

Referat: Grafikkarten

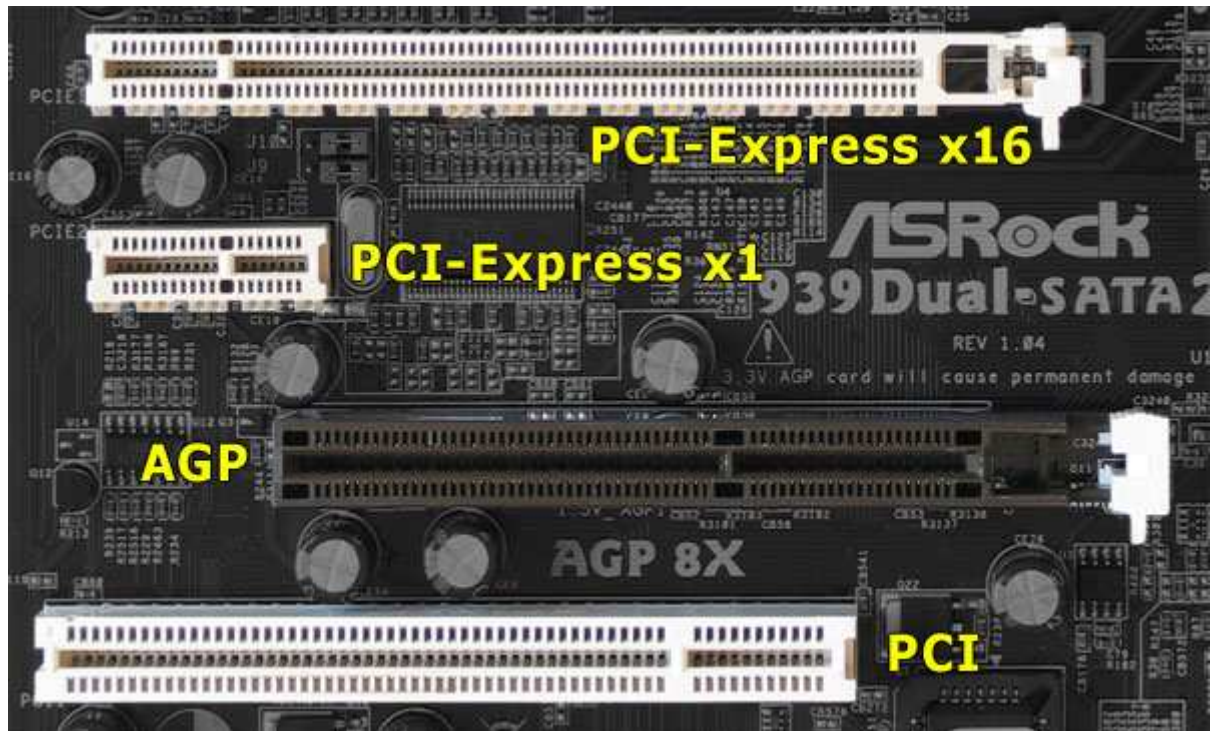
von Jan-Philipp Berg



Aufbau und Funktionsweise

Die bekanntesten Hardwareschnittstellen für Grafikkarten sind PCI, AGP und PCI Express, früher waren auch ISA oder VESA gängig. Diese Schnittstellen sind entweder Bussysteme oder Direktverbindungen (AGP, PCI Express), die den Buscontroller mit der Grafikkarte verbinden. Da die Spezifikation der Schnittstellen zumeist durch Interessenverbände vorgenommen wird, in denen sowohl die Controller- als auch die Grafikkarten- bzw. Grafikchiphersteller Mitglied sind, funktionieren (im Idealfall) alle konformen Grafikkarten mit allen konformen Controllern.

Heutzutage werden Grafikkarten zu 99% nur noch für den PCI Express Port hergestellt.



