



Quantel White Paper

Offene Architekturen in der Postproduktion
des 21. Jahrhunderts

Dezember 2005

Die Anforderungen der Multi-Resolution-Postproduktion bedeuten für Posthäuser viele neue Entscheidungen: welches Equipment, welche Technologie, welche Architektur ist zu wählen, um ein profitables Geschäftsmodell präsentieren zu können? Mit diesem technischen White Paper hoffen wir, eine Diskussion zu diesen Fragen starten und Antworten liefern zu können.

Wir befinden uns im 21. Jahrhundert. Alte Technologiemodelle aus den 1980er Jahren, aber auch aus den 1990er Jahren können die Bedürfnisse der heutigen Postproduktionen nicht mehr abdecken.

Wenn Sie vor der Entscheidung stehen, in neue Postproduktions- und Digital Intermediate-Technologien zu investieren, wird Ihnen dieses Paper manchmal provokante, aber immer sehr nützliche Hinweise geben.

Für weiterführende technologische Informationen zu HD und DI verweise ich auf das Quantel Digital Fact Book und den Quantel Guide to Digital Intermediate auf der Quantel Webpage unter <http://www.quantel.com>

Wenn Sie die hier gestartete Diskussion weiterführen wollen, Fragen oder Anregungen haben, stehe ich Ihnen gerne zu Verfügung unter mark.horton@quantel.com

Mark Horton Dezember 2005

Historie der 'Offenen Architektur'

Jahrelang basierte Postproduktion auf zweckgebundener Hardware – VTRs, DVEs, Switcher, Farbkorrektur-Systemen, Filmabtaster ('Telecines') und lineare Schnittsteme. Dieses Modell passte sich den verschiedenen Generationen analoger und digitaler Tapeformate an, das zugrunde liegende Konzept blieb aber nahezu dasselbe.

Anfang der 1990er Jahre wuchs die Überzeugung, dass die immer leistungsstärkeren Universalrechner die einzige Lösung für alle digitalen Videoprobleme in der Postproduktion und in Broadcast wären und Hardware keine entscheidende Rolle mehr spielen würde.

'Moore's Law' – die oft zitierte Theorie über den Fortschritt der CPU-Entwicklung – bot den 'Beweis', dass speziell für Video entwickelte Hardware aussterben würde.

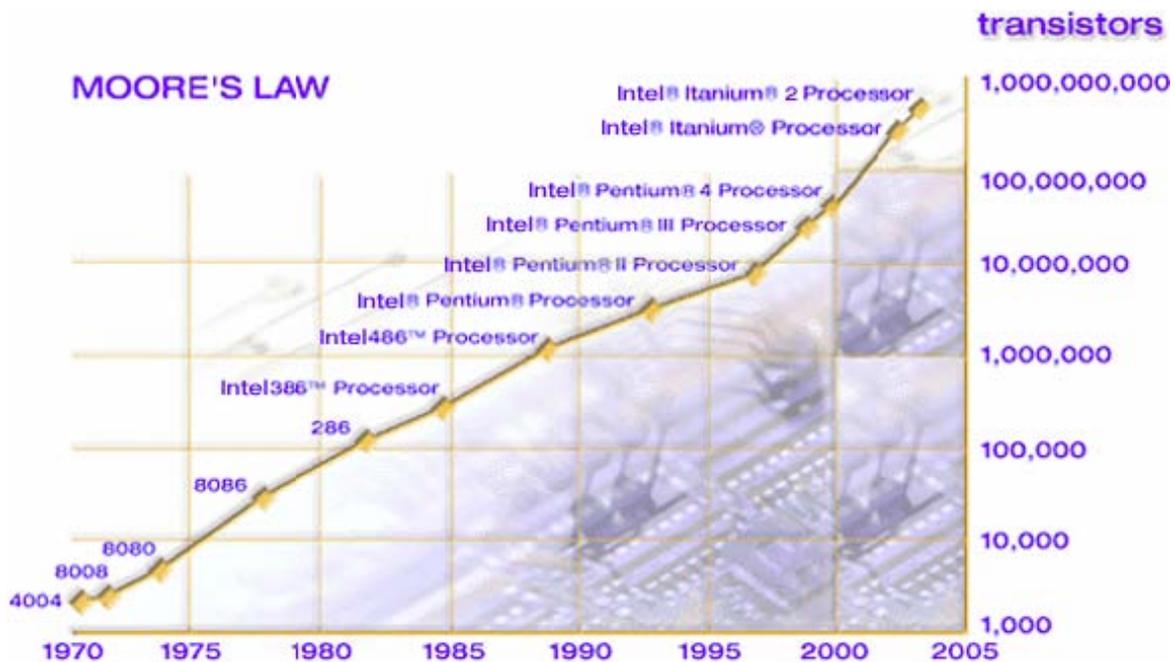


Bild 1. Das Intel Diagramm von 'Moore's Law'

Moore's Law wurde für die Argumentation verwendet, dass Universalrechner irgendwann 'aufholen', die Leistungsstärke der speziellen Videohardware sogar überholen und damit diese dedizierte Hardware obsolete werden würde.

Mit der Zeit glaubten manche tatsächlich, dass Videohardware aus der Postproduktion und Broadcast verschwinden würde und tätigten entsprechende Investitionen.

Wir alle wissen, dass dies nicht der Fall ist – iQ und eQ sind zwei optimale Beispiele dafür – da die Kombination der Computereigenschaften mit denen der Hardware 'das Beste beider Welten' liefert.

Jedoch hört man immer wieder von den alten Ideen zur 'Offenen Architektur'. Daher ist es sinnvoll, die Argumente im Detail zu betrachten.



