

DVI-Grundlagen - von analog zu digital

Der Wechsel von analog zu digital

Der anachronistische VGA-Anschluss kommt immer mehr aus der Mode. An seiner statt hat der digitale DVI-Steckverbinder mittlerweile fast überall Einzug in aktuelle Grafikkarten, TFT-Monitore und Heimkinogeräte gehalten und wird den alten Analogstandard über kurz oder lang vollends ablösen. Neben einer theoretischen Abhandlung über VGA und DVI steht in diesem Artikel vor allem die Praxis mit DVI im Mittelpunkt.

Sub-D

Die Bezeichnung Sub-D (auch D-Sub) kennzeichnet einen D-förmigen Steckverbindertyp. Normiert sind diverse Arten dieses Steckverbinders: Sowohl 50-polige SCSI-Stecker (HP50), der 25-polige Parallelport für Drucker und auch die serielle Schnittstelle (RS232) eines Legacy-PCs fallen unter die Bezeichnung Sub-D.

Wer den Begriff heutigentags gebraucht, meint allerdings zumeist den VGA-Steckverbinder (Video Graphics Adapter/Array) für analoge Monitore. Es handelt sich hierbei um einen 15-poligen Anschluss, dessen Kontakte in jeweils drei Reihen angeordnet sind. Aufgrund der zum Zeitpunkt der Normierung verhältnismäßig dichten Anordnung der Kontakte wird der Stecker auch HD15-Stecker (für high density und 15 Kontakte) genannt.



Bild eines VGA-Steckers

Praxis

Der klassische Röhrenmonitor (CRT) ist auf analoge Eingangssignale angewiesen, die das Sub-D-Kabel vom Grafikkartenausgang eingespeist bekommt. Allerdings muss die Grafikkarte jedes von ihr berechnete Bild erst in analoge Datenströme umwandeln – diese Tätigkeit übernimmt der RAMDAC. Einher damit geht prinzipbedingt ein gewisser Verlust an Bildqualität. Hat der Grafikkartenhersteller hier bei den verbauten Komponenten gespart, geht dies mehr oder minder zu Lasten des Bildes. Durch Leitungsverluste im Kabel wird es noch verschlechtert. Für den Anwender ist es daher essentiell, in ein qualitativ hochwertiges Kabel zu investieren.

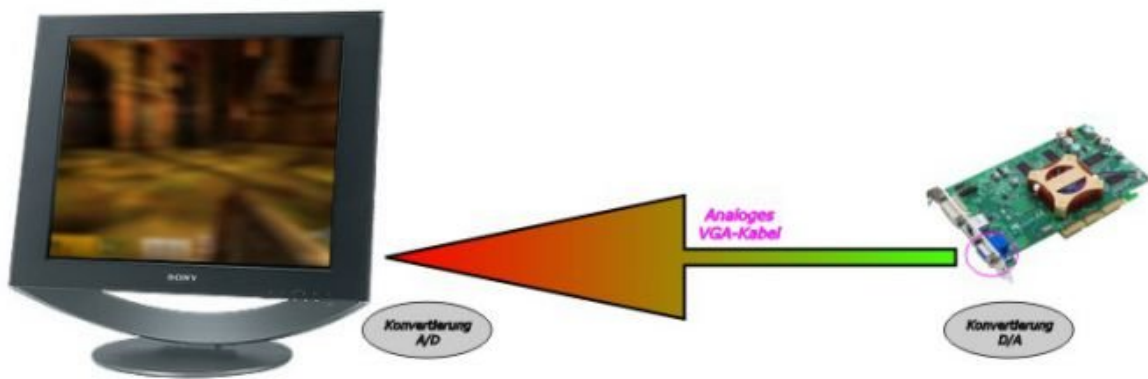
Es sollte darauf geachtet werden, ein abgeschirmtes Kabel zu kaufen. Ferritringe umgürten das Kabel an einem oder besser an beiden Enden. Wichtig ist auch die Abschirmung der einzelnen Adern. Problematisch können daher selbstgelötete Kabel werden. Die Länge eines VGA-Kabels beträgt in der Regel 2,5 Meter; 3 Meter sind bei einem guten Kabel noch im grünen Bereich. Bei allem, was darüber ist, wird das Bild messbar schlechter und ab 5 Meter sind Qualitätsverluste auf dem Monitorbild deutlich sichtbar. BNC-Kabel bieten eine etwas höhere Signalqualität durch separate Kabelführung der einzelnen Signalkomponenten. Auf einer Seite befindet sich wie gehabt der VGA-Ausgang, während auf der Monitorseite das Signal in 3, 4 oder meistens 5 BNC-Stecker mündet.



