

Geschichte der Grafikkarten

1982	Hercules stellt HGC vor und kann damit erstmals Grafik auf dem PC darstellen.
1983	Der PC wird farbig mit CGA.
1985	Noch ein wenig mehr Farbe verspricht die EGA-Grafikkarte.
1988	Der PC wird richtig farbig, dank der VGA-Karte - ab sofort mit analogem Signal.
1989	Immer höhere Auflösungen und Farbanzahlen sind möglich. Das VESA-Komitee (Video Electronics Standards Association) bringt mit neuen Grafik-Standards endlich Ordnung in den durch das Wettrüsten entstandenen Wildwuchs.
1992	Der Bildaufbau wird mit Accelerator-Chips erstmals beschleunigt.
1993	Zwei neue Bus-Systeme, der VESA Local Bus und Intels PCI, umgehen den ISA-Flaschenhals und machen Grafikkarten deutlich schneller.
1995	nVidia stellt mit dem NV1 den ersten 3D-Beschleuniger vor.
1996	3dfx stellt mit dem Voodoo Graphics den ersten wirklich brauchbaren 3D-Beschleuniger vor.
1997	Intel definiert den AGP und stellt somit noch mehr Bandbreite speziell für den 3D-Bereich zur Verfügung.
1999	nVidia bringt mit der GeForce die erste Grafikkarte mit einer Transform & Lighting Engine in den Consumer-Bereich.



Alte Grafikstandards

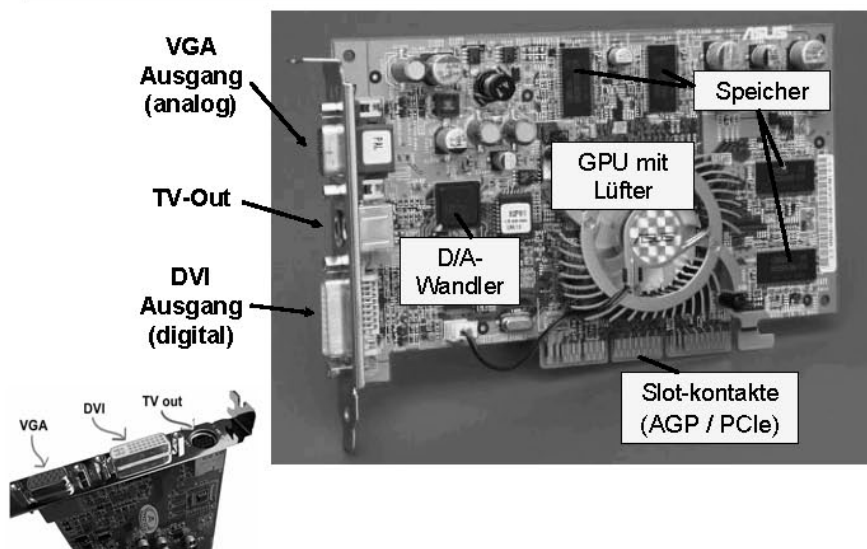
Jahr	Standard	Bezeichnung	Auflösung	Zeichen	Farben	Darstellung	Signal
1981	MDA MGA	Monochrome Display (Graphics) Adapter	720 x 350	80 x 25	sw	Text	digital
1982	HGC	Hercules Graphics Card	720 x 348	80 x 25	sw	Text / Grafik	digital
1983	CGA	Color Graphics Adapter	300 x 200 320 x 200	40 x 25	16 / 4	Text / Grafik	digital
			640 x 200	80 x 25	16 / 2	Text / Grafik	digital
1985	EGA	Enhanced Graphics Adapter	320 x 350 320 x 200	40 x 25	16	Text / Grafik	digital
			720 x 350	80 x 25	sw	Text	digital
			640 x 200	80 x 25	16	Grafik	digital
			640 x 350	80 x 25	sw / 16	Text / Grafik	digital
1984	PGA	Professional Graphics Adapter	640 x 480	80x30	16	Text / Grafik	analog
1989	MCGA	Multi Color Graphics Array	640 x 480	80x30	16/256	Text / Grafik	analog