CPUs 'become faster than hardware'

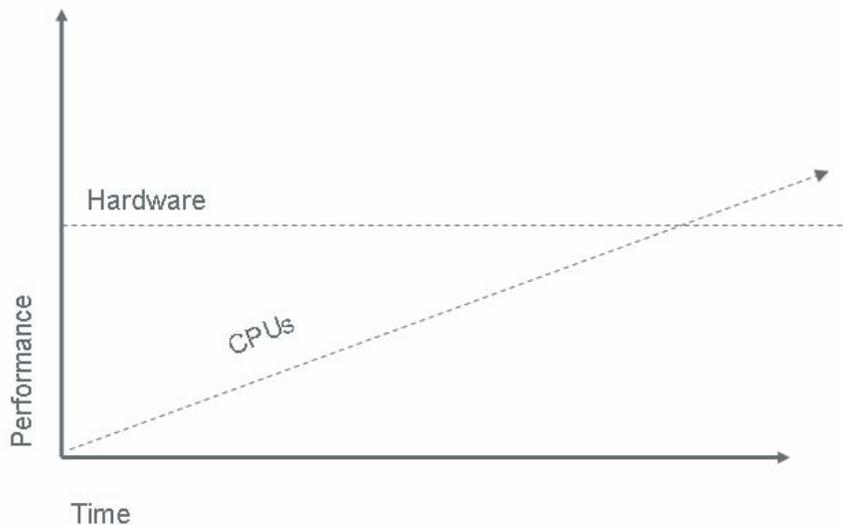


Bild 2a. 'Moore's Law' prophezeit das Ende der Hardware

Vorhersagen der 'Offenen Architektur'

Einige der ursprünglichen Vorhersagen aus den 1990er Jahren haben sich bewahrheitet. Lineare ASIC¹ basierende zweckgebundene DVEs und Videoswitcher sind verschwunden. Dasselbe scheint jetzt auch mit den alten Filmabtaster bzw. dedizierten Hardware-Farbkorrekturmodellen zu geschehen, abgelöst von Scannern und Software basierten Systemen. Die Plattenkapazität ist enorm im Vergleich zu 1990 und wächst weiter – obwohl sich das in der Zukunft sicher einpegeln wird. Zwei andere Vorhersagen waren teilweise wahr:

Vorhersage 1: Die Leistung der CPUs wird weiter unendlich wachsen

Stimmt – bis jetzt. Es gibt eine beachtenswerte Diskussion darüber, wie lange das bei den angeführten Faktoren Hitzeentwicklung und Spurbreite noch anhalten wird. Doch für die nächsten paar Jahre scheint die CPU-Leistung weiter zu wachsen.

Vorhersage 2. Die hoch gehandelte Computertechnologie kostet in der Entwicklung weniger als die weniger hoch gehandelte, zweckgebundene Hardware. Daher werden Postproduktionsunternehmen rein aus Kostengründen nur Computer einsetzen.

Stimmt – bis zu einem Punkt. Große Einsparungen wie bei PCs sind bei der zweckgebundenen Hardware nicht unbedingt möglich. Doch weil ein PC billig ist, heißt das noch nicht, dass er sich für jede Aufgabe eignet.

Lineare Edit Suites sind in der Popularität gesunken, Plattenkapazität und CPU-Leistung wachsen weiter und Computer basierte nonlineare Schnittsysteme sind heutzutage weit verbreitet. Doch die Welt ist nicht vorhersagbar und die Hardware ist selbstverständlich nicht verschwunden – es hat sich nur verändert.

1

Application Specific Integrated Circuit. Eine nicht feldprogrammierbare Form der dedizierten Hardware, bei der spezielle Aufgaben in den Schaltkreis implementiert wurden. Eine alternative Hardware sind Field Programmable Gate Arrays, die 'on the fly' umprogrammiert werden können.

2

Schon 2002, Intel' damaliger Chairman Andy Grove erklärte "die Stromstärke wird ein wichtiger Faktor und eine Einschränkung bei der Komplexität der Chips." www.theinquirer.net/?article=6677. Gordon Moore selber hat mit einer Verlangsamung oder sogar einem Ende des Prozesses spekuliert: <http://news.bbc.co.uk/1/hi/technology/4446285.stm>

Annahmen der 'Offenen Architektur'

In der Tat führt die einfache Extrapolation von Moore's Law zur Vorhersage des Endes der Hardware zu einigen falschen Annahmen über die Anforderungen der Technologie und des Marktes:

Falsche Annahme 1. Die Anforderungen des Marktes bleiben dieselben.

Arbeiten mit SD-Bildern bedeutet Arbeiten mit 270 Megabits pro Sekunde – oder weniger, wenn komprimiert. Arbeiten in HD, HD 4:4:4, 2K & 4K bedeutet Datenraten, die um den Faktor 6, 9, 12, 48 oder um ein Vielfaches höher sind.

Wie wir wissen, hat der SD-Markt seit Jahren stagniert, während die am stärksten wachsenden Gebiete in der Postproduktion HD, HD 4:4:4, 2K und 4K sind, mit Blick auf 6K in absehbarer Zukunft.

Die Verarbeitung von 270 Megabits in der Sekunde ist viel einfacher als bei einem Umfang von bis zu 30.000 Megabits in der Sekunde³ und sogar in SD gibt es Anforderungen wie 'Multi-Cam', die zu einem signifikanten Anstieg der Datenraten führt.

Falsche Annahme 2. Es ist OK neues Material zu rendern

Computer manipulieren Bilder durch das Rendern Pixelweise und schreiben das Resultat anschließend auf die Platte. Das kostet natürlich Zeit und erfordert Plattenplatz.