BNC-Verbinder

Im Gegensatz zu CRTs benötigen TFTs digitale Signale, um die einzelnen Transistoren zur Bilderzeugung ansteuern zu können. Mit dem Erscheinen der ersten TFT-Monitore lag noch kein verbreiteter Standard zur digitalen Verlinkung von Grafikkarte und Bildschirm vor, also baute man kurzerhand Analog-Digital-Konverter (ADCs) in die Monitorschaltungen ein. Man wollte das berühmt berüchtigte Henne-Ei-Problem umgehen, da ja überall VGA-Ausgänge an Grafikkarten vorhanden waren. Allerdings ist diese Handhabe von technischer Seite widersinnig: Die Grafikkarte berechnet digital, gibt das Bild anschließend analog aus, der TFT nimmt das analoge Signal und konvertiert wieder. Ein unnötiger Verlust an Signalqualität.

VGA



Abnahme der Bildqualität durch doppelte Signalwandlung und Leitungsverluste

Verbindung von der Grafikkarte zum Monitor

DVI

Es lag daher Mitte der 90er Jahre nahe, einen einheitlichen Standard zur Übertragung von digitalen Bildsignalen festzulegen. Maßgeblich bei diesen Versuchen war die VESA (Video Electronics Standards Association), die an der Normierung vieler Videostandards beteiligt war und ist. Zwei dieser digitalen Standards konnten sich nicht am Markt durchsetzen und verschwanden bald wieder.

1997 wurde der sog. Plug-and-Display-Standard ins Leben gerufen. Er sah neben den Monitordaten auch die Übertragung von anderen Daten für PC-Peripheriegeräte über ein und dieselbe Schnittstelle vor. Plug-and-Display fand wenig Anklang bei den Herstellern von Grafikkarten und Monitoren und verschwand daraufhin bald wieder in der Versenkung. Seit Anfang 1999 existiert DFP (Digital Flat Panel) als offizieller VESA-Standard, der auf Plug-and-Display basiert. Einige Features wie die Übertragung von analogen Nutzdaten wurden gestrichen, und als Folge konnte der Steckverbinder in einer kleinen Mini-D-Verbindung produziert werden - was auch den Grafikkartenherstellern vom Platz her die Option ließ, einen zusätzlichen VGA-Ausgang

auf ihre Karten zu bauen. Auch DFP war nicht sehr erfolgreich, es existieren nur sehr wenige Geräte, die diese Schnittstelle unterstützen.

Mit dem DVI-Standard (Digital Visual Interface, v1.0) wurde erstmals eine Norm kreiert, die alle Pferdefüße der vorherigen Standards beseitigen sollte: 1998 von der DDWG (Digital Display Working Group, Mitglieder sind Intel, Fujitsu, Compaq/Hewlett Packard, IBM, NEC und Silicon Image) festgelegt, hat DVI eine höhere Bandbreite, unterstützt als Folge Auflösungen von mehr als 1280 x 1024 Pixeln und ist elektrisch kompatibel zu seinen Vorgängern. Es können also Adapter nach DVI verwendet werden. DVI verwendet ebenfalls das TMDS-Verfahren (Transition Minimized Differential Signaling) zur Übertragung der Bilddaten.

TMDS

TMDS verschickt den parallelen Datenstrom der Grafikkarte auf seriellen Wege über das DVI-Kabel. Im Monitor wird vom TMDS-Receiver wieder in parallele Signale gewandelt. Serielle Datenverbindungen sind weniger fehleranfällig.