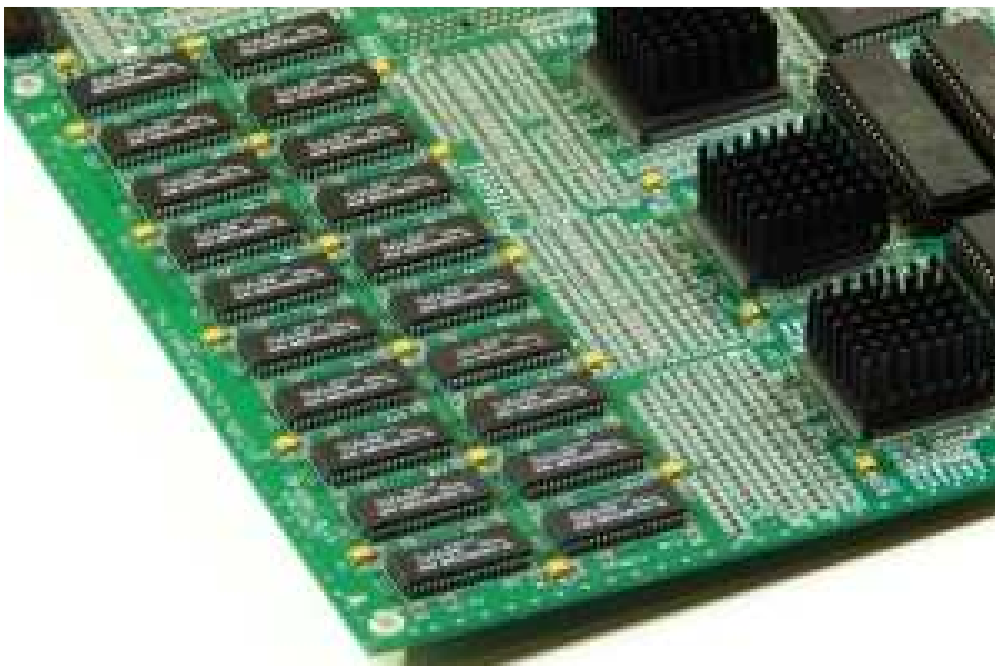
Grafikspeicher

Der Grafikspeicher dient zur Ablage der im Grafikprozessor (GPU) verarbeiteten Daten sowie als Bildspeicher („Framebuffer“): Das sind digitale Bilder, die später auf dem Computer-Bildschirm ausgegeben werden

Heute werden ausschließlich Grafikkarten mit sehr viel Speicher gebaut, als zur reinen Bildspeicherung notwendig wäre. Beim Rendern dreidimensionaler Grafiken werden hier zusätzlich zum Framebuffer die Daten der Objekte, beispielsweise Größe, Form und Position, sowie die Texturen, die auf die Oberfläche der Objekte gelegt werden, gespeichert. Besonders die immer höher auflösenden Texturen haben für einen starken Anstieg der Speichergröße bei aktuellen Grafikkarten gesorgt. So liegt die Speichergröße aktueller Grafikkarten bereits im höheren drei- bis vierstelligen Megabytebereich (1024 MB, 1280 MB, 1536 MB, 1792 MB, 2048 MB, 3072 MB), 512 MB und weniger sind sehr selten geworden.

Bei Onboard-Lösungen wird meist der Hauptspeicher des Systems als Grafikspeicher genutzt, das wird als Shared Memory bezeichnet. Der Zugriff erfolgt über das jeweilige Bussystem und ist deshalb langsamer als direkt angebundener Speicher.

Beispiel: Ein Notebook mit 4 GB Arbeitsspeicher und 1 GB Shared Memory Grafikeinheit hat effektiv nur 3 GB Arbeitsspeicher zur Verfügung. Wenn nun lediglich ein 32 Bit Betriebssystem zum Einsatz kommt (es können lediglich 3072 MB adressiert werden) stehen dem Notebook lediglich 2048 MB (2 GB) Arbeitsspeicher zur Verfügung.



Grafikprozessor

Der Grafikprozessor dient zur Berechnung der Bildschirmausgabe. Mitte der 1990er Jahre kamen die ersten 3D-Beschleuniger auf den Markt. Diese Grafikprozessoren waren in der Lage, einige Effekte und dreiecksbasierte Algorithmen (wie u. a. Z-Puffern, Texture Mapping) und Antialiasing selbstständig durchzuführen. Besonders dem Bereich Computerspiele verhalfen solche, zusätzlich zu installierenden Steckkarten (z. B. 3dfx Voodoo Graphics), zu einem Entwicklungsschub.

Heute sind GPUs wegen ihrer Spezialisierung auf Grafikberechnungen den CPUs in ihrer Rechenleistung überlegen. Als Vergleich dienen die Transistoranzahl des Grafikprozessors von Nvidia (Geforce 8800GTS 512, 754 Millionen) mit der eines Modells von Intel (Core 2 Extreme QX9650, 820 Millionen). Der Unterschied wird deutlich, wenn man bedenkt, dass über die Hälfte der CPU-Chipfläche für die 2x6 MB Cache verbraucht werden.

Wie bei den Hauptprozessoren der Rechner, in die die Grafikkarten eingebaut werden, sind auch die GPUs auf den Grafikkarten oft Gegenstand von Übertaktungsmodifikationen zur Performancesteigerung (siehe Overclocking (unten)).

