



Nr. 171/Dezember 2021 € 5,00

ISSN 1022-1611

news

CLUBCOMPUTER · DIGITAL SOCIETY

CLUBEDU

Digitale Kompetenzen neu geordnet

CLUBSYSTEM

PC-Architektur

PC-Netzteil und -Akku

CPU

Externe Speicher

CLUBDIGITALHOME

KB 5005565

HDD

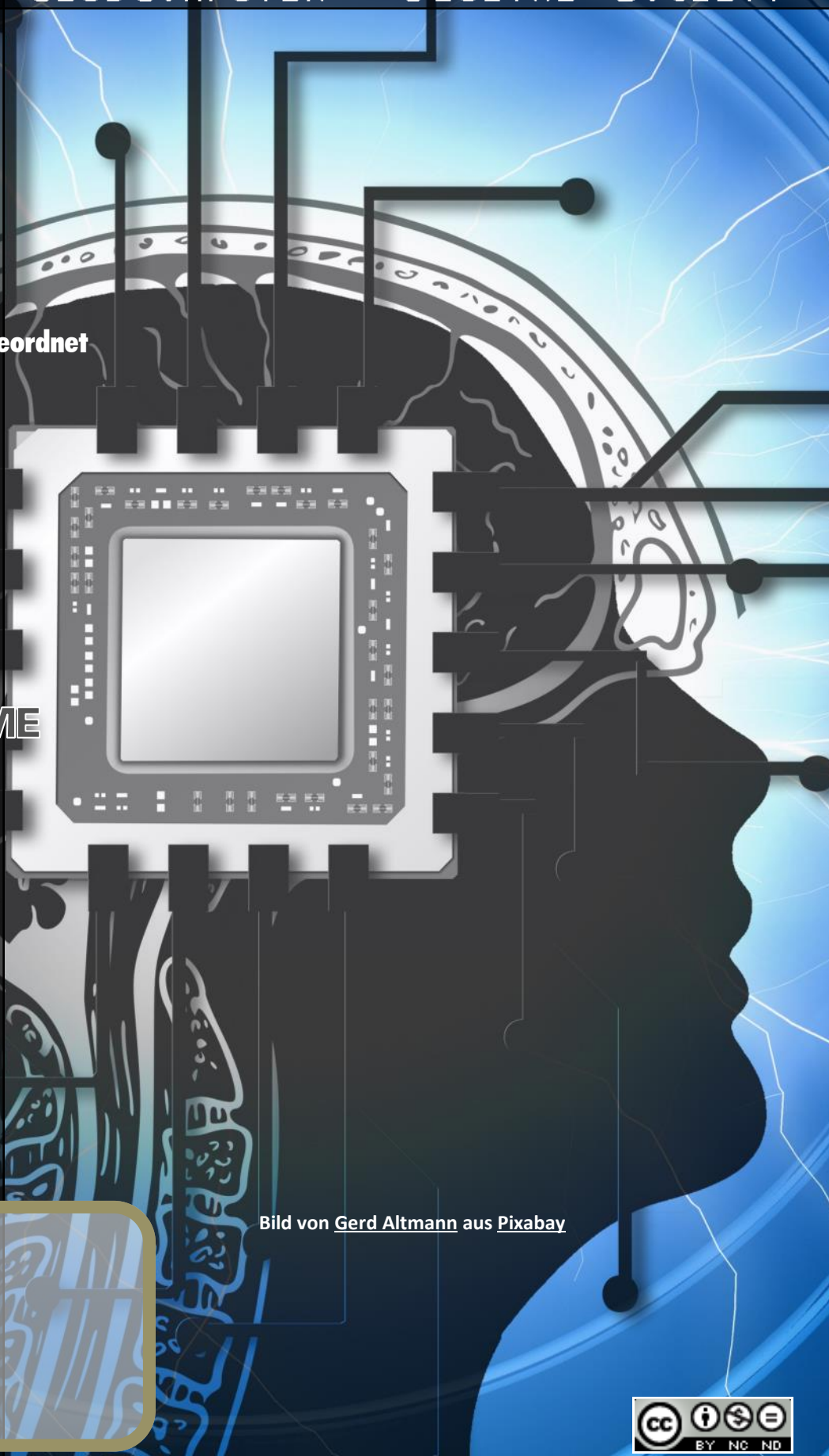


Bild von [Gerd Altmann](#) aus [Pixabay](#)





Inhalt

LIESMICH

- 1 Cover**
Franz Fiala
- Ein Schwerpunkt in diesem Heft ist die CPU eines PC. Das Bild dazu kommt von Pixabay.



- 2 Liebe Leser, Inhalt**
Franz Fiala
- 2 Impressum, Autoren, Inserenten, Services**

CLUBEDU

- 3 Digitale Kompetenzen neu geordnet**
Christian Dörner

CLUBSYSTEM

- 4 PC-Architektur**
Christian Zahler
- 8 PC-Netzteil und PC-Akku**
Christian Zahler
- 10 CPU**
Christian Zahler
- 18 Externe Speicher**
Christian Zahler

CLUBDIGITALHOME

- 37 KB 5005565**
Günter Hartl
- 38 HDD**
Günter Hartl

Liebe Leser!

Franz Fiala

In der vorliegenden Ausgabe geht es um **PC-Architektur, PC-Netzteil und PC-Akku, CPU und Externe Speicher**. Viele weitere solcher Grundlagenthemen werden im kommenden Jahr folgen und ergeben am Abschluss einen kompletten Lehrgang über die Grundlagen der Informatik, zusammengestellt von **Christian Zahler**.

Leider hat uns das Corona-Virus noch immer fest im Griff, und wir warten auf eine günstige Gelegenheit zum Neustart unserer Clubabende. Als kleine Entschädigung wurden die Ausgaben PCNEWS-170 und 171 (dieses Heft) mit 40 statt mit 32 Seiten. Damit verbrauchen wir das Guthaben, das sich durch den Wegfall von Kosten rund um die Clubabende gebildet hat.

Ein gutes Jahr 2021 wünscht

Franz Fiala

Autoren

Dörner Christian MR Dipl.-Ing. Dr. 1954 3



Sonderbeauftragter für pädagogische Reformprojekte
Firma bmbwf
Absolvent TU-Wien, Technische Physik
Interessen Informatik, Didaktik, Curriculumentwicklung
cdorner@it4education.at
<https://www.it4education.at/>

Fiala Franz Dipl.-Ing. 1948 1,2



Präsident von ClubComputer, Leitung der Redaktion und des Verlags der PCNEWS, Lehrer für Nachrichtentechnik und Elektronik i.R.
Werdegang Arsenal-Research, TGM Elektronik
Absolvent TU-Wien, Nachrichtentechnik
franz.fiala@clubcomputer.at
<http://fiala.cc/>

Hartl Günter Ing. 1963 37,38



Wirtschaftsingenieur, Systemadministrator für Windows Clients und Linux Server in Logistikcenter
Hobbies Krav Maga, Windsurfen, Lesen
ghartl3@gmail.com

Zahler Christian Ing. Mag. 1968 4,8,10,18



Erwachsenenbildung, MCSE, Lehrer für Elektro- und Automatisierungstechnik, Technische Mechanik und Informatik am Francisco-Josephinum Wieselburg
Firma HBLFA Francisco-Josephinum; WIFI
Absolvent TU-Wien
office@zahler.at
<http://www.zahler.at/>

Inserenten

techbold 40



Dresdner Straße 89 1200 Wien
+43 1 34 34 333
office@techbold.at
<http://www.techbold.at/>

Produkte Reparatur, Aufrüstung, Softwareinstallation, Datenrettung, Installation und Wartung von IT-Anlagen.

Impressum

Impressum, Offenlegung

Richtung Auf Anwendungen im Unterricht bezogene Informationen über Personal Computer Systeme. Berichte über Veranstaltungen des Herausgebers.

Erscheint 4 mal pro Jahr: Mär, Jun, Sep, Nov
ISSN 1022-1611

Herausgeber und Verleger ClubComputer
Siccardburggasse 4/1/2 1100 Wien
01-6009933-11 FAX: -12
buero@clubcomputer.at
<https://clubcomputer.at/>
ZVR: 085514499
IBAN: AT74 1400 0177 1081 2896
Mitgliedsbeitrag 2019: 46,- Euro
Konto: AT74 1400 0177 1081 2896
oder
PayPal office@clubcomputer.at

Digital Society
Graben 17/10 1010 Wien
01-314 22 33
info@0101Society.at
<https://0101Society.at/>
ZVR: 547238411
IBAN: AT45 3266 7000 0001 9315

Druck Ultra Print
Pluhová 49, SK-82103 Bratislava
<http://www.ultraprint.eu/>

Versand 162040679 M

PDF-Version http://d.pcnews.at/_pdf/n171.pdf



Namensnennung, nicht kommerziell, keine Bearbeitungen
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Services

<http://buero.clubcomputer.at?svc=xx|yyy>



Diese Adresse zeigt alle Aspekte einer Mitgliedschaft bei ClubComputer. Online sind alle Inhalte menügeführt. Das Kürzel ist wichtig für den Verweis auf eine konkrete Seite.

Wer lieber ein gedrucktes Dokument liest, kann ein solches über den **Druck**-Button rechts oben herstellen. Über den **Menü**-Button kann man das Menü ausblenden, über den **Link**-Button kann man über einen QR-Code die Seite am Handy anzeigen lassen. Über **◀▶** kann man im Verlauf der bereits besuchten Seiten blättern.

In der PDF-Version dieser Ausgabe führen die Links direkt zu der betreffenden Seite.

Verein

[cc|clubcomputer](#) · [cc|finanzen](#) · [cc|history](#) · [cc|hotline](#) · [cc|konto](#) · [cc|mitglieder](#) · [cc|support](#) · [cc|vorstand](#) · [cc|webfree](#)

Öffentlich

[at|wissen](#) · [cc|allapps](#) · [cc|exweb](#) · [cc|inhalte](#) · [cc|newsletter](#) · [cc|wapps](#) · [pc|123](#) · [pc|pdf](#)

Persönlich

[at|asp](#) · [cc|billing](#) · [at|domain](#) · [at|drive](#) · [at|ftp](#) · [at|mail](#) · [at|panel](#) · [at|php](#) · [at|press](#) · [at|server](#)

Extern

[at|facebook](#) · [at|status](#) · [cc|facebook](#) · [cc|medien](#) · [cc|youtube](#) · [ds|facebook](#) · [ds|medien](#) · [ds|youtube](#)

Druck

[cc|folder](#) · [cc|pp](#) · [cc|visit](#) · [ds|folder](#) · [pc|news](#)

Partner

[at|cccat](#) · [at|htl3r](#) · [cc|adim](#) · [cc|jix](#) · [cc|kultur](#) · [cc|mcca](#) · [cc|metro](#) · [cc|techbold](#) · [cc|tgm](#) · [ds|digitalsociety](#) · [pc|mtm](#) · [pc|pcnews](#) · [pc|ultraprint](#)

Wir

[cc|calendar](#) · [cc|heuriger](#) · [cc|meating](#) · [cc|weihnachten](#) · [ds|digitalk](#)

Du

[cc|card](#) · [cc|clubid](#) · [cc|mitmachen](#) · [cc|webfree](#) · [cc|welcome](#)

Hilfe

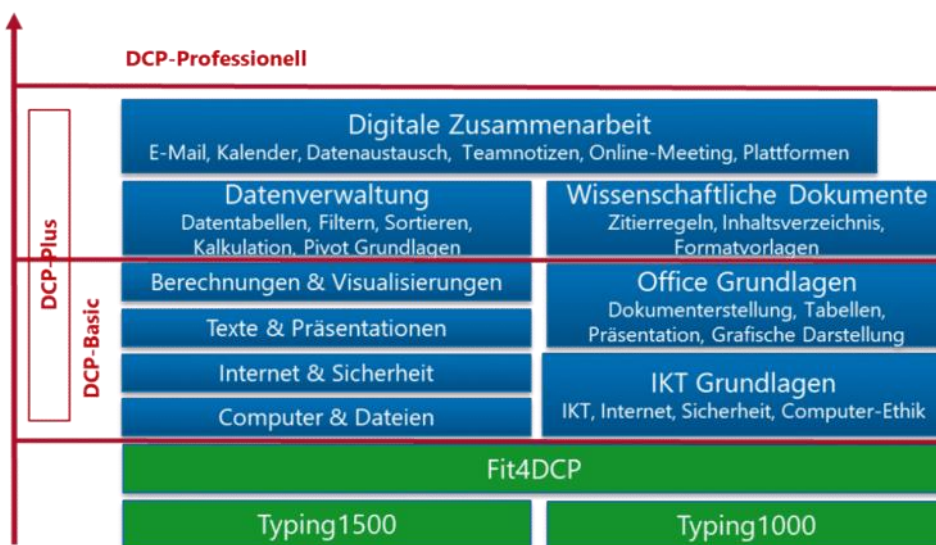
[cc|statuten](#) · [xx|hilfe](#) · [xx|links](#) · [xx|pages](#) · [xx|sitemaps](#) · [xx|standorte](#)

Digitale Kompetenzen neu geordnet

Christian Dorninger

Erstmals in Österreich ist es möglich, IT-Zertifikate zum Nachweis digitaler Kompetenzen in einer Zertifizierungssystematik gemäß dem digitalen Kompetenzmodell für Österreich – DigComp 2.2 AT zu erlangen.

Der Digital-Competence-Pass (DCP) ist nun als Marke europaweit eingetragen: Es gibt zwei Basiszertifikate „Typing“ in verschiedenen Geschwindigkeiten und „Fit4DCP“ als Einstieg in das digitale Allgemeinwissen, eine Grundstufe des DCP zu den IT-Grundlagen und Office-Grundlagen und eine „Plus“-Stufe zur Datenverwaltung, zum Abfassen wissenschaftlicher Dokumente und Formen der digitalen Zusammenarbeit (siehe Bild).



Das System der Zertifizierung digitaler Kompetenzen versteht man am besten im Vergleich zur Fremdsprachenausbildung: 2001 wurde der gemeinsame europäische Sprachrahmen erstmals auf Deutsch veröffentlicht (als Initiative des Europarates). Die Kürzel A1 und B2 sind seither fixer Bestandteil von Lebensläufen geworden. Für das Fremdsprachenlernen ist dieser „europäische Sprachrahmen“ ein Qualitätssprung geworden, der weit über das Schulwesen hinausgeht.

Der europäische „Digitale Kompetenzmodell DigComp“ ist vergleichsweise jung und noch in Entwicklung. Es ist mit dem Sprachrahmen vergleichbar. Die Entwicklungsdynamik ist bei den digitalen Kompetenzen nur deutlich höher. Mit „fit4internet DigCERT“ und „DigComp-CERT“, beide Kompetenzmodelle von der einfachen Nutzung des Mobiltelefons bis zur berufsbezogenen EDV verfügt Österreich seit Sommer 2021 über ein einfach zugängliches und differenziertes System, valide Momentaufnahmen eines persönlichen Datenprofils auszuzeichnen und anzuerkennen. Das kann ein wesentlicher Baustein zur Förderung lebensbegleitenden Lernen werden und damit ein Nachweis für eine persönliche Anschluss- und Zukunftsfähigkeit. Weitere Hinweise: <http://www.fit4internet.at/view/FAQ-digcomp-cert>

Bausteine des neuen DCP

1. Typing 1000 und 1500 ist eine Ausbildung im Tastaturschreiben im 10 Fingersystem, wobei 1000 bzw. 1500 Anschläge pro Minute erreicht werden. Die Prüfung ist ein Online-Test (Abschreiben eines Textes).
2. Fit4DCP ist ein Zugangsmodul für den DCP und handelt von digitalem Allgemeinwissen (Computerbedienung, Verwalten von Dateien, Internet, Smartphone, soziale Medien). Wird im Prüfungszentrum oder „remote“ in ca. 45 Minuten geprüft.

3. Die Grundstufe des DCP („DCP – Basic“) kann in vier „kleinen“ oder zwei „großen“ Modulen erlernt und geprüft werden. Nach einer einmaligen Registrierung ist die Wahl der 2- oder 4-Modul-Variante möglich. Bei den IKT-Grundlagen werden sowohl instrumentelle Fertigkeiten geprüft („wie verwalte ich Dateien“) als auch informelle („Lizenzrecht und Datenschutz“, „Safer-Internet“). Bei den Office-Grundlagen stehen die Erstellung von Textdokumenten, der Einsatz von Tabellen, die Anfertigung von Präsentationen und die Vernetzung der genannten Arbeitsvorgänge im Vordergrund. Es geht nicht allein um das Erlernen der Handhabung von einzelnen Office-Produkten, sondern um zusammenhängendes Arbeiten zur Bewältigung konkreter anwendungsbezogener Aufgaben, wobei die Beachtung von Regeln bei der Verwendung fremder Werke nicht fehlen dürfen.

4. Für den Abschluss der Modulstufe „DCP-Plus“ gibt es zwei Wege: Die Bearbeitung des Moduls „Datenverwaltung“ und „digitale Zusammenarbeit“ oder „wissenschaftliche Dokumente“ und „digitale Zusammenarbeit“. „Datenverwaltung“ beschäftigt sich mit komplexeren Daten, deren Verarbeitung bis zur graphischen Darstellung der Ergebnisse auf dem Niveau einer guten kaufmännischen Ausbildung. Das Modul „wissenschaftliche Dokumente“ die ideale Vorbereitung für die Arbeit mit und an umfangreichen Texten wie vorwissenschaftliche Arbeiten, Diplomarbeiten auch auf hochschulischem Niveau. Auch hier werden wieder praktische Fähigkeiten (Layout und Gliederung wissenschaftlicher Arbeiten) mit formalen Aspekten (Zitation, Urheberrecht, Verhinderung von Plagiaten) verbunden. Das Modul „digitale Zusammenarbeit“ widmet sich dem modernen Bürobetrieb: E-Mail-Versand, Anlegen von Gruppen, Verwalten digitaler Kalender und von Terminen,

das Teilen von Files und Teamnotizen, die Nutzung von Foren und Lernplattformen, die Ausrichtung von Online – Meetings und die Verwendung von Kommunikationsplattformen.

5. Nach dem erfolgreichen Abschluss der Stufen 1 und 2 sowie 3 und 4 kann das jeweilige Zertifikat (DCP-Basic oder DCP-Plus) selbst ausgedruckt werden.
6. In weiterer Folge sind nun Module höherer Stufen unter dem Label „DCP-professionell“ geplant, die sich unter dem Titel „Coding“ mit dem Erlernen einer aktuellen Programmiersprache (Python, C++ oder C#, Java) oder dem Aufbau von Computernetzen („Infrastruktur und IT-Netzwerke“) beschäftigen.

Dorninger Christian DI Dr. 1954

- Lehrer an der HTL-Wien 10
- Mitarbeiter bei der Firma IT4education
- Absolvent der TU-Wien, Technische Physik
- Interessen: Informatikdidaktik, Curriculumentwicklung
- cdorninger@it4education.at

Links

- Digital Competence Pass (DCP) <https://clubcomputer.at/2020/11/04/digital-competence-pass-dcp/>
- Beiträge von Christian Dorninger in den PCNEWS (ab Ausgabe 100) <http://pcnews.at/?Show=AutorenArtikel&n=174&id=13725&detail=D>
- Fragen und Antworten <https://www.fit4internet.at/view/FAQ-digcomp-cert>

PC-Architektur

Christian Zahler



John VON NEUMANN (1903 – 1957)

Von Neumann-Architektur

Die in PCs heute verwendete Architektur geht auf den österreichisch-ungarischen Mathematiker John von Neumann zurück, der später in den USA tätig war.

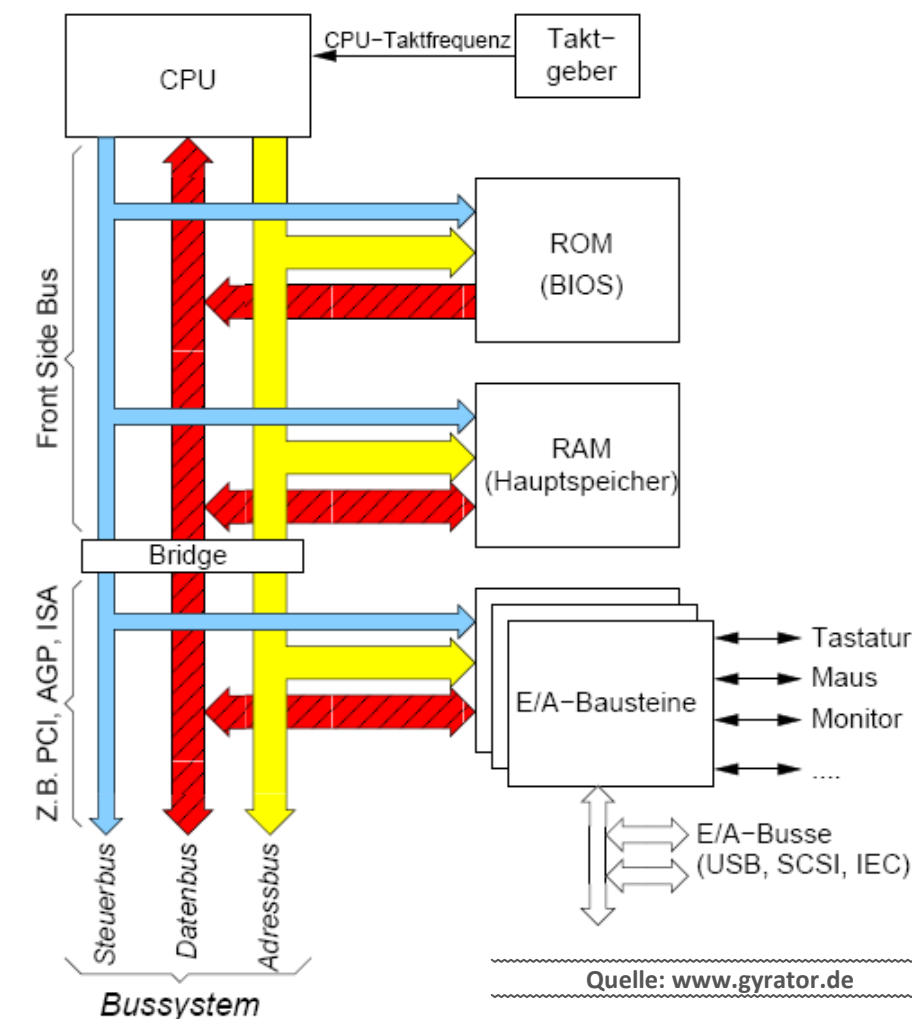
Die VON-NEUMANN-Architektur ist ein Schaltungskonzept zur Realisierung universeller Rechner (Von-Neumann-Rechner, VNR). Sie realisiert alle Komponenten einer Turingmaschine.