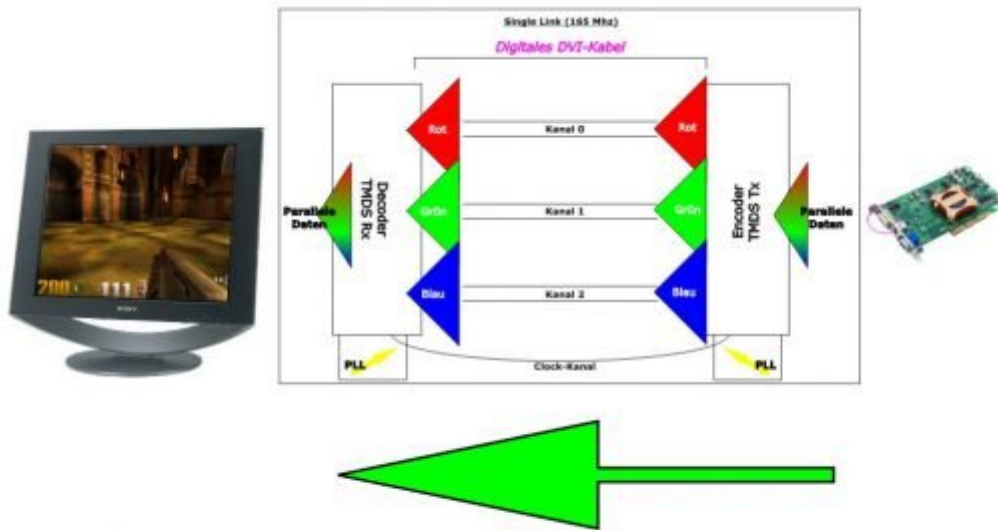
Der TMDS-Encoder (sitzt auf Grafikkarte, entweder intern verbaut im Grafikchip bei Nvidia und ATi oder extern, z.B. vom Erfinder Silicon Image) bekommt die Farbdaten von der Grafikkarte parallel mit 24-Bit angeliefert. Pro Farbe werden 8 Bit benötigt:

Additive Farbmischung Rot (8 Bit, 256 Farben) + Grün (8 Bit, 256 Farben) + Blau (8 Bit, 256 Farben) = 16,7 Millionen maximal darstellbare Farben

TMDS sieht pro Farbe einen Kanal vor. Hinzu kommt ein Kanal für das Taktsignal (Clock). Jeder Kanal hat zwei Leitungen; die Informationen werden zur Fehlerminimierung differentiell übertragen (die zweite Leitung sendet die Daten invertiert, sodass der Receiver etwaige Fehler herausfiltern kann). Bei jedem Farbkanal werden zwei zusätzliche Bits hinzugefügt, eins zur Kennzeichnung des Transition Minimizing und eins für das DC-Balancing. Man hat nun ein 10-Bit-Signal. Beide Bits dienen zur Wahrung der Übertragungssicherheit.

Beim standardmäßigen TMDS Single-Link beträgt die Bandbreite 165 MHz; ein PLL-Baustein (Phase-Locked Loop) sorgt dafür, dass die Daten mit zehnfacher Geschwindigkeit des Taktes gesendet werden können. Die effektive Bandbreite beträgt also 1,65 GHz. Beim Dual-Link-Verfahren gibt es pro Farbe einen zusätzlichen, ebenfalls mit 165 MHz getakteten Kanal. Den Clock-Kanal teilen sich beide Links. Man hat also 6+1 Kanäle und die Bandbreite verdoppelt sich auf 330 MHz. Effektiv darstellbar sind bei Single-Link 1.600 x 1.200 Pixel (mit 60 Hz), mit Dual-Link 2.560 x 1.600, sprich gut 4 Megapixel. Wer eine spezielle Grafikkarte hat, die reduziertes Blanking unterstützt, kann mit Single Link ohne verringerte Refresh-Rate gerade noch 1.920 x 1.200 oder 1.920 x 1.080 herauskitzeln; bei einer etwaigen Dual-Link-Variante sind 3.840 x 2.400 (!!)-denkbar. Matrox erzielt diese Auflösung bei der Parhelia HR256 mit Genlock durch 4 separate DVI-Kanäle.

Faktisch findet man im Consumer-Bereich zurzeit eigentlich einzig das 30" Apple Cinema Display, das eine derart hohe Auflösung (2.560 x 1.600) unterstützt und einigermaßen bezahlbar ist. Andere Displays (etwa IBM) sind nicht zuletzt wegen des hohen Preises dem Profi-Segment vorbehalten.



Funktionsweise TMDS - Konstante Bildqualität durch digitale Übertragung

Verbindung von der Grafikkarte zum Monitor über DVI

Plug-and-Play (Monitor Feature Detection und Hot Plug Detection) wird bei DVI wie auch bei VGA über EDID (Extended Display Identification Data) und DDC (Display Data Channel) realisiert.

