

# ESSAY

Im HomeVision Technik-Essay äußern sich Persönlichkeiten aus Industrie, Wissenschaft und Forschung zu spannenden Technik-Themen und geben Ausblicke in die nahe Zukunft.

Die Inhalte geben die Auffassung der Autoren wieder und müssen nicht der Meinung der Redaktion entsprechen.



## XIAOZHENG LU

Xiaozheng Lu ist Senior Vice President of Product Development beim Kabelspezialisten AudioQuest. Er besitzt eine langjährige Erfahrung als Entwicklungsingenieur in bedeutenden Unternehmen sowie Universitätsabschlüsse in Elektrotechnik und Physik. Ferner hält er einige U.S.-Patente. Angefangen von der Entwicklung des weltweit ersten PAL/NTSC-Projektors reichten seine Arbeiten über die Konzeption vieler Elektroniksysteme (von den Asia-Games bis Disneyland) bis hin zur Standardisierung von Messmethoden für PMPO. Allein bei der Firma Extron schuf er als Technikchef bis 2006 über 200 Produkte. Er veröffentlichte bislang über 40 wissenschaftliche Grundlagenpapiere (Whitepapers).

# Das perfekte HDMI-Kabel

HDMI ist eine eigentlich digitale Verbindung. Da kommen Daten entweder an oder sie tun es nicht. Es gibt jedoch preiswerte und teure Kabel, bei denen sich Unterschiede in Bild- und Tonqualität erleben lassen. Woher kommt das?

**H**DMI ist eine digitale Hochgeschwindigkeitsverbindung und daher ist die Technik und sind die qualitativen Herausforderungen eher an Netzkabeln zu messen als an klassischen Audio/Videoverbindungen. Ethernet ist mit 100 Mbit/s am weitesten verbreitet, HDMI muss schlimmstenfalls jedoch 10 Gbit/s plus Verwaltungsinformationen sicher und fehlerfrei übermitteln. Das ist das Hundertfache.

Hier wären wir auch schon bei der ersten Herausforderung. Sehr hohe Frequenzen müssen in vier parallelen Übermittlungskanälen (TDMS-Leitungen) in möglichst dünnen Kabeln transportiert werden, die dazu noch mechanisch kritische Ministecker an ihren Enden haben. Wie bei jeder Kabelfertigung sind die Tricks, erst einmal die passenden Materialien für Leiter, Isolatoren und Abschirmungen zu finden und diese dann in höchster Präzision zu kombinieren und an Stecker anzubringen, die für sich schon wieder elektrisch und mechanisch sehr komplexe Gebilde darstellen.

Einstreuungen, Dämpfung und Jitter sind die Gegner, die man bei der Entwicklung und Herstellung neuer Produkte zu bekämpfen hat. Audioquest nutzt seine Ressourcen und langjährigen Erfahrungen im Leitungsbereich, da fast alle physikalischen Aspekte bei analoger wie digitaler Übertragung gleichzeitig wirken. Letztendlich fließen bei HDMI analoge Wechselströme, die auf Empfängerseite nur zur exakt richtigen Zeit als Einsen und Nullen interpretiert werden müssen 10.000 Millionen Mal pro Sekunde. Audio-