Dagegen kann Hardware so entwickelt werden, dass ganze Frameveränderungen mit dem zusätzlichen Material schnell im Playmodus erfolgen – d.h. Sie müssen nicht unbedingt auf Festplatte rendern.

Ein Beispiel: Wenn Sie einen Film haben, der auf Band gemastert werden muss (mit Hinzufügen einer anderen Auflösung und vielleicht ein Pan und Scan und Drop), dann rendern Universal-PCs das neue Material vor dem Ausspielen. Hardware-Systeme dagegen können so entwickelt werden, dass dieser Vorgang 'on the fly' erfolgt, während auf Band ausgespielt wird.

Sind Renderzeiten und das Erstellen neuen Materials bei SD oft schon ein Ärgernis, so stellen sehr lange Renderzeiten und zusätzliche, umfangreiche Speicherplatzanforderungen beim Arbeiten in Filmauflösung bereits ein großes Problem dar:

³ Zum Beispiel 6K Scans mit einem hohen Dynamikbereich.

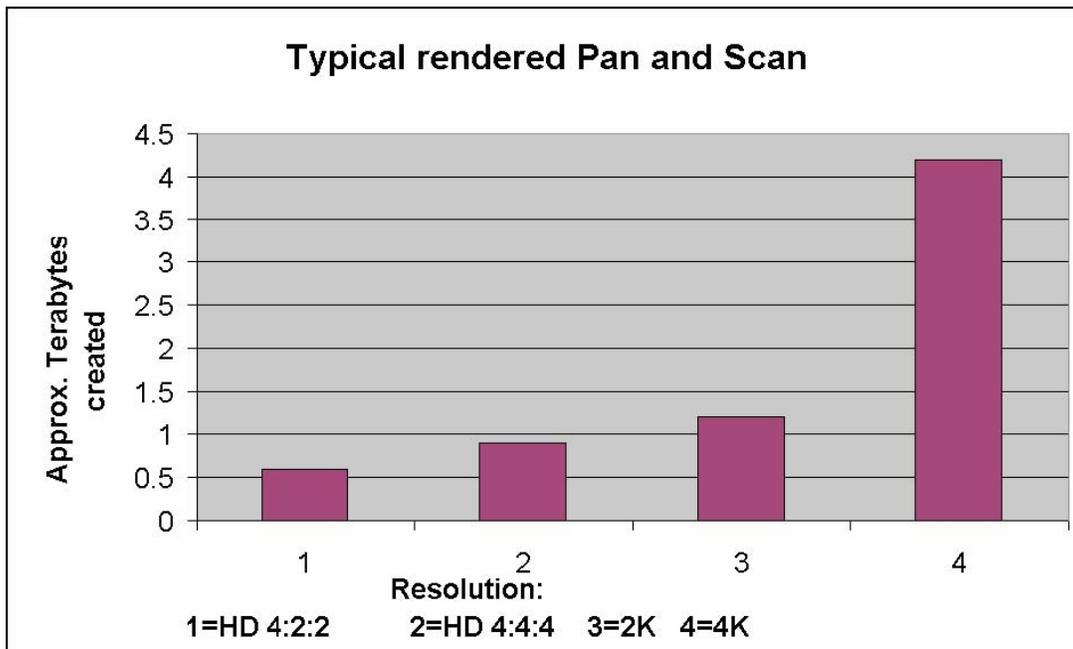


Bild 2b. Funktionen für das Mastern, gerendert auf einer CPU für einen Film mit durchschnittlichen Anforderungen wie Crops, Masks oder Pan und Scan, können zur Erstellung umfangreicher Mengen an unnötigen, neuen Daten führen.

Annahme 3. Hardware-Leistung wird gleich bleiben

Das ist unlogisch. Parallel zur CPU-Leistung ist auch die Hardware-Leistung angestiegen. Zusammengefasst bedeutet dies: Das Modell der 'Offenen Architektur' muss realistischer gestaltet werden:



Hardware & CPU performance grows



Bild 3. Ein präziseres Diagramm – CPU- und Hardware-Leistung wachsen parallel

Einige Händler von Hardware-Chips und –Boards würden natürlich die Kurve der Hardware-Leistung steiler ansteigen lassen.

Annahme 4. Händler können entweder Hardware oder Computer, aber nicht beides anbieten

Hardware und Computer schließen sich nicht gegenseitig aus. Es ist unlogisch anzunehmen, dass Händler sich zwischen CPU- oder Hardware-Verarbeitung entscheiden müssten. Es gibt keinen Grund, warum beide Technologien und andere nicht zusammen existieren könnten⁴.

Der logischste Ansatz ist, diejenige Technologie in einer Kombination mit anderen einzusetzen, die das beste Ergebnis liefert. Das ist exakt der Grund für Quantels Präsentation der 'Monty'-Architektur 2001 – eine nahtlose Verschmelzung von universeller Computertechnologie mit spezialisierter Hardware, die das Beste aus beiden Welten verbindet.

Das Beste aus beiden Welten für die Postproduktion

Monty war kein singuläres Produkt, sondern eine skalierbare Hardware- und Software-Architektur, mit einem einzigen, funktionsreichen Basiscode. Der Basiscode war mit dem Ziel entwickelt worden, das Optimum von jeder verfügbaren Plattformquelle zu nutzen – angefangen bei Software für preisgünstige PC-Desktop-Systeme bis hin zu sehr großen, spezialisierten 4K-Workstations.

