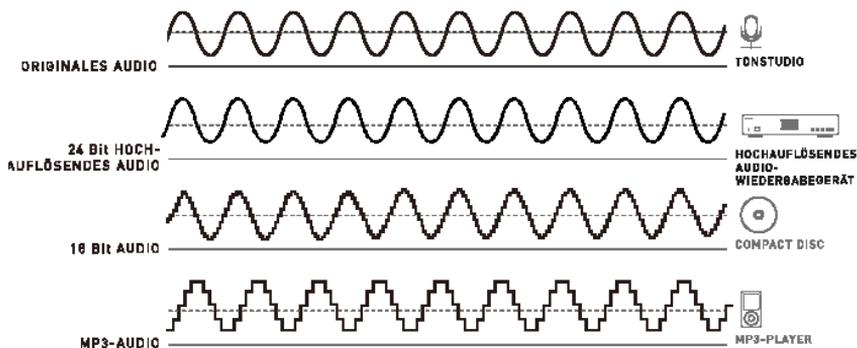


Abbildung 411: Unterschiede in der Audio-Signal-Qualität (www.technics.com)

Die Anzahl der verfügbaren Stufen ergibt die Bit-Tiefe, die wiederum für die Klangbeschreibung wichtig ist. Bei hoher Bit-Zahl ist auch der sogenannte Dynamikbereich entsprechend groß – also das Spektrum zwischen dem lautesten und dem sanftesten Klang. Im Laufe der technischen Entwicklungen hat sich die Intensität der Abtastung und Codierung verändert. Während in den 1980ern für CDs eine 16-Bit-Codierung mit 44,1 kHz verwendet wurde, wird heute Musik in weitaus größerer Bit-Tiefe und mit viel höherer Abtastrate aufgenommen und übertragen.

Die seit einigen Jahren bereits im Studio und beim Mastering eingesetzten Formate stehen nunmehr endlich auch dem Privatgebrauch zur Verfügung. Gemeint ist in diesem Zusammenhang das Format High Resolution Audio (HRA), das über 16-Bit beziehungsweise 44,1 kHz hinausgeht. Bei HRA-Aufnahmen werden üblicherweise die 24-Bit-Kodierung und eine 192-kHz-Abtastrate eingesetzt. Die logische Konsequenz ist ein wesentlich höherer Dynamikbereich als bei CD-Aufnahmen. Allerdings gibt es im HRA-Bereich auch weitere Formate. Die gängigsten sollten von modernen Soundsystemen unterstützt werden. Das bekannteste ist wohl das FLAC-Format (Free Lossless Audio Codec) mit 24 Bit und Abtastraten von 96 und 192 kHz. Allerdings gibt es auch Versionen mit der Kombination 24-Bit/44,1 kHz oder 24-Bit/48 kHz. Je höher die Abtastfrequenz (derzeit maximal 192 kHz) – desto hochwertiger ist die Klangqualität.

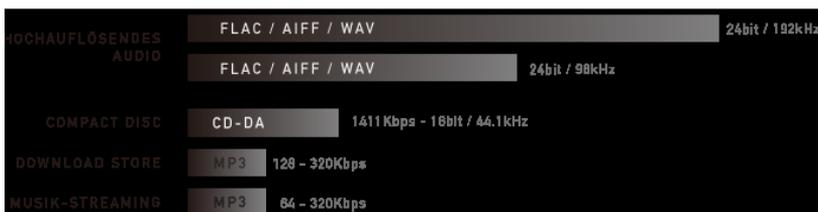


Abbildung 412: Unterschiede in der Klangqualität (www.technics.com)

Ähnlich wie bei der ZIP-Datei für Computerdaten kann FLAC ebenfalls verlustfrei arbeiten, da während der Wiedergabe verlustfrei dekomprimiert werden kann und somit dieselben Daten vorliegen, wie sie vor der Komprimierung vorlagen. MP3 kann das beispielsweise nicht, hier werden die Inhalte reduziert und mit Verlusten wiedergegeben. Die Firma Apple ist dafür bekannt, hauseigene Formate zu entwickeln. Natürlich ist das im Audibereich nicht anders. Quasi jedes Kind kennt iTunes, auch wenn es sie nicht verwendet. Das ebenfalls verlustfreie Format ALAC (Apple Lossless) arbeitet grundsätzlich nach dem gleichen Verfahren wie FLAC.

Beim Musik-Download werden heute zumeist beide Formate (FLAC und ALAC) angeboten. Wer online kauft, erhält zusätzlich entsprechende Informationen über Künstler, Album, Genre etc. All diese Daten werden in jeder HRA-Datei codiert und direkt geliefert. Bei CDs können die Informationen zum Teil aus einer Internet-Datenbank angefordert und abgespeichert werden. Wer schon einmal eine CD auf dem PC eingelesen und in Formate wie AIFF oder MP3 konvertiert hat, der kennt das. CD-Cover sowie alles über die Band und das Album wird automatisch eingespeist, sofern man online ist. Bei WAV-Dateien werden die Titelinformationen allerdings nicht standardmäßig abgespeichert. Die neuen FLAC- oder auch ALAC-Formate bieten diese Option selbstverständlich generell an.

Für das Musik-Streaming ist das Format Direct Stream Digital (DSD) interessant, welches die Grundlage für das SACD-Format (Super Audio Compact Disc) darstellt. Hier wird eine komplett andere Codierung verwendet, die bei einem Bit mit einer deutlich höheren Abtastfrequenz arbeitet. Ursprünglich kam hier für die Aufnahme, Speicherung und Wiedergabe von Audiosignalen das Format DSD64 (64-faches Sampling im Vergleich zur CD) zum Einsatz, was einer Abtastrate von 2,822 MHz entspricht. Jedoch gibt es mittlerweile andere Formate mit weitaus höheren Abtastfrequenzen: DSD128 sowie DSD265 und sogar DSD512. Bei Online-Musikkäufen werden derzeit (Stand: 2016) die Formate DSD64 und DSD128 angeboten, die sich vor allem für das Streaming via Software-Player am PC oder über DLNA eignen. Herstellerangaben wie PCM 96k/24Bit können also spätestens jetzt entziffert werden. Wer sich nun beim Kauf einer Soundbar mit den diversen DOLBY®-Angaben konfrontiert sieht, der sollte Folgendes wissen:

Das Tonformat Dolby Digital 5.1 wurde Anfang der 1990er Jahre unter der Bezeichnung AC-3 entwickelt und ist seit 1997 der Ton-Standard für DVDs. Dieses digitale System arbeitet mit maximal sechs Kanälen: zwei Frontkanälen, zwei Surround-Kanälen, einem Centerkanal und einem LFE-Kanal (Low Frequency Effects). Die einzelnen Kanäle übertragen bestimmte Frequenzbereiche (20 bis 20.000 Hz), wobei der LFE-Kanal für den absoluten Tiefbassbereich bis 120 Hz steht.

Bei Dolby Surround Pro Logic handelt es sich um ein analoges Vier-Kanal-Tonsystem mit zwei Frontkanälen, einem Centerkanal und einem Surround-Kanal, das seit den 1980er Jahren auch unter dem Begriff Dolby Stereo bei VHS-Kassetten, DVDs und diversen Fernsehsendungen bekannt ist. Der Übertragungsbereich liegt lediglich bei 100 - 7000 Hz, der Surround-Kanal ist monophon, die Kanaltrennung relativ schlecht. Nachfolger sind die Tonformate Dolby Surround Pro Logic II, bei dem aus zwei analogen Stereokanälen 5.1

Kanäle errechnet werden, und Dolby Surround Pro Logic IIX (6.1) mit sieben errechneten Kanälen, die bis zu vier Surround-Lautsprecher möglich machen.

Fans von Star Wars kennen vielleicht das erstmals im Jahre 1999 von Lucasfilm verwendete Tonformate Dolby Digital Surround – EX 6.1 mit ebenfalls sieben Kanälen. Aus dem 21. Jahrhundert stammt u.a. Dolby TrueHD als verlustfreies Raumklang-Format, das für HD-Filme auf DVD und Blu-ray-Discs entwickelt wurde. Hier existieren bis zu acht Kanäle (7.1 Surround) bei einer Abtastfrequenz von 96 kHz und einer 24-Bit-Tiefe. Über die HDMI-Schnittstelle können Daten mit einer Rate von 18 Mbit/s übertragen werden. Werden weniger als die acht Kanäle verwendet, kann die Abtastfrequenz auf bis zu 192 kHz gesteigert werden.



Abbildung 413: Audio-Varianten DOLBY®

Im modernen Heimkinobereich kommt mittlerweile das Tonformat Dolby Atmos zum Einsatz, das abwärtskompatibel zu älteren Systemen (5.1 oder 7.1) arbeitet und theoretisch eine unbegrenzte Anzahl von Tonspuren zulässt. Der Klang kann hier von allen Seiten – mindestens aus acht (5.1.2) und maximal aus 32 Lautsprechern (als 31.1 oder 24.2.6) kommen. Im Kino werden sogar 64 separate Lautsprecher mit bis zu 128 Audio-Spuren unterstützt. Bei dem dreidimensionalen Klangsystem kommt somit der Sound nunmehr auch von oben. In einigen Kinos wird der Sound mit der Spezifikation 9.1 „Bed“ bereits praktiziert. Unter www.dolby.com finden sich die deutschen Kinos, in denen Dolby Atmos aktuell angeboten wird.

Die wichtigste Neuheit dieses Tonverfahrens, das nach und nach auch im Heimkinobereich genutzt wird, ist die objektbasierte Tonaufzeichnung. Bisher wurden etwa bei Filmszenen unterschiedliche Richtungsinformationen (Musik, Dialoge, Effekte) an bestimmte Lautsprecher oder Lautsprechergruppen gebunden.

Das heißt, dass hier mit Kanälen und nicht mit Objekten gearbeitet wurde. Bei der objektbasierten Tonverarbeitung werden hingegen die einzelnen Soundeffekte in einer Art Koordinatensystem mit Tiefen- und Höheninformationen gespeichert. Diese sogenannten Klangobjekte enthalten demnach sowohl den Ton selbst als auch die Zusatzinformationen über die jeweilige Platzierung im Raum. Moderne AV-Receiver können mit einem Setup entsprechend programmiert werden und verteilen im Anschluss die Klangobjekte an die vorhandenen Lautsprecher im Raum. Dolby Atmos ist somit

flexibel einsetzbar und kann sich praktisch an jedes Soundsystem automatisch anpassen. Um Dolby Atmos zu Hause umfassend realisieren zu können, werden neben einem AV-Receiver mit Dolby-Atmos-Decoder fünf Lautsprecher am Boden und zwei an der Decke benötigt. Maximal können 24 Bodenlautsprecher und 10 Höhenspeaker angebracht werden. Ältere Modelle sind in der Regel nutzbar. Die Zimmerdecke sollte dabei aber nicht höher als 2,74 Meter sein.



Abbildung 414: Denon AVR-X5200W - A/V-Receiver mit Dolby Atmos und Auro 3D

Neben den diversen Standardformaten Dolby Digital® gibt es DTS-Tonformate, die jedoch weitaus mehr Speicherplatz benötigen. Im Heimkinobereich arbeitet das klassische DTS-Surround-Verfahren zwar mit den gleichen Kanälen und Frequenzen, dafür aber als echtes 5.1-System mit bis zu 24 Bit Auflösung (im Kino 20 Bit).

Da in der digitalen Videosignalverarbeitung immer besser komprimiert werden kann, stehen hier mittlerweile verschiedene Formate zur Verfügung. Eines davon ist das DTS-HD Master Audio - ein verlustfreies Tonformat, das speziell für HDTV und entsprechende Datenträger konzipiert wurde und mit einer Abtastrate von 192 kHz und einer Tiefe von 24 Bit arbeitet, wobei die Datenrate 768 bis 6.144 kBit pro Sekunde beträgt. Der 7.1-Ton wird ausschließlich über eine HDMI-Schnittstelle mit dem Mindeststandard 1.3a übertragen, optische oder koaxiale Verbindungen unterstützen lediglich die 5.1-Formate.

In Deutschland weniger verbreitet ist ein weiteres Tonformat, das im Übrigen weiterhin mit Sound-Kanälen und nicht mit den oben beschriebenen Klangobjekten (z.B. Dolby Atmos) arbeitet. Der Sound mit Auro 3D benötigt darüber hinaus keine Lautsprecher an der Decke, sondern sorgt auch so für einen beeindruckenden Raumklang.

Entwickelt wurde Auro 3D im Hause Auro Technologies, einem Ableger der Galaxy Studios in Belgien, wo schon seit Jahrzehnten 3D-Musik und entsprechende Soundtracks produziert werden. Außerdem bietet Auro Lizenzen für andere Hersteller sowie hauseigene Geräte für den High-End-Bereich. Hierzu gehört unter anderem der AV-Prozessor Auro-3D-Mensa, ein flexibel einsetzbarer Vorverstärker mit zahlreichen Features, der mit schlappen 20.000 Euro allerdings schon zur Luxusausstattung der Home-Entertainment-Systeme gehört.



Abbildung 415: AV-Prozessor Auro-3D® Mensa™

Auro verzichtet nach eigenen Angaben bewusst auf die Deckenlautsprecher, wie sie bei objektbasierten Tonsystemen wie Dolby Atmos oder aber DTS:X verwendet werden. Als Grund dafür werden die menschlichen Sinne genannt. Ähnlich wie bei der visuellen Wahrnehmung kann der Mensch auch auditiv seine Umwelt in gewisser Art und Weise wahrnehmen. Wie wir in einem bestimmten Radius sehen, können wir beispielsweise Klänge von oben naturgemäß auch nur seitlich hören, denn bekanntermaßen befinden sich unsere Ohren nicht auf unserem Kopf, sondern vielmehr an dessen Seiten. Dennoch ist es uns möglich, Geräusche im 360-Grad-Modus wahrzunehmen und gleichzeitig die jeweilige Richtung zu ermitteln. Auf der Basis von Reflexionen und Zeitverzögerungen ist unser Gehirn also in der Lage, diverse Klänge relativ präzise zu verorten.

Nun könnte man also behaupten, dass die sogenannten "Voice of God"-Lautsprecher grundsätzlich überflüssig sind. Auf der anderen Seite werden die modernen Formate der objektbezogenen Klangsysteme im Heimkinobereich dem konservativen Raumklang als weit überlegen eingeschätzt. Wenn man nun bedenkt, dass auch im Hause Auro an einem objektbasierten Tonsystem gearbeitet wird, liegt der Verdacht nahe, dass die Argumentationen in Bezug auf die unterschiedlichen Raumklangverfahren (Kanäle oder mit Objekte) vielmehr mit dem Marketing zu tun haben.

Beim Verbraucher wird hingegen die Auswahl des Klangsystems hauptsächlich vom Geldbeutel entschieden und ist natürlich vom Geschmack abhängig. Wer es sich also leisten kann und über genügend Platz im Wohnzimmer verfügt, der kann sich selbstverständlich Lautsprecher an die Decke schrauben. Für weniger Ansprüche genügen hier im Zweifel sogar die ultrakleinen Wireless-Audio-360-Speaker von SAMSUNG, die bereits ab 199 Euro zu haben sind.



Abbildung 416: Wireless-Audio-360-Speaker von SAMSUNG (www.samsung.com)

Allen aktuellen 3D-Klangsystemen ist gemeinsam, dass sie - ähnlich wie bei der Bildarstellung - versuchen, der Natur möglichst nahe zu kommen. Die Imitation natürlicher Klänge wird in diesem Zusammenhang deshalb ebenfalls als immersiv bezeichnet, was eigentlich nichts anderes als universell oder allumfassend bedeutet. Der klare Vorteil ist im Übrigen die Kompatibilität. Moderne AV-Receiver können in der Regel sowohl Auro-3D als auch Dolby Atmos decodieren. Darüber hinaus sind beide Signale (Auro-3D und Dolby Atmos) abwärtskompatibel und mit dem bestehenden 2.0-HDMI-Standard übertragbar. Der Decoder muss hierfür jeweils hinter der HDMI-Strecke liegen.

Wie viele Lautsprecher man sich nun wohin stellt oder hängt, ist also die eine Sache. Das A und O in punkto Klangqualität ist und bleibt der AV-Receiver beziehungsweise die Soundbar. Neben den klassischen TV-Herstellern bieten natürlich insbesondere die Hi-Fi-Unternehmen wie Harman/Kardon, Bang & Olufsen oder auch Teufel solche Soundbars an. Im Heimkinobereich gibt es schon seit längerem hochwertige Anlagen als Klangerweiterung für schmalbrüstige TV-Lautsprecher. Eleganz verspricht Samsung mit seinem Modell HW-J7501 für 749 Euro. Die neue 4K-Technologie kann mit Panasonics SC-ALL70T schon ab 499 Euro realisiert werden. Eine besonders leichte Variante kommt aus dem Hause Harman/Kardon (SB26/230) mit nur 3,5

Kilogramm für immerhin 529 Euro und die Kompaktklasse erhält man seit Herbst 2015 beispielsweise mit der Cinebar 52 THX von Teufel.



Abbildung 417: Cinebar 52 THX von Teufel (www.teufel.de)

Nachdem die Soundbars seit einigen Jahren bereits die deutschen Wohnzimmer schmücken, kam Ende 2015 der nächste heiße Trend: Multiroom. Sonos - der einstige Vorreiter in diesem Bereich - erhält mit der Trendwelle nunmehr Konkurrenz von verschiedenen Seiten. Ob Samsung oder beispielsweise Panasonic - viele Hersteller bringen Soundsysteme auf den Markt, die via WLAN und/oder Bluetooth im ganzen Haus beziehungsweise der Wohnung verteilt werden können.

Bei einer Party kann so dieselbe Musik im Wohnzimmer, Flur, in der Küche und sogar im Bad laufen. Oder man kann das Fußballspiel im Partykeller anschauen und parallel den Sound über einen Lautsprecher in der Küche verfolgen, während zeitgleich im Badezimmer Entspannungsmusik passend zum duftenden Schaumbad gespielt wird.

Selbst Playlists können den unterschiedlichen Räumen zugeordnet werden, und das alles mit dem Smartphone. Hierüber lässt sich alles steuern - von der Soundquelle bis zur Art der Übertragung.



Abbildung 418: Multiroom-System mit Soundbar HW-H751 von Samsung

Ein Star am Himmel des Multirooms ist in punkto Funktionalität und Design sicherlich Samsungs R7 (WAM7500). Der 360°-Lautsprecher ist derzeit (Stand: 2016) mit knapp 400 Euro der preiswerteste in diesem Bereich und dennoch qualitativ hochwertig. Denn er wurde von keinem geringerem als dem Audio-Geek Allan Devantier entwickelt, der 22 Jahre bei Harman/Kardon gearbeitet hat und von Samsung abgeworben wurde – mit dem selbsterklärten Ziel: „We wanna help Samsung become the No. 1“. Bei solch einem Slogan horchen natürlich die Anbieter der vergleichenden Warentests sofort auf. Computer-BILD testete im August 2015 die Rundum-Lautsprecher WAM7500 und WAM6500 aus dem Hause Samsung und kam dabei auf gute Ergebnisse.

360° Sound und Sie mittendrin

Im Gegensatz zu anderen Speakern sorgt das Wireless Audio 360 System für gleichmäßige Klangverteilung im gesamten Raum. Erleben Sie hervorragenden Sound, wo immer Sie sich im Raum befinden.



Abbildung 419: Wireless Audio 360 System von Samsung (www.samsung.com)

Vor allem überzeugen die 360°-Systeme von Samsung durch ihre Vielseitigkeit und das ansprechende futuristische Design. Der Klang ist dabei keine Nebensache und wird von Computer-BILD ebenfalls als positiv bewertet. Via WLAN und Bluetooth lässt sich das schier unbegrenzte Angebot der Streaming-Dienste und Internetradio-Anbieter vom Smartphone oder Laptop übertragen. Wer einen Samsung-Fernseher hat, kann hier auch den TV-Sound drahtlos

zuspielen. Die einzige Schwachstelle sind die Apps, hier wird aber sicherlich in nächster Zeit nachgebessert.

Heimkino: Beamer/Leinwände

Zum Bereich des Heimkinos zählen schon längst nicht mehr nur die riesengroßen Flachbildschirme und das entsprechende Video-Equipment, wie Tuner, Receiver und Player. Auch die Heimkinoprojektoren sind nicht einfach nur Beamer, die bei Vorträgen oder Publik Viewing eingesetzt werden und somit den guten alten Dia-Projektor ersetzen. Spätestens seit 2015 genießen sie den Status, eine exklusive Alternative zum heimischen Flachbildfernseher zu sein.

Auch hier wächst das Angebot sowie die Nachfrage und gemeinsam mit ihr die Vielfalt der Geräte und Technologien. Grundsätzlich unterscheidet man bei Projektoren/Beamern zwischen den Standards LCD und DLP beziehungsweise DLP/LED sowie der neuen SXRD-Technologie.

LCD-Technologie

Ähnlich wie bei den Flachbildschirmen handelt es sich bei der Bezeichnung LCD um Flüssigkristalle. Das heißt, mithilfe eines transparenten Flüssigkeitsfilms wird das Bild projiziert. Das Prinzip selbst gleicht dem klassischen Diaprojektor, nur dass anstatt eines Dias sogenannte Aktivmatrix-Flüssigkristallanzeigen zum Einsatz kommen, die durch Dünnschichttransistoren angesteuert werden. Für jede Grundfarbe werden hier in der Regel drei voneinander getrennte LCD-Matrizen verwendet, wobei mithilfe von dichroitischen Spiegeln das Bild zusammengefügt wird (3LCD-Technik). Um die Farbbalance und eines besonders hohe Helligkeit erzeugen zu können, werden in hochwertigen Geräten optische Einheiten mit vier separaten LCD-Matrizen verwendet. Neben den Grundfarben (Rot, Grün, Blau) ist somit eine lichtstarke Darstellung der Farbe Gelb möglich, was Helligkeitsverluste minimiert.

Weniger Helligkeit und eine geringe Auflösung bieten Geräte mit nur einer Flüssigkristallanzeige. Wie bei Flachbildschirmen werden hier die RGB-Farben nebeneinander angeordnet. Die Vorteile bei LCD-Projektoren liegen klar auf der Hand: sie sind relativ preiswert. Die Modelle sind klein und zeigen gegenüber Ein-Chip-DLP-Projektoren der gleichen Lichtleistungsklasse eine bessere Farbtintensität. Aufgrund der scharf abgezeichneten Pixelstruktur gewährleisten sie eine gute Lesbarkeit bei Texten und Grafiken. Andererseits können die abgegrenzten Bildpunkte auch als störend wahrgenommen werden. Bei der Wiedergabe muss interpoliert (nachjustiert) werden, da die LCD-Matrizen eine feste Auflösung haben und hier eine automatische Anpassung nicht erfolgt. Diese Nachteile treten jedoch vermehrt bei älteren Modellen auf, genau wie der

sogenannte Nachzieheffekt, der im Rahmen der TV-Displays bereits beschrieben wurde. Dasselbe gilt für das Einbrennen, wobei dieser LCD-Memory-Effekt vornehmlich bei Verwendung von Polarisationsfolien mit organischen Flüssigkristallen infolge der hohen Lichtintensität auftreten.



Abbildung 420: LED-Projektor PA1000 von LG

Seit 2008 werden vermehrt anorganische LCD-Panels verwendet, bei denen das Einbrennen nicht mehr vorkommen soll, jedenfalls wenn man den Herstellern Glauben schenkt. Dadurch steigt die Lebensdauer und der Kontrast sowie das Farbspektrum bleiben länger erhalten. Darüber hinaus sind die Lampen sehr staubanfällig. Um die sowieso schon nicht unbegrenzte Betriebsdauer der optischen Einheit nicht vorsätzlich zu verkürzen, sollte man bei der Projektion auf die Umgebung achten. Ist diese durch Staub oder Rauch negativ beeinflusst, lässt auch die Bildqualität des Beamers schnell nach.

DLP/LED-Technologie

Streng genommen handelt es sich bei diesem Verfahren nicht direkt um eine Projektion, wie sie in der physikalischen Optik definiert wird. Im Gegensatz zu anderen Verfahren wird ein reales Bild bei der DLP-Technologie (Digital Light Processing) nicht direkt und unmittelbar auf optischem Wege abgebildet, sondern erst innerhalb des Projektionsweges erzeugt. Dabei werden digitale Bilder auf einen Lichtstrahl aufmoduliert, ähnlich wie auch bei der Laserprojektion. Das Herzstück besteht deshalb aus einer rechteckigen Anordnung von beweglichen Mikrosiegeln, die den Lichtstrahl in Pixel zerlegen und reflektieren. Dieses Prinzip der Spiegel-Matrix wird auch als Digital Micromirror Device (DMD) bezeichnet.



Abbildung 421: BenQ SX914 DLP-Projector

Die sogenannten DMD-Chips reagieren sehr schnell. Jeder Mikrospiegel kann einzeln verstellt werden und seinen Winkel bis zu 5000 Mal pro Sekunde verändern. Eine schnelle Bildfolge ist also kein Problem. Nachzieheffekte unmöglich. Je nach Auflösung variiert die Anzahl dieser Spiegel. Moderne DLP-Projektoren sind mittlerweile mit Auflösungen von bis zu 4160×2080 Pixel erhältlich. Im Vergleich zu den LCD-Panels sind DMD-Chips darüber hinaus länger haltbar, haben eine höhere Ausgangslichtleistung und eine weichere Rasterung des Bildes.

Natürlich hat auch hier die Medaille zwei Seiten. Da die Spiegel unterschiedlich angesteuert werden, kann sich in dunkleren Bildbereichen ein Rauschen zeigen. Hinzu kommen sogenannte Regenbogeneffekte, die vor allem bei älteren Geräten und an kontrastreichen Übergängen bei schneller Bildfolge auftreten. Ursache dafür ist das in DLP-Projektoren verwendete Farbrad und dessen Drehzahl. Ist diese zu gering, werden die Grundfarben des Farbrades an Konturen sichtbar, der Regenbogeneffekt entsteht. Insofern können nicht alle DLP-Projektoren eine präzise Farbtreue garantieren und weisen vor allem bei sattem Grün aber auch bei Rot- und Orange-Tönen gewisse Schwächen auf.

Allerdings gibt es auch hier eine Hybrid-Technologie. Seit einigen Jahren sind LED-DLP-Projektoren auf dem Markt, die anstelle eines Farbrades drei Sätze verschiedenfarbiger LEDs verwenden. Nach Angaben der Hersteller kommt es aufgrund der höheren Schaltgeschwindigkeit der LEDs zu schnellen Farbwechseln, was die Regenbogeneffekte minimieren soll.



Abbildung 422: LED/DLP-Projektor PF80G von LG

Testsieger 2015 im DLP-Bereich wurde übrigens der BenQ TH681, welcher alle Bewertungskriterien erfüllt und somit volle Punktzahl beziehungsweise die Note 1 erhielt. Generell kann man aber sagen, dass die Geräte von BenQ und Acer in den Bewertungen weit vorn und allesamt in punkto Auflösung, Helligkeit, Kontrast, Gewicht und Lebensdauer nicht beieinander liegen. Nur die Preise gehen bei den Herstellern weit auseinander. Für unter 700 Euro ist beispielsweise der DLP-/Full-HD-/3D-Projektor BenQ TH681 zu haben.



Abbildung 423: DLP-/Full-HD-/3D-Projektor BenQ TH681

Für die Luxusklasse von Acer muss man hingegen das Doppelte ausgeben und für PT DZ770ELK von Panasonic sogar über 26.000 Euro hinblättern.

Hier wird deutlich, dass man für ein Heimkino durchaus viel Geld ausgeben kann. Entscheidet man sich für die Luxusvariante, ist man schnell bei einer Gesamtsumme von 100.000 Euro. Doch wer kann sich das schon leisten? Preiswerter geht es hier beispielsweise auch mit dem Modell H6517ST aus dem Hause Acer. Hierbei handelt es sich ebenfalls um einen DLP-Projektor, der mit 1920 x 1080 Pixel auflöst und über 2 Meter Diagonale schafft, wobei er nur

einen Meter Abstand benötigt. Der Kontrast von 10.000:1 könnte besser sein, aber alles Gute ist eben nie beisammen. Für Einsteiger könnte dieses Gerät eine Option sein, zumal dieser Acer-Beamer für unter 700 Euro ein echtes Schnäppchen darstellt (Stand: 2015).

SXRD-Technologie

Das von Sony entwickelte SXRD-Panel kombiniert die Vorteile der DLP- und LCD-Technologie. Das sogenannte Silicon X-tal* Reflective Display arbeitet mit der Lichtmodulation und einem sogenannten Polarisator-Flüssigkristall-Polarisator. Hierbei fällt das Licht der Projektorlampe durch eine Polarisationsfolie sowie Flüssigkristallschicht und trifft anschließend auf eine reflektierende Fläche aus Silizium, die mit Aluminium beschichtet ist. Dies erhöht den Reflexionsgrad. Das Licht durchläuft dabei doppelt die Flüssigkristallschicht, die sich quasi direkt auf dem Siliziumchip befindet. Deshalb spricht man in diesem Zusammenhang auch von einer LCoS-Struktur (Liquid Crystal on Silicon), deren Grundprinzip die Basis für Sonys SXRD-Technologie bildet. Zu den Neuerungen gehört unter anderem die sehr hohe Pixeldichte. SXRD-Chips realisieren bei 4K-Digitalkino-Projektoren eine Auflösung von 4096x2160 Bildpunkten und bieten auch im Heimkinomarkt identische Kenndaten. Die Zwischenräume der Bildpunkte betragen sowohl bei 4K als auch bei Full HD lediglich 0,35 µm, was den Nutzanteil der Pixelfläche sowie die Lichtausbeute extrem erhöht. Selbst bei hoher Lichtleistung ist aufgrund der Siliziumstruktur eine bessere Kühlung möglich. Insofern arbeiten Projektoren mit SXRD-Chip weitaus leiser.

Auch in punkto Verschleiß kann die SXRD-Technologie trumpfen. Die speziellen anorganischen Dünnfilm-Alignment-Schichten sowie die sogenannte Vertical-Alignment-Struktur verhindern unnötigen Lichtdurchgang und erhöhen damit die Lebensdauer der optischen Einheit. Da unter anderem Streulicht vermieden wird, ist auch der Schwarzwert eines SXRD-Panels sehr niedrig und realisiert damit einen hohen nativen Kontrast.

Auf der IFA 2015 in Berlin stellte beispielsweise Sony gleich drei neue Heimkinoprojektoren vor, die seit Oktober desselben Jahres auf dem Markt erhältlich sind. In den neuen Sony-Modellen VPL-VW520ES, VPL-VW320ES und VPL-HW65ES stecken moderne SXRD-Panels und eine Vielzahl an Funktionen, die immer mehr Wohnzimmer in kleine Kinosäle verwandeln.



Abbildung 424: Heimkinoprojektor von Sony

Schon die Vorgänger-Modelle VPL-VW500ES und VPL-VW300ES waren nicht nur bei eingefleischten Heimkinofans sehr beliebt, vor allem weil sie mit äußerst langlebigen Lampen ausgestattet waren. In den Neulingen wurde das Beleuchtungsmaterial noch einmal verbessert. Die neuen Lampen sollen nun 6.000 Stunden lang scharfe Bilder mit hoher Lichtleistung und starken Kontrasten liefern. Darüber hinaus erzeugen die Projektoren VPL-VW520ES und VPL-VW320ES Bilder in packender UHD/4K-Auflösung. Grund dafür sind fortschrittliche SXR-Panel, die für ein natives 4K-Bild ohne künstliche Pixeloptimierung sorgen. Eine satte und akkurate Farbwiedergabe ermöglicht die hauseigene TRILUMINOS-Technologie von Sony. Bewegungsunschärfen werden mithilfe der Motionflow-Technologie reduziert, sodass selbst bei schnellen Actionszenen rasante Bilder mit hoher Klarheit entstehen.

Außerdem ist das Sony-Modell VPL-VW520ES via HDMI-Input in der Lage, HDR-Inhalte mit einem dynamischen Kontrastverhältnis von 300.000:1 wiederzugeben. Das gewährleistet hohen Kontrast, satte Schwarzwerte und einen sehr guten Dynamikbereich. Damit Filmfans noch besser in den Genuss kommen können, in das Geschehen auf der Leinwand einzutauchen, arbeitet Sony daran, die HDR-Technologie auf alle Geräte dieser Produktgruppe zu erweitern.



Abbildung 425: Heimkinoprojektor VPL-VW520ES von Sony (Anschlüsse)

Doch das ist noch nicht alles. Die Multitalente VPL-VW520ES und VPL-VW320ES verfügen über die nötigen Anschlussoptionen im aktuellen HDMI-Standard, über HDCP 2.2 und sind internetfähig. Somit können Filmfans auch aktuelle 4K-Inhalte von Streaming-Diensten genießen. Außerdem erzeugt ein integrierter 3D-HF-Sender ein starkes Funksignal für größere Reichweite und sorgt so für stabile 3D-Synchronisation. Und falls die Farbbrillanz nicht hundertprozentig den individuellen Ansprüchen der Nutzer entspricht, können diese über ein ebenfalls integriertes Tool zur Farbkorrektur den Farbton, die Sättigung oder Helligkeit jeder Farbe sowie den RGB-Farbraum speziell an ihre persönlichen Wünsche anpassen.

Wer nicht ganz so tief in die Tasche greifen möchte, der kann auch auf den neuen Full-HD-Projektor von Sony (VPL-HW65ES) zurückgreifen, der ebenfalls bei der IFA 2015 vorgestellt wurde. Bis auf die geringere Auflösung verfügt dieser Projektor an sich über ähnliche Features wie die UHD-Modelle. So ist die Lampe für 6000 Betriebsstunden genauso enthalten wie die SXRDPanelschichttechnologie, der integrierte HF-3D-Sender, eine USB-Update-Funktion und IP-Steuerung für die flexible Integration ins heimische Netzwerk.

Außerdem garantiert nicht zuletzt Sonys Reality Creation in der zweiten Generation eine gewisse „künstliche Intelligenz“, die verloren gegangene Bildinformationen weitgehend restaurieren und etwaige Artefakte vermindern kann und somit die Detaildarstellung verbessert. Alles in allem bietet Sony mit seinem Modell VPL-HW65ES ein Full-HD-Heimkino-Erlebnis zu einem erschwinglichen Preis.

D-ILA-Technologie

Auf der IFA 2016 präsentierte JVC seinen ersten 4K-Beamer, der mit dualer Lasertechnologie „BLU-Escent“ native Bildqualität im echten 4K-Cinemaformat (4.096 x 2.160 Pixel) realisieren soll. Der JVC DLA-Z1 wird voraussichtlich im Dezember 2016 auf den deutschen Markt kommen. Einige technische Features sind bereits bekannt. Hierzu gehören die aktuelle Laser-Licht-Quelle, das von JVC bereits beantragte THX-4K-Zertifikat sowie eine achtzigprozentige Abdeckung des Farbraums gemäß BT.2020. In einem Werbefilm hierzu verspricht JVC neue „Maßstäbe hinsichtlich Brillanz, Schärfe und Natürlichkeit“. Diese gelten augenscheinlich auch für den Preis, der bei 35.000 Euro liegen soll.



Abbildung 426: JVC-Teaser zur Präsentation des JVC DLA-Z1 zur IFA 2016

Darüber hinaus sind die folgenden technische Details bekannt, welche allerdings bis Reaktionsschluss noch nicht verbindlich festlagen (Stand: 2016).

Auflösung: 4K-Cinema (4.096 x 2.160 Pixel)

Helligkeit: 3.000 Lumen

Lebensdauer: 20.000 Stunden

Dynamischer Kontrast (infinity:1)

Objektiv: 18 Glaslinsen/16 Gruppen mit 100 mm Durchmesser

Zoom: 1.4 zu 2.8:1 (motorisiert mit horizontalem/vertikalem Lens-Shift)

2 x HDMI (HDCP 2.2)

Multiple Pixel Control (MPC) mit Auto Mode (maximal 4K60P 4:4:4)

HDR: HDR-10 und HLG

Motion Enhance: 2D/3D, 4K9 inklusive Clear Motion Drive (CMD)

Abmessungen: 50 x 72 x 21,5 cm/Gewicht: 39 kg

Der JVC DLA-Z1 soll über ein 4K-D-ILA-Panel verfügen. Gemeint ist damit eine Weiterentwicklung der ILA-Technik (Image Light Amplifier), welche sich vor allem durch eine hohe Auflösung und Helligkeitswerte auszeichnet. Insbesondere große Projektionen lassen sich hiermit realisieren. Das D in der Bezeichnung der Nachfolger-Technologie ist eigentlich ein Doppel-D und steht für „Direct Driven“ und ist ebenfalls im High-End-Bereich zu finden, also im oberen Preissegment (zwischen 10.000 und 40.000 Euro).

Mit D-ILA sind die Röhren definitiv passé. Ähnlich der LCD-Technologie wird hier das Licht mithilfe von Linsen auf die einzelnen Farbsegmente verteilt. Bereits seit 1997 arbeitet JVC an Projektoren mit D-ILA-Technologie, die ebenfalls auf Basis von Flüssigkeitskristallen funktioniert, sich aber dennoch von der klassischen LCD-Technologie unterscheidet. Neben JVC nutzt auch Sony die D-ILA-Technologie in seinem 4K/HDR-fähigen Modell VPL-VW520ES, das es übrigens schon für gute 10.000 Euro gibt und im Mai 2016 von testberichte.de mit der Note „sehr gut“ bewertet wurde.

Ebenfalls auf der IFA 2016 präsentierte Sony seinen neuen 4K-Projektor VPL-VW550ES mit verbesserter Kontrastwieder. Die Weiterentwicklung des Vorgängermodells aus dem Jahre 2015 (VPL-VW520ES) unterstützt HDR-10 und HLG und wird ab Oktober 2016 für knapp 1.000 Euro auf dem Markt kommen.



Abbildung 427: VPL-VW550ES (www.sony.de)

Auch wenn die Hersteller wie Sony insbesondere während der IFA 2016 mit ihren Neuheiten werben, muss man die Unterschiede zu den Vorgängermodellen nicht nur bei den Projektoren mit der Lupe suchen. Die Hardware bleibt in weiten Teilen dieselbe. Beim aktuellen Modell VPL-VW550ES erhöht sich der dynamische Kontrast von 300.000:1 auf 350.000:1 – ein

Fortschritt, aber keine Revolution. Auch die Lichtleistung bleibt bei 1.800 Lumen genauso wie die Lebensdauer der Lampen, die weiterhin bei 6.000 Stunden liegt. Natürlich kann sich der Neue aus dem Hause Sony durchaus mit der Konkurrenz messen. Neu sind hingegen die HDMI-Eingänge in der Version 2.0a, die HDCP 2.2/H.265 unterstützen und somit für die Verarbeitung von 4K/HDR-Inhalten ausgelegt sind.

Interessant dürfte hier ein Blick auf die Konkurrenz sein. Neben JVC werben auch andere Hersteller mit ihren 4K-fähigen Modellen. So beispielsweise Acer (V9800), Hinsense mit seinem 4K-Laser-Cast-Beamer oder aber Optoma mit einem aktuellen 4K-Laser-Kurzstanz-Projektor, der voraussichtlich im Frühjahr 2017 auf den Markt kommen soll.

Wichtige Parameter

Beim Kauf eines Projektors beziehungsweise Beamers sollte man vor allem auf die Anschlüsse (vgl. Kapitel UHD-Standards bei Schnittstellen) aber auch auf bestimmte Features Wert legen. Hierzu gehören natürlich der Kontrast, die Auflösung, garantierte Betriebsstunden der Lampe, Gewicht und Maße sowie die Möglichkeit der Deckenmontage. Darüber hinaus sollte auf den Lichtstrom geachtet werden, der in Anlehnung an das ANSI-Verfahren im Labor ermittelt wurde. Dieser wird von den Herstellern in Lumen (lm) ausgewiesen, wobei gilt: je höher der Wert, desto heller erscheint das Bild. Typische Angaben finden sich zwischen 500 und über 2000 (ANSI)-Lumen. Natürlich ist der Kontrast wichtig, dessen Wert nicht unter 10.000:1 liegen sollte, und die Gammaabweichung, die in Prozent angegeben wird. Hierbei gilt: je niedriger der Wert, desto besser werden sowohl in hellen als auch in dunklen Szenen Details dargestellt.

Neben der Bilddiagonale und dem maximalen Zoomfaktor ist natürlich der Projektionsabstand nicht zu unterschätzen. Auf den Markt strömen immer mehr sogenannte Kurzstanz-Beamer oder sogar Ultrakurzstanz-Beamer, wie Philips LED-Mini-Beamer mit Android-OS, der sich vor allem für kleine Räume eignet. Mit nur zehn Zentimetern Abstand zur Projektionsfläche soll der Philips HDP1590TV Screeneo ein Bild von 50 Zoll erzeugen. Bei 44 Zentimetern vergrößert sich die Bilddiagonale immerhin auf 100 Zoll (254 Zentimeter).

Die sogenannte Ultra-Short-Optik bietet auch das Modell PF1000U aus dem Hause LG - ein reiner LED-/Full-HD-Beamer, der bereits einen DVB-T2-Tuner enthält. Er erreicht eine Bildbreite von etwa zwei Metern bei einem Abstand von 60 Zentimetern. In diesem Zusammenhang sei auf ein weiteres Feature hingewiesen, das bisher nur von Smartphones oder Tablets mit Android-Betriebssystem bekannt war: die Screen Share Funktion (früher: Miracast) für die kabellose Bild- und Ton-Übertragung. Im Zeitalter des Online-Streamings

eine praktische Funktion, mit der man von einem Gerät (engl. Device) direkt auf den Beamer übertragen kann.

Leinwände

Apropos übertragen: zu einem grandiosen Projektor gehört natürlich auch die entsprechende Leinwand. Und hier sind wir schon längst meilenweit entfernt vom ausrollbaren Etwas, das wir noch aus unserer Schulzeit kennen. Moderne Großbildprojektionen können selbst bei Tageslicht oder künstlicher Beleuchtung in all ihrer Brillanz wahrgenommen werden. Dank High-Tech-Material im Leinwandtuch. Auch optisch kann man die aktuellen Leinwände kaum noch von einem XXL-Fernseher unterscheiden.



Abbildung 428: HD Progressive 0.9 von Da-Lite (www.projectorscreen.com)

Auf dem Markt sind gleich mehrere Hersteller international unterwegs. Nur die wenigsten bringen allerdings Qualität zu einem guten Preis. Die Fachzeitschrift HDTV hat in ihrer Sonderausgabe (5/2015) verschiedene Modelle auf Herz und Nieren geprüft. Vom Design fällt die Leinwand HD Progressive 0.9 von Da-Lite im wahrsten Sinne des Wortes ins Auge. Das Leinwandtuch wird hier fest um einen Rahmen gespannt, Zierblenden sorgen für den nötigen Halt und den versprochenen TV-Look. Der Bildrahmen misst gerade einmal sechs Millimeter und ist somit tatsächlich kaum noch von einem Flachdisplay zu unterscheiden.

Neben einer fulminanten Bilddiagonale von 205 Zentimetern und dem stabilen Rahmenkonzept (UTP Contour) ist die Leinwand von Da-Lite auch noch im unteren Preissegment zu finden und kostet je nach Größe und Beschaffenheit (Stand: 2016) zirka 1.000 Euro. Im Gegensatz zum Flachbildfernseher hängt hier ein nahezu weißes XXL-Rechteck an der Wand, das brillante Farben ermöglicht. Lediglich an der Schwarzdarstellung hapert es, jedenfalls bei Tageslicht. Jedoch wird der Kontrasteindruck besser, wenn der Raum abgedunkelt wird. Dafür muss der Projektor nicht neu kalibriert werden und die Sitzordnung ist fast egal.



Abbildung 429: Rahmenleinwand Frame Vision Light ReAct 3.0 von Draper

Mehr Kontrast unter Tageslichtbedingungen erhält man mit der Rahmenleinwand Frame Vision Light ReAct 3.0 aus dem Hause Draper. Und preiswerter ist sie mit ca. 1000 Euro noch dazu. Der klare Tageslichtvorteil ist in der grauen Beschichtung begründet, welche allerdings auch ihre Nachteile hat. Der Sitzabstand sollte mindestens eine anderthalbfache Distanz betragen, sonst könnte das Muster der Leinwand während der Projektion als störend empfunden werden.

Da man aber in der Regel nicht mit der Nase direkt davor sitzt, überwiegt die überwältigende Schwarzdarstellung, die Plastizität der Farben und nie geahnte Bilddetails. Darüber hinaus wird eine sonst übliche gelbliche Verfärbung bei einfallendem Sonnenlicht konsequent vermieden. Punktabzug gab es von der Redaktion der Zeitschrift HDTV für Kontrast- und Brillanzverlust bei seitlicher Betrachtung sowie das Rahmendesign. Hier wurde nur billiger Kunststoff anstatt Metall verwendet. Darüber hinaus ist die Spannvorrichtung nicht optimal, sodass es mehr als schwerfallen kann, das Tuch perfekt in Form zu bringen.

Ganz anders kommt da die Leinwand der Firma Screen Innovation daher. Denn der Name ist Programm. Das Material von Black Diamond 1.4 ist nicht nur sehr dunkel, sondern vor allem überaus stabil. Anders als herkömmliche elastische Leinwandtücher ist dieses Modell nicht flexibel, weil es aus mehreren Schichten besteht. Aufgrund dessen ist eine vollständige Bildwiedergabe bei Tageslicht realisierbar, Farbbrillanz und Schwarzdarstellung mit Abstand am besten. Abstriche gibt es aber auch hier, wenngleich diese minimal ausfallen.