Ein VON-NEUMANN-Rechner beruht auf folgenden Komponenten, die bis heute in Computern verwendet werden:

- **ALU** (*Arithmetic Logic Unit*): Rechenwerk; führt Rechenoperationen und logische Verknüpfungen durch.
- **CU** (*Control Unit*): Steuerwerk oder Leitwerk; interpretiert die Anweisungen eines Programms und steuert die Befehlsabfolge.
- **Memory**: Speicherwerk; speichert sowohl Programme als auch Daten, welche für das Rechenwerk zugänglich sind.
- **I/O-Unit**: Eingabe-/Ausgabewerk; steuert die Ein- und Ausgabe von Daten, zum Anwender (Tastatur, Bildschirm) oder zu anderen Systemen (Schnittstellen).

Zum Austausch von Informationen zwischen CPU, Hauptspeicher und Peripherie (also Bildschirm, Drucker usw.) gibt es eigene Leitungen, die als „Bus“ bezeichnet werden. Da für jedes Bit eine eigene Leitung benötigt wird, sind meist 8, 16 oder 32 Leitungen zusammengefasst; man nennt die Anzahl der gleichzeitig übertragbaren Bits **Busbreite**.

Der Bus, über den die Daten transportiert werden, heißt **Datenbus**. Je größer die



Datenbusbreite, desto mehr Daten können gleichzeitig übertragen werden. Die Datenbusbreite ist also ein Wert für die **Geschwindigkeit der CPU**.

Jede Information wird an einer ganz bestimmten Stelle im Hauptspeicher abgelegt. Jede Speicherstelle zu 1 Byte hat eine bestimmte **Adresse**. Für die Übermittlung von Speicher-adressen ist der **Adressbus** zuständig. Die Breite des Adressbusses hat nichts mit der Geschwindigkeit des Prozessors zu tun, sondern **beschränkt den Arbeitsspeicher**. Hat der Adressbus etwa 20 bit Breite (dies war beim XT der Fall), so kann man damit einen Speicherbereich von $2^{20} = 1.048.576 \text{ Byte} = 1 \text{ MByte}$ adressieren; der größtmögliche Speicher, den man in einem XT adressieren konnte.

Steuersignale werden vom **Steuerbus** weitergeleitet. Zu den Steuersignalen gehört z. B. das Reset-Signal, welches beim Einschalten des Gerätes oder beim Betätigen der Reset-Taste ausgelöst wird. Dieses Signal veranlasst den Start eines fixen Programms, welches das "Hochfahren" des Computers bewirkt.

Motherboard (auch: Mainboard, Hauptplatine)

Das Zentralstück jedes Computers ist die **Hauptplatine** oder englisch *motherboard*. Auf dieser befinden sich folgende Elemente:

- **Zentralprozessor** (CPU = "*central processing unit*"): wichtigster Teil des Computer. Der Zentralprozessor ist ein Mikrochip, der die eigentliche Arbeit des Computers (rechnen, vergleichen, sortieren,...) durchführt.
- **Koprozessor** (FPU = "*floating point unit*"): ebenfalls ein Mikrochip, der den Zentralprozessor bei seiner Rechenarbeit unterstützt. Heute nicht mehr üblich.
- **"Chipsatz"**: eine Reihe von speziellen Chips, wobei jeder Motherboard-Hersteller eigene Chips entwickelt.
- **Speicherchips** (Arbeitsspeicher, ROM-BIOS, CMOS-RAM etc.)
- **Steckplätze** für Erweiterungskarten

Die Art und Weise, wie diese Komponenten auf dem Motherboard angeordnet

sind, kombiniert mit der Größe der Platine, wird als **Formfaktor** bezeichnet. Heute sind folgende Formfaktoren üblich:

- **ATX:** Steckplätze für 2 oder 4 DDR-DRAM-Speicher-module, Chipsätze mit LAN, Grafik, Sound, USB und Firewire, 2 x ATA, 3 - 6 x PCI, optional AGP.
- **µATX:** Steckplätze für 2 oder 4 DDR-DRAM-Speicher-Module, Chipsätze mit LAN, Grafik, Sound, USB und Firewire, 2 x ATA, 2 - 3 x PCI, optional AGP.
- **Mini-ITX:** 17 x 17 cm, Steckplätze für 2 DDR-DRAM-Speichermodule, Chipsätze mit LAN, Grafik, Sound, USB und Firewire, 2 x ATA, 1 x PCI.
- **Nano-ITX:** 12 x 12 cm, Chipsätze mit LAN, Grafik, Sound, USB und Firewire, 2 x ATA, 1 x Mikro-PCI.
- **BTX** (*Balanced Technology Extended*): thermische Vorteile durch verbesserte Anordnung der Komponenten

Chipsatz

Teil der Motherboard-Architektur ist der Chipsatz, der eine Implementierung der Bussysteme einhält und außerdem verschiedene andere Aufgaben zur Entlastung der CPU durchführt. Lange Zeit war die typische Motherboard-Architektur von zwei Chips, der sogenannten **Northbridge** und **Southbridge**, üblich (Bild rechts).

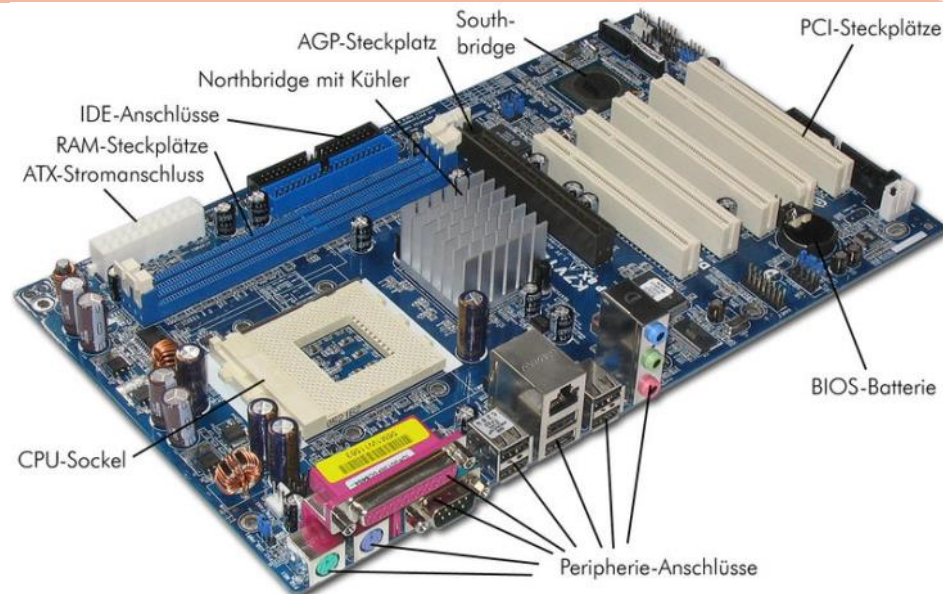
Der Prozessor ist über den **Front Side Bus** (FSB; auch: Prozessor-Bus) mit dem Northbridge-Chip verbunden. Er arbeitet mit der vollen Taktfrequenz der Hauptplatine (zum Beispiel 66 MHz, 100 MHz, 133 MHz).

Der **Northbridge-Chip** ist nahe an der CPU platziert und stellt den wichtigsten Teil für die Performance des Gesamtsystems dar. Er kommuniziert mit dem Arbeitsspeicher und leitet Anfragen an den RAM weiter, die von CPU, AGP-Controller oder Southbridge-Chip kommen.

Der **Southbridge-Chip** ist nahe der Peripherie positioniert und bietet Unterstützung für verschiedene Bussysteme (ISA, PCI, USB). In letzter Zeit werden verstärkt Soundkarten- und Netzwerk-Karten-Elektronik in den Southbridge-Chip integriert.

Der **DMA-Chip** beispielsweise (*direct memory access* = direkter Speicherzugriff) kann direkt mit dem Speicher kommunizieren und damit die CPU umgehen. Dieser direkte Speicherzugriff wird vom so genannten DMA-Controller durchgeführt. Sollen etwa vom Drucker Daten empfangen werden, so fragt der DMA-Controller zunächst die CPU, ob der Datenbus frei ist. Ist dies der Fall, so übernimmt der DMA-Controller die Herrschaft über das Bussystem, nimmt die empfangenen Druckerdaten auf und legt sie im Hauptspeicher ab.

Der DMA wird von vielen Ein-/Ausgabekarten benutzt (Ausnahme: SCSI). Von den zur Verfügung stehenden 8 DMA-Kanälen



ASRock K7VT4A Pro Mainboard aus dem Jahr 2004 (Quelle: www.wikipedia.de);
2 Steckplätze für 184 pin DIMMs (RAM), 1 Sockel 478 für die CPU,
weitere ein AGP Pro-Slot, 5 PCI-Slots.

(0, ..., 7) werden wegen der XT-Kompatibilität von vielen Steckkarten nur die Nummern 0, 1 und 3 benützt.

Auch die Verwaltung der Interrupts wird von einem dieser Chips (dem Interrupt-Controller) übernommen. Ebenso wird die maximale Bestückung des Arbeitsspeichers vom Chipsatz festgelegt.

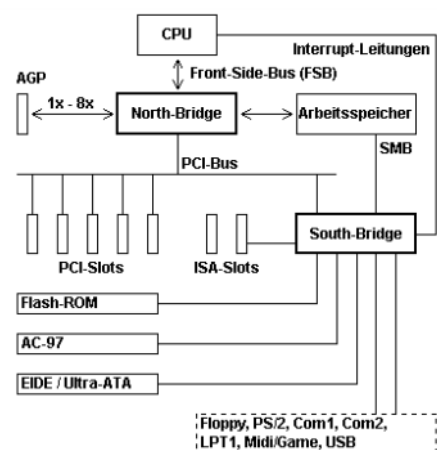
Bei rechenintensiven Anwendungen (z.B. 3D-Spielen) ist der Chipsatz für die Performance wesentlich. Führende Hersteller sind Intel, AMD und VIA wesentlich.

In den letzten Jahren geht man allerdings neue Wege, um die Leistung des Gesamtsystems weiter steigern zu können. So wird durch spezielle Zusatzprozessoren die CPU zusätzlich entlastet.

Mit den Chipsätzen der Baureihe i8xx führte Intel die **Hub-Architektur** zur Verknüpfung der einzelnen Chipsatz-Komponenten ein. Andere Chipsatz-Hersteller sind kurze Zeit darauf mit Eigenentwicklungen nachgezogen und haben ähnliche Strukturen eingeführt. Der Grund war, dass die alte Bridge-Architektur mit dem PCI-Bus als Verbindung zwischen North- und South-Bridge sich als Nadelöhr entwickelt hat. Die immer schneller werdenden Prozessoren, Arbeitsspeicher und Festplatten wurden durch den internen PCI-Bus ausgebremst. Die Daten konnten nicht schnell genug an den Ort eines Computersystems übertragen werden, wie es theoretisch notwendig gewesen wäre.

Da nicht alle Hub-Architekturen aller Hersteller berücksichtigt werden können, wird hier exemplarisch der Intel-Chipsatz (i8xx-Serie) beschrieben. Die Chipsätze anderer Hersteller sind jedoch ähnlich aufgebaut.

Vergleicht man die Hub-Architektur mit der Bridge-Architektur, dann übernimmt



Klassische Chipsatz-Architektur
(www.elektronik-kompodium.de)

der **Memory Controller Hub (MCH)** die Funktion der North-Bridge. Hier läuft das Interface des Prozessors (FSB), des Arbeitsspeichers und des AGP-Busses zusammen. Statt des MCH gibt es auch einen **Graphics Memory Controller Hub (GMCH)**. Dieser hat keine Unterstützung für den AGP, dafür aber einen eingebauten Grafikchip, der die Grafikkarte ersetzt.

Als interne Verbindung gibt es nicht mehr den PCI-Bus, sondern ein Hub Interface. Über diese Schnittstelle lassen sich weitere Controller Hubs untereinander verbinden. Z. B. lässt sich ein PCI64-Hub an den MCH anbinden, der Slots für 33 MHz- oder 66 MHz-PCI zu Verfügung stellt. Über ein weiteres Hub Interface wird er **I/O Controller Hub (ICH)** an den MCH angeschlossen. Der ICH übernimmt die Aufgaben der South-Bridge, stellt aber nur die Schnittstellen zu modernen Komponenten zur Verfügung. So können etwa Diskettenlaufwerke, serielle und parallele Schnittstellen nur über einen weiteren Super-I/O-

Baustein angebunden werden. Diese "alten" Schnittstellen senden in den "Legacy Port Controller" (LPC). Sie sind die letzten Verbindungen in die alte PC-Welt.

Der PCI-Bus und die EIDE/ATA-Schnittstellen werden direkt aus dem ICH herausgeführt. ISA-Steckplätze müssen über einen zusätzlichen Chip (PCI-to-ISA-Bridge) angebastelt werden. Weil der ISA-Bus nur noch über diesen Zusatzbaustein unterstützt wird, muss das BIOS eine separate Funktionseinheit sein. Diese nennt sich *Firmware Hub* (FWH) und hängt am ICH dran.

Obwohl die Hub-Architektur technisch modern und modular aufgebaut ist, sind ICH und Arbeitsspeicher über den **SMB** (*System Management Bus*) verbunden. Auch der Prozessor hat noch seine Interrupt-Leitungen zum I/O Controller Hub (ICH).

Im Zuge der weiter fortschreitenden Miniaturisierung ist die Aufteilung in zwei Chips neuerdings auch schon aufgehoben. Immer mehr Hersteller bieten „Ein-Chip-Chipsätze“ an.

In der **erweiterten Hub-Architektur** verliert der Chipsatz langsam an Bedeutung. Die Anbindung von Grafikkarte und Arbeitsspeicher sind immer wieder der Flaschenhals eines Computers. Insbesondere der schnelle Zugriff auf den Arbeitsspeicher entscheidet darüber, ob ein Prozessor seine Leistungsfähigkeit voll ausspielen kann, oder nicht. Weil der Prozessor-Hersteller AMD hier immer etwas im Rückstand war, hat AMD den Speicher-Controller, eigentlich Aufgabe des Chipsatzes, direkt in den Prozessor integriert. Neben der Verbindung zum Chipsatz wird aus dem Prozessor auch die Verbindung direkt zum Arbeitsspeicher herausgeführt. Auf diese Weise spart der Prozessor den Umweg über den Chipsatz, wenn er auf

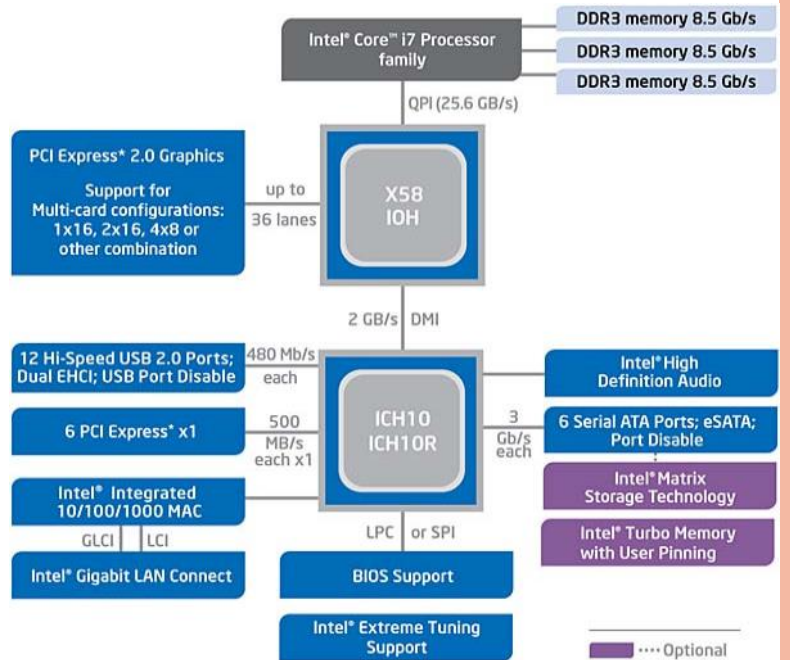
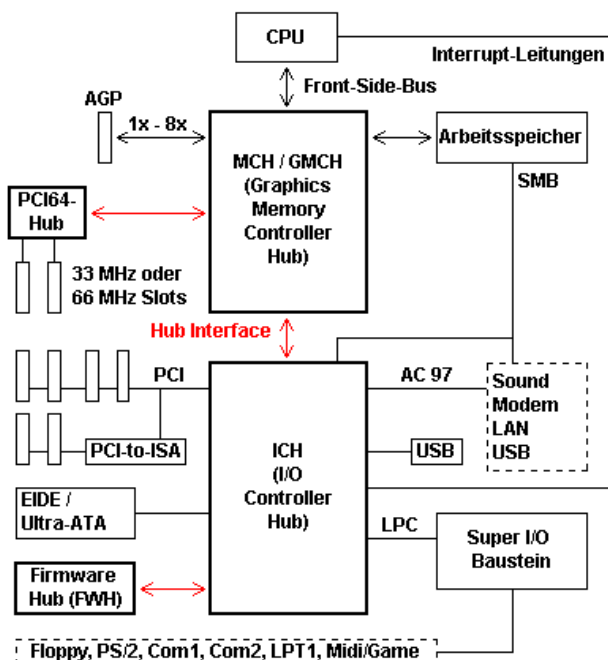


Quelle:

www.elektronik-kompodium.de

Architektur des Intel Core i7-Serie

(Grafik: www.intel.com)



den Speicher zugreift. Der Vorteil, der Zugriff auf den Arbeitsspeicher wird um einige Takte verkürzt. In Mehrprozessorsystemen bekommt jeder Prozessor seinen eigenen lokalen Speicher.

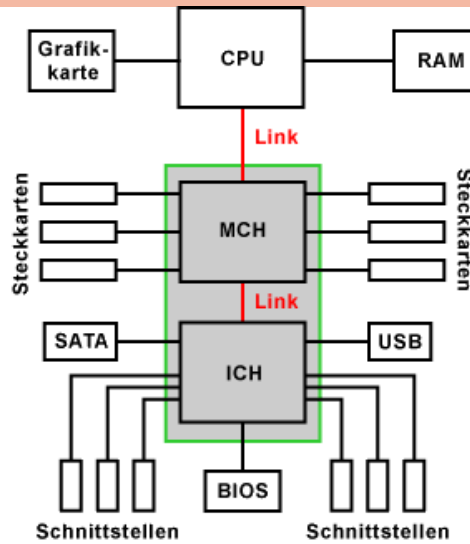
Je nach Chipsatz und Hersteller wird gleich auf die Aufteilung in zwei Chips verzichtet und alle Schnittstellen und ihre Steuerung in einen einzigen Baustein integriert.

Die weiterhin zunehmende Bedeutung der Grafikleistung eines Computers führt zu dem Effekt, dass auch die Grafikkarte direkt an den Prozessor angebunden wird.

Die **Intel-Nehalem-Mikroarchitektur** ist eine von Intel entwickelte Mikroarchitektur. Sie basiert teilweise auf der Intel-Core-Mikroarchitektur und wird diese bis 2010 ablösen. Die ersten Prozessoren, benannt als Core i7 auf Basis des Prozessorkerns Bloomfield, werden im 45-nm-Verfahren gefertigt und sind im November 2008 auf den Markt gekommen.

Eine Haupterneuerung dieser Architektur ist, dass der FSB (Front Side Bus), der bei Vorgängern die Verbindung zwischen Prozessor und Chipsatz herstellte, einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung namens *QuickPath Interconnect* gewichen ist, die auf hohen Durchsatz und Skalierbarkeit ausgelegt ist – ähnlich dem Umstieg AMDs auf Hyper-Transport einige Jahre vorher. Eine weitere wichtige Neuerung, ebenfalls ähnlich wie bei AMD, ist die Anbindung des Arbeitsspeichers über einen integrierten Speichercontroller. Durch diese direkte Verbindung kann der Prozessor mit deutlich geringerer Latenz auf den Speicher zugreifen. Diese beiden Maßnahmen schaffen den bis dato vorhandenen Flaschenhals der Core-Prozessoren ab, der durch den FSB gegeben war. Allerdings sind dadurch neue Sockel nötig.

Unter dem Codenamen „Ibexpeak“ operiert Intel an einem Plattform Controller Hub der nächsten Generation, der die jahrelange Trennung in North-(MCH/IOH) und South-bridge (ICH) beendet und sämtliche Controller-Funktionen auf einem Chip zusammenbringt. Dazu gehören neben PCI (4 Master), PCI Express (8 Lanes), Serial-ATA (6 Ports), Audio, Gigabit Ethernet MAC und USB (14 Ports) auch grundlegende Ein- und Ausgabe-funktionen sowie der SM-Bus, LPC und nicht zuletzt die Ansteuerung von Bild-



Erweiterte Hub-Architektur (Quelle: www.elektronik-kompodium.de)

ausgabe-Geräten über VGA oder HDMI/Display-Port.

Rechnerkategorien nach FLYNN

Michael Flynn publizierte 1972 eine Unterteilung der Rechnerarchitekturen, die die Anzahl der vorhandenen Befehls- und Datenströme verwendet:

- **SISD** (*Single Instruction, Single Data*): Unter SISD-Rechnern versteht man traditionelle Einprozessor-Rechner, die ihre Aufgaben sequentiell abarbeiten. SISD-Rechner sind z.B. Personal-Computer (PCs) oder Workstations welche nach der Von-Neumann- oder der Harvard-Architektur aufgebaut sind. Bei erster

wird für Operanden und Instruktionen der gleiche Speicher verwendet, bei letzterer sind sie getrennt.

- **SIMD** (*Single Instruction, Multiple Data*): Eine Architektur von Großrechnern beziehungsweise Supercomputern. SIMD-Computer, auch bekannt als Array-Prozessoren oder Vektorprozessor, dienen der schnellen Ausführung gleichartiger Rechenoperationen auf mehrere gleichzeitig eintreffende oder zur Verfügung stehende Eingangsdatenströme und werden vorwiegend in der Verarbeitung von Bild-, Ton- und Videodaten eingesetzt.

Viele moderne Mikroprozessoren (wie PowerPC und x86) besitzen inzwischen SIMD-Erweiterungen, das heißt spezielle zusätzliche Befehlssätze, die mit einem Befehlsaufruf gleichzeitig mehrere gleichartige Datensätze verarbeiten.