Aktuelle Grafikauflösungen (Standards)

Standard	Bezeichnung	max. Auflösung	Farben	Seitenverhältnis
<b>VGA</b>	<b>Video Graphics Array</b>	<b>640 x 480</b>	16	4:3
QVGA	Quarter Video Graphics Array	320 x 240	16	4:3
SVGA	Super Video Graphics Array	800 x 600	16	4:3
8514/A (XGA)	... (Extended Graphics Array)	1024 x 768	256	4:3
XGA-2	Extended Graphics Array 2	1360 x 1024	65 536	4:3
SXGA+	Super XGA Plus	1280 x 1024		5:4
WXGA	Wide XGA	1400 x 1050		4:3
UXGA	Ultra XGA	1600 x 1200		4:3
WSXGA+	Wide Super XGA Plus	1680 x 1050		16:10
WUXGA	Wide Ultra XGA	1920 x 1200		16:10
SUXGA (QXGA)	Super Ultra XGA (Quad XGA)	2048 x 1536		4:3
QUXGA	Quad Ultra XGA	3200 x 2400		4:3
QWUXGA (WQUXGA)	Quad Wide Ultra XGA (Wide Quad Ultra XGA)	3840 x 2400		16:10

Aufbau einer Grafikkarte



Komponenten einer Grafikkarte

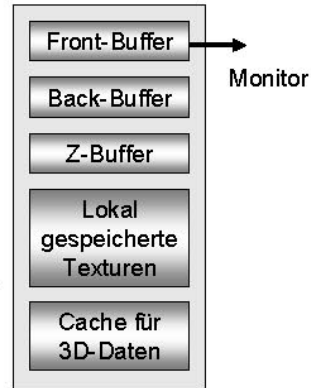
**Grafikchip:**

anfänglich nur zur **Bildsteuerung**; später **Accelerator – Chip** (2D/3D Beschleunigung); heute **Grafikprozessor (GPU - Graphics Processing Unit)**, der immer mehr Prozessor-Funktionen für aufwändige Berechnungen bei der Darstellung räumlicher Muster übernimmt



**Videospeicher (Grafikspeicher):**

- Diente früher als **Framebuffer** lediglich zur Speicherung von Bitmaps
- Heute neben der Speicherung des dargestellten Bildes auch als **Cache**, als **Sonderspeicher** für Teilbilder, für **Tiefeninformation** u.s.w.
- Realisiert mit **EDORAM, DRAM, VRAM, SDRAM, SGRAM, DDR SDRAM**
- Spezielle Speicher (z.B. VRAM) umgehen die Nachteile des Arbeitsspeichers. Sie ermöglichen gleichzeitige Lese- und Schreibzugriffe, weniger häufiges Refresh, größere Datenbreiten, höheren Speichertakt und damit höhere Speicherbandbreiten



Komponenten einer Grafikkarte

**RAMDAC (Random Access Memory Digital Analog Converter):**

Liest den Inhalt des Framebuffers und konvertiert die digitalen Informationen des Computers in analoge, für den Monitor verständliche Signale (pro Grundfarbe je ein DAC). Sein Arbeitstakt (Pixel-Takt) ist ein Parameter für die Geschwindigkeit einer Grafikkarte und bestimmt in Abhängigkeit von Auflösung und Farbtiefe die (Bildfrequenz).

**Externe Anschlüsse:**

Kürzel	Signal	Buchse	Kürzel	Signal	Buchse
VGA	analog		TV-Out	analog (S-Video)	
DVI	digital / analog		TV-IN	analog	
HDMI	digital verschlüsselt		Display Port	digital / analog verschlüsselt	

## Arten von Grafikadaptern

**Frame-Buffer:**

Das sind die ersten und einfachsten Adapter. Sie erhalten die von der CPU aufbereiteten Bilddaten und geben sie direkt über den DAU an den Monitor weiter.

