

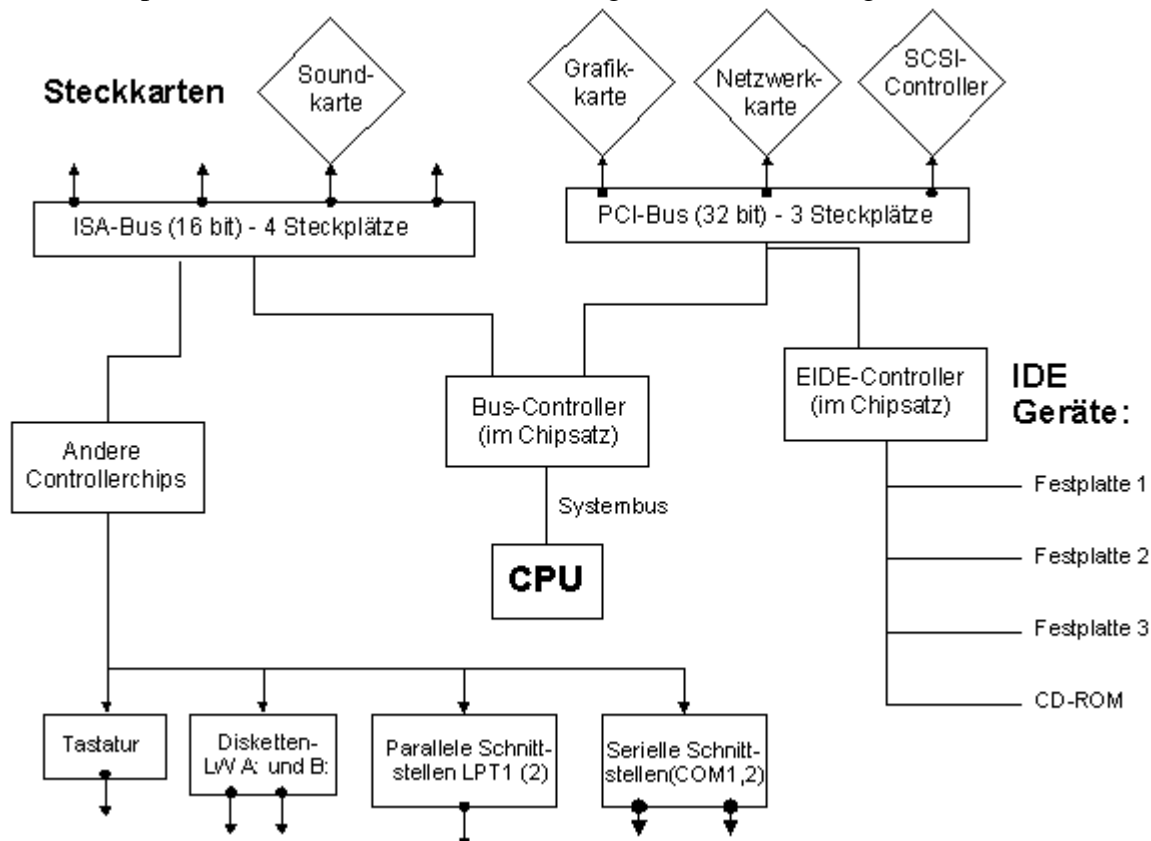
Der Datenfluss auf dem Motherboard

Die wichtigsten Bauteile auf dem Motherboard sind die CPU (das "Gehirn" des PC) und die *Busse*. Die Busse stellen das Nervensystem des Rechners dar. Sie verbinden die CPU mit allen anderen Komponenten. Es gibt mindestens drei verschiedene Bussysteme, die im folgenden dargestellt werden.

Die Busse sind die Autobahnen im PC. Sie sind "Drähte" auf dem Motherboard auf dem die Daten zwischen den verschiedenen Teilen des PC fließen.

Auf einem "Draht" kann immer ein Bit gleichzeitig bewegt werden.

In den folgenden Erklärungen gehen wir von einem typischen Pentium aus. Wir sehen uns Busse, Chipsätze und CPUs an. Dieses Bild zeigt einen Teil der Logik auf dem Motherboard.

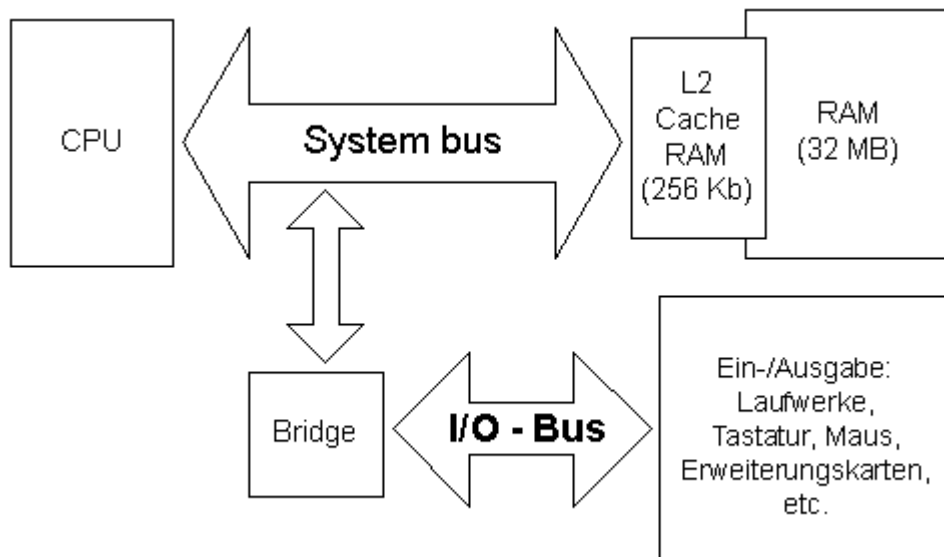


Die verschiedenen Busse im PC

Der PC sendet und empfängt Daten über die Busse. Man kann sie einteilen in:

- Den Systembus, der die CPU mit dem RAM verbindet
- I/O-Busse, die die CPU mit anderen Komponenten verbinden.

Der Punkt ist, dass der *Systembus* der zentrale Bus ist. Er stellt auch die Verbindung zum I/O-Bus und damit zu allen Komponenten des PC her. Die folgende Abbildung ist nicht völlig korrekt, da die Architektur in Wirklichkeit viel komplexer ist, aber sie zeigt, dass der I/O-Bus für gewöhnlich vom Systembus abzweigt.



Sie sehen den zentralen Systembus, der die CPU mit dem RAM verbindet. Eine *Brücke* (*Bridge*) verbindet den I/O- und den Systembus und Die Brücke ist ein Teil des Chipsatzes.

Die drei I/O-Busse

Die I/O-Busse bewegen Daten. Sie verbinden alle Ein-/Ausgabegeräte mit der CPU und dem Arbeitsspeicher. Ein-/Ausgabegeräte sind alle Geräte, die Daten in den PC einlesen (Tastatur, Maus, Laufwerke) oder ausgeben (Grafikkarte, Soundkarte). In einem modernen (Pentium-) PC gibt es zwei oder drei verschiedene I/O-Busse:

- Den ISA-Bus, den ältesten, einfachsten und langsamsten Bus
- Den PCI-Bus, der schneller und intelligenter als der ISA-Bus ist.
- Den USB-Bus, den neuesten in der Busfamilie. Er wird wahrscheinlich bald den ISA-Bus ablösen.