Anschlussvarianten und Pin-Belegung

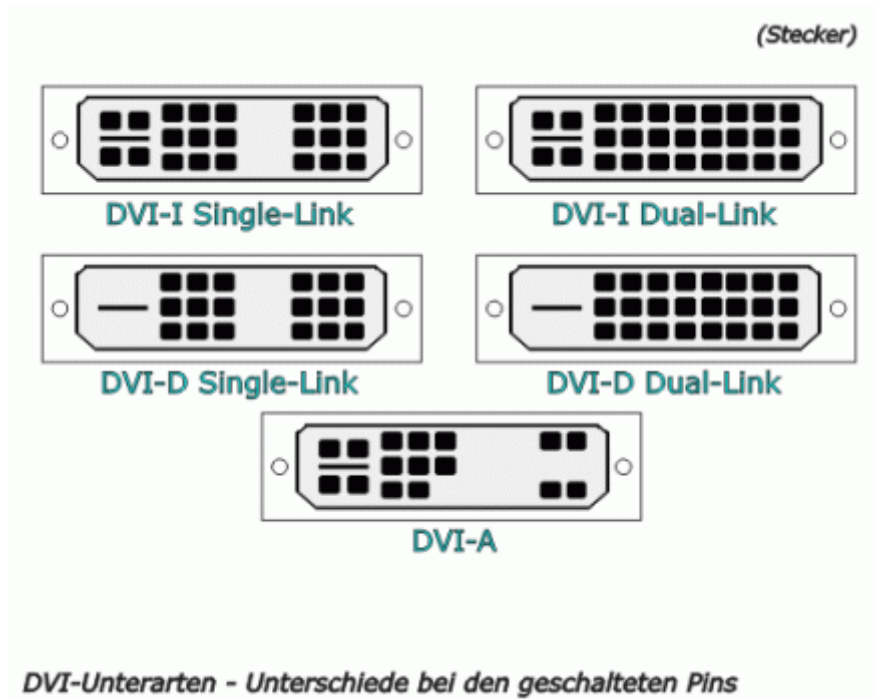
Der DVI-Standard hat sich in mehreren Anschlussstypen manifestiert.

DVI-I (DVI-Integrated): Hierbei wird neben dem Digitalsignal auch ein analoges Signal mit übertragen

DVI-D (DVI-Digital): Es wird ausschließlich das Digitalsignal übertragen

DVI-A (DVI-Analog): Sehr seltene Variante, bei der nur das analoge Signal Verwendung findet.

Abhängig von der Anschlussart ergibt sich ein unterschiedliches Layout der beschalteten Pins:



Pinbelegung der verschiedenen Anschlussvarianten von DVI

Anzahl der verwendeten Pins Kabeltyp

- 18+5 DVI-I Single-Link
- 24+5 DVI-I Dual-Link
- 18+1 DVI-D Single-Link
- 24+1 DVI-D Dual-Link
- 12+5 DVI-A

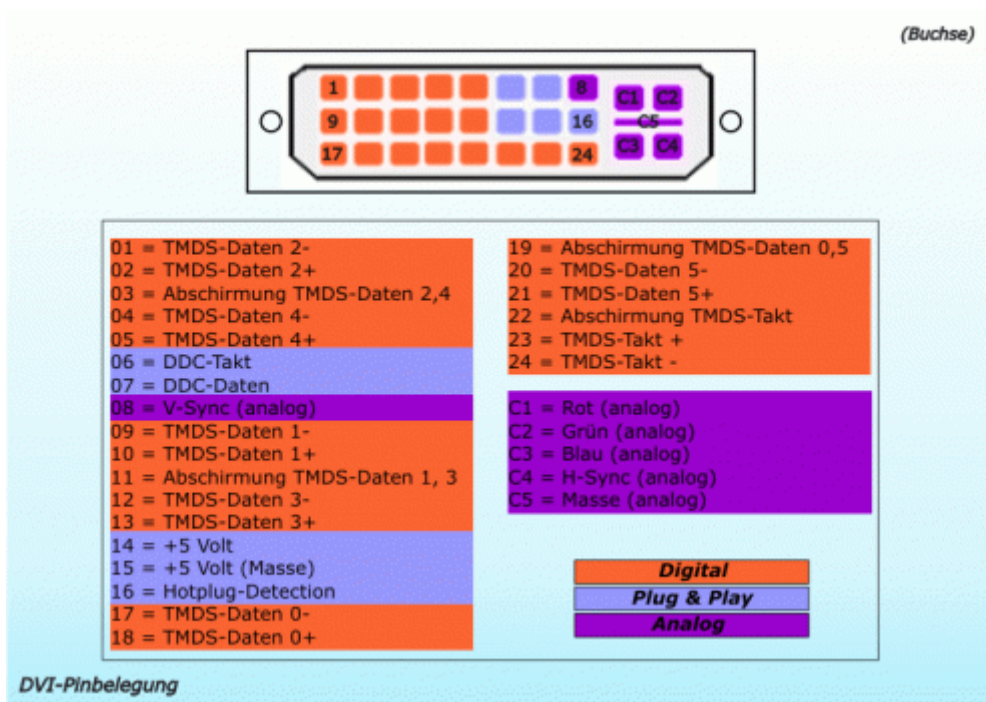


Diagramm der einzelnen Pinbelegung von DVI

Praxis (Adapter/Länge)