Die Rechenkapazität, die auf solchen Grafikkarten zur Verfügung steht (siehe unter GPGPU), hat schon dazu geführt, dass allein zur Erzielung maximaler Rechenleistung mehrere Grafikkarten in einen Rechner eingebaut werden (siehe SLI/CF unten).



RAMDAC

Der RAMDAC (Random Access Memory Digital/Analog Converter) ist ein Chip, der für die Umwandlung von digitalen (Videospeicher) in analoge Bildsignale (Monitor) verantwortlich ist. Von ihm werden die Signalausgänge angesteuert. Er kann auch im Grafikprozessor integriert sein.



Kühlösungen

Aufgrund der hohen thermischen Verlustleistung durch die zunehmende Komplexität von Grafikprozessoren bzw. teilweise auch des Grafikspeichers sind ähnlich aufwendige Kühllösungen wie bei Prozessorkühlern notwendig. Grafikkarten verbrauchen mit einem Grafikprozessor (GeForce GTX 580) bis zu 250 Watt (TDP) Leistung, die vollständig als Wärmeenergie abgeführt werden muss. Dazu existieren mehrere Ansätze:

passive Luftkühlung (bis 50 Euro) – durch einen Kühlkörper wird die thermische Energie durch Konvektion an die Umgebungsluft abgegeben. Das ist nur bei geringen Leistungen oder mit sehr großen Kühlkörpern möglich. Oft werden auf beiden Seiten der Grafikkarte großflächige Kühlkörper angebracht, welche mit einer Heatpipe verbunden sind. Zum Problem kann dabei führen, dass die Kühlkörper ein hohes Gewicht erreichen, was zu einer hohen mechanischen Belastung des Steckplatzes führt.



aktive Luftkühlung (bis 70 Euro) – die thermische Energie wird über einen Kühlkörper an die Umgebungsluft abgegeben, welche durch Lüfter umgewälzt wird. Das ist die einfachste und preiswerteste Variante, große Wärmemengen abzuführen, verursacht allerdings auch Störgeräusche.



Wasserkühlung (ab 350 Euro) – wenn für die CPU eine Wasserkühlung eingesetzt wird, kann auch die Grafikkarte in diesen Kreislauf eingebunden werden. Die thermische Energie wird dann an das Wasser im Kreislauf und von dort über einen Radiator an die Umgebungsluft abgegeben. Das ermöglicht einen Transport von großen Wärmemengen, ist aber auch die aufwendigste und teuerste Kühllösung. Es existieren auch einige Karten mit vorinstallierter Wasserkühlung mit dem Vorteil, dass die Garantie erhalten bleibt.



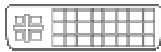
Externe Signalausgänge

VGA-Out



An einer 15-poligen D-Sub-Buchse wird ein analoges RGB-Signal bereitgestellt. Unter beengten Platzverhältnissen ist der Ausgang auch als Mini-VGA ausgeführt (z.B. beim Apple iBook).

DVI-Out



Der DVI-Ausgang liefert ein digitales Signal und damit die beste erreichbare Bildqualität an Bildschirmen mit DVI-Eingang. Die meisten heutigen Grafikkarten sind mit einem DVI-I-Anschluss (i für integrated) ausgestattet und liefern damit zusätzlich ein analoges RGB-Bildsignal. Somit können mit einem (meist beiliegenden) passiven Adapter auch Bildschirme mit analogem D-Sub-Eingang angeschlossen werden, die Bildqualität entspricht dann jedoch weitestgehend der des D-Sub-Ausgangs. Weiterhin existieren die Varianten DVI-D mit ausschließlich digitalen Signalleitungen und DVI-A mit ausschließlich analogen Signalleitungen.

HDMI-Out

Seit 2007 werden auch Grafikkarten mit HDMI (High Definition Multimedia Interface)-Ausgang angeboten. Hier wird das Videosignal ebenfalls digital und gegebenenfalls mit HDCP verschlüsselt ausgegeben. Über HDMI können auch DVI-D-Signale übertragen werden, womit DVI-Geräte kompatibel zu HDMI sind. Die Unterstützung von HDCP ist bei DVI jedoch optional, so dass nicht alle Geräte derartig geschützte Signale wiedergeben können. Die Übertragung von Tonsignalen ist jedoch nur über HDMI-Verbindungen möglich.