Abbildung 430: Leinwand „Black Diamond“ von Screen Innovations

Durch die Spezialbeschichtung entstehen Glitzereffekte und Musterstrukturen, die bei einem etwas größeren Abstand allerdings nicht mehr auffallen. Insofern sind auch hier Blickwinkel und Position ein kleines Problem, weshalb ein zweifacher Sitzabstand und eine direkte Sicht empfohlen werden. Aufgrund der kühlen Farbgebung könnte gegebenenfalls neu kalibriert werden. Die Redaktion von HDTV gab der Black Diamond 1.4 von Screen Innovation dennoch volle Punktzahl und die Highlight-Auszeichnung 5/2015, weil sich insbesondere Videospiele und Animationsfilme hier von ihrer besten Seite zeigen können.

Und damit sie dies tun, sollte man ein bisschen Zeit investieren und sich dem optimalen Sitzabstand zu widmen. Die gute Nachricht ist, wie weit und in welchem Winkel man zur Leinwand sitzt, hängt vornehmlich von den persönlichen Vorlieben, den individuellen Möglichkeiten, der Qualität des Beamers und der Leinwand ab (vgl. hierzu die vorhergehenden Ausführungen). Insofern sind Empfehlungen wenig hilfreich. Grundsätzlich sollte man auch hier die menschliche Wahrnehmung berücksichtigen und insbesondere unser Sichtfeld (horizontal und vertikal).

Zur Wiederholung: Beim binokularen Sehen (linkes plus rechtes Auge) eines Erwachsenen beträgt das Gesichtsfeld in seiner horizontalen Ausdehnung maximal 180 Grad, der vertikalen Ausdehnung hingegen 60 Grad nach oben und 70 Grad nach unten. Da nur im Zentrum des Sichtfeldes scharf gesehen werden kann, reduziert sich zum äußeren Rand hin die Wahrnehmung insbesondere bei sich bewegendem Objekten sowie der Mustererkennung, die hier kaum mehr möglich ist.

Deshalb gilt: je größer die Leinwand, desto größer der Sitzabstand. Oder umgekehrt hängt die Größe der Leinwand von der Größe der Räumlichkeit ab. Es macht also wenig Sinn, sich eine 3-Meter-Leinwand in ein Zimmer zu hängen, wenn selbiges nur „briefmarkengroß“ ist.

Virtual Reality

Last but not least soll im Zusammenhang mit „Bildwiedergabesysteme → NEXT GENERATION“ noch ein weiteres Kapitel aufgeschlagen werden, das diese Bezeichnung mehr als verdient.

Natürlich ist die Idee, eine virtuelle Umgebung zu schaffen, an sich nicht neu. Schon in den 1950er Jahren wurde diesbezüglich experimentiert. Spätestens seit den 1970er Jahren kennen wir die 3D-Brille, wenngleich diese nicht mehr im Geringsten mit der modernen Technologie zu vergleichen ist. Unter dem Stichwort „virtual reality“ verbirgt sich nicht nur der absolute Kick für Gamer, die nun endlich vom Sessel aufstehen müssen, um in die dreidimensionale Spielwelt eintauchen zu können.



Abbildung 431: VR-Brille "Project Morpheus" für PS4 von Sony

Auch in der Medizin bedeutet die 3D-Animation eine großartige Chance. Der virtuose Chirurg fällt schließlich nicht einfach so vom Himmel, die professionelle Durchführung minimal-invasiver Eingriffe erfordert eine äußerst präzise und sorgfältige Ausbildung. Dabei ist es zwingend erforderlich, dass nicht direkt am lebenden Objekt herumgeschnippelt wird, sondern Szenarien-Trainings absolviert werden, die einen hohen Grad an Realismus aufweisen sollten.

Virtuelle Techniken sind insofern von großem Nutzen und kommen in Form von 3D-Visualisierung und 3D-Interaktion bereits heute in zahlreichen medizinischen Anwendungsfeldern erfolgreich zum Einsatz. Insofern bietet die virtuelle Realität nicht ausschließlich für Gamer einen Ort, in dem man sich bewegen, fühlen und sehr viel erfahren kann. Allerdings zielt der Trend im Entertainmentbereich natürlich vorrangig auf die Gamer ab, wobei die neuesten Entwicklungen zeigen, dass hier weit mehr drinsteckt, als nur „Minecraft“ oder „Call of Duty“. Natürlich ist die Gamer-Community eine dankbare und vor allem zahlungswillige Zielgruppe, weshalb immer mehr Hersteller auf der VR-Welle mitschwimmen wollen.

Die großen Leader im Gamer-Hardwaresektor (Sony und Microsoft) haben natürlich mit PS4 (Project Morpheus), Xbox und Hololens einen gewissen Heimvorteil. Aber tatsächlichen Kultstatus besitzt wohl schon jetzt das Startup Oculus. Im Jahre 2012 gründete Palmer Luckey das Unternehmen und sammelte über die Crowdfunding-Plattform Kickstarter sagenhafte 2,5 Millionen US-Dollar, um seine VR-Brille für den PC zu entwickeln. Nur zwei Jahre später gibt der Medien-Kollos Facebook bekannt, dass er Oculus VR mit zwei Milliarden US-Dollar unterstützt. 2016 soll der Verkaufsstart für das Serienmodell der Rift-Brille sowie Oculus Touch sein.



Abbildung 432: Oculus Rift und Oculus Touch (www.oculus.com)

Darüber hinaus hat sich die Firma Samsung die Oculus-Technologie zunutze gemacht und bringt seit einigen Jahren die Samsung Gear VR heraus, die von Oculus mitentwickelt wurde. Ganz ohne Spielkonsole (z.B. Xbox oder PS4) funktioniert diese VR-Variante mit dem Smartphone. Ob Video, Game oder Fotos – das neueste Modell Gear VR Innovator Edition for S6 funktioniert per Clipfunktion mit dem Samsung S6 oder S6 Edge. Das Gear-Headset entführt seine Nutzer in eine virtuelle 360-Grad-Surround-Welt, die sich fast wie Kino anfühlt – nur eben mit mehr Privatsphäre und Individualität. Abgesehen davon partizipiert die VR-Brille powered by Oculus vom Quad-HD-Super-AMOLED-Display (2.560 x 1.440 Pixel) und dem Octa-Core-Prozessor des S6/S6 Edge.

Dank ausgefeilter Virtual-Reality-Technologie von Oculus folgt die VR-Brille den Kopfbewegungen seines Trägers und gibt Gamern so das Gefühl, mitten im Geschehen ihres Lieblingsspiels zu sein. Sich während eines Spiels umzudrehen, ist für viele sicherlich eine komplett neue Erfahrung. Navigiert wird im Übrigen über ein Samsung Gamepad oder andere Gaming-Controller auf Android-Basis.

Das 96°-Blickfeld garantiert aber auch einen einzigartigen Filmgenuss. Über die Cinema-App von Oculus können Film-Clips sowie Previews und sogar die Oberfläche des Mondes geladen werden. Die eigenen Videos aus der Mediathek oder per Stream erscheinen in einer völlig neuen Perspektive. Für den 360°-Effekt bietet Oculus ebenfalls eine App an, über die man virtuelle Helikopterflüge oder sogar Zeitreisen unternehmen kann.

Die DISCOVER Gear VR App Jetzt erhältlich

Die beste Art, DISCOVER zu erleben, ist ab jetzt im Oculus Store verfügbar: Klicken Sie einfach auf den Button, um den Download zu starten. Verbinden Sie anschließend Ihre Gear VR mit Ihrem Oculus-Account.

Jetzt die Gear VR App via Oculus Store herunterladen

Bald auch auf anderen Geräten verfügbar

DISCOVER läuft auf Smartphones mit einem Betriebssystem ab Android 4.4 sowie einer Displaygröße zwischen 3,3 Zoll (8,3 cm) und 5,6 Zoll (14 cm).



Abbildung 433: VR-App DISCOVER Gear powered by Oculus (www.samsung.com)

Kurzum: Alles, was wir aus Science-Fiction-Filmen oder -Büchern kennen, ist längst Realität. Ob virtuell, ultrahochauflösend, nativ, dreidimensional, rasend schnell oder brillant scharf – wir schreiben das Jahr 2016, die Zukunft ist heute.

Professionelle Bildeinstellungen

Fast schon in Vergessenheit geraten sind die alten Röhrenfernseher mit dem FuBK-Testbild im 4:3-Bildformat. Seit der Erfindung des Fernsehens war es üblich, ein Testbild auszustrahlen. Im Jahre 1997 stellte auch der letzte deutsche TV-Sender (hr-Fernsehen) das regelmäßige Testbild ein. Heute kennen Kinder und Jugendliche nur noch Rund-um-die-Uhr-TV und damit ein solches Testbild (wenn überhaupt) nur noch aus dem Museum. Das Testbild der Funkbetriebskommission (FuBK) diente natürlich nicht ausschließlich dazu, die Sendepausen zu überbrücken, sondern ursprünglich die interne Übertragung des Bildmaterials von der Aufnahmekamera bis zu den einzelnen Antennen zu überprüfen. Aber auch die Kundschaft nutzte seinerzeit dieses Testbild für den direkten Bildvergleich beim Neukauf eines Röhrenfernsehers.

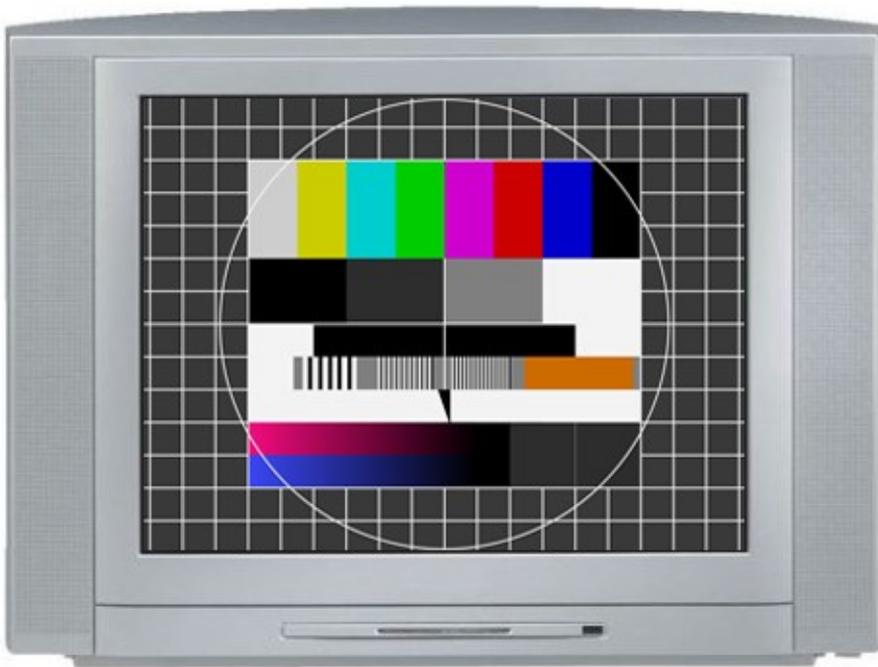


Abbildung 434: FuBK-Testbild

Auch und vor allem Fernsehtechniker bedienten sich damals dieser Möglichkeit, um nach erfolgter Reparatur mithilfe des Testbildes den Fernseher optimal abzugleichen und einzustellen. Heute gibt es weder Sendepausen noch werden TV-Geräte allgemein repariert. Auch das Testbild ist im Laufe der Jahre verschwunden, nicht zuletzt um Platz für die Frequenzen der privaten TV-Sender frei zu machen. Dabei ist im Zeitalter der ultrahochoflösenden

Bildinformationen die optimale Bildeinstellung und damit eine entsprechende Referenz eigentlich wichtiger denn je. Eigentlich!

Kaum jemand weiß, dass es heute überhaupt noch Testbilder gibt – geschweige denn, welchen großen Nutzen sie bringen können. Dabei macht es durchaus Sinn, die Bildqualität diverser Wiedergabesysteme zu prüfen und natürlich auch zu optimieren. Wenn man schon eine Menge Geld für ein Fernseher oder Projektor ausgibt, dann sollte das jeweilige Gerät schließlich auch perfekt funktionieren. Um nun also aus dem neuen UHD-TV oder -Beamer das Bestmögliche herauszuholen, eignen sich aktuelle 4K-Testbilder, die schon für unter 20 Euro als Download erhältlich sind. Wer solche Referenzbilder einmal ausprobiert hat, wird überrascht sein, was in punkto Bildoptimierung alles möglich ist.

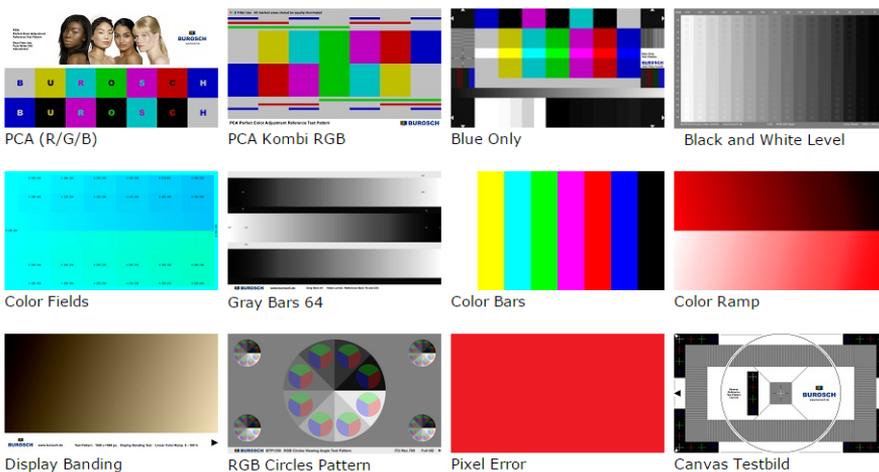


Abbildung 435: Testbilder und dynamische Videosequenzen der Firma BÜROSCH

Full HD- oder UHD-Bildschirme können in ihren zahlreichen Funktionen auf Herz und Nieren getestet werden. Dafür stehen klassische Referenzbilder und dynamische Videosequenzen zur Verfügung, um beispielsweise den Kontrast oder die Farben einzustellen oder aber störende Artefakte wie Banding-Effekte aufzuspüren. Denn nur eine visuelle Referenz kann letztlich die überwiegend subjektiv wahrgenommene Bildqualität optimal einschätzen und wenn möglich beeinflussen. Aufgrund der unterschiedlichen TV-Modelle und -Technologien aber auch weil das menschliche Auge nicht vergleichbar ist, können Bildeinstellungen nach „Schema F“ kaum vorgenommen werden. Und ein Fernseher, der alle Fehler präzise ausgibt und erläutert, der muss erst noch erfunden werden. Selbst die ausgefeilten Technologien in teuren Autos schaffen es nicht, klitzekleine Unstimmigkeiten aufzudecken. Der KfZ-Meister kann hier

nur mutmaßen, der Fernstechniker oder auch jeder TV-Liebhaber hingegen hat dafür entsprechende Testbilder.

Die Firma BUROSCH befasst sich seit ihrer Gründung im Jahre 1948 mit der Audio- und Videotechnik. Nach dem Zweiten Weltkrieg nutzte schon Josef BUROSCH die neuesten Erfindungen im Bereich der Radiotechnik. Unter dem Firmennamen "BUROSCH Admira Radio Apparatebau" baute und verkaufte er eigene Röhrenradios, die als sogenannte Einkreiser bekannt wurden.



Abbildung 436: BUROSCH-Schaufenster/Admira Röhrenradio/Inserat in der „Funkschau“ 1948

Mit der Übernahme des Geschäftes durch Klaus Burosch spezialisierte sich das Unternehmen auf die Entwicklung von Messgeräten für die Unterhaltungselektronik. Heute ist die Firma BUROSCH Marktführer in Bezug auf Referenz-Testsequenzen für die TV- und Beamer-Bildanalyse sowie die Bildoptimierung. Im Auftrag verschiedener Hersteller analysiert das unabhängige BUROSCH-TV-Testlabor mit modernsten Messgeräten die Bildqualität der neuesten Fernsehgeräte. Für die perfekte TV- und Beamer-Bildeinstellung nutzen Klaus und Andreas Burosch mit ihrem Team speziell für BUROSCH entwickelte Referenz-Testbilder, die mittlerweile quasi den Standard in der Unterhaltungselektronik darstellen. Viele Labore für vergleichende Warentests arbeiten mit diesen BUROSCH-Testbildern und dokumentieren damit immer wieder die mitunter schlechten TV-Werkseinstellungen mancher Hersteller. Unter ihnen sind diverse Testzeitschriften wie Chip, c` t, AVF-Bild, Video, SATVISION, HDTV, Audiovision, Digital-tested und weitere mehr. Darüber hinaus finden die BUROSCH-Testbilder ihren Einsatz bei der Qualitätskontrolle zahlreicher internationaler Industriefirmen (Panasonic, Sharp, Samsung, Sony, Metz, Philips, LG ...) und Laboren (ASIG, IRT, EBU, TÜV, LGA, OBL ...).



Abbildung 437: Andreas und Klaus Burosch im TV-Testlabor der Firma BUROSCH

Außerdem ermittelt das BUROSCH-Testlabor mit den standardisierten PSNR- und SSIM-Verfahren auch die Qualität eingesetzter Codecs sowie bestimmter Spezifikationen. Im Auftrag der European Broadcast Union in Genf oder auch des Instituts für Rundfunktechnik in München entwickelte das BUROSCH-Team die neue Referenz-Testsequenz EBU Tech 3320 und 3325 zur Beurteilung der Darstellung von dynamischen Motiven. Das BUROSCH-Testequipment kommt als Hardwarekomponente beispielsweise für die Messung der Schaltzeiten von LC-Displays, Referenz-Testbild-Generatoren oder aber als Software für die korrekte Messung des Kontrastumfangs von Displays zum Einsatz.



Abbildung 438: Andreas Burosch im TV-Testlabor der Firma BUROSCH

Doch selbstverständlich werden im BUROSCH-Testlabor nicht nur eigene Entwicklungen verwendet, sondern modernste Video- und Audioanalytoren namhafter Hersteller, wie zum Beispiel Sony, Hewlett Packard, Rohde & Schwarz, Tektronix, Quantum Data, Konica Minolta und viele mehr. Bei der Durchführung exakter Analysen und Displaykalibrierungen arbeitet BUROSCH unter anderem mit dem Spektroradiometer CS-2000 von Konica Minolta. Die im Hause BUROSCH entwickelten Testsequenzen dienen in vielen nationalen und internationalen Laboren als Maßstab für vergleichende Tests und werden weltweit von vielen Display-Herstellern in der Entwicklung, Qualitätskontrolle und auch im Service eingesetzt. Überdies gibt es verschiedene Kooperationen mit Forschungsinstituten, technischen Universitäten und Fachhochschulen.

Doch nicht nur Industriekunden profitieren von der jahrelangen Erfahrung, sondern auch der Privatanwender findet bei BUROSCH diverse Möglichkeiten, um die Bildqualität moderner TV-Geräte wesentlich zu optimieren. So bietet BUROSCH nicht nur für Full HD, sondern aktuell auch diverse Referenz/Test- und Realbilder zum Download im brandneuen UHD-Format an.



Abbildung 439: BUROSCH-Testbild „First Check“: schnelle Bildeinstellung aller TVs und Beamer

Wer sich also die Frage stellt, ob sein Fernseher tatsächlich zu einhundert Prozent das macht, was er tun soll oder ob vielleicht doch versteckte Bildreserven in ihm schlummern, der sollte seine Augen nicht länger quälen und sich lieber die Frage stellen: Warum ist das TV-Bild zu dunkel? Warum hat der Nachrichtensprecher so einen knalligen Sonnenbrand? Werden die Börsenkurse

am unteren Bildrand wirklich abgeschnitten? Wozu dienen die schwarzen Balken am seitlichen Bildrand? Seit wann zieht ein Tennisball wie ein Komet über den Platz? Warum wird das Ziffernblatt der Uhr neuerdings oval dargestellt? Und bekommt man vom vielen Fernsehen tatsächlich viereckige Augen?

Es ist kein Märchen, dass unsachgemäße Bildeinstellungen nicht vorteilhaft sind für unsere Sinnesorgane. Die Filmproduktion, die Sendeanstalten oder auch das TV-Gerät selbst sind in den wenigsten Fällen die Ursache für verschwommene, verzerrte TV-Bilder in bisweilen unnatürlichen Farben mit Klötzchen, Streifen oder Schlieren.

Nicht immer ist das vermeintlich schlechte Bild auf einen minderwertigen Fernseher zurückzuführen. Oft hapert es an einer optimalen Bildeinstellung. Warum also viel Geld ausgeben und schon wieder einen Neuen kaufen? Unabhängig von Hersteller, Modell und Technologie können die BUROSCH-Testbilder oder besser noch der kompakte BUROSCH-Install-Wizard via Blu-ray genutzt werden, die sowohl für Full HD- als auch UHD-Wiedergabegeräte zur Verfügung stehen. Sie eignen sich besonders zur visuellen und messtechnischen Kontrolle oder aber zur semiprofessionellen Bildoptimierung von Displays

- von Fernsehern, Beamern und anderen Bildschirmen
- für 2D- und 3D-Bildwiedergabe
- für alle Bildformate: 4:3, 16:9 und 21:9
- für alle Bildschirmgrößen: von 5 cm bis 4 Meter/3 Zoll bis 110 Zoll Bilddiagonale
- für alle Displayarten (CRT, LCD, LED, OLED, QLED, Curved etc.)
- für alle Bildauflösungen (Full HD mit 1920 x 1080 Pixeln, UHD TV mit 3940 x 2160 Pixeln oder UHD/4K für Cinema mit 4096 x 2160 Pixeln)
- Sonderauflösungen für Navigationsgeräte (480 x 800 Pixel) oder beispielsweise die Tacho-Navianzeige Daimler (von 960 x 540 bis zu 2880 x 1080 Pixel).

Die BUROSCH-Testbilder können eingesetzt werden für:

- den TV-Neukauf im Rahmen eines objektiven Gerätevergleichs,
- die Erstinstallation des neuen TV-Gerätes zu Hause,
- die jährliche Kontrolle der Bildqualität,
- den Servicefall nach erfolgter Reparatur.

Welche BUROSCH-Testbilder sind im Shop (www.burosch.de) erhältlich?

- TV-Tuning-Testbilder im Sofort-Download,
- BUROSCH Expert TV-Tuning Blu-ray-Disk,
- Professional Blu-ray-Test-Disk für den erfahrenen Labortechniker.

Drei Gründe für schlechte Bildqualität

1. Schlechte Werkseinstellung

Die Massenfertigung der TV-Geräte steht unter einem extremen Kostendruck und lässt deshalb keinen zeitintensiven und somit individuellen Abgleich zu. Nur der Preis zählt, was nicht zuletzt eine hohe Produktionsstreuung nach sich zieht, weil irgendwo für drei Cent billiger gearbeitet werden kann. Meistens werden Displays also an verschiedenen Standorten verbaut oder elektronische Bauteile eingelötet. Somit werden leider allzu oft die meisten Fernsehgeräte und Beamer werkseitig mit einer minderwertigen TV-Menüeinstellung verkauft, obwohl die Geräte selbst vielleicht sogar erstklassig sind. Eine optimale Bildqualität wird damit bereits im Keim erstickt und tritt in den meisten Fällen nie zu Tage, weil eben nicht professionell nachgeholfen wird.

2. Shop-Bildmodus

Der neue Fernseher wurde von einem Online-Magazin oder einer Fachzeitschrift mit „sehr gut“ bewertet und auch der erste Bildeindruck im Elektromarkt war super. Doch die Lichtverhältnisse (Neonlicht) im Elektromarkt sind längst nicht dieselben wie im heimischen Wohnzimmer. Der knallharte Verkaufsdruck und der Konkurrenzkampf zwingt Verkäufer und Hersteller, die TV-Geräte mit speziellen Shop-Bildeinstellungen anzubieten, um diese bunter und kontrastreicher im Vergleich zu anderen Fernsehern aussehen zu lassen. Die Vorfreude auf den neuen Fernseher ist groß, aber nach dem Auspacken zu Hause kommt die böse Überraschung. Aggressive Kontraste und unnatürliche Farben sind die Folge. Eine Änderung besagter Shop-Bildeinstellungen ist somit im Grunde unabdingbar.

3. Energiesparlabel

Das gesetzlich vorgeschriebene Energiesparlabel zwingt die TV-Hersteller zu „flauen“ Werkseinstellungen. Denn die verkaufsfördernden Angaben für beispielsweise das Energiesparlabel A+ können oft nur durch ein

kontrastschwaches Bild erreicht werden, weil der Energieverbrauch mit optimalen Bildeinstellungen zu hoch sein würde.

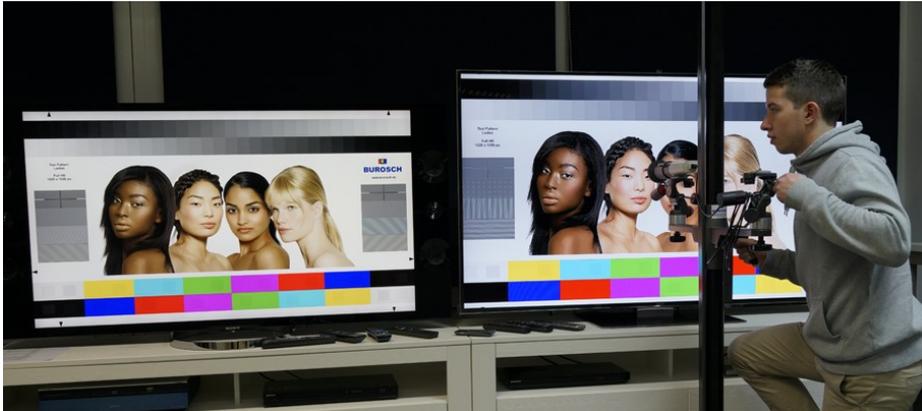


Abbildung 440: Bildvergleich der neuesten Ultra-HD/4K-Spitzenmodelle im BUROSCH-Testlabor

Im BUROSCH-Testlabor wurde hierzu ein Bildvergleich der neuesten UHD/4K-Spitzenmodelle von Sony und Samsung durchgeführt. Das Ergebnis: Leider zeigt sich Samsungs neuer 65 Zoll UHD-TV nicht von seiner besten Seite. Im Display mit Werkseinstellungen fällt sehr deutlich der aktive Overscan und die überzogen störende Bildschärfe auf.

Nach der Bildoptimierung mit den BUROSCH-Testbildern war das Samsung-Bild deutlich klarer. Und das ist keine Ausnahme. Nur wenige Fernseher zeigen mit den Werkseinstellungen ein optimales Bild. In der Fachzeitschrift „test“ (Ausgabe 12/2013) waren es gerade einmal 6 von 19, in der test-Spezial-Ausgabe „Fernseher“ nur 20 von 83. Bei etwa zwei von drei Geräten lässt sich das Bild aber meist mit einigen wenigen Handgriffen deutlich verbessern.

Die Testzeitschrift HDTV schrieb in ihrer Ausgabe 7/2013 (Seite 48): „Hinsichtlich der Werkseinstellung des Panasonic Full-HD TVs TX-P55STW60 müssen wir doch Kritik üben. Im Auslieferungszustand zeigt der Fernseher unpräzise Farben, alles wirkt zu bunt und dunkle Bildbereiche plagen ein Grünschimmer sowie eine künstliche Aufhellung. Auch bei der Bildschärfe stimmt der Werksabgleich nicht. So verwehrt Panasonic die bestmögliche Bildqualität.“

Hintergründe der Werkseinstellungen

Nicht selten sind Käufer eines neuen Fernsehers hoch motiviert, im Geschäft noch begeistert ... schauen zu Hause in die Röhre. Im Laden wirkte das Display

noch großartig – im heimischen Wohnzimmer ist davon nichts mehr zu spüren. Im Internet oder einschlägigen Fachzeitschriften liest man natürlich darüber, dass Werkseinstellungen nicht das Gelbe der Banane sind. Jeder Heimkinofan weiß längst, dass man sein Fimerlebnis nicht von Werkseinstellungen abhängig machen soll. Die sollen nämlich nichts taugen. Steht überall. Konkrete Werte für Grundeinstellungen sind jedoch kaum zu finden. Testbilder sollen nun die Lösung sein.

Aber warum ist das eigentlich so? Insbesondere in großen Multimediämärkten werden die Bildeinstellungen so gewählt, dass der Kunde ein Aha-Erlebnis hat. Darüber hinaus herrschen in den Verkaufsräumen komplett andere Bedingungen als bei Ihnen zu Hause. Deshalb wird in vielen Geräten die Voreinstellung „Shop-Modus“ angeboten, die in den eigenen vier Wänden fast jeden Fernseher schlecht abschneiden lässt. Völlig überzogene Kontrasteinstellungen sind vielfach der Grund dafür und natürlich mangelnde Farben. Denn die Nachfrage steigt in punkto Energieeffizienz. Deshalb reduzieren Hersteller die Helligkeit ihrer Geräte ab Werk, damit die Werte für das beste Energiesparlabel ausreichen. Doch wo wenig Licht ist, kann keine Farbe sein. Insofern fehlt es allein bei diesen drei Werten (Kontrast, Helligkeit, Farbe) sehr häufig an der optimalen Einstellung – jedenfalls bezogen auf den heimischen Standort.

Und hier sieht es in der Regel vollkommen anders aus als im TV-Geschäft. Wer wohnt auch schon gern in einem fensterlosen 1.800-Quadratmeter-Wohnzimmer mit grellen Neonleuchten an der Decke. Im Allgemeinen steht oder hängt der viereckige Lieblingsmitbewohner an der schattigen Zimmerwand. Die nächste Sitzgelegenheit befindet sich durchschnittlich in zwei bis vier Metern Entfernung. Viele TV-Nutzer mögen es gern kuschelig mit gedimmter Stehlampe oder gar komplett dunkel. Manche lassen aber auch gern am helllichten Tag die Glotze laufen. Und so unterschiedlich die Vorlieben in Sachen Umfeldbeleuchtung sind, so differenziert sind die Geschmäcker. Manche schauen ausschließlich Nachrichtensendungen, andere lieber rasante Actionfilme oder Sport-Events, wiederum andere begeistern sich für düstere Fantasy oder Science Fiction. Die Palette reicht also von farbneutral über bildgewaltig bis kontrastreich. Ist das Display falsch eingestellt, haben Nachrichtensprecher Sonnenbrand, der Rasen im Fußballstadion ist neongrün und die Vampire sind im Dunkeln kaum auszumachen.

Kann man so hinnehmen, muss man aber nicht!

Der Versuch, im Internet der Sache auf den Grund zu gehen, könnte allerdings zur Sisyphusarbeit ausarten. Und die schlechte Nachricht lautet: Es gibt keine ultimativen Werte für die Grundeinstellungen. Die unglaubliche Vielzahl an TV-Modellen mit ihren unzähligen Klassifizierungen und diversen Seriennummern

macht es schier unmöglich, für jedes Gerät individuelle Einstellwerte festzulegen. Natürlich werden in Fachzeitschriften, Internetforen und auch bei BUROSCH mitunter Angaben gemacht. Fakt ist jedoch, dass selbst in ein und derselben Geräteserie unterschiedliche Firmware und vor allem Elektronik drinsteckt. Der Konkurrenzkampf und der daraus resultierende Kostendruck zwingt die Hersteller, weltweit und rasend schnell zu produzieren. Insofern werden Displays verbaut, die gerade verfügbar sind und deshalb noch längst nicht identisch sein müssen. So kann man zwei Fernseher desselben Fabrikats nebeneinanderstellen und - trotz gleicher Einstellwerte - im Zweifel völlig unterschiedliche Bilddarstellungen erhalten.



Abbildung 441: Unterschied zwischen Einstellungen ab Werk und mit BUROSCH

Abgesehen davon spielen die bereits erwähnten persönlichen Vorlieben (Animations- oder Actionfilme, Nachrichtensendungen etc.), die individuellen Umfeldbedingungen (z.B. Zimmerbeleuchtung, Sitzabstand) und natürlich die differenzierte menschliche Wahrnehmung eine entscheidende Rolle bei der richtigen Bildwiedergabe. Kurzum: Bei so vielen Variablen kann man keine Standardwerte zaubern. Ein Geheimrezept gibt es nicht. Null-acht-Fünfzehn-Werte waren gestern.

Optimale Bildeinstellungen – zugeschnitten auf die persönlichen Parameter des Anwenders – können also nicht mit Null-Acht-Fünfzehn-Werten, sondern ausschließlich mithilfe professioneller Referenzbilder gelingen. Wer also möchte, dass der Fußballrasen naturgetreu abgebildet und das blutverschmierte Kinn des dämonischen Nachtwandlers so dargestellt wird, wie es vom Regisseur einst gedacht war, der sollte auf eine Bildoptimierung nicht verzichten.

Vier Methoden zur Bildoptimierung

1. Referenz-Testbilder aus dem Hause BUROSCH ab ca. 10 Euro: Schnelle, verständliche und praktikable Bildverbesserung für Laien
2. Einsatz von Lichtsensoren (z.B. Spyder) ab ca. 200 Euro:
Gute Bildverbesserung, Fachwissen notwendig, große Messtoleranzen
3. Einsatz von Lichtsensoren (z.B. x-rite) ab ca. 1100 Euro:
Sehr gute Bildverbesserung, Fachwissen notwendig, äußerst zeitaufwendig
4. Kalibrierung durch Tristimulus- oder Spektroradiometer-Sensoren:
Hervorragende Bildverbesserung, nur für Profis

Sechs Schritte zur Bildoptimierung

1. Auf die Umgebung kommt es an

Natürlich hängt die TV-Bildqualität auch von den räumlichen Gegebenheiten ab, die das heimische Wohnzimmer bietet. Deshalb ist zu beachten, einen störenden Lichteinfall vom Fenster zu vermeiden und stattdessen leicht gedimmte Lichtverhältnisse herzustellen. Außerdem sollte der Heimkino-Fan auf einen angemessenen Sitzabstand zum Fernseher achten. Als Faustregel gilt dabei, dass der Abstand zum Full-HD-Display ungefähr das Doppelte der Bildschirmdiagonale betragen sollte.

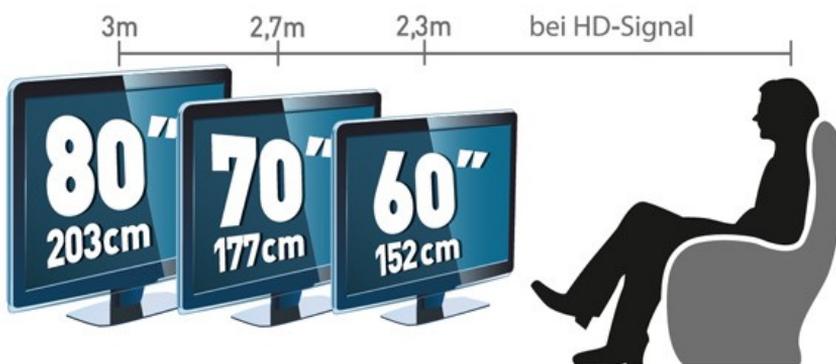


Abbildung 442: idealer Sitzabstand (www.mediamarkt.at)

Durch die ultrahohen Bildauflösungen sind heutzutage geringere Sitzabstände als früher nötig. Sharp empfiehlt für TV-Geräte mit einer Bildschirmdiagonale von 90 Zoll (229 Zentimeter) einen Sitzabstand von 3,5 Metern, für 80 Zoll

(203 Zentimeter) von 3 Metern, für 70 Zoll (177 Zentimeter) 2,70 Meter und für 60 Zoll (152 Zentimeter) 2,30 Meter. Die von BUROSCH empfohlene Faustformel für Full HD als auch Ultra HD trifft also hier durchaus zu: Bilddiagonale x 1,5.

2. Wechselwirkungen vermeiden

Um auszuschließen, dass die Bildeinstellungen am TV-Gerät zusätzlich von anderer Seite her beeinflusst werden, empfiehlt es sich, die Bildeinstellungsparameter an den Zuspieldgeräten (z.B. Blu-ray-Player) auf eine neutrale Position zu regeln. Dies sollte auch bei allen zwischengeschalteten Geräten (z.B. AV-Receiver) durchgeführt werden. Um eine gegenseitige Wirkung zu vermeiden, sollten deshalb vor der Bildoptimierung am Fernseher alle übrigen „Bildverbesserer“ ausgeschaltet werden.

3. Prioritäten setzen

Jeder einzelne TV-Eingang arbeitet unterschiedlich und ist deshalb individuell zu optimieren. Die Bildoptimierung über den HDMI-Eingang (Filmwiedergabe) hat Priorität vor dem USB-Eingang. Darüber hinaus hat jeder TV-Eingang (TV, HDMI1, HDMI2, USB) einen unterschiedlichen Regelbereich beziehungsweise Farbraum und ist somit separat einzustellen, das heißt die veränderten Werte beispielsweise im HDMI1-Eingang werden nicht automatisch auf die anderen TV-Eingänge übertragen. Dies kann allerdings manuell nachgeholt werden.

4. Unterschiedlicher Farbraum

Der USB-Eingang für die Fotowiedergabe (RGB: 0 bis 255) hat einen anderen Farbraum als der HDMI-Eingang für die Filmwiedergabe (RGB: 16 bis 235). Deshalb ist bei den verschiedenen Eingängen der Bildeindruck sehr unterschiedlich.

5. Der richtige Bildmodus

Jedes TV-Menü bietet verschiedene Bildmodi zur Auswahl, welche einen höchst unterschiedlichen Farbcharakter zeigen. Vor der Bildoptimierung sollte man sich für einen möglichst farbneutralen Bildmodus (z.B. Film, Kino, Anwender) entscheiden. Der Bildmodus "Dynamisch" ist nur für Spiele geeignet und zeigt mit seinem blaustichigen Farbton ein sehr hartes unnatürliches Bild. Hier sollte der Einstellwert für die Farbtemperatur auf "warm 2" stehen, der Wert für die Bildschärfe auf "minimal" und die Funktion „Overscan“ gänzlich ausgeschaltet sein.

6. Einstellwerte fixieren

Um die richtigen Einstellwerte nach der Bildoptimierung mithilfe der BUROSCH-Testbilder immer griffbereit zu haben, sollte man sich diese notieren oder abfotografieren. Wenn sich die Werte verändern oder versehentlich verstellt werden, können sie jederzeit wieder hergestellt werden.

Die richtigen Menüeinstellungen

1. Die fünf standardisierten Grundeinstellungen

Bildformat/Overscan, Helligkeit, Kontrast, Farbe und Bildschärfe sind die wichtigsten Funktionen, da sich hiermit bereits mehr als 80 Prozent der Bildqualität optimieren lässt. Für jede einzelne dieser fünf Einstellungen ist ein bestimmtes Testbild (Basis-Testbilder 1 bis 5) erforderlich. Dabei spielt der Hersteller oder das Modell des Fernsehers keine gesonderte Rolle, da diese Grundeinstellungen in allen TV-Menüs zu finden sind.

2. Die erweiterten Menüeinstellungen

Diese Parameter sind selbst für erfahrene Fachleute komplex und mitunter äußerst kompliziert. Hier wird man mit Vokabeln konfrontiert, wie: Bildlage, Schwarzwert, Frame Creation, Super Resolution oder Ultra Resolution, Smart LED, Methode 2 oder Methode 10, Dynamic Contrast. Abgesehen davon ändern sich diese Funktionsbezeichnungen und deren Regelbereich fortwährend. Die gegenseitige Beeinflussung dieser erweiterten Funktionen ist sehr deutlich. Der Stand der Firmware spielt eine große Rolle. Immer neue Menüpunkte beziehungsweise Funktionen tauchen bei jedem neuen TV-Modell auf. Somit ist eine allgemein verbindliche Funktionsbeschreibung für alle Fabrikate, Modellreihen und Technologien absolut unmöglich. Deshalb ist umso mehr die individuelle Bildkontrolle mit Referenz-Testbildern sowie umfangreiches Fachwissen gefragt.

Grundsätzlich sollten der „Öko-Modus“ sowie Energiesparfunktionen und die automatische Lichtsensoren-Einstellung deaktiviert werden, da diese das Bild eher negativ beeinflussen können, indem sie es fälschlicherweise zu dunkel und zu kontrastarm darstellen. Die Einstellung für eine etwaige Display-Hintergrundbeleuchtung (Backlight) ist den bevorzugten Sehgewohnheiten für Tageslicht (höherer Wert) oder für gedimmtes Umgebungslicht am Abend (niedrigerer Wert) individuell anzupassen. Grundsätzlich ist im Umgang mit den erweiterten Menüeinstellungen äußerste Vorsicht angebracht. Im

Rahmen einer Beauftragung berät das BUROSCH-Team gern und kalibriert das entsprechende TV-Gerät im BUROSCH-TV-Labor.

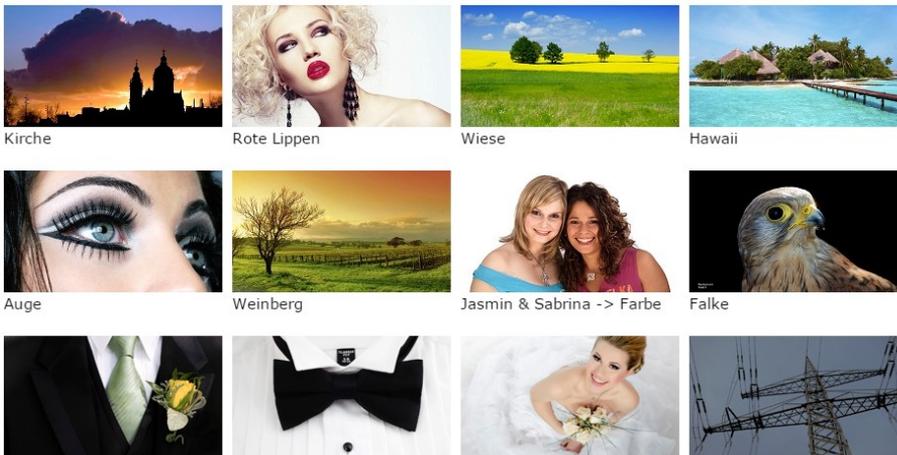


Abbildung 443: Real-Testbilder von BUROSCH

Blue-Only

Wie der Name bereits vermuten lässt, bezeichnet man mit „Blue Only Mode“ einen speziellen Modus bei Anzeigegeräten (z.B. Beamer, Displays, Fernseher), bei dem lediglich die blauen Pixel oder die blaue Elektronenstrahlröhre (alte Röhrentechnik) zur Erzeugung beziehungsweise Wiedergabe des Bildes genutzt werden. Mithilfe des Blue Only Mode oder aber Blaufilterfolien können Farbton, Farbsättigung sowie Helligkeit und Kontrast schnell und exakt justiert werden, wobei der Blaukanal des Bildes blau eingefärbt ist beziehungsweise Farbflächen mit blauen Farbanteilen hell und solche ohne Blauanteil dunkel erscheinen. Mitunter werden Anzeigegeräte auch mit roten oder grünen Filterfolien justiert, wodurch die Farbwiedergabe in allen drei Kanälen richtig eingestellt werden kann. Im Rahmen der folgenden Ausführungen soll allerdings nur auf den Blue-Only-Modus und die im Kontext stehenden Blaufilterfolien eingegangen werden, die unter anderem bei THX²⁹ in Form von Blaufilterbrillen zum praktischen Einsatz kommen.

Vor allem im Broadcast-Bereich verfügen Anzeigegeräte über den Blue-Only-Modus, an professionellen Studiomonitoren befindet sich hierzu ein separater Knopf an der Vorderseite. Herkömmlich wurde zum präzisen Einstellen von Farbton, Helligkeit, Sättigung und Kontrast das SMPTE-Testbild oder die HD-

²⁹ Kommerzielles Qualitätssiegel der George-Lucas-Firmengruppe für verschiedene Anwendungen im Bereich der Ton- und Bildwiedergabe

Variante des SMPTE-Farbbalkens genutzt, welcher die Grundfarben Rot, Grün, Blau sowie die Komplementärfarben Cyan, Magenta und Gelb enthält.

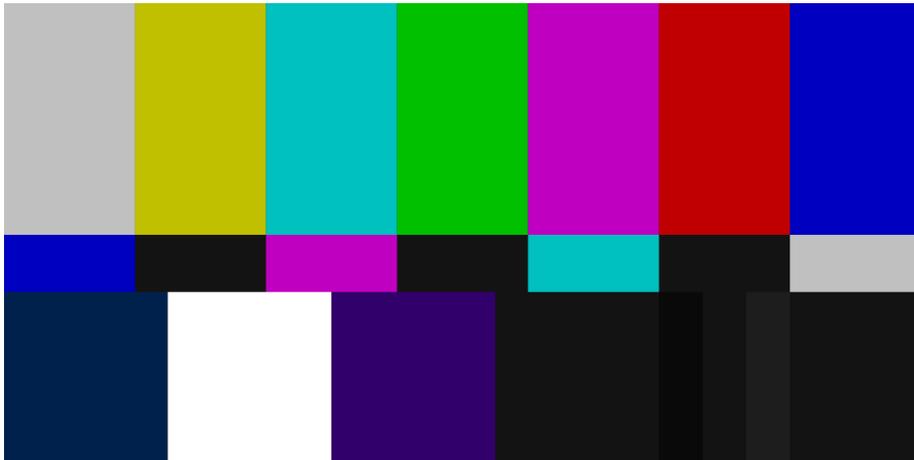


Abbildung 444: SMPTE-Farbbalken (Wikimedia Commons)

Das BUROSCH-Testbild „Blue Only“ stellt hingegen eine Aktualisierung der herkömmlichen SMPTE-Testbilder dar und ist diesen sogar weit überlegen. Denn es eignet sich nicht mehr nur für PAL/SD oder HD, sondern für die heutzutage üblichen Auflösungen in Full HD und Ultra HD. Zusätzliche Testzonen sorgen für eine komplette Overscan-Kontrolle, das heißt die Anzeige, ob Bildinformationen an den Bildrändern abgeschnitten werden. Darüber hinaus bietet das Blue-Only-Testbild von BUROSCH eine professionelle Überprüfung und Optimierung des Anzeigegerätes in Bezug auf den erweiterten Farbraum gemäß Rec.2020, die Bildschärfe, eine natürliche Farbwiedergabe sowie die sachgerechte Anwendung von Halb- und Vollbildern. Zudem ist ebenjenes Testbild sowohl im Blue-Only-Modus als auch für den Einsatz mit Blaufilterfolie geeignet.