**Grafikbeschleuniger:**

Diese Adapter entlasten die CPU und übernehmen aufwendige Grafikfunktionen (Konvertierungen, Fensteranordnungen, Flächenberechnungen, 2D-Grafikfunktionen)

**Grafikprozessoren - GPU (Graphic Processing Unit) :**

Diese sehr leistungsfähigen Grafikprozessoren übernehmen ein Großteil aller 2D- und 3D-Grafikberechnungen. Sie arbeiten mit Datenbreiten von bis zu 256 Bit und Taktfrequenzen >500 MHz.

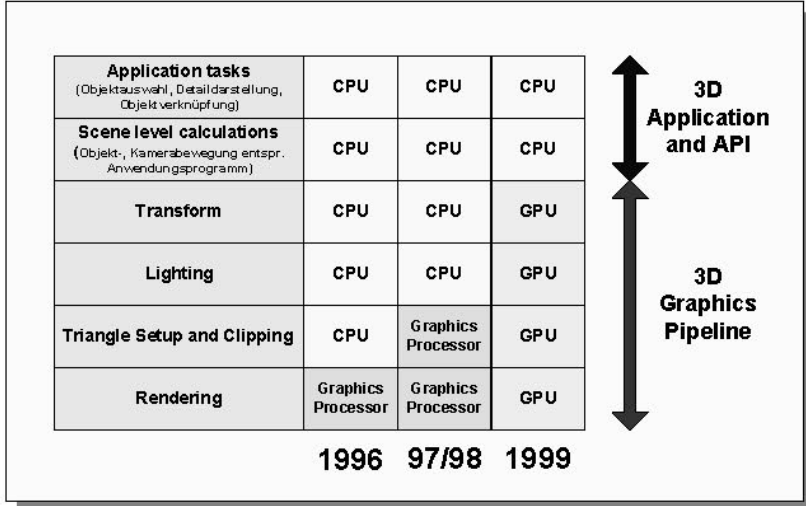


## Grafikprozessoren

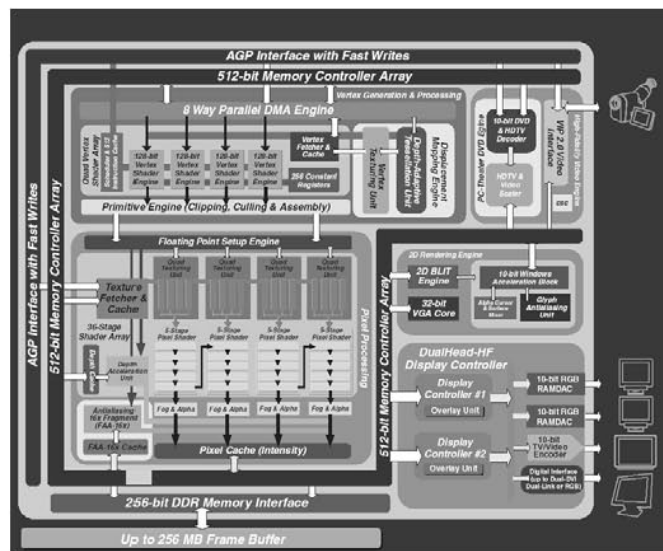
- **Hauptproblem** bei Framebuffer- und Beschleunigerkarten war die Geschwindigkeit
  - 3D Grafikberechnungen stellten große Anforderungen an die CPU
  - Hoher Datentransfer über den Bus zur Grafikkarte
  - Speicherarchitektur (DRAM): keine gleichzeitigen Lese- und Schreibzugriffe möglich, d.h. RAMDAC musste mit dem Auslesen warten, wenn die CPU in den Speicher geschrieben hat und umgekehrt
- **Lösung:** Einführen spezieller Grafikprozessoren (GPUs) auf modernen Grafikkarten
  - CPU schickt Zeichenbefehle, GPU berechnet die Pixel und damit den Inhalt des Bildspeichers
  - GPU ist schneller, entlastet die CPU
  - Weniger Datentransfer auf dem Systembus