Es ist möglich, ein DVI-D-Kabel an einem DVI-I-Anschluss zu betreiben, nicht aber umgekehrt. Ein anders aussehender, breiterer Massepin verwehrt einem dies. Manchmal findet man bei DVI-I-Anschlüssen an dieser Stelle auch ein Kreuz, es ist jedoch nicht von Relevanz und dient nur zur besseren Unterscheidung.

Erhältlich sind u. A. die Kabelvarianten DVI-D nach DVI-D, DVI-I nach DVI-D und DVI-I nach DVI-I. Per aufgestecktem Adapter lassen sich mit einem DVI-I- oder auch DVI-A-Kabel analoge Röhrenmonitore betreiben. Die umgekehrte Möglichkeit gibt es auch, wird allerdings seltener genutzt: Der VGA-Ausgang der Grafikkarte speist das Kabel und mündet im TFT, allerdings muss dieser auch explizit DVI-I unterstützen.



DVI-D-Kabel, Stecker ist um 180° gedreht

Alle Adaptervarianten sind sowohl male auf female als auch female auf male erhältlich. Verlängerungskabel haben auf einer von beiden Seiten eine Buchse (female).

Normale DVI-Kabel sind symmetrisch, d.h. es gibt nicht wie bei VGA die Unterscheidung male/female. Die Kabel haben zu beiden Seiten hervorstehende Pins. Die Variante DVI-A spielt in der Praxis keine Rolle. Nur wenige Monitore wie der NEC MultiSync FP955 besitzen eine derartige Schnittstelle. Dual-Link-Kabel sind teurer als ihre Single-Link-Varianten. Wer vorhat, seinen Monitor nur mit Auflösungen bis 1.600 x 1.200 zu betreiben, benötigt nur eins mit Single Link. Wer sich Spielraum lassen will, greift gleich zur Dual-Link-Version - es macht hier keinen Unterschied, ob die Grafikkarte und/oder der Monitor nur Single-Link unterstützen.

Bei der Länge spielt, wie auch eingangs bei VGA erwähnt, die Abschirmung eine Rolle. Mit nicht abgeschirmten Kabeln funktioniert TMDS nur über eine Länge von maximal 2 Metern! Abgeschirmte Kabel sind in den verschiedensten Ausführungen erhältlich; standardmäßig vorgesehen sind 2,5 bis 5 Meter. Sie sind günstig z. B. bei Reichelt erhältlich und müssen nicht mehr als 10 Euro kosten. Längere Kabel werden exponentiell teurer, da diese speziell abgeschirmt werden müssen: Bei einem 10 Meter langen Kabel von Oehlbach sind beispielsweise die innen liegenden Adern einzeln geschirmt, die Ummantelung ist mit Alufolie und darüber liegendem Kupfergeflecht abgeschirmt. Zusätzlich sind die Steckerkontakte mit 24 Karat vergoldet. Dieses Kabel kostet derzeit ca. 130 Euro. Bei den teureren Varianten gibt es eine Teflon-Isolierung und hochreine, sauerstofffreie (OFC-) Kupferdrähte, um den Innenwiderstand möglichst gering zu halten.

20 Meter sind für gut 400 Euro von AudioQuest (das DV-1) zu haben. Alles was darüber liegt, kann nur über eine Speziallösung realisiert werden - 100 Meter DVI erreicht man über ein dazwischen geschaltetes Fiber-Optic-Kabel. Hierbei müssen die elektrischen Signale in optische gewandelt werden und am anderen Ende findet die Prozedur umgekehrt statt. Eine solche Lösung kostet mehrere tausend Euro.

Wer seinen Monitor ausschließlich analog ansteuern möchte, muss aufpassen: Unter Umständen ist die analoge Ausgabe bei DVI-I qualitativ schlechter als die des VGA-Ausgangs. Derzeit haben die meisten Grafikkarten noch einen dedizierten VGA-Out, man sollte also testen, welcher Anschluss das bessere Bild liefert.