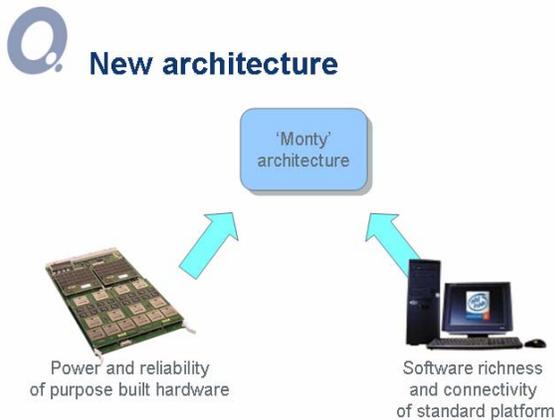


Bild 4. Monty Architektur

Die neueste Computertechnologie, aktuell Windows XP, wird kombiniert mit von Quantel entwickelter modernsten, programmierbaren Hardware-Signalprozessoren. Windows ist für Echtzeit-Anwendungen nicht optimiert, da es spontan Operationen ausführt, die das laufende Anwenderprogramm unterbrechen. Daher ersetzt Quantel das vorrangige, willkürliche Programm. Alle Vorteile des PC bleiben erhalten, inklusive einer äußerst umfangreichen Softwareentwicklungsumgebung, zahlreichen Netzwerkauswahlmöglichkeiten, regulärer O/S, Leistungssteigernde Updates sobald eine neue Computertechnologie auf den Markt kommt. Auf diese Weise entsteht eine Reihe von Postproduktionssystemen mit einem gemeinsamen Basiscode, einer gemeinsamen Metadatenprache und einer gemeinsamer Benutzeroberfläche:

⁴ Selbst die am stärksten standardisierten 'Standard'-Plattformen verwenden für die meisten Anwendungen dedizierte Karten zur Grafikkbeschleunigung – nicht immer optimiert für Film- oder Videobilder, aber sehr nützlich – sowie zweckgebundene Video I/O-Karten.

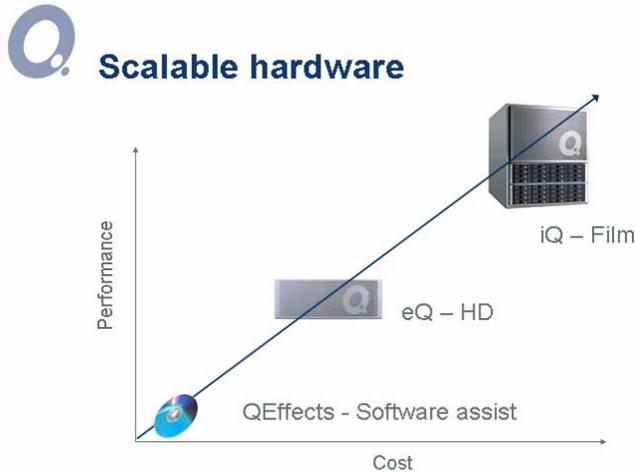


Bild 5. Quantels skalierbare Software- und Hardware-Lösungen für die Postproduktion

Der extensive Hardwareeinsatz bei kritischen Projekten bietet zahlreiche große Vorteile. 'Monty'-Architektur wird bei den Quantel-Systemen eQ und iQ für eine extrem hohe Leistung bei SD-, HD- und Filmauflösung verwendet. Einige konkrete Beispiele aus einer großen Auswahl:

Resolution Co-existence

Viele Universal-Rechner, die in der Postproduktion zum Einsatz kommen, verarbeiten die große Vielzahl an Inputformaten, indem sie diese in einen internen Zielstandard konvertiert, die Verarbeitung ausführt und dann zurück konvertiert. Auflösung, Framerate, Farbraum, Bittiefe und 'interlaced'/progressive/segmentiert sind in diesem Fall potentielle Konfliktpunkte. Manche Systeme konvertieren eleganter als andere, doch jedes Mal wenn die Benutzeroberfläche Bericht erstattet, können das Rendern und/oder die Speicherressourcen zu Engpässen werden. Der intelligente Einsatz von Hardware kann diese Punkte vermeiden.

Mit der richtigen Hardware-Architektur kann der Input unkompliziert in seinem originalen Zustand bleiben und nur bei Bedarf transformiert werden. Potentielle Probleme mit Qualität, Zeit und Speicherplatz werden so vermieden. Das gilt sowohl für eingehendes Material ('Ingest') als auch für die Erstellung finaler Versionen. Die von Quantel speziell dafür entwickelte Technologie heißt Resolution Co-existence – der praktische Einsatz von Hardware, äußerst wichtig in der heutigen 'Multi-Format'-Postproduktion.

Die gesamte Frameverarbeitung

Eingescannte Film- oder Videoinformationen bestehen aus umfangreichen Pixelgruppen, die auf Framerate aktualisiert werden. Filminformationen können sehr ausführlich sein. 4K wird heute immer öfter verwendet - 4096x3112 bei 4:4:4 Sampling und 10 Bit Farbtiefe oder mehr. Mit dedizierter Hardware können Verarbeitungsprozesse auf den gesamten Frame angewandt werden oder auf einen Teil des Bildes, unabhängig von den anderen Bildbestandteilen. Um die Gesamtleistung zu optimieren ist es möglich, unterschiedliche Bildbereiche parallel zu bearbeiten. Dies steht im Gegensatz zu den Lösungen, die auf Universal-Computern basieren und häufig seriell arbeiten – ein Prozess nach dem anderen.