Verlagerung von Grafikfunktionen



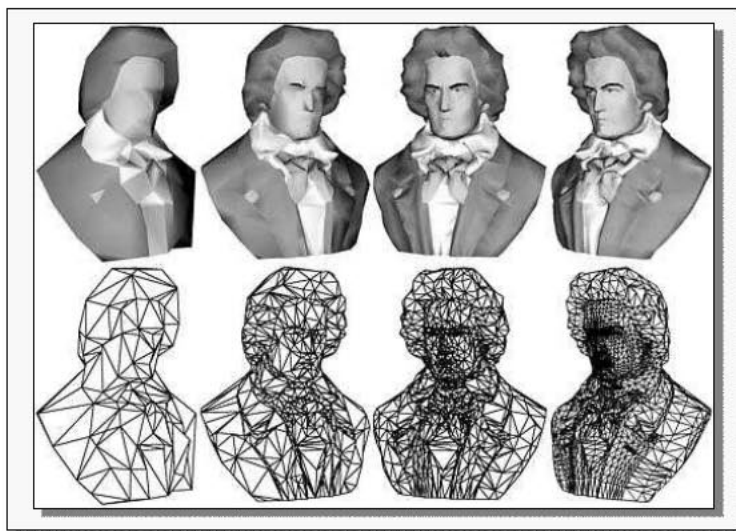
Aufbau einer modernen GPU



Funktionen von 3D-Karten

- Objekte werden in Dreiecke zerlegt „Triangle Setup“
- Diese werden im „Rasterizer“ mit farbigen Pixeln gefüllt
- Nicht sichtbare Dreiecke werden vom Rendervorgang ausgeschlossen
- Mit bekannten Polygon-Eckpunkten werden alle Zwischenpunkte durch Interpolation bestimmt
- Mittels „Color Calculator“ erfolgt das Setzen der Pixel und der Farbbestimmung. Hier werden Entfernung (Fog), Transparenz (Alphawerte), und Reflektion (Specular) in die Darstellung einbezogen
- „Anti-Aliasing“ zur Reduzierung der Treppeneffekte (da Dreiecke nicht beliebig klein sein können)
- Überprüfung mittels Z-Buffer, ob sich Elemente vor oder hinter Objekten befinden (meist mit „Stencil-Buffer“ kombiniert)
- Stencil-Buffer schützt Polygone vor versehentlichem „Übermalen“

Polygonen-Darstellung einer Figur



Entwicklung bei Grafikkarten

Die neue Generation von Grafikkarten erlaubt eine freie Programmierung der Rendering-Pipeline:

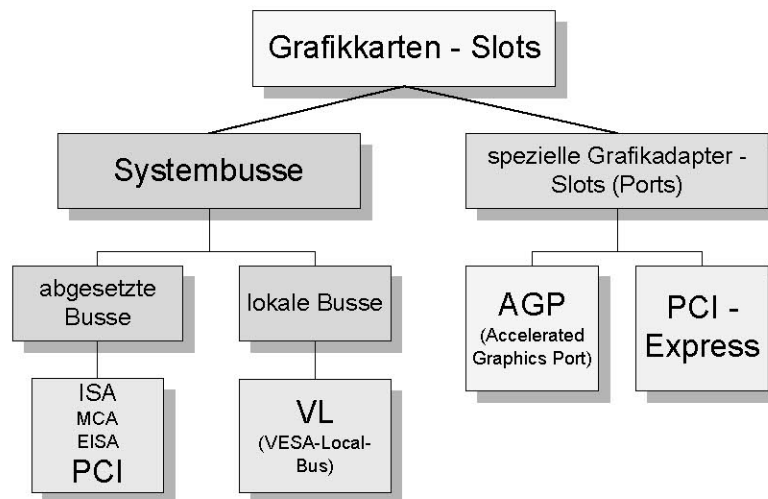
- Pixelshader
- Vertexshader
- Multitexturing
- ...