Die drei I/O-Busse werden später beschrieben. Zunächst werden wir den fundamentalen Bus näher betrachten, von dem alle anderen Busse abzweigen:

Der Systembus

Der Systembus verbindet CPU und RAM und oft auch einen Pufferspeicher (den L2-Cache).

Der Systembus befindet sich auf dem Motherboard. Die anderen Busse zweigen von ihm ab. Er ist für einen bestimmten CPU-Typ gebaut. Das Innenleben des Prozessors bestimmt die Anforderungen an den Systembus. Es wurde viel an der Beschleunigung des "Verkehrs" auf dem Motherboard gearbeitet. Je schneller der Bus ist, desto schneller muss auch der Rest der Elektronik um den Bus herum arbeiten.

Die folgende Tabelle zeigt verschiedene CPUs und ihren Systembus:

| Ältere CPUs | Breite des Systembus | Geschwindigkeit des Systembus |
|-------------|----------------------|-------------------------------|
|-------------|----------------------|-------------------------------|

| | | |
|------------------|--------|----------|
| 8088 | 8 Bit | 4.77 MHz |
| 8086 - 4.77 MHz | 16 Bit | 8 MHz |
| 80286 - 12 MHz | 16 Bit | 12 MHz |
| 80386SX - 16 MHz | 16 Bit | 16 MHz |
| 80386DX - 25 MHz | 32 Bit | 25 MHz |

Man sieht, dass die Geschwindigkeit des Systembus der der CPU folgt. Erst in der vierten Generation von CPUs benutzt man eine Verdopplung der Taktfrequenz, so dass die CPU eine höhere *interne* Taktfrequenz (und damit Geschwindigkeit) hat. Die *externe* Taktrate, die im Systembus benutzt wird, ist also nur halb so gross wie die interne Frequenz des Prozessors:

| CPUs in der 80486er Reihe | Breite des Systembus | Geschwindigkeit Systembus |
|---------------------------|----------------------|---------------------------|
| 80486SX-25 | 32 Bit | 25 MHz |
| 80486DX-33 | 32 Bit | 33 MHz |
| 80486DX2-50 | 32 Bit | 25 MHz |
| 80486DX-50 | 32 Bit | 50 MHz |
| 80486DX2-66 | 32 Bit | 33 MHz |
| 80486DX4-120 | 32 Bit | 40 MHz |
| 5X86-133 | 32 Bit | 33 MHz |

66-MHz-Bus

Lange Zeit liefen PC mit Pentium-Prozessoren nur mit 60 oder 66 MHz auf dem 64 Bit breiten Systembus:

| CPUs der Pentium-Reihe | Breite des Systembus | Geschwindigkeit des Systembus |
|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Intel P60 | 64 Bit | 60 MHz |
| Intel P100 | 64 Bit | 66 MHz |
| Cyrix 6X86 P133+ | 64 Bit | 55 MHz |
| AMD K5-133 | 64 Bit | 66 MHz |
| Intel P150 | 64 Bit | 60 MHz |
| Intel P166 | 64 Bit | 66 MHz |
| Cyrix 6X86 P166+ | 64 Bit | 66 MHz |
| Pentium Pro 200 | 64 Bit | 66 MHz |
| Cyrix 6X86 P200+ | 64 Bit | 75 MHz |
| Pentium II | 64 Bit | 66 MHz |

100-MHz-Bus

Die Geschwindigkeit des Systembus wurde 1998 erhöht. Mittels [PC100](#) SDRAM kann man den Systembus mit 100 MHz betreiben und bald werden durch [RDRAM](#) noch höhere Geschwindigkeiten möglich.

Allerdings hat die Steigerung von 66 auf 100 MHz eine entscheidende Auswirkung auf Socket 7 - Motherboards und Prozessoren: In diesen Pentium-2-Systemen gehen 70 bis 80 Prozent des Datenverkehrs durch das SEC-Modul, in dem sich L1 und L2-Cache befinden. Dieses Modul hat seine eigene vom Systembus unabhängige Geschwindigkeit.

Mit dem K6-Prozessor wird ein System durch die Erhöhung der Busgeschwindigkeit insgesamt entscheidend schneller, da der Datenstrom zwischen L1 und L2-Cache über den System-Bus geht.

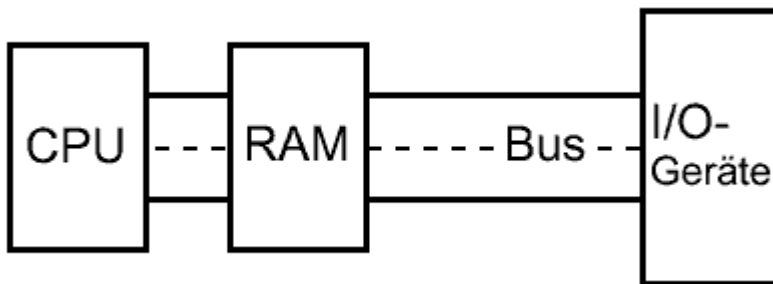
Intel benutzt den JX Chipsatz mit seinem Pentium III, so dass der Systembus mit bis zu 133 MHz läuft. AMD ändert die Systemarchitektur beim K7-Prozessor. Er wird keinen Systembus im bisherigen Sinn mehr benutzen.

| Prozessor | Chipsatz | Geschwindigkeit des Systembus | CPU-Geschwindigkeit |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------|
| Intel Pentium II | 82440BX82440GX | 100 MHz | 350, 400, 450 MHz |
| AMD K6-2 | Via MVP3ALi Aladdin V | 100 MHz | 250, 300, 400 MHz |
| Intel Pentium Xeon | 82450NX | 100 MHz | 450, 500 MHz |
| Intel Pentium III | 82440JX | 133 MHz | 533, 665 MHz |
| AMD K7 | ? | 200 MHz | 600, 800 MHz |

Einführung zum I/O-Bus

Wir haben schon gesehen, dass die Bussysteme des PC die grundlegenden "Datenautobahnen" auf dem Motherboard sind. Der "erste" Bus ist der *Systembus*, der die CPU mit dem RAM verbindet. Er wird auch lokaler Bus genannt. Seine Geschwindigkeit und Breite (die Anzahl Bits die gleichzeitig übertragen werden) hängen vom Typ der installierten CPU ab. Typischerweise ist der Systembus 64 Bit breit und 66 MHz schnell. Diese hohe Geschwindigkeit erzeugt Störsignale und andere Probleme. Daher muss die Geschwindigkeit auf dem Weg zu den Steckkarten auf dem Motherboard reduziert werden. Die wenigsten Erweiterungskarten arbeiten mit einer Geschwindigkeit von mehr als 40 MHz. Bei höheren Geschwindigkeiten können die Chips nicht mehr schnell genug schalten. Daher gibt es in modernen PCs zusätzliche Busse.

Die ersten PCs hatten jedoch nur einen Bus der die CPU, den RAM und die anderen Komponenten verbunden hat:



Die CPUs der ersten und zweiten Generation liefen mit relativ geringen Taktfrequenzen so dass alle Komponenten mit der Geschwindigkeit des Prozessors mithalten konnten. Unter anderem konnte dadurch zusätzlicher Arbeitsspeicher auf Steckkarten untergebracht werden, die wie andere Komponenten in normalen Steckplätzen installiert wurden. Das wäre heute undenkbar.