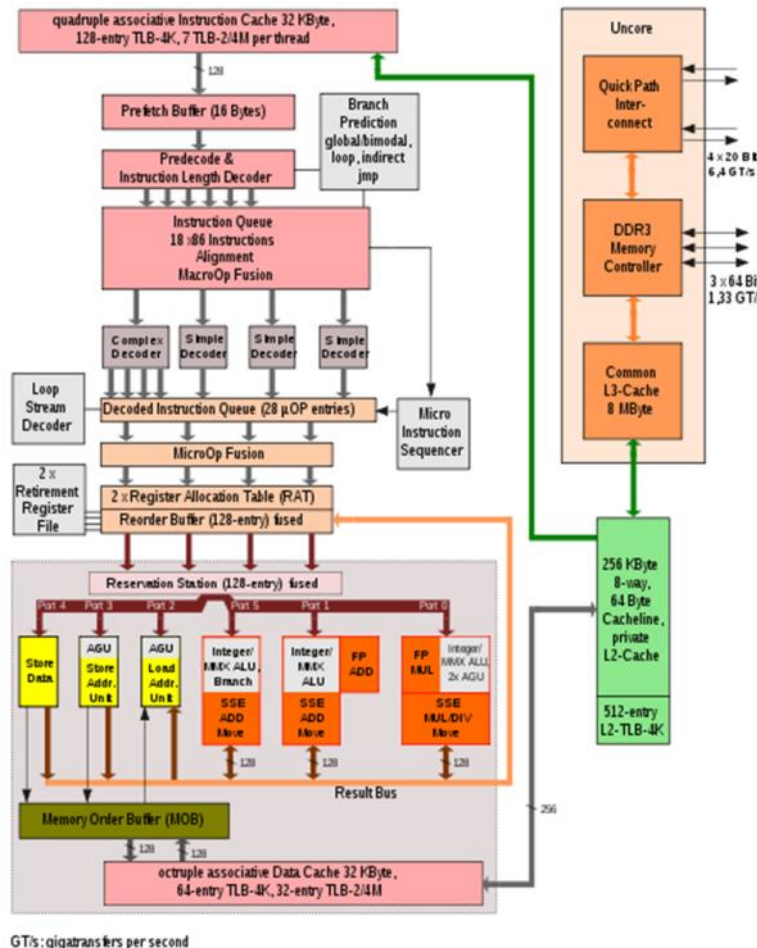
- **MISD** (*Multiple Instruction, Single Data*): Eine Architektur von Großrechnern bzw. Supercomputern. Die Zuordnung von Systemen zu dieser Klasse ist schwierig, sie ist deshalb umstritten. Viele sind der Meinung, dass es solche Systeme eigentlich nicht geben dürfte. Man kann aber fehlertolerante Systeme, die redundante Berechnungen ausführen, in diese Klasse einordnen. Ein Beispiel für dieses Prozessorsystem ist ein Schachcomputer.

- **MIMD** (*Multiple Instruction, Multiple Data*): Eine Architektur von Großrechnern bzw. Supercomputern. MIMD-Computer führen gleichzeitig verschiedene Operationen auf verschiedenen gearteten Eingangsdatenströmen durch,

wobei die Verteilung der Aufgaben an die zur Verfügung stehenden Ressourcen meistens durch einen oder mehrere Prozessoren des Prozessorverbandes selbst zur Laufzeit durchgeführt wird. Jeder Prozessor hat Zugriff auf die Daten anderer Prozessoren.

- Man unterscheidet eng gekoppelte Systeme und lose gekoppelte Systeme. Eng gekoppelte Systeme sind Multiprozessorsysteme, während lose gekoppelte Systeme Multicomputersysteme sind.

- Multiprozessorsysteme teilen sich den vorhandenen Speicher und sind somit also ein *Shared-Memory-System*. Diese Shared-Memory-Systeme lassen sich weiter in UMA (*uniform memory access*), NUMA (*non-uniform memory access*) und COMA (*cache-only memory access*) unterteilen.



GT/s: gigatransfers per second

PC-Netzteil und PC-Akku

Christian Zahler

Der Netzteil dient zur Spannungsversorgung der EDV-Anlage. Während bei PC-Systemen in Normalgröße der Netzteil im Gehäuse integriert ist, ist er bei Notebooks oft in einem eigenen Gehäuse untergebracht.

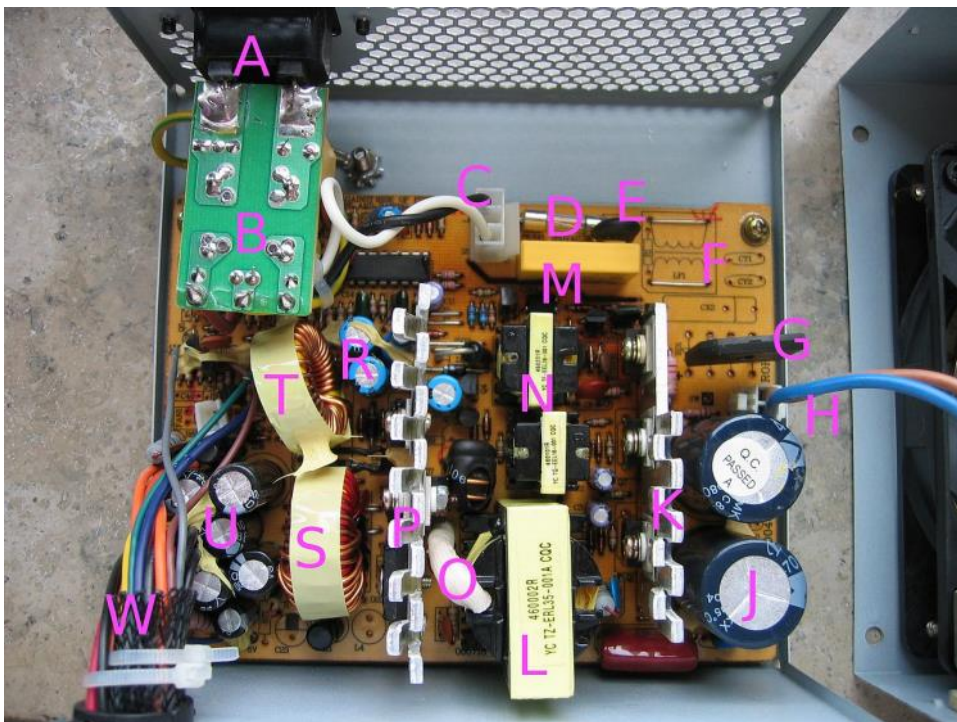
Hauptkomponenten eines Netzteils

- **Transformator:** Der Trafo wandelt die gefilterte Eingangsspannung von 230 V AC (Wechselspannung) in die benötigten niedrigeren Spannungen von 3,3 V, 5 V und 12 V. Oft wird zuerst die 230 V-Eingangsspannung auf 350 V DC gleichgerichtet, dann wieder wechselgerichtet (allerdings mit höheren Frequenzen) und von weiteren Trafos auf die niedrigen Spannungen gebracht, die dann wieder gleichgerichtet werden.
- **Gleichrichter:** Da die elektronischen Komponenten wie CPU, RAM, ROM etc. ausschließlich mit Gleichspannung arbeiten, muss der Netzteil die Wechselspannung in Gleichspannung umwandeln. Damit die eine idealerweise konstante Gleichspannung entsteht, findet man stets auch Glättungskondensatoren (Elektrolytkondensatoren).
- **Lüfter:** dient der Abfuhr von abgegebener Wärmeenergie
- **Kaltgerätestecker:** laut Norm IEC 60320 C13 wird für Geräte eingesetzt, die im Betrieb keine nennenswerte Wärme entwickeln; dazu gehören auch PCs.

Inneres eines PC-Netzteils

- A Wechselspannungseingang (230 V AC)
- B Netzspannungsfilter und Gehäuseerdungsleitung (Grün-Gelb), zur Gehäuseschraube
- C Gefilterte Netzspannung
- D Sicherung
- E NTC - Heißleiter zu Einschaltstrombegrenzung
- F Überbrückter Netzfilter
- G Gleichrichter
- H Anschluss für PFC-Drossel
- J Primäre Glättungskondensatoren 2x 200 V
- K Kühlkörper für Schalttransistoren
- L Haupttransformator
- M Optokoppler
- N Standby Transformator
- O Gebündelte Enden der Sekundärwicklungen - Masse (0 V)
- P Kühlkörper für Sekundärgleichrichter
- R 5 V-SB Glättungskondensatoren
- S 5 V und 12 V Speicherdrossel
- T 3.3 V Speicherdrossel
- U Glättungskondensatoren für 3.3 V, 5 V, 12 V - jeweils zwei (diese unterliegen der intensivsten Belastung durch Mischstrom)
- W Ausgangskabelbaum

Die Leistungsaufnahme der Netzteile ist in Watt angegeben. Typische Werte für Büro-PC-Netzteile liegen im Bereich von 200-



350W; PCs speziell für Spieler („Gamer-PCs“) können auch Ausgangsleistungen von über 600 W haben.

Spannungsversorgungsanschlüsse auf dem Motherboard (Bild unten)

<https://de.wikipedia.org/wiki/PC-Netzteil>

Netzteilseitige Spannungsversorgungsanschlüsse (Bild rechts)

- 24 pin-Hauptstrom-Anschluss
- 8 pin-CPU-Anschluss
- 4 pin-CPU-Anschluss



Anschlusszoo eines PC-Netzteils (ATX 2)

- 1 Diskettenlaufwerk,
- 2 „Molex“ universell (IDE-Festplatten, optische Laufwerke etc.),
- 3 SATA-Laufwerke,
- 4 Grafikkarten 8-Pin, auftrennbar für 6-Pin,
- 5 Grafikkarten 6-Pin,
- 6 Hauptplatine 8-Pin,
- 7 Hauptplatine P4-Stecker, kombinierbar zum 8-Pin-Mainboardstecker 12V,
- 8 ATX2 24-Pin, teilbar 20+4, damit auch für alte 20-pin-Anschlüsse nutzbar

Netzteile müssen folgende Ausgangsspannungen bereitstellen:

- +12 V 12V für CPU, Grafikkarte, Laufwerksmotoren und Lüfter
- +5 V für USB-Anschlüsse, Tastatur/Maus
- +3,3 V für RAM

Ein Netzteil neuer Bauart verfügt stets über einen +5V-Standby-Ausgang, um einige Bauteile des PCs auch im „ausgeschalteten“ Zustand unter Spannung zu halten. Das hat dann den Vorteil, dass der PC auch über die Netzwerkkarte (*Wake-On-LAN*) oder über einen Tastendruck eingeschaltet werden kann.

In Server-PCs werden üblicherweise **redundante Netzteile** eingesetzt. Dabei sind zwei oder mehrere Netzteile in einem gemeinsamen Käfig montiert. Fällt ein Netzteil aus, so ist ein weiteres Netzteil verfügbar, welches die Spannungsversorgung des Server-PCs übernimmt.

Bei Notebooks ist in der Spannungsversorgungseinheit immer auch ein Akku enthalten, der eine Netzunabhängigkeit für einige (2 bis 6) Stunden gewährleisten soll. Wie lange ein Akku hält, bevor er wieder aufgeladen werden muss, hängt von den Verbrauchern ab: Chip, Festplatten- und Diskettenlaufwerke haben je nach Bauart höheren oder niedrigeren Verbrauch.

Die „Leistungsfähigkeit“ von Notebook-Akkus wird oft in Wattstunden pro Kilogramm Akkumasse angegeben.

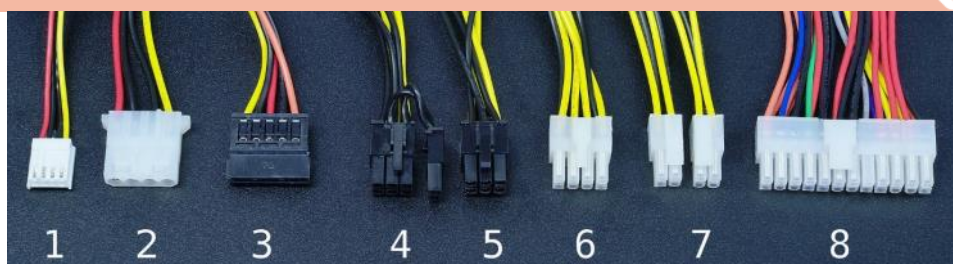
Notebook-Akkus

Nickel-Metallhydrid-Akku (NiMH)

1000Mal nachladbar, haben höhere Energiedichte (75 Wh/kg), entladen sich aber auch stärker als bei den früher verwendeten Nickel-Cadmium-Akkus. Nachteilig macht sich auch hier der Memory-Effekt bemerkbar, der aber wesentlich geringer ist als bei NC-Akkus. Entlädt man diese Akku mehrmals nicht zur Gänze, die Restladung zur zukünftigen Entladungsgrenze; die Kapazität des Akkus kann nicht mehr vollständig genutzt werden.

Lithium-Ionen-Akku

1200 Mal nachladbar, hohe Energiedichte (110 – 130 Wh/kg), kaum Selbstentladung, kein Memory-Effekt.



Akku für Samsung Galaxy A5 (2017), Kapazität 3000 mAh

Der Lithium-Ionen-Akku wurde von John Goodenough (*1922, USA), Stanley Whittingham (*1941, USA/GB) und Akira Yoshino (*1948, Japan) entwickelt, die dafür den 2019 den Nobelpreis für Chemie erhielten.

Die Kathoden (positive Elektroden beim Entladen) bestehen aus einem Stromableiter (meist Aluminiumfolien), auf denen ein Aktivmaterial (etwa Lithium-Cobalt-Oxid, Li-NMC usw.) aufgebracht ist. Auch die Anoden (negative Elektroden beim Entladen) bestehen aus einer Stromableiterfolie (diesmal meist aus Kupfer), als Aktivmaterialien sind Graphit mit eingebettetem Lithium oder Lithium-Titanat-Oxid (LTO, chemisch $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) gebräuchlich. Die konkrete Art des Akkus ergibt sich aus der Kombination der genannten Materialien.

- Lithium ist das Metall mit der geringsten Dichte $\rho_{\text{Li}} = 0,534 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$
- Lithium hat das „negativste“ Normalpotential gegen Wasserstoff $E^\circ(\text{Li}) = -3,05 \text{ V}$
- Hohe Energiedichte (etwa 130 Wh/kg)
- Sehr geringer Memory-Effekt
- Einsatzbereich: Mobiltelefone (etwa Samsung Galaxy-Reihe), Tablets, Digitalkameras, Notebooks; Traktionsbatterie für E-Bikes, Elektro- und Hybridfahrzeuge

Je nach Typ werden für die Herstellung eines Lithium-Akkumulators mit einer Speicherkapazität von einer 1 kWh an Energie etwa 80 g bis 130 g chemisch reines Lithium benötigt.

Lithium-Polymer-Akku

Lithium-Polymer-Akkus haben keine anderen chemischen Reaktionen, sondern Verwendung eines festen bis gelartigen Elektrolyten in Form einer Folie. Lithium-



Akku iPhone 11 (3,83 V Gleichspannung, 11,91 Wh Energie, Kapazität 3110 mAh)
www.ifixit.com

Polymer-Akkus werden beispielsweise in iPhones verwendet.

Notebook-Akkus können einen Teil ihrer Leistung vorübergehend oder dauernd einbüßen, zum Beispiel durch tiefe Temperaturen, Alter, Selbstentladung, den Memory-Effekt, Überladen, Tiefentladen oder Umpolen.

Um – auch nach längerem Gebrauch – die optimale Kapazität des Akkus zu erhalten, sollte man ihn fallweise „formieren“, das heißt, ihn kontrolliert entladen (bis das Notebook zum Nachladen auffordert), vollständig aufladen und diesen Vorgang (entladen/aufladen) noch zwei Mal wiederholen; der Memory-Effekt ist damit teilweise wieder behebbar.

Links

<https://de.wikipedia.org/wiki/Nickel-Metallhydrid-Akkumulator>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Ionen-Akkumulator>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Lithium-Polymer-Akkumulator>

Zentralprozessor (CPU)

Christian Zahler

Man unterscheidet Systeme mit nur einer CPU (*single processing*) und Mehrprozessorsysteme (*multiprocessing*). Die Motherboards müssen dann für den Einbau mehrerer CPUs geeignet sein.

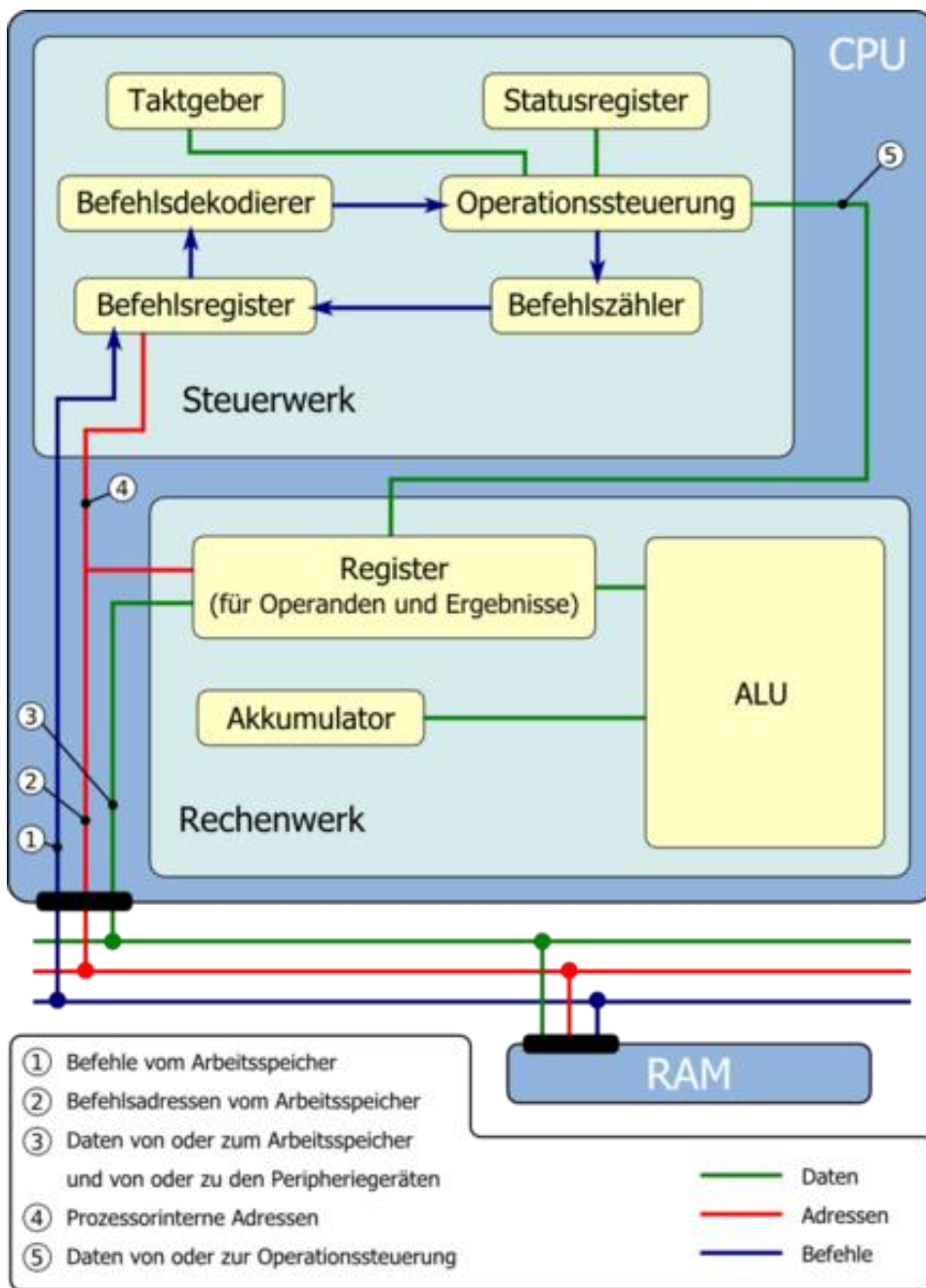
Ein Zentralprozessor besteht aus dem **Leitwerk** (Steuerwerk = „Control Unit“) und dem **Rechenwerk** („Arithmetical Logical Unit“ = ALU). Das Rechenwerk ist für die arithmetischen Operationen zuständig, vom Steuerwerk kommen die dazu nötigen Anweisungen. Zwischenergebnisse werden in speziellen RAM-Bereichen gespeichert, die als **Register** bezeichnet werden.

Im ursprünglichen PC-Prozessor intel 8086 gab es 14 Register. Obwohl in neueren Prozessoren die Registerbreite zugenommen hat, gilt das ursprüngliche Konzept noch heute:

- **Hauptregister** AX, BX, CX, DX: Sie waren jeweils 16 Bit breit und dienten zur Speicherung von Daten. Das Register AX wird oft auch als Akkumulator bezeichnet; BX als Basisregister, CX als Zählerregister (*count register*) und DX als Datenregister.
- **Segmentregister** SS, CS, ES, DS: Die Stacksegment-, Codesegment-, Extra-segment- und Datensegment-Register werden verwendet, um Programme in einzelne Bereiche aufzuteilen. Bei der Ausführung des Programms werden den Segmentregistern die Basiswerte für jedes Segment zugewiesen.
- **Offsetregister** SI, DI (*Source, Destination*): Diese Register werden benötigt, um – ausgehend von den Segmentadressen – auf weitere Werte zuzugreifen.
- **Stack Pointer** SP: Enthält die Adresse des Stacks (Stapelspeichers). Im Stack werden von Programmen benötigte Werte temporär abgelegt. Dieser Speicherbereich ist als LIFO (*Last-in-First-out*) organisiert.
- **Befehlszeiger**, *Instruction Pointer* IP: Zeigt auf den als nächstes auszuführenden Befehl.

Ein Pentium-Prozessor enthält in seinem Befehlssatz noch alle Befehle, die der 8086 hatte. Genauso verhält es sich mit den 32 bit-Registern (**IA-32, Intel Architecture 32 bit**), welche die ursprünglichen 16 bit-Register weiterhin als Untergruppe enthalten. In der folgenden Abbildung sind die wichtigsten Register eines 80386-Prozessors dargestellt, welcher 1985 der erste Prozessor auf dem Markt mit 32 bit-Architektur war:

- **Allzweckregister**



Schematischer Aufbau einer CPU (Quelle: Wikipedia)

- **Hauptregister** EAX, EBX, ECX, EDX: Das E bedeutet „*extended*“ (wegen der Erweiterung von 16 Bit auf 32 Bit); die jeweils untere Hälfte kann mit AX, BX, CX, DX angesprochen werden und entspricht den Hauptregistern im 8086-Prozessor.
- **Stack Pointer** ESP, EBP: Stack-Adressierung; dabei zeigt ESP auf die Spitze des Stacks, d.h. auf das zuletzt gebrauchte Wort, mit EBP wird der Stack frei adressiert.
- **Offsetregister** EDI, ESI: Diese Register werden nun für String-Operationen benötigt (*String* =

Zeichenkette), wobei ESI auf die Datenquelle zeigt (*extended source index*) und EDI auf das Ziel (*extended destination index*).

- **Segmentregister**: SS, CS, ES, DS sowie FS, GS: noch immer 16 Bit; existieren wegen der notwendigen Kompatibilität zum 8086-Prozessor; siehe oben. Die Register FS und GS sind neu.
- **Extended Instruction Pointer** EIP: Zeigt auf den als nächstes auszuführenden Befehl.
- **Extended Flags** EFlags: Dieses Register unterscheidet sich insofern von allen

anderen Registern, als die Flipflops einzeln gesetzt werden können; jedes Flipflop (welches einem Bit entspricht) hat dabei eine spezielle Bedeutung. Dabei unterscheidet man Statusflags und Steuerflags. Statusflags sagen etwas über das Ergebnis einer arithmetischen Operation aus, während Steuerflags dazu dienen, den Prozessor zu steuern.