Entwicklung:

- Ausbau der Parallelität
- Erhöhung der RAM-Geschwindigkeit
- „Beliebig lange“ Shader-Programme
- Benutzung der GPU nicht nur für Grafik
- Die derzeitige Entwicklung der Grafikhardware verläuft schneller als die Entwicklung der CPUs

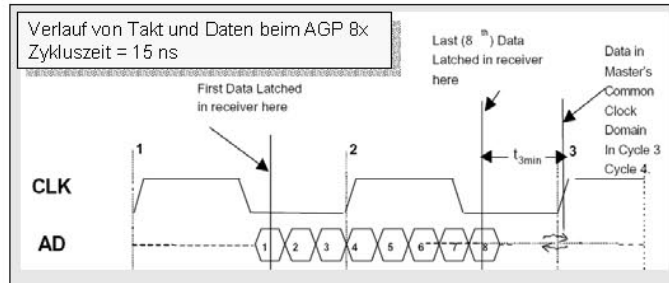


Steckplätze (Busse) für Grafikkarten



AGP - Takt und - Übertragungsbandbreiten

	AGP 1x	AGP 2x	AGP 4x	AGP 8x
Taktfrequenz	66,67 MHz	66,67 MHz	66,67 MHz	66,67 MHz
Multiplikator	1 x	2 x	4 x	8 x
scheinb. Takt	67 MHz	133 MHz	267 MHz	533 MHz
Datenbreite	32 Bit	32 Bit	32 Bit	32 Bit
Datenrate	267 MByte/s	533 MByte/s	1067 MByte/s	2133 MByte/s



Das geschickte Marketing der Hersteller suggeriert den Käufern **AGP 8x** als ein Feature zur Performance-Steigerung des Systems, aber in der Praxis bringt es wenig.

AGP-Slots im Vergleich

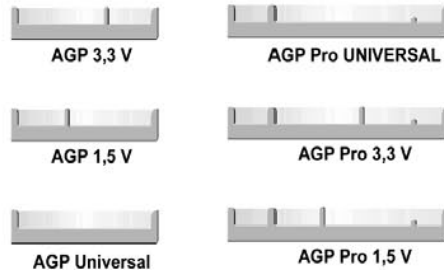
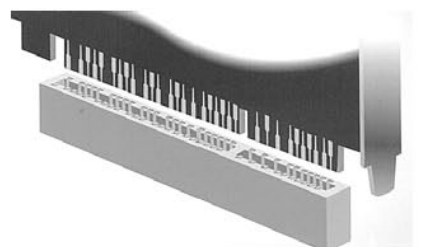
Quelle: tecchannel

Den herkömmlichen AGP-Slot gibt es je nach Bedarf in drei verschiedenen Versionen:

- AGP 3,3 V
- AGP 1,5 V
- AGP Universal

Durch die AGP-Pro- Erweiterung sind drei Varianten dazugekommen. Das sind :

- AGP Pro Universal
- AGP Pro 3,3 V
- AGP Pro 1,5 V





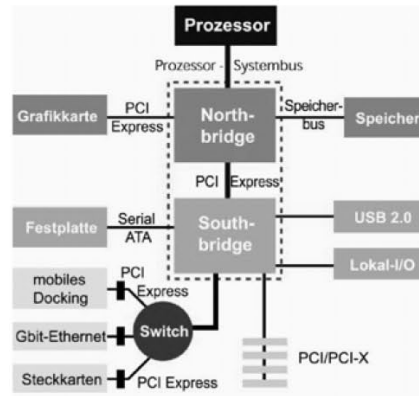
## Computertechnik

## Grafikadapter

PCI Express für moderne Grafikkarten



- **PCIe** ermöglicht größere Bandbreite und Performance
- **X1** und höher für größere I/O-Performance (Gbit Ethernet, 1394, Steckkarten, ...) mit 250 MByte/s pro Datenrichtung
- **X16** für Grafikkarten mit 4 GByte/s pro Richtung
- **Isochrone Übertragung** für Video-Streams
- **Native Hot Plug** Unterstützung für neue Module und ExpressCard™



Prof. Dr.-Ing. W. Schmalwasser

Hochschule Mittweida - Fachbereich: IT & ET

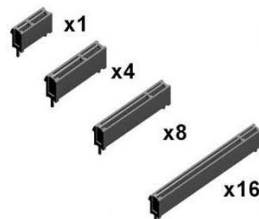
## Computertechnik

## Grafikadapter

PCI Express™

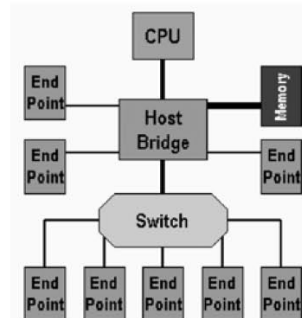


- Serielle Hochgeschwindigkeitsverbindung (**point to point**)
- Verfügbar von x1 bis x16 bei 2.5 GBit/s pro Kanal (**Lane**)