Denn alternativ kann auch eine solche Blaufilterfolie in Verbindung mit den genannten Testbildern verwendet werden, wenn das Anzeigegerät über keinen Blue-Only-Modus verfügt. Durch diese spezielle Folie sind ausschließlich die blauen Anteile des jeweiligen Testbildes erkennbar. Grund dafür ist hier der sogenannte Transmissionsgrad, genauer gesagt haben Blaufilterfolien eine sehr schmalbandige Durchlässigkeit (Transmission) im kurzwelligen Bereich des sichtbaren Spektrums und lassen somit lediglich die blauen Wellenlängen des Lichtspektrums durch. Sind beim Blick durch die Folie dennoch andere Farben erkennbar, sollte die Folie im Übrigen verdoppelt werden.

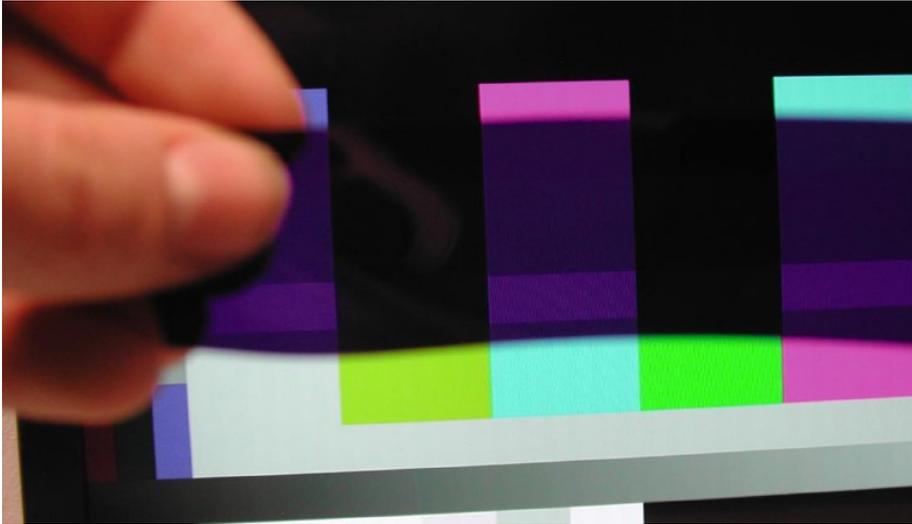


Abbildung 445: Blaufilterfolie im Einsatz mit SMPTE-HD-Testbild (Wikimedia Commons)

Unterhalb oder aber bei manchen Testbildern auch oberhalb der Farbbalken befinden sich sogenannte Referenzflächen, die bei richtiger Justierung den gleichen Helligkeitswert besitzen müssen wie die zugehörigen Farbflächen. Die Farbe Blau mit den RGB-Werten 0 (R) 0 (G) 255 (B) erscheint hell, eine rote Fläche (255 0 0) oder eine grüne Fläche (0 255 0) erscheint hingegen schwarz. Ist das Anzeigegerät richtig justiert, fügen sich bei der Blue-Only-Mode-Ansicht die Farbflächen ohne Helligkeitsunterschied in die Referenzflächen ein.

Das Blue-Only-Testbild der Firma BUROSCH besitzt jeweils oberhalb und unterhalb der Farbbalken einzelne Referenzflächen für jeden Farbton. Die folgende Abbildung zeigt das Blue-Only-Testbild aus dem Hause BUROSCH mit Angabe der einzelnen RGB-Werte.

Für das Justieren von Sättigung und Farbton muss das Anzeigegerät zuerst in den Blue-Only-Mode versetzt werden. Sobald die richtige Sättigung eingestellt ist, fügen sich die farbigen Balken nahtlos, mit gleicher Helligkeit und ohne erkennbaren Unterschied in die Referenzflächen ein. Oftmals heben sich einzelne farbige Flächen dennoch von den Referenzflächen ab beziehungsweise erscheinen zu hell. Dies betrifft insbesondere die Komplementärfarben Cyan und Magenta, mitunter aber auch den grünen Farbbereich. Deshalb ist auch der Farbton erst dann perfekt justiert, wenn sich alle Farbbalken nicht mehr von den Referenzflächen unterscheiden.



Abbildung 446: BUROSCH Blue-Only Test-Pattern inklusive Erklärung (Wikimedia Commons)

Insbesondere bei professionellen Studiomonitoren aber auch im Heimbedarf ist eine perfekte Bildwiedergabe heute wichtiger denn je. Denn die versprochene ultrahohe und native Auflösung kann nur wiedergegeben werden, wenn die Einstellungen stimmen, die ab Werk oft nicht gewährleistet sind. Das Blue-Only-Testbild von BUROSCH entspricht den höchsten Ansprüchen des technischen Fortschritts und eignet sich deshalb für alle modernen LCD- und Plasma-Displays aber auch für Beamer und sogar für 3D-fähige Anzeigergeräte. Eine umfangreiche Erläuterung hierzu findet sich auf der BUROSCH-Internetseite oder aber im „BUROSCH Ultra HD 4K Trailer - 3840x2160 Pixel“ im entsprechenden Youtube-Kanal, der im Übrigen auch abonniert werden kann.

Die professionelle Kalibrierung

Nicht nur minderwertige Werkseinstellungen, sondern auch unausgereifte Geräte mit unterschiedlicher Qualität, verschiedener Firmware und unterschiedlichen elektronischen Bauteilen, die überdies einem Verschleiß unterliegen, machen eine professionelle Kalibrierung nicht nur im Premium-TV-Bereich sinnvoll und nutzbringend. Selbst der einst präzise eingestellte Bildschirm verändert im Laufe der Zeit die Werte für eine perfekte Funktion beziehungsweise Bildqualität, denn die elektronischen Bauteile unterliegen einem Alterungsprozess, der durch seine schleichende Wirkung nicht sofort ins Auge sticht. Wenn also die Farben blasser werden, muss das gute Stück noch längst nicht auf den Sondermüll. Eine Kalibrierung könnte das liebgewonnene „Familienmitglied“ wieder aufpeppen, und zwar für weitaus weniger Geld, als ein neuer Fernseher kosten würde.



Abbildung 447: BUROSCH TV-Labor mit modernsten Messgeräten nach ISF-Level 1 und 2 zertifiziert

Wir das Auto kann auch ein Fernseher regelmäßig zur "Inspektion" gebracht werden, um die Qualität zu erhalten oder aber zu verbessern. Auf den ersten Blick sind 100.000 Kilometer für ein Auto eine relativ hohe Leistung, aber umgerechnet für ein TV entspricht dies der durchschnittlichen Betriebsdauer von nur ein bis maximal zwei Jahren.

Die Bildqualität eines Displays kann grundlegend nicht konstant bleiben. Im Lauf der Betriebsdauer verändert sich die Farbwiedergabe und Brillanz zulasten der Wiedergabe. Die folgenden Punkte haben darauf einen wesentlichen Einfluss:

- Betriebsdauer,
- Temperatur,
- Qualität der elektronischen Bauteile.

Die Lichtleistung und die Farbtemperatur der LEDs vermindern sich, bei den aktuellen OLED im Übrigen noch schneller. In jeder elektronischen Schaltung wird eine Vielzahl von Kondensatoren eingesetzt und besonders diese altern leider sehr stark, wobei sich die elektrischen Werte verändern und somit die Bildqualität negativ beeinflusst wird.

Natürlich kann das BUROSCH-Team keine Ferndiagnosen am Telefon oder via E-Mail stellen. Ein Arzt oder Architekt ist ebenso wenig in der Lage zu helfen, ohne den „Patienten“ gesehen zu haben. Aber anders als ein Chirurg oder Anwalt kommt BUROSCH im Ernstfall auch zum Hausbesuch und nimmt das kränkelnde Gerät in Augenschein. Doch dies wäre nachvollziehbar mit Fahrtkosten verbunden, die man sich sparen kann, wenn man das

Lieblingsstück zur Kalibrierung direkt nach der Terminvereinbarung ins BUROSCH-TV-Labor bringt oder aber via Hermes, DHL & Co. versendet, zumal hier die besseren Arbeitsbedingungen herrschen und die komplette Palette des Equipments zur Verfügung steht.

Wie lange dauert eine solche Komplettüberholung und was beinhaltet diese?

Das Ziel einer professionellen Kalibrierung ist es, die originale beziehungsweise natürliche Farbwiedergabe des TV-Gerätes herzustellen oder zu überprüfen. In einem ersten Schritt wird hierzu die korrekte Bildqualität mithilfe der exklusiven Referenz-Testbilder von BUROSCH eingestellt. Der entsprechende Zeitaufwand für diese visuelle Bildoptimierung des Profis im BUROSCH-TV-Labor beträgt zwei Arbeitsstunden. Neben den Grundeinstellungen werden in einem zweiten Schritt die erweiterten Bildeinstellungen getestet und bearbeitet, was weitere zwei Arbeitsstunden in Anspruch nimmt.

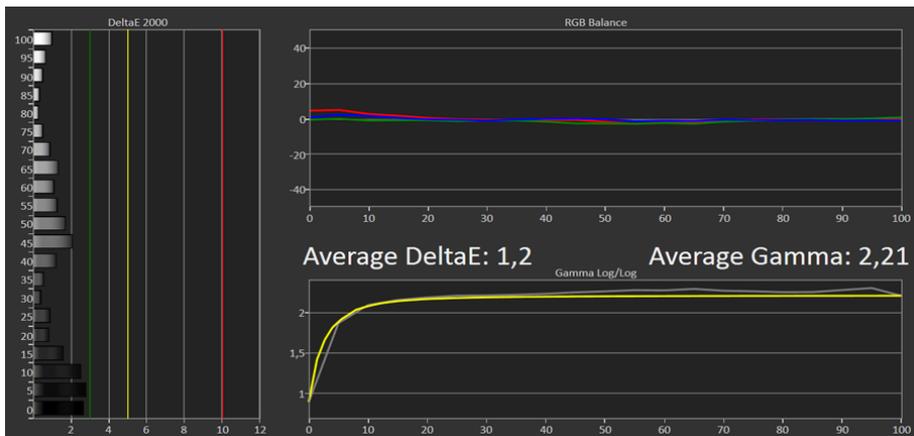


Abbildung 448: DeltaE- und RGB-Balance-Analyse - Teil der BUROSCH-Bild-Kalibrierung

Für eine komplette Kalibrierung mit modernsten Messgeräten benötigt die Firma BUROSCH insgesamt ca. fünf bis sieben Stunden (je nach TV-Modell und Umfang). Für eine zusätzliche Dokumentation mit entsprechenden Kommentaren werden vier Arbeitsstunden berechnet. Die Kosten pro Arbeitsstunde betragen derzeit (Stand: 2016) 98 Euro zuzüglich Mehrwertsteuer. Selbstverständlich sind die oben genannten Angaben abhängig vom tatsächlichen Aufwand, der im individuellen Fall variieren kann. Konkrete Anfragen können über Telefon oder per E-Mail gestellt werden. Die entsprechenden Kontaktdaten finden sich auf der Firmenpage www.burosch.de.

Kalibrierung mit Lichtsensoren

Nach der ersten erfolgreichen Überprüfung und Optimierung mit nativ generierten UHD/FHD-Testbildern, Realbildern und ausgewählten Filmszenen schließt sich grundsätzlich die Kalibrierung mittels Lichtsensoren an. Da die Sehqualität des menschlichen Auges an seine Grenzen stößt, ist diese Vorgehensweise dringend notwendig. Der Aufbau zur Display-Kalibrierung besteht grundsätzlich aus 3 Komponenten:

- Lichtsensoren
- Testbildgeneratoren
- Auswertungssoftware

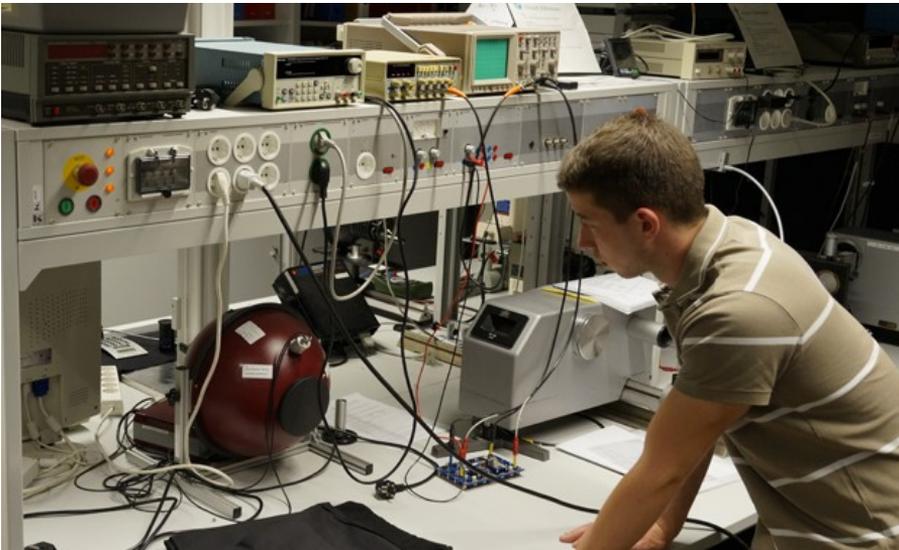


Abbildung 449: Die rote Ulbricht-Kugel dient als Referenz-Licht (D65) mit exakt 6504 Kelvin

Dabei kommen selbstverständlich hochpräzise Messgeräte im BUROSCH-Labor zum Einsatz. Hierzu zählen unter anderem der High-End-Tristimulus-Lichtsensor Klein Instruments K-10A, Konica-Minolta CA-310, das Spektroradiometer Konica-Minolta CS-2000, der Quantum Data 804A UHD/4K-Bildmustergenerator und die Profi-Software CalMAN 5. Darüber hinaus arbeitet BUROSCH mit weiteren professionellen Messgeräten, zum Beispiel von Rohde & Schwarz, Tektronix und anderen namhaften Firmen. Und selbstverständlich mit ausgezeichneter personeller Unterstützung, so beispielsweise mit Professor Seelmann und Professor Dittmar von der Hochschule Aalen, die an der Entwicklung des neuen BUROSCH-Lichtensors maßgeblich beteiligt waren.

Diese Messtechnik bietet die Möglichkeit, quantifizierte Aussagen über die Bildqualität zu liefern. Typischerweise werden hier die Daten über das Gamma, Farbtemperatur, RGB-Balance und den Farbraum eines Bildwiedergabegerätes erhoben. So können einerseits Soll/Ist-Analysen durchgeführt werden und Fehler entsprechend korrigiert werden - sofern die entsprechenden Einstellparameter (u.a. Colormanagement) vorhanden sind. Das geschulte Auge des BUROSCH-Profis ist dann in der Lage, die jeweiligen Diagramme fachgerecht zu interpretieren, um somit das Bild bewerten und optimieren zu können. Die Vorgabe und das Ziel bei diesen Messungen ist im HDTV-Bereich die Norm der International Telecommunication Union ITU-R BT. 709 (kurz: Rec.709), bei UHD: Rec.2020. Die Software CalMAN 5 unterstützt den Labortechniker bei der Auswertung.

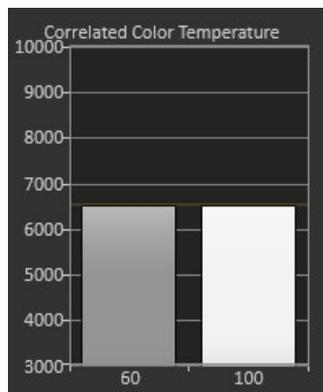


Abbildung 450: 2-Punkt Messung: Perfekte Farbtemperatur des Weißpunkts D65 = 6500 Kelvin

Die Lichtsensoren "Spyder", "Eye One Pro" sowie „C6“ sind nur für den Heimkino-Fan geeignet und weisen leider eine zu große Messtoleranz auf. Deshalb werden diese Sensoren im BUROSCH-Labor nicht eingesetzt. Die Messtoleranz zeigt sich nicht nur im Neuzustand, sondern wesentlich stärker nach einem Jahr. Das heißt, die empfindlichen Sensoren zeigen altersbedingt eine immer größer werdende Toleranz auf. Deshalb ist eine professionelle Kalibrierung jedes Sensors basierend auf einem Eichnormal zwingend erforderlich. Im Übrigen werden im BUROSCH-Labor die Kalibrierungen mit der entsprechenden Isf-Zertifizierung der Imaging Science Foundation Inc. (Level I und II) durchgeführt.

Ein wichtiger Faktor der Kalibrierung ist die Messung der **Farbtemperatur**, welche eine Aussage über die Unbuntheit von Weiß liefert. In Abbildung 412 findet sich hierzu eine entsprechende kurze Messung bei 60 und 100 IRE. Im Idealfall ist dabei das Weiß grundsätzlich zu gleichen Anteilen aus den Primärfarben (Rot, Grün und Blau) dargestellt. Einfach ausgedrückt bedeutet ein warmes Weiß eine zu niedrige Farbtemperatur (z.B. 6000K) und damit einen

zu hohen, unverhältnismäßigen Rotanteil. Ein zu kaltes Weiß bedeutet eine zu hohe Farbtemperatur (z.B. 7500K) und damit einen zu hohen, unverhältnismäßigen Blauanteil. Die Software bezeichnet bei den einzelnen Graustufen den Anteil der jeweiligen Grundfarben, sodass gegebenenfalls das TV- oder Beamer-Colormanagement angepasst werden muss. Das konkrete Ziel der Kalibrierung ist die Farbtemperatur (CCT) von 6500 Kelvin (D65). Exakter Weißpunkt: 6504 K; $x = 0,312713$; $Y = 0,329016$. Darüber hinaus sind weitere Parameter unverzichtbar.

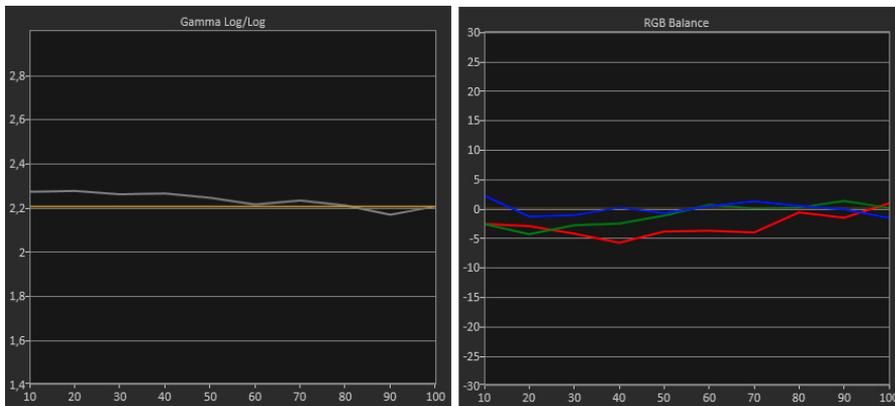


Abbildung 451: Gamma Point (links) – RGB-Balance (rechts)

Gamma Point: Bekannt ist die Darstellung des Gammas als Kurve aus Colorfacts. Calman legt die Werte auf eine logarithmische Skala, weshalb das Gamma als Gerade erscheint, was sich deutlich genauer ablesen lässt. Das Gamma beschreibt die korrekte Darstellung von Helligkeitsschattierungen zwischen Schwarz und Weiß und damit unter anderem, wie plastisch ein Bild erscheint. Standard für Gamma in der Videotechnik ist 2,2. Tolerabel sind Werte von 2,1 bis 2,4, wobei tendenziell die größeren Werte für verdunkelte Räume stehen. Am wichtigsten in diesem Grafen ist, wie konstant und linear die Kurve von 10 bis 90 Prozent Helligkeit (x-Achse) verläuft.

RGB Balance: Dieser Graf zeigt die grundsätzliche Farbbalance zur Zusammensetzung von Weiß in zehn Stufen von 0 bis 100 Prozent Helligkeit (horizontale x-Achse). Der erste Wert Null Helligkeit, also Schwarz, ist von geringer Bedeutung, denn Schwarz hat keine Farbe, die Messtoleranz ist daher riesig. Hinzu kommt, dass Abweichungen in den untersten Helligkeitsstufen tolerabel sind, da unser Auge im Dunkeln die Farbe schlechter wahrnimmt. Der wichtigste Bereich dieses Grafen liegt zwischen 30 und 80 Prozent Bildhelligkeit, denn in diesem Intervall spielen sich gut 90 Prozent aller Motive ab. Je horizontaler und näher an der Null-Prozent-Achse sich die drei Grundfarben bewegen, desto farbneutraler zeigt das Gerät das Bild.



Abbildung 452: Perfekte Bildwiedergabe - der Weißpunkt liegt präzise auf der D65 Position

Ergänzend zur Kalibrierung eines Displays unterzieht das BUROSCH-Team alle Displays einem ausführlichen Sichttest mit anspruchsvollen Realbildern und ausgewählten Filmszenen. Sämtliche zuvor gewonnenen Bildeindrücke sowie Testergebnisse müssen sich bei dieser Gegenkontrolle widerspiegeln. Das extrem hohe Qualitätsniveau für die BUROSCH-Referenz-Testbilder gilt genauso für die Realbilder. Deshalb verwendet BUROSCH auch hier professionell erstellte Bilder, welche mit einem aufwendigen technischen Equipment produziert werden. Denn die Bildbeurteilung kann bekanntlich nur so präzise sein, wie die eingesetzten Referenzbilder.

Die Firma BUROSCH verwendet für die Produktion der hauseigenen Realbilder hochwertiges Gerät, unter anderem die Pentacon Scannerkamera Scan7000 mit 20.000 x 20.000 Pixel-Sensor (400 Megapixel). Diese hochprofessionelle Kamera nimmt die Bilder mittels zeilenweiser Abtastung auf. Darüber hinaus werden für die fachgerechte Bildaufnahme eine externe Stromversorgung und ein Laptop für die Steuerung und zur Bildspeicherung der extrem großen Datenmenge benötigt. Darüber hinaus kommen Kameras wie die Nikon D800E mit 36,8 Megapixel Sensor zum Einsatz.

Display- und Beamer-Tuning

Wie bereits im vorangegangenen Kapitel beschrieben, gibt es gleich mehrere Gründe, warum nicht nur die Profis ihre Displays von Zeit zu Zeit tunen sollten. In den TV-Bildschirmen und Beamern der Neuzeit steckt ein unglaubliches Potenzial, das leider viel zu oft nicht genutzt wird. Den wenigsten Anwendern im Privatbereich ist überhaupt bewusst, dass ihr Fernseher oder Beamer weitaus mehr kann. Mit Ultra HD/4K können Sie quasi das Staubkorn auf der Wimper einer Fliege erkennen. Allerdings nur, wenn das Wiedergabegerät richtig eingestellt ist.

So lesen private Nutzer in den zahlreichen Testberichten oder ausführlichen Werbeversprechen der Hersteller, was ihr neues „Familienmitglied“ alles kann. Nach dem Kauf stellt sich dann bisweilen Ernüchterung ein. Die schlechten Werkseinstellungen oder aber der völlig überzogene Shop-Modus lassen das TV-Display zu Hause ziemlich alt aussehen, die Bildwiedergabe sieht komplett anders aus. In Ausgabe 4-2016 der Zeitschrift "Audio-Video-Foto-Bild" war beispielsweise zu lesen: „Ab Werk zeigt der Philips TV 55PUS8601 zum Preis von 2200,- Euro fast bizzar überzeichnete Bilder. Auch das Bildformat muss der Kunde mühsam für die optimale Schärfe ändern.“

Die optimale Einstellung Ihres TV-Displays oder Beamers ist also die Grundvoraussetzung für eine perfekte Bildqualität. Was kann man tun, um tatsächlich alle Potenziale der modernen Display- und Beamertechnik zu nutzen?

Was bedeutet Bildoptimierung zu Hause?

Die elementare Frage lautet: Zeigt ein TV-Display tatsächlich die beste Bildqualität oder gibt es versteckte Bildreserven? Schlecht eingestellte Fernseher und Beamer können auf Dauer unser Sehvermögen über die Norm beanspruchen. Die wenigsten Anwender wissen, dass sie ihre Augen mit einer unscharfen und viel zu knalligen Bildwiedergabe unnötig quälen.

Standardwerte

Immer wieder werden wir im Zusammenhang mit der Bildoptimierung gefragt, ob wir Standardwerte für ein bestimmtes Modell empfehlen können. Die klare Antwort ist: Nein! Gerade durch entsprechende Angebote in Zeitschriften und Internetportalen hält sich leider zähflüssig die naive Vorstellung, dass man ein Display mit fünf verschiedenen Zahlen einfach so tunen kann. Die unglaubliche

Vielzahl an TV-Modellen mit ihren unzähligen Klassifizierungen und diversen Seriennummern macht es schier unmöglich, für jedes Gerät standardisierte Einstellwerte festzulegen. Natürlich werden in Fachzeitschriften und Internetforen mitunter Angaben gemacht. Fakt ist jedoch, dass selbst in ein und derselben Geräteserie unterschiedliche Firmware bzw. Elektronik drinsteckt. Der Konkurrenzkampf und der daraus resultierende Kostendruck zwingt die Hersteller, weltweit und rasend schnell zu produzieren. Insofern werden Displays verbaut, die gerade verfügbar sind und deshalb noch längst nicht identisch sein müssen. Sie können also zwei Fernseher desselben Fabrikats nebeneinanderstellen und haben - trotz gleicher Einstellwerte - im Zweifel völlig unterschiedliche Bilddarstellungen.

Abgesehen davon sind die modernen Technologien (wie z.B. OLED) so komplex und deshalb hochsensibel, dass es nicht mehr nur eine „Wunderpille“ für die optimale Bildeinstellung geben kann. Darüber hinaus spielen persönlichen Vorlieben (Animations- oder Actionfilme, Nachrichtensendungen etc.), die individuellen Umfeldbedingungen (z.B. Zimmerbeleuchtung, Sitzabstand) und natürlich die differenzierte menschliche Wahrnehmung eine entscheidende Rolle bei der richtigen Bildwiedergabe. Bei so vielen Variablen kann man keine Standardwerte zaubern. Deshalb sollte man sich nicht auf Null-acht-fünfzehn-Einstellwerte verlassen. Die einfache Formel in Bezug auf die Fernsehtechnik im Jahre 2016 lautet:

schlechte Bildeinstellung = schlechtes Bild.

Eine nicht korrekte TV-Bildeinstellung bedeutet zwangsläufig auch eine schlechte Bildqualität. Und die Lösung? Wie kann nun jemand, der vielleicht auf dem Bau oder im Krankenhaus arbeitet, Lehrer, Feuerwehrmann oder Künstler etc. ist, seinen TV oder Beamer besser einstellen beziehungsweise überhaupt erkennen, ob die Wiedergabe mangelhaft ist? Grobe Mängel sind natürlich sofort erkennbar, etwa wenn das TV-Bild zu dunkel oder unscharf ist, die Börsenkurse am unteren Bildrand abgeschnitten sind oder der Nachrichtensprecher einen knalligen Sonnenbrand hat. Nicht selten wird das Gerät selbst dafür verantwortlich gemacht, jedoch ist hier in den wenigsten Fällen der Fehler zu finden.

Die Firma BUROSCH begleitet nunmehr seit siebzig Jahren die Entwicklung der Medientechnik. Diese zeichnet sich heute nicht nur durch eine unglaubliche Vielfalt aus, sondern darüber hinaus durch hochkomplexe Technologien. Damit nicht jeder TV-Nutzer erst einmal ein Ingenieurstudium absolvieren muss, um mit seinem neuen TV oder Beamer richtig umgehen zu können, bietet BUROSCH für seine Privatkunden einen umfangreichen Service. Als führender Display-Experte am Markt haben wir uns auf die Erstellung professioneller Testbilder

spezialisiert, die perfekt für den Laien zugeschnitten sind und eine individuelle Bildoptimierung im Zusammenhang mit allen persönlichen Parametern möglich machen.

Die Referenz-Testbilder von BUROSCH sind die visuelle Referenz für die korrekte Bildeinstellung - unabhängig vom TV-Fabrikat, Modell oder der verwendeten Technologie. Nicht nur für die laufende Bildkontrolle, sondern insbesondere beim Neukauf kann also jeder (auch ohne Vorkenntnisse) mit BUROSCH das Beste aus seinem Gerät holen. Deshalb sind Testbilder das beste Werkzeug, um versteckte Bildreserven zu finden und Geräte perfekt zu optimieren

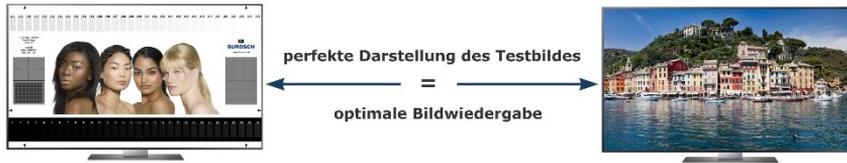
Denn im 21. Jahrhundert geht es um die originalgetreue Bildwiedergabe. Insofern ist nicht das Display mit den knalligsten Farben das bessere, sondern das Gerät mit der natürlichsten Bildwiedergabe. Deshalb reichen reine Testbilder nicht aus, um die Wiedergabe zu analysieren und optimieren. Das Sahnehäubchen beim Display-Tuning heißt: Realbilder. Die komplette Bandbreite wird im nächsten Kapitel eingehend erläutert.

Basis der Bildoptimierung

Was bedeutet das? Dass Standardwerte, die zumeist in einem Labor ermittelt wurden, nicht praxistauglich sind, wurde bereits festgestellt. Die Bildoptimierung kann also nur unter den Umfeldbedingungen (Licht, Sitzabstand etc.) durchgeführt werden, unter denen der Fernseher oder Beamer auch genutzt wird. Des Weiteren wurde im ersten Teil dieses Buches die menschliche Wahrnehmung ausführlich dargelegt, die naturgemäß einen ausschließlich subjektiven Charakter besitzt. Dennoch ist das menschliche Auge das beste Messinstrument im Rahmen der Bildoptimierung, da es alle individuellen Parameter berücksichtigt. Dies kann bei einer professionellen Kalibrierung unter theoretischen Bedingungen nicht realisiert werden.

Bei der Bildoptimierung zu Hause handelt es sich also grundsätzlich um einen Vergleich. Um diesen möglichst präzise durchführen zu können, bedarf es einer exakten Referenz - ähnlich wie das Urmeter oder die Atomuhr. Aus diesem Grund reicht es längst nicht aus, irgendwelche Bilder als Vergleichswert zu nutzen. Außerdem sollte das verwendete Bildmaterial „ruhig“ sein, damit das persönliche Messinstrument (Auge) ausreichend Zeit hat, sich quasi scharfzustellen.

Testbilder sind die visuelle Referenz zur Bildkontrolle und Bildoptimierung



**Eine perfekte Bildwiedergabe ist kein Zufall.
Testbilder kontrollieren die Darstellung und optimieren die Wiedergabe.**



Abbildung 453: Testbilder sind die visuelle Referenz

Grundmerkmale der Bildanalyse

Bestimmte Merkmale sind grundsätzlich auf den ersten Blick erkennbar. Jedoch ist nur den wenigsten klar, worauf sie beim Kauf eines neuen Gerätes oder aber bei der Analyse des vorhandenen TV oder Beamers achten sollten. Denn vor der Bildoptimierung kommt die Bildanalyse. Erst, wenn die Fehler in der Darstellung erkannt wurden, ist es möglich, ebenjene auch zu beheben oder zumindest zu verringern. Die folgenden Merkmale sind die Grundmerkmale der Bildanalyse, welche auch im Profi-Bereich als erstes berücksichtigt werden:

- Wird das Senderlogo oder Schriften angeschnitten?
- Sind die Börsenkurse bzw. der Nachrichtenticker am unteren Bildrand nur teilweise sichtbar?
- Wie wird die kritische Darstellung der Hautfarbe wiedergegeben? Haben die Menschen einen Sonnenbrand oder neigen sie zur Anämie?
- Werden schwarze Balken am Bildrand dargestellt?
- Ist das Ziffernblatt der Uhr mehr oval - wie rund?
- Ist das TV-Bild zu dunkel, zu hell oder unscharf eingestellt?



Abbildung 454: Bildvergleich mithilfe des BUROSCH-Testbildes „First Check“

Durch den Bildvergleich in der obigen Abbildung wird beispielhaft der Unterschied zwischen einer optimalen Bildeinstellung (links) und einer schlechten Bildeinstellung (rechts) deutlich.

In der rechten Bildhälfte oben wird die Fehleinstellung der folgenden Funktionen demonstriert:

1. Das Bildformat wurde falsch eingestellt - erkennbar an den beschnittenen schwarzen Dreiecken außen am Bildrand
2. Die Farb-Einstellung ist leider viel zu intensiv. Das Ergebnis: eine unnatürliche bunte Farbdarstellung
3. Die Kontrast-Einstellung ist viel zu schwach. Das Ergebnis: ein flauer Bildeindruck

Im folgenden Kapitel werden nun die gängigsten Referenz- und Realtestbilder aus dem Hause BUROSCH erklärt. Weitere Hinweise sind selbstverständlich auf www.burosch.de ausführlich dargestellt.

Was bedeutet Bildoptimierung?

Die Bildoptimierung mit BUROSCH-Testbildern bedeutet, die einzelnen Einstellungen: Bildformat/Overscan, Helligkeit, Kontrast, Farbe und Schärfe am TV oder Beamer mithilfe der entsprechenden Menü-Funktionen so zu optimieren, bis das Gerät tatsächlich zeigt, wie gut Bildqualität sein kann. In einem ersten Schritt wird die Bildwiedergabe analysiert, also mit den Testbildern verglichen, dann werden die Grundeinstellungen am Gerät verbessert und im Anschluss mithilfe der angebotenen Realbilder kontrolliert. Alles in allem sind es also drei Schritte, die pro Einstellung (Bildformat, Helligkeit, Kontrast, Farbe und Schärfe) durchgeführt werden sollten. Für die erweiterten Einstellungen können nach erfolgter Bildoptimierung weitere Funktionen im Gerät überprüft und optimiert werden (z.B. Banding, 3D-Darstellung).

1. Bildanalyse
2. Bildoptimierung
3. Bildkontrolle

Und eines ist sicher: Auf Werkseinstellungen sollte man sich nicht verlassen. Es ist also unbedingt notwendig, jeden Flachbildfernseher oder Beamer sorgfältig individuell einzustellen. Nur dann ist die Bildwiedergabe knackscharf und brillant wie noch nie.

Alle Referenz-Testbilder sowie Realbilder aus dem Hause BUROSCH sind auf der Internetseite www.burosch.de ausführlich erläutert, die Universaltestbilder sind darüber hinaus selbsterklärend (vgl. Kapitel Testbilder von BUROSCH). Doch vor der eigentlichen Bildoptimierung mit BUROSCH sollten einige Punkte geprüft werden. Ähnlich wie auch bei modernen Autos sind die Geräte im Multimediabereich heute sehr komplex und vor allem sensibel, sodass jedes Tuning gründlich durchdacht und vorbereitet sein sollte. Wenn man nun bedenkt, dass man ein Auto in der Regel zum Fachmann bringt und für die TV- und Beamerbildanalyse sowie -optimierung in den eigenen vier Wänden schon auf eine entsprechende Ausbildung verzichten kann, sollte sich jeder Heim-Tuner doch zumindest ein gewisses Maß an Grundwissen aneignen, damit auch wirklich nichts schiefgeht.

Vorbereitung der Bildoptimierung

1. Die passende Auflösung wählen. BUROSCH bietet seine Produkte rund um das Display- und Beamer-Tuning in drei verschiedenen Auflösungsvarianten: Full HD (1920 x 1080 Pixel), Ultra HD (3840 x 2160 Pixel) im 16:9-Format für alle gängigen TV-Displays (z.B. OLED, LCD, Plasma) und in der 4K-Cinema-Auflösung für Beamer (4096 x 2160 Pixel). Vor der Anwendung sollte also geprüft werden, welche Test-Suite für welches Gerät geeignet ist. Lesen Sie hierzu gegebenenfalls noch einmal das entsprechende Kapitel „Video-/Auflösungsstandards“.

2. Die Dokumentationen lesen/Video-Workshop nutzen.

Auch wenn die Bildoptimierung für den semiprofessionellen Bereich ausgerichtet ist, sollte für ein perfektes Ergebnis auf ein Mindestmaß an Grundwissen geachtet werden. In diesem Buch aber auch auf www.burosch.de sind alle nötigen Informationen zur richtigen Anwendung der BUROSCH-Testbilder erläutert. Darüber hinaus gibt es unter dem Menü-Punkt „Workshops“ (auf der BUROSCH-Internetseite) sowie bei YouTube zahlreiche Videos mit entsprechender Schritt-für-Schritt-Anleitung.

3. Auf die richtige Zuspiegelung achten.

HDMI und USB haben unterschiedliche Regelbereiche beziehungsweise Farbräume. Der USB-Eingang für die Fotowiedergabe (RGB 0 - 255) hat einen anderen Farbraum als der HDMI-Eingang für die Filmwiedergabe (RGB 16 - 235), deshalb ist bei den verschiedenen Eingängen der Bildeindruck sehr unterschiedlich. Insofern hat die Bildoptimierung über den HDMI-Eingang (Filmwiedergabe) immer Priorität gegenüber dem USB-Eingang. Egal, ob via Download, USB-Stick oder Blu-ray, die Zuspiegelung der Testbilder von BUROSCH sollte also generell via HDMI (nicht USB) erfolgen. Insofern sollte ein entsprechendes Gerät (z.B. Player, Receiver etc.) vorhanden sein (vgl. Kapitel „Schnittstellen“ in diesem Buch).

4. Die optimalen Umfeldbedingungen schaffen.

Natürlich hängt die TV-Bildqualität unmittelbar von den räumlichen Gegebenheiten ab, die das heimische Wohnzimmer bietet. So sollte darauf geachtet werden, störenden Lichteinfall vom Fenster zu vermeiden und leicht gedimmte Lichtverhältnisse zu schaffen. Außerdem sollte der Heimkino-Fan auf einen angemessenen Sitzabstand zum Fernseher achten und bestenfalls mittig vor dem Bildschirm oder der Leinwand sitzen (vgl. Kapitel „Sitzabstand“).

5. Die richtige Betriebstemperatur

Auch wenn ein moderner Flachbildschirm nicht mehr so lange warmlaufen muss wie einst der Röhrenfernseher, ist es doch ratsam, das Gerät mindestens eine halbe Stunde vor dem Display-Tuning anzuschalten. Vor allem die Kondensatoren benötigen eine optimale Betriebstemperatur, damit die Farb- sowie Kontrasteinstellungen später auch perfekt funktionieren.

6. Unbedingt Wechselwirkungen vermeiden

Um auszuschließen, dass die Bildeinstellung zusätzlich von anderer Seite beeinflusst wird, empfiehlt es sich, eventuelle Bildeinstellungsparameter beziehungsweise "Bildverbesserer" an den Zuspiegelgeräten auf eine neutrale Position zu setzen oder ganz abzustellen. Diese Deaktivierung sollte bei sämtlichen zwischengeschalteten Geräten (z.B. AV-Receiver oder Blu-ray-Player) durchgeführt werden, um eine gegenseitige Wirkung zu vermeiden. Auch am Wiedergabegerät (TV-Display oder Beamer) sollten alle Bildeinstellungen auf neutral gestellt oder ganz abgeschaltet werden. Beachten Sie bitte auch die erweiterten Einstellungen. Hier finden sich diverse „Bildverbesserer“ und Öko-Einstellungen. Gegebenenfalls können später diese „Bildverbesserer“ (beispielsweise Kontrastverstärker, Rauschverstärker, Motion Plus etc.) vorsichtig wieder dazu geschaltet werden.

7. Individuelle Optimierung pro Schnittstelle

Jeder einzelne Eingang an TV oder Beamer arbeitet unterschiedlich und ist deshalb individuell zu optimieren, d.h. die veränderten Werte im HDMI1-Eingang werden nicht automatisch auf die anderen Eingänge übertragen. Die Einstellung des TV-Signals (DVB-C, DVB-S, DVB-T) ist naturgemäß nicht möglich. Hier können jedoch die ermittelten Werte manuell übertragen werden.

8. Die richtigen Bildmodi einstellen

Jedes Einstellmenü an TV oder Beamer bietet verschieden wählbare Bildmodi, welche einen sehr unterschiedlichen Farbcharakter aufweisen. Für die Bildoptimierung sollte im Vorfeld ein möglichst farbneutraler Bildmodus (meistens: Film, Kino, Anwender) eingestellt werden, auf dessen Basis die Bildoptimierung durchgeführt wird. Der Bildmodus "Dynamisch" ist nur für Spiele geeignet und zeigt mit seinem blaustichigen Farbton ein sehr hartes unnatürliches Bild. Die Farbtemperatur sollte grundsätzlich auf "warm 2" stehen und die Option „Overscan“ sollte generell ausgeschaltet sein. Außerdem ist darauf zu achten, dass der Einstellwert für die Bildschärfe auf "minimal" geregelt wird.

9. Notizblock oder Kamera (Smartphone) bereithalten

Um sich im Rahmen eines Vorher-/Nachher-Effekt von der Bildoptimierung mit BUROSCH zu überzeugen, wird empfohlen, die bisherigen Einstellwerte im Menü zu notieren oder zu fotografieren. Darüber hinaus sollten auch die ermittelten Werte per Notiz oder Foto festgehalten werden, um diese gegebenenfalls zu übernehmen oder später griffbereit zu haben.

10. Vorsicht bei der Einstellung

Fernseher und Beamer sind heutzutage sensible Geräte. Während man an der alten Schwarz-weiß-Röhre noch an einem klobigen Drehknopf die Grundeinstellungen (z.B. Kontrast, Helligkeit) vornehmen konnte, sind die modernen Geräte dafür nicht mehr geeignet. Deshalb ist es ratsam, niemals wahllos in den Menü-Einstellungen Veränderungen vorzunehmen, also an den einzelnen Reglern solange zu drehen, bis das Bild „schön bunt“ ist. Darüber hinaus ist bei der Optimierung der Grundeinstellungen und vor allem bei den erweiterten Einstellungen äußerste Sorgfalt geboten. Hier sollte man sich nicht auf fragwürdige Kommentare oder Tipps in Internetforen verlassen oder Testbilder verwenden, deren Herkunft zweifelhaft ist.

Alles auf einen Blick

- Kontrollieren Sie vorab alle (neutralen) Einstellungen am Zusprieler (z.B. Blu-ray-Player, Beamer) und am Sichtgerät (z.B. TV-Display, Leinwand) und legen Sie gegebenenfalls Ihre Bedienungsanleitungen bereit.
- Schalten Sie das zu prüfende Gerät mindestens eine halbe Stunde vor dem Display-Tuning ein und lassen es „warmlaufen“.
- Sollten Sie einen USB-Stick mit den BUROSCH-Testbildern verwenden, stecken Sie diesen nicht direkt in Ihren Fernseher, sondern in den USB-Anschluss Ihres Blu-ray-Players oder in ein anderes Gerät, das via HDMI mit Ihrem TV verbunden ist.
- Schalten Sie alle externen Lichtquellen aus, die direkt auf den Bildschirm oder die Leinwand strahlen. So vermeiden Sie störende Reflexionen. Wählen Sie bestenfalls die Umfeldbedingungen, die beim Fernsehen im Allgemeinen herrschen.
- Deaktivieren Sie die Funktion „Overscan“ (oder auch - je nach Hersteller - „Just Scan“, „Bildanpassung“, „Pixel-to-Pixel“, „Nativ“, „Original“ ...).
- Stellen Sie den folgenden Bildmodus ein: „Film“ (oder auch „True Cinema“, „Kino“ ...).
- Regeln Sie die Bildschärfe auf minimale Werte.
- Die Farbtemperatur für ein neutrales Weiß "D65" erhalten Sie mit der Einstellung "warm 2".

- Für ein optimales Bildergebnis in jeder Zuspielvariante wiederholen Sie die Einstellungen über alle HDMI-Anschlüsse beziehungsweise jedes Gerät, mit dem Sie Filme wiedergeben.
- Notieren oder fotografieren Sie Einstellwerte vor und nach der Bildoptimierung mit BUROSCH - so können Sie jederzeit nachvollziehen, wie sich die Veränderungen auswirken.