1987 führte Compaq die Trennung von System- und I/O-Bus ein. Die beiden Bussysteme konnten jetzt mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten arbeiten. Diese Multi-Bus-Architektur wurde seitdem Standard. Moderne PCs haben zusätzlich noch mehrere I/O-Busse

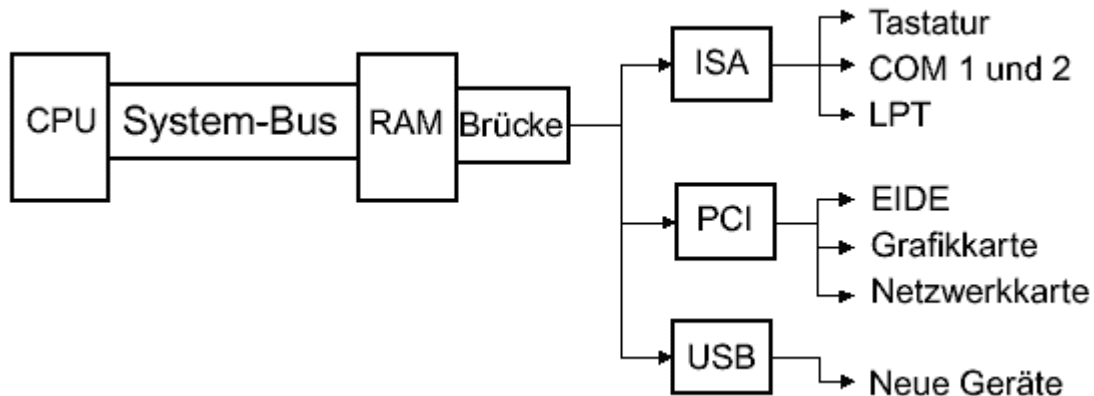
Was tut ein I/O-Bus ?

I/O-Busse verbinden die CPU mit allen anderen Komponenten ausser dem RAM. Die Daten werden auf den Bussen von einer Komponente zur anderen und von den Komponenten zur CPU und zum RAM bewegt. Die I/O-Busse unterscheiden sich vom Systembus in der Geschwindigkeit. Sie arbeiten stets langsamer als der Systembus. Mit den Jahren haben sich verschiedene I/O-Busse entwickelt. In modernen PCs gibt es für gewöhnlich vier I/O-Busse:

- Der ISA-Bus ist alt und langsam und wird bald nicht mehr in PCs eingebaut.
- Der PCI-Bus ist ein neuerer Hochgeschwindigkeits-Bus.
- Der USB-Bus (*Universal Serial Bus*), ein noch neuerer, langsamer Bus an den Peripheriegeräte wie Tastatur, Maus oder Scanner angeschlossen werden können.
- Der AGP-Bus, der nur für Grafikkarten entwickelt wurde.

Wie bereits erwähnt sind I/O-Busse eigentlich Erweiterungen des Systembus. Auf dem Motherboard endet der Systembus in einem Controller-Chip, der eine Verbindung (Brücke) zum I/O-Bussystem bildet.

Fazit: Die Busse spielen eine zentrale Rolle beim Datenaustausch im PC. Alle Komponenten ausser der CPU kommunizieren untereinander und mit dem RAM durch die I/O-Busse. Hier ist eine Illustration dieser Vorgänge:



Die physikalischen Aspekte der I/O-Busse

Physikalisch besteht der I/O-Bus aus mehreren Leitungen auf einer Leiterplatte. Diese Leitungen werden benutzt als:

- Datenleitungen, die je ein Bit gleichzeitig übertragen können
- Adressierungsleitungen, die Informationen darüber weiterleiten, wohin die Daten auf den Datenleitungen gehen sollen
- Leitungen für den Takt, Information über die Betriebsspannung, Fehlerkorrektur, etc.

Wenn Daten über den Bus gesendet werden, müssen sie wie Briefe mit einem *Empfänger* versehen werden. Daher hat jedes Gerät, das an den Bus angeschlossen ist eine Adresse. Der Arbeitsspeicher ist in Abschnitte eingeteilt, von denen jeder eine eigene Adresse hat. Bevor Daten geschickt werden, wird auf der Adressleitung eine Adresse geschickt, um zu identifizieren, an wen die Daten geschickt werden sollen.

Die Anzahl der Datenleitungen bestimmt die Kapazität der Datenübertragung. Der ISA-Bus ist langsam, unter anderem weil er nur 16 Datenleitungen hat. Moderne PCs schicken 32 Bit pro Taktimpuls über den Bus. Beim ISA-Bus müssen 32 Bit in zwei Paketen von je 16 Bit übertragen werden. Das verlangsamt die Übertragung.

Ein weiteres Konzept beim I/O-Bus ist das der *wait states*. Wait states sind kurze Pausen. Wenn eine Komponente am ISA-Bus (z.B. Soundkarte) mit der Geschwindigkeit des Datenstroms nicht mithalten kann, sendet der ISA-Controller Wait states an die CPU. Das sind Signale, die der CPU sagen, sie solle etwas warten. Ein wait state ist also ein vergeudeter Taktzyklus. Die CPU wartet einen Taktzyklus falls sie nicht noch andere Aufgaben zu erledigen hat. Auf diese Weise bremst der alte langsame ISA-Bus ein modernes System aus.

Ein Aspekt des I/O-Bus sind die IRQs, mit denen die Komponenten die Aufmerksamkeit der CPU auf sich lenken.

Technischer und historischer Hintergrund der I/O-Busse

In modernen PCs findet man ISA-, PCI- und USB-Busse. Es gab jedoch auch schon andere Busarten. Hier ein Diagramm der verschiedenen I/O-Busse. Anschliessend eine detailliertere Beschreibung der einzelnen Typen.

| Bus | Jahr | Datenbreite | Geschwindigkeit | Max. Datendurchsatz (theoretisch) |
|---|---------|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| PC und XT | 1980-82 | 8 Bit | synchron mit CPU: 4.77 - 6 MHz | 4-6 MBps |
| ISA (AT)Einfacher Bus | 1984 | 16 Bit | synchron 8-10 MHz | 8 MBps |
| MCA. Innovativer, intelligenter Bus von IBM | 1987 | 32 Bit | Asynchron 10.33 MHz | 40 MBps |
| EISA. Bus für Server | 1988 | 32 Bit | synchron max. 8 MHz | 32 MBps |
| VL. Schneller Bus, in 486ern eingesetzt | 1993 | 32 Bit | Synchron 33-50 MHz | 100-160 MBps |
| PCI. Intelligenter, moderner schneller Bus | 1993 | 32 Bit | Asynchron 33 MHz | 132 MBps |
| USB. Modern, simpel, intelligent | 1997 | ? | seriell | 1.2 MBps |
| FireWire (IEEE1394). Schneller I/O-Bus für Massenspeicher, Video, etc | 1999 | ? | seriell | 80 MBps |

SCSI ist ein weiterer Bustyp.

Einführung zum ISA-Bus

Seit etwa 1984 war der Standard Bus für Ein- und Ausgabe im PC der ISA-Bus (*Industry Standard Architecture*). Er wird noch immer in alle PCs eingebaut aus Gründen der Kompatibilität. Dadurch kann man in neue PCs alte ISA-Steckkarten einbauen.

ISA war eine Verbesserung des allerersten PC-Bus von IBM, der nur 8 Bit breit war. IBMs Name dafür ist *AT-Bus*. Aber man nennt ihn üblicherweise ISA-Bus.