Mit der Einführung der **64-Bit-Architektur (amd64, auch: x86-64)** kam es zu einer weiteren Erweiterung der Register unter Beibehaltung der Kompatibilität zur 32 Bit-Architektur. Das Konzept wurde von AMD im Jahr 2000 vorgestellt, die ersten Prozessoren kamen 2003 auf den Markt.

• **Allzweckregister:** statt 8 Registern stehen nun 16 Allzweckregister zur Verfügung.

□ **Hauptregister** RAX, RBX, RCX, RDX: Im 32 Bit-Modus werden wieder nur 32 Bit von diesen Registern benutzt, diese heißen dann wieder EAX usw.; die dann nicht genutzten oberen 32 Bit werden auf 0 gesetzt.

□ **Stack Pointer**, „ehemalige Offset-register“ RSP, RBP, RDI, RSI; analog 80386

□ **R8-R15:** Diese Register stehen ausschließlich im 64 Bit-Modus zur Verfügung.

• **RFlags, RIP**: entsprechen EFlags und EIP, selbe Bedeutung

Im 64-Bit-Modus wird keine Segmentierung mehr unterstützt, dadurch können Systemaufrufe wesentlich schneller abgearbeitet werden.

Die Inhalte der Register können unter Windows mit dem Tool **WinDbg** angezeigt werden, welches Bestandteil des **Windows 10 Software Development Kit (Windows 10 SDK)** ist.

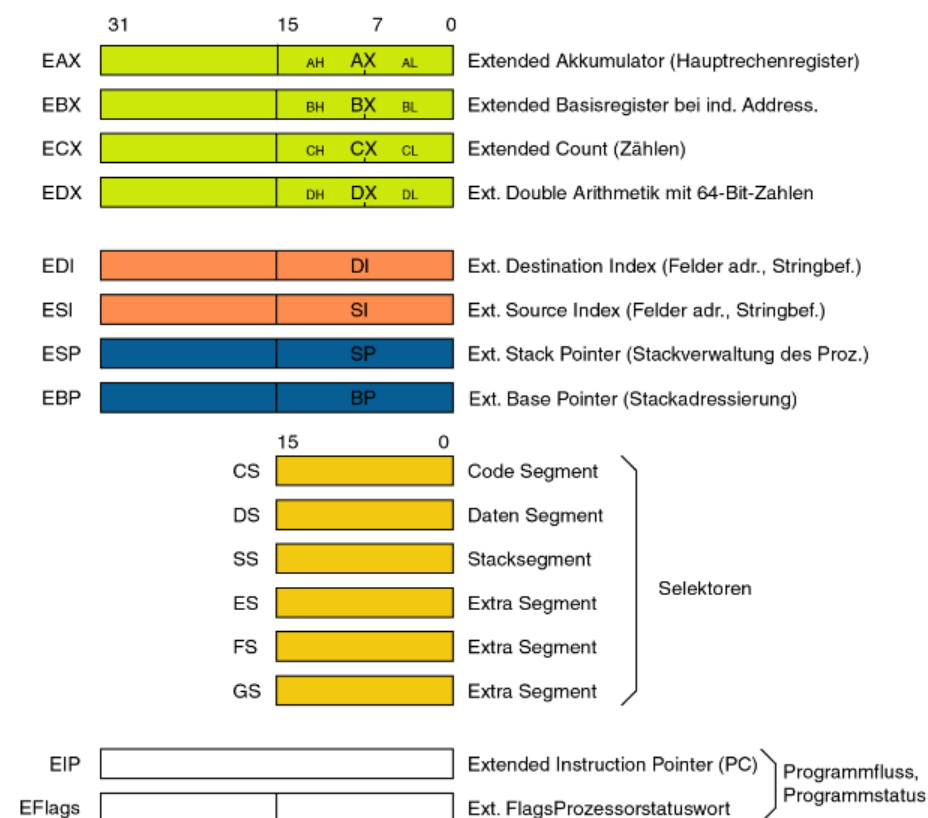
Im Folgenden werden wesentliche Leistungsmerkmale eines Prozessors besprochen. Oft verwendet man das englische Wort „*Performance*“ für die Leistung eines Systems.

Befehlssatz

Ein Prozessor hat die Aufgabe, die durch ein Programm an ihn gerichteten Befehle zu verarbeiten. Jeder Prozessor hat eine unterschiedliche Sammlung von Befehlen, die er „verstehen“. Programme dürfen daher nur aus Befehlen bestehen, die der Prozessor ausführen kann. So sind Programme, die für einen Apple-Computer mit dem Prozessor M 68030 geschrieben sind, nicht auf einem PC mit einem Pentium III-Prozessor ausführbar. Sie sind „nicht kompatibel“.

Nach der Anzahl der Prozessorbefehle unterscheidet man heute zwei große Gruppen:

CISC-Prozessoren (*complex instruction set computer*): Prozessoren mit dem vollen Sprach-



Wichtige Register des 80386

<https://homepages.thm.de/~hg6458/AS.pdf>

Reg	Value
gs	0
fs	3b
es	23
ds	23
edi	0
esi	1
ebx	7ffd4000
edx	77c61b78
ecx	77c418bf
eax	20
ebp	6ff84
eip	10046b6
cs	1b
efl	206
esp	6fb78
ss	23
dr0	0

Anzeige der Registerinhalte mit WinDbg

vorrat (einige hundert Maschinensprachebefehle). Klassische Linie der Prozessortechnik, heute vor allem durch die 80X86-Linie von INTEL und die 68XXX-Linie von MOTOROLA vertreten.

RISC-Prozessoren (*reduced instruction set computer*), d.h. ein Prozessor mit reduziertem Befehlssatz. Programme für solche Prozessoren sind zwar länger, aber wesentlich schneller. Diese Technik ist neuer, daher existieren noch nicht so viele Prozessoren auf dem Markt.

Taktfrequenz

Außerdem ist noch ein Taktgeber nötig, das ist ein speziell gefertigter Quarzkristall, der zusammen mit einer Hilfsschaltung regelmäßige Impulse über die so genannte „Taktleitung“ (auch: Clock-Leitung) an die CPU weitergibt. Charakteristisch für eine CPU ist also die sogenannte **Taktfrequenz**. Die Taktfrequenz wird in Megahertz angegeben (1 MHz = 10^6 Schwingungen/s), die neuesten Prozessoren (Stand: 2020) arbeiten bereits

mit 5 GHz und mehr (1 Gigahertz = 1000 MHz).

Die Taktfrequenz ist maßgeblich für die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Prozessors. Der Takt steuert unmittelbar die Befehlsausführung des Prozessors. Die Geschwindigkeit des Prozessors wird meist durch die Anzahl der durchführbaren Prozessorbefehle oder Rechenoperationen in einer Sekunde angegeben:

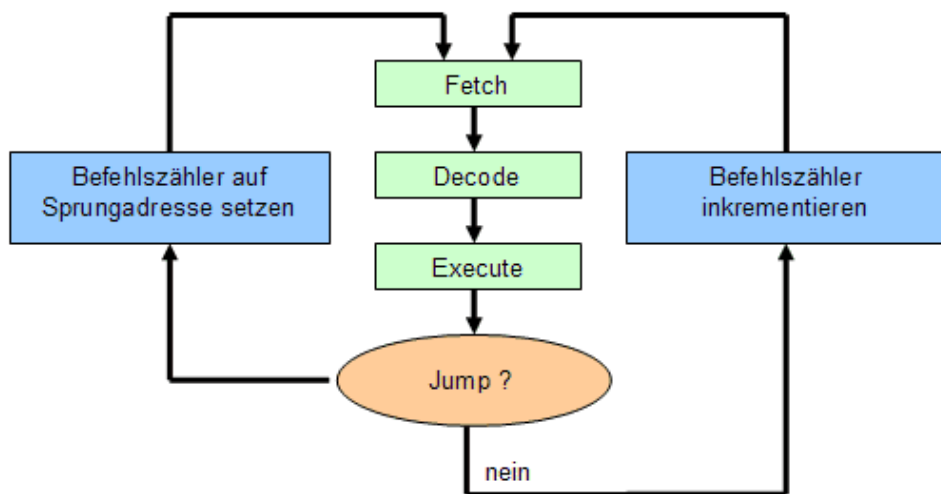
- **IPS** *instructions per second* : Diese Einheit ist in erster Linie von der CPU abhängig. Sie gibt an, wie viele Maschinenbefehle ein Mikroprozessor pro Sekunde ausführen kann. Beispiel: Ein Intel Core i7-8086K kommt bei 5,0 GHz auf 221 720 MIPS (1 MIPS = 10^6 IPS).
- **FLOPS** *floating point operations per second* : Durch diese Einheit wird die Leistungsfähigkeit der gesamten Rechnerarchitektur gemessen (also RAM, Bussystem, CPU). Die Berechnung erfolgt durch Multiplikation folgender Werte: Taktfrequenz, Anzahl der CPU-Sockel-Anzahl physischer CPU-Kerne pro Sockel, Anzahl virtueller Kerne pro physischem CPU-Kern, Anzahl begonnene Befehle pro Takt, Datenworte pro Rechenregister, numerische Operationen pro Befehl

Beispiel: Taktfrequenz 2,5 GHz, 2 Sockel, 24 physische Kerne, 2 virtuelle Kerne pro physischem Kern, 2 angefangene Befehle pro Takt, 8 Datenworte pro Rechenregister (256 Bit-Register), 2 numerische Operationen pro Befehl = 7,68 TFLOPS. Ein Intel Core i7-7700K, QuadCore, kommt auf 241 GFLOPS.

Bis Ende 2021 wird in Bologna (Italien) das Projekt „Leonardo“, ein Supercomputer mit einer Rechenleistung von 250 PetaFLOPS (1 PFLOP = 10^{15} FLOPS) und einer Speicherkapazität von über 100 Petabyte errichtet.

Die kostengünstigste Methode, einen Prozessor zu beschleunigen, ist daher die Erhöhung der Taktfrequenz. Jedoch erhöht sich dadurch der Stromfluss im Inneren des Prozessors und damit auch die Wärmeentwicklung. Für hochgetaktete Prozessoren ist daher eine *Kühlung* erforderlich. Früher genügte ein Wärmeleitblech, meist zusätzlich ein Ventilator, um die entstehende Wärme abzuführen. Heute bedient man sich einer Kombination aus Kühlkörper und Lüfter.

Eine exotischere Variante ist ein „Icecap“. Hierbei handelt es sich um ein sogenanntes Peltier-Element: Fließt Strom durch zwei Drähte unterschiedlicher Legierung, die an den Enden zusammengelötet sind, so kühlt sich eine Lötstelle ab, während sich die andere erwärmt. Durch diese „Kappe“ wird die Oberfläche des Prozessors auf einer konstanten Arbeitstemperatur zwischen 0 und 4°C gehalten. Dadurch ergibt sich zwischen der Oberfläche und



dem eigentlichen Siliziumchip eine große Temperaturdifferenz (bis zu 140° C) und damit eine bessere Wärmeableitung. Diese Kühler sind aber in herkömmlichen PCs nicht in Verwendung.

Da der Taktgeber (der Quarzkristall) nur Taktfrequenzen von 66 MHz, 100 MHz oder 133 MHz produzieren kann (die sogenannte „Base Clock“), aber heute übliche CPUs mit einem wesentlich höheren Takt arbeiten, wurde die **Taktvervielfachung** eingeführt. Die Multiplikatoren sind ganzzahlig oder einfache Bruchzahlen:

Beispiel: Der 3,06 GHz-intel Pentium 4 läuft mit einer externen Taktfrequenz von 133 MHz und verwendet den Multiplikator 23, woraus sich die 3,06 GHz ergeben.

Die Systembusgeschwindigkeit und der Multiplikator mussten früher über Jumper (kleine Steckbrücken) am Motherboard eingestellt werden; heute teilt die CPU über eine spezielle Funktion ihre Kenndaten dem Motherboard mit, sodass die entsprechenden Parameter automatisch eingestellt werden.

Es zeigt sich bereits, dass neben den Festplatten die Frequenz des „Front Side Bus“, jene Frequenz, mit der die Komponenten am Motherboard – außer der CPU - arbeiten, den Flaschenhals für einen modernen PC darstellt. Intel Pentium III- und AMD-Prozessoren arbeiten mit einem 100- oder 133 MHz-Front Side Bus-Takt; heute übliche Intel- und AMD-Prozessoren unterstützen 400 – 800 MHz.

Ein hoher Bustakt ist vor allem für Grafiker interessant, da während einer Bildbearbeitung kaum auf die Festplatte zugegriffen wird, dafür aber umso mehr Daten über den Datenbus zwischen CPU und RAM laufen.

Arbeitsweise einer CPU

Ein von Neumann-Rechner arbeitet sequenziell. Nacheinander passieren immer wieder die folgenden zwei Schritte:

- Befehl holen: *fetch cycle* (immer gleich)
- Befehl ausführen: *execution cycle* (natürlich abhängig vom auszuführenden Befehl)

Beide zusammen nennt man den Befehlszyklus. Entscheidend für die Systemgeschwindigkeit ist die Dauer eines Befehlszyklus bei den wichtigsten Befehlen. Bei der Von-Neumann-Struktur laufen beide Teile des Befehlszyklus nacheinander auf dem einzigen Bussystem ab.

Pipelining

Um Parallelität in der Befehlsausführungsphase zu erreichen, wird der Datenpfad so konstruiert, dass folgende (hier fünf) Phasen unabhängig voneinander arbeiten können. Nur so ist es möglich, eine verzahnte Abarbeitung mehrerer Befehle zu erreichen.

- **Befehlscode laden (IF, *Instruction Fetch*)**: In der Befehlsbereitstellungsphase wird der Befehl, der durch den Befehlszähler adressiert ist, aus dem Arbeitsspeicher geladen. Der Befehlszähler wird anschließend hochgezählt.
- **Instruktion dekodieren und Laden der Daten (ID, *Instruction Decoding*)**: In der Dekodier- und Ladephase wird der geladene Befehl dekodiert (1. Takthälfte) und die notwendigen Daten aus dem Arbeitsspeicher und dem Registersatz geladen (2. Takthälfte).
- **Befehl ausführen (EX, *Execution*)**: In der Ausführungsphase wird der dekodierte Befehl ausgeführt. Das Ergebnis wird durch den Pipeline-Latch gepuffert.
- **Ergebnisse zurückgeben (WB, *Write Back*)**: In der Resultatspeicherphase wird das Ergebnis in den Arbeitsspeicher oder in den Registersatz zurückgeschrieben.

Jede der vier Phasen wird in eine Anzahl von Schnittstellen bzw. Zyklen eingeteilt. Ein Taktzyklus ist die kleinstmöglich verarbeitbare Einheit. Somit benötigt ein Befehl zur Ausführung im Allgemeinen mehr als einen Taktzyklus.

Cache

Um die PCs nicht zu teuer zu machen, andererseits aber ihre Rechengeschwindigkeit zu steigern, hilft man sich mit einem (hardwaremäßigen) **Level 1 (L1)-Cache** (Pufferspeicher, „cache“ engl. = „Versteck, geheimes Vorratslager“), welches aus einem SRAM-Chip besteht. Dieser Speicherbereich ist meist relativ klein (z.B. 20 KiB) und wird zwischen Prozessor und Hauptspeicher geschaltet. In diesen Speicher legt der Prozessor Datensätze, die er zwar nicht immer, aber sehr oft bei der Verarbeitung benötigt. Ab dem Pentium Pro- bzw. Pentium II-Prozessor ist Intel dazu übergegangen, den Cache in die CPU zu integrieren. Dadurch ist ein Takten des Cache mit der CPU-Taktfrequenz möglich, wodurch der Zugriff auf den Cache und der Datentransfer vom Cache zur CPU wesentlich schneller abläuft (noch bei Pentium-Motherboards war der Cache auf dem Motherboard installiert und mit dem wesentlich niedrigeren Bus-Takt von 33 oder 66 MHz getaktet).

Gängige Zentralprozessoren verfügen darüber hinaus noch über einen **Level 2 (L2)-Cache**, der – heute meist ebenfalls on-chip – zwischen 128 KB und 2048 KB umfasst.

Rechner der gehobenen Leistungsklasse können weitere Caches aufweisen; so besitzt der für Multiprozessorsysteme geeignete Intel Xeon MP-Prozessor einen 4 MB großen **Level 3 (L3)-Cache** am Chip. Bestimmte Serversysteme besitzen darüber hinaus noch einen externen, am Motherboard eingebauten **Level 4 (L4)-Cache**.

Mehrkernprozessoren

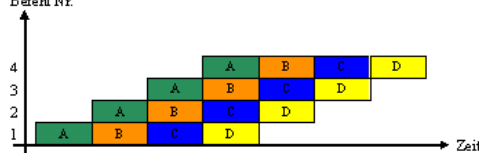
Die bis ca. 2005 üblichen Einkernprozessoren wurden schrittweise von Mehrkernprozessoren verdrängt. Als Mehrkernprozessor (auch Multicore-Prozessor oder Multikernprozessor) bezeichnet man einen Mikroprozessor mit mehr als einem vollständigen Hauptprozessor auf einem einzigen Chip. Sämtliche Ressourcen mit Ausnahme des Bus und eventuell einiger Caches sind mehrfach vorhanden. Es handelt sich also um mehrere vollständige, weitgehend voneinander unabhängige Prozessoren inklusive eigener arithmetisch-logischer Einheit (ALU), Registersätze und, sofern überhaupt vorhanden, *Floating Point Unit* (FPU).

Heute sind auch im PC-Bereich Mehrkernprozessoren Standard. Meist werden Vier-Kern-Prozessoren (*Quad Core*), Sechs-Kern-Prozessoren (*Hexa-Core*) oder – vor allem im leistungsstarken Gaming-Bereich – Acht-Kern-Prozessoren (*Octa-Core*) verbaut. AMD bietet seit 2017 auch 12- und 16-Kern-Prozessoren an (AMD Ryzen Threadripper 1920X bzw. 1950X).

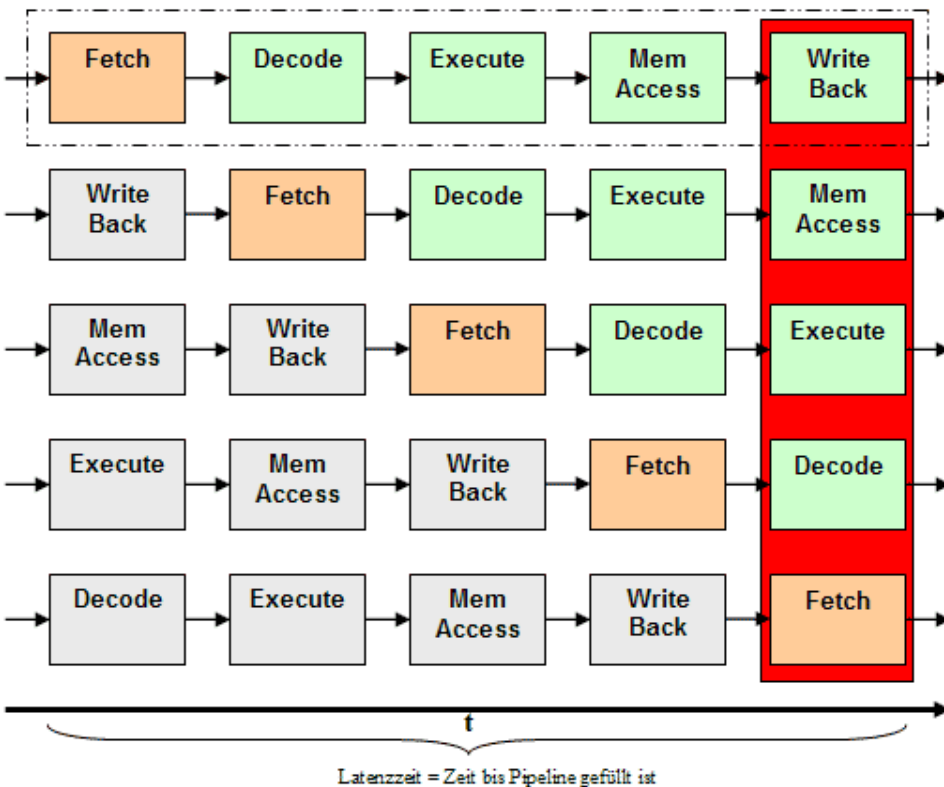
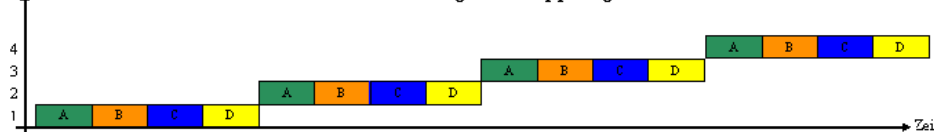
Analysieren der vorhandenen Hardware

Es existieren Hardware-Analyse-Programme, die sehr genaue Informationen über die vorhandene Systemhardware liefern,

Befehlsverarbeitung mit Befehlspipelining



Befehlsverarbeitung ohne Befehlspipelining



CPU-Z

CPU

Caches

Mainboard

Memory

SPD

Graphics

Bench

About

Processor

Name

Intel Core i7 3770

Code Name

Ivy Bridge

Max TDP

77.0 W

Package

Socket 1155 LGA

Technology

22 nm

Core Voltage

0.920 V

Specification

Intel® Core™ i7-3770 CPU @ 3.40GHz

Family

6

Model

A

Stepping

9

Ext. Family

6

Ext. Model

3A

Revision

E1/L1

Instructions

MMX, SSE, SSE2, SSE3, SSSE3, SSE4.1, SSE4.2, EM64T, VT-x, AES, AVX

Clocks (Core #0)

Core Speed

1596.19 MHz

Multiplier

x 16.0 (16 - 39)

Bus Speed

99.76 MHz

Rated FSB

Cache

L1 Data

4 x 32 KBytes

8-way

L1 Inst.

4 x 32 KBytes

8-way

Level 2

4 x 256 KBytes

8-way

Level 3

8 MBytes

16-way

Selection

Socket #1

Cores

4

Threads

8

CPU-Z

Ver. 1.92.0.x64

Tools

Validate

Close

etwa CPU-Z

(Hersteller: <https://www.cpuid.com>).

Man kann detaillierte Informationen über das Motherboard sowie verschiedene Hardwarekomponenten wie CPU, RAM oder Grafikkarte erkennen.

Wichtige Prozessorserien

Heute teilen sich einige wenige Hersteller den Mikroprozessor-Markt; es sind dies die Firmen

- Intel
- AMD
- Motorola
- NEC
- National Semiconductor
- Texas Instruments
- Silicon Graphics

Derzeit arbeiten 85 % aller PCs mit Intel-Prozessoren.