- Switched Architecture
- 100% kompatibel zu PCI-Software

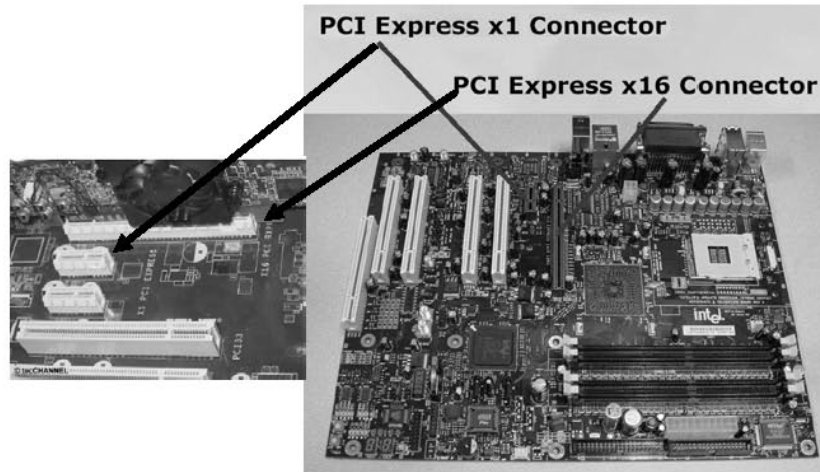
Typ	Lanes	Max. Datenrate
PCI X1	1	250 MByte/s
PCI X4	4	1GByte/s
PCI X8	8	2 GByte/s
PCI X16 (PEG - PCIe Graphic)	16	4 GByte/s



Prof. Dr.-Ing. W. Schmalwasser

Hochschule Mittweida - Fachbereich: IT & ET

Ausführungen von PCI-Express-Slots



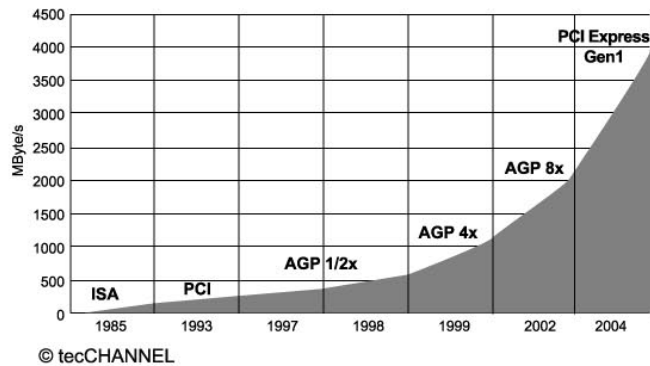
AGP 8x und PCI-Express x16 im Vergleich

Interface	AGP 8x	PCI Express x16
Max. Busbreite	32 Bit	32 serielle Leitungspaare
Max. Taktrate	266 MHz (66 MHz)	2,5 (5) GHz
Max. Bandbreite uni-/bidirektional (GByte/s)	1,99 / 1,99 GByte/s	3,73 / 7,46 GByte/s (7,46 / 15 GByte/s)
Bandbreite pro Pin	~18 Mbit/s	~100 Mbit/s
Max. Tiefe der Request-Pipeline	32	256
Datenlänge des Request	8 - 64 Byte	4 - 4096 Byte
Unabhängige Daten-Streams	bis zu 3: PCI, LP (linear programmiert), ISOC (isochron)	bis zu 8 (VC0-7)
Art der isochronen Übertragung	partiell	voll
Shared Memory	ja (GART)	ja (OS/Treiber)
Physikalische Schnittstelle	Punkt-zu-Punkt-Verbindung	differenzielle Verbindung
Taktgeber	externer synchroner Takt	interner Takt
Max. Verlustleistung	25 W (50/110 W bei AGP Pro)	25 W, 75 W, Pro-Variante in Vorbereitung
Anzahl der Pins	132	164
Einführung (Jahr)	2002	2004