Display Port

DisplayPort ist ein relativ neuer Verbindungsstandard für Bild- und Tonsignale. Er ist kompatibel zu VGA, DVI und HDMI 1.3 und unterstützt die Kopierschutzverfahren HDCP und DPCP (DisplayPort Content Protection). Die Verbreitung beschränkt sich Anfang 2010 auf professionelle Grafikkarten, sowie einige Modelle der ATI Radeon HD 5000-Serie und eine proprietäre Version am MacBook.

TV-Out



Der als Cinch- oder S-Video-Buchse ausgeführte TV-Ausgang (engl. TV-Out) kann mit einem Fernseher oder Projektor verbunden werden. Man kann so mit mehreren Bildschirmen (PC-Bildschirm + Fernseher) arbeiten. Allerdings ist die Signalqualität des Anschlusses meist nicht sehr hoch, da es sich um ein analoges FBAS- oder S-Video-Signal handelt und die meisten Karten nicht den nötigen Schaltungsaufwand treiben, um aus diesen Signaltypen das Bestmögliche herauszuholen.

Component-Out

Über den Komponenten-Ausgang (drei Cinch-Buchsen) werden HDTV-Videodaten analog YPbPr-farbkodiert ausgegeben. Der Ausgang ist wie oben beschrieben meist nicht direkt auf der Grafikkarte ausgeführt.

TV-In

Neben einem Ausgang verfügen manche Karten auch über einen TV-Eingang zum Digitalisieren von externen analogen Videoquellen. Da es kaum Situationen gibt, bei denen TV-Out und TV-In gleichzeitig gebraucht werden, sowie aus Platz- und Kostengründen, sind TV-In und TV-Out oft in einer Buchse realisiert (Video-In-Video-Out). In diesem Fall ist eine gleichzeitige Nutzung als TV-In und TV-Out nicht möglich.

Weiteres

Zusätzliche Signalausgänge und auch -eingänge sind je nach Karte unterschiedlich realisiert. Teilweise sind entsprechende Buchsen (Cinch, S-Video, LFH60) direkt auf dem Slotblech vorhanden. Vor allem aus Platzgründen sehen Hersteller aber auch einen mittelbaren Anschluss über Adapterkabel oder Kabelpeitschen vor. Dann findet sich direkt auf der Grafikkarte eine Buchse, z. B. aus der Mini-DIN-Familie, deren Beschaltung nicht standardisiert ist und die oft die allgemeine Bezeichnung VIVO (für Video-In-Video-Out) hat. Hier wird eine herstellerspezifische Kabelpeitsche angeschlossen, die dann weitere Anschlussmöglichkeiten zur Verfügung stellt.

Bauformen und Anwendungsgebiete

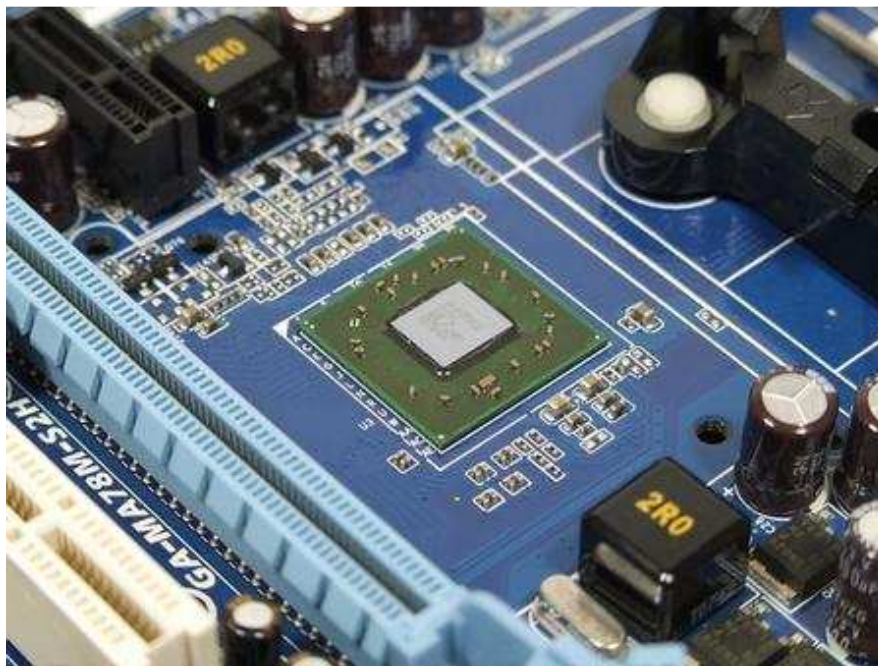
Grundsätzlich werden vier Typen von Grafiklösungen unterschieden:

Onboard-Lösungen (iGPU siehe unten)

Bei diesen Integrated Graphics Processor, kurz IGP genannten Lösungen wird die Funktionalität der Grafikkarte in den Chipsatz der Hauptplatine oder in den Prozessor (z. B. Intel i5) integriert. IGPs bieten alle 2D-Funktionen, aber meistens nur langsame oder veraltete 3D-Funktionalität und werden daher vor allem in billigen und Büro-PCs eingesetzt, aufgrund ihres niedrigen Stromverbrauchs häufig auch in Notebooks. Der niedrige Stromverbrauch ist auch ein Motiv zum Einsatz in Embedded-PCs; bei besonders kritischen Anwendungen wie beispielsweise in der Medizin kommt der Vorteil hinzu, dass die Ausfallquelle der Steckkontakte zwischen Mainboard und Grafikkarte entfällt. Bei besonders kompakten oder preiswerten Geräten wird auf einen eigenen Grafikspeicher verzichtet und stattdessen der Hauptspeicher des Rechners mitverwendet, was sich jedoch negativ auf die Leistungsfähigkeit auswirkt.

Anbieter von IGPs: AMD, Intel, NVIDIA, SiS, VIA Technologies, PowerVR

Neueste Notebooks mit PCIe-Schnittstelle können einen austauschbaren Grafikchip besitzen, was sich jedoch (noch) nicht als Standard durchgesetzt hat. Neueste Forschungen gehen auch dahin, dass sich externe Grafikkarten mittels Thunderbolt-Schnittstelle anschließen lassen.



iGPU (Erweiterung zu Onboard-Lösungen)

Die iGPU beschreibt Grafiklösungen die in einem Prozessor eingebettet sind. Diese kommen zumeist in günstigen Notebooks bzw. Netbooks zum Einsatz. Als Beispiel wären hier die E-XXX Prozessoren von AMD und die ATOM-Prozessoren von Intel zu nennen.

Im Desktop-Bereich wird diese Technik aktuell nur von Intels Sandy-Bridge Prozessoren unterstützt. Dies wird mithilfe von einer Software namens Virtu ermöglicht die von der Firma Lucid vertrieben wird. Der Vorteil liegt darin, dass keine diskrete/separate Grafikkarte benötigt wird. Natürlich sind iGPU-Lösungen nur bedingt Spieletauglich, jedoch zu 100% FullHD/BluRay-tauglich. Somit lassen sich also Multimedia Computer (sog. Wohnzimmer PCs) zum einen kostengünstig und zum anderen sehr effizient betreiben, da die Leistungsaufnahme etwa ein Zehntel von der einer diskreten Grafikkarte beträgt.

Zum Betrieb dieser Technik im Desktop-Bereich wird demnach ein Mainboard benötigt welche die Voraussetzungen dafür erfüllt und natürlich ein Prozessor welcher diese Technik integriert hat.

Mainboards: Intel H61 / H67 / Z68 Chipsatz

Prozessoren: Intel Sandy-Bridge i3-2100, i3-2300, i5-2400, i5-2500, i5-2500K, i7-2600, i7-2600K

Business-Lösungen

Das sind vollwertige Grafikkarten, bei denen wenig Augenmerk auf die 3D-Funktionen gelegt wird, sondern die vor allem ein scharfes und kontrastreiches Bild liefern sollen. Es gibt auch Varianten mit 3D-Zusatzfunktionen, vor allem für CAD-Anwendungen.

Spielegrafikkarten

Diese Grafikkarten gibt es in verschiedenen Preisklassen von rund 100 bis zu 1000 Euro, wobei die teuren Karten das technisch Machbare im Bereich 3D-Darstellung widerspiegeln. Bei Spielekarten konkurrieren hauptsächlich AMD (AMD-Radeon-Serie) und NVIDIA (GeForce-Reihe) miteinander, deren Chips von einer Vielzahl von Herstellern auf deren Grafikkarten verwendet werden. Daneben gibt es noch Anbieter wie S3 Graphics, Matrox (gehörte zu den Pionieren der 3D-Spielegrafikkarten, wurde aber von der mächtigen Konkurrenz in den professionellen Markt zurückgedrängt) und XGI Technology, die aber nur eine untergeordnete Rolle spielen und meist in Büro-PCs Verwendung finden.