Intel-Prozessoren

Anfang der 80er Jahre entwickelte sich die Firma IBM zum Marktführer, indem sie ihre Rechner mit den 8086/8088-Prozessoren von Intel und dem Betriebssystem DOS von Microsoft ausrüstete. Somit wurden diese beiden Merkmale zum **Industriestandard**; sämtliche Weiterentwicklungen beruhten auf diesem Standard.

Bis zum Pentium-Prozessor favorisierte Intel den Motherboard-Sockel 7, ein quadratischer Steckplatz.

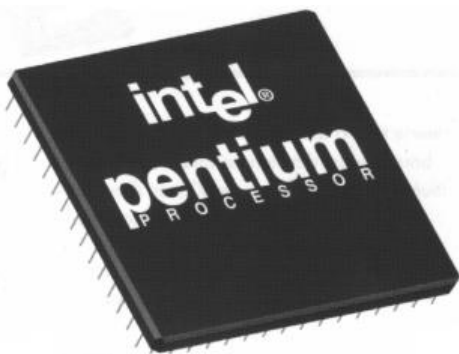
Pentium II und Pentium III nutzten den einbaufreundlichen Slot-1; der Prozessorchip ist hier in einer Kassette eingebaut, die – ähnlich wie Erweiterungskarten oder Arbeitsspeichermodule – senkrecht in einen speziellen Sockel eingesteckt wird.

Hier noch allgemeine Informationen zu den sich abzeichnenden Tendenzen:

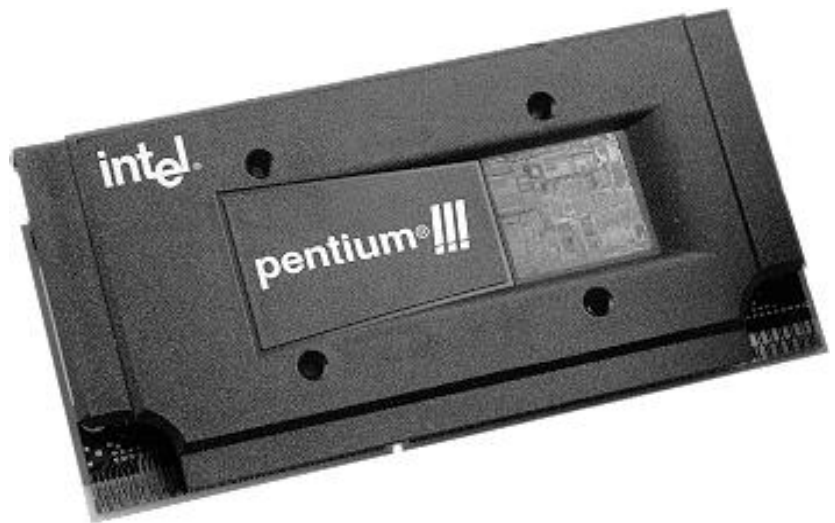
- Man beobachtet, dass man mit dem

stetig steigenden Systemtakt und dem größer werdenden L2-Cache (auf der CPU) dem Flaschenhals CPU-RAM-Verbindung zuleibe rücken will (100-133-200-400-600 MHz).

- Der Spannungsbedarf der Prozessoren wird immer geringer; der Pentium MMX benötigt nur mehr 2,8 V Versorgungsspannung, der 80486er arbeitete noch mit 5 V.
- Pro Jahr steigen die Ansprüche an die Busbreite um ca. 0,6 bit.
- Die großen Prozessorhersteller Intel und AMD haben verschiedene Sockel- und Slot-Bauformen für ihre zukünftigen CPUs, sodass man sich beim Motherboard-Kauf sehr wohl überlegen muss, welcher Prozessor zum Einsatz kommen soll
- 1998 kam ein "abgespeckter" Pentium II-Chip mit dem Namen "Celeron" auf den Markt. Unterschied zum Pentium II: Der Celeron hat keinen Cache) Zwischenspeicher).



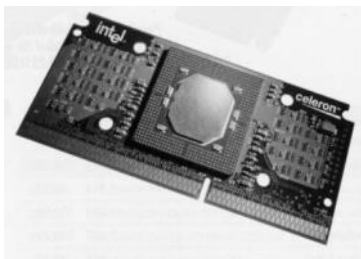
Pentium-CPU-Chip
(Foto: intel)



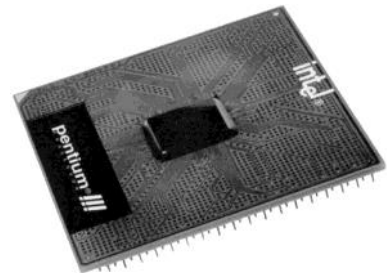
Intel Pentium III-Prozessor in der SEC-Kassette, dem neuen Gehäusetyt für Prozessoren (Foto: PCAustria).



Intel Pentium III-Logo



Intel Celeron (Foto: NewsFlash, C2000)



Der Intel Pentium III-Prozessor wurde ab 2000 nicht mehr für Slot 1 produziert, sondern wieder in der Sockelform (Sockel 370). (Foto: intel)

Intel-x86-Prozessor-Serie

Bezeichnung	Kommentar	(interne) Takt- frequenz [MHz]	Adress- bus- breite	Daten- bus- breite	Verwendeter Sockel
8008	1972; erster 8 bit-Rechner.			8	
8080	1974; lange Zeit Industriestandard.			8	
8086/8088	1978/79; erster PC-Prozessor; Arbeitsspeicher bis 1 MB („XT“ = eX-Tended technology 1981)	4,7 – 10	20	16/8	
80186/80188	nicht mehr kompatibel zu Folgerechnern, daher geringe Bedeutung	4 – 12	20	16	
80286	1982; Prozessor der IBM-„AT“-Geräte (advanced technology), 6 x schneller als XT, Arbeitsspeicher bis 16 MB; Unix-Betrieb möglich; Rechenleistung 1 – 2 MIPS.	6 – 25	24	16	
80386	1985; konsequente Weiterentwicklung des 80286-Prozessors geeignet für Multitasking-Betriebssysteme, z.B. Unix oder das von IBM entwickelte OS/2. Kann mehrere 8086-Prozessoren darstellen; Arbeitsspeicher bis 4 GB; Rechenleistung 4 – 8 MIPS	16 – 33	32	32	
80486	1989; enthält einen kompletten 80386-Prozessor, eingebaut ist der mathematische Coprozessor 80387 und 8 kB Cache, größerer Befehlssatz; ansonsten wie 80386. Rechenleistung bis 27 MIPS (25 MHz) bzw. 41 MIPS (50 MHz); DX2-66 bis 54 MIPS.	25 – 66	32	32	
P5	1993; „Pentium“; 16 kB Prozessor-Cache, unterteilt in Daten- und Befehlscache; Rechenleistung bis 112 MIPS; leistungsmäßig erstmals Anschluss an die RISC-Prozessoren; nicht für DOS gedacht, eher für Windows/NT und Unix; 2 Befehle können parallel ausgeführt werden	60 – 200	32	64	Socket 4, Socket 5, Socket 7
„MMX“	1996; „Pentium Multimedia Extension“; Nachteil: Die Multimedia-Erweiterung (MMX) und der mathematische Koprozessor (FPU) können nicht gleichzeitig benutzt werden.	133 – 200	32	64	Socket 7
P6	1995; „Pentium Pro“; 32 kB Prozessor-Cache („Level 2-Cache“), unterteilt in Daten- und Befehlscache; Rechenleistung bis 112 MIPS; 4 Befehle können parallel ausgeführt werden; Spannung intern 2,9 V. Als „Zwischenlösung“ wird ein Prozessor „P68“ entwickelt, der bis zum Erscheinen des P7 den Markt versorgen soll.	133 – 200	32	64	Socket 8
Pentium II	1997; Pentium II: Dual Independent Bus Architecture (zwei unabhängige Busse: „Systembus“ vom Prozessor zum Arbeitsspeicher und „Level 2-Cache-Bus“); MMX-Technologie; neuer Gehäusetyp; „Celeron“ als abgespeckte Version	233 – 500	32	64	Slot 1
Pentium III	1999; Pentium III: neuer Befehlssatz (SIMD = Streaming Single-Instruction Multiple Data Extensions), Nachfolger von MMX. Verbesserung in der Fließkommaleistung für 3D- und Multimedia-Anwendungen.	450 – 1260	32	64	Slot 1, Socket 370
Pentium IV (Willamette)	2000; neue Prozessorarchitektur, kleinerer L1-Cache, längere Pipeline ermöglicht höhere Taktfrequenz; SSE2	1,3 – 2,0 GHz	36	64	Socket 423, Socket 478
Pentium IV (Northwood, Prescott, Cedar Mill)	2003; Einführung des Intel® Pentium® 4 Prozessors mit Hyper-Threading (HT)-Technologie, 3 – 3,4 GHz Taktfrequenz und 800-MHz-Systembus sowie des Intel® 875P Chipsets.	1,3 – 3,8 GHz	36	64	Socket 478, Socket LGA 775
Itanium 2	2001; Kupferteknik; 400 MHz Systemtakt; 2 – 8 MByte L2-Cache; Codename „McKinley“; reiner RISC-Prozessor	1,5 – 2,0 GHz	36	64	Socket 611

Xeon-Prozessoren

Die Xeon-Prozessorserie beschreibt High End-Prozessoren, die auf Pentium II/III/4-Prozessoren aufbauen. Xeon-Prozessoren wurden speziell für den Mehr-Prozessor-Betrieb in Server-PCs entwickelt.

Bezeichnung	Kommentar	(interne) Takt- frequenz [MHz]	Adress- bus- breite	Daten- bus- breite	Verwendeter Sockel
Pentium III Xeon	1999; Pentium III mit speziell großem Cache (bis 2 MB) und der Möglichkeit, max. 8 GB RAM zu adressieren.	600 – 1000	32	64	Slot 2
Pentium 4 Xeon MP	ab 2003; Prozessoren für Netzwerkserver; dreistufige Cache-Architektur (Level 1/2/3-Cache), 400 MHz Front Side Bus; HyperThreading-Architektur	2,8 – 3,6 GHz	36	64	Socket 603

Dual Core- und Quad Core-Prozessoren

Bezeichnung	Kommentar	(interne) Takt-frequenz [MHz]	Adress-bus-breite	Daten-bus-breite	Verwendeter Sockel
Pentium D (Presler)	2006; Enthält zwei Pentium 4-Kerne, wobei jede CPU ihren eigenen Cache verwendet. Es existiert allerdings nur ein gemeinsamer Front Side Bus.	2,6 – 3,6 GHz	36	64	LGA775
AMD Athlon 64 X2	Zwei separate Kerne nutzen L1-Cache gemeinsam.	2,0 – 2,4 GHz	40	64	Socket 939, Socket AM2

Intel Core

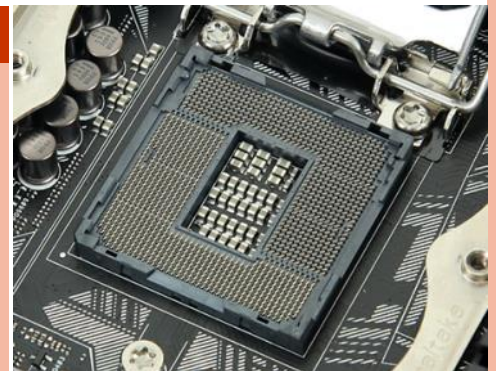
Bezeichnung	Kommentar	(interne) Takt-frequenz [MHz]	Adress-bus-breite	Daten-bus-breite	Verwendeter Sockel
Intel Core Solo, Intel Core Duo (Yonah)	2006; basiert auf Pentium M-Plattform	1,06 – 2,33 GHz	40	64	478poliger microFCPGA-Sockel
Intel Core 2 (Allendale, Conroe, Merom)	2006; erstmals neue Prozessorarchitektur („Core“), die nicht mehr auf Pentium 4 beruht. Diese Prozessorserie wird auch als Core 2 Extreme angeboten; es sind auch Dual Core- und Quad Core-Varianten im Handel. Transistoren/Fertigungstechnik: 291 Millionen bei 65 nm.	1,8 – 3,2 GHz	40	64	LGA-775
Intel Core 2 Duo (Wolfdale)	2008; Dual Core; FSB mit 1333 MHz Taktfrequenz; 6 MB L2-Cache; 45 nm-Fertigungstechnologie. 2 Kerne.	2,66 – 3,16 GHz	40	64	LGA-775
Intel Core 2 Quad (Yorkfield)	2008; Dual Core; FSB mit 333 – 400 MHz Takt-frequenz; 6 MB L2-Cache; 45 nm-Fertigungstechnologie. 2 Kerne.	2,33 – 2,66 GHz	40	64	LGA-775

Intel Core i

Grundsätzlich unterteilt Intel die aktuellen Prozessoren mit Hilfe der Bezeichnungen i3, i5, i7 und i9 in Leistungsklassen. Welches Anhängsel ein Prozessor erhält, hängt nicht vom verwendeten Sockel, sondern von den Prozesseureigenschaften ab – wie etwa die Anzahl der Kerne (englisch cores), Hyper-Threading-Unterstützung, die Breite der Speicheranbindung und die Unterstützung kurzzeitiger Übertaktungen (mit dem auch sogenannten Turbo-Modus oder englisch turbo boost) spielen eine wichtige Rolle, aber auch andere Features wie Trusted Execution Technology (TXT) sowie Teile des Caches können bei Prozessoren mit kleineren Modellnummernanhängseln deaktiviert sein.

Man kann daher nicht sagen, dass Core-i3-CPUs grundsätzlich weniger leistungsfähig bzw. langsamer als Core-i5- oder Core-i7-CPUs sind. Seit 2017 gibt es auch die Core-i9-CPU-Reihe, deren Top-Modelle 18 Prozessorkerne haben.

Generation	Architektur	Erscheinungs-jahr	Fertigungs-technologie	Maximale Taktung	Sockel Desktop
1	Westmere, Nehalem	2008	45 nm (ab 2009 32 nm)	3,6 GHz	LGA 1156
2	Sandy Bridge	2011	32 nm	4,0 GHz	LGA 1155
3	Ivy Bridge	2012	22 nm	4,0 GHz	LGA 1155
4	Haswell	2013	22 nm	4,4 GHz	LGA 1150
5	Broadwell	2014	14 nm	4,4 GHz	LGA 1150
6	Skylake	2015	14 nm	4,2 GHz	LGA 1151
7	Kaby Lake	2016	14 nm	4,5 GHz	LGA 1151
8 / 9	Coffee Lake	2017	14 nm	5,0 GHz	LGA 1151
10	Comet Lake	2019	14 nm	5,2 GHz	LGA 1200
10	Ice Lake	2018	10 nm	?	LGA 2066
12	Alder Lake	2021 – 2022	10 nm		
	Meteor Lake	> 2022	7 nm		



LGA1151-Sockel (Skylake-Mikroarchitektur), Prozessor Intel i7-6700 K mit Skylake-Architektur (Quelle: Wikipedia)

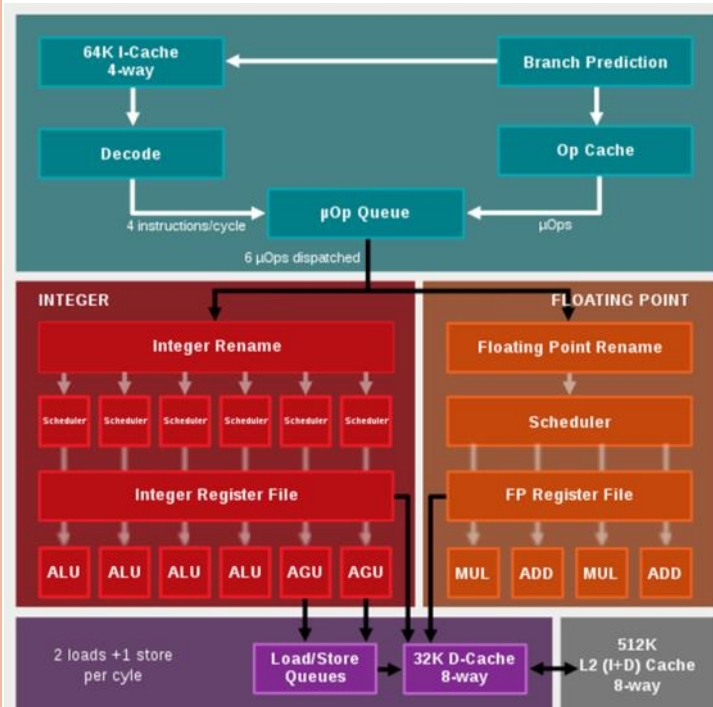
AMD-Prozessoren

Viele Firmen bauen die Prozessoren der 80X86-Familie nach. Bekannt sind z.B. die Prozessoren der Firmen IBM oder AMD. AMD sieht als Zielgruppe in erster Linie Privatanutzer und stellt kostengünstige CPUs her, die für Spiele und ähnliche Unterhaltungssoftware optimiert sind.

Im Desktopsegment bietet AMD aktuell (2017) den AMD Ryzen, AMD FX, den Phenom II, den Athlon II, den Sempron und die AMD-Fusion-APUs an. Diese gibt es in Ausführungen mit zwei bis acht Kernen.

Eine komprimierte und daher unvollständige Auflistung der wesentlichen AMD-Prozessorgenerationen findet man in folgender Tabelle:

Erschienen	Bezeichnung	Informationen
1997	AMD K6	Socket 7; vergleichbar dem intel Pentium MMX
1998	AMD K6-2	Socket 7; optimiert für Spiele
1999	AMD K6-3	Socket 7; TriLevel Cache
2000	AMD K7 „Athlon“	Slot A; Enhanced 3DNow!-Technologie für aufwändige Spiele; K7-Architektur
2001	AMD Athlon XP	Socket A; XP = „extra power“; Streaming SIMD Extension
2001	AMD Athlon MP	Socket A; Multiprozessor-variante
2002	AMD Opteron	duale Architektur für 32 bit- und 64 bit-Anwendungen; K8/K9-Architektur
2003	AMD Athlon 64	erste 64 bit-Prozessoren; K8/K9-Architektur
2007	AMD Phenom	1,8 – 2,6 GHz; 65 nm-Fertigung; K10-Architektur
2009/2010	AMD Phenom II	2,8 – 3,2 GHz; 45 nm-Fertigung; „Thuban“ ist als Sechskernprozessor verfügbar
2011	AMD FX	2,8 – 5,0 GHz; Desktop-CPU, Fertigung in 32 nm-Technologie, Sockel AM3+; Bulldozer-Architektur
2017	AMD Ryzen	3,0 – 3,6 GHz; 4 - 8 Kerne, 8 - 16 Threads, 8 – 16 MB L3-Cache; AM4-Sockel, ähnliche Modellbezeichnungen wie intel (Ryzen 3, 5, 7); Zen-Mikroarchitektur; 14 nm Fertigung
2017	AMD Epyc	2,0 – 2,4 GHz; Serverprozessor, 8 – 32 Kerne/16 – 64 Threads; Zen-Mikroarchitektur

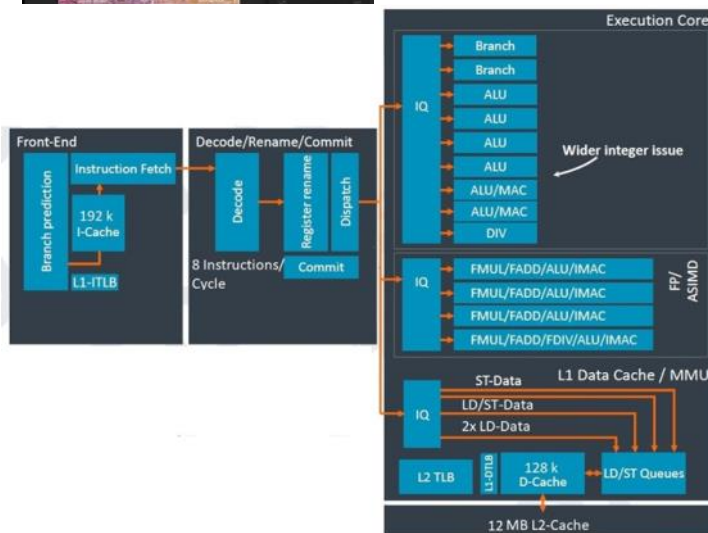
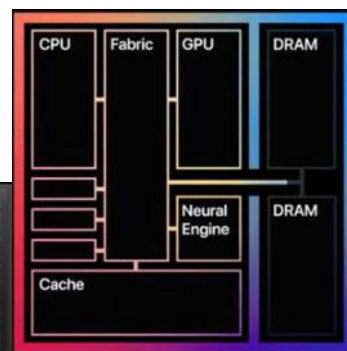


Apple

Nachdem Apple jahrelang (2006 – 2020) seine Geräte mit intel-Prozessoren ausgestattet hatte, erfolgte 2020 ein Strategiewechsel: Apple verwendet für diverse MacBook-Geräte nun eine Eigenentwicklung, die vom taiwanesischen Unternehmen TSMC in 5 nm-Technologie gefertigt wird.

Eine Besonderheit ist die Fertigung als „System on a Chip“ (SoC): Neben der eigentlichen CPU-Funktionalität befinden sich auch GPU, Sicherheitschip, RAM und I/O-System inklusive Thunderbolt auf dem M1-Chip. Auf dem Chip befinden sich 16 Mrd. Transistoren.

Erschienen	Name	Mikroarchitektur	Anzahl Cores	Cache	Takt
2020	M1	ARM-v8.6A A64	8 (max. 25000 Threads gleichzeitig) High-Performance-Cores („Firestorm“) 4 Energieeffizienz-Cores („Icestorm“) Integrierte GPU (2,6 TFLOPS) Eigene Neural Engine (für KI)	192 kB L1-Be-fehls-cache 128 kB L1-Daten-cache 4 MB L2-Cache	3,2 GHz



Externe Speicher

Christian Zahler

1. Hat der Computer eine ausreichend große Festplatte, so ist der Arbeitsspeicher zu klein. Hat er einen ausreichenden Arbeitsspeicher, dann ist die Festplatte zu klein.
2. Eine Festplatte mit n GB Speicherplatz ist immer zu $n-1$ GB voll.
3. Sind auf der Festplatte noch k GB frei, so braucht das neu zu installierende Programm mindestens $k+1$ GB.

(adaptiert nach: Graf, Murphys Computer-gesetze, Markt&Technik 1990.)

Die externen Speichermedien stellen das Gegenstück zum internen Arbeitsspeicher (RAM) dar. Während Daten im Arbeitsspeicher verloren gehen, wenn der Computer abgeschaltet ist, bleiben sie auf den externen Speichermedien erhalten. (Siehe Tabelle rechts oben)

Tatsächliche Speicherung von Daten auf magnetischen Speichermedien

Physikalisches Schreibverfahren

Egal ob Magnetband, Diskette oder Festplatte – das physikalische Prinzip der Speichern und Lesens der Daten ist bei allen gleich. Kernstück ist ein drahtumwickelter Ringmagnet mit einem Spalt, der als **Schreib-/Lesekopf** bezeichnet wird.