Vorsicht ist auch geboten, wenn man über ein günstiges DVI-D-Kabel von dubiosen Anbietern stolpert: Es sind auch DVI-D-Kabel mit der Pin-Belegung 12+1 im Handel erhältlich. Bei ihnen fehlt das DDC-Signal, so dass der

Bildschirm nicht mehr automatisch vom Betriebssystem erkannt werden kann. Das TMDS-Signal ist hier überdies nicht abgeschirmt.

KVM-Switches und Dual-DVI

Mit einem KVM-Switch lassen sich mehrere PCs mit nur einem einzelnen Satz Peripheriegeräte (meist Maus, Tastatur und Monitor) bedienen. Dazu werden die Rechner über mehrere Kabelsätze mit dem Switch verbunden. Ein Ausgang zweigt von dort zu den Eingabegeräten ab. Manche Switches sind kaskadierbar, d.h. es lassen sich mehrere Switches hintereinander schalten. KVM-Switches mit VGA-Ausgang existieren schon sehr lange, solche mit DVI-Ausgang sind jedoch noch Neuland.

Der Betrieb von Monitoren mit VGA-KVM-Switches ist eine heikle Sache. Unabhängig von der Tatsache, dass diese meist keine hohen Auflösungen unterstützen, tritt vor allem mit TFTs eine oftmals miese Signalqualität zu Tage. Einzig mit hochpreisigen Switches besteht die Chance, vor Zeilenflimmern und Unschärfe verschont zu bleiben - der Switch muss das VGA-Signal ggf. verstärken.

Bei DVI-KVM-Switches hat man diese Probleme im Allgemeinen nicht. Es muss aber auch hier auf die unterstützte Maximalauflösung geachtet werden. KVM-Switches mit DVI sind noch sehr teuer - durch die steigende Nachfrage tut sich beim Preis allerdings schon einiges. Ein KVM-Switch mit 2 Ports ist von Belkin für knapp 200 Euro zu haben (hier: Auflösung 1600 x 1200).

Zum Arbeiten wünscht man sich oft mehr Platz auf dem Desktop oder möchte eine Excel-Tabelle gerne einmal ‚auslagern‘, ohne sie ganz wegzuklicken. Zu diesem Zweck benötigt man entweder eine separate Grafikkarte (umständlich) oder aber eine mit zwei Ausgängen.

Grafikkarten mit zwei DVI-Ausgängen existieren bereits, sind aber noch rar gesät. Die günstigen Lösungen von Matrox (z.B. G550) eignen sich nur bedingt - auflösungstechnisch ist bei 1.280 x 1.024 mit beiden Ausgängen Schluss. Die Parhelia und die P750 schaffen maximal 1.600 x 1.200. Matrox nennt das Verfahren zur Ansteuerung von zwei Monitoren bei eigenen Karten DualHead. Manchmal sind bei Matrox sog. 60-polige LFH-Adapterkabel vonnöten. Seit kurzem bietet die Firma auch Lösungen für 3 Displays an: TripleHead beliefert zwei DVIs und einen zusätzlichen analogen Output.



DualHead bei der Matrox Parhelia

Die Konkurrenz in Form von NVIDIA und ATi stellt auch einige derartige Dual-Grafikkarten her. Die teuren

Lösungen in Form von Quadro- (beispielsweise von PNY) oder FireGL-Karten bieten neben hohen Auflösungen durch Dual-Link auch erstklassige Performance, nicht nur beim Rendering.

Für den Mac hat man mit der NVIDIA GeForce 6800 Ultra DDL eine Karte, die zwei DVIs mit Dual-Link aufweist. Es wird unterem damit geworben (nahe liegend), dass zwei 30"-Apple-Displays gleichzeitig befeuert werden können.

Wer es etwas billiger mag, greift am besten noch zu einer Karte mit DVI- und separatem VGA-Out. Hier ist je nach Geschmack genügend Auswahl vorhanden.

HDMI und HDCP

Im Bereich der DVD-Player findet sich bei DVI oftmals der Kopierschutz HDCP (High-Bandwidth Digital Content Protection). Nur wenn die Schnittstellen auf beiden Seiten HDCP unterstützen, findet eine Übertragung statt.



HDMI-Connector

Eine Erweiterung zu DVI stellt das erst vor ca. 2 Jahren verabschiedete HDMI (High Definition Multimedia Interface) dar. Es ist abwärtskompatibel zu DVI und überträgt neben Video-Daten auch Mehrkanalton. Die Bandbreite beträgt 5 GBit/s. HDMI hat ebenfalls HDCP. Im Handel erhältlich sind Adapter und Kabel von DVI nach HDMI.