Testbilder von BUROSCH

Auf die Frage, ob denn das Bild eine gute Qualität aufweist, würde der Großteil der Anwender mit „ja“ antworten. Dies wirft allerdings ein nicht zu unterschätzendes Problem auf: Was ist ein „gutes“ Bild? Wie realisiere ich tatsächlich das Bild, welches bezüglich seiner Einstellung genau das wiedergibt, was der Fachmann unter einem neutralen, akkurat justierten Bild versteht? Mittels normalen Film- oder Fernsehbildern kann kaum beurteilt werden, ob das Bild bezüglich aller relevanten Parameter präzise dargestellt wird, und somit fehlt den Anwendern ein neutraler Maßstab, um die Bildqualität beurteilen zu können. Denn dazu müsste man wissen, wie das Bild im Original aussah – das ist nicht zu realisieren. Deshalb weiß man leider auch nicht, wie dementsprechend die korrekte Reproduktion auszusehen hat. Unbekannt ist in der Regel auch, mit welchen Mitteln ein Bild oder ein Film entstand, wie dieser weiterverarbeitet, normgewandelt oder skaliert wurde und ob eine Eigenart des Motivs vielleicht nicht ohnehin der Intention des Künstlers entspricht und vielleicht gar keinen Fehler darstellt. Wer wirklich wissen möchte, wie es um die Bildqualität seines Fernsehgeräts oder Beamers bestellt ist, muss auf hochpräzise Testbilder zurückgreifen. Dank der Wahl präziser Testelemente und einer korrekten Dokumentation hierzu lässt sich die Wiedergabe exakt so einstellen, dass sie das Bild originalgetreu darstellt. Denn nur beim Testbild ist genau bekannt, wie es korrekt auszusehen hat.

Wer schon einmal versucht hat, an seinem TV die Farbe richtig einzustellen, ist nicht selten am Sonnenbrand oder der Blutarmut des Nachrichtensprechers verzweifelt, zumal dieser nicht ewig auf dem Bildschirm zur Verfügung steht. Nur mit statischen Referenz-Testbildern geben Sie Ihren Augen ausreichend Zeit, selbst marginale Bildunterschiede zu erkennen. Deshalb sind diese für eine ehrliche Bildbeurteilung in jedem Fall dynamischen Videotrailern vorzuziehen.

Als Marktführer in diesem Bereich bieten wir Ihnen die umfangreichste Auswahl an Testbildern, die es gibt - von unseren Basic-Testbildern für die Optimierung der Grundparameter über Kombinationstestbilder bis hin zu professionellen

Testbildern und dynamischen Bewegungssequenzen in verschiedenen Formaten wie Full HD, 3D bis hin zu Ultra HD/4K.



Abbildung 455: Das populäre BUROSCH Universal-Testbild "First Check"

Genauso perfekt wie hier abgebildet, sollte das BUROSCH-Testbild auch auf dem TV-Display oder über einen Beamer dargestellt werden. Das heißt, die Darstellung der BUROSCH-Testbilder spiegelt exakt die Bildqualität der Filmwiedergabe.

Die verschiedenen BUROSCH-Testbilder sind die visuelle Referenz für eine objektive TV-Bildbeurteilung und exakte Bildoptimierung. Die korrekte Darstellung unserer Testbilder ist die elementare Voraussetzung für die perfekte Filmwiedergabe. Das Ziel der TV-Bildoptimierung ist die originale bzw. natürliche Bildwiedergabe. Nur mit einem Testbild kann die Bildqualität eines Fernsehers oder Beamers objektiv beurteilt werden - unabhängig vom Filmmaterial. Nicht grundlos werden die vergleichenden Warentests mit Testbildern durchgeführt. In den meisten Fällen stammen diese aus dem Hause BUROSCH.

Alle BUROSCH-Testbilder verfügen über eine ausführliche Dokumentation und führen den Anwender einfach und verständlich zu wesentlich mehr Bildqualität. Hierzu dienen jeweils unterschiedliche Funktionen der Testbilder, die in bestimmte Testzonen aufgebaut sind, welche genau die Qualität des Displays widerspiegeln. Alle BUROSCH-Produkte sind das Ergebnis professioneller Präzisionstechnik. Deshalb reagieren die Testbilder sehr empfindlich auf kleinste Veränderungen des entsprechenden Reglers im Menü Ihres Gerätes.

Durch die Testzonen wird deutlich sichtbar, mit welcher Bildeinstellung Sie die beste Bildqualität erzielen.

Einsatzgebiete

Der Einsatz von Testbildern ist vielfältig und vor allem geräte- und herstellerunabhängig. Im Kapitel „Synergien und Know-how“ wird die eigentliche Tätigkeit der Firma BUROSCH ausführlich dargestellt. Wer sich im Internet umschaut, trifft spätestens bei der Eingabe des Suchbegriffes „Testbild“ auf die Firma BUROSCH. Vor allem Fachzeitschriften sind hier zahlreich vertreten, die die professionellen Testbilder des Video-Experten als visuelle Grundlage für ihre vergleichenden Warentests nutzen. Und – last but not least – profitieren unsere Privatkunden von einem umfassenden Know-how und einzigartigen Synergieeffekten, die auf langjährigen Erfahrungen und erfolgreichen Kooperationen mit Industrie und Forschung basieren. Da die heutige Fernsehtechnik hochkomplex ist, hat sich BUROSCH ebenfalls darauf spezialisiert, den privaten Verbrauchern mit dem BUROSCH-Display-Tuning ein einfaches Mittel an die Hand zu geben, mit wenig Aufwand die großartige Qualität moderner TV-Standards auch tatsächlich genießen zu können. In unserem Shop findet jeder das richtige Produkt für die perfekte Bildeinstellung des heimischen Gerätes. In der folgenden Übersicht wird deutlich, wie vielfältig die BUROSCH-Testbilder eingesetzt werden können:

- zur visuellen und messtechnischen Kontrolle und Bildoptimierung von Displays
- für alle Hersteller geeignet: Samsung, Panasonic, Sony, Philips, LG, Toshiba, Metz, Grundig, Changhong, Loewe, Hisense ...
- für alle Fernseher, Beamer und andere Displays
- für 2D- und 3D-Bildwiedergabe
- für alle Bildformate: 4:3, 16:9 und 21:9
- für alle Bildschirmgrößen: von 5 cm bis 4 Meter bzw. von 3 Zoll bis 110 Zoll Bilddiagonale
- für alle TV-Displayarten: CRT, LCD, LED, Plasma, OLED und Curved-TVs
- für alle Bildauflösungen: Full HD (1920 x 1080 Pixel), Ultra HD/UHD/4K für die Fernseh wiedergabe (3840 x 2160 Pixel) sowie Ultra HD/UHD/4K-Cinema für die Beamerwiedergabe (4096 x 2160 Pixel)

5 Kategorien der BUROSCH-Testbilder

Das Geheimnis einer perfekten Bildoptimierung mit BUROSCH liegt in der richtigen Reihenfolge der Einstellungen und den passenden Testbildern. Für die Grundeinstellungen sollten neben den Universal-Testbildern vor allem die fünf Basis-Testbilder nacheinander und immer in Verbindung mit der entsprechenden technischen Dokumentation verwendet werden. Jedoch kann es schon verwirrend sein, wenn bei BUROSCH und in den diversen Fachzeitschriften und Foren nicht nur von Testbildern, sondern von Referenz-Testbildern, Universaltestbildern, Realtestbildern, Realbildern ... gesprochen wird. Die folgende kleine Aufzählung bringt etwas Licht ins Dunkel:

- **Basic-Testbilder** für eine umfassende Basis-Optimierung der Grundeinstellungen: Bildformat, Helligkeit, Kontrast, Farbe und Bildschärfe
- **Universal-Testbilder** mit mehreren Funktionen für alle Grundeinstellungen auf einen Blick
- **statische Referenz-Testbilder** für die erweiterte Bildbeurteilung und Bildoptimierung (Feineinstellungen)
- **dynamische Testsequenzen** (u.a. für die Bewegungsschärfe)
- **professionelle Realtest- und Realbilder** (zur Analyse und Überprüfung der vorgenommenen Bildeinstellungen)
- **IRE-Testbilder** für die messtechnische Anwendung der Display-Kalibrierung mit Lichtsensoren
- **A/V-Delay-Testbild** für die Kontrolle/Optimierung der Audio/Video-Synchronizität (Übereinstimmung von Ton und Bild)

Die BUROSCH-Testbilder wurden speziell für die FullHD- und UltraHD-Flachdisplays konstruiert und entsprechen somit den Anforderungen für die professionelle Bildbeurteilung. Im Folgenden werden die wichtigsten Testbilder erläutert. Die komplette Übersicht ist auf der Internetseite www.burosch.de unter dem Menüpunkt „Testbilder“ zu finden.

Basic-Testbilder

Wie die Bezeichnung vermuten lässt, handelt es sich hierbei um die Basis der Bildoptimierung. Die Basic-Testbilder erlauben eine erste grundlegende Kontrolle der standardisierten Bildeinstellung und die Optimierung der Grundeinstellungen am TV oder Beamer:

- Basic-Testbild Nr. 1: Kontrolle/Optimierung des **Bildformats**/Overscan
- Basic-Testbild Nr. 2: Kontrolle/Optimierung der **Helligkeit**
- Basic-Testbild Nr. 3: Kontrolle/Optimierung des **Kontrasts**
- Basic-Testbild Nr. 4: Kontrolle/Optimierung der **Farbe**
- Basic-Testbild Nr. 5: Kontrolle/Optimierung der **Schärfe**

Basic-Testbild Nr. 1: Bildformat/Overscan

Man denkt ja immer, Fernsehbild ist Fernsehbild. Okay, früher waren da mal schwarze Balken und verzerrte Gesichter, aber heute ist doch alles 16:9 und damit perfekt auf die Displaygrößen der modernen Flachbildfernseher abgestimmt. Ja, könnte man meinen. Wenn bei einem spannenden Thriller ganz unten im Bild der entscheidende Hinweis auf den Serienkiller steht, den man leider nicht lesen kann, weil zwei Prozent vom Bild einfach abgeschnitten sind, denkt man vielleicht anders über die Sache mit dem Overscan.

Im Allgemeinen wird mit Overscan der Bildbereich bezeichnet, welcher außerhalb des sichtbaren Bildbereichs liegen soll. Der Begriff stammt aus dem analogen TV-Zeitalter, als noch Bildröhren verwendet wurden. Durch einen kräftigen Impuls markierte der Elektronenstrahl den Anfang einer Zeile. Damit dieser unsichtbar war, begann das Bild etwas außerhalb des sichtbaren Bereichs (zwischen fünf und zwölf Prozent). Das hatte zugleich den Vorteil, dass leichte Unsauberkeiten kaschiert werden konnten. Im Gegensatz dazu spricht man von Underscan, wenn innerhalb des sichtbaren Feldes mit dem Bildinhalt begonnen wird. Bezeichnend dafür ist ein schwarzer Rahmen, der um das Bild gelegt wird oder aber schwarze Balken an den horizontalen oder vertikalen Bildrändern.

Heutzutage wird dieser Fachbegriff benutzt, um im TV-Menü die unskalierte Bildwiedergabe einzustellen, also dass das Bildformat originalgetreu wiedergeben und somit weder aufgezoomt noch mit störenden schwarzen Balken dargestellt wird. Im Zeitalter der Digitalübertragung und Pixel-raster-Displays ist die Overscan-Technologie überflüssig geworden, da ein Full-HD-Schirm das HDTV-Signal mit 1.080 Zeilen exakt so darstellen kann, wie es gesendet wird. Doch leider zeigen auch viele neue Fernseher in den

Werkseinstellungen ein falsches Bildformat/Overscan an (meistens 16:9) - erkennbar an den schwarzen Balken oder einem beschnittenen Bildrand. Dieselbe Funktion hat übrigens bei vielen TV Herstellern unterschiedliche Bezeichnungen, wie beispielsweise: *Just Scan*, *Voll*, *PC*, *Bildanpassung*, *Pixel to Pixel*, *nativ* etc.

Gerade für diese Bildeinstellung sind Testbilder perfekt, da nur so zu erkennen ist, ob der Bildrand beschnitten ist oder eben nicht. Mit einem Realbild (etwa Nachrichtensender) kann im Anschluss an die korrekte Einstellung des Bildformats ebenjenes noch einmal überprüft werden.



Abbildung 456: BUROSCH Basic-Testbild Nr. 1: Bildformat/Overscan plus Realbild

Die Einstellung der Bildformats bzw. des Overscans ist der erste Schritt von insgesamt fünf in der von BUROSCH empfohlenen Testprozedur für die Bildoptimierung. Mithilfe der Fernbedienung kann hier das Bildformat so justiert werden, dass alle vier Bildbegrenzungssymbole (schwarze Dreiecke) komplett dargestellt werden und den Bildrand gerade so berühren. Somit kann sichergestellt werden, dass keine unnötige Skalierung und damit verzerrte Bildarstellung erfolgt (also ohne störende schwarze Balken oben oder seitlich).

Zusätzlich zu den vier schwarzen Dreiecken zur Anzeige der Bildbegrenzung enthält dieses Basic-Testbild drei weitere große quadratische Testzonen, welche durch feinste schwarze und weiße Linien aufgebaut sind, die gerade mal einen Pixel breit sind. Die linke Testzone besitzt nur vertikale Linien, die mittlere Testzone weist diagonale Linien und die rechte Testzone nur horizontale Linien auf. Diese drei Testzonen der horizontalen, diagonalen und vertikalen Linien sollten sauber und ohne Wellenmuster dargestellt werden. Durch das werkseitig sehr häufig falsch gewählte Bildformat werden neben der unvollständigen Anzeige der Bildbegrenzungspfeile diese "Linien-Testzonen" fälschlicherweise mit einem Wellenmuster dargestellt (vgl. die folgende Abbildung).



Abbildung 457: Beispiel für falsches Bildformat: schwarze Balken oben und unten sowie Wellenmuster in den Linien-Testzonen.

Nach der Optimierung mit dem Basic-Testbild Nr. 1 wird das Bild formatfüllend und nativ angezeigt. Die Bildbegrenzungspfeile berühren die Bildschirmränder, Bildinformationen gehen nun nicht mehr verloren. Dies drückt sich zudem in der einwandfreien Darstellung der Testzonen der horizontalen, vertikalen und diagonalen Linien aus - diese weisen keinerlei Wellenmuster oder Artefakte auf.

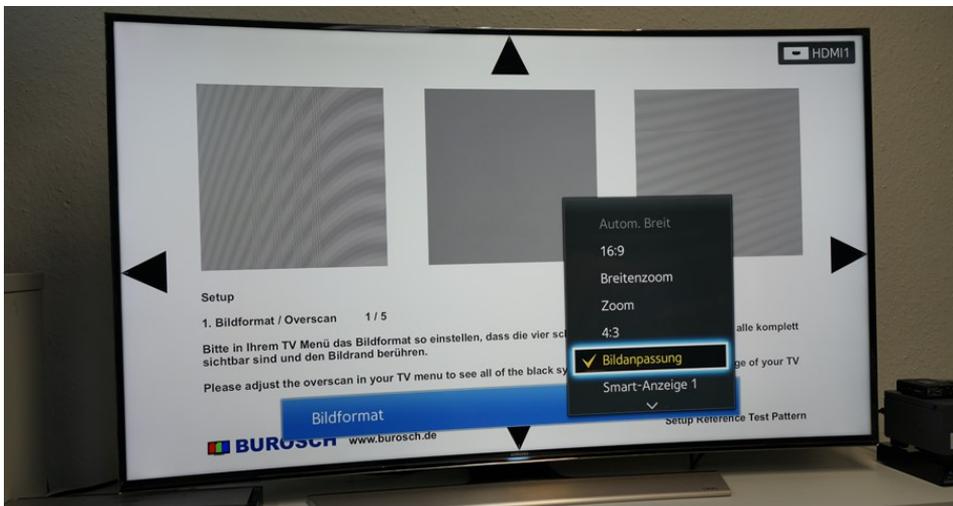


Abbildung 458: Beispiel für Bildanpassung an einem Samsung Curved TV

In der obigen Abbildung wird deutlich, welche vielfältigen Möglichkeiten das TV-Menü bieten kann. Suchen Sie in erster Linie nach Begriffen, wie „Bildformat“ oder „Bildanpassung“. Die Option „16:9“ ist in den Werkseinstellungen leider allzu oft fälschlicherweise vorgegeben. Diese reicht aber nicht aus, um das Bild generell unverzerrt darzustellen.

Basic-Testbild Nr. 2: Helligkeit

Nur mit einer korrekt eingestellten Bildwiedergabe sind auch in dunklen Filmszenen noch kleinste Bilddetails erkennbar. Das Basic-Testbild Nr. 2 von BUROSCH ist für die Einstellung der Helligkeit. Darüber hinaus finden interessierte Anwender für die Feineinstellung das "Black-Level-Testbild" und für die Überprüfung der Bildeinstellungen diverse Realbilder. Die Einstellung der Helligkeit ist der zweite Schritt von insgesamt fünf in der von uns empfohlen Testprozedur für die Bildoptimierung Ihres TV oder Beamers. Die Funktion der Helligkeit ist prinzipiell für die Qualität der Bildwiedergabe von dunklen Bildelementen verantwortlich.



Abbildung 459: Basis-Testbild Nr. 2 für die korrekte Menüeinstellung plus Realbild „Beauty“ zur Überprüfung der richtig eingestellten Helligkeit

Das klingt erst einmal paradox, aber tatsächlich ist die Einstellung der Helligkeit für die dunklen Bilddetails zuständig. Je besser diese eingestellt ist, desto perfekter werden gerade mit OLED-Bildschirmen Details in dunklen Szenen sichtbar. Im Basic-Testbild Nr. 2 gibt es hierzu die Testzone für die Einstellung der Helligkeit mit sechs unterschiedlich hellen Graufächern. Bei der Bildoptimierung sollte die Funktion für die Helligkeit so eingestellt werden, dass sich möglichst alle sechs Graufächern von der schwarzen Hintergrundfläche abheben, wobei das dunkelgraue Feld ganz links im Bild nur andeutungsweise sichtbar sein sollte. Die korrekte Wiedergabe des Testbildes stellt sicher, dass auch alle Filmszenen genauso perfekt in der Bildqualität wiedergegeben werden.

Durch eine falsche Einstellung der Helligkeit werden dunkle Bilder zu dunkel, das heißt besonders bei Nachtaufnahmen sind Bilddetails nicht mehr unterscheidbar. Ist die Einstellung für die Helligkeit hingegen zu stark gewählt, ist der Bildeindruck zu flau, flach oder gräulich. Nur bei korrekter Einstellung von Helligkeit und Kontrast wird das gesamte Spektrum von dunkelstem Schwarz bis zum hellsten Weiß gleichmäßig abgestuft dargestellt.

TIPP: Im Übrigen sollte die Einstellung der Helligkeit nicht mit der "Hintergrundbeleuchtung" von TV-Bildschirmen verwechselt werden. Diese regelt ausschließlich die Lichtintensität der LED-(CCFL)-Hintergrundbeleuchtung.

Technisch korrekt wird die Funktion der Helligkeit eigentlich als "Black Level" bezeichnet. In Verbindung mit dem Farbraum lassen sich grundsätzlich zwei RGB-Bereiche unterscheiden. Für den Computer-Pegel umfasst dieser die Werte 0 bis 255, der Video-Pegel für die Filmwiedergabe liegt hingegen im Bereich von RGB 16 bis 235. Der RGB-Wert 16 sollte somit das maximale Schwarz - der RGB-Wert 235 das maximale Weiß der Bewegtbildwiedergabe im Bereich TV und Beamer sein. Somit werden die RGB-Abstufungen zwischen 17 und 234 für den maximal sichtbaren Bereich des Video-Pegels definiert. Der RGB-Bereich zwischen 0 und 16 wird als Ultra-Schwarz (blacker than black) bezeichnet oder auch als Footroom. Insofern sollte man sich bei der Bildoptimierung der Helligkeit an dem dunkelsten Balken orientieren, welcher bei den BUROSCH-Testbildern dem RGB-Wert 18 entspricht und somit gerade noch sichtbar sein sollte.

In der folgenden Gegenüberstellung wird beispielhaft demonstriert, wie sich die nicht-korrekte Einstellung eines TV oder Beamers auf die Wiedergabe des Testbildes als auch auf die Bildwiedergabe eines Realbildes aus dem Hause BUROSCH auswirkt.



Abbildung 460: Beispiel für falsche Einstellung der Helligkeit

In den meisten Fällen sind nicht mangelhafte Displays, sondern dunklen vielmehr die problematische Werkseinstellung Grund für die schlechte Bildqualität. Die Helligkeit ist vielfach zu schwach eingestellt, nicht zuletzt um das Energielabel zu realisieren. Wie in der obigen Abbildung erkennbar, wird das Testbild zu dunkel dargestellt und somit auch das Realbild. Dadurch gehen wichtige Bildinformationen verloren. Deutlich wird die falsche Einstellung der Helligkeit vor allem in den fehlenden grauen Feldern rechts sowie insbesondere beim viel zu dunklen Gesicht der Dame links und den "abgesoffenen" Haaren.

Gerade im Zeitalter von HDR wird vor allem die Optimierung der Helligkeit eine generelle Maßnahme, die jeder Nutzer nach dem Kauf aber auch zwischendurch immer mal wieder ausführen sollte.

Basic-Testbild Nr. 3: Kontrast

Insbesondere in großen Multimediämärkten werden die Bildeinstellungen so gewählt, dass der Kunde ein Aha-Erlebnis hat. Darüber hinaus herrschen in den Verkaufsräumen komplett andere Bedingungen als zu Hause. Deshalb wird in vielen Geräten die Voreinstellung „Shop-Modus“ angeboten, die in den eigenen vier Wänden fast jeden Fernseher schlecht abschneiden lässt. Völlig überzogene Kontrasteinstellungen sind vielfach der Grund dafür und natürlich mangelnde Farben. Nur ein perfekt eingestellter Fernseher oder Beamer ist in der Lage, vor allem in hellen Filmszenen noch kleinste Bilddetails darzustellen.



Abbildung 461: Basis-Testbild Nr. 3 für die korrekte Menüeinstellung plus Realbild „Winter“ zur Überprüfung des richtig eingestellten Kontrasts

Moderne Displays werden nicht mehr flächendeckend, sondern je nach Bildinformation heller und dunkler (also dynamisch) bestrahlt oder die Bildpunkte leuchten individuell von selbst. Erst so kann der Kontrast erhöht, Weiß heller und Schwarz dunkler dargestellt werden, als es bisher möglich war. Die Steuerung von Farbton und Helligkeit erfolgt insbesondere beim aktuellen Feature HDR nicht mehr ausschließlich statisch, sondern in Abhängigkeit vom Bildinhalt. Umso mehr ist es erforderlich, die Grundeinstellungen regelmäßig zu überprüfen und (wenn nötig) zu optimieren. Denn was nützt modernste und teuerste Technik, wenn sie nicht perfekt funktioniert?

Um beispielsweise in einer Winterlandschaft bei Mittagssonne noch kleinste Bilddetails erkennen können, muss also der Kontrast optimal eingestellt sein. Ist dies nicht der Fall, leidet die Bildqualität - helle Bilddetails werden viel zu grell dargestellt und sind deshalb meistens nicht mehr unterscheidbar. Das TV- oder Beamer-Bild zeigt grelle Flächen ohne Zeichnung oder aber im gegenteiligen Extrem ist das Bild viel zu flau. Nur bei korrekter Einstellung von

Helligkeit und Kontrast wird das gesamte Spektrum von dunkelstem Schwarz bis hin zum hellsten Weiß gleichmäßig abgestuft dargestellt und es gehen garantiert keine Bilddetails verloren.

Ähnlich wie bei der Helligkeit wird der Kontrast technisch korrekt als "White Level" bezeichnet. In Verbindung mit dem Farbraum lassen sich grundsätzlich zwei RGB-Bereiche unterscheiden. Für den Computer-Pegel umfasst dieser die Werte 0 bis 255, der Video-Pegel für die Filmwiedergabe liegt hingegen im Bereich von RGB 16 bis 235. Der RGB-Wert 16 sollte somit das maximale Schwarz - der RGB-Wert 235 das maximale Weiß der Bewegtbildwiedergabe im Bereich TV und Beamer sein. Somit werden die RGB-Abstufungen zwischen 17 und 234 für den maximal sichtbaren Bereich des Video-Pegels definiert. Der RGB-Bereich zwischen 235 und 255 wird als Ultra-White (whiter than white) bezeichnet oder auch als Footroom. Bei der Bildoptimierung des Kontrastes sollte man sich also an dem hellsten Balken orientieren, welcher bei den BUROSCH-Testbildern dem RGB-Wert 233 entspricht und somit gerade noch sichtbar sein sollte.



Abbildung 462: Beispiel für falsche Einstellung des Kontrasts

In der obigen Abbildung sind ganz eindeutig die überzogenen Kontrasteinstellungen erkennbar, wie sie häufig in den Werkseinstellungen zu finden sind. Im Realbild links gehen wichtige Details (wie z.B. die feinen Spuren im Schnee) komplett verloren, im Testbild rechts ist lediglich ein grauer Balken sichtbar.

Kontrast und Helligkeit stehen in wechselseitiger Abhängigkeit. Deshalb sollten während des Display-Tunings nach jedem einzelnen Schritt mithilfe der angebotenen Realbilder die Qualität der Einstellungen überprüft werden. Im Anschluss kann ein Feintuning durchgeführt werden. Hierzu bietet BUROSCH in sämtlichen Test-Suites zusätzlich das "White Level Testbild" und darüber hinaus das Realtestbild "Winter Sun" an.

Basic-Testbild Nr. 4: Farbe

Das Ziel der TV Bildoptimierung ist die originale bzw. natürliche Bildwiedergabe. So ist gerade bei der Farbsättigung der natürliche Bildeindruck besonders entscheidend.

Hierfür eignen sich perfekt die unterschiedlichen Hautteints der vier Damen auf dem Basic-Testbild Farbe. Hauttöne hat das menschliche Gehirn abgespeichert und kann somit präzise beurteilen, welche Färbung korrekt ist. So fällt uns also relativ schnell auf, ob abgebildete Personen einen zu rötlichen Teint (Sonnenbrand) oder aber zu blass dargestellt werden.

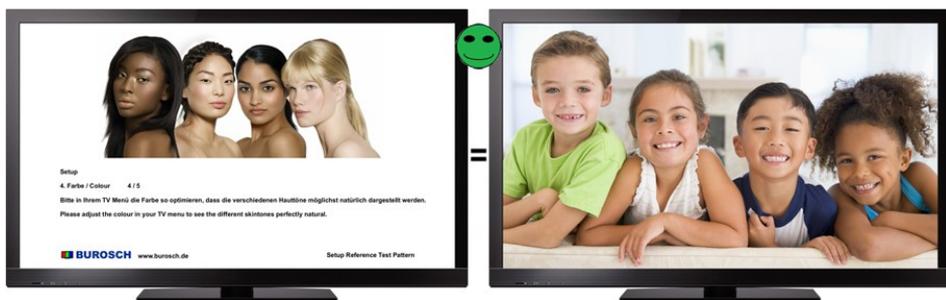


Abbildung 463: Basis-Testbild Nr. 4 für die korrekte Menüeinstellung plus Realbild "Kinder" zur Überprüfung der richtig eingestellten Farbe

Eine zu intensive Farbeinstellung verfremdet den Bildeindruck so, dass der Eindruck entsteht, die Frauen (links im Bild) hätten zu lange ein Sonnenstudio besucht. Im umgekehrten Fall würden die Hauttöne zu blass wirken. Gerade in bewegten Szenen fällt uns ein solcher Umstand zwar auf, jedoch können wir nicht präzise bestimmen, in welchem Ausmaß die Farbe präzise eingestellt werden muss. Mithilfe von Testbildern gelingt dies weitaus besser. So kann man sich beim Display-Tuning genügend Zeit nehmen, den Farbreger im Menü so zu justieren, dass die Frauen/Kinder einen natürlichen und der Realität entsprechenden Hautton erhalten. Parallel dazu wird gewährleistet, dass auch Filme etc. natürlich wiedergegeben werden.



Abbildung 464: Beispiel für falsche Einstellung der Farbe

Darüber hinaus eignet sich dieses Basis-Testbild mit seinem großflächigen reinweißen Hintergrund zudem sehr gut, um einen eventuellen Farbstich zu analysieren. Bei der TV-Menüeinstellung ist das Ziel die korrekte Reinweiß-Wiedergabe mit 6500 Kelvin (D65). In den Menüs der unterschiedlichen Geräte finden sich hierzu verschiedene Farbmodi. Der Farbmodus "kühl" bewirkt häufig ein blautichiges Bild - im Gegensatz zu der Einstellung "warm", welche mitunter ein rotstichiges Bild verursacht. Minimale rötliche, grünliche oder bläuliche Farbstiche kann der unerfahrene Betrachter schwerlich erkennen, zumal das menschliche Auge sehr schnell adaptiert – also eine Realität „vorgaukelt“ die nicht unbedingt richtig ist. Ganz bewusst ist deshalb unser Testbild mit einem reinweißen Hintergrund. Die korrekte Wiedergabe von "Weiß" ist jedoch der Dreh- und Angelpunkt für die korrekte Farbwiedergabe, bedingt durch die additive Farbmischung von Rot, Grün und Blau. Um sicherzustellen, dass der Hintergrund tatsächlich reinweiß und ohne Farbstich dargestellt wird, kann man ein weißes Blatt Papier neben den Bildschirm halten und somit einen direkten Vergleich anstellen. Auch hat die Zimmerbeleuchtung (Glühlampen, Halogen oder auch Neonröhren) einen wesentlichen Einfluss auf die saubere Bildwiedergabe (D65-Reinweiß).

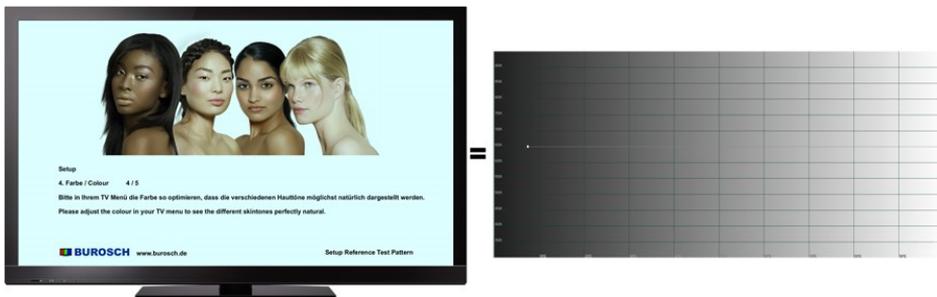


Abbildung 465: Beispiel für Blautich, die Farbtemperatur liegt oberhalb des Messbereichs von 9000K.

Basic-Testbild Nr. 5: Bildschärfe

Die Einstellung der Bildschärfe ist der letzte von fünf empfohlenen Schritten im Rahmen der Grundeinstellungen. Störende Schatten, weiße Doppelkonturen bei einer zu intensiv eingestellten Schärfe sind genauso fehl am Platz wie ein matschiger, flauer Bildeindruck bei einer zu schwach justierten Schärfe. Der Schärferegler ist folglich so einzustellen, dass selbst das feine Fadenkreuz vor dem grauen Hintergrund sowohl horizontal als auch vertikal präzise und klar abgegrenzt dargestellt wird. Die richtige Schärfeeinstellung zeigt sich vor allem in feinen Bildstrukturen, wie beispielsweise bei Gräsern, Haaren oder Ästen.

Viele Anwender stellen die Schärfe viel zu hoch ein und glauben, dass die Bildwiedergabe damit optimal scharf eingestellt ist. Das Gegenteil ist allerdings häufig der Fall: eine intensive Einstellung der Bildschärfe wirkt sich meistens negativ aus, das heißt das Bild muss keineswegs besser aussehen, nur weil die Schärfe auf Maximalmaß geregelt ist.

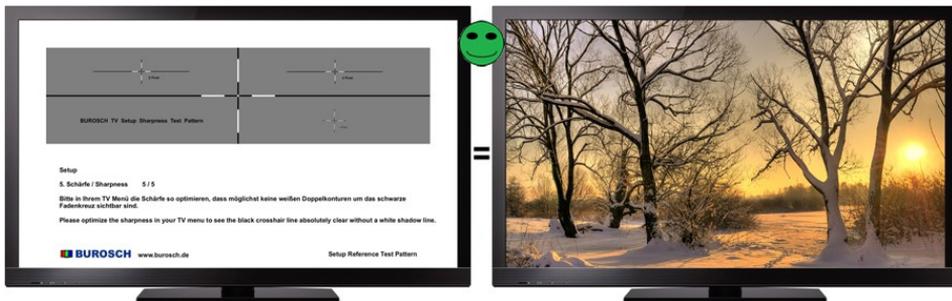


Abbildung 466: Basis-Testbild Nr. 5 für die korrekte Menüeinstellung plus Realbild "Bäume" zur Überprüfung der richtig eingestellten Bildschärfe

Um nun herauszufinden, ob die Bildschärfe optimal eingestellt ist, sollte dieses Basis-Testbilder und parallel ein Realbild aus dem Hause BUROSCH verwendet werden. Auch hier sollte man sich nicht auf die Werkseinstellungen verlassen. Überwiegend werden bei der Bildanalyse weiße Doppelkonturen bei den Fadenkreuzen (links in der Abbildung) sichtbar, die für einen störenden Bildeindruck sorgen. Dieser ist im Realbild sofort erkennbar, auch hier werden insbesondere bei den feinen Ästen ebensolche Doppelkonturen dargestellt (vgl. nächste Abbildung).

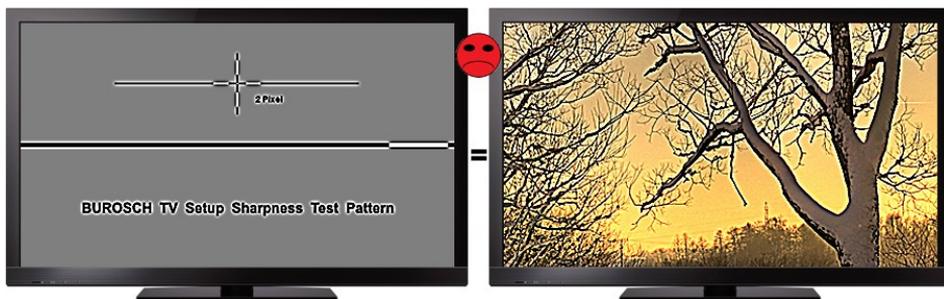


Abbildung 467: Beispiel für falsche Einstellung der Bildschärfe

Durch die korrekte Einstellung der Schärfe werden die Fadenkreuze, die Schrift (links) sowie die feinen Verästelungen der Bäume (rechts) klar definiert und ohne weiße Doppelkonturen angezeigt.

TIPP: Der Regelbereich der Bildschärfe im USB-Eingang der TV-Geräte ist technisch nicht optimal, deshalb sollte die Zuspiegelung der BUROSCH-Testbilder generell über den HDMI-Eingang erfolgen.

Universal-Testbilder

Für die schnelle Bildbeurteilung und -optimierung sind Universal-Testbilder eine geeignete Alternative. Hier finden sich in gleich mehreren Testzonen alle nötigen Features zur optimalen Überprüfung und Einstellung aller Grundparameter (Bildformat, Helligkeit, Kontrast, Farbe und Bildschärfe).

Universal-Testbild: „First Check“

Am bekanntesten ist wohl das Universaltestbild "First Check" aus dem Hause BUROSCH, das in allen nativen Bildauflösungen - also sowohl für Full HD, Ultra HD als auch für die 4K-Beamer-Auflösung - erhältlich ist. Darüber hinaus ist es für alle gängigen Displayarten verwendbar - von LED/LCD, Plasma bis hin zu den modernen OLED-Displays.

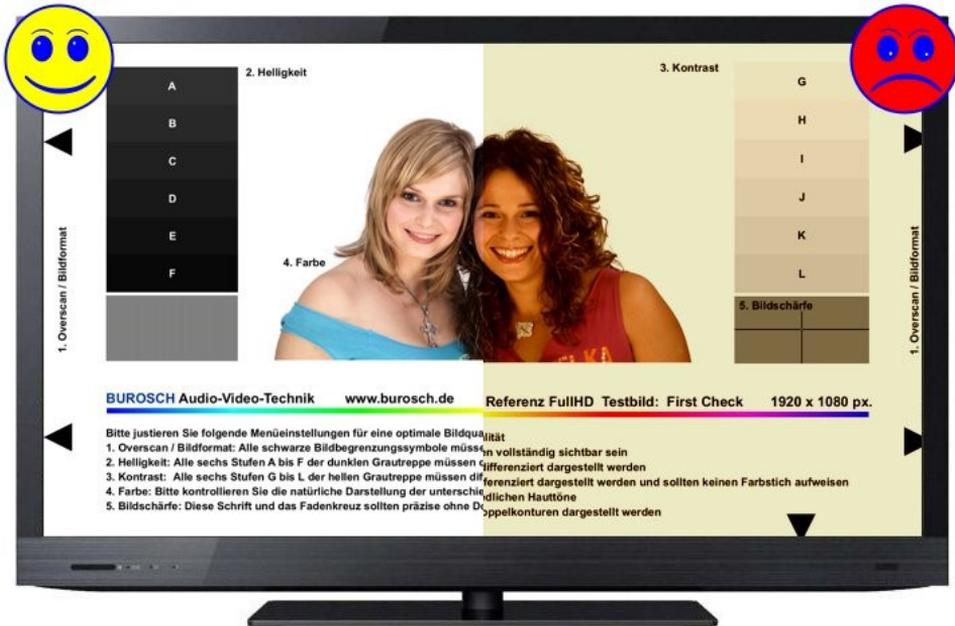


Abbildung 468: Beispiel für richtige (links) und falsche (rechts) Bildwiedergabe im Universal-Testbild „First Check“ von BUROSCH

Dieses Testbild ist aufgebaut in fünf Testzonen, welche die visuelle Referenz bilden für die Bildoptimierung der Menüeinstellungen am Fernseher oder Beamer. Eine kurze Erläuterung zu den einzelnen Testzonen findet sich im

unteren Bildbereich. Diese Testzonen reagieren sehr empfindlich auf Veränderungen in ihrer entsprechenden Funktion. Somit kann der Anwender sehr deutlich die schlechte beziehungsweise die korrekte Einstellung erkennen. Speziell für unerfahrene Anwender bietet dieses Universal-Testbild die Möglichkeit, eine schnelle, einfache und doch präzise Bildoptimierung durchzuführen.

In nur fünf einfachen Schritten kann dieses Testbild angewendet werden. Zum Start der Bildoptimierung sind die Menüeinstellungen im Fernseher oder Beamer mithilfe der Fernbedienung aufzurufen. Generell sollte auf die richtige Reihenfolge geachtet werden. So sollte generell mit den Grundeinstellungen begonnen werden, also mit der Optimierung des Bildformats, der Helligkeit, des Kontrasts, der Farbe und erst dann der Bildschärfe. Diese einzelnen Schritte wurden hier bereits im Kapitel „Basic-Testbilder“ eingehend erläutert. Sobald das Universal-Testbild richtig angezeigt wird, also die Bildbegrenzungspfeile vollständig, der Hintergrund reinweiß, alle Graustufen korrekt und natürlich die Hauttöne realistisch dargestellt werden, kann mithilfe der Realbilder eine Gegenkontrolle erfolgen. Darüber hinaus können im Anschluss daran die "erweiterten Bildeinstellungen" optimiert werden.

Grundsätzlich gilt: Wenn die Testbilder richtig angezeigt werden, ist die Bildwiedergabe optimal eingestellt.

Universal-Testbild: "Ladies" Version 1 (2013)

Auch das Universal-Testbild „Ladies“ bietet alle Voraussetzungen, mithilfe der Einstellfunktionen des Fernsehers oder Beamers die Bild- bzw. Filmwiedergabe nahezu perfekt darzustellen. Es handelt sich also nicht um irgendein Foto, sondern um das Ergebnis professioneller Präzisionstechnik. Nicht umsonst werden beispielsweise vergleichende Warentests mit solchen Testbildern durchgeführt.

Das Besondere an diesem Universal-Testbild ist die symmetrische Anordnung der einzelnen Testzonen. Diese Entwicklung wurde deshalb notwendig, weil die Hersteller zunehmend die Menü-Einstellungen an ihren Geräten ausweiten. Was grundsätzlich für den professionellen Einsatz im Labor gedacht war, macht sich nun für den privaten Gebrauch bezahlt. Denn dieses universelle Testbild eignet sich für jeden Anwender und ist darüber hinaus herstellernunabhängig. Um die Anwendung zu erleichtern, bietet BUROSCH zu jedem Universal-Testbild einen entsprechenden Audio-Kommentar sowie diverse Video-Workshops auf seiner Internetseite www.burosch.de an.



Abbildung 469: Beispiel für richtige (links) und falsche (rechts) Bildwiedergabe im Universal-Testbild „Ladies Vs.1“ von BUROSCH

Es ist eigentlich fast unnötig zu wiederholen, warum man mit Werkseinstellungen noch längst keine optimale Bilddarstellung erreichen kann, was überzogene Kontrastwerte oder fehlerhafte Einstellungen der Helligkeit, Schärfe oder Farbe bewirken und weshalb Menüeinstellungen nach dem Pi-mal-Daumen-Prinzip alles nur noch schlimmer machen. Natürlich kann man nach Gutdünken oder mithilfe lebloser und längst nicht mehr zeitgemäßer Null-acht-fünfzehn-Werte seinen Fernseher oder Beamer einstellen. Kann man, muss man aber nicht. Die obige Abbildung stellt deutlich heraus, wie unterschiedlich eine Bildwiedergabe aussehen kann. Letztlich entscheidet jeder Nutzer selbst, in welcher Qualität er Filme, Serien, Dokumentationen etc. genießen und in welchem Maß seine Augen belasten möchte.

Auch mit Universal-Testbild „Ladies“ aus dem Hause BUROSCH können die wichtigsten Parameter der Bildwiedergabe analysiert sowie optimiert werden: Bildformat/Overscan, Helligkeit, Kontrast, Farbe, Schärfe. Die Vorgehensweise ist immer dieselbe. Die richtige Anwendung der Testbilder ist im entsprechenden Kapitel dieses Buches sowie auf der BUROSCH Seite unter dem Menüpunkt „TV-Bildqualität“ zusammengefasst.

Universal-Testbild „Ladies“ Version 2 (2016)

Die neueste Innovation aus dem BUROSCH-Labor ist das Universal-Testbild "Ladies" aus dem Jahre 2016, welches sich ebenfalls perfekt für die schnelle Bildoptimierung zwischendurch eignet. Es kann der Laie zu Hause genauso verwenden wie der Techniker eines Fernsehsenders für eine Live-Übertragung - entsprechend der ITU-Norm BT.709 - der offiziellen und weltweit anerkannten Videonorm aller Display-Hersteller.



Abbildung 470: Universal-Testbild „Ladies“ Vs. 2 für die schnelle Optimierung der Grundeinstellungen

Eine ausführliche Erläuterung zur Anwendung dieses Testbildes findet sich im nächsten Kapitel. Entwickelt wurde dieses Testbild übrigens im Frühjahr 2016 von Andreas und Klaus Burosch. Wie die obige Abbildung zeigt, weist es alle nötigen Testzonen für ein umfassendes Display-Tuning auf.

TIPP: Sogenannte Bildverbesser (z.B. Kontrastautomatik) verfälschen in der Regel leider allzu oft das Originalbild. Deshalb sollte diese so wenig wie möglich verwendet werden. Auch eine Rauschunterdrückung (DNR) sollte nur dann eingesetzt werden, wenn diese tatsächlich erforderlich ist, etwa von einem analogen TV-Empfang oder einem angeschlossenen, alten Videorecorder (beides kommt so gut wie gar nicht mehr vor).

Universal-Testbild „Divas“ inklusive Audiotestsequenz

Ein etwas älteres Modell, deshalb aber nicht weniger aktuell, ist das Universal-Testbild „Divas“, welches ausschließlich in Full HD lieferbar ist. Als seinerzeit die Fernsehanstalten auf die Ausstrahlung des altbekannten FuBK-Testbildes verzichteten und die Röhrenfernseher so langsam aus der Mode kamen, entschloss sich die Firma BUROSCH, selbst Testbilder zu konstruieren.

Eine neue Generation audiovisueller Testsequenzen entstand, an der BUROSCH maßgeblich beteiligt war und ist. So gehört das Universal-Testbild „Divas“ zu den ersten seiner Art und kann auch heute noch für alle gegenwärtigen LCD- und Plasmadisplays und für jede Bild diagonalen verwendet werden. Revolutionär waren seinerzeit die Elemente für die digitale Signalverarbeitung, weshalb BUROSCH-Testbilder bis heute von vielen Entwicklern namhafter Anbieter aus der Industrie und von anerkannten Bildeinstellungsexperten weltweit eingesetzt werden.

Das Besondere an diesem Universal-Testbild ist seine Ausführung als Videosequenz mit integrierter Checkliste, die in der animierten Textzeile Hinweise auf die wichtigsten Prüffelder und deren Verwendung gibt und gleichzeitig einen Test für die korrekte Lesbarkeit von Laufschriften darstellt. Die angezeigten Referenzen geben auch einen Hinweis auf eine sinnvolle Testreihenfolge, denn die ist für einige Parameter entscheidend, die sich gegenseitig beeinflussen, etwa dass Helligkeit vor Kontrast und vor Farbsättigung eingestellt werden muss, da diese Parameter in anderer Reihenfolge angewendet zu falschen Bildergebnissen führen.