Volle Qualitätskontrolle

Einige Hersteller von 'offenen Systemen' haben sich entschieden niedrige Qualität und damit Proxies in niedriger Datenrate zu verwenden, um eine Vorschau in HD, 2K und speziell 4K in sinnvoller Geschwindigkeit bieten zu können. Besonders bei den aktuellen Angeboten an Software basierten Farbkorrektur-Systemen ist das gut zu beobachten.

Proxies sind zwar für das schnelle Anlegen eines Shots geeignet, aber völlig unpassend für die Qualitätskontrolle. Die offensichtlichen Beschränkungen durch den Einsatz von Proxies können direkte Auswirkungen auf die Geschäftsergebnisse eines Postproduktionsunternehmens haben:

- Durch das Rendern der Proxies wird bereits vor dem eigentlichen Arbeitsbeginn Zeit verschwendet
- Weitere wertvolle Zeit geht am Ende des Projekts verloren, wenn das 'echte' Rendern, d.h. die Erstellung der neuen Bilder stattfindet
- Da Proxies das Bild nicht in voller Qualität zeigen, können äußerst kostenintensive Fehler in der Qualitätskontrolle auftreten, da die Mängel von Proxies nicht gezeigt werden.

Der korrekte Einsatz von Hardware und leistungsstarken Festplattenarrays stellen den besseren Ansatz: Gearbeitet wird durchgehend in voller Qualität und Kontrolle am gerade passenden Displaygerät – ob digitale Projektion, HD-Monitoring u.v.m.⁶

Bilder werden von der Festplatte in Echtzeit dargestellt und 'on the fly' dem gewählten Displaygerät angepasst. Der Arbeitsfluss ist linear und die aktuelle Ausgabequalität frei wählbar.



Bild 6. Dieses 2K-Original beinhaltet einen Fehler – der auf dem 1K-Proxy nicht zu sehen ist

Vollständiges Qualitätsfiltern und Interpolation

Ähnliche Tricks wie die von Universal-Computern verwendete Proxies sind reduziertes Filtern und Interpolation. Die Reduzierung von Filtern oder Interpolation führt zu einer Geschwindigkeitssteigerung – doch auf Kosten der Qualität. Bilder können matt oder eine Störung ('Ringing') haben, DVE-Kanten können Treppen oder andere Artefakte zeigen. Der korrekte Nutzen von Hardware kann diese Probleme eliminieren.

⁶

Der Einsatz von SVGA-Monitoren zur Qualitätskontrolle ist nicht ideal, da sie für Abweichungen anfällig sind. Ein zusätzlicher Vorteil sind Geräteschleifen in Echtzeit, die Monitore in 'Waveform' und Vektorenbereiche, im Gegensatz zu eingebrennten Displays, die 'Play Mode' Monitoring erlauben.

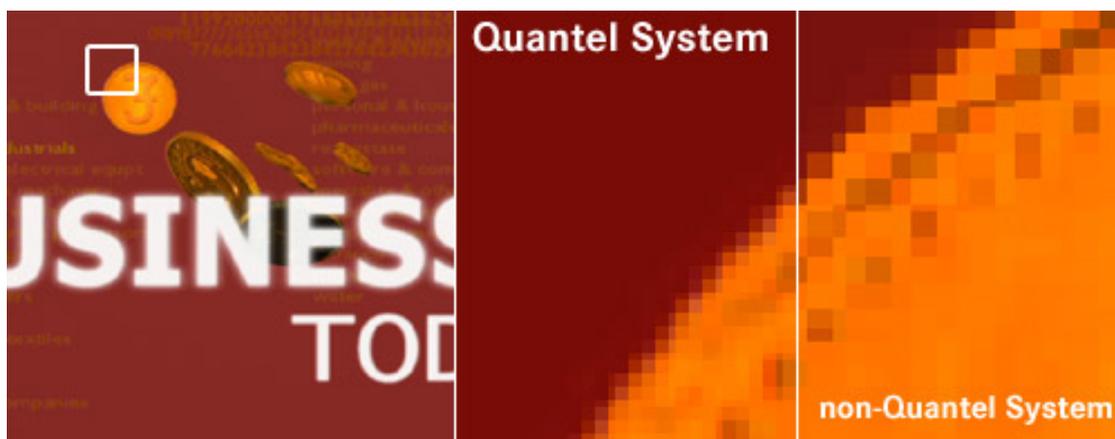


Bild 7. Der problemlose Einsatz von Filter-Tricks in SD kann bei höherer Auflösung zu Schwierigkeiten führen

Playback direkt von der Festplatte

Manche Universal-Systeme spielen von einem RAM-Zwischenspeicher aus, andere von der Platte. Das Zwischenspeichern in RAMs ist solange möglich, bis keine RAMs mehr zur Verfügung stehen. Daher ist dieser Ansatz für einige Arten des Mastering unpraktisch. Mit der richtigen Hardware und Plattentechnologie wird das RAM-Zwischenspeichern überflüssig.

Background Networking

Das Be- und Entladen per Netzwerk im Hintergrund kann für die Postproduktion eine große Zeit- und Kostenersparnis sein. Manche Computer basierende Systeme können dies nicht auf einmal, andere benötigen zusätzliches Equipment. Hochgeschwindigkeits-Netzwerktransfers als Hintergrundprozesse sind von Hause aus Teil des eQ- und iQ -Designs.

Integrated Concurrent Processing – Integrierte Parallelverarbeitung

Eine weit verbreitete Technik bei Universal-Computern ist die Nutzung von großen 'Render Farms'. Diese sind für rechen intensive Anwendungen perfekt geeignet, für Anwender gesteuerten Aufgaben dagegen nicht. In einer 'Render Farm'-Architektur müssen Shots selektiert, exportiert, gerendert, re-importiert und anschließend kontrolliert werden – alles zeitraubende Vorgänge, die Netzwerkressourcen binden und eine komplexe Qualitätskontrolle beinhalten.