Beim Beschreiben und Lesen von Festplatten sind zwei Bewegungen gekoppelt:

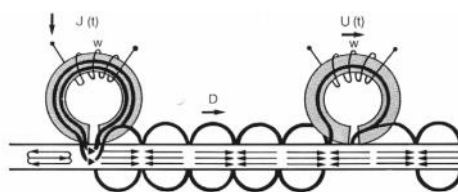
- die Rotation der Diskette
- die Vor-/Rückbewegung des sogenannten Schreib-/Lesekopfes

Mit Hilfe dieser Bewegungen ist die exakte Positionierung des Schreib-/Lesekopfes möglich.

Schreiben: An den Draht (physikalisch: Spule) werden Spannungsimpulse angelegt. Durch Induktion entsteht im Ringmagnet ein Magnetfeld, das durch den Spalt auf die Teilchen der Magnetbeschichtung übertragen wird. Diese Teilchen werden in einer Richtung ausgerichtet. Wird die Richtung des Schreibstroms geändert, so ändert sich auch die magnetische Flussrichtung: [genauer: auf die Weisschen Bezirke der Magnetbeschichtung. In jedem Magneten ordnen sich die Elementarmagnete in kleinen Bereichen parallel an; diese Bereiche werden in der Physik als Weissche Bezirke bezeichnet.]

Hier sieht man das Prinzip des Schreibens (links) und Lesens (rechts). $J(t)$ kennzeichnet den Schreibstrom, der die Magnetteilchen ausrichtet. $U(t)$ ist die Induktions-

Arbeitsspeicher (RAM)	Externe Speicher
aufgebaut aus Halbleiter (RAM)	magnetische, optische Medien, aber auch Halbleiter
Daten und Programme nur während der Verarbeitung vorhanden	Daten und Programme können beliebig lange gespeichert werden.
Sehr schneller Zugriff (Nanosekunden-Bereich)	„langsamer“ Zugriff (Faktor 100.000 bis 10.000.000)
jedes Byte adressierbar	nur Gruppen von Byte adressierbar (Sektoren, Blöcke)
rein elektronisch	mit Mechanik behaftet



spannung, die durch das Abtasten der magnetisch ausgerichteten Bereiche entsteht. (Copyright: BASF)

Physikalische Anmerkung: Die Aufzeichnungsdichte hängt von der **Koerzitivfeldstärke** ab; das ist jene Feldstärke in A/m, die notwendig ist, um die Magnetisierung an einer Stelle der magnetisierbaren Schicht vollständig zu entfernen. Je höher dieser Wert, desto sicherer sind die magnetischen Informationen gespeichert. Beispiel: Festplatten haben eine Koerzitivfeldstärke um 500 000 A/m (Angabe von Lenovo, 2018).

Beim aktuellen **Perpendicular Recording (PR)** liegen die magnetischen Momente nicht parallel zur Drehrichtung der Scheibe – das so genannte **Longitudinal Recording** –,

sondern senkrecht dazu. Damit lässt sich zum einen die Datendichte weiter erhöhen, und zum anderen steigen auch die pro Zeiteinheit bearbeiteten Bits. Seit 2007 sind Festplatten mit über einem TByte und Datendichten von 230 GBit pro Quadratzoll erhältlich. Die vertikalen Datenbits auf dem Medium erlauben damit eine größere Datendichte, benötigen aber auch einen geringeren Abstand von Kopf und Scheibe, um die einzelnen Bits zu lokalisieren. Laut Hitachi beträgt der Abstand 10 nm für 230 GBit pro Quadratzoll.

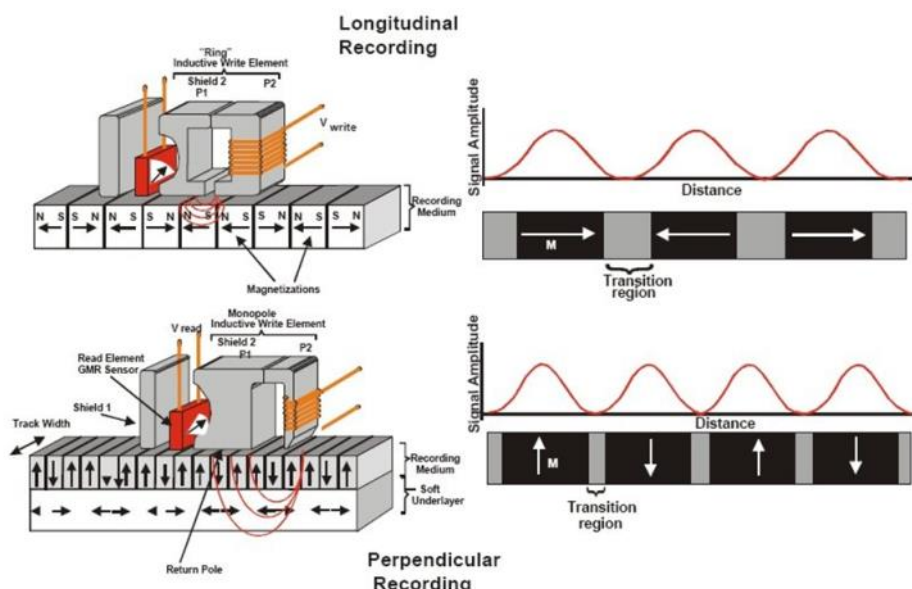
Logisches Schreibverfahren

Vor der physikalischen Speicherung müssen die Daten kodiert werden. Dafür verwendet man Schreibverfahren:

GCR (*Group Code Recording, Commodore Format*)

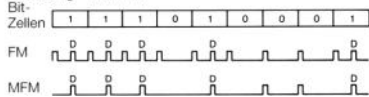
MFM (*Modified Frequency Modulation*): früher gängig, wird heute nur noch für PC-Disketten verwendet.

Soll beispielsweise der Buchstabe „S“ gespeichert werden, so ermittelt man zunächst den ASCII-Code für S. Dieser ist 8310 oder 0101 00112 (8 Byte). Wenn wir

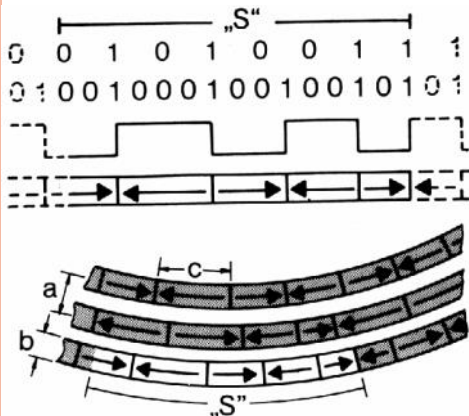


Diskette/Formatbeispiel für 5.25"

Codierung – FM/MFM
Bit-Zellen



MFM-Kodierung (BASF)



Komplette Aufzeichnung des Buchstaben S im MFM-Verfahren

Disketten betrachten, so gibt es für die Aufzeichnung zwei Verfahren: **FM** (Frequenzmodulation) für einfache, **MFM** (modifizierte Frequenzmodulation) für doppelte Speicherdichte.

Bei der Frequenzmodulation werden Taktbits an den Beginn der Bitzelle geschrieben, die Datenbits D in die Mitte der Bitzelle. Bei der modifizierten Frequenzmodulation werden die Datenbits D zwar genauso in die Mitte der Bitzelle geschrieben; Taktbits werden aber nur dann an den Anfang der Bitzelle geschrieben, wenn kein Datenbit in die vorangegangene Zelle geschrieben wurde und kein Datenbit in der vorliegenden Zelle geschrieben wird.

Zunächst wird der ASCII-Code des Buchstaben S MFM-codiert, diese Informationen direkt in Schreibstrom umgesetzt, woraus das Magnetisierungsmuster entsteht. Im untersten Teil der Grafik bedeuten (a) Spurb Abstand, (b) Spurbreite und (c) Flusswechselabstand.

Die Rückumwandlung des Magnetisierungsmusters in digitale Information (Lesevorgang) wird in der Grafik rechts oben gezeigt.

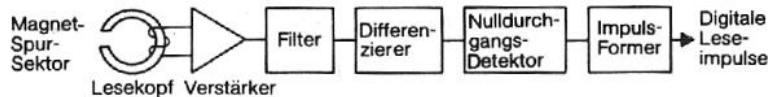
RLL (= Run Length Limited): Diese Abkürzung steht für ein Aufzeichnungsverfahren, welches eine Verbesserung des MFM-Verfahrens darstellt. Ebenfalls veralteter Festplattentyp. Datenübertragungsraten: 0,96 MB/s.

ARLL (= Advanced RLL): Weiterentwicklung von RLL, wird bei ESDI-, AT-BUS- und SCSI-Platten verwendet.

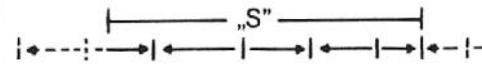
EFM (Eight-to-Fourteen Modulation)

PRML (Partial Response Maximum Likelihood) – heute üblich

A Blockdiagramm



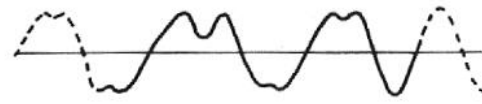
B Magnetisierung



C Analoges Signal



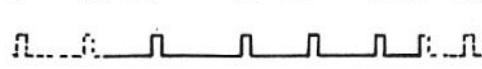
D Differenziertes Signal



E Impulsflanken



F Digitale Leseimpulse



G MFM-Daten

0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1

H Computer-Daten

0 1 0 1 0 0 1 1

„S“

Das vom Lesekopf erfasste Magnetisierungsmuster (B) wird verstärkt und als analoges Signal (C) ausgefiltert. Nach Passieren eines Differenzierers stellen die Nulldurchgänge die 1-Bits des MFM-Signals dar. Der Nulldurchgangsdetektor setzt sie in Impulsflanken (D) um. Ein Impulsformer erzeugt daraus die digitalen Leseimpulse (F), die dann dem Buchstaben „S“ entsprechen. Über den Controller des Disketten-/Festplatten-/Bandlaufwerks werden die Lesesignale in Computerdaten umgewandelt und weiterverarbeitet. (BASF)

EPRML (Enhanced PRML) – aktuellstes Verfahren

Diskette (historisch)

Unter einer Diskette (englisch „floppy disk“) verstand man eine magnetisch beschichtete Kunststoffscheibe in einem Plastikgehäuse. Das Laufwerk wird häufig mit **FDD** (floppy disk drive) abgekürzt.

Die Produktion von Disketten wurde 2011 endgültig eingestellt.

Aus heutiger Sicht gelten USB-Sticks und USB-Harddisks als Nachfolger der klassischen Diskette. In den 90er-Jahren entwickelte Technologien wie iomega Zip, iomega Jaz, iomega REV, Imation LS120 („Superdisk“) und HiFD (High Capacity Floppy Disk) sind heute vom Markt praktisch verschwunden.

Festplatte

Aufbau magnetischer Systeme (HDD)

Festplattenlaufwerke werden oft mit **HDD** (hard disk drive) abgekürzt. Vom Prinzip her arbeiten Festplatten gleich wie Disketten, jedoch haben Festplatten mehr Spuren als eine Diskette, es gibt auch mindestens zwei Schreib-/Leseköpfe. Heute werden meist mehrere Platten in einer Einheit („Plattenstapel“) verwendet. Das Plattenmaterial ist fast immer 2 mm dickes Aluminium. [Oft wird unterschieden zwischen „Fixplatten“, die in das Rechnergehäuse fix integriert sind, und „Wechselplatten“, die in einen fix mit dem Gehäuse verbundenen Wechselrahmen gesteckt werden. Da aber dieselben Produkte sowohl als „Fixplatte“ als auch als „Wechselplatte“ verwendet werden können, scheint eine Unterscheidung nicht zweckmäßig. In diesem Beitrag werden die Begriffe „Festplatte“ (weil als Datenträger starre Aluminium-



8“-Diskette (80 KB),
5¼“-Disketten (360 KB – 1,2 MB),
3½“-Diskette (1,44 MB)

platten im Gegensatz zur Kunststoff-Folie bei Disketten verwendet werden) und „Magnetplatte“ sowohl für fix montierte als auch für austauschbare Medien verwendet.]

Das erste Festplattenlaufwerk der Geschichte wurde 1956 von IBM ausgeliefert; es besaß einen Plattendurchmesser von 24“ und eine Speicherkapazität von 5 MB. 1973 stellte IBM ein 14“-Laufwerk mit dem Namen „Winchester“ vor, dessen Bezeichnung lange Zeit synonym zum Begriff „Magnetplatte“ verwendet wurde.

Beispiele für führende Festplattenhersteller sind Seagate, Western Digital, Hitachi GST, Samsung und Toshiba/Fujitsu.

Zum Vergleich: Das menschliche Gehirn fasst bei einem mittleren Gewicht von 1,5 kg bei rund 30 Milliarden Nervenzellen über 4 Terabyte an Daten.



Western Digital Ultrastar HC550, 18 TB, 9 Platten mit Heliumfüllung (Quelle: Western Digital, 2020)

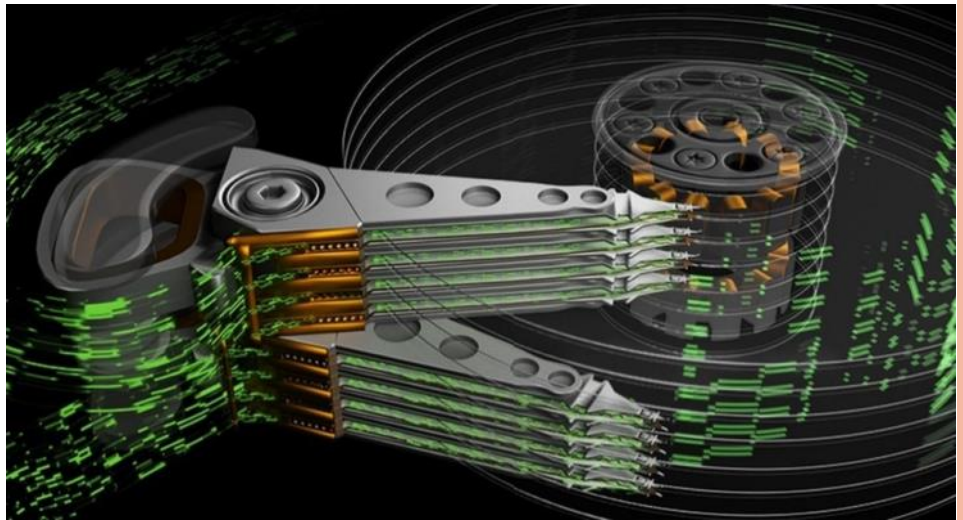
Heute sind nur mehr Baugrößen 2,5“ und 3,5“ üblich (siehe Tabelle rechts oben).

Der Festplattenhersteller Seagate hat 2021 angekündigt, bis 2026 Festplatten mit 50 TB Speicherkapazität auf den Markt zu bringen, etwa 2030 soll dann die 100 TB-Grenze durchbrochen werden. Diese Kapazitäten sollen einerseits durch Steigerung der Speicherdichte, andererseits durch Verwendung mehrerer Platten und 2 unabhängig zu steuernden Gruppen von Schreib-Lese-Köpfen möglich werden.

Bei Festplatten ist die magnetisierte Schicht viel dünner als bei einer Diskette. Man kann daher den Schreib-/Lesekopf (der genauso aufgebaut ist wie der von Diskettenlaufwerken) nicht mehr direkt auf die Schicht aufsetzen lassen, da diese innerhalb kürzester Zeit abgerieben wäre. Die Lösung: Die Magnetplatte rotiert sehr schnell (5400 – 12000 Umdrehungen pro Minute; das entspricht einer Geschwindigkeit von mehr als 60 km/h bei 3½“-Festplatten und sogar mehr als 90 km/h bei älteren 5¼“-Laufwerken!), dadurch entsteht „Fahrtwind“, der den leichten Schreib-/Lesekopf mühelos trägt (Abstand zur Oberfläche: 0,2 Mikrometer). Vorteil: Der Kopf kann sich an die Plattenoberfläche anpassen.

Hier sind Staubkörner usw. natürlich noch fataler als bei Disketten: Stößt der Schreib-/Lesekopf auf so einen Riesenbrocken, so wird er in die Höhe geschleudert und fällt nach dem Hindernis auf die Platte („bead crash“). Dieses Aufschlagen beschädigt die Magnetschicht und damit die Daten. Um vor Luftverunreinigungen und Staubkörnern sicher zu sein, ist das Gehäuse heute meist mit Edelgas gefüllt und steht unter leichtem Druck. Undichtheiten führen daher zu einem langsamen Ausströmen des Gases. (Die frühere Methode, das Gehäuse zu evakuieren, führte bei undichten Stellen dazu, dass Außenluft *angesaugt* wurde!) Gleichermäßen gefährlich sind aber mechanische Einwirkungen von außen (Stöße, Umstellen des Geräts).

Formfaktor	Breite	Höhe	Größte verfügbare Kapazität	Maximale Anzahl von Platten
3,5“	102 mm	25,4 mm	18 TB (2020)	9
2,5“	69.9 mm	7–15 mm	5 TB (2017)	5



Seagate MACH.2 mit zwei Arrays von Schreib-/Leseköpfen, die jeweils mit einem eigenen Aktuator gesteuert werden (Quelle: <https://www.seagate.com/gb/en/innovation/multi-actuator-hard-drives/>)

Beim Abschalten des Geräts wird der Kopf in die so genannte „Landing Zone“ gebracht, in der keine Daten gespeichert sind. Diese Zone befindet sich normalerweise ganz außen auf der Platte; dort setzt der Kopf auf. (Bei älteren Geräten musste man ein „Park-Programm“ ablaufen lassen.)

Ein Festplattenlaufwerk besteht fast immer aus mehreren Festplatten, die zu einem Stapel zusammengefasst werden.

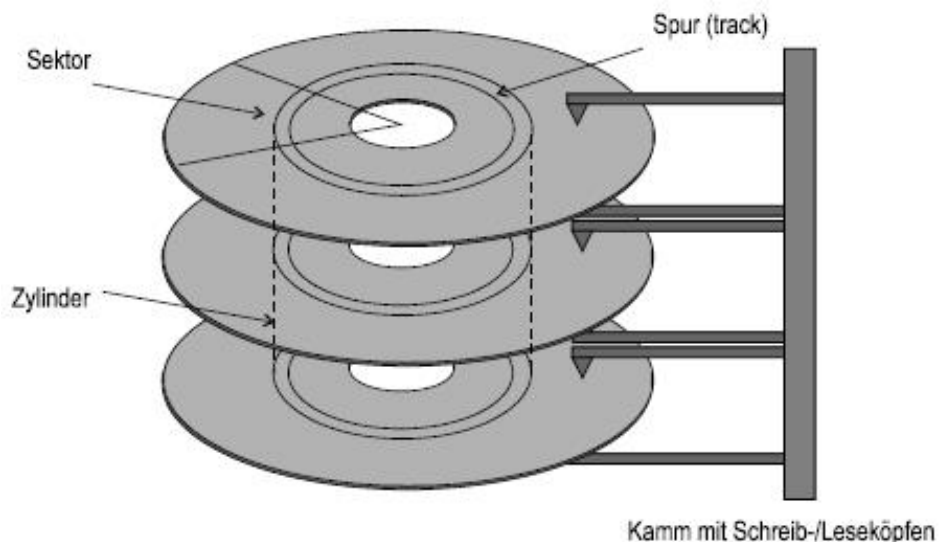
Die Bewegung der Platten und des Schreib-/Lese-Kamms erfolgte früher durch langsame **Schrittmotoren** (diese werden heute noch in Diskettenlaufwerken verwendet); nach jeder Bewegung mussten die Schreib-/Leseköpfe erst ausschlagen, bevor mit dem Schreib- bzw. Lesevorgang begonnen werden konnte. Diese und auch andere Probleme hat man heute durch Verwendung von **Servomotoren** und Aufzeich-

nung von Spurinformatoren weitgehend im Griff.

Bei der sogenannten *Low-Level-Formatierung* der Festplatte werden die **Zylinder** und **Sektoren** der Platte definiert:

Die einzelnen Festplatten sind in Spuren und Sektoren unterteilt (genauso wie Disketten). Pro Inch können z.B. bis zu 1500 Spuren angelegt werden. Alle untereinander-liegenden Spuren bilden einen Zylinder, der mit einer Zylinder-adresse versehen ist.

Auch bei Festplatten ist die kleinste ansprechbare Einheit nicht 1 Byte, sondern mindestens der Inhalt eines Sektors pro Spur (128 Byte bis 4 KB). DOS etwa fasst beim Formatieren aus Verwaltungsgründen meist 4 oder 8 Sektoren zu einem **Cluster** (Block) zusammen. Die kleinste Zuordnungseinheit beträgt daher 512 bzw. 1024 Byte.

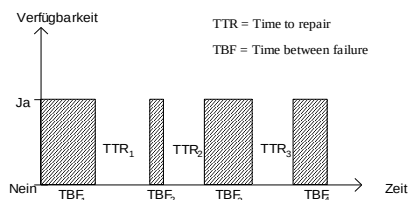


Hier gibt es Schreib-Lese-Köpfe für jede magnetisierbare Schicht einer Platte (Ausnahme: oberste und unterste Schicht).

Jede Spur ist mit einer Spuradresse versehen. Die Daten werden bitseriell gespeichert und zu einem Block zusammengefasst, der seinerseits mit einer Blockadresse versehen wird (bitseriell = Bits hintereinander).