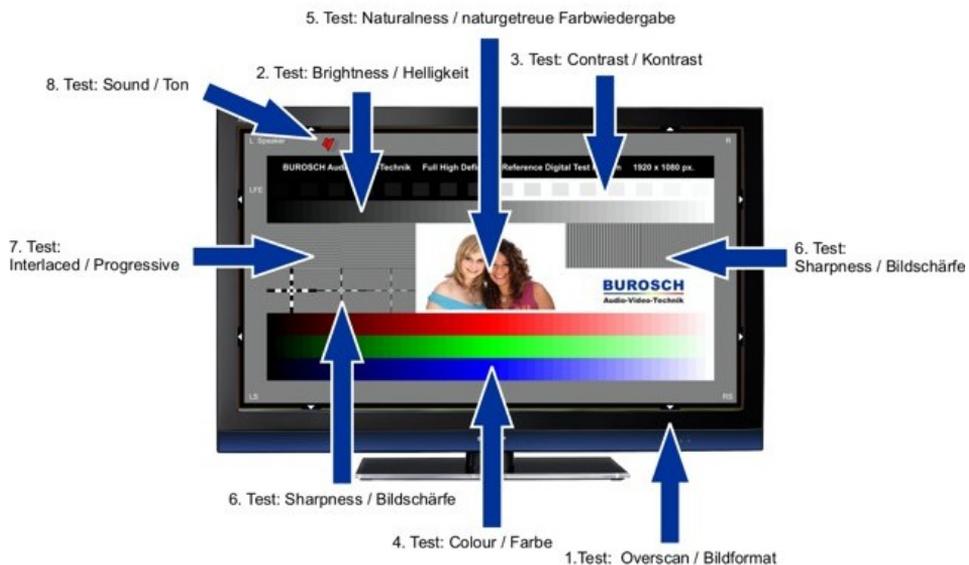


Abbildung 471: Universal-Testbild „Divas“ inklusive Videosequenz und Testton

Die integrierte Video-Testsequenz bietet auf einen Blick eine umfassende Zahl von Möglichkeiten zur Bildoptimierung und Qualitätsbeurteilung. Die folgenden Aspekte der Wiedergabequalität lassen sich in der Video-Testsequenz erkennen oder mit seiner Hilfe korrigieren:

1. Bildformat/Overscan
2. Helligkeit
3. Kontrast
4. Farbe
5. Bildschärfe
6. De-Interlacing
7. Skalierung
8. Natürliche Bildwiedergabe
9. Sound (zur Identifizierung der einzelnen Stereo-Kanäle)

Auch wenn es heute kaum noch Bildübertragung im Zeilensprungverfahren gibt, ist die **Testzone 7**: Interlaced/Progressive nach wie vor interessant. Das Testmuster zur Wandlung von Interlaced – in diesem Falle 1080i – zu Progressive besteht aus alternierenden schwarzen und weißen einzeligen Linien, in der Mitte um eine Zeile versetzt. Korrekt dargestellt, ist ein klares, flackerfreies, horizontales Streifenmuster erkennbar, das in der Mitte um eine Zeile versetzt ist.

Seinerzeit einmalig war auch die **Testzone 8**, die einen Audiotest beinhaltet, der zur Identifizierung der einzelnen Kanäle und einer groben Abwägung der Konfiguration des Bassmanagements und der Optimierung der Wiedergabekette dient. Dazu „wandert“ ein Musikstück durch alle Kanäle, visualisiert im Testbild durch ein Lautsprecherpiktogramm und den Kanal-Kürzeln: L=Links, C=Center, R=Rechts sowie LS=Linker Surround, RS=Rechter Surround, LFE=Low Frequency Effects. Bei korrekter Wiedergabe kommt das Signal aus jedem korrespondierenden Kanal gleich laut und wandert übergangslos zum nächsten Kanal. Je nach Bassmanagement- und Lautsprecherkonfiguration kommt das tieffrequente LFE-Signal aus den Frontlautsprechern oder dem Subwoofer, beides ist korrekt. Im Umkehrschluss können typische Fehler vermieden werden. Etwa dass die Musik aus einem anderen Kanal als angezeigt kommt (vertauschte Anschlüsse) oder beim Übergang zweier Kanäle nicht deutlich zu orten ist (eines der Lautsprecherkabel ist verpolt angeschlossen oder die Delay-Zeiten sind falsch eingestellt). Ein weiterer Fehler wäre, dass die Musik in der Lautstärke von einem Kanal zum anderen variiert, hier würde der Pegelabgleich nicht stimmen. Oder aber das LFE-Signal ist nicht hörbar. LFE-Signal nicht hörbar, weil das Bassmanagement nicht zum Lautsprecher-Setup passt oder der Subwoofer ausgeschaltet ist.

Universal-Testbild „AVEC“ für Bild und Ton

Genauso bekannt wie das Universal-Testbild „First Check“ ist auch das AVEC-Testbild aus dem Hause BUROSCH, das in zahlreichen virtuellen Fachzeitschriften zum Download angeboten wurde. Darüber hinaus wurde es beispielsweise im Jahre 2014 bei der Live-Produktion der Fußball-WM genutzt. Konkret kam es bei der Kontrolle der SONY Broadcast-Monitore im IBC (International Broadcast Center) zum Einsatz.



Abbildung 472: BUROSCH-Testbilder im IBC während der Fußball-WM 2014

Entwickelt wurde das AVEC-Testbild (Audio Video Equipment Check) bereits 1994 von der Firma BUROSCH. Seinerzeit neu war unter anderem auch, dass die insgesamt acht Testzonen für visuelle und messtechnische Untersuchungen selbsterklärend wiedergegeben werden. Folgende Aspekte der Wiedergabequalität können bis heute mit dem im AVEC-Testbild analysiert und korrigiert werden:

1. Bildschärfe
2. Helligkeit
3. Kontrast
4. Farbbalance (Farbtemperatur)
5. Gamma
6. Skalierungen
7. Bildgeometrie (Verzerrungen)
8. Lautsprechertest (Audio)

Auch in diesem Universal-Testbild ist mit entsprechender Audiosequenz sowohl für das Bild als auch für den Ton geeignet. In diesem Fall ist der Audiotest des AVEC-Testbildes zur Überprüfung einer 5.1 Dolby Digital Surround-Anlage optimiert. Bei korrekter Wiedergabe kommt das Rauschen aus jedem Kanal gleich laut und wandert übergangslos zum nächsten Kanal. Je nach Bassmanagement- und Lautsprecherkonfiguration kommt das tieffrequente LFE-Signal aus den Frontlautsprechern oder falls vorhanden aus dem Subwoofer, beides ist korrekt.

TIPP: Statische Testbilder eignen sich besonders gut zur Bildanalyse, da sie dem Auge die nötige Zeit geben, um Farbunterschiede oder Darstellungsprobleme zu erkennen. Bei bewegten Bildern bleibt hingegen für die präzise Wahrnehmung von Bildunterschieden aufgrund der raschen Bewegungen naturgemäß keine Zeit hat.

Statische Testbilder zur Feineinstellung

Die Parameter der erweiterten Menüeinstellungen sind sehr komplex und kompliziert - selbst für erfahrene Fachleute. Hier geht es um Bildlage, Schwarzwert, Frame Creation, Super Resolution oder Ultra Resolution, Smart LED, Methode 2 oder Methode 10, Dyn. Contrast. Diese Funktionen sind äußerst komplex und ihre Bezeichnungen sowie deren Regelbereich ändern sich in fast jeder Modellreihe. Die gegenseitige Beeinflussung dieser erweiterten Funktionen ist zudem sehr ausgeprägt. Darüber hinaus spielt der Stand der Firmware eine große Rolle. Immer neue Menüpunkte beziehungsweise Funktionen tauchen bei jedem neuen TV-Modell auf. Somit ist eine allgemeinverbindliche Funktionsbeschreibung - für alle Fabrikate, Modellreihen und Technologien - absolut unmöglich.

Umso mehr ist hier die individuelle Bildkontrolle mit Referenz-Testbildern und darüber hinaus umfangreiches Fachwissen gefragt. Die Optimierung dieser komplizierten Funktionen der erweiterten TV-Menüeinstellung sollte deshalb nur jemand durchführen, der tatsächlich Ahnung hat. Eine entsprechende Beschreibung würde den Umfang dieser Präsentation sprengen. Im Rahmen einer Beauftragung berät BUROSCH jedoch gern und führt eine professionelle Kalibrierung vor Ort durch.

Selbstverständlich bietet BUROSCH auch Testbilder, um unter anderem Clouding- beziehungsweise Banding-Effekte zu analysieren oder aber die Bilddynamik zu beurteilen sowie die Motion-Compensation-Funktionen (Bewegungsunschärfe) optimal einzustellen. Stellvertretend für das

komplette Angebot sollen im Folgenden einige Testbilder für die erweiterten Menüeinstellungen (Feineinstellung) erläutert werden:

Testbild: "Display Banding/Clouding"

Eine sehr sorgfältige Bildeinstellung ist die Voraussetzung, um gegebenenfalls diese Streifen (vgl. Abbildung) zu vermeiden. Da die problematische Bildsignalverarbeitung die Ursache dieses Effektes ist, kann das Banding als solches gerätespezifisch nicht realistisch optimiert werden. Das heißt, dass mit Testbildern lediglich eine Kontrolle möglich, eine Vermeidung dieses Effektes aber nicht möglich ist.



Abbildung 473: Beispiel für Banding-/Clouding-Effekt

Dennoch können auch fehlerhafte Bildeinstellungen für den Banding-Effekt verantwortlich sein, weshalb BUROSCH ebenjenes Testbild und darüber hinaus diverse Realbilder anbietet, mit denen die Banding-Analyse durchgeführt werden kann. Beim Testbild "Display-Banding" handelt es sich um ein besonders anspruchsvolles Testbild, bei dem es auf die weiche, fließende Darstellung ankommt, also den gleichmäßigen Verlauf ohne Abstufungen. In insgesamt zwölf verschiedenen Ausführungen (6 in Farbe und 6 in Grau) kontrolliert diese Testsequenz (nur in Full HD erhältlich) kritisch die komplette signalverarbeitende Technik des TV-Displays oder Beamers. Die einzelnen Testbilder zeichnen sich grundsätzlich durch einen absolut gleichmäßigen und weichen Farbverlauf beziehungsweise Graustufung aus. Sie unterscheiden sich jeweils durch verschiedene Farbkombinationen beziehungsweise deren Helligkeit.

Testbild "BCC"

Für das Feintuning von Helligkeit und Kontrast eignet sich neben den Testbildern "Black-Level" und „White-Level“ insbesondere das Testbild „BCC“ für den **B**rightness **C**ontrast **C**heck. Dieses Testbild hat die Doppelfunktion für die Kontrolle und Optimierung der Einstellung von Helligkeit und Kontrast. In

seiner Funktion geht dieses Referenz-Testbild wesentlich weiter als das Basic-Testbild für die Helligkeit und das Basic-Testbild für die Kontrast-Einstellung. Abgesehen davon bedingen sich beide Parameter und können sich gegenseitig beeinflussen. Mit dem BCC-Testbild hat der Anwender nunmehr die Möglichkeit, die Bilddarstellung in Bezug auf die Einstellung von Helligkeit und Kontrast parallel zu optimieren. Es bietet sich somit besonders an, um selbst minimale Qualitätsunterscheide von Displays schonungslos aufzudecken, damit sowohl kleinste Abstufungen in dunklen Filmszenen als auch feinste Details in sehr hellen Filmszenen perfekt dargestellt werden können.

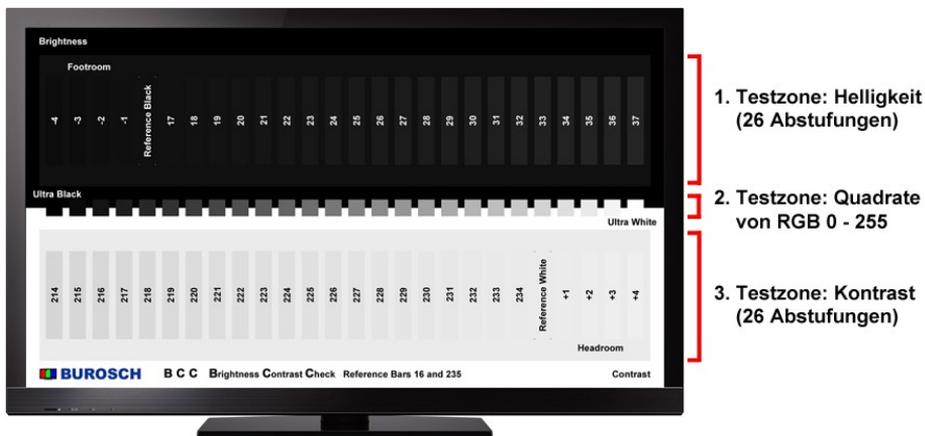


Abbildung 474: Testbild „BCC“ inklusive Testzonen-Beschreibung

Grundsätzlich ist das BCC-Testbild in drei Testzonen beziehungsweise drei Grautreppen aufgeteilt. Entsprechend der Reihenfolge des Optimierungsablaufs befindet sich in der oberen Bildhälfte die Testzone für die Helligkeit (Black Level) und im unteren Bildbereich die Testzone für die Einstellung des Kontrasts (White Level). Dazwischen befindet sich die Testzone für die Luminanz-Bandbreite.

1. Obere Testzone für die Menüeinstellung Helligkeit:

Die 26-stufige Grautreppe mit den RGB-Werten 12 bis 37 ist platziert auf referenzschwarzem Grund (RGB 16). Die Grautreppe bildet den Kern der Testzone für die Helligkeit. Außen umrandet ist diese Testzone mit einer Bezugsfläche, welche den RGB-Wert 0 hat und somit dem sogenannten Ultra-Black entspricht. Entscheidend ist auch hier die maximal-feinste Abstufung der Grautreppe in "Einser-Schritten". Entsprechend der gängigen Bandbreite (16-235) von gängigen Bewegtbildern (Videomaterial) liegt das Reference-Black bei 16. Da manche Produktionen jedoch auch noch den Footroom, d.h. den Bereich unter 16 ausnutzen, sieht diese Testzone zusätzlich die Untersteuerung in vier Schritten vor.

2. Mittlere Testzone für die Luminanz-Bandbreite

In der Mitte des BCC-Testbildes sind 26 kleine Quadrate platziert, die in linearen RGB-10er-Schritten die gesamte Luminanz-Bandbreite von RGB 0 (links) bis RGB 255 (im rechten Bildbereich) abdecken. Diese Testzone dient mit seiner groben Abstufung der Grautreppe zur ersten grundlegenden Bildbeurteilung.

3. Untere Testzone für die Menüeinstellung Kontrast:

Auf die gleiche Weise wie Testzone 1 ist auch die untere Testzone für den Kontrast aufgebaut. Von RGB 239 stuft sich die Grautreppe 26-fach wieder in der kleinsten Schrittweite von "Einser Schritten" nach unten bis zum RGB-Wert 214. Diese Grautreppe ist auf einer referenzweißen Fläche (RGB 235) gelagert. Der äußere Rahmen ist im RGB-Wert 255 gehalten - dem sogenannten Ultra White. Entsprechend der gängigen Bandbreite (16-235) von gängigen Bewegtbildern (Videomaterial) liegt das Reference-White bei 235. Da manche Produktionen jedoch auch den Headroom, d.h. den Bereich über 235 ausnutzen, sieht diese Testzone darüber hinaus die Übersteuerung in vier Schritten vor.

Die drei Grautreppen weisen eine lineare Abstufung auf und sollten im Idealfall auch alle differenziert dargestellt werden. Je mehr Abstufungen der jeweiligen Grautreppen dargestellt werden, desto optimaler ist die Bildeinstellung sowie Displayqualität. Diese zeigt sich deutlich in der Darstellung der Realbilder und letztlich des Videomaterials, wobei alle dunklen Details einer Nachtszene aber auch feinste helle Bildelemente (beispielsweise bei einer Winterlandschaft) perfekt wiedergegeben werden.

Testbild: „Crosstalk/Ghosting“

Auch wenn 3D eigentlich schon wieder aus der Mode kommt, bietet BUROSCH für entsprechende Fans eine exklusive Testsuite an. Diese beinhaltet neben Realbildern auch das Testbild „Crosstalk“. Denn nicht nur die 3D-Funktion selbst, sondern auch die maximale Frequenzdarstellung und die Crosstalk-Bestimmung (Ghosting) sind die wichtigsten Kriterien zur 3D-Qualitätsbeurteilung für TV-Displays und Beamer.

Der sogenannte Crosstalk oder auch Ghosting-Effekt stört die Bildqualität bei der 3D-Wiedergabe (vgl. entsprechendes Kapitel „Abbildungsfehler“ in diesem Buch). Gemeint sind sogenannte Geisterbilder, eine fehlgeleitete Bildinformation im rechten Auge, die eigentlich für das linke Auge bestimmt war. Diese zeigen sich insbesondere in auftretenden Doppelkonturen oder bei hohen Kontrastwerten in Form von schwarzen senkrechten Linien vor hellem Hintergrund. Diese Fehler in der 3D-Wiedergabe können nur mit entsprechenden Testbildern gemessen werden. Entsprechend den

Segmentabschnitten einer Uhr kann auf den Crosstalk-Testbildern der Wert definiert werden, um wieviel Prozent die Bildinformation vom linken Auge Einfluss auf das rechte Auge hat. Dieser Wert ist abhängig vom Luminanz-Kontrast-Verhältnis und auch vom Chrominanz-Signal.



Abbildung 475: Testbild zur Messung des Crosstalk-Wertes

Dynamische Testsequenzen

Obwohl die Bildoptimierung grundsätzlich mit statischen Testbildern erfolgen soll, gibt es dennoch gewisse Parameter, die nur mit dynamischen Testsequenzen kontrolliert werden können. Hierzu gehört selbstverständlich die Bewegungsunschärfe (vgl. entsprechendes Kapitel in diesem Buch).

Allerdings sind reine Filmsequenzen als Grundlage für die Optimierung dieser Funktion ungeeignet, da die eigentliche Produktion der Bezugssequenz und deren Qualität unbekannt sind. Deshalb hat BUROSCH eine Pendel-Testsequenz entwickelt, mit der man relativ einfach die Bewegungsunschärfe kontrollieren und gegebenenfalls Änderungen an der sogenannten Motion-Compensation-Funktion in den erweiterten Menüeinstellungen vornehmen kann.

Die Pendel Testsequenz ist in zwei Testzonen aufgebaut. Im oberen Bildteil schwingt das Pendel von ganz links und dann nach rechts. Im unteren Bildteil bewegen sich zwei graue Blöcke horizontal von links nach rechts mit. Durch das

exklusive Design des Pendel-Testbilds können Bildverfremdungen (beispielsweise Schatten oder Schlieren) sehr deutlich aufgezeigt werden. Im Idealfall schwingt das Pendel gleichmäßig und ohne deutliche Nachzieheffekte beziehungsweise bewegt sich der darunter befindliche Block absolut flüssig und weich. Ist dies der Fall, ist auch die Filmwiedergabe flüssig.



Abbildung 476: Beispielhafte Darstellung der Bewegungsunschärfe mit dynamischer Testsequenz

Grundsätzlich gilt: je weniger Schlieren am Pendel sichtbar sind, desto besser ist die Einstellung. Jedoch kann aufgrund der in Kapitel „Bewegungsunschärfe“ dargelegten Probleme bei der Filmproduktion und Signalübertragung eine perfekte Pendeldarstellung in Bewegung nie erreicht werden.

Realtestbilder zur Gegenkontrolle

Die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Referenz-Testbilder sind die visuelle Grundlage für die objektive TV- und Beamer-Bildanalyse sowie Bildoptimierung. Realbilder spiegeln hingegen die Menüeinstellungen, welche auf Basis der Testbilder vorgenommen wurden. Hier kann man sehr genau erkennen, ob die Bildoptimierung gelungen ist oder eben nicht. Insofern dienen Realbilder zur Gegenkontrolle der zuvor ermittelten Grundparameter im Rahmen der Bildoptimierung mit Testbildern. Hierbei handelt es sich also nicht nur um ein Foto, sondern um die Möglichkeit, das vorangegangene Display-Tuning zu überprüfen. Wurden in einem ersten Schritt mithilfe der Testbilder die Grundeinstellungen am TV-Display oder Beamer (Bildformat/Overscan, Helligkeit, Kontrast, Farbe sowie die Bildschärfe) optimiert, so kann man sich mit den entsprechend angebotenen Realbildern nunmehr davon überzeugen, was Ultra HD & Co. tatsächlich kann. Hierzu dienen sowohl reine Realbilder als auch Realtestbilder aus dem Hause Burosch. Der Unterschied wird in der folgenden Dokumentation deutlich.

Realtestbild "Woman"

Für dunkle Bildelemente und die detailgetreue Wiedergabe ist grundsätzlich die Einstellung der Helligkeit verantwortlich. Nur bei korrekter Einstellung von Helligkeit und Kontrast wird das gesamte Spektrum von dunkelstem Schwarz bis zum hellsten Weiß gleichmäßig abgestuft dargestellt. Die folgenden Ausführungen stellen dar, wie man mithilfe des Realtestbildes "Woman" die Helligkeitseinstellungen am TV oder Beamer richtig optimieren kann. Denn der Vorteil dieses Realtestbildes ist (ähnlich wie beim Universaltestbild), dass sich hier die Referenzwerte für die optimale Einstellung der Helligkeit und die reale Bildarstellung zur Gegenkontrolle in einem Testbild vereinen.

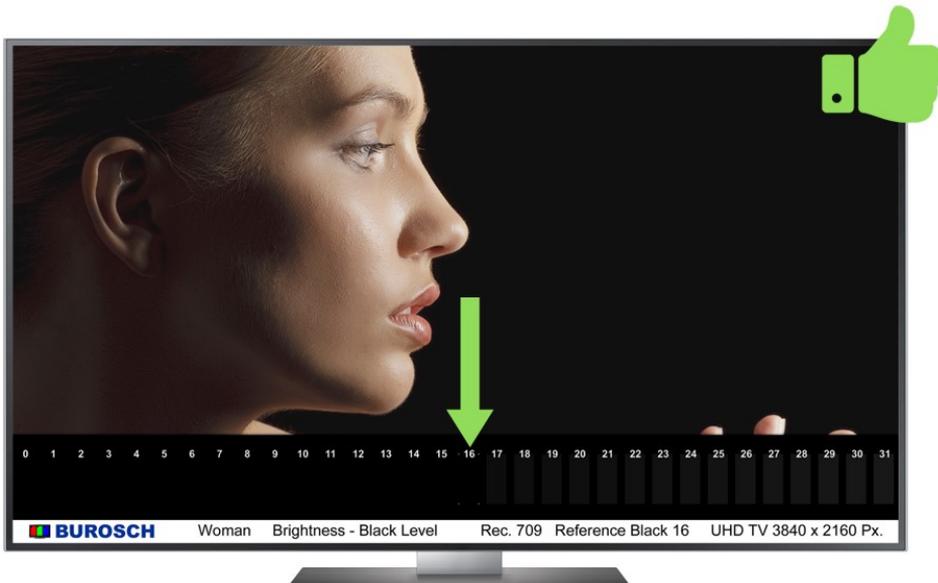


Abbildung 477: Richtige Helligkeitseinstellung beim Realtestbild „Woman“

In Verbindung mit dem Farbraum lassen sich grundsätzlich zwei RGB-Bereiche unterscheiden. Für den Computer-Pegel umfasst dieser die Werte 0 bis 255, der Video-Pegel für die Filmwiedergabe liegt hingegen im Bereich von RGB 16 bis 235. Gemäß Rec.709 zeigt der RGB-Wert 16 das maximale Schwarz und der RGB-Wert 235 das maximale Weiß der Bewegtbildwiedergabe. Somit werden die RGB-Abstufungen zwischen 17 und 234 für den maximal sichtbaren Bereich des Video-Pegels definiert. Also nicht bereits ab dem RGB-Wert 0, denn der RGB-Bereich zwischen 0 und 16 wird als Ultra-Schwarz bezeichnet. Bei der Bildoptimierung der Helligkeit sollte man sich also an dem dunkelsten Balken orientieren, welcher bei diesem Realtestbild dem RGB-Wert 16 entspricht und somit gerade noch sichtbar sein sollte.

Bei einem falsch eingestellte TV-Displays oder Beamer sind hingegen die grauen Balken auf der Skala nicht erst am dem Wert 16 sichtbar. Die Helligkeit ist zu hoch eingestellt, die Filmwiedergabe wirkt dann völlig überblendet. Oder aber das Gegenteil ist der Fall. Nicht nur eine überdrehte Einstellung der Helligkeit kann zu Bildverlusten führen, sondern auch eine zögerliche hat direkte Auswirkungen auf die Qualität der Bildwiedergabe. Der erste graue Balken sollte also am RGB-Wert 16 gerade so zu erkennen sein.

Realbild "Stuttgarter Bibliothek"

Für die Überprüfung der zahlreichen Bilddetails, die heute mit Ultra HD möglich sind, eignet sich besonders das Realbild „Stuttgarter Bibliothek“. War die Bildoptimierung mit den oben beschriebenen Testbildern erfolgreich, sollte jetzt dieses Realbild perfekt wiedergegeben werden. Hierzu zählt unter anderem das Tageslicht, welches durch die Fensterfront im Obergeschoss bricht sowie und die einzelnen Grautöne von Fußboden, Geländer und Regalen. Oder aber die künstlichen Spots, die in den unteren Stockwerken die Ecken ausleuchten. Und natürlich die unzähligen Bücher, die als solche detailliert und farbenfroh erkennbar sein sollten.

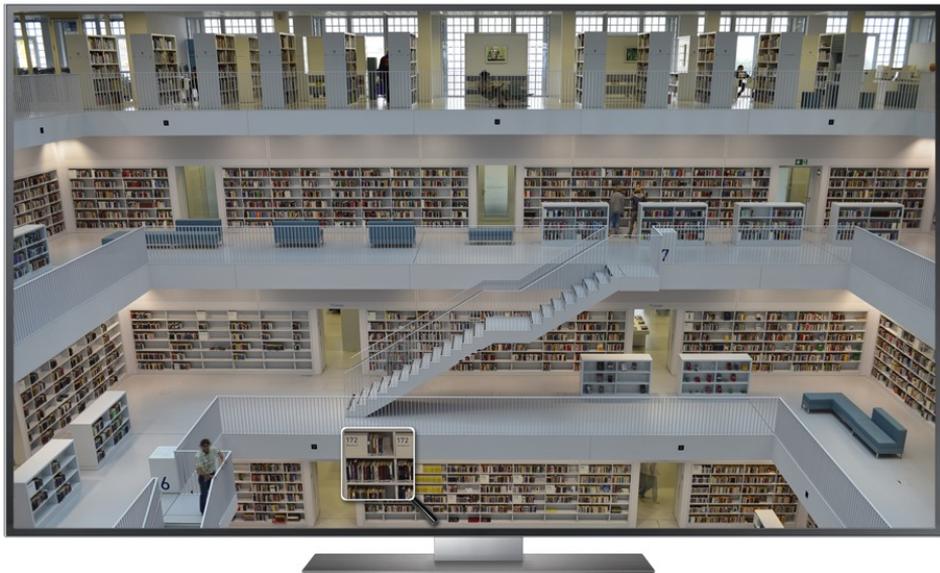


Abbildung 478: Realbild „Stuttgarter Bibliothek“ mit zahlreichen Bilddetails

Vielleicht kann man nicht jeden Titel lesen, wohl aber die Nummerierung der Regale (vgl. Lupe in obiger Abbildung). Wenn zum Abschluss des Display-Tunings der optimierte Fernseher oder Beamer dieses Realbild nicht bis ins kleinste Detail darstellt, dann sollten unbedingt die Grundeinstellungen noch einmal kontrolliert und verändert werden. Denn in den wenigsten Fällen liegt

es an der Technik, wenn die Bildqualität Mängel aufweist. Meistens sind es schlichtweg die falschen Einstellungen.

Realbild "Santorin"

In diesem Realbild ist es vor allem das Licht, welches eine große Herausforderung für den zu optimierenden TV-Bildschirm oder Beamer bedeutet. Ab einem gewissen Lichtanteil sind Farben für uns nicht mehr wahrnehmbar. Mangelhafte und vor allem schlecht eingestellte Displays realisieren diesen Umstand weitaus schneller als in der Realität. Noch vor zehn Jahren hätten wir auf dieser Aufnahme weder die für Griechenland typischen blauen Türen noch das Türkis des Swimmingpools (links unten im Bild) oder aber die gelbe Fassade sowie die roten Blüten erkennen können. Eine graue Kulisse mit verschwommenen Lichtpunkten wäre das Ergebnis gewesen. Und heute? Nicht nur die Kamertechnik hat sich weiterentwickelt, sondern auch unsere Wiedergabegeräte.



Abbildung 479: Realbild "Santorin" zur Gegenkontrolle der Helligkeit und Hintergrundbeleuchtung

Sofern die Bildoptimierung mit Testbildern erfolgreich war, sollte der feine, lineare Farbverlauf am Himmel ohne Banding-Effekt dargestellt werden. Darüber hinaus bieten die unglaublich vielen Details in diesem Realbild die Möglichkeit, sowohl die Bildschärfe als auch die Farbeinstellungen zu überprüfen. Doch im Mittelpunkt der Gegenkontrolle steht hier die Beleuchtung. Ohne sie würden wir keine Feinheiten, Verläufe und Farben erkennen. Die einzelnen Lichtpunkte dieses Realbildes helfen dabei, die Funktionalität der

Hintergrundbeleuchtung des TV-Displays zu testen - sowohl für das flächendeckende Backlight in TVs der älteren Generation als auch für die in modernen Geräten heute übliche Local-Dimming-Funktion. Hierbei kann die Hintergrundbeleuchtung partiell gezielt ab- oder angeschaltet werden. Erst mithilfe dieser Technologie ist die Darstellung von Licht und Schatten möglich, da die abgeschalteten Areale Ihres Displays tatsächlich einem Nullwert des Lichtes gleichkommen und somit sattes Schwarz darstellbar ist. Sogenannte Blooming-Effekte können jedoch auch oder gerade bei Direct-LEDs mit flächendeckender Hintergrundbeleuchtung und Local-Dimming auftreten. Gemeint ist eine Rasterbildung, die selbst bei Backlights mit mehreren hundert Beleuchtungseinheiten (Cluster) auftreten kann. Im Zweifel ist es immer besser, vor dem Kauf direkt im Geschäft den Wunsch-Fernseher zu prüfen. Dabei sollte man sich ein sehr dunkles Motiv mit hellen Lichtpunkten suchen oder ein entsprechendes BUROSCH-Realbild mitnehmen, dann den Helligkeitsregler rauf und runterdrehen und genau beobachten, ob sich Treppen oder Raster bilden.

BUROSCH-Testbilder in der Praxis

Jeder kann mit BUROSCH-Testbildern die versteckten Bildreserven aus seinem TV-Display oder Beamer herausholen. Jedoch muss eine solche Bildreserve auch vorhanden sein. Niemand kann aus einem billigen Fernseher mit einfachster Technologie durch Testbilder eine bessere Bildverarbeitung zaubern und auch keinen besseren TV-Empfang. Testbilder haben generell keinen direkten Einfluss auf die Technik, Bildwechselfrequenzen oder Signalverarbeitung. Wir können Ihnen nur zeigen, wie man die vorhandene Technik am besten nutzt, also mögliche Bildreserven findet, um somit eine bessere Bildqualität genießen zu können.

Ein 50Hz-Display mit seiner deutlichen Bewegungsunschärfe wird immer ein 50Hz-Display bleiben und das problematische Banding besonders auf einem sehr großen Bildschirm leider immer sichtbar bleiben. Auch das 24p-Ruckeln wird je nach Film und Qualität der Technik mehr oder weniger immer sichtbar bleiben - je nachdem wie extrem kritisch Ihre Augen sind. Insofern wird die Bildqualität immer realistisch dem Preis-Leistungs-Verhältnis, der technischen Ausstattung und dem Stand der Technik entsprechen. Doch die Medientechnik ist auf einem guten Weg. Moderne Fernseher sind heute auch schon mit mittleren Preissegment grundsätzlich mit allem ausgestattet, was für eine hohe Bildqualität wichtig ist. Um diese tatsächlich umfassend nutzen zu können, ist ein Grundlagenwissen von Vorteil und natürlich die Möglichkeit der optimierten Bildeinstellung.

Testbilder spiegeln exakt die Bildqualität der Filmwiedergabe

In den vorangegangenen Kapiteln wurde schon mehrfach darauf eingegangen, dass Testbilder eine Referenz darstellen und das eigentliche Messgerät bei dem Display-Tuning zu Hause die Augen des Anwenders sind. Wird ein Testbild sehr gut am heimischen TV oder Beamer dargestellt, ist auch die Filmwiedergabe perfekt. Ist die Qualität der Wiedergabe unserer Testsequenzen jedoch schlecht, kann auch der teuerste Fernseher nicht das darstellen, was die Hersteller versprechen. In diesem Fall muss nachgebessert werden, weil die Einstellungen nicht stimmen.

Wie der Name sagt, sind Referenz-Testbilder zum einen für die Analyse der Bildeinstellungen, also zur präzisen Überprüfung, ob Bildreserven vorhanden sind. Zum anderen bieten sie eine Referenz zur optimalen Bildeinstellung. Denn eine Referenz ist immer ein Bezugswert. Will man beispielsweise die absolute genaue Uhrzeit wissen, richtet man sich nach der Atomuhr. Und genauso funktionieren Testbilder.

Das Ziel der Bildoptimierung ist die originalgetreue und natürliche Filmwiedergabe. Mit Ultra HD und 4K können wir heute Filme wie live erleben. Die Frage ist eben nur, ob wir tatsächlich die gesamte Bandbreite der technischen Revolution in der Medientechnik genießen oder nur einen verfälschten Abklatsch. Licht ins Dunkel bringt hier nur der direkte Vergleich. Und das bestenfalls mit Bildmaterial im Original, das tatsächlich als Referenz anwendbar ist.

Schauen wir nun gemeinsam, welche einzelnen Schritte man beim Display-Tuning mit BUROSCH beachten sollte:

Schritt 1: Die richtige Vorbereitung

Grundsätzlich kann man bei dem Display- oder Beamer-Tuning mit BUROSCH nichts kaputt machen, sehr wohl aber falsch. Allzu oft gehen Anwender oberflächlich vor und wundern sich dann, wenn die Bildoptimierung nicht gelingt. Nicht selten wird in irgendwelchen Internetforen etwas aufgeschnappt und schlimmstenfalls falsch weitergegeben. Gefährliches Halbwissen macht sich breit und manchmal überschätzen sich einige Technikinteressierte auch in Bezug auf die Komplexität der heutigen Medientechnik. Es wird also ein bisschen hier und ein bisschen da in den Menüfunktionen gedreht, was natürlich weder zielführend noch im Sinne des Erfinders ist. Wie bereits erwähnt, ist es nicht notwendig, extra ein Technikstudium zu absolvieren, um seinen Fernseher

oder Beamer zu Hause richtig einstellen zu können. Aber ein bisschen Zeit und Aufwand steckt schon dahinter.

In Kapitel „Vorbereitung der Bildoptimierung“ wurden die wesentlichen Punkte bereits genannt, die im Vorfeld zu beachten sind. Zur Erinnerung sind hier noch einmal die wesentlichen Punkte aufgezählt:

- Kontrollieren Sie vorab alle Einstellungen am Zuspielder (z.B. Blu-ray-Player, Beamer) und am Sichtgerät (z.B. TV-Display, Leinwand) und legen Sie gegebenenfalls Ihre Bedienungsanleitungen bereit.
- Sollten Sie einen USB-Stick mit den BUROSCH-Testbildern verwenden, stecken Sie diesen nicht in Ihren Fernseher, sondern in den USB-Anschluss Ihres Blu-ray-Players oder in ein anderes Gerät, das via HDMI mit Ihrem TV verbunden ist.
- Schalten Sie alle externen Lichtquellen aus, die direkt auf den Bildschirm oder die Leinwand strahlen. So vermeiden Sie störende Reflexionen.
- Deaktivieren Sie die Funktion „Overscan“ (oder auch - je nach Hersteller - „Just Scan“, „Bildanpassung“, „Pixel-to-Pixel“, „Nativ“, „Original“ ...).
- Stellen Sie den folgenden Bildmodus ein: „Film“ (oder auch „True Cinema“, „Kino“ ...).
- Regeln Sie die Bildschärfe auf minimale Werte.
- Die Farbtemperatur für ein neutrales Weiß "D65" erhalten Sie mit der Einstellung "warm 2".
- Für ein optimales Bildergebnis in jeder Zuspielder wiederholen Sie die Einstellungen über alle HDMI-Anschlüsse beziehungsweise jedes Gerät, mit dem Sie Filme wiedergeben.
- Notieren oder fotografieren Sie Einstellwerte vor und nach der Bildoptimierung mit BUROSCH - so können Sie jederzeit nachvollziehen, wie sich die Veränderungen auswirken.

Schritt 2: Die richtige Reihenfolge

Die Bildoptimierung ist ein präziser Vorgang, der grundsätzlich mit dem Verstand ausgeführt werden sollte. Es geht nicht darum, welches Bild am schönsten aussieht oder einem am besten gefällt. Die richtige Reihenfolge ist für ein optimales Ergebnis die absolute Grundlage. Deshalb sollte bei der Bildoptimierung immer mit den Basic-Testbildern und der Analyse sowie Optimierung der Grundeinstellungen begonnen werden. Erst wenn diese fünf Parameter (Bildformat, Helligkeit, Kontrast, Farbe, Bildschärfe) akkurat eingestellt sind und auf den Realbildern exakt wiedergegeben werden, sollte man sich mit den erweiterten Menü-Funktionen befassen. Wobei auch hier gilt:

wer sich nur an die Grundeinstellungen traut, der hat bei deren optimaler Einstellung bereits viel gewonnen. Die erweiterten Einstellungen sollten nur von „Fortgeschrittenen“ genutzt werden, also von Anwendern, die über mehr als nur ein Basis-Wissen verfügen.

Bleiben wir aber bei den Grundeinstellungen, die im wahrsten Sinne des Wortes die Basis der Bildoptimierung darstellen. Hierzu dienen die fünf Basic-Testbilder:

Basic-Testbild Nr. 1: Bildformat/Overscan

Basic-Testbild Nr. 2: Helligkeit

Basic-Testbild Nr. 3: Kontrast

Basic-Testbild Nr. 4: Farbe

Basic-Testbild Nr. 5: Bildschärfe

Die jeweiligen Testbilder sind in den entsprechenden Kapiteln dieses Buches ausführlich erläutert. Hier wurde auch bereits erwähnt, dass sich die Parameter (vor allem Helligkeit und Kontrast) gegenseitig bedingen. Es ist also äußerst wichtig, nach jedem Schritt die Qualität der Bildwiedergabe mit einem passenden Realbild zu überprüfen und auch das vorherige Testbild noch einmal auf die exakte Wiedergabe zu kontrollieren. Das heißt, wenn der Kontrast nicht richtig einzustellen ist, könnte es daran liegen, dass sich bei der Helligkeit wieder etwas verschoben hat. In einem solchen Fall liegt das nicht etwa an den Testbildern oder am Display, sondern eben an der Komplexität der Technik.

Alle fünf Grundparameter sollten als Gesamtkonstrukt gesehen werden, dessen sensible Funktionen voneinander abhängig sind. Um alle Grundeinstellungen auf einem Blick kontrollieren und optimieren zu können, sollten in einem zweiten Schritt mithilfe eines Universaltestbildes die Grundparameter noch einmal überprüft werden. Hierzu bietet sich entweder das Universal-Testbild „First Check“ oder aber das Universal-Testbild „Ladies“ an. Beide werden im Folgenden etwas eingehender erläutert.

Schritt 3: Die richtige Anwendung

Das Universal-Testbild „First Check“ zeigt insgesamt fünf verschiedene Testzonen, die mit den Grundeinstellungen übereinstimmen. Diese sind: Bildformat/Overscan, Helligkeit, Kontrast, Farbe und Bildschärfe. Natürlich sind die fünf Testzonen in diesem Testbild nur sehr einfach strukturiert, um eventuelle Abweichung hier sehr deutlich auf einen Blick sehen zu können. Es ist also eine Gesamtübersicht, die als solche dient, und ersetzt nicht die

individuellen Einstellungen mithilfe der Basic-Testbilder oder aber den Testbildern für die erweiterten Menü-Einstellungen.

Im Bildvergleich der folgenden Abbildung wird die optimale Bildeinstellung (links) der schlechten Bildeinstellung (rechts) gegenübergestellt, um die Abweichungen in der Einstellung der einzelnen Parameter deutlich zu machen. Was wurde nun falsch eingestellt?

1. Das **Bildformat** ist nicht korrekt: die Bildbegrenzungs Pfeile sind nicht vollständig sichtbar.
2. Die **Helligkeit-Einstellung** ist viel zu schwach - schwache Details im dunklen Bildbereich gehen verloren (vgl. Grautreppe)
3. Der **Kontrast-Einstellung** ist zu schwach: das Bild wirkt so flau
4. Die **Farb-Einstellung** ist viel zu intensiv: eine unnatürliche Darstellung der Hauttöne ist die Folge (was auch an der falsch eingestellten Helligkeit liegen kann)
5. Die **Bildschärfe** ist zu hoch eingestellt: Doppelkonturen im Realbild sind sichtbar und das Fadenkreuz sowie die Schrift im grauen Feld rechts sind kaum zu erkennen.

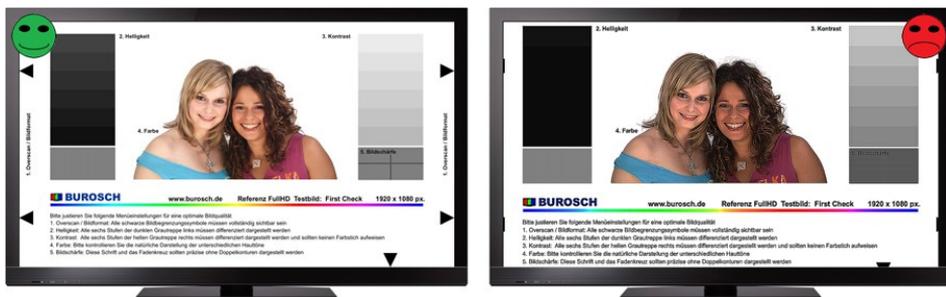


Abbildung 480: Universal-Testbild „First Check“ im direkten Vergleich

Natürlich reicht es nicht zu wissen, wie es falsch aussehen kann, sondern wie man es richtig macht. Dazu ist ein Blick auf die einzelnen Testzonen ratsam. Bleiben wir bei dem Beispiel „First Check“. Hier finden sich alle Grundeinstellungen wieder.

Testzone Nr. 1. - Bildformat/Overscan: Diese erste Einstellung ist relativ einfach zu handhaben. Im Menü findet sich eine entsprechende Funktion, die jedoch in jedem Modell etwas unterschiedlich benannt sein kann. Die Voreinstellung ist meistens 16:9, welche nicht immer ausreichend ist. Besser

ist, das Bildformat anhand der fünf Bildbegrenzungspfeile (kleine schwarze Dreiecke) zu justieren.

Testzone Nr. 2 - Helligkeit: In diesem Testbild befindet sich vertikal seitlich links eine dunkle sechs-stufige Testzone (Grautreppe). Diese Grautreppe dient zur ersten Abstimmung der Helligkeit. Über die Menüeinstellungen kann nun kontrolliert und eingestellt werden. Dabei sollten alle sechs Abstufungen der Grautreppe klar differenziert dargestellt werden. Wenn im Testbild vielleicht nur vier von sechs Graustufen sichtbar sind, können dunkle Details beispielsweise in einer Nachtszene im Film auch nicht umfassend wiedergegeben werden.



Abbildung 481: Universal-Testbild „First Check“ mit fünf Testzonen

Testzone Nr. 3 – Kontrast: Hier ist genauso zu verfahren wie bei der Testzone 2 (Helligkeit). Alle sechs Graustufen sollten eindeutig und vor allem in unterschiedlichen Schattierungen angezeigt werden. Ebenfalls sollte darauf geachtet werden, ob sich gegebenenfalls an der linken Grautreppe etwas ändert. Wie bereits erwähnt bedingen sich alle Grundparameter gegenseitig, insbesondere Helligkeit und Kontrast.

Testzone Nr. 4 – Farbe: Mit der Fernbedienung sollte hier ebenfalls das entsprechende Menü gesucht (und gefunden) werden. Das Ziel der Farbeinstellung ist die natürliche Bildwiedergabe. Insofern bieten sich Hauttöne ideal zur Optimierung der Farbeinstellung. Eine zu intensive Einstellung der

Funktion der Farbe verursacht einen "Sonnenbrand", eine zu schwache Einstellung hingegen eine zu blasse Wiedergabe besonders von Hauttönen.

Testzone Nr. 5 – Kontrast: Dieser ist in den meisten Fällen viel zu hoch einstellt. Es wäre also nicht verwunderlich, wenn in der entsprechenden Testzone (rechts unten im Bild) weder Schrift noch Fadenkreuz eindeutig erkennbar sind. Das Ziel ist jedoch, eine perfekte Darstellung des schwarzen Kreuzes sowie der Schrift, ohne dass diese „schwammig“ wirkt oder helle Doppelkonturen aufweist.

Noch präziser gelingt die Bildoptimierung mit dem neuen Universal-Testbild aus dem Hause BUROSCH, den "Ladies" (Version 2/2016). Dieses ist ebenfalls in fünf spezifische Testzonen aufgebaut, welche als visuelle Referenz für die optimale Bildeinstellung dienen und den wichtigsten Funktionen im TV- oder Beamer-Setup entsprechen. Alle Testzonen sind so konstruiert, dass sie extrem empfindlich auf marginale Änderungen reagieren. So kann der Anwender bequem den exakten Punkt der korrekten Bildeinstellung ermitteln.