Da die meisten Spiele für Microsofts Direct3D-Schnittstelle (ein Teil der Windows-Systemkomponente DirectX) entwickelt werden, sind Spielegrafikkarten auf Höchstleistung mit diesem System optimiert. Grafikkarten, die volle Hardwareunterstützung für die aktuelle DirectX-Version bieten, können praktisch alle technisch realisierbaren 3D-Rendering-Funktionen in Echtzeit berechnen. Manche Spielehersteller setzen aber auf OpenGL, allen voran id Software.

Seit 2006 befindet sich die Version 10 von DirectX auf dem Markt, die allerdings nur in Verbindung mit den Microsoft-Betriebssystemen Windows Vista und Windows 7 funktioniert. DirectX 10 wird seitens NVIDIA von der NVIDIA-GeForce-8-Serie und aufwärts unterstützt, seitens AMD von den Karten der ATI-Radeon-HD-2000-Serie und aufwärts. Karten ab der ATI-Radeon-HD-3000-Serie unterstützen sogar bereits die Nachfolgerversion DirectX 10.1, die mit dem Service Pack 1 für Windows Vista ausgeliefert wird und nur geringe Neuerungen bringt (Verwendung in nur wenigen Spielen, etwa dem Luftkampfspiel H.A.W.X.). DirectX 10 erhöht viele Beschränkungen in der Shaderprogrammierung und soll einen geringeren Overhead als DirectX 9 aufweisen, wodurch das Ausführen von Direct3D-Befehlen schneller vonstattengehen soll. Der Nachteil ist, dass seit der Einführung von DirectX 10 nur wenige Spiele für DirectX 10 optimiert werden (prominentestes Beispiel ist Crysis), da der kommerzielle Verkauf von Windows Vista erst am 30. Januar 2007 begann

und die Nutzung der neuen Effekte von DirectX 10 eine enorme Rechenleistung benötigen und folglich nur auf High-End-Grafikkarten zufriedenstellend funktionieren. Viele neue Spiele unterstützen oftmals immer noch nur DirectX 9 und manchmal parallel DirectX 11, DirectX 10 hat daher nur noch eine geringe Bedeutung.

Seit Ende 2009 gibt es DirectX in Version 11. Diese Version wird bei den Karten von ATI (bzw. AMD) ab der „HD5000“-Reihe und ab der „GTX-400“-Serie von nVidia unterstützt. Noch sind nicht viele Spiele für DirectX11 optimiert, jedoch lief der Start von DirectX 11 besser als der von DirectX 10, da es bei Einführung von Windows 7 und damit DirectX 11 bereits ein Spiel mit DirectX 11 gab (Battleforge) und weitere schnell folgten. Die Spiele unterstützen nebenbei jedoch noch alle DirectX 9. Demnächst erscheinen erste größere Produktionen auf Basis der Frostbite Engine 2 etwa Battlefield 3, die nur noch DirectX 11 unterstützen. Ältere Grafikkarten sowie das Betriebssystem Windows XP werden damit ausgeschlossen.



Professionelle Lösungen

Das sind vor allem Grafikkarten für CAD- und GIS-Anwendungen. Die Karten bieten spezielle für CAD/GIS notwendige Funktionen, die auf „normalen“ Grafikkarten nur emuliert und dadurch sehr viel langsamer genutzt werden können. Nachdem der letzte Spezialchip-Anbieter 3DLabs 2006 das Geschäft eingestellt hat, bieten nur noch AMD (unter dem Markennamen ATI) und NVIDIA Lösungen für das OpenGL-Workstation-Segment an. Die beiden Firmen nutzen dabei Derivate ihrer Spielegrafikkarten-Chips. Diese werden dann mit einem modifizierten ROM und Treiber auf die 2D-Darstellung von OpenGL und nicht mehr auf die 3D-Darstellung von DirectX und OpenGL optimiert. Dabei unterstützen die Treiber dieser Grafikkarten das Zeichnen mehrerer Millionen geglätteter Linien und User-Clip-Planes. Obwohl sich die Hardware zwischen Spiele-3D-Chips und OpenGL-Chips nur minimal unterscheidet, kosten Profi-Karten erheblich mehr. Grund dafür ist das Optimieren der Treiber, der umfangreiche Kundendienst, der Workstation-Kunden geboten werden muss, und das sehr teure SRAM, mit dem manche Grafikkarten ausgestattet sind. Weiterhin sind oft zusätzliche Fähigkeiten vorhanden wie DisplayPort-Anschlüsse zur Nutzung eines höheren Farbumfangs oder die Projektion einer großen Fläche mit mehreren Bildquellen. Die Produktlinien heißen bei AMD ATI FireGL bzw. inzwischen AMD FirePro und bei Nvidia Quadro FX.