Gütekriterien

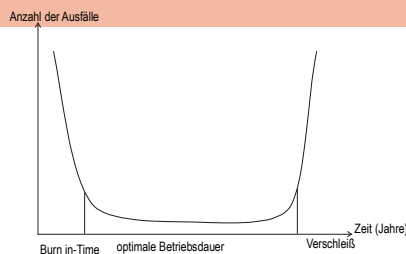
- **Transferrate** (in KB/s oder MB/s) = Datenmenge, die in einer Sekunde an die CPU geleitet werden kann; unter 5 MB/s sollte man sich bei einer Platte mittlerer Größe nicht zufrieden geben.
- **Integrierter Festplatten-Cache** (= eigener Speicher, der die gelesenen Daten einer Spur speichert und weitergibt), der auch „vorauslesen“ kann, d.h. während die Daten einer Spur weitergegeben werden, werden schon die der nächsten Spur ausgelesen.
- **Mittlere Zugriffszeit** (in ms) = Zeit, die die Festplatte durchschnittlich zum Finden und Laden eines Datensatzes benötigt; sollte unter 10 ms liegen. Die mittlere Zugriffszeit einer Festplatte setzt sich aus zwei Zeiten zusammen:
 - (a) der Zeit, die der Schreib-/Lesekopf benötigt, um die richtige Spur zu finden (**Positionierungszeit**)
 - (b) der Zeit, die die Festplatte benötigt, um den richtigen Sektor durch Rotation um die eigene Achse einzustellen (**Latenzzeit**)
- **Step-Rate** = Positioniergeschwindigkeit der Schreib-/Leseköpfe
- **Umdrehungszahl:** 5400 – 15000 min⁻¹
- **Aufzeichnungsdichte** (*tpi, tracks per inch*)
- **MTBF** = *mean time between failure*: Die beste Festplatte wird einmal kaputt. Bei der Entwicklung eines Plattentyps testet die Herstellerfirma, wie lang durchschnittlich eine Festplatte störungsfrei läuft:



- Die „mean time between failure“ = MTBF (= mittlere Zeit zwischen zwei Ausfällen) ergibt sich durch

$$MTBF = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n TBF_i$$

- Die Anzahl der Ausfälle eines Systems ergibt normalerweise folgende Kurve:



- Das bedeutet: Bei Festplatten kann es vorkommen, dass sie gleich zu Beginn nicht funktionieren (z.B. durch Produktionsfehler); falls aber die Anfangsschwierigkeiten überwunden sind, laufen sie normalerweise störungsfrei bis zur MTBF. Diese beträgt um die 100 000 Stunden (1 Jahr = 8700 Stunden, also mehr als 11 Jahre).

Für die Verwaltung einer Festplatte benötigt der Computer einen „Controller“.

Solid State Drive (SSD)

Ein *Solid State Drive*, kurz „SSD“ (zu deutsch: allgemein „Festkörperlaufwerk“ oder speziell auch „Halbleiterlaufwerk“) ist ein Speichermedium, das wie eine herkömmliche magnetische Festplatte eingebaut und angesprochen werden kann, ohne eine rotierende Scheibe oder andere bewegliche Teile zu enthalten, da nur Halbleiterspeicherbausteine verwendet werden. Vorteile eines *Solid State Drive* sind mechanische Robustheit, kurze Zugriffszeiten, niedriger Energieverbrauch und das Fehlen jeglicher Geräusentwicklung.

Der Hauptnachteil ist ein erheblich höherer Preis im Vergleich zu Festplatten gleicher Kapazität. Daher haben SSDs für Endanwender – um den Preis im Rahmen zu halten – meist kleinere Kapazitäten wie herkömmliche Festplatten

Daten 2017

- bis zu 50 TB; häufig 0,5 – 2 TB
- Kosten zwischen € 0,30 und € 0,80 pro GB
- Lebensdauer 1,5 – 2,0 Mio. Stunden
- Schnittstellen: PCIe (Schreibgeschwindigkeit bis 900 MB/s) oder häufiger SATA (520 MB/s)



Schnittstellen für Festplatten

Bei den Schnittstellen für Festplatten ist seit einigen Jahren ein Umdenken zu beobachten: Viele Jahre lang waren parallele Schnittstellen in Verwendung; neue Festplattensysteme verwenden durch die Bank serielle Schnittstellen:

Parallele Schnittstelle

- IDE/ATA (1986)
- EIDE/UATA (1994)
- SCSI

Serielle Schnittstelle

- SATA (2002)
- SATA II (2005)
- SATA III (2008/09)
- SATA Express (2013)
- SAS-3 (2013)
- SAS-4 (2017)

IDE/ATA (1986): Die Bezeichnung IDE (*Integrated Devices Equipment, Integrated Disk Environment*) kommt von der Tatsache, dass der eigentliche Controller direkt auf dem Festplattenlaufwerk integriert ist. ATA bedeutet „*Advanced Technology Attachment*“ und bezieht sich auf die bei der Einführung des Standards übliche Kommunikation mit dem ISA-Bus. Die Begriffe IDE und ATA bezeichnen nicht dasselbe: IDE definiert den Anschluss der Laufwerke, wie Pinbelegung, Stecker, Kabel und elektrische Signale. ATA definiert das Protokoll, mit dem die Daten über die Leitungen (IDE) transportiert werden.

Ursprünglich hatten IDE-Platten eine Maximalgröße von 528 MB.

ATA-Platten sind durch ein 40poliges Flachbandkabel mit der AT-Bus-Controllerplatine, die sich auf dem Mother-board befindet, verbunden.

Der AT-Bus-Controller besitzt eine Funktion zur automatischen Fehlerkorrektur. Das bedeutet: Tritt bei der Benutzung der Festplatte nach einer gewissen Zeit ein Fehler in einem bestimmten Bereich (Sektor) auf, so versucht der IDE-Controller, die Daten zu rekonstruieren. In etwa 95 % aller Fälle gelingt ihm dies; die Daten werden auf einen anderen Sektor geschrieben. In jedem Fall wird der beschädigte Bereich als fehlerhaft deklariert, sodass auf ihn nicht mehr zugegriffen werden kann. Die ursprüngliche Datenübertragungsrate betrug 800 KByte/s.

Mit diesem Controller sind üblicherweise zwei, maximal vier Festplatten ansprechbar (die primäre Festplatte erhält den Namen C:, die anderen heißen D: usw.). Die Festplatten müssen im BIOS-Setup eingetragen werden.

Enhanced IDE (EIDE), Ultra ATA (1994): wird eine abwärtskompatible Verbesserung der IDE-Norm bezeichnet. Hier sind

Datenübertragungsraten bis zu 20 MB/s möglich.

Die EIDE-Schnittstelle (*Enhanced Intelligent/Integrated Drive Electronics*) ist eine Weiterentwicklung des IDE-Standards. EIDE unterstützt bis zu 4 Laufwerke und ermöglicht den Anschluss von Festplatten, CD-ROM, CD-Brenner, DVD, Streamer und andere Wechselspeicherträger (ATAPI).

Im Laufe der Zeit, seit es EIDE/ATA gibt, haben sich die Festplatten-Hersteller auf verschiedene Betriebsarten geeinigt. Dadurch wurde es möglich ältere Festplatten parallel zu neueren zu betreiben. Das hatte jedoch den Nachteil, dass die schnellere Festplatte sich der langsameren in ihrer Geschwindigkeit anpassen musste.

Für den Datentransfer gibt es zwei Protokolle. Den älteren PIO-Modus (*Programmed Input/Output*) und den neueren UDMA-Modus (*Ultra Direct Memory Access*). Beim PIO-Modus ist der Prozessor für jeden Lese- und Schreibvorgang verantwortlich. Der UDMA-Modus kann über den DMA-Controller direkt auf den Arbeitsspeicher zugreifen. So kann der Prozessor sich um andere Aufgaben kümmern. Das gesamte System läuft schneller.

Übertragungsrate MByte/s	Modus
3,33	IDE (ATA) PIO 0
5,22	IDE (ATA) PIO 1
8,33	IDE (ATA) PIO 2
4,16	IDE Multiword-DMA 0
13,33	IDE Multiword-DMA 1
16,66	IDE Multiword-DMA 2
11,11	EIDE (Fast ATA-2) PIO 3
16,66	EIDE (Fast ATA-2) PIO 4

Der Ultra-DMA-Modus (Ultra-ATA) unterstützt höhere Datenübertragungsraten und besitzt eingebaute Sicherheitsmechanismen. Zusätzlich wird die Belastung des Prozessors bei der Datenübertragung durch einen Bus-Master-Treiber reduziert. Dieser Treiber muss aktiviert werden. Bei Geräten, die damit nicht umgehen können muss er deaktiviert werden. Das Bus-Mastering ist ein Datentransfer-Verfahren für die Übertragung von Daten und Befehlen, bei dem der Host-Controller direkt auf dem Arbeitsspeicher zugreift, ohne den Prozessor zu belasten.

Für alle Ultra-ATA-Festplatten (133/100/66) wird ein UDMA-Kabel benötigt. Dieses Flachbandkabel hat 80 Leitungen, 40 für den Datenverkehr und 40 für die Erdung.

Der Ultra-DMA-Standard 133 ist abwärtskompatibel. An diesen Controllern lassen sich auch andere Ultra-ATA-Festplatten (66 und 100) betreiben.

Übertragungsrate MByte/s	Modus
16,66	Ultra-DMA/0 (ATA/16)
25,0	Ultra-DMA/1 (ATA/25)
33,33	Ultra-DMA/2 (ATA/33)
44,4	Ultra-DMA/3 (ATA/44)
66,66	Ultra-DMA/4 (Ultra-ATA/66)



Zwei (E)IDE-Steckplätze
www.planet3dnw.de

99,99 (100) Ultra-DMA/5 (Ultra-ATA/100)
133 Ultra-DMA/6 (Ultra-ATA/133)

Werden zwei Geräte an einem Kanal betrieben, so müssen diese eigens „gejumpert“ werden. Dies dient lediglich zum korrekten Ansprechen der Komponenten. Der Jumper befindet sich neben dem Stromanschluss am Gerät, es gibt mehrere Konfigurationsmöglichkeiten:

Die Kabellänge für einen an der ATA-Schnittstelle angeschlossenen Massenspeicher ist auf 46 cm begrenzt.

SATA I (SATA-150; 2002): Schnittstellen für Massenspeicher waren bisher immer in paralleler Ausführung realisiert. Mit zunehmender Übertragungsgeschwindigkeit ergeben sich technische Schwierigkeiten, die für die Übertragungsrate eine obere Grenze setzt. So bleibt auch die ATA (EIDE)-Schnittstelle nicht davon verschont, dass sie auf den seriellen Betrieb umgestellt wird.

Im Jahr 2000 setzten sich mehrere Firmen aus dem IT-Sektor zusammen, um eine

Spezifikation über Serial ATA (Seriell ATA) zu erstellen. Im Jahr 2001 wurde die erste Version von Serial ATA vorgestellt. Anfang 2003 waren bereits die ersten Controller und Festplatten erhältlich. Bis zur vollständigen Marktdurchdringung hat es noch bis zum Jahr 2004 gedauert.

Mit 150 MByte/s hat S-ATA direkt an die parallele ATA-Schnittstelle (P-ATA) mit 133 MByte/s angeknüpft. Die Serial-ATA-Schnittstelle unterstützt 1,5 GBit/s bei einer Nettodatenrate von ca. 150 MByte/s. Festplatten mit 10.000 Umdrehungen in der Minute (U/m) liefern rund 75 MByte/s an Daten. Die Schnittstellengeschwindigkeit reicht also auch für die Zukunft locker aus.

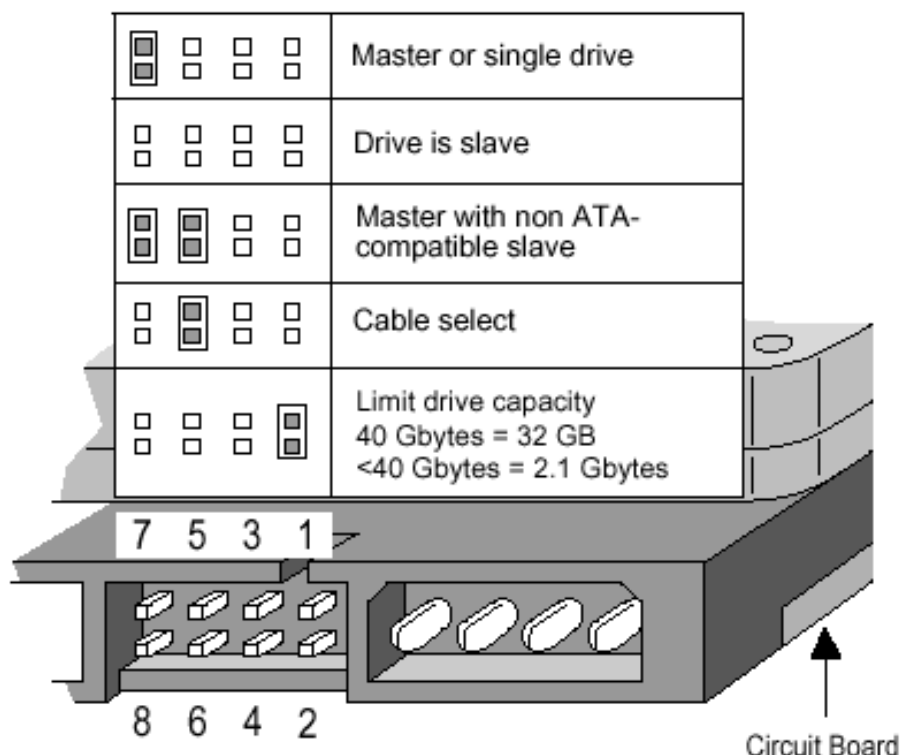
Die parallele Datenübertragung erreicht ihre hohe Übertragungsgeschwindigkeit nur über sehr kurze Strecken. Je länger ein Kabel ist, desto eher treten Laufzeitdifferenzen zwischen den parallelen Signalen auf. Dies kann nur durch eine kürzere Übertragungsstrecke oder eine geringere Taktrate verhindert werden. Zusätzliche Masseleitungen führen zu dicken und unflexiblen Flachband- oder Rundkabeln, die die Luftströmung innerhalb eines Computers verhindert.

Um die Kompatibilität zu gewährleisten, werden die parallel vorliegenden Daten mit Wandlern in serielle Datenströme konvertiert. Die hohe Integrationsdichte und die extrem schnelle interne Verarbeitungsgeschwindigkeit in integrierten Schaltungen erlauben die Wandlung in nahezu Echtzeit. Die Wandlung von paral-

Master, Slave und CableSelect

www.seagate.com

Options jumper block



Circuit Board

lel nach seriell bzw. umgekehrt erhöht die Komplexität und die Kosten auf der Hardware-Seite. Dafür lässt sich mit niedrigeren Spannungen arbeiten, das wiederum bei Kabeln mit 1 Meter Länge schnellere Schaltzeiten und geringere EMV-Probleme ermöglicht.

Für den Anschluss von SATA-Geräten wird ein dünnes Kabel mit einem kleinen Stecker verwendet.



SATA-II-Kabel
www.elektronik-kompodium.de



Anschluss von SATA-II-Kabeln
www.elektronik-kompodium.de

SATA II (SATA-300; 2005): SATA II ist eine Erweiterung von SATA der Version 1. SATA II-Festplatten lassen sich auch an der SATA-Schnittstelle der Vorgängerversion anschließen. Sie laufen dann mit einer geringeren Schnittstellen-geschwindigkeit und verzichten auf moderne Festplatten-Features. Unabhängig von der Geschwindigkeit dürfen auch die gleichen Kabel verwendet werden.

SATA-II-konforme Kabel unterscheiden sich von den einfachen S-ATA-Kabeln nur durch den Schnappverschluss am Stecker. Die Verbindung zwischen Laufwerk und Motherboard ist dann deutlich fester. Locker sitzende Kabel gibt es dann nicht mehr.

Die Serial-ATA-II-Spezifikation bringt das Native Command Queuing (NCQ), was unter dem Namen Tagged Command Queuing im SCSI-Bereich bereits seit vielen Jahren bekannt ist. NCQ erlaubt dem Festplatten-Controller das Puffern von Lese-Befehlen und die Reihenfolge der Abarbeitung eigenständig zu regeln. So soll durch die Umsortierung die Lese-Kopf-Bewegungen optimiert und dadurch die Zugriffszeit verkürzt werden.

Serial-ATA-II unterstützt theoretisch 3 Gbit/s, bei einer Nettodatenrate von 300 MByte/s. Weil Festplatten auch in Zukunft die Daten nicht so schnell speichern und lesen können, ist die Schnittstelle bei vielen Festplatten nur für 1,5 Gbit/s ausgelegt.

In der SATA-II-Spezifikation ist eine Funktion mit dem Namen Port-Multiplier definiert. Über diesen Mechanismus kann der Punkt-zu-Punkt-Datenstrom auf mehrere Geräte aufgeteilt werden. Port-Multiplier funktioniert ähnlich wie USB. Bis zu 15 Geräte lassen sich an einem SATA-II-Port betreiben. Bei 4 Geräten mit ca. 70 MByte/s würden 3 Gbit/s ausreichen, um alle Geräte ohne Geschwindigkeitsverlust bedienen zu können.

SATA III (SATA-600; 2008/09): Spezifikation SATA 3.0; theoretische Datenrate 6 Gbit/s bzw. Netto-Geschwindigkeit 600 Mbyte/s.

SATA-Express (SATAe; 2013): Spezifikation SATA 3.2; theoretische Datenraten 8 bzw. 16 Gbit/s, Netto-Geschwindigkeit 985 bzw. 1969 Mbyte/s.

SCSI-Host-Adapter (= *Small Computer Systems Interface*): parallele 8-bit-Schnittstelle in Form einer Steckkarte. Beim SCSI-Verfahren wird ein eigenes intelligentes Bussystem verwendet, während das AT-Bus-System – wie der Name schon sagt – den AT-BUS (ISA) nutzt. Dieser Controller eignet sich nicht nur für die Verwaltung von Festplatten, sondern für max. 7 beliebige Einheiten (z.B. MOs, WORMs, Streamer, CD-ROM-Laufwerke etc.); „selbst-korrigierende“ Festplatten. Datenübertragungsrate: bis 320 MB/s. Die Festplatten müssen *nicht* im CMOS-Setup eingetragen werden! Die eigentliche Steuer-elektronik befindet sich auf dem Laufwerk, während die Host-Adapter-Karte nur die Verbindung zwischen den Laufwerken herstellt.

ATA-Platten und SCSI-Platten können nebeneinander in einen Rechner eingebaut werden.

Während ATA-Platten in das CMOS-Setup eingetragen werden müssen, ist dies bei SCSI-Platten nicht erforderlich. Diese benötigen stattdessen aber eigene Treiber, die RAM-Speicher verbrauchen.

Während ATA-Platten teilweise durch die CPU gesteuert werden, haben SCSI-Festplatten den Controller am Adapter. Die CPU wird damit entlastet. Das ist be-

sonders bei der Verwaltung großer Daten-mengen eine Entlastung für die CPU; sie kann sich während einer Festplattenope-ration um andere Aufgaben kümmern.

SAS (*Serial Attached SCSI*): trat 2004 die Nachfolge der bisherigen parallelen SCSI-Schnittstelle an. Auf der Bitübertragungs-schicht arbeitet SAS seriell mit einer Über-tragungsrate von 3 Gbit/s (SAS-1, 2004), 6 Gbit/s (SAS-2, 2009), 12 Gbit/s (SAS-3, 2013) bzw. 22,5 Gbit/s (SAS-4, 2017).

RAID

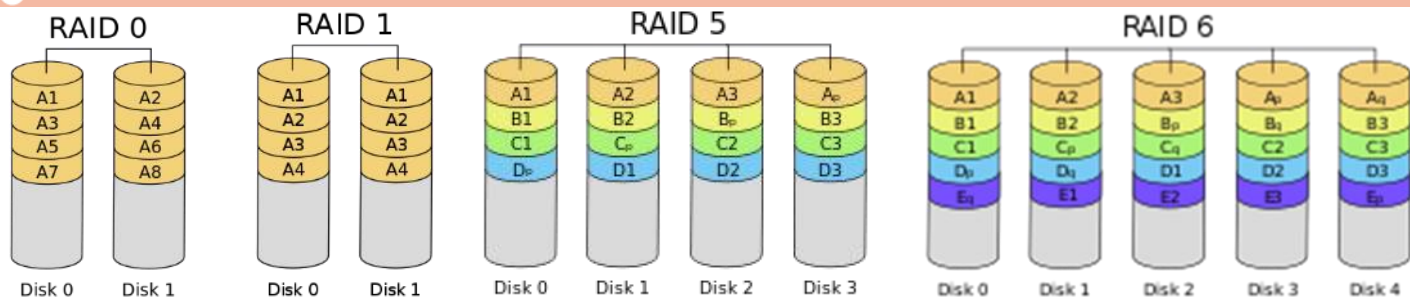
Bereits seit Jahrzehnten war **Datensicher-heit** sowie **Zugriffsgeschwindigkeit** im Zusammenhang mit der Verwendung von Festplatten die beiden wichtigsten The-men.

Um nun den Datenzugriff auf Massenspei-cher zu beschleunigen und die Datensi-cherheit zu erhöhen, entwickelten 1987 die Professoren Gibson, Katz und Patter-son der Berkeley University den RAID-Standard. Die Abkürzung bedeutet *Redun-dant Array of Inexpensive/Independent Disks*.

Der Begriff **Redundanz** kommt aus dem Lateinischen (*redundantia* = Überfluss, Über-fülle) und bezieht sich in der Informations-technologie auf mehrfach gespeicherte (also eigentlich überflüssige) Daten, die

SFF-8484-Kabel für den Anschluss von max. 4 SAS-Festplatten





aber verwendet werden können, um im Fehlerfall Datenverlust zu vermeiden.

Man unterscheidet **verschiedene „RAID-Levels“**, die entweder Leistung oder Datensicherheit oder beides ermöglichen.

RAID Level 0 (Striping)

Streng genommen keine echte RAID-Implementierung. Bei der Datenspeicherung werden die Daten in „Streifen“ zerteilt, diese Datenstücke werden auf mindestens zwei Platten aufgeteilt.

Zweck: schnellerer Datendurchsatz

Verfügbare Speicherkapazität: 100 %

RAID Level 1 (Mirroring, dt. Spiegelung)

Die Daten werden gleichzeitig auf zwei Platten gespeichert. Fällt eine Platte aus, so sind die Daten auf der anderen Platte identisch verfügbar.

Verfügbare Speicherkapazität: 50 %

RAID Level 5 (Block Striping with Parity)

Möglich sind RAID 5-Arrays mit mindestens drei, Platten. Die beste Leistung bieten Systeme mit 3, 5 oder 9 Platten.

Die Daten werden (so wie bei RAID 0) in Blöcke zerteilt, zusätzlich werden aber Paritätsinformationen auf alle Platten verteilt geschrieben.

RAID 5 bietet Performancesteigerung bei gleichzeitiger Erhöhung der Betriebssicherheit (eine Platte des RAID 5-Arrays darf ausfallen).

Verfügbare Speicherkapazität

Laufwerke	Belegter Speicherplatz	Verfügbare Speicherplatz	Redundanz
3	6 GB	4 GB = 67 %	33 %
4	8 GB	6 GB = 75 %	25 %
5	10 GB	8 GB = 80 %	20 %

Hintergrund – Funktionsweise der Paritätsprüfung

Das Paritätsprüfungsverfahren ist bereits seit vielen Jahren bekannt und ermöglicht die Erkennung und Behebung von Fehlern. Technisch betrachtet, werden die Daten der Nutzlaufwerke über eine logische Exklusiv-Oder-Operation (XOR) verknüpft, das Ergebnis dieser Verknüpfung wird als

Paritätsinformation bezeichnet und auf einem eigenen Parity-Laufwerk gespeichert.