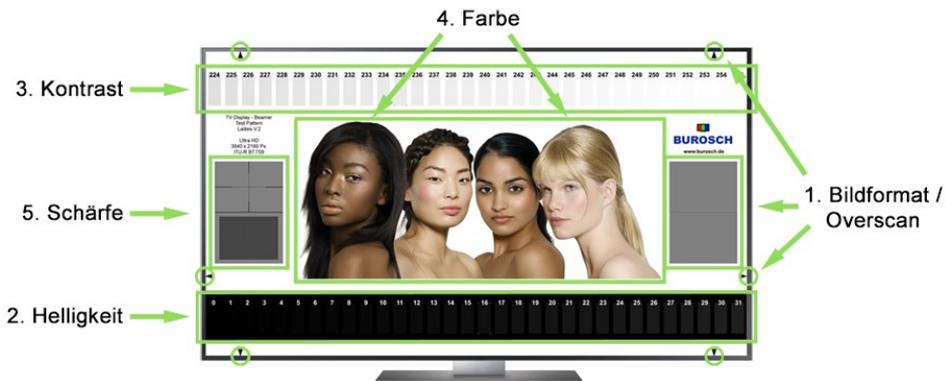


Abbildung 482: Universal-Testbild „Ladies“ (Version 2/2016)

Auch hier stehen also die fünf Grundeinstellungen im Fokus der Bildoptimierung. Alle Testzonen sind exakt auf die aktuelle Videonorm gemäß BT.709 abgestimmt. Wer sich fragt, warum BUROSCH noch nicht mit der Rec.2020 arbeitet, sollte im entsprechenden Kapitel dieses Buches noch einmal nachlesen.

Testzone 1 - Bildformat/Overscan:

Das Ziel dieser Testzone ist eine unverzerrte originale Bildwiedergabe, das heißt, dass Filme nicht beschnitten, sondern komplett angezeigt werden. Spätestens jetzt sollte die Funktion "Overscan" im Menü ausgeschaltet werden. Leider bezeichnen die verschiedenen TV-Hersteller dieselbe Funktion

für die Einstellung des Bildformates mitunter sehr unterschiedlich. Diese kann auch mit „Just Scan“, „Bildanpassung“, „Original“, „Vollpixel“, „skaliert“ oder „nativ“ bezeichnet sein.

Orientiert werden sollte sich an den **sechs schwarzen Bildbegrenzungssymbolen (Pfeile)** am äußeren Bildrand (vgl. grüne Markierungen). Sind einige Bildbegrenzungssymbole auf dem zu testenden Display nicht vollständig sichtbar und verschwimmen die schwarz-weißen Linien in den Testzonen, wird nicht der originale (komplette), sondern lediglich ein beschnittener Bildinhalt angezeigt. Besonders Nachrichtenticker oder Börsenkurse am unteren Bildrand werden durch eine falsche Einstellung des Bildformates unnötig beschnitten beziehungsweise skaliert. Jedoch kann diese falsche Darstellung auch mit einem nicht einwandfreien Zoom zusammenhängen. Verfügt das Menü über eine Funktion, das Bild zu verschieben, sollte diese ebenfalls genutzt werden, um das Bild korrekt anzupassen (bei Samsung: Bildanpassung, bei Panasonic: Overscan deaktivieren).

Bei einer akkuraten Bildformat-Einstellung sollten alle sechs Bildbegrenzungssymbole (Pfeile) vollständig sichtbar sein und den Bildschirmrand gerade so berühren. Auch der **1/1-Pixel-Linien-Bereich** (die beiden größeren Quadrate im rechten Bildbereich, unter dem BUROSCH-Logo) sollte dann sauber umgesetzt, also homogen angezeigt werden. Genauer gesagt: wechselweise ist eine Zeile beziehungsweise eine Spalte mit einer reinen schwarzen Linie und reinen weißen Linie sichtbar. Ist das Bildformat falsch eingestellt beziehungsweise die Bildanpassung falsch gewählt, zeigt sich dies auch sofort an den vertikalen und horizontalen 1/1-Pixel-Linien. Diese werden dann nicht mehr schwarz/weiß sowie Pixel für Pixel (nativ) dargestellt, sondern zeigen ein störendes graues Wellenmuster. Wenn dies der Fall ist, sollte noch einmal überprüft werden, ob tatsächlich alle sechs Pfeile am Bildrand vollständig dargestellt werden und ob die Funktion "Overscan" ausgeschaltet ist.

Testzone 2: Helligkeit

Helligkeit bedeutet in der Fernsehtechnik nicht etwa nur Licht, sondern auch Farbe und vor allem Details. Besonders bei Nachtszenen ist diese Menüeinstellung wichtig. Bei einer zu dunklen Bildeinstellung verschwindet die Farbe und kleinste Bilddetails verschmelzen mit anderen Bildinformationen. Für die Überprüfung, ob die Helligkeitseinstellung am Gerät korrekt ist, sollten die RGB-Werte 0 bis 255 so dargestellt werden, wie im Folgenden beschrieben. Entscheidend ist hier der schwarze Balken im unteren Teil des Testbildes. Auf schwarzem Grund (RGB 0) gelagert, befindet sich hier eine 32-fach linear abgestufte Grautreppe von RGB 0 bis RGB 31. Laut der HD-Videonorm ITU-R

BT.709 (Farbraum RGB 16 bis 235) ist die Helligkeit so einzustellen, dass das maximale Schwarz des jeweiligen TVs oder Beamers auf 16 liegt und erst der Balken mit dem RGB-Wert 17 vom Hintergrund differenziert dargestellt wird. Gemäß ITU-R BT.709 dürfen also bei richtiger Einstellung von Helligkeit und Kontrast nur die grauen Balken im Bereich von RGB-Wert 17 bis 31 deutlich sichtbar sein, im RGB-Bereich 1 bis 16 sollten die Balken hingegen mit dem dunklen Hintergrund dieses Testbildes verschmelzen.

Sind die grauen Felder der Grautreppe beispielsweise bereit ab RGB-Wert 11 sichtbar, ist die Helligkeit zu hoch eingestellt. Andererseits ist das Bild zu dunkel eingestellt, wenn die grauen Felder erst ab einem Wert von 24 oder gar nicht zu erkennen sind.

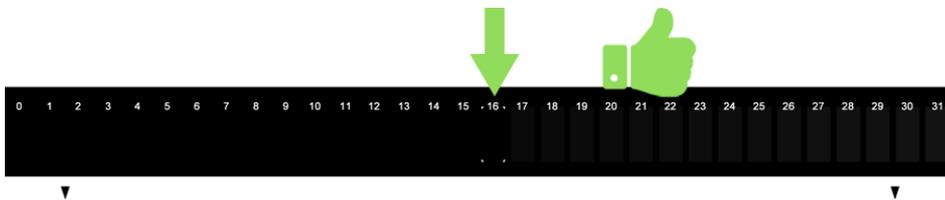


Abbildung 483: Perfekte Helligkeitseinstellung: der Referenzpunkt 16 soll idealerweise mit der schwarzen Basisfläche verschmelzen.

Testzone 3: Kontrast

In den meisten TV-Geräten ist der Kontrast in der Grundeinstellung leider viel zu hoch eingestellt. Das Bild wirkt aggressiv, Kinofilme wie billige Studio-Produktionen. Deshalb ist die korrekte Menüeinstellung besonders wichtig, insbesondere bei hellen Bildszenen, wie beispielsweise einer Winterlandschaft. Bei zu intensiver Kontrast-Einstellung ist eine Differenzierung heller Bildbereiche kaum noch möglich - Details verschmelzen mit dem Hintergrund. Genauso wirkt bei einer schwachen Kontrast-Einstellung das Bild unnötig flach. Auf dem weißen Hintergrund (RGB 255) des Universal-Testbildes „Ladies“ (Version 2/2016) befindet sich eine 32-fach linear abgestufte Grautreppe der RGB-Werte 224 bis 255.

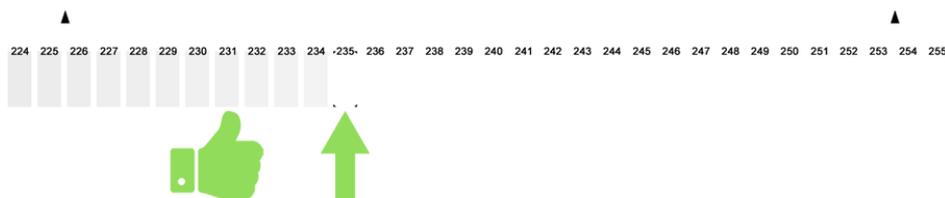


Abbildung 484: Richtige Kontrast-Einstellung: der Referenzpunkt 235 soll idealerweise mit der weißen Basisfläche (Hintergrund) verschmelzen.

Gemäß HD-Videonorm ITU-R BT.709 ist der Kontrast so einzustellen, dass das maximale Weiß auf dem RGB-Wert 235 liegt - sich also nur die hellen Balken unterhalb des RGB-Wertes 234 vom Hintergrund abheben. Einfacher ausgedrückt: Bei richtiger Einstellung von Helligkeit und Kontrast dürfen lediglich die grauen Balken im Bereich 17 bis 234 unterschiedlich dargestellt werden. Die hellen Balken im RGB-Bereich 235 bis 255 sollen hingegen mit dem reinweißen Hintergrund dieses Testbildes verschmelzen. Werden die Graustufen fälschlicherweise erst beim RGB-Wert 240 oder höher sichtbar, ist das Bild zu kontrastarm eingestellt. Hingegen ist die Kontrast-Einstellung zu überzogen, wenn nur drei oder acht graue Felder angezeigt werden.

Testzone 4: Farbe

Die natürliche Wiedergabe von Hauttönen war schon immer eine Herausforderung für Display-Ingenieure, denn diese ist exemplarisch für eine naturgetreue Farbwiedergabe im Allgemeinen und quasi die Königsdisziplin der Bildoptimierung. Genau deshalb wurden vier Frauen mit unterschiedlichen Hauttönen für dieses Universal-Testbild ausgewählt. Denn jeder, der schon einmal versucht hat, an seinem TV die Farbe richtig einzustellen, ist nicht selten am Sonnenbrand oder der Blutarmut des Nachrichtensprechers verzweifelt, zumal dieser nicht ewig auf dem Bildschirm zur Verfügung steht. Mithilfe dieser vier Ladies können Anwender an ihrem Gerät die Farbintensität solange und sooft ändern, bis weder der Teint der Dame ganz links zu dunkel noch der blasse Hautton der Dame rechts zu hell dargestellt wird. Werden alle Hauttöne perfekt und originalgetreu dargestellt, wird sich dies positiv auf alle übrigen Farbdarstellungen auswirken.



Abbildung 485: Universal-Testbild „Ladies“ (Version 2/2016) – Darstellung der Hauttöne

Hersteller und Filmproduzenten bemühen sich spätestens seit Ultra HD um eine natürliche Bilddarstellung. Deshalb sollten zu hohe aber auch zu niedrige Farbwerte vermieden werden. Eine geringere Farbintensität ist meistens besser und erzeugt ein natürlicheres Bild. Ist die Farbeinstellung gelungen, werden die dunklen Bereiche der Haut im linken Bildbereich genauso wie die sehr hellen Bereiche der Haut rechts absolut natürlich und mit einem sehr weichen Verlauf (Achtung: Banding) dargestellt. Bei einem schlechten Banding wird ein normalerweise weicher Farbverlauf störend treppenförmig wiedergegeben.

Testzone 5: Schärfe

Die Schärfe kann mithilfe der nächsten beiden Testzonen kontrolliert werden. Bei einer korrekten Bildschärfe-Einstellung muss das Fadenkreuz und die Gitterlinien in dieser Testzone ohne weiße Doppelkonturen oder Schatten dargestellt werden. Meistens ist ab Werk die Schärfereinstellung leider viel zu hoch voreingestellt. Die Bildschärfe ist also auf den Punkt eingestellt (links in der folgenden Abbildung), wenn alle Linien/Kreuze klar erkennbar sind und keine weißen Doppelkonturen aufweisen. Die Schärfereinstellung ist hingegen viel zu intensiv, wenn es zu weißen Schatten an den Linien kommt (rechts in der folgenden Abbildung). Diese störenden Doppelkonturen wirken sich negativ auf die komplette Bilddarstellung und Filmwiedergabe aus. Also, runter mit der Schärfe!

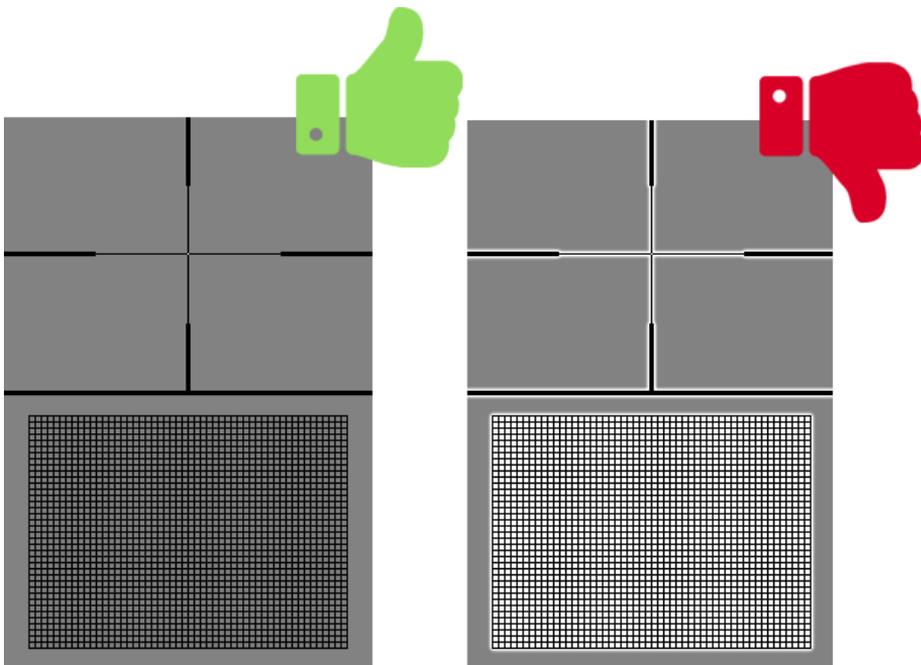


Abbildung 486: Beispiele für richtige (links) und falsche (rechts) Einstellung der Bildschärfe

Schritt 4: Die richtige Feineinstellung

Im Gegensatz zu der alten Technik der Bildröhren, bieten die neuen Flachbildschirme eine unüberschaubare und komplizierte Flut von Einstellmöglichkeiten für die Bildoptimierung über die Menü-Funktionen. Hat man sich aber erst einmal „eingefuchst“, ist das Display-Tuning kein Buch mehr mit sieben Siegeln. Entscheidend ist das weitaus bessere Bildergebnis, weshalb es die Mühe tausendmal Wert ist.

Um sich nun mit den Feineinstellungen zu befassen, sollten bestimmte Grundlagenkenntnisse vorhanden sein. Denn die erweiterten Menüeinstellungen sind nichts mehr für den absoluten Laien, sondern vielmehr für den semiprofessionellen Anwender gedacht. Wer in der Medientechnik nicht den Sinn des Lebens findet, der kann sich getrost mit den fünf Basic-Testbildern, den Universal-Testbildern sowie den Realbildern aus dem Hause BUROSCH zufrieden geben. Mit diesen Testsequenzen gelingt die Optimierung der Grundeinstellungen perfekt, was sich definitiv auf die Filmwiedergabe auswirkt, und zwar positiv.

Wer nun noch einen Schritt weitergehen möchte, sollte alle Kapitel in diesem Buch sorgfältig gelesen (und verstanden) oder aber anderweitig sein Fortgeschrittenenwissen vervollständig haben. Nur so ist gewährleistet, dass die Feineinstellungen auch garantiert gelingen. Insofern bietet BUROSCH für den semiprofessionellen Anwender weitere Testsequenzen, die über die Grundeinstellungen hinausgehen.

Obwohl die Basic-Testbilder und Universal-Testbilder für eine grundlegende und regelmäßige Überprüfung der Bildeinstellungen ausreichend sind, gelingt die präzise Feineinstellung natürlich noch besser mit den entsprechenden Referenz-Testbildern für die erweiterten Menüeinstellungen oder aber jene, die nur eine Testzone beinhalten. Hierzu zählen unter anderem das Testbild "Gray Bars", „BCC“ oder auch „Black-Level“ sowie „White-Level“.

Außerdem sollten die Referenz-Testbilder „Display Banding/Clouding“ und für 3D-Darstellungen das Testbild „Crosstalk/Ghosting“ verwendet werden (vgl. entsprechende Kapitel in diesem Buch). Da die Beschreibung aller Referenz-Testbilder den Rahmen dieses Buches sprengen würde, haben wir nur eine kleine Auswahl hier beschrieben. Die komplette Dokumentation ist auf der BUROSCH-Internetseite www.burosch.de unter dem Menü-Punkt „Testbilder“ nachzulesen. Hier sind sämtliche Testbilder aufgelistet. Mit einem Klick auf die jeweilige Abbildung gelangt man zur passenden Erläuterung.

Für die Feineinstellung der Farbe eignen sich darüber hinaus die Testbilder "Color-Fields", die von BUROSCH in den Grundfarben der subtraktiven Farbmischung Cyan, Gelb und Magenta angeboten werden. Hierbei sollte auf eine abgestufte und differenzierte Wiedergabe der einzelnen Farbfelder geachtet werden. Für die Gegenkontrolle eignet sich in Bezug auf die korrekte Farbeinstellung insbesondere das Realbild „Obst“. Näheres dazu findet sich im folgenden Kapitel.

Schritt 5: Die richtige Kontrolle

Wer bis hier hin gelesen hat, weiß, dass es überhaupt keinen Sinn macht, mal eben an den Menü-Einstellungen des heimischen Fernsehers oder Beamer herumzudoktern. Die Bildanalyse und Bildoptimierung war bis vor einigen Jahren ausschließlich den Profis vorbehalten. Nun kann zwar quasi jeder Heimanwender mithilfe der einzelnen Test-Suites von BUROSCH sein Gerät zu Hause optimal einstellen ... Kann er oder sie das wirklich?

Für eine umfassende Kalibrierung mit feinsten Messtechnik benötigen die Techniker im BUROSCH-Labor mehrere Stunden. Die Produktion eines jeden einzelnen Testbildes dauert Monate. Die Kreation und technische Umsetzung moderner Displays beansprucht Jahre. Tausende kleine LEDs, Millionen Farbpixel und hochsensible Nanotechnologie sorgen für ein originalgetreues Filmerlebnis im 21. Jahrhundert. Insofern ist ein Display-Tuning grundsätzlich nicht in zehn Minuten zu schaffen. Deshalb lohnt es sich, bis zum Schluss durchzuhalten und erst dann die Hände in den Schoß oder die Finger in die Popkorntüte zu stecken, wenn auch die Kontrolle der zuvor durchgeführten Bildoptimierung abgeschlossen ist.

Die Realbilder, wie sie bereits im Kapitel „Realtestbilder zur Gegenkontrolle“ exemplarisch erläutert wurden, bieten ein präzises Mittel, alle fünf Grundeinstellungen sowie darüber hinaus die gegebenenfalls vorgenommenen Feineinstellungen zu überprüfen. Alle Realbilder sind Originale und wurden weder auf dem Signalweg codiert/decodiert noch in der Bildverarbeitung skaliert oder komprimiert.

Abgesehen davon handelt es sich nicht um irgendwelche Schnappschüsse, die mit einer billigen Kamera gemacht wurden. Auch hier verwendet BUROSCH beste Technik. Insofern sind die Realbilder nicht einfach nur ein schmückendes Beiwerk in den BUROSCH-Produkten, sondern erfüllen im Rahmen des Display-Tunings einen jeweiligen Zweck. Neben den Realtestbildern „Woman“ und „Winter Sun“ bieten wir aktuell (Stand: 2016) die folgenden Realbilder an, welche jeweils unterschiedliche Parameter kontrollieren sollen:

Realbild "Hamburg": Ideal sind hier die winzigen Details und der blaue Himmel zur Überprüfung der Bildschärfe sowie des Kontrasts



Abbildung 487: Realbild „Hamburg“ BUROSCH)

Realbild "Fünf-Euro-Schein": Erst durch einen perfekt eingestellten TV und die hohe Auflösung des Bildes mit 3840 x 2160 Pixeln werden alle Details sichtbar. Mit diesem Realbild können insbesondere die Einstellungen für die Bildschärfe überprüft werden.



Abbildung 488: Realbild „Fünf-Euro-Schein“ (BUROSCH)

Realbild "Berliner Reichstag": Wenn die vorherige Bildoptimierung mit BUROSCH in der richtigen Reihenfolge und auf Basis unserer ausführlichen Dokumentation durchgeführt wurde, dann sollten in diesem Realbild die feinen Stuckarbeiten an den Säulen und Simsen genau zu erkennen sein.



Abbildung 489: Realbild „Berliner Reichstag“ (BUROSCH)

Realbild "Stuttgarter Bibliothek": Hier zeigt sich sehr deutlich, was Ultra HD zu bieten hat. Jedes noch so kleine Detail wird sichtbar, vor allem wenn die Bildschärfe richtig justiert wurde.



Abbildung 490: Realbild „Stuttgarter Bibliothek“ (BUROSCH)

Realbild "Woman": Dieses Realbild ist ideal zur Kontrolle der natürlichen Farbwiedergabe genauso wie zur Kontrolle der extrem kritischen Darstellung von einem tiefen Schwarz geeignet.

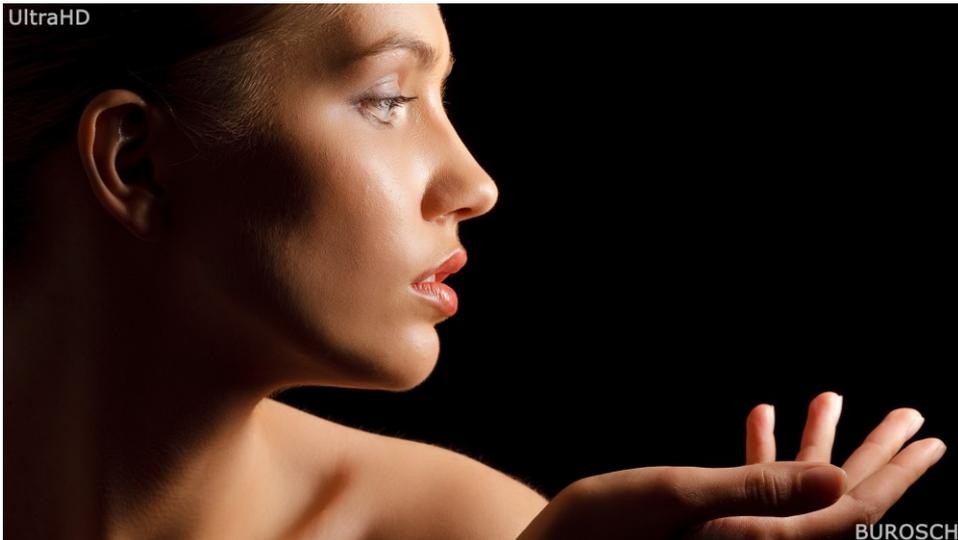


Abbildung 491: Realbild „Woman“ (BUROSCH)

Realbild "Dubrovnik": Ein Meisterstück der Fotografie und das bekannteste der BUROSCH-Realbilder. Aufgenommen mit der Nikon D800E zeigt dieses Realbild seine unübertroffene Bildschärfe, die sich insbesondere in den Millionen einzelner Dachziegel widerspiegelt. Natürlich nur auf einem perfekt eingestellten TV-Display oder Beamer.



Abbildung 492: Realbild „Dubrovnik“ (BUROSCH)

Realbild "Portofino": So farnefro, detailgetreu und natürlch wie dieses Realbild ist, eignet es sich hervorragend für die Kontrolle der Farbeinstellungen, der Bildschärfe und für die Überprüfung etwaiger Banding-Effekte.



Abbildung 493: Realbild „Portofino“ (BUROSCH)

Realbild "Paraggi": Überdrehte Farben, also eine zu hohe Farbeinstellung wird in diesem Realbild sofort und unmissverständlich deutlich.



Abbildung 494: Realbild „Paraggi“ (BUROSCH)

Realbild "Santorin": Mit seinem feinen, linearen Farbverlauf am Himmel, den Schaumkronen auf dem Meer und den unglaublich vielen Details kann dieses Realbild ausgezeichnet zur Gegenkontrolle aller vorgenommen Bildeinstellungen genutzt werden. Darüber hinaus ist die Überprüfung der Funktionalität der Hintergrundbeleuchtung möglich.



Abbildung 495: Realbild „Santorin“ (BUROSCH)

Realbild "Grand-Canyon": Die extreme Tiefe dieses Realbildes sowie die Darstellung der Wolken qualifiziert dieses Realbild zur Kontrolle der Helligkeit und des Kontrastes aber auch zur Analyse etwaiger Banding-Effekte.



Abbildung 496: Realbild „Grand-Canyon“ (BUROSCH)

Realbild "Obst": Absolut kein Farbstich darf die reinweiße Darstellung des Hintergrundes stören. Diese Realbild eignet sich insbesondere für die Kontrolle der natürlichen Farbeinstellungen aber auch des Bildformates, da ein falsches Format bei manchen Modellen zu unschönen Farbstichen führen kann.

UltraHD

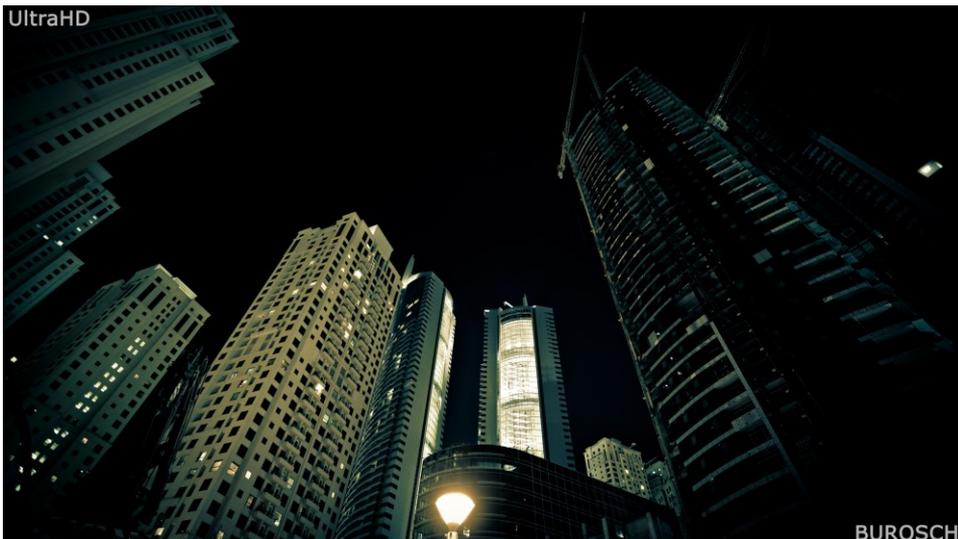


BUROSCH

Abbildung 497: Realbild „Obst“ (BUROSCH)

Realbild "Skyline": Selbstverständlich ist dieses Realbild zur Kontrolle der perfekten Schwarzwiedergabe gedacht. Waren die Bildeinstellungen mit den Referenz-Testbildern erfolgreich, wird dieses Realbild mit tiefschwarzem Hintergrund, ohne Doppelkonturen und mit punktuellen sowie klar abgegrenzten Lichtspots wiedergegeben.

UltraHD



BUROSCH

Abbildung 498: Realbild „Skyline“ (BUROSCH)

Tipps & Tricks

Neben diversen sinnvollen Einstellungen gibt es leider eine Vielzahl von unnötigen Funktionen im Menü der aktuellen Fernseher und Beamer. Hinzu kommt, dass sowohl die Anzahl als auch die Bezeichnungen im TV-Setup nicht genormt sind. Zudem ändern sich die Menü-Funktionen ständig von einer Serie zur nächsten, aber auch innerhalb einer Modellreihe bedingt durch ein aktuelles Update. Das macht die Bedienung unnötig kompliziert und verwirrt leider viele Anwender. Eine Ausnahme bilden (zumindest via HDMI) nach wie vor die Basisparameter: Bildformat, Helligkeit, Kontrast, Farbe und Bildschärfe. Ein Lichtblick, könnte man sagen.

Im Vergleich zur Bewegtbildwiedergabe (HDMI) bieten einzelne Hersteller dem Kunden in manchen TV-Geräten leider nur eine eingeschränkte Anzahl an Einstellfunktionen im Fotomodus (USB) an. Hier fehlt nicht selten die Funktion für das Bildformat oder die Funktion für die Bildschärfe. Dies ist unter anderem der Grund, warum die Referenz-Testbilder sowie Realbilder generell via HDMI zugespielt werden sollten. Ein anderer Grund ist (wie bereits erläutert) die Realisierung des richtigen Farbraums. Denn der USB-Eingang im Fernseher ist quasi als Rudiment der Computertechnik ausschließlich für statische Bilder (Fotomodus) geeignet und arbeitet während der Signalübertragung im sogenannten "extended Farbraum" RGB 0 bis 255.

Für HDMI-Eingänge ist hingegen der Video-Farbraum RGB 16 bis 235 gültig. Diese unterschiedlichen Farbräume sind im TV nicht individuell wählbar und werden durch die Elektronik vorgegeben, weshalb es hier zu Differenzen insbesondere bei der Einstellung der Helligkeit und des Kontrasts kommen kann. Aufgrund der beiden verschiedenen Farbräume wirken sich die gleichen Werte der Einstellfunktionen visuell sehr unterschiedlich aus, das heißt bei gleicher Bildeinstellung (z.B. Helligkeitswert 50) erscheint dasselbe Bild in der USB-Wiedergabe fälschlicherweise heller als im HDMI-Signaleingang.

Natürlich ist es möglich, die BUROSCH-Testbilder auch über den USB-Eingang einzuspielen, jedoch bringt diese Methode vor dem Hintergrund der eben erläuterten Probleme nur unnötige Verwirrung mit sich. USB ist nicht gleich HDMI. Insofern können die per USB-Eingang ermittelten Einstellwerte während des Display-Tunings nicht auf den HDMI-Eingang übertragen werden. Deshalb hat die Bildwiedergabe via HDMI immer Priorität, das heißt die Zuspiegelung der Testbilder sollte generell über einen Blu-ray-Player, Receiver oder ein anderes Gerät zugespielt werden, das über HDMI-Kabel mit dem Fernseher verbunden ist. Nur so kann im normgerechten Farbraum RGB 16 – 235 die Bildoptimierung

erfolgreich durchgeführt werden. Denn obwohl die BUROSCH-Testbilder im Extended-Farbraum (RGB 0 – 255) abgespeichert sind, werden diese durch den kleinen Umweg über HDMI wird die Bildoptimierung für die Bewegtbildwiedergabe (Farbraum RGB 16 bis 235) erst möglich.

TIPP 1: Grundsätzlich werden die Testbilder im Download von uns im Farbraum RGB 0 bis 255 abgespeichert, dass der Anwender diese Testbilder für die Bildoptimierung des USB-Eingangs nutzen kann. Die die Optimierung der Filmwieder sollte jedoch generell der Umweg über den USB-Eingang eines Blu-ray-Players etc. via HDMI genutzt werden, um dem entsprechenden Farbraum RGB 16 bis 235 gerecht zu werden und deutliche Unterschiede in Helligkeit und Kontrast auszuschließen.

TIPP 2: Die Bildeinstellungen im Blu-ray-Player sollten auf neutrale Position gestellt oder bestenfalls komplett deaktiviert werden, hierzu zählt insbesondere das sogenannte Colormanagement, im Fernseher oder Beamer die Funktion „Overscan“.

TIPP 3: Die Qualität und die Empfangsstärke des TV-Signals (Satellit, Kabel oder Antenne) kann mit den BUROSCH-Testsequenzen weder kontrolliert noch optimiert werden. Auch sind hier Bildeinstellungen nicht möglich, da das Signal nicht via HDMI kommt. Jedoch können die ermittelten Einstellwerte des HDMI-Eingangs auf den TV-Eingang (beispielsweise beim integrierten Receiver) übertragen werden.

TIPP 4: In jedem Fall sollten die ursprünglichen aber auch die ermittelten Werte festgehalten werden. Nicht nur, um einen Vorher-Nachher-Effekt zu erkennen, sondern um diese auf andere HDMI- oder aber TV-Eingänge zu übertragen oder aber für die Zukunft gespeichert zu haben. Mit dem Smartphone lassen sich ganz einfach Fotos machen.

TIPP 5: In den meisten Geräten beeinflussen sich die Werte Helligkeit und Kontrast gegeneinander. Unter Umständen kann es also notwendig sein, dass nach der korrekten Einstellung des Kontrastes die Helligkeit noch einmal nachjustiert werden muss. Alle Grundeinstellungen sollten deshalb als Ganzes gesehen und während des Display-Tunings entsprechend immer wieder kontrolliert sowie mit Realbildern überprüft werden.

TIPP 6: Die reinweiße Fläche des Hintergrunds mancher Testbilder dient ebenfalls als Referenz. Diese sollte ohne Farbstich wiedergegeben werden. Der perfekte Vergleich ist mit einem weißen Blatt Papier zu realisieren, das einfach neben den Bildschirm gehalten wird. Neben der viel zu hohen

Kontrasteinstellung kann ein falsch gewählter Bildmodus bei manchen Geräten zusätzlich zu einem Farbstich führen.

TIPP 7: Mit "Bildverbesserungsfunktionen", die nur im erweiterten Einstellmenü zu finden sind, sollte äußerst vorsichtig umgegangen werden. Im Zweifel ist es immer besser, diese komplett abzuschalten oder aber nur minimal zu aktivieren.

TIPP 8: Vorsicht ist ebenfalls bei der Einstellung der Hintergrundbeleuchtung beziehungsweise dem Display-Hintergrundlicht (Backlight) geboten, die heute in einigen Geräten möglich ist. Auch hierzu gibt es natürlich keine Pauschalwerte, jedoch gilt für die optimale Einstellung der Hintergrundbeleuchtung generell: Läuft der Fernseher überwiegend am Tag, sollte die Einstellung etwas intensivere sein. Werden Filme etc. überwiegend in einem abgedunkelten oder leicht gedimmten Umfeld geschaut, dann sollte man auch die Hintergrundbeleuchtung etwas herunterregeln.

TIPP 9: Um dem heißbegehrten Energiesparlabel gerecht zu werden, ist in vielen Geräten ein Energiesparmodus (z.B. Öko-Modus) voreingestellt. Dieser sollte deaktiviert werden, da er die Wiedergabe negativ beeinflusst, indem das Bild fälschlicherweise zu dunkel und zu kontrastarm dargestellt wird. Denn viel Licht bedeutet eben auch viel Energie. Wenig Licht hingegen schwache Kontraste und flauere Farben.

TIPP 10: Je nach Displayqualität und -technologie können bei manchen Geräten nur beispielsweise 60 von maximal 64 Graustufen dargestellt werden (betrifft das Testbild Gray Bars). Deshalb sollte hier das Ziel sein: Je mehr Abstufungen durch die Einstellung der entsprechenden Funktion (z.B. Helligkeit) erreicht werden, desto besser ist die Bildwiedergabe des Testbilds und somit auch die Bildqualität der Filmwiedergabe.

TIPP 11: Auch der teuerste Fernseher oder Beamer ist dem Verschleiß ausgesetzt. Bildeinstellungen können sich also mit der Zeit „abnutzen“. Deshalb sollte zumindest ein kurzes Display-Tuning mit einer Universalbild regelmäßig durchgeführt werden, besser ist noch, wenn alle Parameter zumindest einmal jährlich gründlich kontrolliert werden.

Hintergründe der vergleichenden Warentests

Viele Technikinteressierte kennen sie: die vergleichenden Warentests, welche regelmäßig insbesondere in namhaften Fachzeitschriften abgebildet werden. Beispielhaft werden die Hintergründe ebenjener Tests in der Ausgabe 5/2016 des bekannten und beliebten Magazins HDTV dargestellt:

Testhintergründe

Auf dieser Doppelseite erhalten Sie wichtige Tipps zur Bildoptimierung und Einblicke in unsere komplexen Messgraphen: Vor dem Studieren unserer Tests unbedingt lesen!

Glossar

Einschaltzeit: Beschreibt die Geschwindigkeit, mit der ein Fernseher vom Stand-by in den Betrieb wechselt.

Umschaltzeit: Gibt die Zeit an, die während eines Programmwechsels zwischen zwei HDTV-Sendern auf unterschiedlichen Transpondern verstreicht.

Bildformatwahl: Kennzeichnet die Möglichkeiten des Fernsehers, unterschiedliche Bildformate wie 4:3 und 21:9 ins 16:9-Displayformat zu konvertieren und Inhalte ohne Bildbeschnitt (Overscan) wiederzugeben.

EPG: Beschreibt die Qualität des elektronischen Programmführers.

Eingabeverzögerung: Gibt die Verzögerung der Bildarstellung bei Eingabebefehlen an. Video-

spiele lassen sich bei einer Eingabeverzögerung bis 20 Millisekunden sehr gut steuern, Werte über 60 Millisekunden beeinträchtigen die Spielbarkeit.

Spielemodus: Beschreibt die Qualität des für Videospiele optimierten Bildmodus.

Leuchtkraft: Gibt die maximale Helligkeit des Fernsehers an. 45 cd/m² sind vergleichbar zur Bildhelligkeit in guten Kinosälen, 100 cd/m² sind für dunkle Wohnzimmer ausreichend, ab 200 cd/m² ist die Bildarstellung auch in sehr hellen Wohnzimmern kontrastreich.

Dimming: Beschreibt die Fähigkeit des Fernsehers, die Hintergrundbeleuchtung unabhängig in Zonen zu steuern. Dadurch wird eine bestmögliche Schwarz- und Weißdarstellung in jedem Bild gewährleistet.

Helligkeitsverteilung: Beschreibt die Ausleuchtung der gesamten Bildfläche in Prozent, aufgeteilt in Sektoren. Häufig weisen bei Edge-LED-LCDs die Randbereiche eine niedrigere Helligkeit als die Bildmitte auf.

Detailnachschrägung: Beschreibt die Fähigkeit des Fernsehers, Objektkonturen kontraststark herauszuarbeiten, ohne Doppelkonturen zu erzeugen.

Filmglättung: Beschreibt eine spezielle Funktion der Zwischenbildberechnung, bei der zusätzlich eingefügte Bilder bei Kinofilmen für einen ruckelfreien Bewegungsablauf sorgen.

Cloudding: Beschreibt eine ungenaue Ausleuchtung, wie sie vor allem bei Edge-LEDs auftreten kann. Dunkle Bereiche erscheinen dabei leicht fleckig.

Farbtemperaturmessung. Die Ziffern der unteren Skala geben die Helligkeitsstufen an, beginnend bei 5 (sehr dunkel) bis 100 (Weiß). Die Balken sollten im Idealfall bei 100 Prozent liegen, sonst treten Verfärbungen auf

Farbraummessung mit abnehmender Sättigung. Die äußersten Punkte kennzeichnen den maximalen Farbraum, den das Display darstellen kann. Die inneren Punkte zeigen die Farbgenauigkeit bei geringerer Intensität

Die Delta-E-Analyse der Farbraummessung kennzeichnet die wahrgenommene Farbabweichung. Werte unter 1 sind kaum erkennbar, Abweichungen über 3 sind im direkten Vergleich bereits sichtbar



Die Luminanzanalyse der Farben kennzeichnet ihre Leuchtkraft. Die grauen Balken symbolisieren die Referenzwerte

Delta-E-Analyse der Durchzeichnung. Liegen die grauen Balken unterhalb der grünen Linie, sind die Abweichungen kaum erkennbar

Durchzeichnung. Die Ziffern unten geben die Helligkeitsstufen an, beginnend bei 5 (sehr dunkel) bis 100 (Weiß). Liegen Balken unterhalb von 2,2 tritt eine Überbelichtung auf, liegen sie oberhalb, kommt es zur Unterbelichtung

Messung der Sonderfarben. Spezielle Farbtöne wie Gold und Braun oder auch Hauttöne werden häufig nicht genau dargestellt. Anhand der Messpunkte können Sie die jeweilige Farbverschiebung erkennen

Die Delta-E-Analyse der Messung der Sonderfarben kennzeichnet die wahrgenommene Abweichung. Werte unter 1 sind kaum erkennbar. Abweichungen über 3 sind im direkten Vergleich bereits sichtbar

Abbildung 499: Testhintergründe (HDTV 5/2016)

Voreinstellung

Nahezu jedes Fernsehmodell bietet vorgefertigte Einstellungen, die mit „Dynamik“ (auch „Kühl“), „Standard“ oder „Kino“ (auch „Weich“) bezeichnet werden. „Dynamik“ ist der Modus mit der größten Leuchtkraft, das Bild wirkt hell, aber bläulich; Farben, Kontraste sowie Schärfe sind maßlos überbetont (Bild oben) und das Gesamtergebnis wirkt künstlich. „Standard“ erscheint im direkten Vergleich milder und kommt dem natürlichen Abbild der Wirklichkeit näher. „Kino“ ergibt den neutralsten Eindruck, das Bild wirkt aber kontrastschwächer und dunkler (Bild unten). Eine neutrale Voreinstellung bietet beste Voraussetzungen für eine nachfolgende Bildoptimierung.



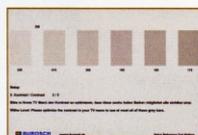
Helligkeit

Der Helligkeitsregler beeinflusst nicht die Helligkeit des Bildes, sondern die Differenzierung der Schwarzbereiche. Eine zu hohe Regelung reduziert den Kontrast, dunkle Bereiche wirken grau (Bild oben). Ist der Wert zu niedrig, sehen Sie keinerlei Abstufungen in dunklen Szenen (Bild unten). Die richtige Helligkeit ist eingestellt, wenn der Hintergrund des Testbildes tiefschwarz erscheint und die Kästen voneinander zu unterscheiden sind. Der HDMI-Schwarzwert beeinflusst ebenfalls die abgebildeten Graustufen. Die Abstimmung von Bildquelle und Fernseher sollte immer den gleichen Wertebereich aufweisen (Videonorm entspricht „eingeschränkt“).



Kontrast

Die Bildbrillanz steuern Sie nicht über den Helligkeits-, sondern den Kontrastregler. Erhöhen Sie den Kontrast so lange, bis das Weiß des Hintergrundes brillant erscheint und dennoch alle Graustufen sichtbar bleiben. Ein zu hoher Kontrast verschluckt Abstufungen (Bild oben), ein zu geringer Wert lässt das Weiß flau erscheinen (Bild unten). Ein Hinweis an alle Plasma-TV-Besitzer: Durch die Vielzahl an weißen Flächen im Testbild reduziert die Elektronik die Helligkeit automatisch. Nutzen Sie nach Optimierung des Bildkontrasts das Testbild ebenfalls zur Einstellung der Hintergrundbeleuchtung und des Lichtsensors, um die Bildhelligkeit auf Ihr Wohnzimmer abzustimmen.



Farbe

Um die Farbsättigung richtig einzustellen, sollten Sie die Farbe zunächst reduzieren: Das Burosch-Universaltestbild erscheint matt (Bild oben). Nun muss der Farbregler so weit nach rechts justiert werden, bis alle Farben klar erkennbar sind, die Inhalte der Kästen aber nicht ineinanderlaufen. Die Farbsättigung ist dann zu hoch, wenn die Kästen innerhalb der Farbfelder nicht mehr sichtbar sind (Bild unten) und die Hauttöne unnatürlich erscheinen. Einige Modelle bieten die Wahl des Farbraums zwischen „Normal“ und „Erweitert“ (auch „x.v.Color“). Der „normale“ Farbraum entspricht meist dem Videostandard, was gerade Gesichtstönen zu mehr Natürlichkeit verhilft.



Farbtemperatur

Das Mischverhältnis der drei Grundfarben ist für die neutrale Graustufen-darstellung verantwortlich. Rot, Grün und Blau im gleichen Verhältnis ergeben je nach Helligkeit Weiß, Grau oder Schwarz, zudem nimmt die Farbtemperatur starken Einfluss auf die Darstellungsgenauigkeit von Hauttönen. Mit dem Burosch-Testbild „Farbe“ können Sie dies überprüfen. Im Idealfall entsprechen die Hauttöne der Quelle. Wechseln Sie auf die Farbtemperaturen „Normal“ oder „Kalt“, werden Sie einen Blauüberschuss bemerken (Bild oben). Ist der Wert zu niedrig, färbt sich der Bildinhalt rötlich (Bild unten). Für eine neutrale Darstellung bietet sich häufig die Voreinstellung „Warm“ an.



Bildschärfe

Mit dem Schärfetestbild können Sie den Mittelweg aus Schärfe und Natürlichkeit finden. Drehen Sie zunächst den Regler nach links: Das Bild wird unscharf (Bild oben). Erhöhen Sie nun die Schärfe, bis um feine Linien weiße Ränder zu sehen sind (Bild unten). Reduzieren Sie daraufhin die Schärfe, bis die Doppelkonturen verschwinden. Um die Quelle möglichst genau abzubilden, sollten Sie die Schärfe direkt am Fernseher und nicht vom Sitzplatz aus einstellen. Spielen Sie die Bilder in HD-Qualität zu, sollte das Bildformat „Nicht skaliert“ gewählt werden. Falls Sie die Testbilder via DVD zuspulen, nimmt die Signalverarbeitung des Players Einfluss auf die Bildung von Doppelkonturen.