Die Rechenleistung der Grafikprozessoren zur Berechnung von parallelisierbaren Rechenoperationen, wie sie z. B. bei technischen und wirtschaftlichen Simulationen vorkommen, wird als GPGPU (General Purpose Computation on Graphics Processing Unit) bezeichnet.

Nvidia nennt diese Technik CUDA, bei AMD wird diese STREAM genannt. CUDA ist bei so gut wie jeder Grafikkarte vorhanden. Sowohl im Low-Budget-Segment als auch teuren Spielegrafikkarten, während AMD diese Technik nur den professionellen Lösungen zur Verfügung stellt.

GPGPU kann auch im Hobby-Bereich seitens Bildbearbeitung, Bild- und Videorenderings oder Videokonvertierungen einiges an Zeit eingespart werden, da die benötigte Rechenleistung nicht nur von dem Prozessor sondern dann zusätzlich noch vom Grafikprozessor berechnet werden.



Software-Grafikschnittstellen (DirectX/OpenGL)

Um Grafikkarten benutzen zu können, ohne Hardware und Software für jede einzeln zu entwickeln, existieren verschiedene Software-Grafikschnittstellen.

Vor allem auf grundlegender Funktionsebene interessant ist das BIOS, das wichtige Text- und Grafikausgabefunktionen bereitstellt, die u. a. von Textkonsolen unter DOS oder Linux genutzt werden. Diese Funktionen sind relativ langsam, funktionieren aber zuverlässig auf jeder Grafikkarte.

In den meisten heutigen Betriebssystemen liegt eine Abstraktionsschicht zwischen Programmen und Hardware, die sogenannten Gerätetreiber. Ohne diese müssten Programme die Hardware direkt ansprechen, was aber aufgrund der Unterschiede zwischen Grafikkarten zu einer hohen Spezialisierung und damit hohem Programmieraufwand für die Unterstützung vieler Grafikkarten führen würde. Da aber Grafikkartentreiber ebenfalls sehr unterschiedliche Funktionen anbieten können, wurden im Laufe der Zeit verschiedene Grafik-APIs entwickelt, die den Zugang zu diesen Funktionen erleichtern sollen. Die bekanntesten darunter sind OpenGL und DirectX (genauer: DirectDraw, Direct3D), die es dem Programmierer ermöglichen, einfach und unabhängig von der Grafikkarte 2D- und 3D-Grafik anzuzeigen. Für letztere setzen die Schnittstellen nicht unbedingt Hardware-3D-Funktionen der Grafikkarte voraus, nutzen diese aber, falls sie vorhanden sind. Ältere 3D-Anwendungen können im Prinzip auch auf Computern mit integrierter Grafik oder einer einfachen 3D-Karte laufen, jedoch relativ langsam und/oder optisch weniger ansprechend.

NVidia SLI (Scalable Link Interface) / AMD CF (Crossfire X)

SLI und Crossfire X beschreibt die Technik um 2 bis 4 Grafikkarten miteinander zu verbinden und sozusagen parallel zu schalten.

Die Voraussetzung dafür ist natürlich, dass das Mainboard ausreichend Steckplätze zur Verfügung stellt. Also 2 bis 4 PCI Express Slots. Während 2 Slots noch relativ häufig (120+ Euro) anzutreffen sind, sind 3 und 4 Slots nur bei teuren High-End-Mainboards (200+ Euro) vorhanden.

Verschiedene Arten von SLI und CF:

2way-SLI/CF: Zwei gleiche Grafikkarten werden dabei parallelgeschaltet. Der Leistungszuwachs beträgt jedoch nicht wie angenommen 100%, sondern im Optimalfall lediglich 40-50%.

3way-SLI/CF: Hierbei werden zwei gleiche und eine „günstige“ Grafikkarte verwendet. Der Effekt ist der selbe wie bei 2way-SLI/CF jedoch mit dem Unterschied, dass die dritte Grafikkarte für aufwändige Physikberechnungen (umherfliegende Blätter, Schnee, ...) genutzt wird.

4way-SLI/CF: Dies ist vergleichbar mit 2way-SLI/CF wobei hier noch 2 weitere Grafikkarten benutzt werden. Die Leistungssteigerung beträgt im Optimalfall 60-80% im Vergleich zu einer Single-Lösung.

Hybrid-SLI/CF: Hybrid-SLI/CF beschreibt ein SLI/CF-System bei dem Grafikkarten unterschiedlicher Hersteller zum Einsatz kommen. Also entweder AMD oder NVidia im Mix. Dies muss jedoch vom Chipsatz unterstützt werden und ist nicht selbstverständlich bei SLI/CF-Fähigen Chipsätzen.