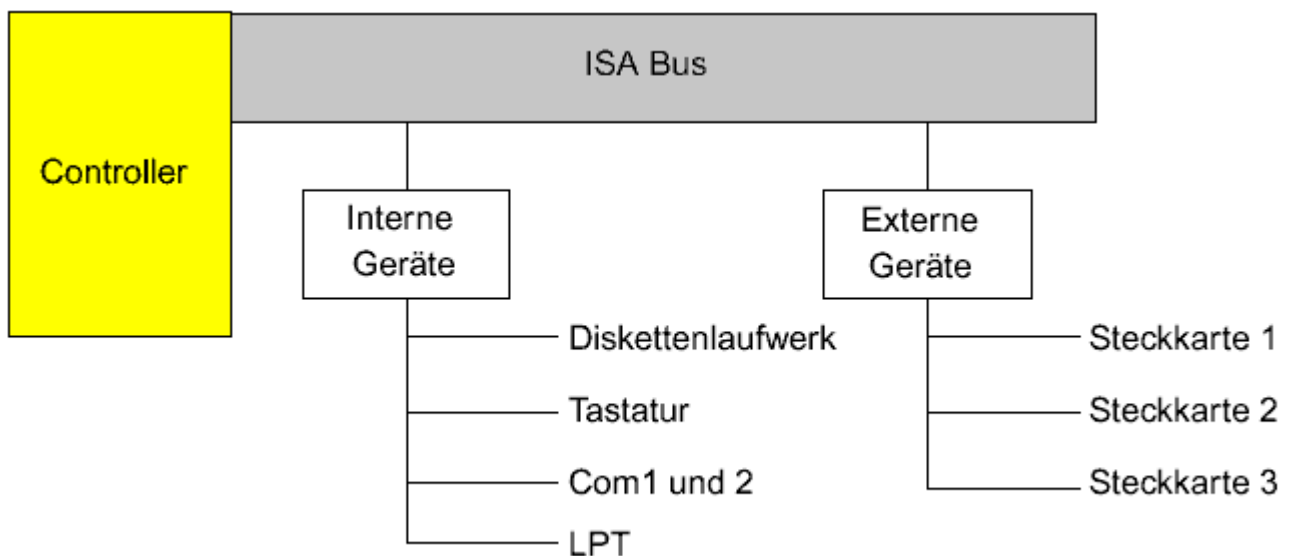
ISA ist 16 Bit breit und wird mit maximal 8 MHz betrieben. Allerdings braucht es 2 bis 3 Taktzyklen um 16 Bit Daten zu übertragen. Der ISA-Bus arbeitet synchron mit der CPU, d.h. der Bus überträgt die Daten genau im Takt der CPU. Ist der Systembus schneller als 10 MHz, reagieren manche Erweiterungskarten unverträglich und die ISA-Taktfrequenz wird auf einen Bruchteil der Frequenz des Systembus eingestellt. Dann liest der ISA-Bus z.B. nur bei jedem zweiten System-Bus-Takt Daten.

Der ISA-Bus hat eine theoretische Geschwindigkeit von 8 MB pro Sekunde. Aber in der Praxis werden 1 bis 2 MByte/s kaum überschritten. Das wurde schon bald zu wenig.

Die zwei Gesichter des ISA-Bus

Im modernen PC hat der ISA-Bus zwei Aspekte:

- Den internen ISA-Bus, der für die einfachen Schnittstellen wie die Tastatur, serielle und parallele Schnittstellen und Diskettenlaufwerk benutzt wird.
- Den externen Erweiterungsbus, über den 16 Bit-ISA-Karten angeschlossen werden. Heutzutage werden die ISA-Steckplätze hauptsächlich für 16 Bit SoundBlaster-kompatible Soundkarten benutzt.



Probleme

Es gibt zweierlei Probleme beim ISA-Bus:

- Er ist schmal und langsam. Er kann nicht genug Bits gleichzeitig übertragen. Er hat eine sehr begrenzte Bandbreite.
- Er ist nicht intelligent.

Vergleichen wir die Bandbreiten von ISA- und PCI-Bus:

| Bus | Übertragungszeit | Datenmenge pro Übertragung |
|-----|------------------|----------------------------|
| ISA | 375 ns | 16 Bit |
| PCI | 30 ns | 32 Bit |

Es gibt einen klaren Unterschied in der Kapazität der beiden Busse. Der ISA Bus braucht viel Zeit für jede Übertragung und er bewegt nur 16 Bit auf einen Schlag.

Das andere Problem beim ISA-Bus ist der Mangel an Intelligenz. Das heisst, dass die CPU den Datenfluss über den Bus steuern muss. Bis die Übertragung beendet ist, kann die CPU nichts anderes tun. Besonders gut zu beobachten ist das, wenn man versucht, etwas mit

seinem PC anzufangen während Daten auf eine Diskette geschrieben werden. Dann ist der gesamte PC blockiert bis das Schreiben beendet ist. Oft ist der PC wie eingefroren. Das ist das Ergebnis des langsamen, unintelligenten ISA-Bus.

Probleme mit den IRQs

Der ISA-Bus kann besonders dann zur Qual werden, wenn man versucht, neue Erweiterungskarten (z.B. eine Soundkarte) zu installieren. Viele dieser Probleme haben mit dem Einstellen von DMA und IRQ zu tun, was man beim ISA-Bus von Hand machen muss.

Jedes Gerät benutzt einen bestimmten IRQ, manche brauchen zusätzlich einen DMA-Kanal. Hier kann es zu Konflikten zwischen neuer und bereits vorhandener Hardware kommen.

Der ISA-Bus ist tot

Wie schon gesagt, ist der ISA-Bus vollkommen veraltet und sollte 1999 gar nicht mehr benutzt werden. Und es ist rechts wahrscheinlich, dass diese "veraltete, tradierte Technologie" (laut Intel) innerhalb der nächsten zwei Jahre verschwinden wird.

Der USB-Bus ist die Technologie die ihn ersetzen wird. Es hat viele Jahre gedauert um ihn zu entwickeln und zu etablieren, aber es ist fast soweit.

Intels Chipsatz 810 ist der erste, der ISA gar nicht mehr unterstützt.

MCA, EISA und VLB

In den 80er Jahren entstand die Nachfrage nach schnelleren Bussen als dem ISA-Bus. IBM entwickelte den MCA-Bus und Compaq und andere Firmen antworteten darauf mit dem EISA-Bus. Keiner dieser neuen Busse war besonders schnell und so wurden sie auch ausserhalb des Server-Marktes nie sehr erfolgreich.

MCA

IBMs Bus von 1987 heisst *Micro Channel Architecture*. Der MCA - Bus war ein Meisterwerk, er vereinte die beste Bustechnologie der Grosscomputer mit den Anforderungen des PC. Im Gegensatz zu ISA war MCA jedoch patentiert und jeder der die MCA-Technologie verkaufen wollte, musste hohe Lizenzgebühren an IBM zahlen. Daher hatte dieser Bus nie grossen Erfolg, trotz seines guten Designs. Er endete als klassisches Beispiel für schlechtes Marketing.

Der MCA-Bus ist 32 Bit breit und "intelligent". MCA-Erweiterungskarten konfigurieren ihre IRQs selbst. Sie können installiert werden ohne dass man von Hand Einstellungen an Jumpers oder ähnlichem vornehmen muss. MCA arbeitet konstant mit 10.33 MHz, asynchron zum Systembus.

Der MCA-Bus ist ausserdem relativ schnell. Er schafft bis zu 40 MBit pro Sekunde. Es gab jedoch nie allzu viele Karten für den MCA-Bus, da er fast nur von IBM-PCs benutzt wurde.