Abbildung 500: Testhintergründe (HDTV 5/2016)

Synergien und Know-how

Wer sich im Internet umschaute, trifft spätestens bei der Eingabe des Suchbegriffes „Testbild“ auf die Firma BUROSCH. Vor allem Fachzeitschriften sind hier zahlreich vertreten, die die professionellen Testbilder des Video-Experten als visuelle Grundlage für ihre vergleichenden Warentests nutzen und darüber hinaus mitunter sogar als Freeware zur Verfügung stellen. Doch auch namhafte Hersteller bauen bei der Bildoptimierung auf das BUROSCH-Know-how, das nicht zuletzt durch die konstruktive Zusammenarbeit mit verschiedenen Hochschulen regelmäßig erweitert wird. Somit entstand in den letzten Jahren eine Vernetzung zwischen Forschung, Wissenschaft, Wirtschaft, Industrie, Handel und Praxis, deren Synergie-Effekte ihres Gleichen suchen.

Fachzeitschriften/Praxis-Bewertungen

Ob Computerbild, Chip, HDTV, Video, Audiovision oder SATVISION - viele Fachzeitschriften führen in regelmäßigen Abständen vergleichende Warentests durch und beurteilen für die Verbraucher die neuesten Fernseher, Beamer, Computerdisplays etc. Als Basis für diese Tests dient nicht selten Soft- und Hardware aus dem Hause BUROSCH, mit der unter anderem Helligkeit, Kontrast, Farbe, Farbtemperatur und Bildschärfe unter die Lupe genommen werden. Auf www.burosch.de finden sich hierzu diverse Presseberichte. Eine kleine Auswahl soll hier dargestellt werden:



Abbildung 501: Fachredakteur Andreas Nolde nutzt BUROSCH-Testbilder (www.chip.de/21.04.2015)

Das Magazin CHIP.de berichtete am 20.04.2015: „Die CHIP Redaktion sagt: Mit dem BUROSCH Testbild zum perfekten TV-Bild: Das 'First Check Testbild' ist perfekt geeignet für die schnelle Bildoptimierung Ihres Full-HD Fernsehers.“ Nur einen Tag später erschien auf www.chip.de ein entsprechendes Video mit ausführlicher Anleitung und Erläuterung der BUROSCH-Testbilder. Im Ranking erhält das BUROSCH-Testbild „First Check“ die Bewertung: sehr gut (Abbildung 416).

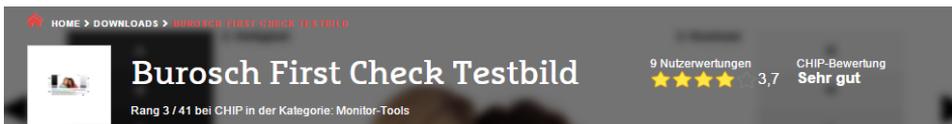


Abbildung 502: CHIP-Bewertung für BUROSCH-Testbild "First Check" (www.chip.de/downloads)

Selbst in Frankreich sind die BUROSCH-Testbilder mittlerweile bekannt. Auf der Internetseite www.projection-homecinema.fr findet sich seit Januar 2015 ein Testbericht zum „Test Pattern Generator TPG-5“ für Full HD der Firma BUROSCH und der Hinweis auf die professionellen Testbilder, die dort seit vielen Jahren verwendet werden.

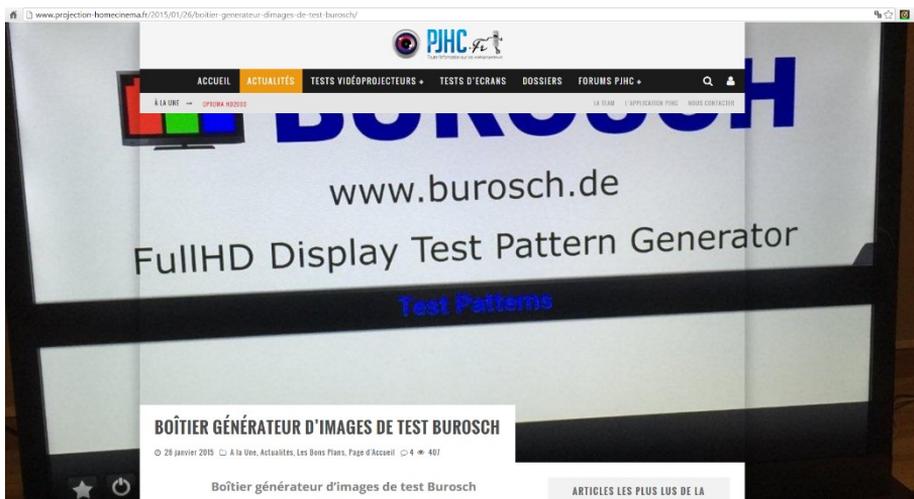


Abbildung 503: Bericht zum BUROSCH-Testbild-Generator (www.projection-homecinema.fr)

Die Fachzeitschrift HDTV berichtete in ihrer Ausgabe 7/2013 über die Testhintergründe im Zusammenhang mit entsprechendem BUROSCH-Equipment. Und in einem weiteren Artikel „Original oder Fälschung“ (3/2013) verglich HDTV die Standard-Werkseinstellung des Samsung UE46F8090 mit den optimierten Bildeinstellungen, wozu ein BUROSCH-Testbild als visuelle Referenz diente.

Hierzu schreibt Redakteur Roger Vogel: „Um einen Kinofilm so zu genießen, wie es im Kino üblich ist, muss der Heimkinofan oft zu Tricks und Kniffen greifen, um das Optimum aus seiner Technik herauszuholen. Denn die meisten Hersteller liefern ihre Geräte zwar mit mehreren Bildmodi aus, richtig perfekt gelingt der Bildabgleich ab Werk aber nur selten.

Am Beispiel des Samsung UE46F8090 soll der Unterschied zwischen dem Standard- und dem kalibrierten Kinomodus gezeigt werden. Hierbei haben wir einzig die Standardparameter abgeglichen, die Sie zu Hause auch ohne teure Messtechnik mittels Testbilder überprüfen können. Wichtig hierbei ist, dass Sie für jeden Einstellungspunkt die passende Sequenz wählen. In unserem Beispiel sehen Sie ein Testbild der Firma BUROSCH, das Sie unter www.burosch.de herunterladen können.“

Original oder Fälschung?

Um einen Kinofilm so zu genießen, wie es im Kino üblich ist, muss der Heimkinofan oft zu Tricks und Kniffen greifen, um das Optimum aus seiner Technik herauszuholen. Denn die meisten Hersteller liefern ihre Geräte zwar mit mehreren Bildmodi aus, richtig perfekt gelingt der Bildabgleich ab Werk aber nur selten. Am Beispiel des Samsung UE46F8090 soll der Unterschied zwischen dem Standard- und dem kalibrierten Kinomodus gezeigt werden. Hierbei haben wir einzig die Standardparameter abgeglichen, die Sie zu Hause auch ohne teure Messtechnik mittels Testbilder überprüfen können. Wichtig hierbei ist, dass Sie für jeden Einstellungspunkt die passende Sequenz wählen. In unserem Beispiel sehen Sie ein Testbild der Firma Burosch, das Sie unter www.burosch.de herunterladen können. ■

ROGER VOGEL

Das Farbdreieck gibt einen guten Anhaltspunkt darüber, wie genau die Farben dem Standard ITU-R BT.709 entsprechen, der für Blu-ray- und HDTV-Inhalte gilt. Im Standardmodus zeigt das Samsung-Fernsehen deutliche Abweichungen bei Magenta und Cyan, auch ist der Weißpunkt vergleichsweise unpräzise.

16 | HDTV | 3 2013

Abbildung 504: Auszug aus der Fachzeitschrift HDTV (Ausgabe 3/2013)

Hersteller/Industrie

Die Firma BUROSCH Audio-Video-Technik ist auch bei den Herstellern kein unbeschriebenes Blatt. Zahlreiche Aufträge aus der Industrie sorgen dafür, dass BUROSCH sein Know-how bereits während der Produktion nutzbringend einsetzen kann. Unternehmen wie Panasonic, Sony, LG, Samsung etc. setzen auf die BUROSCH-Testbilder und damit auf umfassende Möglichkeiten der Bild-Kalibrierung.

Im August 2016 kamen während eines Seminars im Technology and Production Center (tcp) Switzerland BUROSCH-Testbilder als Lehrmaterial zum Einsatz.



Abbildung 505: BUROSCH-Testbilder im tcp (August 2016)

Ebenfalls im August 2016 fand im BUROSCH-Testlabor gemeinsam mit namhaften Vertretern der Branche ein Meeting zu neuen LG Display-Innovationen statt.



Abbildung 506: Klaus Burosch, Seongki Min, KiTae Lee, Hye-Meen Yun, Karl-Heinz Armbruster, Andreas Burosch (August 2016)

Mit Herrn Wild von Panasonic Langen Development Center (PLDC) fand im Februar 2016 ein konstruktives Treffen statt, an das sich im Frühjahr 2016 die ausführliche Testreihe des UltraHD-Premium-TV-Modells TX-58DXW904 von Panasonic anschloss. Im Labor konnten wir dem Gerät exzellente Messwerte bescheinigen, im Techtalk erste Ideen für die 2017er Modelle erarbeiten.



Abbildung 507: Karl-Heinz Armbruster, Arne Wild, Andreas Burosch, Klaus Burosch (Februar 2016)

Während der High End München im Mai 2015 traf BUROSCH auf den namhaften Lautsprecherkonstrukteur, der in Deutschland fertigt. Gemeinsam mit

Geschäftsführer und Gründer Günther Nubert demonstrierte das BUROSCH-Team die aktuelle Nubert-Innovation.



Abbildung 508: Steffen Burosch, Klaus Burosch, Günther Nubert, Andreas Burosch

Zur Live-Übertragung der Fußballweltmeisterschaft 2014 wurde das AVEC-Referenztestbild von BUROSCH von der Bildregie eingesetzt und diente zur Kontrolle Broadcast-Monitore von Sony.



Abbildung 509: Bildregie bei der Live-Übertragung der FIFA-WM 2014

Der chinesische Hersteller Changhong gehört ebenfalls zu den BUROSCH-Partnern. Auf der IFA Berlin 2014 engagierte Changhong das BUROSCH-Team, um die vorgestellten TV-Geräte auf ihrem Stand zu optimieren. So konnten die Fernseher abseits von aggressiven Shop-Modi zeigen, wie gut sie tatsächlich sind. Die TV-Bildkontrolle wurde mithilfe der BUROSCH Expert-TV-Tuning-Disk und die Schärfereinstellung mit dem entsprechenden BUROSCH-Basic-Schärfetestbild durchgeführt.



Abbildung 510: Bildoptimierung der Changhong-TVs durch BUROSCH auf der IFA 2014

Auf der IFA 2012 gab es ein offizielles Shoot Out unter den Top-Modellen der großen TV-Hersteller mit BUROSCH Testbildern. Dabei wurden Flachbildschirme der Hersteller Panasonic, Philips, Sony, LG und Samsung getestet, wobei seinerzeit das Gerät von Sony im Test am besten abschnitt.



Abbildung 511: Shoot Out bei der IFA 2012 mit BUROSCH-Testbildern (Andreas Burosch)

Forschung/Entwicklung

Die Basis für das technische Know-how auf neuestem Stand der Wissenschaft bieten natürlich die Synergien zwischen BUROSCH und namhaften Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland. Hierzu gehört unter anderem die Hochschule Aalen. Hier finden regelmäßig Veranstaltungen statt, wie beispielsweise im April 2015 beim Tag der offenen Tür zur 4K-Vorführung. Darüber hinaus entwickelte BUROSCH im August 2014 seinen neuen professionellen Lichtsensor in Zusammenarbeit mit Professor Seelmann und Professor Dittmar von der Hochschule Aalen. Zur Referenzorientierung diente hier das Spectrometer CAS von Instrument Systems, das allein 50.000 Euro kostet.

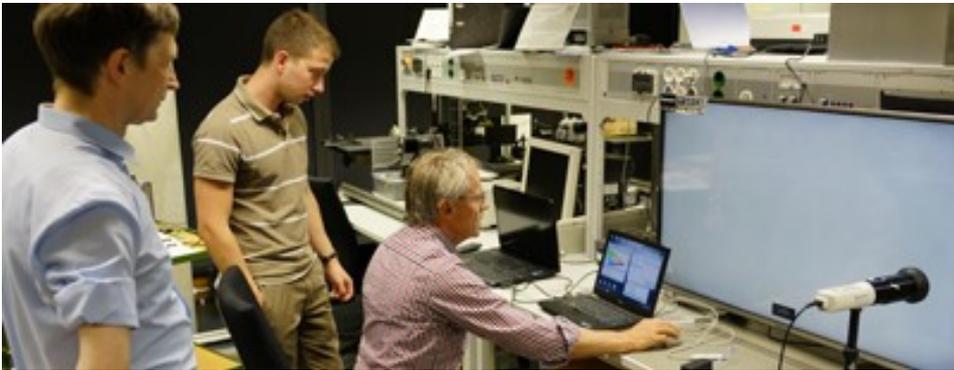


Abbildung 512: Andreas Burosch, Prof. Dittmann, Prof. Seelmann (August 2014)

Auch mit der Hochschule Pforzheim steht BUROSCH in regem Kontakt. Im September 2014 fand in der Fakultät Technik ein gemeinsames Treffen mit Professor Blankenbach statt, der für die Vertiefungsrichtung Displaytechnik im Studiengang Elektrotechnik verantwortlich ist.



Abbildung 513: Prof. Blankenbach, Andreas Burosch, Klaus Burosch

Im Displaylabor der Fakultät konnte das BUROSCH-Team unter anderem die Blickwinkelabhängigkeiten und besondere Effekte beim Fremdlichteinfall auf UHD-Curved-TVs nachmessen.

Neben der Fachhochschule Wiesbaden/Fachbereich Fernsehtechnik steht BUROSCH darüber hinaus mit Professor Dr. Norbert Frühauf von der Universität Stuttgart in Kontakt – zuletzt im Februar 2014 bei einer interessanten Vortragsreihe zum Entwicklungsstand der neuen UHD-Fernsehtechnik beim Symposium der Deutschen TV Plattform.



Abbildung 514: Klaus Burosch, Andreas Burosch, Prof. Dr. Norbert Frühauf (Uni Stuttgart)

Außerdem unterstützt BUROSCH mit seinem Know-how die Zertifizierungen der Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH (VDE). Hierzu finden regelmäßige Treffen mit VDE-Partnern statt, bei denen gern auch mal bei einem Bier oder Kaffee über Bildqualitätskontrollen gesprochen wird.



Abbildung 515: Treffen mit Vertretern des VDE: Heinz Lemcke, Klaus Burosch, Andreas Burosch

Workshops

Auch in zahlreichen Workshops stellt BUROSCH sein umfangreiches Know-how zur Verfügung. So fand am 16. August 2014 direkt im BUROSCH-TV-Labor der 7. Workshop zur TV-Bildoptimierung statt, bei dem die Teilnehmer Videotechnikgrundlagen, die Anwendung von Testbildern und die Kalibrierung mittels CalMAN 5, Klein Instruments K10A und Quantum Data 804A praxisnah demonstriert bekamen. Eine Besonderheit war diesmal, dass die Besucher ihre eigenen Fernsehgeräte mitbringen und mit dem BUROSCH-Team gemeinsam die Einstellungen vornahmen. Klaus Burosch startete mit einem Vortrag über den Nutzen und den Einsatz von Testbildern in der Industrie, bei Testzeitschriften und zu Hause. In der zweiten Präsentation widmete sich Günther Holzhofer videotechnischen Grundlagen.



Abbildung 516: Günther Holzhofer, Andreas Burosch und Workshop-Teilnehmer

Auch für und mit Unternehmen veranstaltet BUROSCH diverse Workshops. Im April 2012 fand beispielsweise im Sony Center Berlin der Sony-Workshop für TV-Fachhändler statt. Hintergrund war der TV-Testbericht für das Sony-Modell KDL-40HX755.



Abbildung 517: Steffen Burosch, Klaus Burosch, Gerrit Gericke (Sony), Jin Koide (Sony)

Aufgrund der langjährigen Kompetenz in der Beurteilung der TV-Bildqualität wurde das BUROSCH-Labor seinerzeit von der Firma Sony beauftragt, die neue Bravia HX755 TV-Serie in der Bildqualität zu analysieren. Dieser TV-Test wurde im BUROSCH-TV-Labor über einen Zeitraum von etwa 300 Stunden im März und April 2012 durchgeführt. Seit vielen Jahren besteht eine enge Zusammenarbeit zwischen dem Sony Technologiezentrum in Stuttgart und dem BUROSCH-TV-Testlabor. Bereits viele TV-Generationen wurden mit den BUROSCH-Referenz-Testbildern entwickelt.

Beim Display-Workshop an der Fachhochschule Aalen erhielten über 80 Teilnehmer Antwort auf die Frage „Wie funktioniert aktuelle Heimkino-Technik?“ und interessante Hintergrundinformationen zu Bildschirm-Technologien, Video-Projektion und Surround-Klang.



Abbildung 518: BUROSCH-Workshop

Es war nicht der einzige Workshop, der von BUROSCH in Kooperation mit Panasonic, Stereoplay, Video, Chip, AreaDVD und SIM2 veranstaltet wurde. BUROSCH Audio-Video-Technik bietet weitere Workshops an, die nicht nur beliebt, sondern vor allem kostenlos sind.

Ein Tipp zum Schluss

Nur die Testbilder mit der Beschriftung "BUROSCH" sind original. Bitte lassen Sie sich nicht von schlechten Kopien blenden!

Durch unsere langjährige Tätigkeit in diesem Fachgebiet kennen wir uns aus. Hier in unserem TV-Labor führen wir täglich professionelle Kalibrierungen durch. Gern kalibrieren wir mit modernsten Lichtsensoren auch Ihr Bildwiedergabegerät und/oder beraten Sie individuell gegen Honorar.

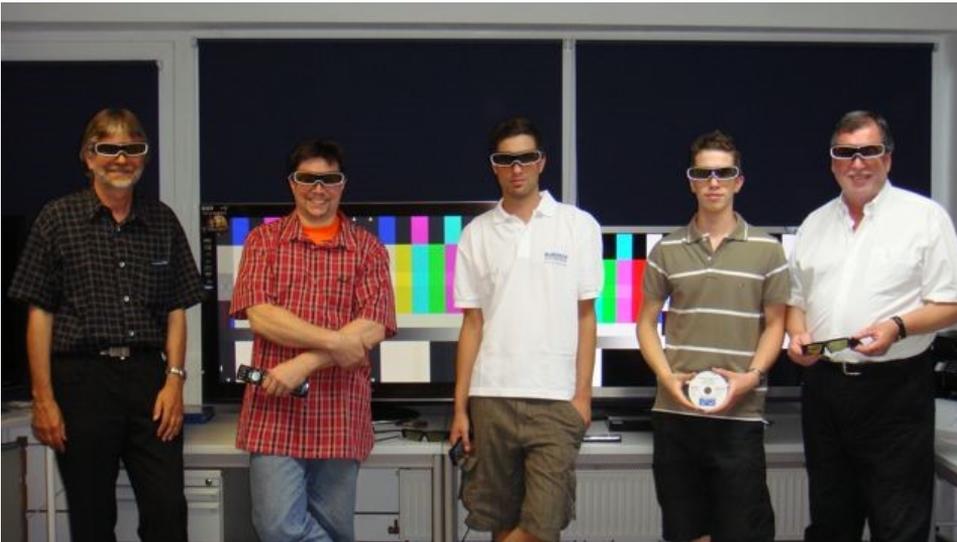


Abbildung 519: Eberhard Graf, Paul Gaukler, Steffen Burosch, Andreas Burosch, Klaus Burosch

Fakt ist, dass sich die technische Entwicklung nicht aufhalten lässt. Allerdings kann einem im Angesicht der Vielfalt schon bisweilen die Luft weg bleiben. Ein kluger Mann soll einmal gesagt haben: „Je mehr man weiß, desto mehr weiß man, was man nicht weiß.“ Deshalb folgt in diesem Buch nun das Kapitel, in dem die häufigsten Fragen eine Antwort finden.



Häufig gestellte Fragen (FAQ)

Erfahrungsgemäß sind selbst nach intensiver Lektüre an dieser Stelle noch längst nicht alle ungelösten Ist-Zustände geklärt. Neben der Stichwortsuche soll deshalb dieses Kapitel dazu beitragen, Antworten auf ebenjene Fragen zu finden, die im Rahmen der Lektüre dieses Buches entstanden sind oder aber bisher unbeantwortet blieben. Die Technik ist quasi ein lebender Organismus, der sich stetig entwickelt. Deshalb können die folgenden Antworten nur eine Momentaufnahme darstellen – bezogen auf den Zeitpunkt 2015. Auf der Internetseite der Firma BUROSCH gibt es ergänzende Informationen, die in regelmäßigen Abständen aktualisiert und vervollständig werden: www.burosch.de.

HDTV & Fernsehstandards

Was bedeutet echtes (natives) HDTV?

HDTV bedeutet im Breitbildmodus die Darstellung von mehr als 720 Bildzeilen. Viele Bildschirme oder Projektoren suggerieren lediglich eine HDTV-Tauglichkeit, beispielsweise über die Angabe "1024 x 768". Solche Geräte akzeptieren zwar häufig HDTV-Signale, echte HDTV-Qualität können sie jedoch kaum bieten. Denn bei der Breitbildwiedergabe kommt es nicht selten dazu, dass lediglich 576 Zeilen aktiv sind, und der Rest als schwarze Balken dargestellt wird. Insofern sollte „echtes“ HDTV nicht mit dem Bildformat 16:9 bzw. dem digitalen Fernsehen (DTV) verwechselt werden. Egal ob HD, Full HD, Ultra HD, 4K oder 8K definieren sich diese hochauflösenden Bildformate über eine entsprechend höhere vertikale (senkrechte), horizontale (waagerechte) und temporale (zeitliche) Auflösung.

Ist HDTV per Satellit qualitativ besser?

Grundsätzlich kommt es darauf an, ob die Satellitenkanäle unverändert eingespeist bzw. auf welchem Niveau sie encodiert werden. In Einzelfällen kann es also Unterschiede geben, doch da sich die Bandbreiten ähneln, sind Satellit, Kabel und Internet weitgehend gleichwertig.

Wird alles in HDTV ausgestrahlt?

Nein. Derzeit werden nur ca. 40 Prozent aller Sendungen in echtem HDTV ausgestrahlt (z.B. US-Serien, Filme, Dokumentation, Sportübertragungen oder Nachrichtensendungen). Ein nicht unerheblicher Teil des Programms wird lediglich in die HD-Auflösung hochskaliert.

Woran erkenne ich, ob eine Sendung hochskaliert oder echtes HDTV ist?

Im Allgemeinen kennzeichnen die Programmanbieter leider nicht, ob ein Programm im sogenannten nativen HDTV ausgestrahlt wird. Einige Programmzeitschriften versehen echte HDTV-Sendungen mit einem entsprechenden HD-Logo. Mit ein bisschen Übung kann man den Unterschied aber erkennen. Neben der Detailschärfe ist beispielsweise die Darstellung eines HD-Beitrages im 4:3-Format ein klares Indiz dafür, dass nur hochskaliert wurde.

Sieht eine hochskalierte Sendung auf einem HD-Sender besser aus als dieselbe Sendung auf dem SD-Sender?

Grundsätzlich ja, weil der Skalierungsprozess auf Studioebene qualitativ höherwertiger ist. Natürlich bietet der HD-Kanal mit MPEG4-Codec (9 bis 11 MBit/s) von Hause aus mehr Qualität als der herkömmliche SD-Kanal mit seinem veralteten MPEG2-Codec und entsprechend geringeren Datenraten zwischen 3 und 5 MBit/s. Je größer der Fernseher, desto deutlicher wird der Unterschied.

ABER! Letztlich hängt viel vom technischen Equipment ab, wie gut der Receiver das SD-Programm auf 1080i skaliert und wie gut der Fernseher in das Vollbild-Format wandelt. Die Bildwiedergabe ist insofern das A und O, nicht der Sender.

Bildformate & Auflösung

Werden 2,35:1-Filme auf 16:9 umformatiert oder mit Balken gesendet?

Meist werden 2,35:1-Spielfilme im OriginalkinofORMAT mit Balken gesendet, RTL und Vox formatieren 2,35:1-Filme hingegen auf 16:9 um. Zwar verschwinden so die Balken, allerdings verliert man an den Seiten rund 20 Prozent der Bildinformation.

Und 4:3-Sendungen?

4:3-Sendungen werden in der Regel nicht auf 16:9 umformatiert, was einen Bildverlust am oberen und unteren Rand zur Folge hätte, sondern mit seitlichen Balken gesendet.

Warum nutzen ARD, ZDF & Co. das 720p-Verfahren?

Die Sender folgen einer Empfehlung der Europäischen Rundfunkunion (EBU), die in mehreren Versuchsreihen 2006 die Darstellung von 720p und 1080i verglichen hat. Dabei stellte sich heraus, dass bei gleicher Datenrate das 720p-Bild damals meistens besser bewertet wurde. Auch weitere Sender, wie Arte, ORF und SRG, senden in diesem Format.

Ist die 720p-Empfehlung veraltet, weil es immer mehr Full-HD-Geräte gibt?

Die EBU bezeichnete ihre Studie von 2006 als Momentaufnahme. Seither haben sich sowohl Verfahren für die Encodierung im Studio als auch in TV-Geräten weiterentwickelt. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Öffentlich-Rechtlichen auf 1080i umstellen, ist daher gering. Eher wahrscheinlich ist in einigen Jahren die Umstellung auf 1080p.

Was ist besser: 1080i oder 720p?

Darüber streiten sich sogar die Fachleute. Die viel größere Zeilenzahl lässt bei 1080i zunächst eine größere Bildschärfe vermuten. Allerdings halbiert sich diese bei der Interlaced-Darstellung durch den Halbbildmodus im Zeilensprungverfahren. Insofern bietet 720p aufgrund des progressiven Vollbildverfahrens mit 50 Bildern pro Sekunde eine bessere Bewegungsauflösung, klarere Zeitlupe und schärfere Standbilder. Fernseher können in der Regel beide Standards darstellen und schalten automatisch in den vermeintlich besseren Modus. ABER! Das Grundproblem bleibt: Was einmal in Halbbilder aufgeteilt wurde, lässt sich nicht sauber in Vollbilder (Progressive Scan) wandeln - zumindest dann nicht, wenn die Halbbilder von einer Videokamera stammen und unterschiedliche Bewegungsphasen aufweisen. Denn 1080i bietet nur dann Vorteile, wenn es sich bei der Quelle um Filmmaterial mit 24 oder 25 Bildern pro Sekunde handelt. Hier lassen sich im Wiedergabegeräte (TV) die Halbbilder korrekt zu Vollbildern zusammensetzen, sodass die Auflösung von 1920x1080 Pixel ohne Artefakte realisierbar ist. Dafür muss die Komponente, die das De-Interlacing durchführt, eine Filmmode-Erkennung besitzen.

Warum überträgt man nicht Live-Sport in 720p und Spielfilme in 1080i?

Als die heutigen Anforderungen für HD-Empfänger und Fernsehgeräte definiert wurden, hatte man diese Möglichkeit ins Auge gefasst. Die Hardware kann beide Formate nahtlos verarbeiten, auch 50 und 60 Hertz wären machbar. Damit könnte man jedes Material so senden, wie es aufgenommen wurde, und so eine qualitätsmindernde Wandlung vermeiden.

Wo liegt also das 720p Problem?

Dass es die Sender nicht umsetzen, liegt an ihrer Infrastruktur in den Playout-Centern und bei den Encodern. Der statistische Multiplex, also die Zuweisung der Bandbreite innerhalb eines Transponders oder Kanals, funktioniert bei vielen im Einsatz befindlichen Encodern nur, wenn alle Programme das gleiche Videoformat aufweisen. Nur neuere Encoder können verschiedene Normen mischen.

Warum sendet man nicht in 1080p?

Die Befürworter von 720p und die von 1080i sind sich einig, dass 1080p das Ziel sein sollte. Damit ist aber 1080p mit 50 Bildern pro Sekunde gemeint (in den USA und Japan mit 60 Hertz). Die Untersuchungen der EBU haben gezeigt, dass selbst mit heutiger Technik die Ausstrahlung von 1080p/50 machbar wäre, da sich die Datenraten gegenüber 1080i nur geringfügig erhöhen. Der Grund liegt in der günstigeren Codier-Effizienz von Progressive-Formaten. Allerdings verarbeiten derzeit die wenigsten Empfänger 1080p.

Warum gibt es kein HDTV mit 24p?

24p im Sinne von voller HD-Auflösung mit 24 Bildern pro Sekunde passt nicht in die Broadcast-Landschaft, da man in Europa generell 50 Hertz benutzt. Filme werden daher auf 25 Bilder pro Sekunde beschleunigt, laufen also vier Prozent schneller als im Kino. Würde ein Programm sowohl in Standard als auch in High Definition ausgestrahlt, wäre die HD-Übertragung entsprechend langsamer.

Dann wäre doch 25p eine Alternative?

25p wäre in Europa problemlos möglich. Allerdings hat man das nicht als Standard in der HD-Norm definiert, sodass weiterhin nur in Halbbilder aufgeteilte Signale gesendet werden. Innerhalb des MPEG-Datenstroms lässt sich jedoch eine Information unterbringen, wie die Halbbilder kombiniert werden müssen. Die Praxis der DVD, auf der dieses Signal genutzt wird, hat allerdings gezeigt, dass hier häufig Fehler vorkommen. Der Vorteil von 25p wäre also in der Praxis wenig relevant.

Gibt es Unterschiede in der Bildqualität von PAL-Signalen, wenn diese auf Bildschirmen mit 1920x1080 bzw. 1366x768 Bildpunkten dargestellt werden?

Häufig wird vermutet, die Darstellung auf einem Full-HD-Bildschirm könne schlechter sein, weil dort mehr Zeilen hinzugefügt werden. Doch so pauschal lässt sich das nicht beantworten. Es hängt vor allem von der Signalverarbeitung im jeweiligen Wiedergabegerät ab. Die besseren Voraussetzungen für ein gutes Bild von einer PAL-Quelle bietet zunächst Full HD. Der Grund dafür ist einfach: Die 576 Zeilen von PAL lassen sich durch Abzug des Overscans auf 540 Zeilen reduzieren, ohne dass wichtige Bildinhalte verloren gehen. Durch eine Verdopplung der Zeilenzahl (z.B. durch Interpolation) erreicht man exakt die 1080 Zeilen eines Full-HD-Schirms. Im Gegensatz zu anderen Umwandlungen muss hier lediglich eine Zwischenzeile errechnet werden, was in der Regel zu weniger Fehlern führt. Generell ist jedoch ausnahmslos der Betrachtungsabstand relevant im Vergleich zur Pixelzahl der Quelle und insbesondere der Wiedergabe.

Um wieviel besser ist die Wiedergabe auf Full-HD-Bildschirmen mit 1080 Zeilen?
Möglicherweise gar nicht. Denn die höhere Pixelzahl bringt nicht nur eine potenziell höhere Bildschärfe, sondern zugleich auch eine geringere Lichtleistung, höheren Stromverbrauch und schlechteren Kontrast. Die Pixelzahl sollte so gewählt werden, dass man von seinem bevorzugten Sitzplatz aus die einzelnen Bildpunkte nicht mehr wahrnehmen kann - auch bei der Wiedergabe von PAL-DVDs. Das hängt natürlich von der individuellen Sehschärfe des TV-Nutzers ab, vor allem aber von der richtigen Distanz zum Bildschirm. Full HD lohnt sich erfahrungsgemäß bei sehr geringem Betrachtungsabstand bzw. bei sehr großen Bildschirmen. Sobald der Abstand mehr als das Vierfache der Bildhöhe beträgt, ergeben meist Bildschirme mit 768 Zeilen den besseren Bildeindruck.

Gibt es Unterschiede zwischen HD auf Blu-Ray und im Fernsehen?

Ja. Während Filme auf Blu-Ray meist in 1080p vorliegen, werden sie bei HDTV entweder in 720p oder 1080i ausgestrahlt. Ferner ist nur auf Blu-Ray eine kinogerechte 24p-Wiedergabe möglich.

Wiedergabegeräte & Anschlüsse

Muss ein Fernseher mindestens HD-ready sein?

Sollte er, denn nur entsprechend gekennzeichnete Geräte können HD-Signale empfangen. Das Label „HD ready“, welches 2005 von der EICTA (seit 2009: Digitaleuropa) geschaffen wurde, ist das derzeit einzige herstellerübergreifende Siegel in Europa, das einen Mindeststandard für HDTV-Geräte definiert. Insofern garantiert „HD-ready“ noch keine gute Bildqualität.

Sind alle Digitalanlagen HD-tauglich?

Eine Aufrüstung von Satellitenschüssel, Multischalter und Verkabelung ist für HDTV nicht notwendig. Alle digitaltauglichen Komponenten kommen mit den höher aufgelösten Signalen problemlos zurecht. Jedoch ist ein Receiver mit HD-Tuner unabdingbar.

Kann ich mit einem HDTV-Receiver auch SD-Programme empfangen?

Ja, alle HDTV-Receiver können Sender in Standard-Auflösung empfangen, auf Wunsch hochskalieren und auch einfaches SD ausgeben.

Ich möchte nur öffentlich-rechtliche HD-Sender sehen, was brauche ich?

Via Satellit ist das möglich. Der HDTV-Receiver muss lediglich den erweiterten Übertragungsstandard DVB-S2 ebenso wie die leistungsstärkere MPEG4-Videokomprimierung (H.264) unterstützen. Solche Geräte sind im Handel schon für unter 100 Euro zu haben.

Kann ich ausländisches HDTV sehen?

Die meisten ausländischen HDTV-Kanäle sind Teil kostenpflichtiger Pay-TV Plattformen. Abonnements bzw. Verträge werden nur bei Wohnsitz im jeweiligen Land verkauft. Wer keine Freunde oder Verwandte vor Ort hat, kann einen der vielen Zwischenhändler bemühen, bewegt sich aber in einer Grauzone. Oft schlagen diese Anbieter eine nicht unbeträchtliche Provision auf. Dann kostet ein Jahres-Abo inklusive HD-Box schnell 700 Euro.

Zeigen neue Fernseher Fotos von der Digitalkamera an?

Natürlich. Heutzutage verfügen die meisten TV-Geräte über entsprechende USB-Eingänge oder Speicherkartenleser. Auch das Streaming auf den TV-Bildschirm ist möglich.

Sind alle neuen Flachbild-TVs einfach zu bedienen?

Nein. Nicht selten nerven unverständliche Bildschirmmenüs und Fernbedienungen mit kaum lesbar beschrifteten Tasten. Vor dem Kauf sollte deshalb insbesondere die Fernbedienung geprüft werden. Liegt diese gut in der Hand und ist praktisch gestaltet, wird der Rest quasi zum Kinderspiel.

Sind Plasma- oder LCD-Bildschirme besser?

Im Jahre 2015 stellt sich diese Frage eigentlich nicht mehr, denn Plasma-Bildschirme sind größtenteils aus der Heimkinowelt verschwunden. Insofern kann heute nicht mehr behauptet werden, dass Plasma-Fernseher gerade in Bezug auf große Bilddiagonalen und Kontrastwerte besser sind, vor allem weil die LED-Fernseher mit OLED- und QD-Technologie in der Schwarzdarstellung und Bewegungsschärfe deutlich aufgeholt haben. Darüber hinaus spielt die Auflösung im Zeitalter von Ultra HD und 4K/8K keine Rolle mehr.

Haben Flachbildschirme eine schlechte Tonqualität?

Tatsächlich. Einige Geräte bieten nur winzige Lautsprecher und reduzieren damit den Ton auf ein ziemlich flaches Klangbild. Für eine bessere Tonqualität kann der Fernseher über ein Cinch-Kabel mit der vorhandenen Stereoanlage verbunden werden. Die neuen Surroundanlagen lassen sich mittlerweile sogar kabellos über Bluetooth verbinden (z.B. SoundLink® Mini Bluetooth von Bose).

Ziehen Flachbildschirme den Staub an wie Röhrenfernseher?

Nein. Die LCD- und Plasma-Fernseher laden sich kaum elektrostatisch auf und sind so wenig staubempfindlich. Mit einem ganz schwach angefeuchteten Tuch lässt sich ein Flachbildschirm einfach reinigen. Davon ausgenommen sind natürlich Teerablagerungen durch Rauchen oder aber sonstige Verschmutzungen.

Werden Röhren-TVs unbrauchbar, wenn auf HDTV umgeschaltet wird?

Nein. HDTV wird zusätzlich ausgestrahlt, die bewährte Sendetechnik (PAL-Norm) bleibt erhalten.

Nützt mir HDTV auf meinem Projektor, auch wenn dieser nur Standardauflösung zeigt?

Wenn er das HD-Signal akzeptiert, dann ja. Da bei einem Projektor das Bild überproportional gezerrt wird, kann man hier praktisch jeden Pixel einzeln erkennen. Bei HDTV ist die Auflösung höher und insbesondere das Farbsignal schärfer, was einen wesentlich präziseren Bildeindruck entstehen lässt. Das gilt selbst dann, wenn der Projektor bei 16:9 nur mit 480 Zeilen arbeitet.

Wie kann man HDTV aufzeichnen?

Im Digitalempfänger verbaute Festplatten zeichnen Signale in Originalqualität auf. Will man sie konservieren, muss man auf Übertragungsmöglichkeiten zum PC per LAN oder USB achten. Dort lässt sich mit entsprechendem Laufwerk eine Blu-ray-Disc brennen.

Was bedeutet Authoring?

Authoring-Software erstellt aus diversen Videoformaten (z.B. AVI, MPG, MOV, WMV, ASF, FLV, Matroska) Discs aus Bild- und Tonspuren sowie Untertiteln, die wiedergegeben und vervielfältigt werden können. Dabei werden am PC die Daten vor dem Brennen umgewandelt, wobei die Originalqualität verloren geht. Die Alternative wäre eine Daten-Blu-ray-Disk, doch diese wird leider nicht von allen Blu-ray-Playern wiedergegeben. Das Verfahren ist noch aus den Zeiten der DVD. Entsprechende Software wird schon aufgrund des Kopierschutzes kaum noch entwickelt. Zur sogenannten proprietären Software (firmenspezifisch) gehören u.a. die Programme Sonic Scenarist, Adobe Encore, DVD-Lab, Apple DVD Studio Pro (Mac OS X) oder Nero Vision. Zur freien Software zählen beispielsweise DVD Styler für Windows, Linux und OS) oder DVD Flick (Windows, Linux).

Wie muss ich den HD-Receiver verkabeln?

Für die digitale Übertragung in HD muss der entsprechende Receiver per HDMI mit dem Flachbildschirm verbunden werden. Die herkömmliche SCART-Verbindung reicht für HD nicht mehr aus. Beim HDMI-Kabel sollte auf gute Qualität und den richtigen Standard geachtet werden.

Auf welche Videoausgabe muss ich meine Set-Top-Box einstellen?

Für die bestmögliche Bildqualität sollte man bei HD-Sendern immer auf die Ausgabe der gesendeten Auflösung beziehungsweise das Bildübertragungsverfahren achten. Zur Erinnerung: Das „p“ steht nicht für Pixel, sondern für „progressive“ (Vollbildverfahren) und das „i“ für interlaced

(Halbbildverfahren). Die Öffentlich-Rechtlichen senden (Stand: 2016) in 720p, die Privatsender hingegen in 1080i. Neuere Receiver erledigen diese Umschaltung oft automatisch.

Und wenn die Automatik fehlt?

Besitzer eines Full-HD-Fernsehers, die nicht manuell umschalten wollen und deren Set-Top-Box über keine Auflösungsautomatik verfügt, sollten 1080i wählen. Bei HD-ready-Modellen mit 1366 x 768 oder 1280 x 720 Pixeln ist allerdings 720p die bessere Wahl.

Wie stelle ich meinen Fernseher optimal ein?

Ganz einfach: mit hochwertigen Testbildern aus dem Hause BUROSCH.

Ich habe bisher nur analogen SAT-Empfang, was benötige ich für HDTV?

Um HDTV zu empfangen, muss die Satelliten-Empfangsanlage digital-tauglich sein. Eine Aufrüstung der Schüssel ist nicht notwendig. Anders sieht es beim LNB aus. Ältere Bausteine unterstützen nicht das High-Band oberhalb von 11,7 GHz, in dem die meisten Digitalsender vertreten sind. Ein Universal-LNB schafft Abhilfe. In jedem Fall ist ein Satelliten-Receiver mit HD-Tuner erforderlich.

Kann ich den Satelliten-Tuner meines Flachbildfernsehers nutzen?

Sofern der integrierte SAT-Tuner HD-tauglich ist, kann er für den Empfang von unverschlüsselten HDTV-Kanälen genutzt werden. Für die Pay-TV-Angebote von Sky muss der Fernseher zumindest über einen CI-Einschub verfügen, für "HD+" ist ein CI-Plus-Einschub oder ein CI-Einschub mit Unterstützung für das Legacy-Modul notwendig. Jedoch wird Pay-TV in der Regel mit entsprechendem Equipment angeboten, das diese Vorgaben erfüllt.

Darf ein Wohnungsvermieter das Anbringen einer Satellitenschüssel verbieten?

Nein, ein Verbot ist generell nicht gestattet. Gemäß Art. 10 der Europäischen Menschenrechtskonvention kann nicht verboten werden, Fernsehen via Satellitenschüssel zu empfangen. Allerdings dürfen die Schüsseln ohne Zustimmung des Vermieters ausschließlich auf dem Balkon installiert werden. Für die Montage vor dem Fenster oder auf dem Dach muss in jedem Fall die Zustimmung des Vermieters eingeholt werden, die er im Übrigen auch ablehnen darf. Denn hier spielen diverse rechtliche Rahmenbedingungen eine Rolle, über die der Vermieter im Zweifel nicht allein entscheiden kann (z.B. Baurecht, Denkmalschutz).

Welches ist der ideale Betrachtungsabstand?

Das kommt auf die Bildauflösung und die Größe des Bildschirms an. Wenn man bei einem Programm mit Standard-Auflösung dem Bildschirm zu nahe kommt, treten die einzelnen Zeilen störend in Erscheinung. Aus diesem Grunde liegt der

empfohlene Betrachtungsabstand dort beim Vier- bis Sechsfachen der Bildhöhe. Da bei HDTV die Bildauflösung bedeutend größer ist, gilt hier etwa das Dreifache der Bildhöhe als optimal. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bei gleichbleibendem Betrachtungsabstand ein HDTV-Fernsehgerät um ein Vielfaches größer sein sollte als ein TV-Gerät für Standardqualität (SD).

Verbrauchen große Flachbildschirme mehr Strom?

LCD-Flachfernseher mit 100 Zentimetern Bildschirmdiagonale genehmigen sich heutzutage rund 100 Watt. Das entspricht in etwa sechs Cent pro Betriebsstunde.

Kann man alle Flachbildfernseher an die Wand hängen?

Die meisten Geräte schon. Allerdings haben vor allem kleine und preisgünstige LCD-Fernseher leider oft fest montierte Standfüße, sodass keine Wandmontage möglich ist. Große Flachbildfernseher verfügen hingegen fast immer über eine Montagemöglichkeit für Wandhalterungen. Die Wand sowie die Halterung müssen natürlich das Gewicht des Fernsehers tragen können. Im Zweifel überlässt man die Montage einen Fachmann. Für die Anschlussleitungen gibt es im Fachhandel dezente Kabelkanäle aus Aluminium oder weißem Kunststoff.

Welche Anschlüsse muss ein Flachbild-TV haben?

Grundsätzlich sind moderne Flachbildschirme mit HDMI-Anschlüssen ausgestattet. Um den Fernseher mit Zusatzgeräten (Receiver, Spielekonsolen, Blu-ray-Player, Streaming-Boxen) verbinden zu können, sollten hiervon allerdings genügend vorhanden sein. Per Adapter funktionieren auch die meisten DVI-Eingänge, die aber ein extra Tonkabel benötigen.

Ist eine kurze Reaktionszeit wichtig für ein klares Bild?

Nein. Auch ein Fernseher mit rasanten fünf Millisekunden Reaktionszeit kann Bewegungen verwaschen darstellen. Insofern sollte man vor dem Kauf einfach ausprobieren. Beim Händler könnte man sich beispielsweise ein Fußballspiel zeigen lassen. Spätestens wenn auf dem Bildschirm aus einem Steilpass von Schweinsteiger oder Götze ein Kometenschweif wird, sollte man sich für ein alternatives Gerät entscheiden. Auch anhand von Nachrichtentickern (z.B. auf n-tv) kann die Bewegtbildqualität eingeschätzt werden. Einige Fernseher zeigen solche Laufschriften gestochen scharf, andere wiederum verschwommen.

Können sich Standbilder auf Plasmabildschirmen einbrennen?

In der Regel haben moderne Geräte damit keine Probleme mehr, zumal kein namhafter Hersteller mehr Plasma-Fernseher entwickelt. Wer dennoch ein solches Gerät zu Hause hat, kann tatsächlich damit rechnen. Besonders in den ersten 500 bis 800 Betriebsstunden bilden sich sogenannte Geisterbilder. Vorbeugen kann man, indem feste Einblendungen (z.B. Videotext, Games oder

Letterboxes) durch wiederholtes Umschalten vermieden werden. Ansonsten kann auch die Bildschirmhelligkeit etwas gedrosselt werden. Abhilfe schafft indes der vorübergehende Betrieb eines sogenannten Weißbildes (etwa von einer Test-DVD). Auch die Service-Abteilungen der Hersteller lassen mitunter über Nacht ein solches Weißbild laufen.

Wenn mein Disc-Player über einen HDMI-Ausgang verfügt, kann ich ihn an den DVI-Eingang eines Computermonitors anschließen?