Ein alternativer Ansatz ist, innerhalb einer Workstation zusätzliche Hintergrund-Prozesse zu integrieren, zum Beispiel eine Vorhersage zu treffen, welchen nächsten Schritt der Anwender tätigen wird. Das bedeutet aber keinen Verkehr im Netzwerk, sondern einen einzigen Kontrollpunkt für die Qualität und die Möglichkeit, das Rendern intelligent zu gestalten. Dies ist exakt der Vorgang, wie eQ und iQ den TimeMagic-Arbeitsfluss realisieren, indem sie die von Quantel entwickelte ICP²-Hardware einsetzen.

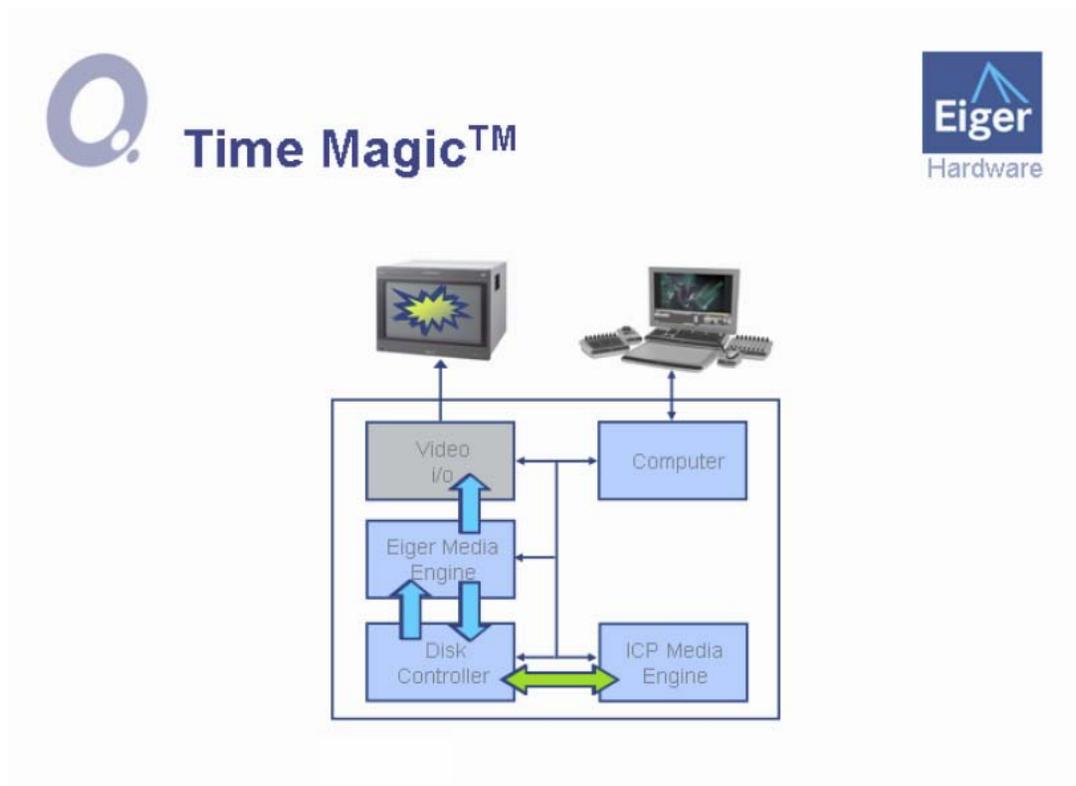


Bild 8. Time Magic-Pipeline

In einem Time Magic-Workflow sind zahlreiche Hardware-Prozessoren innerhalb des eQ- oder iQ- Mainframe aktiv, die eine massiven Leistungsschub und eine Optimierung des Arbeitsflusses gewährleisten.

Einwände gegen den Ansatz 'Das beste aus beiden Welten'

Natürlich gibt es Argumente gegen diese Verbindung von Computer- und Hardware-Technologie. Ein Argument ist, dass eQ und iQ einen 'proprietären, geschlossenen Ansatz' darstellen – leicht widerlegbar durch die große Anzahl an Applikationen von Dritt-Herstellern, die auf eQ und iQ laufen.

Ein weiteres Gegenargument lautet: 'Stimmt, aber die Computertechnologie wird aufschließen, es ist nur eine Frage der Zeit.' Das ist ebenfalls offensichtlich falsch. Der Punkt bei der 'Das Beste aus beiden Welten'-Architektur ist ja, dass Hersteller von Entwicklungen im Bereich dedizierter Hardware und bei Universal-Computern profitieren können.

Verbesserungen bei Computern können sogar als ein Verstärker für Hardware wirken – Moore's Law sagt sogar ein Wachsen der Hardware-Möglichkeiten aus:

8

TimeMagic, das die Verarbeitung kompletter Frames nutzen kann, sollte nicht mit dem Einsatz von 'Patches' verwechselt werden, d.h. der Einsatz einer Mehrfach-Knoten-CPU-Architektur, in der jeder Knoten einen Streifen des eingegangenen Frames verarbeitet und eine proprietäre Video Engine die verarbeiteten Patches kombiniert (meistens 4 oder 8), um einen einzigen Frame zu erstellen. Diese komplexe Methode der parallelen Verarbeitung kann zu Bildartefakten an den Grenzen zwischen Patches führen, besonders bei Blurs oder bei Paint.