EISA

Der EISA-Bus wurde von der "Gang of Nine" als Antwort auf IBMs MCA entwickelt. Die "Gang of Nine" besteht aus den Firmen AST, Compaq, Epson, Hewlett-Packard, NEC, Olivetti, Tandy, Wyse und Zenith.

EISA ist auf dem ISA-Bus aufgebaut; Die Steckverbindung ist ähnlich und alte ISA-Karten passen noch. Um zum ISA-Bus kompatibel zu bleiben arbeitet der EISA-Bus mit maximal 8 MHz. Wie der ISA-Bus ist er synchron zur CPU, daher beträgt seine Taktfrequenz einen Bruchteil der Systembus-Frequenz.

Die alten ISA-Karten passen in einen EISA-Steckplatz. Diese haben noch zusätzliche Kontakte unter denen für ISA-Karten.

Der EISA- ist intelligenter als der ISA-Bus. Er beherrscht Busmastering, shared Interrupts und konfiguriert sich selbst. Er ist 32 Bit breit und hat durch *compressed transfers* und *burst mode* eine hohe Leistung.

Aber wie der MCA-Bus hat er sich nicht durchgesetzt und wurde hauptsächlich in Servern verwendet.

Vesa Local Bus

Abgekürzt auch VLB. Es ist eine billige und simple Technologie. Der VL-Bus war ein kurzlebiges Phänomen (von 93 bis 94). Er war bei 486er Motherboards verbreitet, deren Systembus mit 33 MHz lief. VLB arbeitet mit dem gleichen Takt wie der Systembus. Daher ist die Datenübertragung synchron mit der CPU. Das Problem beim VLB war die Kompatibilität. VLB-Karten und -Motherboards arbeiteten nicht immer zusammen. VESA ist eine Organisation mit etwa 120 Mitgliedern, hauptsächlich Hersteller von Monitoren und Grafikkarten. Daher sind die meisten VLB-Karten Grafikkarten.

Der PCI-Bus

PCI ist der Hochgeschwindigkeitsbus der 90er. PCI heisst *Peripheral Component Interconnect*, also "Anschluss für Peripheriegeräte". Er ist von Intel entwickelt worden. Er wird heute in allen PCs und anderen Computern verwendet, um Erweiterungskarten anzuschliessen, z.B. Sound-, Grafik- oder Netzwerkkarten.

Manche Grafikkarten benutzen allerdings nicht den PCI- sondern den AGP-Bus, ein spezieller Grafikbus.

Der PCI-Bus ist der zentrale I/O-Bus in allen PCs.

Ein 32-Bit-Bus

Der PCI-Bus ist eigentlich 32 Bit breit, funktioniert aber in der Praxis wie ein 64 Bit breiter Bus. Er läuft mit 33 MHz und überträgt maximal 132 MBit pro Sekunde.

Laut Spezifikationen - nicht in der Praxis - können bis zu 8 Geräte mit bis zu 200 MHz an den Bus angeschlossen werden. Der Bus ist processorunabhängig, daher kann er mit allen 32- und 64-Bit CPUs arbeiten, und auch in anderen Computern als PCs.

Der PCI-Bus ist ISA-kompatibel, er kann also auf Signale von ISA-Karten reagieren, dieselben IRQs nutzen u.s.w.

Puffer und PnP

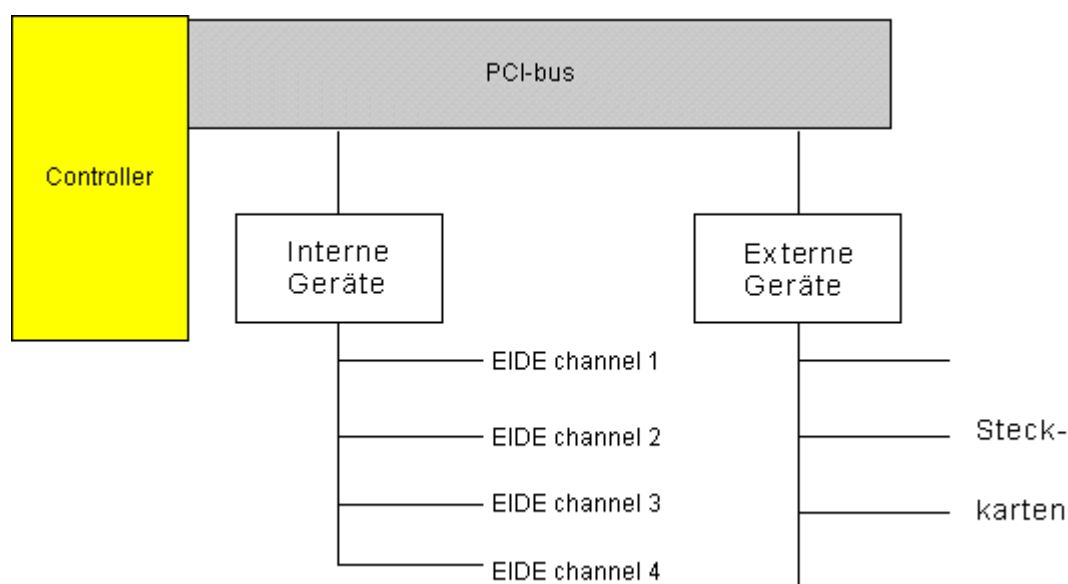
Der PCI-Bus ist *gepuffert*, d.h. die CPU kann Daten an den Bus liefern und dann andere Aufgaben erledigen. Der Bus übernimmt den weiteren Transport der Daten mit seiner eigenen Geschwindigkeit. Ebenso können die Steckkarten am PCI-Bus Daten in den Puffer schreiben, egal, ob die CPU die Daten sofort in Empfang nehmen kann. Sie werden in eine Warteschlange gestellt bis der Systembus sie an die CPU weiterleiten kann. Das nennt man *asynchronen* Betrieb im Gegensatz zum *synchronen* Betrieb, wo CPU und Bus zu bestimmten Zeitpunkten Daten liefern und empfangen und sich nicht verpassen dürfen. Unter optimalen Bedingungen überträgt der PCI - Bus 32 Bit pro Takteinheit. Manchmal braucht er jedoch auch zwei Takteinheiten.

Deshalb funktionieren die PCI-Peripheriegeräte *asynchron* und der PCI-Bus ist im Gegensatz zum VL-Bus kein lokaler Bus. Schließlich ist der PCI-Bus relativ intelligent; Plug and Play-Funktionalität ist in den PCI-Spezifikationen enthalten, das heisst, dass sich PCI-Karten selbst konfigurieren. Plug and Play heißt abgekürzt "PnP".

Der PCI - Bus hat zwei Gesichter

Auf modernen Motherboards hat der PCI-Bus (ebenso wie der ISA-Bus) zwei "Gesichter":

- Den internen PCI-Bus, der die Geräte an den EIDE-Anschlüssen mit dem Motherboard verbindet.
- Den PCI-Erweiterungsbuss, der normalerweise 3 bis 4 Steckplätze für PCI - Karten hat.



Der PCI-Bus wird kontinuierlich weiterentwickelt. Es gibt eine PCI- *Special Interest Group*, die aus den wichtigsten Firmen besteht (Intel, IBM, Apple und andere), die die Entwicklung koordinieren und Standards vereinbaren.