Im Prinzip ja. Nur arbeiten Computermonitore mit anderen Bildschirmauflösungen und Bildwiederholraten. Außerdem aktivieren die allermeisten Discs den Kopierschutz HDCP. Dieser wird aber von den DVI-Eingängen von Computermonitoren in der Regel nicht unterstützt, sodass der Bildschirm völlig schwarz bleibt. Es kommt also auf den Versuch an.

Welchen Vorteil bieten 100-Hz-Fernseher?

Die Verdopplung der Bildwechselfrequenz von 50 auf 100 Hertz bei TV-Geräten wurde bereits Anfang der 1980er Jahre eingeführt. Grund dafür war seinerzeit die Vermeidung von Flimmereffekten, die insbesondere bei sehr großen, hellen Flächen wahrnehmbar waren, weil unser Auge speziell in den Randbereichen der Netzhaut sehr empfindlich reagiert. Das sogenannte Zeilenflackern sowie die Bildung von Artefakten konnten bei 100-Hertz-Röhren nicht beseitigt werden, da diese Störungen auf das Halbbildverfahren (Interlaced) zurückzuführen sind.

Bei heutigen LCD-Schirmen dient die 100-Hertz-Technik einem anderen Zweck. Denn hier kommt es zu sogenannten Verschmier-Effekten bei bewegten Objekten, die auch durch kurze Reaktionszeiten nicht beseitigt werden können. Insofern halbiert man das Verschmieren mit der 100-Hertz-Technik, wobei es nicht ausreicht, die Bildfrequenz zu verdoppeln. Für einen optimalen Bewegtbild-Eindruck müssen Zwischenbilder errechnet werden, die das bewegte Objekt an einer neuen Position abbilden. Im Gegensatz dazu kommt es bei Plasmabildschirmen nicht zu einem solchen Verschmier-Effekt, da hier eine Dunkelphase und das Aufleuchten einer Kontur aufeinander folgen. Jedoch wurden TV-Geräte mit Plasmabildschirmen fast vollständig vom Markt verdrängt.

Und was bedeutet dann die 120-Hertz-Technik?

Im Grunde genommen dasselbe wie die 100-Hertz-Technik, da es sich lediglich um die Verdopplung der 60-Hertz-Frequenz von NTSC handelt, wie sie beispielsweise in den USA angewendet wird.

Wie verhält sich ein 100-Hz-Bildschirm bei Signalen von einem 24p-Player?

Das hängt vom Hersteller ab. Möglich sind 72 Bilder pro Sekunde (bei Pioneer), 96 (bei Philips) oder 120 (bei Sony). Wichtig ist nur, dass es ein Vielfaches von 24 ist.

Was ist ein Curved-TV?

Die Bezeichnung wurde aus dem Englischen entlehnt und bedeutet „gebogen“ oder „gekrümmt“. Erste Curved-TVs – also Fernseher mit einem gebogenen Bildschirm - wurden auf der Consumer Electronics Show (CES) 2014 vorgestellt. TV-Hersteller wie Sony, Philips und Samsung bieten neben den flachen TV-Modellen nunmehr auch Geräte mit Curved-Displays an, wobei der Nutzen mehr als umstritten ist. Denn durch die Wölbung nach innen wird der Blickwinkel verkleinert, was bisweilen zu störenden Spiegelungen führt. Grundsätzlich soll das TV-Bild durch den Curved-Effekt mehr Räumlichkeit und Tiefe gewinnen, was allerdings nichts mit dem 3D-Effekt zu tun hat. Vor allem in Kombination mit der hohen Auflösung von 4K sieht das Bild vielschichtiger und plastischer aus. Nach der IFA 2015 bleibt jedoch abzuwarten, ob die Curved-Idee im TV-Bereich überhaupt eine Zukunft hat. Denn bei dem richtigen Betrachtungsabstand macht die gebogene Display-Oberfläche eigentlich keinen Sinn. Im Gegensatz dazu könnte bei Computerbildschirmen diese Technologie durchaus in Betracht kommen, da man hier in der Regel direkt vor dem Display sitzt. Je größer das PC-Display, desto unschärfer werden aufgrund unseres eingeschränkten Gesichtsfeldes die äußeren Konturen. Eine Wölbung könnte hier für eine bessere Wahrnehmung in der Breite sorgen.

Was bedeutet HDCP 2.2?

Ohne HDCP 2.2 können echte ultrahochauflösende HD-Inhalte nicht garantiert werden. Beim Kauf eines UHD/4K-Fernsehers sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass dieser neue Kopierschutzstandard inklusive ist, denn er lässt sich nicht per Firmware-Update nachrüsten, sondern gehört zur Hardware.

Welchen HDMI-Anschluss benötige ich für Ultra HD?

Aufgrund seines hohen Datenvolumens benötigt Ultra HD quasi High-Speed und deshalb auch diesen mittlerweile gar nicht mehr so neuen Standard HDMI 2.0. Über die Aussage diverser Händler oder Hersteller, dass für UHD/4K keine neuen Kabel oder Anschlüsse notwendig sind und ein entsprechendes Update ausreichend ist, lässt sich streiten. Auf der sicheren und vor allem zukunftssicheren Seite ist man mit HDMI 2.0, schon allein um die Mindestanforderung in punkto Datenübertragungsrate von 18 Gbit/s problemlos realisieren zu können.

Was verbirgt sich hinter HEVC oder H.265 und AVC/H.264?

Damit ist grundsätzlich nichts anderes gemeint als der jeweilige Standard zum Codieren beziehungsweise Komprimieren von Videoinhalten. High Efficiency Video Coding (HEVC) ist dasselbe wie H.265 oder auch MPEG-H und ist der Nachfolger des MPEG-4-Kompressionsstandards H.264. Auch hier kann nur die aktuelle Version (H.265) gewährleisten, dass echte UHD/4K-Inhalte wiedergegeben werden. Der Hintergrund: das hohe Datenvolumen von Ultra HD muss auf ein kompaktes Maß komprimiert werden. Mit dem alten Standard H.264 würde ein UHD-Film von zwei Stunden Spielzeit etwa 100 GB benötigen, mit HEVC/H.265 nur die Hälfte. Auch und vor allem bei den neuen 4K-Blu-ray-Disks kann aufgrund der hohen Datenrate die Kapazität leicht gesprengt werden, sofern nicht ordentlich komprimiert wird. Deshalb auch hier beim Kauf darauf achten, dass die neuen Geräte den aktuellen Codec unterstützen. Näheres zu den technischen Hintergründen der beiden Videokompressionsstandards finden sich in den entsprechenden Kapiteln „AVC/H.264“ und „HEVC/H.265“ in diesem Buch.

Was ist der Unterschied zwischen LCD-, LED- und OLED TVs?

Da kommen einige Aspekte zusammen, allerdings ist im Grunde fast dasselbe gemeint. Die ersten Flüssigkristallanzeigen wurden LCD-Displays genannt – nach der englischen Bezeichnung Liquid Crystal Display: LCD. Bei den ersten Modellen dienten Leuchtstoffröhren zur Ausleuchtung des Displays, später wurden diese durch LEDs – also Leuchtdioden (Light Emitting Diode) – ersetzt, die das Licht emittierten. Deshalb ist im deutschen Sprachgebrauch unter LED auch Licht emittierende Diode oder Lumineszenz-Diode zu verstehen. Emittieren bedeutet auch Durchlassen und bezieht sich auf die Flüssigkeitskristalle, die eben mehr oder weniger Licht durch die roten, grünen sowie blauen Farbpixel im Bildschirm durchlassen. Anders als bei Plasma-Bildschirmen arbeiten LCD- sowie LED-Displays also mit einer sogenannten Hintergrundbeleuchtung, die nicht abgeschaltet werden kann. Insofern waren solche Bildschirme nicht in der Lage, reines Schwarz wiederzugeben, sondern immer nur dunkles Grau. Das änderte sich mit den OLED-Bildschirmen, denn hier wurden die Vorteile sowohl der LED- als auch der Plasmatechnik vereint. Die organische Leuchtdiode (Organic Light Emitting Diode: OLED) leuchtet quasi von selbst und kann somit auf eine Hintergrundbeleuchtung (Backlight) verzichten. Deshalb sind die neuen OLED-Displays besonders schlank, energieeffizient und können tatsächlich Schwarz darstellen, weil sie das Licht automatisch dimmen und sogar abschalten können. Der Effekt dabei ist ein nie dagewesener Kontrast, bei dem sogar Falten in einem dunklen Stoff erkennbar sind.

Worin unterscheidet sich ein Smart TV von herkömmlichen Flachbildschirmen?
In der Darstellung beziehungsweise Bildwiedergabe grundsätzlich nicht, sofern beide vergleichbar auf demselben technischen Stand sind. Die Bezeichnung „smart“ wird in vielfacher Weise synonym verwendet. Von elegant über flink, clever, schlau, gerissen und intelligent, bedeutet es in der Medientechnik, dass ebenjene smarten Geräte über Zusatzfunktionen verfügen. Wie das Smartphone diverse Funktionen aus dem Computerbereich übernommen hat, verfügt der Smart TV über zahlreiche zusätzliche Features. Das wichtigste dabei ist der Internet-Zugang, ohne den die Updatefunktionen im Firmenware-Bereich, Apps und Streaming nicht möglich wären. Erfolgreicher Vorreiter unter den Herstellern ist im Smart-Bereich unter anderem ist der südkoreanische Konzern Samsung.

Was bedeutet Reaktionszeit im Zusammenhang mit TV- oder PC-Displays?
Hiermit ist die Geschwindigkeit von Bewegungsbildern gemeint oder genauer die Zeit, die Bildpunkte eines Displays benötigen, um eine andere Farbe anzuzeigen. Gerade in der Vergangenheit mussten Fans von Actionfilmen und Sportübertragungen oder aber Gamer deshalb der Reaktionszeit (Angabe in Millisekunden) besondere Beachtung schenken. Denn noch vor einigen Jahren galt die Aussage, dass Plasma-Displays schnelle Bewegungen in etwa gleich gut darstellen konnten wie konventionelle Bildröhren, LCDs hingegen eher zu sogenannten Nachzieh-Effekten tendierten. Bei modernen OLED- oder QD-Bildschirmen wurde dieses Manko hingegen weitgehend behoben, die Schlierenbildung aufgrund zu träger Pixel stellt insofern eigentlich kein Problem mehr dar. Außerdem nimmt jeder Mensch solche Verzögerungen der Bildwiedergabe unterschiedlich wahr; was den einen stört, fällt dem anderen gar nicht auf. Neben der Pixelzahl, Bildschärfe und Farbbrillanz ist die durchschnittliche Reaktionszeit der aktuellen Modelle für den Heimgebrauch ausreichend. Lediglich Gamer sollten darauf achten, dass die Reaktionszeit nicht mehr als 6 Millisekunden beträgt.

Technik und Grundbegriffe

Was bedeutet Overscan?

Der Begriff stammt aus dem analogen TV-Zeitalter, als noch Bildröhren verwendet wurden. Durch einen kräftigen Impuls markierte der Elektronenstrahl den Anfang einer Zeile. Damit dieser unsichtbar war, begann das Bild etwas außerhalb des sichtbaren Bereichs (zwischen fünf und zwölf Prozent). Das hatte zugleich den Vorteil, dass leichte Unsauberkeiten kaschiert werden konnten. Im Gegensatz dazu spricht man von Underscan, wenn innerhalb des sichtbaren Feldes mit dem Bildinhalt begonnen wird. Bezeichnend dafür ist ein schwarzer Rahmen, der um das Bild gelegt wird. Im Zeitalter der

Digitalübertragung und Pixelraster-Displays ist die Overscan-Technologie überflüssig geworden, da ein Full-HD-Schirm das HDTV-Signal mit 1.080 Zeilen exakt so darstellen kann, wie es gesendet wird.

Warum ist die Fernsehsendung via Satellit gegenüber terrestrischer oder Kabel-Verbreitung um einige Sekunden verzögert?

Das hat hauptsächlich zwei Ursachen: Das Signal legt von der Erde bis zu den ca. 36.000 Kilometer über dem Äquator schwebenden Satelliten und retour einen weiten Weg zurück. Der Hauptgrund liegt aber darin, dass das Bild und der Ton digitalisiert, datenreduziert (komprimiert), verschlüsselt und in der Empfangs-Box wieder entschlüsselt und dekomprimiert werden muss, damit es auf einem Bildschirm dargestellt werden kann. Besonders die Datenreduktion ist ein zeitaufwendiger Vorgang, der insbesondere bei hochauflösender Bildqualität zustande kommt, da hier möglichst stark komprimiert werden muss.

Wo hat Blu-ray noch die Nase vorn?

HDTV-Fernsehen wird in Echtzeit direkt bei der Ausstrahlung encodiert. Dabei wird das Signal an die zur Verfügung stehende Bandbreite angepasst, wodurch die den einzelnen Programmen zugewiesene Datenrate schwankt. Im Vergleich dazu können auf Blu-ray problematische Szenen bis zur maximalen Datenrate von 40 MBit/s aufbereitet werden. Entsprechend treten bei Live-TV häufig digitale Kompressionsartefakte auf, das Bild einer Blu-ray-Disc kann daher nicht erreicht werden, welches naturgemäß schärfer und klarer ist, als es eine HDTV-Übertragung jemals sein kann.

Gibt es bei HDTV auch HD-Ton?

Unkomprimierter PCM-Ton sowie verlustfrei komprimierter DTS-HD- oder Dolby-TrueHD-Ton wie auf einer Blu-ray-Disc sind in den TV-Normen nicht vorgesehen. Sie benötigen zu viel Bandbreite, die auf den heutigen Verbreitungswegen nicht zur Verfügung steht. Von den neuen Tonformaten ist einzig Dolby Digital Plus vorgesehen, allerdings nur in einer Low-Bitrate-Version für hohe Kompression; daneben ist HE-AAC erlaubt. Nur spezielle Download-Dienste, die über Satellit oder Kabel auf die Festplatte streamen, könnten Normen wie Dolby True-HD oder DTS-HD Master Audio nutzen.

Was ist eine Pillar-Box?

Bei der Wiedergabe eines originalen Films im Format 4:3 auf einem 16:9-Bildschirm erscheinen links und rechts schwarze Balken.

Was bedeutet Pixel-Cropping

Ein Bildbeschnitt verzerrt unnötig den Bildinhalt. Das BUROSCH-Testbild "Pixel-Cropping" analysiert die Bildarstellung auf dem zu prüfenden Display und zeigt, wie viel Pixel eventuell an welchem Bildrand abgeschnitten werden.

Was bedeutet HDCP

High Bandwith Digital Content Protection (HDCP) ist ein digitaler Kopierschutz für HDTV-Formate. Bild und Ton können demnach ausschließlich von der digitalen Quelle abgespielt, aber nicht aufgezeichnet werden. In der Regel unterstützen moderne Fernseher die HDCP-Verschlüsselung, insbesondere Geräte mit der Auszeichnung "HD-ready" sind dazu verpflichtet.

Was bedeutet HDR?

Dieses Verfahren stammt ursprünglich aus der Fotografie beziehungsweise Bildbearbeitung. Wer mit Grafikprogrammen arbeitet, kennt dieses Feature. HDR bedeutet „High Dynamic Range“ und bezeichnet Bilder oder Videos mit hohem Kontrast und großer Farbbrillanz. Sowohl Videostreaming-Dienste (z.B. Netflix) als auch die neueste Generation der Smartphones und natürlich moderne TV-Displays arbeiten mit dem Verfahren.

Was bedeutet HFR?

Diese Abkürzung steht für „High Frame Rate“ und wurde erstmals für den Kinofilm „Der Hobbit“ eingesetzt. Dahinter verbirgt sich die doppelte Bildrate für Kinoformate. Obwohl für die menschliche Wahrnehmung bereits 24 Bilder pro Sekunde (24fps) ausreichend sind, um eine Bilderfolge als flüssiges Video zu erkennen, wird bei HFR-Videos die Bildfrequenz verdoppelt, also mit 48 Bilder pro Sekunde gearbeitet, um den Effekt „schärfer als die Realität“ zu erzielen. Bei Ultra HD sind perspektivisch sogar bis 60fps möglich, wobei generell gilt, dass hier die technischen Voraussetzungen stimmen müssen und vor allem das Quellmaterial in HFR produziert sein muss.

Was ist DTS?

Wie der Name vermuten lässt, wurde Digital Theater Systems (DTS) - genauso wie auch seinerzeit das Dolby-Digital-Verfahren - als Mehrkanal-Tonsystem ursprünglich für das Heimkino entwickelt. Sieben Tonkanäle sind mit DTS-ES discrete möglich. Für Blu-ray stehen DTS-HD und das verlustfreie DTS-HD Master Audio zur Verfügung.

Wozu benötigt man ein Common Interface oder CI-Modul?

Unter Common Interface (CI) versteht man im Allgemeinen eine Schnittstelle – hier im Besonderen an TV-Geräten oder Set-Top-Boxen (Receivern) in Form eines CI-Slots für entsprechende CI-Module, d.h. Smart-Cards zur Entschlüsselung bestimmter HD-Programme und/oder Pay-TV.

Was ist mit AV-Delay gemeint?

Die Wiedergabe von Audiosignalen und Videocontent sollte möglichst zeitgleich sein. Wenn beispielsweise die Lippenbewegung eines Schauspielers oder Nachrichtensprechers nur zeitversetzt zum Ton sichtbar wird, dann ist das AV-Delay zu groß und sollte entsprechend justiert werden.

Multimedia

Was bedeutet Streaming?

Unter einem Stream versteht man im Zusammenhang mit der elektronischen Datenverarbeitung den Datenstrom. Das Streaming oder Streamen ist also im Multimediabereich die direkte Übertragung von Musik- oder Videodaten. Die Begriffe Up- und Downstream werden in Verbindung mit der Datenübertragungsrate verwendet. Streaming-Boxen bzw. Streaming-Media-Adapter sind audiovisuelle Hardwarekomponenten der Unterhaltungselektronik (z.B. Fire TV von Amazon).

Was versteht man unter Triple Play?

Im herkömmlichen Sinne ein „dreifaches Spiel“, in der Telekommunikation ist damit die Verknüpfung der drei Dienste Fernsehen, Telefonie und Internet gemeint. Diese werden als Komplettpaket von verschiedenen Providern (z.B. Telekom oder Vodafone) angeboten. Entsprechende Hardware (z.B. Receiver, Router) sind im Allgemeinen im Paket enthalten. Grundsätzlich ist für den Empfang ein Vertrag notwendig.

Und was ist dann All-IP?

Bis 2018 wollen alle Anbieter in Deutschland auf All-IP umstellen. Das bedeutet, dass alle Dienste (Fernsehen, Telefonie, Internet und Mobilfunk) über das IP-Signal ausgestrahlt und empfangen werden. Die herkömmliche Übertragung über Sprach- und TV-Signal entfällt. Verbraucher müssen sich darauf einstellen, dass ihre ISDN-Telefone und andere Netzwerk- und Empfangsgeräte dann nicht mehr verwendet werden können.

Was unterscheidet Web-TV vom klassischen Fernsehen?

Während das klassische Fernsehen über die herkömmlichen Übertragungswege (DVB-T, DVB-S, DVB-C) empfangen wird, können manche Sender aktuell auch direkt im Internet angesehen werden. Dieses Verfahren nennt man Live-Streaming. Hierzu stehen diverse Apps zur Verfügung (z.B. zattoo-TV). Allerdings sind diese Dienste nicht ausschließlich kostenfrei, was u.a. daran liegt, dass insbesondere die privaten Sender ihr Angebot verschlüsseln. Die öffentlichen-rechtlichen Rundfunkanstalten bieten alle Programme (ARD, ZDF

plus Regionalsender) kostenfrei an. Darüber hinaus gibt es mittlerweile zahlreiche Online-Sender, die ausschließlich im Internet zu finden sind. Besitzer eines Smart-TV's haben in der Regel die Möglichkeit, über solche Apps auch Sender zu empfangen, die sie über das TV-Signal nicht erreichen (z.B. DMAX).

Und was bedeutet dann IPTV?

IPTV ist neben VoIP der Beginn von All-IP. Zunehmend werden alle Telekommunikationsdienste ausschließlich über das IP-Signal übertragen. Ähnlich wie das Sprach-Signal bei Telefon wird hier das TV-Signal über das IP-Signal geleitet, wobei IP für Internet-Protokoll steht. Kurzum: der Transportweg vereinfacht sich. Aus mehreren Spuren wird nunmehr eine.

Was ist der Unterschied zwischen IPTV und WebTV?

Bei IPTV handelt es sich grundsätzlich um den standardisierten klassischen Fernsehempfang auf IP-Basis, der in geschlossenen und vertraglich geregelten Netzwerken sowie zu einem gewissen Preis bezogen werden kann. Hingegen werden unter dem Sammelbegriff Web-TV im Allgemeinen alle Streaming- oder Video-on-Demand-Angebote zusammengefasst. Etwas Licht ins Dunkel bringt hier unter anderem das zentrale Verzeichnis für alle Bewegtbild-Angebote im Internet - kategorisiert nach Themengebieten und Regionen, von Akupunktur-TV oder Winzer-TV: IPTV Deutschland GmbH (www.iptv.de).

Was bedeutet Kalibrieren?

Die Bedeutung geht zurück auf das Messen eines Kalibers – also des Durchmessers von Projektilen. Allerdings haben Gewehre oder Pistolen wenig mit dem Fernsehen zu tun, es sei denn, man schaut einen Western oder Actionfilm. Mit Kalibrieren ist heute ein Begriff aus der modernen Messtechnik gemeint. Bezogen auf die Medientechnik versteht man darunter das Präzisieren des Farbraums beziehungsweise der Farbdarstellung an Monitoren, Displays, Beamern oder allgemeinhin TV-Bildschirmen. Mit den ultrahochoflösenden Videoinhalten ist das Kalibrieren allerdings kein Verfahren mehr ausschließlich für professionelle Studio-Technik, sondern bietet sich auch und vor allem für den Heimbedarf an. Denn kaum ein Fernseher ist mit den Werkseinstellungen optimal funktionsfähig. Wer die gesamte Palette des UHD/4K-Bildes inklusive HDR in Anspruch nehmen möchte und somit perfekte Farbbrillanz aber auch Bildschärfe und hohe Kontraste genießen will, der sollte das Know How seines neuen TV-Gerätes entweder mithilfe von Testbildern selbst optimieren oder aber dem Fachmann die Arbeit überlassen.

Stichwortverzeichnis (Index)

- 1080i 84, 95, 97, 101, 118, 146, 147, 200, 226, 254, 666, 667, 668, 669, 672
- 1080p 99, 143, 146, 147, 226, 228, 337, 354, 525, 539, 667, 668, 669
- 24p 99, 668, 669
- 25p 99, 668
- 3D 39, 44, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 63, 93, 230, 232, 239, 287, 327, 349
- 3D-Sickness 59
- 3D-Technik 55
- 4K 36, 37, 38, 46, 108, 118, 119, 120, 141, 142, 143, 145, 146, 148, 157, 231, 237, 238, 240, 266, 305, 313, 322, 345, 347, 350, 359, 399, 409, 414, 415, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 427, 432, 434, 437, 438, 440, 441, 444, 446, 449, 451, 453, 456, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 483, 484, 490, 493, 498, 501, 502, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 515, 517, 519, 520, 521, 522, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 532, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 548, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 568, 572, 574, 583, 586, 590, 596, 600, 601, 613, 630, 660, 665, 670, 675, 676, 681
- 525-Zeilensystem 166
- 625-Zeilensystem 166
- 720p 84, 118, 143, 147, 200, 254, 347, 354, 539, 666, 667, 668, 669, 672
- 8K 119, 148
- Abbildungsfehler 108, 109, 112, 113, 623
- Absorptionseigenschaften 74
- Absorptionsgrad 128
- Absorptionsspektren 70
- Abtasttheorem 214, 215
- Adaption 41, 46, 149
- adaptives Streaming 327
- Akkomodation 41, 57, 59
- All-in-One 284, 304
- All-IP 261, 361, 396, 397, 398, 399, 680
- Amazon 38, 195, 280, 320, 322, 323, 328, 335, 336, 337, 343, 344, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 368, 408, 415, 424, 450, 451, 453, 462, 463, 495, 496, 504, 513, 539, 540, 541, 680
- Ambilight 38, 515, 516, 517
- Amplitudenmodulation 177, 181
- Amplitudenspektrum 172
- Anode 76, 78, 81
- Anodenspannung 82
- ANSI 560
- Artefakte 97, 99, 259, 439, 444, 493, 557, 568, 605, 667
- ASAP-Technologie 354
- Austastlücke 83, 152, 163, 164, 165, 167, 182
- Austastsignal 161
- Austastwert 164, 165
- AVC 33, 219, 222, 223, 239, 258, 261
- AV-Delay 680
- Backlight 35, 475, 509, 579
- Banding 110
- Basis-Layer 445, 447, 449
- BAS-Signal 161, 165, 168, 173
- Benutzeroberfläche 330, 340, 343, 353
- Betrachtungsabstand 56, 120, 131, 668, 669, 672, 673, 675
- Bewegungskorrektur 212
- Bewegungsparrallaxe 57, 58, 59
- Bildabtastung 83, 94, 96, 98, 113, 200, 254
- Bildauflösung 87, 113, 114, 116, 143, 148, 156, 238, 276
- Bildempfänger 90
- Bildfrequenzen 91, 205
- Bildkompressionsalgorithmen 48

- Bildpunkte 85, 90, 91, 92, 113, 116, 118, 160, 161, 168
 Bildröhre 39, 83, 85, 86, 96
 Bildschirmdiagonale 87, 88, 119, 120, 122, 164
 Bildsignal 161, 164, 225
 Bildübertragung 77, 96, 116
 Bildwechselfrequenz 92, 93, 151, 176, 177
 Bildwiederholungsrate 93, 148, 238
 Binärcodes 201, 215
 Binärcodierung 208
 Binokularsehen 51
 Bitfehler 233
 Bitrate 227, 239, 253, 322
 Black-Matrix-Röhre 88
 Blaufilterfolie 581, 582
 Blockartefakte 254
 Blooming 110, 478, 629
 Blue-Only
 Blue Only 580, 581, 582, 583
 Bluetooth 210, 338, 339, 340, 343, 349, 354, 368, 374, 375, 376, 377, 379, 670
 Blu-Ray 146, 230, 263, 318, 320, 327, 328, 337, 342, 349
 Braun'sche Röhre 78
 Brechungsindex 44
 Broadcast 196, 263, 267, 368, 668
 BT.2020 36, 139, 140, 141, 142, 146, 148, 424, 425, 429, 430, 431, 432, 433, 435, 442, 444, 450, 454, 455, 461, 491, 530, 558
 BT.709 136, 137, 142, 428, 429, 431, 434, 435, 442, 616, 635, 637, 638
 Burosch 1, 3, 38, 100, 101, 156, 157, 158, 159, 184, 207, 237, 422, 423, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 577, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 589, 665, 672, 679
 C-Band 246
 Chroma Subsampling 205
 Chroma-Rauschen 180
 Chrominanz 125, 152, 161, 168, 170, 171, 172, 177, 185, 187, 191, 205
 Chrominanzamplitude 153
 Chrominanzsignal 125
 CIE 65, 67, 74, 126, 127, 130, 131, 133, 425, 426, 427
 Clouding 110, 111, 460, 478, 620, 621, 640
 Codierung 173, 201, 211, 212, 213, 219, 220, 221, 239, 240, 273
 COFDM-Parameter 253
 Color Grading 442, 447
 Composite-Video-Verbindung 189
 Containerdatei 205
 Containerformat 205, 239
 Cross-Color 174, 185, 186
 Cross-Luminanz 185
 Crosstalk 111, 623, 624, 640
 Curved 675
 Curved-TV 38, 47
 Curved 510, 511, 512, 514, 515, 675
 DAB-Technologie 274
 Datenkompression 254, 444
 Decodierung 109, 174, 219, 221, 233, 249, 273
 Deep Color 236, 424, 436, 439, 469, 470, 541
 De-Interlacing 99, 100, 101
 Delta-Farbbildröhren 87
 Demokanäle 407, 414, 444, 470
 Dezimalpräfixe 203, 204
 Digital Multimedia Broadcasting 267, 271, 273
 Digital Theater Systems (DTS) 679
 Digital Video Broadcasting 196, 242, 244, 247, 250, 261, 264, 273, 312
 Diskretisierung 91, 92, 213, 214
 Disparität 53
 DMB-Technologie 274
 Dolby Vision 38, 441, 442, 443, 447, 448, 449, 451, 463, 473
 Doppler-Effekt 248
 Download-Funktion 356
 dreidimensionale Wahrnehmung 53
 Dreistrahlröhre 85
 DSLAM 384, 386, 392
 DTV 196, 198, 221, 225, 665
 Dualband 354
 Dual-Link 229, 234
 Dualzahlensystem 201

- Dunkelphase 674
 DVB-C 243, 245, 246, 247, 248,
 249, 250, 254, 255, 278, 279,
 280, 290, 292, 307, 314
 DVB-C2 249, 250
 DVB-GEM 262, 263
 DVB-H 196, 264, 265, 267, 273,
 274, 275
 DVB-HTML 263
 DVB-IPTV 198, 261, 262, 276, 279
 DVB-J 263
 DVB-RCS 247
 DVB-S 188, 199, 241, 244, 245,
 246, 253, 254, 275, 278, 279,
 292, 294, 296, 303
 DVB-S2 199, 219, 238, 241, 244,
 246, 247, 296
 DVB-SH 275, 276
 DVB-T 109, 188, 193, 195, 196,
 198, 209, 243, 245, 250, 251,
 252, 253, 254, 255, 263, 265,
 267, 277, 278, 295, 297, 307,
 314
 DVB-T2 198, 251, 252, 307
 DVB-T-Stick 277, 297
 DVI-Schnittstelle 228
 Dynamikumfang 435, 436, 438,
 439, 441, 443, 444, 445, 446,
 450
 Electronic Program Guide 195
 elektromagnetische Welle 43, 46
 Elektronenröhre 78, 79
 Elektronenstrahldurchmesser 81
 Enhancement Layer 449
 EOTF 430, 442, 455, 461
 Farbanaglyphentechnik 63
 Farbbalken 170, 171, 581, 582
 Farbbildröhre 86, 87, 88, 175
 Farbfilter 61, 63, 132
 Farbkonvergenz 157
 Farbreiz 65
 Farbsättigung 66, 125, 154, 168,
 170, 426
 Farbsignal 125, 206
 Farbsignalcodierung 168
 Farbtemperatur 70, 128, 129, 130,
 149, 150, 159, 578, 584, 587
 Farbträgersignal 153
 Farbtripel 85, 86
 Farbrunterabtastung 205, 206, 207,
 225
 Farbvalenz 65, 66, 131, 425, 426,
 427
 Farbwahrnehmung 40, 44, 64, 65,
 69, 71, 73, 74, 126, 128, 131,
 427
 Farbwerte 65, 66, 71, 132, 153,
 425
 FBAS-Signal 161, 171, 173
 Fernsehnorm 147, 176
 Fernsehnormen 86, 94, 113, 146,
 147, 148, 161, 162, 225, 238
 File Transfer Protocol (FTP) 364
 Flachbildschirm 279, 337, 344,
 349, 353, 670, 671
 Flachbildschirme 77, 99, 167, 230,
 309, 359
 Flashlights 111, 112, 478
 Flimmerfrequenz 93
 freenet TV 259, 260
 Frequenzmodulation 180
 FTTN 387
 Full HD 120, 145, 146, 156, 157,
 232, 341, 349, 416, 420, 422
 Gamut 133, 427, 505
 Gastmodus 346
 Geräteschnittstelle 226
 Gesichtsfeld 53, 74
 Ghosting 111, 623, 640
 Grenzfrequenz 215, 221
 Grundfarben 85, 139, 174, 433,
 581, 588
 Grundverschlüsselung 280, 292,
 306
 H.264 33, 219, 222, 223, 224,
 239, 254, 258, 322, 327, 341,
 354, 539, 669, 676
 H.265 37, 219, 222, 224, 240,
 252, 254, 257, 258, 260, 305,
 322, 424, 449, 451, 462, 470,
 523, 525, 526, 530, 532, 538,
 539, 541, 676
 Halbbilder 56, 61, 63, 91, 94, 95,
 98, 99, 100, 101, 113, 147, 151,
 161, 162, 166, 167, 176, 177,
 187
 Halbbildverfahren 91, 94, 95, 97,
 200, 674
 Halo-Effekt 107, 112
 Handshake 233, 234
 Handy-TV per UMTS 270

- HbbTV 280, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 316, 317, 318, 319, 325
- HD 39, 84, 94, 95, 101, 120, 122, 146, 158, 161, 198, 200, 207, 225, 226, 227, 229, 230, 251, 252, 262, 281, 287, 289, 293, 296, 298, 302, 305, 306, 307, 326, 337
- HDCP 230, 233, 354, 674, 679
- HDCP 2.2 423, 424, 508, 510, 511, 523, 525, 526, 532, 535, 557, 558, 560, 675
- HDMI Highspeed 237
- HDMI-2.0 230, 231, 236
- HDMI-Extenderkabel 353
- HDR 1, 15, 38, 46, 105, 108, 121, 231, 350, 414, 415, 419, 423, 424, 425, 427, 429, 432, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 456, 460, 461, 462, 463, 470, 472, 473, 474, 484, 498, 501, 502, 504, 505, 519, 522, 525, 526, 528, 529, 530, 536, 537, 541, 556, 558, 559, 560, 608, 679, 681
- HDR+ 448
- HDR-10 441, 448, 449, 451, 473, 558, 559
- HD-ready 669, 672, 679
- HDTV 77, 84, 97, 99, 101, 116, 118, 119, 143, 146, 193, 196, 198, 199, 200, 207, 228, 239, 240, 244, 245, 248, 249, 302, 308
- HDTV-Receiver 669
- Helligkeit 43, 45, 48, 63, 66, 77, 93, 125, 126, 127, 132, 154, 156, 158, 205, 225, 426
- Helligkeits-Farbigkeits-Modell 125
- Helligkeitssignal 125, 160, 181, 186, 206
- Hermann-Gitter 47, 48
- HEVC 1, 15, 37, 219, 222, 224, 240, 252, 256, 257, 258, 260, 305, 313, 314, 423, 424, 448, 449, 451, 470, 508, 510, 523, 526, 530, 532, 538, 541, 676
- High Dynamic Range 38, 415, 425, 435, 455
- HLG 444, 445, 472, 473, 558, 559
- Hochpass 49
- horizontale Auflösung 113, 118, 143
- Hosidenleitung 190
- Huffman-Code 219
- Huffman-Kodierung 223, 241
- Hybridmodelle 279
- IFA 2016 38, 470, 472, 489, 502, 507, 558, 559
- iLNB 301
- IMDb 356
- Interlaced 95, 147, 667, 674
- Interpolation 668
- IP-Signal 216, 279, 290, 296, 307, 311, 319
- IPTV-Abonnenten 35, 285
- IPTV-Anbieter 35, 279, 284
- Irrelevanzreduktion 212
- Jailbreak 341
- JPEG-Norm 241, 242
- Kabellänge 233, 236, 237
- Kalibrierung 117, 149, 150, 156, 158, 159, 496, 577, 583, 585, 586, 587, 589
- Kathode 76, 78, 80, 81
- Kathodenstrahl 78
- Kathodenstrahlröhre 77, 78, 79, 84, 90, 154, 192
- Klötzchenbildung 109
- Komplementärfarben 63, 67, 68, 170, 581, 582
- Komponentensignal 173, 174, 191, 225
- Kompressionsartefakte 242
- Kontrast 42, 47, 50, 64, 82, 88, 89, 92, 156, 158, 229
- Kontrastwahrnehmung 50
- Konvergenz 59, 87
- Konvergenzwinkel 52, 56
- Kosinustransformation 223
- Ku-Band 246, 275
- Landolt-Ringe 51
- LCD 61, 99, 475
- LCD-Fernseher 670, 673
- Leuchtdichte 40, 45, 81, 93, 168
- Leuchtdichteanteil 170
- Leuchtstoffe 81, 82, 85, 88, 89

- Licht 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 59, 62, 64, 66, 68, 69, 70, 74, 77, 82, 85, 126, 129, 130, 132, 149, 151, 188, 307, 681
 Lichtemission 81
 Lichtempfindlichkeit 40, 47, 75
 Lichtspektrum 43
 Live-Stream 328, 330, 333, 335, 336
 Lizenzierungsrichtlinien 328
 LNB 294, 296, 299, 300, 301, 302
 Local Dimming 107, 487, 498
 Local-Dimming 107, 108, 110, 478, 509, 629
 Lochmaske 86, 87
 Logikgatter 208
 Low Dynamic Range 435
 LTE-Breitband 251
 LTE-Hotspot 406
 LTE-Router 405
 LTE-Stick 405
 Luminanz 125, 152, 160, 161, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 185, 186, 187, 191, 205, 206, 215, 225
 Luminanzsignal 125, 153
 Magnetbandaufzeichnungsverfahren 192
 Mastering 137, 430, 446, 447, 448, 543
 MHP 216, 243, 262, 263
 MHP-Rückkanal 263
 Miracast 344, 511, 529, 560
 Modulationsverfahren 155, 171, 243, 244, 246, 273
 Moiré-Effekt 98, 186
 monekulares Sehen 52
 MPEG-1 239
 MPEG-2 109, 205, 219, 238, 239, 240, 254, 261
 MPEG-3 205, 239
 MPEG-4 109, 205, 219, 238, 239, 241, 261, 349
 Multiburst-Verfahren 183
 Multicast 299, 302, 345, 368
 Multiplexverfahren 208, 248
 MUX-Schaltungen 208
 Nachtrabanten 96, 166, 167
 Nanometer 72, 129
 Nanotechnologie 14, 193, 266, 479, 501
 Netflix 37, 195, 261, 320, 321, 322, 338, 344, 345, 347, 349, 358, 408, 415, 424, 450, 451, 453, 462, 463, 508, 538, 679
 Normfarbtafel 131, 426
 NTSC 29, 85, 94, 95, 96, 100, 101, 113, 126, 143, 148, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 189, 196, 206, 509, 674
 o2 TV & Video 286
 OETF 105, 442
 OLED 38, 77, 108, 164, 266, 479, 480, 481, 483, 484, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 503, 508, 522, 572, 584
 Onlinevideothek 287, 294
 Ortsfrequenz 48, 49, 50, 51
 OSI-Modell 365, 366
 Oszilloskop 151, 153, 182
 OTT 262, 445, 448
 Overscan 156, 158, 167, 574, 578, 579, 581, 677, 678
 PAL 85, 94, 95, 96, 97, 101, 113, 116, 118, 143, 147, 148, 162, 170, 173, 174, 176, 178, 179, 180, 181, 186, 187, 199, 238
 parallaktische Verschiebung 54
 Parallaxe 55, 56, 57, 58
 Periode 44
 Perlschnurmuster 185
 Phasenmodulation 177, 181
 Photorezeptoren 40, 47, 71, 74
 Pixeldichte 118, 119
 Plasma-Fernseher 670
 Polarisation 46, 47
 Polarisationsfilter 62
 Polfilterbrillen 62
 Power-LAN 279, 368, 370, 371, 372, 373, 374, 390, 401
 Powerline Access 370, 389
 Primärfarben 65, 66, 71, 132, 133, 170, 425, 427
 Primärvalenzen 65, 425
 Progressive Scan 143, 146, 191
 Progressive-Scan 101
 Projektor 62, 93, 133, 665, 671
 PS4 PRO 537, 538
 Pulfrich-Effekt 57, 60, 61
 Pulldown 100

- Punktdichte 113, 119
- Pushfunktion 333
- Quadraturamplitudenmodulation 177, 181
- Quantisierung 136, 141, 142, 213, 216, 217, 218, 225, 241, 434, 439, 442
- Quantisierungsfehler 217, 218
- Quantisierungsrauschleistung 217
- Quantum Dots 15, 414, 439, 455, 460, 475, 490, 491, 492, 493, 495, 503, 509
- Quantum-Dot 38, 69, 498, 502, 505
- Quellcodierung 219
- Raummultiplexverfahren 209
- Rec.2020 37, 118, 139, 140, 141, 142, 157, 231, 427, 428, 433, 463, 469, 470, 492, 503, 505, 581, 587
- Rec.709 123, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 157, 161, 427, 431, 433, 459, 475, 505, 587, 626
- Redundanzreduktion 211
- Referenzfläche 582
- Referenzstrahlungsquelle 128
- Reflexion 44, 47
- Reflexionsgrad 44, 70
- Rekompatibilität 168
- Remissionsgrad 44, 45
- remittieren 44
- Remote 340, 355
- retinale Korrespondenz 54
- Rezeptoren 40, 46, 47, 131
- RGB-Farbmodell 68
- Röhrenfernseher 47, 83, 84, 96, 115
- Rot/Grün-Verfahren 63
- Sägezahnspannung 218
- Sample-Hold 214, 215, 218
- Satelliteninternet 392, 393
- SAT-IP 295
- SAT-over-IP 296
- Schattenmaske 86, 88
- Schnittstelle 207, 225, 226, 227, 228, 229, 232, 233, 278, 289, 337, 344, 347, 353, 354
- Schnittstellen 523
- Schwarzpegel 164
- Schwarzschulter 165, 182
- Schwarzwert 164, 171, 579
- SDI Schnittstelle 227
- SDR 435, 441, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 472
- SD-Signal 161
- SECAM 85, 113, 148, 176, 178, 179, 180, 181, 187
- Sehschärfe 50, 51, 74
- Sehwinkel 49
- Shutterbrillen 61
- Siemensstern 50
- Signalübersprechstörungen 185
- Single-Link 234
- Sinneswahrnehmung 65
- Sitzabstand 120, 562, 577
- Skalierung 116
- Skalierungsartefakte 183
- SMPTE 160, 207, 222, 225, 227, 580, 581, 582
- Soap-Effekt 112
- Spannungsdifferenz 80, 161
- Spektralbereich 43, 126, 128
- Spektralfarbe 65, 66, 425
- Standard Dynamic Range 435
- Startover-Funktion 331
- Stereopsis 52
- Strahlableitung 82
- Strahlkonvergenz 87
- Strahlrücklauf 165
- Strahlrücksprung 96, 163, 166
- Strahlstromstärke 81
- Streaming-Boxen 336, 337, 344, 351
- Streaming-Protokoll 345
- Streifenmasken 87
- subtraktive Farbmischung 68, 70
- Surroundanlagen 670
- Synchronimpuls 96, 165, 166
- Synchronsignal 62, 161, 166, 167, 173
- TCP/IP-Protokoll 363
- TCP/IP-Referenzmodell 366, 367
- Testbild 101, 150, 156, 157, 158, 183, 184, 207
 - Testbilder 31, 151, 567, 570, 571, 579, 580, 581, 582, 583, 679
- Testbildgenerator 38, 157, 158
- Tiefenschärfe 118
- Tiefenwahrnehmung 52, 58, 59
- Tiefpass 49, 50

- Tiefpassfilterung 214, 215, 241
- Timecode 222
- Tonemapping 441, 444, 446
- Transmissionsgrad 45
- Trinitron-Röhre 88
- Triple-Play 194, 267, 268, 279, 281, 284, 285, 286, 308, 392, 394, 396
- TV over IP 279
- TV-Tuning 422, 573
- Übermodulation 171
- UHD 119, 120, 146, 232, 236, 247, 327, 407, 505, 523
- UHD Deep Color 469
- UHD TV 148, 249
- UHD-Alliance 415, 427, 435, 438, 440, 452, 453, 454, 456, 502, 505
- Ultra HD 118, 119, 121, 146, 156, 229, 290, 313, 416, 420, 422, 463
- Ultra HD Blu-ray-Player 525
- UMTS-Lizenzen 271
- Unbuntabgleich 150
- Unbuntheit 587
- Underscan 167
- Unicast 299, 302, 319, 367, 368
- Unterabtastung 98, 241
- Upscaling 463, 464, 541
- VDSL 282, 293, 303, 308, 379, 380, 382, 383, 392, 394
- Vektorskop 153, 154
- Vertikalaustastlücke 164
- vertikale Auflösung 97, 98, 99, 113, 118, 143
- Video on Demand 195, 262, 318
- Video-Composite 190
- Videoformate 114, 115, 116, 205, 219, 229, 238, 347
- Videokompressionsverfahren 205, 211, 314
- Videosignal 101, 160, 161, 168, 192, 193, 211, 213, 220, 228
- Videostream 292
- Vollbilder 91, 98, 99, 100, 101, 148, 162, 177
- Vollbildverfahren 96, 98, 99, 101, 143, 200
- VP9 224, 462, 508
- Wägewandlung 218
- Wahrnehmung 39, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 64, 73, 75, 92, 93, 117, 124, 125, 151, 171, 188, 205, 211, 212, 217, 323, 352
- Wahrnehmungspsychologie 49, 58
- Wahrnehmungsstörungen 45, 74
- Wave-Form-Monitor 151, 152
- Wehneltzylinder 80
- Weißabgleich 130, 149, 151, 483
- Wellenlänge 43, 44, 66, 69, 70, 129, 132, 426
- Wide Color Gamut 135, 142, 455
- Winkelminuten 50
- Wireless Access Point (WLAN-Router) 400, 402
- WLAN-Hotspots 378, 405, 406
- WLAN-Repeater 402
- YDbDr-Farbmodell 126
- YIQ-Farbmodell 126
- YPbPr-Farbmodell 126
- YUV-Farbmodell 125, 126, 154
- Zackenbildung 98
- Zeilensprung 95, 97
- Zeilensprungverfahren 83, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 113, 143, 146, 147, 162, 163, 176, 191