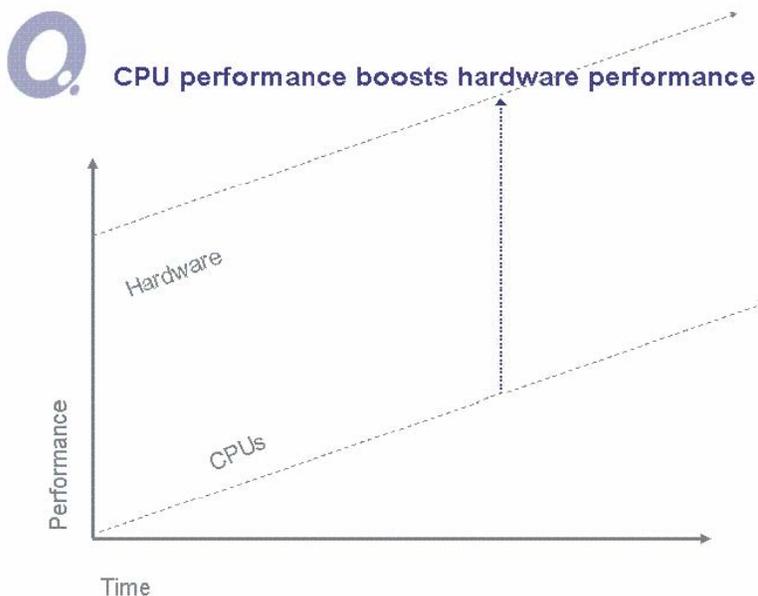


Bild 9. CPU-Leistung führt zu einer Steigerung der Hardware-Leistung

Der einfachste Weg, die Vorteile von der Kombination beider Ansätze zu verdeutlichen ist, einen Blick auf Praxisbeispiele. 2004 veröffentlichte Quantel Grafiken zu einem Vergleich von SGI Tezro, Avid Nitris und einem eQ in Version 2.00, die massive Leistungsvorteile des eQ zeigten.

Seitdem haben sich Nitris und Tezro weiterentwickelt - und natürlich auch das eQ durch neue Computer- und neue Hardware-Vorteile. Der relative Unterscheid ist jetzt fast noch deutlicher. Es ist für jeden Interessenten einfach, eine Evaluation dieser oder anderer Systeme mit eigenen Praxisbeispielen durchzuführen.

Im ersten Test wird die Verarbeitungszeit bei zwei unterschiedlichen HD-Composits gemessen. Das erste ist ein Composite aus vier Layern, mit einem DVE auf jedem Layer und einer Veränderung der Farbsättigung auf einem Layer. Das zweite Composite setzt sich aus acht Layern mit fünf DVEs, einem Blur, einem linearen Key, etwas Text und einer Veränderung der Farbsättigung zusammen. Jeder der Layer ist fünf Sekunden lang. Der Test misst die Zeit bis zum Auspielen in voller Qualität.

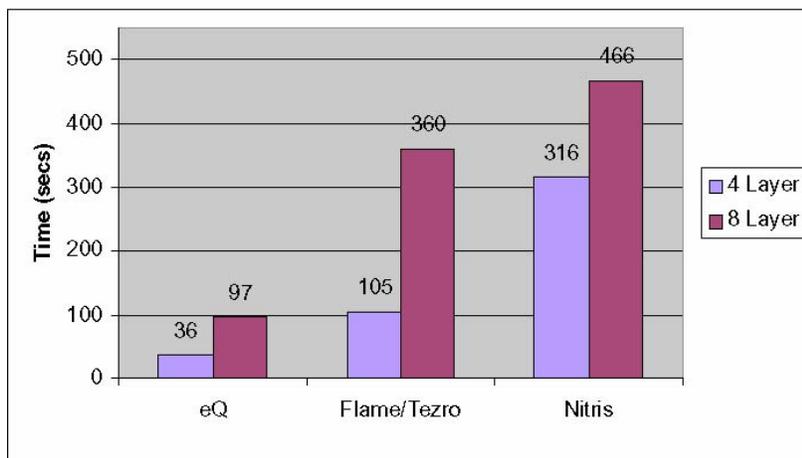


Bild 10a: Layering Render-Zeit

Der zweite Test misst, wie schnell zehn Sekunden Material in Standard Definition (SD) mit 25fps in ein 23.98 fps High Definition (HD) Material geschnitten werden kann. Die gemessene Zeit ist die Zeit in Sekunden vom ersten Schnitt bis zur Ansicht des fertigen Materials in voller Qualität. CPU-Systeme müssen Quellenangaben verändern, neue Projekte erstellen und teilweise für jedes neue Format neu starten.