Bald gibt es den PCI-Bus mit 66 MHz und 64 Bit Breite. Es gibt aber auch noch andere Busse, z.B. den sehr schnellen AGP-Bus (Accelerated Graphics Port), der speziell für Grafikkarten entwickelt wurde, sowie den FireWire. AGP ist grundsätzlich ein 66 MHz PCI-Bus, der für das Zusammenspiel mit der Grafikkarte optimiert wurde.

PCI-X

Eine weitere Neuentwicklung ist der sogenannte PCI-X-Bus (auch "Project One" oder "Future I/O"). Unternehmen wie IBM, Mylex, 3COM, Adaptec, HP und Compaq wollen eine besonders schnelle Server-Version des PCI-Bus entwickeln. Dieser neue Bus erlaubt eine Geschwindigkeit von bis zu 1 Gigabyte pro Sekunde (bei 64 Bit Breite und 133 MHz).

Intels NGIO (Next-Generation I/O)

Die NGIO Server-Architektur ist eine weitere Initiative von Dell Computer, Hitachi, NEC, Siemens, Sun Microsystems und Intel. Es ist als Antwort auf PCI-X zu verstehen.

Die AGP-Schnittstelle

Was ist AGP?

Ein neuer Bus wurde 1997 vorgestellt. Er heisst AGP (*Accelerated Graphics Port - beschleunigter Anschluss für Grafikkarten*) und ist speziell für Grafikkarten entwickelt worden.

Einführung

Der AGP-Bus erfüllt zwei Zwecke:

- Den PCI-Bus entlasten indem er ihm die Grafikdaten abnimmt. Der PCI-Bus kann sich anderen aufwendigen Aufgaben widmen, z.B. Netzwerkdaten und Daten von den Festplatten transportieren.
- Die Bandbreite des Grafiksystems erhöhen.

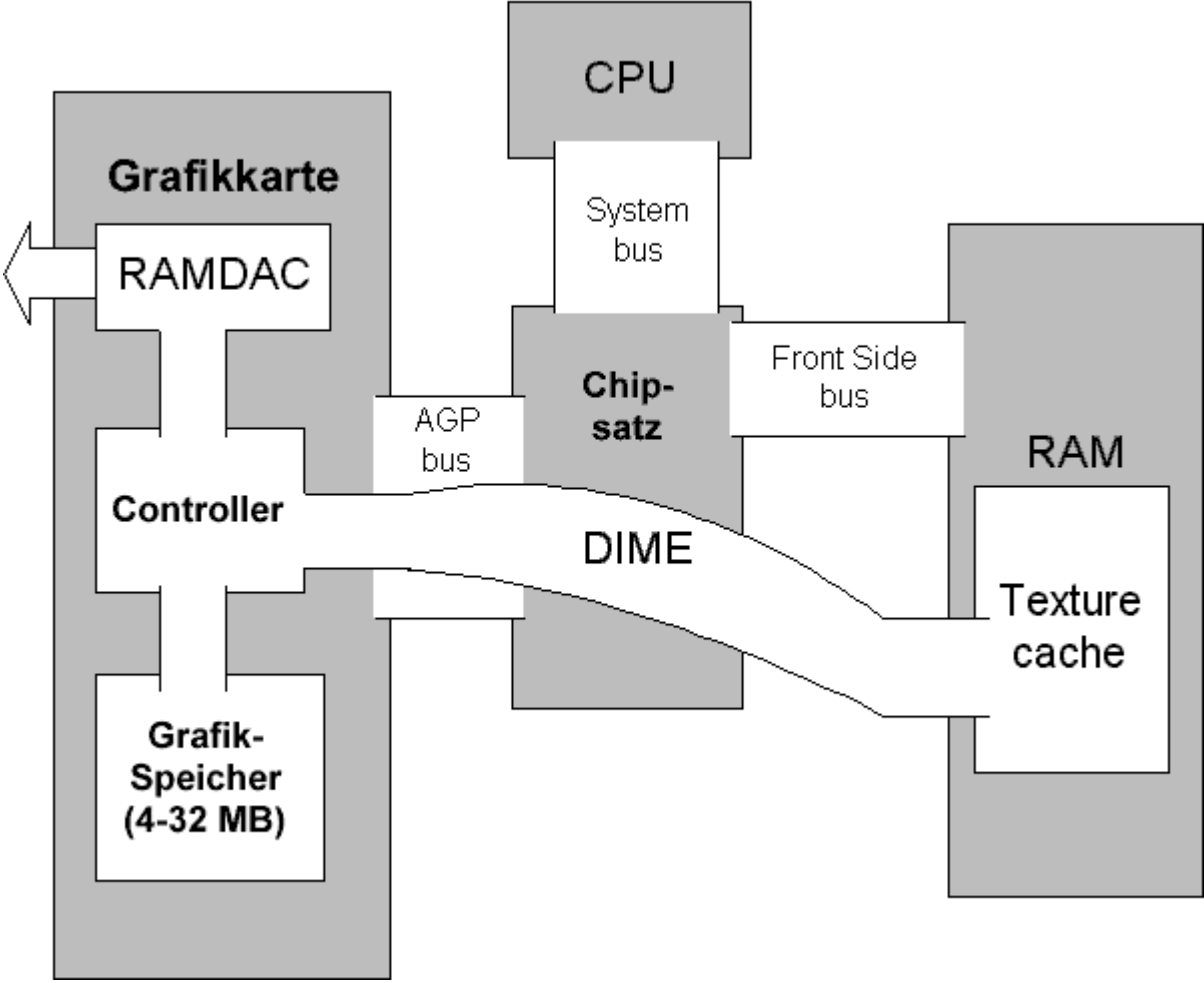
AGP wurde zusammen mit dem Pentium II und dem 82440LX- Chipsatz von Intel eingeführt. Intel hoffte, durch ein völlig neues Motherboard-Design mit dem neuen Grafik-Bus vom Sockel 7 - Standard wegzukommen. Aber schon bald gab es von Ali und VIA Chipsätze mit AGP-Unterstützung für Sockel 7 - Boards. Daher findet man AGP inzwischen auf allen neuen Motherboards.

Die Technologie des AGP-Bus

AGP beinhaltet mehrere Technologien, von denen ich nur einige erkläre:

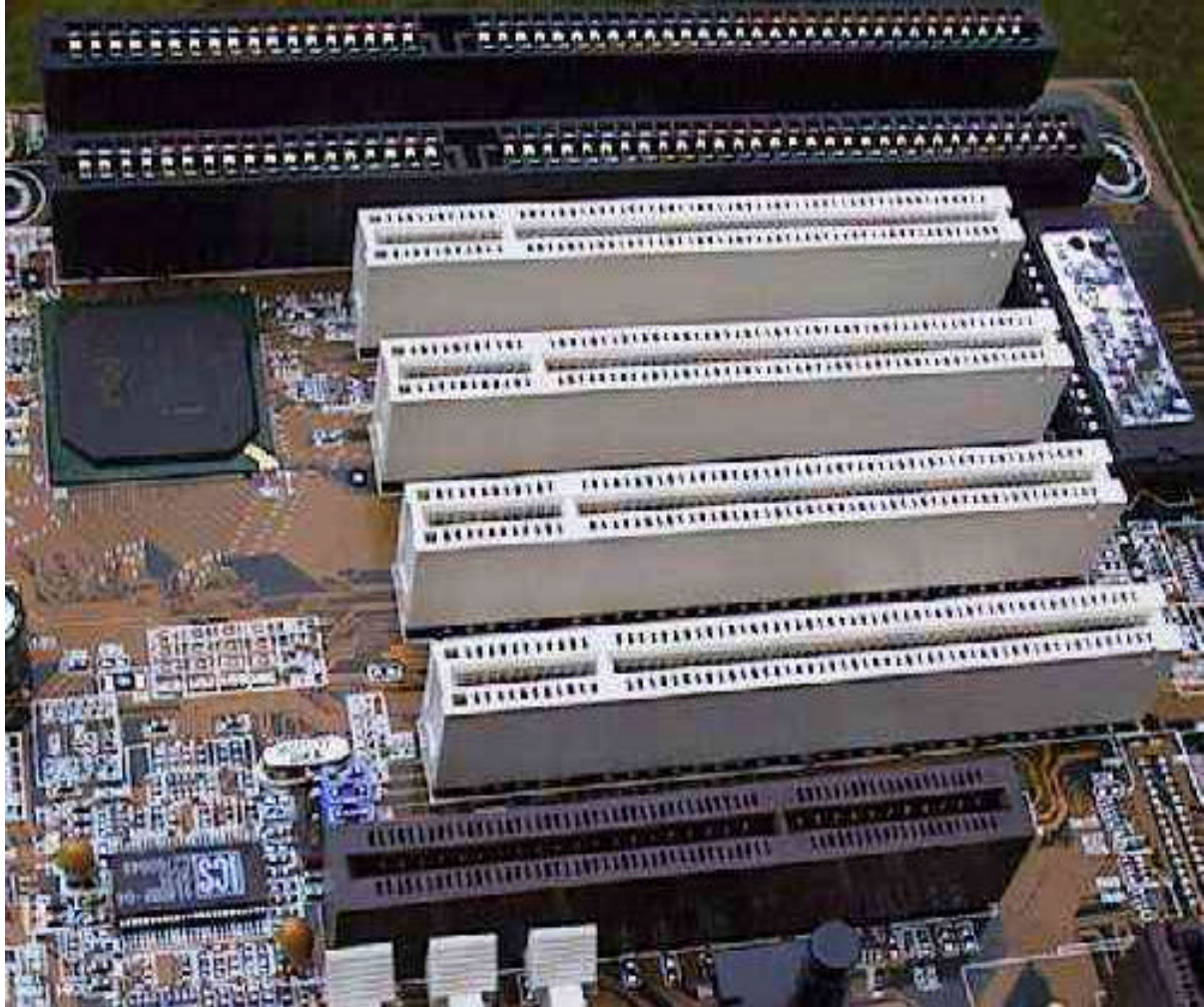
- PCI Version 2.1 mit 66 MHz Bus-Frequenz. Das bedeutet eine Verdopplung der Geschwindigkeit gegenüber dem traditionellen PCI-Bus, von 133 auf 266 MB/sek.
- Eine Art Takt-Multiplikator, bei dem die Bandbreite auf 533 MB/sek. erhöht wird.
- Die Fähigkeit, den RAM auf dem Motherboard (statt dem der Grafikkarte) als Texturspeicher zu nutzen. Der RAM wird also als Grafikkartenspeicher benutzt und erweitert diesen. Die Texturen die nicht mehr von der Grafikkarte bearbeitet werden müssen, können direkt aus dem normalen RAM geladen werden. Intel nennt dies DIME (*Direct Memory Execution*).

Hier sehen Sie die Architektur des Systems, mit Chipsatz, RAM und AGP:



Der AGP-Steckplatz

Unten ist der AGP-Anschluss zu sehen. Er sieht aus wie ein PCI-Stecker ist aber etwas versetzt gegenüber den PCI-Steckplätzen. Oben im Bild sind zwei schwarze ISA-Steckplätze zu sehen. Dann vier weiße PCI- und schliesslich der braune AGP-Steckplatz:



AGP 4X

IEEE1394 FireWire

Die nächste Technologie heisst FireWire. Sie sieht ganz anders aus als die bekannte SCSI-Technik, und ist ein weiterentwickelter serieller Hochgeschwindigkeitsbus. FireWire ähnelt ein wenig dem USB, da auch hier Geräte während des Betriebs angeschlossen werden können und die Verbindungen simpel sind.

Die Schnittstelle IEEE1394 hat eine Bandbreite von 400 bis 1000 Mbit pro Sekunde. Bis zu 63 Geräte können an einen Bus angeschlossen werden. Die Geräte können zwischendurch angeschlossen und abgezogen werden ohne dass man neustarten muss (Hot Plugging)

FireWire soll folgendes ablösen:

- Den parallelen Centronics Port (zum Teil)
- IDE
- SCSI
- EIDE (später)

Unterhaltung

Die ersten Versionen werden für Audio/Video-Elektronik benutzt, z.B.:

- Digitale Cam-Corder (DV und mini-DV) und Kameras
- DVD-Laufwerke
- Scanner

Das ist der IEEE1394-Anschluss einer digitalen Videokamera. Er ist sehr klein.



FireWire und Apple

FireWire ist von Apple. Die Firma verlangt einen Dollar für jeden eingebauten Anschluss. IEEE1394 stammt von Apple, es wurde 1995 von der IEEE als Standard bestätigt. FireWire ist Apples technische Umsetzung des IEEE1394-Standards. Andere Firmen haben eigene Umsetzungen desselben Standards. (Anmerkung: Zweck der IEEE ist es, Industriestandards zu genehmigen, die Institution ist nicht für die Umsetzung verantwortlich)

Alle grossen Hardware-Hersteller haben den FireWire-Standard angenommen. Besonders die Hersteller von Unterhaltungselektronik (Video, Spiele, TV) hegen grosse Hoffnungen was FireWire/IEEE1394 angeht. Es soll alle Arten digitaler Elektronik mit dem PC verbinden und so ein modulareres Design ermöglichen.

Da IEEE1394 recht fortgeschritten und trotzdem billig und einfach umzusetzen ist, kann man mit diesem Protokoll noch viele andere Dinge machen:

- Netzwerkkarten
- Festplatten, CDROMs
- Drucker

Zwei Modi

Der FireWire-Standard arbeitet mit zwei Modi.

- *Asynchron* wie bei anderen Bussen. Das bedeutet, dass die Operationen auf dem Bus durch Interrupt-Signale gesteuert werden. Der Bus teilt der CPU (oder dem Bus Controller) mit, wann eine Aufgabe beendet und der Bus wieder frei ist.
- *ISO synchron*. In diesem Modus werden nur im Rhythmus der Taktfrequenz Daten übertragen - ohne Steuerung durch den Host. Diese Methode ist nützlich für Video- und andere Multimediadaten.

FireWire ist eine Peer-to-Peer-Schnittstelle. Das heisst, dass zwischen zwei Geräten die am Bus hängen, Daten ausgetauscht werden können ohne dass die CPU dabei etwas zu tun hat.

FireWire benutzt einen 64 Bit Adressbus. Anders als bei SCSI haben die Geräte keine feste Nummer, die Nummern werden während des Betriebs dynamisch zugewiesen. Auch muss der Bus nicht "terminiert" werden. Insgesamt ist das System einfacher als SCSI.