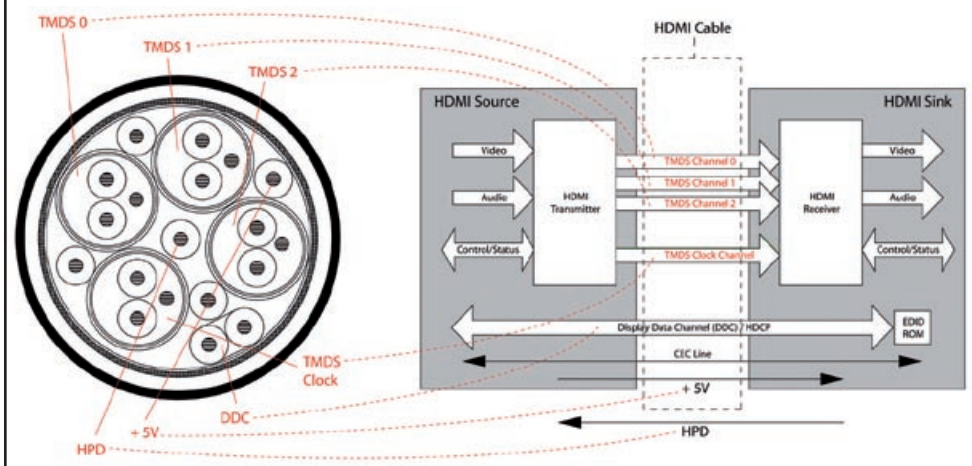
quest nutzt für seine Topkabel 99,99%iges, also hochreines Kupfer (zehnmal besser veredelt als Billigkupfer). Wir sind uns den massiven phasen- und hochfrequenztechnischen Vorteilen starrer Leiter bewusst, da diese Frequenzen zunehmend als elektromagnetische Felder auf der Oberfläche von Kabeln reiten, statt das Innere zu passieren, was flexible Litzen stark benachteiligt (Skin-Effekt). Besonders die Versilberung der Leiteroberfläche bringt dadurch auch einen enormen Zugewinn an Hochfrequenzauflösung. Wir nutzen Microschaum-Isolatoren, denn Vacuum ist der beste Isolator und Luft ist als Medium die beste Näherung dazu. Wir haben diese Isolatoren perfektioniert, indem wir ihre Oberfläche härteten konnten, sodass die Leiter fester sitzen.

All diese Verfahren beeinflussen hauptsächlich die Dämpfung des Kabels bei gewissen Frequenzen. Diese kann bei Digitalkabeln in bestimmtem Umfang jedoch durch Equalisierung nachträglich und ohne negative Effekte korrigiert werden. Viel schlimmer wirken sich Rauschen, Phasenfehler und Jitter auf die Interpretation der Daten aus. Wenn die Signalfanke nicht zur exakt richtigen Zeit steigt oder fällt, oder durch Rauschen verwaschen wird, sind die Daten falsch. Stimmen sie, kann daraus wieder ein perfektes Signal regeneriert werden. Das Timing und nicht der Signalpegel ist es, was man bei der Entwicklung von HDMI-Kabeln in den Vordergrund stellen muss. Wir forschen ständig an neuen Technologien und nutzen das modernste HDMI-Testequipment für Signalgüte

## WISSEN // LEITUNGEN IM HDMI-KABEL

Neben der Abschirmung befinden sich 19 Leitungen in jedem HDMI-Kabel.

- 4 TDMS-Verbindungen (Transition Minimized Differential Signaling) sind symmetrische, verdrehte Paarleitungen (Twisted Pair) plus Masse. Auf drei davon laufen die eigentlichen Bild- und Tondaten mit maximal 10 Gigabit pro Sekunde, die vierte liefert den präzisen Übermittlungstakt.
- DDC (Display Data Channel). Der vom Computer bekannte bidirektionale Austausch von Informationen führt bei HDMI nicht nur die Erkennungsdaten zwischen den Geräten, sondern auch die kritischen Kopierschutzschlüssel.
- CEC (Consumer Electronics Control). Diese Leitung ist die Königsdisziplin der HDMI-Geräte, was interaktive Zusammenarbeit und gegenseitige Funktionssteuerung betrifft.
- HPD (Hot Plug Detect). Wird HDMI im laufenden Betrieb ein- oder abgesteckt, können andere Geräte das erkennen und darauf reagieren.
- 5 Volt. Hier können Geräte wie Switcher mit Strom von dem HDMI-Quellgerät versorgt werden.



und Bitfehlerrate, um auch nur geringfügige Optimierungen dokumentieren zu können. Diese kleinen Schritte addieren sich zum großen neuen Kabelkonzept, für das wir bald neue Speziallegierungen nutzen, bewährte Materialien wie Teflon anders einsetzen und die verdrehten Leitungspaare der Hochfrequenz-TDMS-Leitungen als Quadrupel einführen werden. Alles Weitere unterliegt der Geheimhaltung oder den laufenden Patentverfahren.