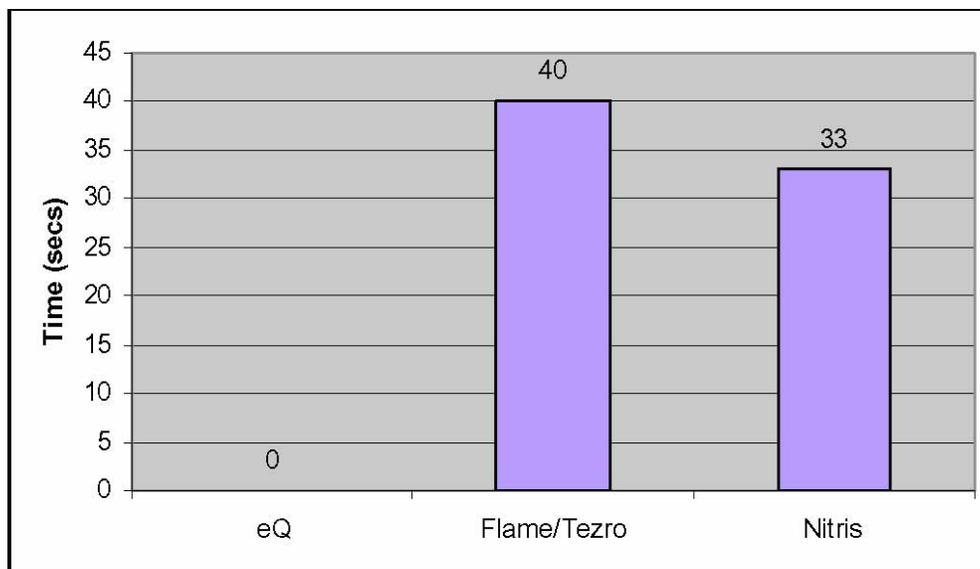


Bild 10b: Multi-Format-Test

Der nächste Test misst die Prozessorzeit für das Sapphire Glow Plugin, mit 16 bit Qualität, auf einem fünf Sekunden langen HD Clip. Verwendet wurden die Standard Parameter des Plug-ins.

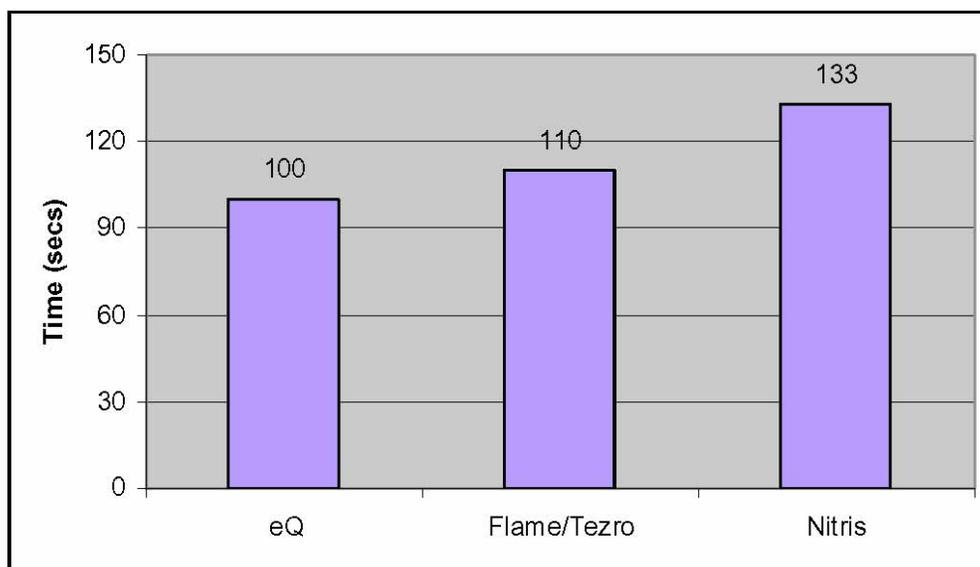


Bild 10c. eQ CPU-Leistung

Selbst bei einem direkten CPU versus CPU-Test entsprechen die Ergebnisse nicht unbedingt den eigenen Erwartungen – und mit der neuesten eQ- und iQ-TimeMagic-Technologie ist das Hintergrund-Rendern von Plug-ins möglich, was zusätzliche Vorteile für den Workflow bedeutet.

Zusammenfassung

eQ- und iQ-Systeme basieren alle auf demselben offenen Programmiercode und haben daher Zugriff auf alle kreativen Tools aller Quantel-Anwendungen (oder Anwendungen von Quantel-Partnern), mit einem äußerst umfangreichen Funktionalitätenset.

Im Gegensatz dazu scheint die weitere Entwicklung geschlossener Software-Applikationen mit separaten und künstlich begrenzten Funktionsumfang, beispielsweise nur ein Compositor, nur ein Editor oder nur ein Farbkorrektor, keine langfristige Perspektive zu sein.

Zusammengefasst kann die Entwicklung eine kombinierte Architektur aus der Offenheit von Standardplattformen mit der Leistungsstärke und den speziellen Eigenschaften von Hardware andere Systeme auf der Ebene der reinen Leistungsstärke übertrumpfen – doch ebenso bei der Intelligenz der Arbeitsabläufe.

Basierend auf dieser Architektur vermeiden iQ und eQ Proxies (die bei Anwendungen zur Qualitätskontrolle zu Schwierigkeiten führen) oder Patches.

Beim Mischen unterschiedlicher Auflösungen, müssen keine neuen Bilder auf der Platte erzeugt werden, was eine große Zeit- und Speichersparnis zur Folge hat, unter Beibehaltung der maximalen Qualität.

Mastern, Pan&Scan und Drops sind 'on the fly' ohne Rendern und ohne Plattenbelegung mit zahlreichen Versionen möglich – nützlich in SD, wichtig bei HD, absolut notwendig bei 2K oder 4K.

Be- und Entladen des Systems sowie Mastering innerhalb des Netzwerkes kann im Hintergrund ablaufen, ohne aktuelle Anwendungen zu unterbrechen.

Der Anwender profitiert von den regelmäßigen Verbesserungen der Software, des Betriebssystems, der CPU und der Hardware, was zu einem hervorragendem ROI ('Return of Investment') und Langlebigkeit der Produkte führt.

Alle diese praktischen Vorteile haben einen direkten Einfluss auf die Profitabilität der Postproduktion des 21. Jahrhunderts. Der Einsatz der richtigen Technologie ist ein pragmatischer Ansatz für die Zukunft.