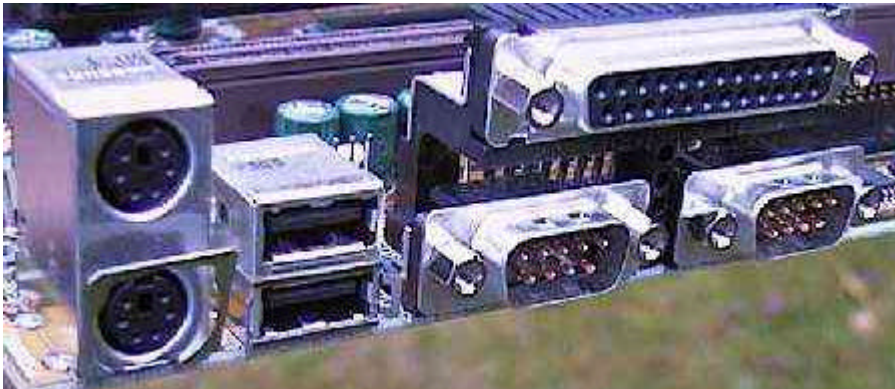
Eins der Probleme bei SCSI ist die Entfernung zwischen den Geräten. Beim FireWire-Bus können 16 Geräte in einer Reihe angeordnet sein, mit 4.5 Metern Abstand zwischen zwei Geräten.

Die ersten Versionen von FireWire werden über den neuen PIX6-Controller an den PCI-Bus angeschlossen. Dieser Controller ist in Intels neuen Chipsätzen enthalten. Ich glaube, es dauert noch einige Jahre bis diese Technologie auf den Markt kommt.. Das Warten sollte sich lohnen, eröffnet diese Technologie doch neue Möglichkeiten, Fernseher, PC, Videorekorder und viele weitere Geräte zu verbinden.

USB

Was ist USB?

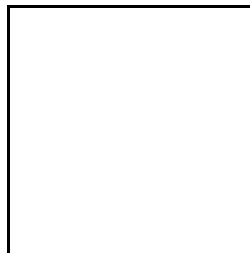
USB (*Universal Serial Bus*) ist ein billiger, langsamer Bus mit bis zu 12 MBit/Sekunde. Genau wie der FireWire-Bus besitzt er eine frei verfügbare Spezifikation. Man kann an den USB bis zu 127 Geräte anschließen. Die Geräte können während des Betriebs ohne Neustart angeschlossen und abgezogen werden. Hier sehen Sie die Anschlüsse, die beiden kleinen rechteckigen, links von der Mitte.



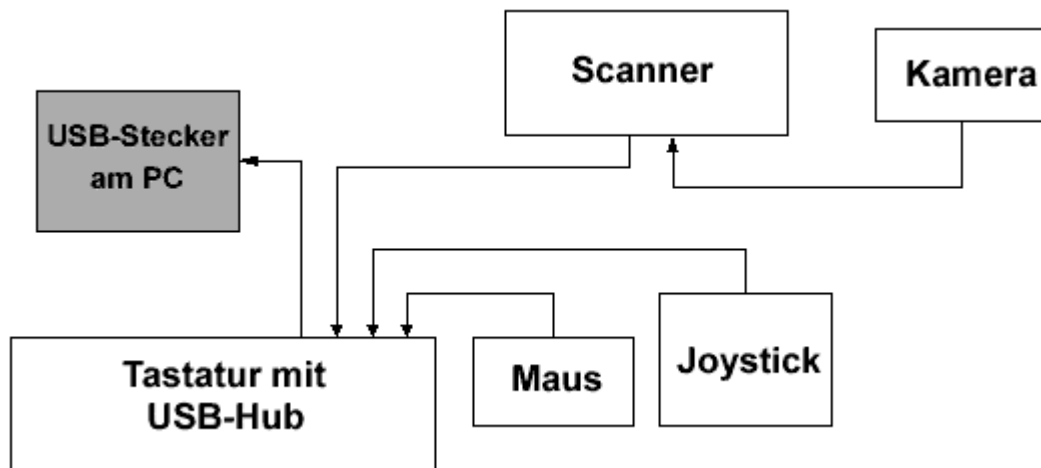
Anfangs gab es Probleme mit USB, da manche Motherboard-Hersteller ihre eigenen Versionen davon herstellten, inzwischen ist USB aber standardisiert. Die Vielfalt an Anschlüssen hat USB den Beinamen *Useless Serial Bus* eingebracht.

USB wird von Windows 95 OSR2.1 und Windows 98 unterstützt. Er wird dem Kabelsalat von heute ein Ende bereiten beim Anschluss von:

- Tastatur
- Maus
- Joystick
- Lautsprecher
- Drucker
- Modems und ISDN-Karte
- Scanner und Kamera
- externen Laufwerken



Diese und andere Geräte werden mit einem einzigen Stecker mit dem PC verbunden. In der Tastatur ist ein USB Hub eingebaut, so dass man weitere Geräte über die Tastatur mit dem USB verbinden kann. An jedem Gerät sind mindestens zwei Stecker, so dass man beim Anschließen sehr flexibel ist:



Sämtliche Geräte haben eine Hardware-Identifikation die mit Windows 98 kommuniziert. Wenn die Erkennung eines Gerätes nicht funktioniert, zeigt Windows 98 das mit einem ! auf gelbem Grund an. Man kann dann zum Beispiel andere USB-Geräte vom Bus abziehen, um die verfügbare Spannung der Gesamtkette von Geräten zu erhöhen.

Viele Hardware-Hersteller produzieren bereits Geräte mit zwei Anschlüssen - ein traditioneller und ein USB-Anschluss. So kann man ein Modem z.B. entweder wie gewohnt an den COM-Anschluss oder an den USB-Port hängen.

Der USB-Hub

Man kann also bis zu 127 Geräte anschliessen. Ein wichtiges Gerät ist der Hub, eine Art Knotenpunkt wie man ihn von Netzwerken kennt. Der USB Hub kann in der Tastatur oder im Monitor eingebaut sein oder man benutzt extra Geräte mit 8 USB-Anschlüssen. Fünf dieser Hubs können zusammenschaltet 36 USB-Geräte aufnehmen.

USB Hubs können ausser in der Tastatur oder dem Monitor auch im Scanner oder anderen Geräten eingebaut sein.



Ein USB-Kabel liefert 500 mA Strom. Das reicht für eine Tastatur oder ein anderes Gerät aber nicht für mehrere Geräte. Dafür braucht man Hubs mit eigener Stromversorgung.

Es gibt auch COM/USB-Konverter. Ein kleiner Kasten mit vier DB9-Steckern, die als COM5, 6, 7, 8 dienen. Alles ist über einen USB-Anschluss mit dem PC verbunden. So können viele serielle Geräte angeschlossen werden ohne dass der Anwender mit den beliebten IRQ-Rätseln konfrontiert wird.

Gemeinsame USB-Geräte

Ein interessanter Aspekt ist, dass USB es erlaubt, dass zwei PCs sich ein USB-Gerät teilen. Man kann über USB auch Rechner billig zu einem Netz verbinden.

Wann wird USB sich verbreiten?

]

Die meisten großen Firmen wie Logitech steigen nur langsam in den USB-Zug ein. Das liegt wahrscheinlich an der Sorge über die korrekte technische Implementation des neuen Bus.

Die Anschlüsse COM, PS/2 und LPT sind gut ausgetestet und die Hersteller haben lange Erfahrung damit. Will man diese Anschlüsse durch etwas neues ersetzen muss man sich gründlich Gedanken über die Konsequenzen machen.

Die Produkte

Die PC 99-Richtlinie von Intel und Microsoft empfiehlt ein PC-Design ohne ISA-Bus. Es ist eine Richtlinie für Hardware-Hersteller. Sie fing im Jahr 1999 an Fuß zu fassen. In der Praxis heißt das, es wird langsam Zeit für USB-Geräte.