Dual-GPU: Dual-GPU-Grafikkarten sind mit 2 Grafikprozessoren auf einer Platine ausgerüstet. Dies kann mit 2way-SLI/CF verglichen werden. Allerdings spielt hier eher die Kompaktheit eine Rolle, da hierfür keine 2 PCI Express Steckplätze benötigt werden. Beispiel: NV GTX 295, NV GTX 590, AMD 6990 oder die AMD X2-Serien.

Quad-SLI/CF: Quad-SLI/CF bezeichnet die Dual-GPU-Technik. Also 2 Grafikkarten die mit jeweils 2 Grafikprozessoren ausgestattet sind.



Mikroruckler in Verbindung mit SLI/CF

Sowohl CF als auch SLI setzen vorwiegend auf Alternate Frame Rendering. Hierbei kommt es derzeit oft zu dem Phänomen, dass jedes zweite Frame langsamer berechnet wird als das vorherige. Es kommt zu sogenannten „Mikrorucklern“. Dies führt zu einem ungleichmäßigen Spielfluss, der besonders bei relativ niedrigen Frameraten störend ist. Durch diesen Umstand benötigen Grafikkarten im CF/SLI-Modus in den betreffenden Spielen eine deutlich höhere Durchschnitts-Framerate als eine einzelne Grafikkarte, um für das Auge eine relativ ruckelfreie Darstellung zu gewährleisten.

Die Tatsache, dass die höheren durchschnittlichen FPS in Benchmarks im CF/SLI-Modus keine bessere Spielbarkeit liefern, führt dazu, dass in ausführlichen Testberichten insbesondere von CF/SLI mit Grafikkarten bis hin zum Mainstream abgeraten und eine Einzelkarte empfohlen wird.

Stromverbrauch und Wärmeentwicklung

Ein weiterer Negativpunkt von CF/SLI ist, dass die Wärmeentwicklung und der Energiebedarf sehr hoch ansteigt. Demnach wird entweder die Kühlung ein Problem oder die stark erhöhten Energiekosten. Die Kühlung kann man entweder mit einem gut durchlüfteten Gehäuse oder mit einer Wasserkühlung hinbekommen.

Seitens des Energieverbrauchs kann man z.B. mit ‚Undervolting‘ arbeiten. Bei Undervolting wird die Spannung die am Grafikprozessor angelegt ist leicht absenken. Dies ist jedoch ein sehr langwieriger Prozess, da es keine Patentlösung gibt. Hier muss man einfach ausprobieren und dann mit speziellen Programmen (Benchmarks) die Stabilität testen. Im Optimalfall lässt sich der Verbrauch um etwa 40-50 Watt senken. Ausgehend von einem 100%-Last-Verbrauch bei einem 2way-SLI/CF von etwa 400-500 Watt lassen sich somit ungefähr 10% einsparen.

Overclocking (dt: Übertaktung)

Overclocking beschreibt ein manuelles Verfahren um die Leistungsfähigkeit der Grafikkarte (oder auch Prozessor und Arbeitsspeicher) zu erhöhen. Durchschnittlich können Grafikkarten mit ausreichender Luftkühlung um ca. 5-10% übertaktet werden. Wenn der Computer bzw. die Grafikkarte über eine Wasserkühlung verfügt, sind hier auch schnell bis zu 15-20% machbar.

Hierzu werden verschiedene Programme benötigt. Zwei der verbreitetsten Programme sind MSI Afterburner und EVGA Precision. Mit diesen Programmen können die Taktfrequenzen für den Grafikprozessor und den Videospeicher erhöht werden. Desweiteren kann auch die Spannung erhöht (oder wie beim Undervolting erklärt auch verringert) werden.

Um Overclocking zu betreiben sollte man sich jedoch bewusst sein, dass die Garantie erlischt, man also keinen Ersatz bekommt wenn diese durch falsche/zu hohe Taktraten kaputt geht. Hier gibt es kaum Schutzmechanismen. Desweiteren sollte man sich gut bis sehr gut mit Computer-Hardware auskennen.



Benchmarks

Benchmarks werden benutzt um die Leistungsfähigkeit des Computers oder einer einzelnen Komponente zu bestimmen. Benchmarks werden immer beliebter und sind seit Jahren seitens der Hersteller einen regelrechten Wettkampf um die Leistungskrone – der auch von Usern weitergeführt wird. Hierzu gibt es diverse Webseiten im Netz mit Ranglisten. Bsp.: hwbot.org oder sysprofile.de