Bei unseren Tests mit HDMI-Geräten haben wir festgestellt, dass es nicht allein die als kritisch geltenden Leitungen sind, die Fehler verursachen. Wir haben beispielsweise die wichtige Funktion der DDC-Leitung erkannt, die früher (im PC) nur für eine einmalige, sehr langsame und für kurze Distanzen spezifizierte Übermittlung von Displaydaten eingesetzt wurde, jetzt aber während der gesamten Bildwiedergabe ständig für die Übermittlung der HDCP-Kopierschutzschlüssel zuständig ist. Und wenn diese Daten

nicht sauber fließen, bleibt der Bildschirm schwarz. Potenzial-, Interferenz-, und Terminationsfehler waren es, die hier in den Anfangszeiten von HDMI oft die gesamte Verbindung korrumpiert haben.

Nicht zuletzt sind wir auch stolz auf unsere Stecker, die mit hoher Präzision im Spritzgussverfahren hergestellt werden und fest sitzende 24-Karat-Goldkontakte bieten. Massive Vollmetallgehäuse umhüllen die Crimp-technik unserer besten Kabel, die einen perfekten Anschluss der Leitungen an die Stecker ermöglichen – ohne kalte Lötstellen, Überhitzung, Wackelkontakte oder Kurzschlüsse.

■ *Fazit: Es gibt einen gewaltigen Unterschied zwischen den die Norm erfüllenden und exzellenten HDMI-Kabeln. Und der liegt nicht in optischer Veredlung, sondern es sind knallharte elektrotechnische Argumente, die die Signaltreue messbar verbessern, jedoch leider nicht ganz billig herzustellen sind.*  
Xiaozheng Lu

## DER RÜCKBLICK

Marcel Gonska verrät Ihnen alles über den Farbraum bei Flat-TVs.  
→ Ausgabe 5/2008

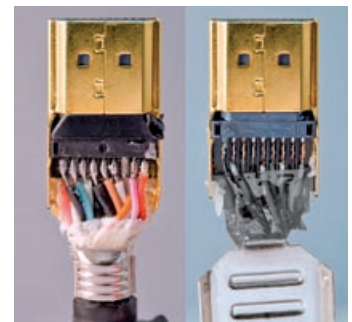
Akustikspezialist Dr. Roland Gauder erklärt Ihnen „das Gesetz der ersten Wellenfront“  
→ Ausgabe 6/2008

Grundig Chefentwickler Konrad M. Maul über clevere Systeme zur Bildverbesserung.  
→ Ausgabe 7/2008

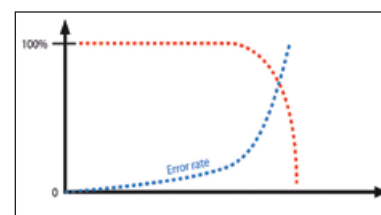
Bang&Olufsen Tonmeister und Sound-Designer Geoff Martin über modernes Akustikdesign  
→ Ausgabe 8/2008

## → DAS NÄCHSTE ESSAY

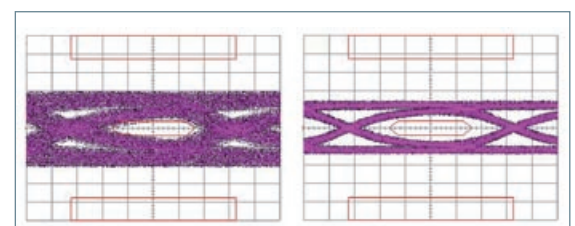
Frank Göbel (Canton) über die Bedeutung von Simulationen zur Lautsprecherentwicklung.  
→ Ausgabe 10/2008



Gelötete Kabel (links) sind erheblich anfälliger für Kurzschlüsse, kalte Verbindungen oder Lockern, als die präzisen mit der Crimp-technik gearbeiteten Top-Verbinder von Audioquest.



Gute digitale Datenübertragungen besitzen eine robuste Fehlerkorrektur. Die Fehler im empfangenen Bitstream (blau) beeinflusst daher die Nettoqualität (rot) erst, wenn sie in großer Anzahl auftreten, wie hier ab einer bestimmten Kabellänge.



Das Augendiagramm misst die Signalqualität einer HDMI-Übertragung. Jitter und Rauschen (links) sind viel kritischer als etwas geringere Pegel (rechts) einer guten Verbindung.