Beispiel einer PCI-Express - Grafikkarte

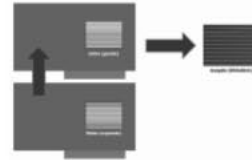


Entwicklung der Bandbreite d. Grafikkarte



Multi-GPU-Technik

Vergrößerung der 3D-Grafikleistung durch Lastverteilung der Rechenarbeit auf mehrere Grafikkchips → Multi-GPU-Technik



Ausgewählte Multi-GPU-Techniken		
Kürzel	Bezeichnung	Hersteller
SLI	Scalable Link Interface	NVIDIA
XFire	Crossfire	ATI (AMD)
SLI	Scan Line Interleave	3dfx
AMR	Multi-Rendering	ATI
AFR	Alternate Frame Rendering	ATI



Scalable Link Interface (SLI)

- Mit dem Scalable Link Interface von Nvidia ist eine Zusammenschaltung von zwei oder mehr Grafikkchips zur Leistungssteigerung beim Rendern (SLI Frame Rendering) oder dem Einsatz von bis zu vier Bildschirmen (SLI Multi View) möglich.
- Die Verbindung erfolgte anfänglich mit einer speziellen SLI-Bridge und heutzutage über den PCIe, wobei ein spezieller Chipsatz erforderlich ist.
- SLI funktioniert nur mit identischen Grafikkarten.



ATI Crossfire

- Bei ATI Crossfire werden zwei Grafikkarten in einem PCI-Express-System gleichzeitig betrieben.
- Crossfire basiert dabei auf dem älteren ATI Multi-Rendering.
- Verbindungsmöglichkeiten:
  - Ein spezielles externes Monitorkabel verbindet Master- und Slave-Karte miteinander z.B. X1900
  - Natives Crossfire (interne Verbindung) z.B. X1650XT
  - Verbindung über PCIe z.B. X1300



Farbtiefe und Speicherbedarf

Die Farbtiefe gibt an, wie viele Farben darstellbar sind.

Farbtiefe	Name	Kodierung	darstellbare Farben
16 Bit	High Color	R=5 Bit; G=6 Bit; B=5 Bit	$2^{16} = 65.536$
24 Bit	True Color	Je 8 Bit für R, G und B	$2^{24} = 16.777.216$
32 Bit	Giga Color (True Color mit 8 Bit Alphakanal)	Je 8 Bit für R, G, B und $\alpha$	$2^{24} = 16.777.216$

Von der Farbtiefe und der Auflösung hängt der Bedarf an Grafikspeicher ab.

$$\text{Minimaler Speicherbedarf} = \text{Auflösung} * \text{Farbtiefe [Byte]}$$

Mehr Speicher bedeutet Geschwindigkeitszuwachs, da weniger Daten über den Bus übertragen werden müssen.

Eine größere Auflösung und größere Farbtiefe senkt die Bildwiederholrate (Vertikalfrequenz).



## Frequenzen

- Bildwiederholrate (Vertikalfrequenz)
  - gibt an, wie oft das Bild am Monitor pro Sekunde erneuert wird. Die Wiederholrate wird in Hertz (Hz) gemessen. Ab etwa 70Hz bemerken die meisten Menschen kein Flimmern mehr. Als ergonomisch gelten mindestens 85 Hz. (bei CRT-Monitoren)
- Horizontalfrequenz
  - Anzahl der Zeilen, die pro Sekunde aufgebaut werden können
  - muss auf die Vertikalfrequenz abgestimmt sein, damit das Bild den Monitorbereich auch horizontal genau ausfüllt
- Pixelfrequenz
  - Hängt vom RAMDAC ab
  - Bestimmt die erforderliche Videobandbreite des Monitors
  - Begrenzt bei vorgegebener Auflösung die maximal mögliche Vertikalfrequenz