Das Ergebnis der Verknüpfung ist dann 1, wenn eine ungerade Anzahl von Bitstellen eine 1 aufweist. Bei einer geraden Anzahl dagegen ist das Ergebnis 0.

Beispiel

Disk 0	Disk 1	Disk 2	Disk 3	Parität
0	1	1	0	
1	0	0	1	

In der ersten Zeile sieht man, dass zwei Bitstellen 1 sind, also eine gerade Anzahl – daher wird als Paritätsinformation eine 0 gespeichert. In der zweiten Zeile sieht man, dass nur eine Bitstelle 1 ist, eine ungerade Anzahl – daher wird als Parität der Wert 1 gespeichert.

Hinweis: Nur in diesem Beispiel wird die Parität auf Disk 3 gespeichert – wie auf der Grafik ersichtlich ist, werden die Paritätsinformationen auf allen Platten verteilt.

Die Rekonstruktion kann durch eine weitere XOR-Verknüpfung erfolgen.

Beispiel

Disk 0	Disk 1	Disk 2	Disk 3	Parität
0	defekt	1	0	
1	defekt	0	1	

Nehmen wir an, dass Disk 1 defekt ist – die fehlenden Informationen müssen also wiederhergestellt werden.

Auf Disk 0 ist eine binäre 0 gespeichert, auf Disk 2 eine binäre 1 – also eine ungerade Anzahl von 1-Werten. Wenn also auf Disk 1 eine 0 gespeichert wäre, so müsste die Parität 1 sein; da die Parität aber 0 ist, ergibt sich somit für den fehlenden Wert auf Disk 1 der Wert 1. Analog lässt sich für die zweite Zeile ableiten, dass eine binäre 0 fehlt.

RAID Level 6 (Striping with double Parity)

Ähnliches Konzept wie RAID 5, allerdings werden doppelte Paritätsinformationen verteilt gespeichert, sodass der Ausfall

von zwei Platten toleriert wird. Die minimale Anzahl von Platten beträgt 4.

RAID 10

Unter **RAID 10** (genauer: RAID 1+0) versteht man die Kombination von RAID 0 und RAID 1, also ein RAID 0-Array aus zwei Platten, das mit RAID 1-Technologie gespiegelt wird. Dafür sind mindestens 4 Festplatten notwendig.

RAID-Systeme können hardwaretechnisch oder softwaretechnisch realisiert werden.

Hardware-RAID: Hier wird das Zusammenarbeiten mehrerer Festplatten durch einen **RAID-Controller** organisiert. Solche Controller befinden sich meist in physischer Nähe der verwalteten Festplatten, entweder im Computergehäuse selbst oder als Teil eines Storage-Systems. Hardware-RAID-Systeme sind im Server-Bereich üblich. Moderne RAID-Systeme verfügen über zusätzliche Sicherheits- und Überwachungsmechanismen, wie etwa die Möglichkeit des „Hot Mounting“ (Austausch im laufenden Betrieb) und der laufenden Überprüfung des Zustandes der Festplatten. Ein weiteres Merkmal von modernen RAID-Systemen ist die Integration von eigenem Cache-Speicher, der die Leistungsfähigkeit stark erhöhen kann.

Software-RAID: Die Organisation der Festplatten wird in diesem Fall vom Betriebssystem übernommen. Windows Server-Betriebssysteme bieten seit der Version Windows Server 2000 eine Software-RAID-Implementierung an. Die Festplatten werden zunächst ohne RAID-Controller als sogenannte JBODs („just a bunch of disks“) ins System integriert, dann wird per Software-RAID die RAID-Funktionalität realisiert.

Für welche Variante man sich entscheidet, wird von Kosten-Nutzen-Überlegungen abhängen. Folgende Fragen sollten gestellt werden:

- Wie wichtig – d.h. sicherheitsrelevant – sind Daten?
- Wie oft muss auf die Daten zugegriffen werden?
- Handelt es sich um wenige große oder viele kleine Dateien?

Beachten Sie: In keinem Fall stellen RAID-Systeme einen Ersatz für ein regelmäßiges Backup dar!

Storage-Technologien

Online-Storage wird üblicherweise in zwei Kategorien eingeteilt:

- **File Access (Dateizugriff):** Typische Office-Anwendungen verwalten Daten üblicherweise als Dateien (*.doc, *.docx, *.mp3, *.pdf, *.gif usw.).
- **Block Access (Blockzugriff):** Datenbanken, Hypervisor-Programme und E-Mail-Applikationen greifen auf ihre Daten ohne den Overhead eines Dateisystems zu. Sie greifen auf die Daten direkt zu, wobei immer Datenblöcke adressiert werden können.

Im Business-Bereich müssen Lösungen gefunden werden, um riesige Datenmengen rasch und ausfallsicher allen Clients zur Verfügung zu stellen. Hier gibt es folgende Ansätze:

Direct Attached Storage (DAS)

Direct Attached Storage (DAS) oder *Server Attached Storage* bezeichnet an einen einzelnen Host angeschlossene Festplatten, die sich in einem separaten Gehäuse befinden.

Die übliche Schnittstelle ist SCSI und zunehmend SAS. Möglich sind jedoch sämtliche blockorientierten Übertragungsprotokolle, beispielsweise ATA/ATAPI, Fibre Channel, iSCSI oder FICON/ESCON. Die Festplatten bieten damit die gleiche Leistung wie im Host verbaute.

Im Unterschied zu *Network Direct Attached Storage*, *Network Attached Storage* oder einem *Storage Area Network* können andere Computer die Festplatten nur über den Host nutzen, an den sie angeschlossen sind.

Shared DAS: Inzwischen gibt es auch DAS-Geräte, die von mehreren Servern gemeinsam benutzt werden können.

Network Attached Storage (NAS)

Network Attached Storage (NAS) bezeichnet einfach zu verwaltende Dateiserver. Allgemein wird NAS eingesetzt, um ohne hohen Aufwand unabhängige Speicherkapazität in einem Rechnernetz bereitzustellen.

Ein NAS ist im Unterschied zu *Direct Attached Storage* ein eigenständiger Host mit eigenem Betriebssystem. Da die Funktionen sehr spezifisch auf den Einsatzzweck abgestimmt sind, werden Fehler aufgrund umfangreicher und für den speziellen Einsatzzweck unnötiger Konfigurationsmöglichkeiten von vornherein vermieden. Dateibasierende Dienste wie NFS oder SMB/CIFS stellen die Kernfunktion dar. Eine handelsübliche Festplatte, die sich in einem externen Gehäuse befindet, das mit einer „RJ-45“-Netzwerkbuchse, entsprechender Firmware und optional weiteren Anschlussmöglichkeiten ausgestattet ist, entspricht bereits einem NAS.

Eine Einschränkung für NAS stellt seine Verbindung zu anderen Computern über



DAS: HP MSA 2000sa (max. 4 Server können auf dieses Disk-Array zugreifen)



NAS: HP ML 110 G5 Storage Server

Ethernet dar. Dessen geringe Rahmengrößen und großer Protokoll-Overhead ist nicht für den schnellen Zugriff auf Massenspeicher für andere Server bietet NAS deshalb wenig Leistung und belastet das vorhandene Netz zusätzlich. Ein *Storage Area Network* vermeidet diese Nachteile.

Dabei handelt es sich um einen „normalen“ Server mit einem speziellen für Storage-Zwecke angepassten Betriebssystem, etwa Microsoft Storage Server 2008 oder ein angepassten Linux.

Storage Area Network (SAN)

Als *Storage Area Network (SAN)*, dt. Speichernetzwerk bezeichnet man im Bereich der Datenverarbeitung ein Netzwerk zur Anbindung von Festplattensubsystemen und Tape-Libraries an Server-Systeme.

In den meisten SANs wird das SCSI-Kommunikationsprotokoll verwendet, das auf Fibre Channel (FC) oder iSCSI als Transport-Protokoll aufsetzt.

Ein *Storage Area Network (SAN)* ist eine Erweiterung von *Direct Attached Storage (DAS)*. Während DAS eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen einem Server und einem Daten-Speicher bildet, ermöglicht ein SAN die Anbindung mehrerer Server an mehrere Speicher-Systeme über ein Netzwerk.

Ein großer Vorteil des SAN ist die Virtualisierung der vorhandenen Plattensubsysteme. Der verteilt vorhandene Massenspeicher kann virtuell wie eine einzige Festplatte behandelt werden. Den einzelnen Server-Systemen werden dann auf dieser virtuellen Festplatte Partitionen zugewiesen, die diese Server über die Host Bus

Adapter wie eine eigene Festplatte einbinden können. Der vorhandene Speicherplatz kann so viel effektiver genutzt und zentral verwaltet werden, da es jederzeit im laufenden Betrieb möglich ist, die Größe des zugewiesenen Speicherbereichs für die Server im *Storage Area Network* zu ändern.

- **Fibre Channel:** Viele *Storage Area Networks* basieren heute auf der Implementierung des Fibre-Channel-Standards. Die erreichten Datenübertragungsraten liegen heute bei 4 Gb/s und 8 Gb/s, was im Vollduplex-Betrieb für Datentransfer-raten von 800 MB/s ausreicht. Es sind jedoch auch geringere Datenübertragungsraten möglich, so war bis vor wenigen Jahren noch 1 Gb/s (1GFC) die maximale Datenübertragungsrate im *Fibre Channel*. Als Übertragungsmedium findet man Kupferkabel (hauptsächlich innerhalb von Storage-Systemen; überbrückt bis zu 30 m) und Glasfaserkabel (meist zur Verbindung der Storage-Systeme untereinander; überbrückt bis zu 10 km). Der Zugriff auf die Festplatten erfolgt blockbasiert.

Ähnlich wie bei klassischen Netzwerken, bei denen jede Netzwerkkarte eine MAC-Adresse hat, hat bei Fibre Channel jedes Gerät einen **WWNN (World Wide Node Name)** sowie jeder Port pro Gerät einen **WWPN (World Wide Port Name)**. Es handelt sich dabei um einen 64-Bit-Wert (meist hexadezimal dargestellt), der jedes Fibre-Channel-Gerät eindeutig identifiziert. Fibre-Channel-Geräte können über mehr als nur einen Port verfügen, in diesem Fall hat das Gerät weiterhin nur eine WWNN, aber es besitzt WWPNs in der gleichen Anzahl wie es Ports besitzt. Die WWNN und die WWPN sind sich in der Regel sehr ähnlich.

Die Erweiterungskarten, die es den Servern ermöglichen, über Fibre Channel zu kommunizieren, werden als Host Bus Adapter (kurz: HBA) bezeichnet. Typische HBAs benötigen einen PCI-X-Steckplatz mit 64 Bit Busbreite und mindestens 100 MHz Taktrate.

- **iSCSI:** iSCSI (*internet Small Computer System Interface*) ist ein Storage-over-TCP-Verfahren für Speichernetzwerke. Unterschieden wird das **iSCSI-Target** (der Server, der die Daten bereit stellt) und

der **iSCSI-Initiator**, der auf einem System die Verbindung zu den Daten auf dem Target herstellt. -

iSCSI spezifiziert die Übertragung und den Betrieb direkter Speicherprotokolle nativ über TCP. Bei diesem Verfahren werden SCSI-Daten vom Initiator in TCP/IP-Pakete verpackt und über IP-Netze transportiert. Die verpackten SCSI-Kommandos gelangen so zu einem SCSI-Router, der auf Basis vorhandener Mapping-Tabellen das entsprechende Zielsystem (Target) zur Kommunikation mit der SCSI-Datenquelle auswählt.

iSCSI wird eingesetzt, um über eine virtuelle Punkt-zu-Punkt-Verbindung den Zugriff auf das Speichernetz zu ermöglichen, ohne dass eigene Speichergeräte aufgestellt werden müssen. Vorhandene Netzwerkkomponenten (Switch) können genutzt werden, da keine neue Hardware für die Knotenverbindungen nötig ist. Der Zugriff auf die Festplatten erfolgt blockbasierend, ist also auch für Datenbanken geeignet. Der Zugriff über iSCSI ist darüber hinaus transparent, erscheint auf Anwendungsebene also als Zugriff auf eine lokale Festplatte.

Nachteil der iSCSI-Technologie ist eine erhöhte CPU-Last der Server und mehr Interrupts pro Datenmenge für den Server. Es sind aber bereits Hardwarelösungen wie z. B. TCP/IP Offload Engine-Karten verfügbar, die das TCP/IP Overhead-Problem der CPU vermindern. Der Nachteil einer geringeren Grundgeschwindigkeit (iSCSI mit 1 Gbit/s im Vergleich zu Fibre Channel mit 4 Gbit/s) ist mit der Einführung von 10 Gigabit/s Ethernet und den damit erreichbaren Durchsätzen von mehr als 800 MByte/s nicht mehr gegeben.

Die Abbildung (rechts oben) zeigt ein „Enclosure“ mit 12 LFF-Platten; maximal sind 5 Enclosures möglich. Die Einbauhöhe pro „Enclosure“ beträgt 2U (2 Einheiten, Units).

Maximale Datenkapazität bei diesem Gerät: Es können SAS- und SATA-Platten im selben Einbaumodul nebeneinander verwendet werden.

- Bis zu 60 TB (bei Verwendung von 60 Stück 1 TB SATA *Large Form Factor* (3,5")-Platten)
- Bis zu 29,2 TB (bei Verwendung von 99 Stück 300 GB SATA *Small Form Factor* (2,5")-Platten)

Max. 512 LUNs

Netzwerkanschluss: 1 Gbps Ethernet

SAN-Architektur: Typischerweise verwendet man zwei Switches (in der Abbildung sind 8 Gbps Fiber Channel-Switches dargestellt), um die Server mit dem Storage zu verbinden.



Beispiel für ein handelsübliches Shared SAN-Storage:
HP MSA StorageWorks 2000i G2 (MSA = Modular Smart Array);
das i bezeichnet die iSCSI-Unterstützung – Quelle: HP

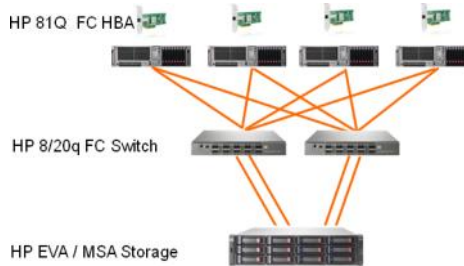


MSA StorageWorks 2000i: Maximale Ausbaustufe mit 60 LFF-Platten – HP



MSA StorageWorks 2000i: Maximale Ausbaustufe mit 99 SFF-Platten – HP

Man benötigt:



- Pro Server einen Host Bus Adapter (HBA)
- Fibre Channel-Switches
- Passende Kabel
- Storage-Modul (zB MSA 2000fc G2)

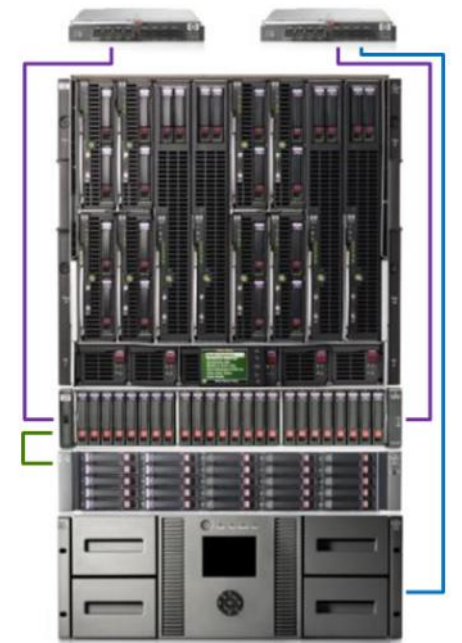
NAS-Gateway mit SAN

Sehr häufig wird auch ein SAN verwendet, um Datei-Daten zu speichern, wobei der Zugriff auf dieses Filesystem über einen NAS-Gateway erfolgt. Darunter versteht man ein Gerät, das üblicherweise keinen eigenen On-Board-Storage hat, sondern eine Verbindung zu einem SAN herstellt. Dabei agiert der Gateway als Übersetzer zwischen den dateibasierten NAS-Protokollen (NFS, CIFS/SMB) und den SAN-Blockzugriffsprotokollen wie iSCSI oder Fibre Channel.

Diese Hybridtechnologie kombiniert die Vorteile von NAS und SAN.



Beispiel für einen iSCSI-SAN-Switch:
Cisco MDS 9216i



Gesamtaufbau

Theorie zur Partitionierung

Um Daten auf Datenträgern wie Festplatten, USB-Laufwerken etc. speichern zu können, müssen zwei Aktionen durchgeführt werden:

- **Partitionierung:** Bei der Partitionierung wird die Festplatte in *Volumes* (logische Laufwerke) unterteilt, auf die von Betriebssystemen aus zugegriffen werden kann.
- **Formatierung:** Die Formatierung bewirkt, dass auf einem Volume ein Dateisystem installiert wird. Dateisysteme sind notwendig, damit gespeicherte Daten physisch lokalisiert werden können.

Aufbau von Festplattensystemen

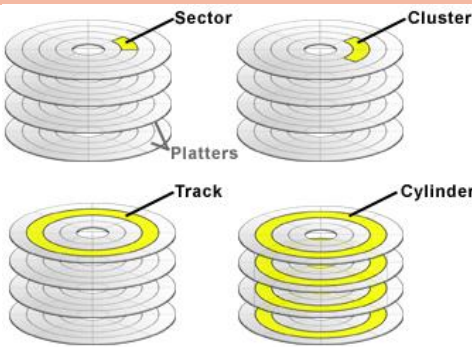
Die meisten Festplatten benutzen die Ober- und Unterseite der Scheiben und verfügen über mehrere Magnetscheiben. Die Schreib-/Leseköpfe für alle Oberflächen sind als Einheit montiert, sie können sich nicht unabhängig bewegen. Deshalb liegen die Spuren auf den Plattenoberflächen exakt übereinander. Ein Satz von übereinander liegenden Spuren trägt den Namen Zylinder (engl. *cylinder*).

Die drei Begriffe Zylinder (oder Spur), Kopf und Sektor spielen bei der Verwaltung von Festplatten eine zentrale Rolle. Denn über die Angabe dieser drei Werte lässt sich jede Stelle auf der Festplatte eindeutig adressieren. Diese **CHS-Notation** war bis etwa 1997 Standard und wurde auch danach noch für Festplatten kleiner 8 GByte verwendet. Die Zählweise beginnt bei Spuren und Köpfen bei 0, Sektoren starten bei 1. Statt des Begriffs Head ist oft auch Seite im Gebrauch, denn jeder Schreib-/Lesekopf korrespondiert ja mit einer Seite einer Magnetscheibe der Festplatte.

Heute wird statt der CHS-Notation meist die **Logische Blockadressierung (LBA)**, englisch „*Logical Block Addressing*“ verwendet. Die Blöcke der Festplatte werden im Gegensatz zur dreidimensionalen Zylinder-Kopf-Sektor-Adressierung (CHS) unabhängig von der Geometrie adressiert. Dabei werden die Blöcke beim LBA einfach gezählt, beginnend mit Null.

Bei LBA wird zwischen 28 und 48 bit unterschieden. Das 28-bit-LBA ermöglicht lediglich 137 GB große Festplatten. Als Erweiterung wird mit ATA-6 eine 48-bit-Adressierung (48-bit-LBA) eingeführt, mit der 281 474 976 710 656 Blöcke oder 144 PB adressiert werden können (512 Byte pro Block zugrunde gelegt). 48-bit LBA kommt bei den Festplatten mit Kapazitäten von mehr als 137 GB zum Zuge.

Die kleinste ansprechbare Einheit auf einer Festplatten-partition wird als **Zuordnungseinheit** (engl. *allocation unit*; auch als **Cluster** bezeichnet) bezeichnet. Die Unterteilung in Zuordnungseinheiten wird bei der Formatierung vorgenommen; die Clustergröße hängt vom verwendeten Dateisystem



<https://stackoverflow.com/questions/32642016/chs-to-lba-mapping>
-disk-storage

stem und der Gesamtpartitionsgröße ab. Dateien können immer nur **Vielfache von Clustern** belegen; beträgt die Clustergröße also 32 KB, so benötigt eine 33 KB große Datei 2 Cluster (31 KB bleiben ungenutzt).

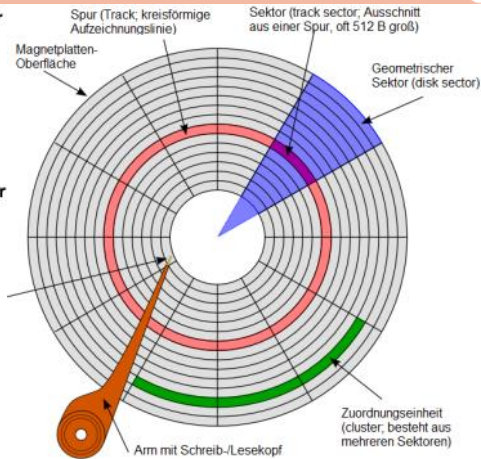
Die tatsächlich belegte Größe auf einem Datenträger lässt sich in den Dateieigenschaften feststellen:

Größe: 5 Bytes (5 Bytes)
Größe auf Datenträger: 32,0 KB (32.768 Bytes)

Man unterscheidet die Partitionsformate MBR und GPT:

MBR-Datenträger (*Master Boot Record*) können das Volume mit einer Größe von bis zu 2 Terabyte und bis zu 4 Primärpartitionen pro Datenträger (oder 3 Primärpartitionen, eine erweiterte Partition und eine unbegrenzte Anzahl logischer Laufwerke) verwalten.

GPT-Datenträger sind Datenträger des GPT-Partitionstyps (auch GUID-Partitionstabelle) mit einer Größe von maximal 18 Exabyte und bis zu 128 Partitionen. GUID Partition Table (GPT) ist ein Standard für das Format von Partitionstabellen auf Festplatten. Die Spezifikation ist Teil des EFI-Standards (*EFI = Extensible Firmware Interface*), der das BIOS in PCs ersetzen sollte. GPT ist somit der Nachfolger der MBR-Partitionstabellen.



Spuren und Sektoren
<http://lnx.cx/docs/vdg-2/html/apb.html>
adaptiert

Im Gegensatz zu MBR-Datenträgern werden alle Daten in Partitionen abgelegt – auch die für den Betrieb der Plattform zwingend notwendigen (MBR-Datenträger sichern diese in unpartitionierten oder versteckten Sektoren). GPT-Datenträger besitzen redundante Primär- und Sicherungspartitionstabellen; dies erhöht die Integrität der Daten.

Während im MBR ursprünglich mit dem *Cylinder Head Sector*-Verfahren adressiert wurde, verwendet die GPT *Logical Block Addressing* mit 64 Bit, so dass Festplatten bei 512 Byte Sektorgroße bis zu einer Gesamtgröße von 18 Exabyte adressiert werden und diese in bis zu 128 Partitionen aufgeteilt werden können.

MBR-Datenträger

Der Master Boot Record (MBR): Damit überhaupt mehrere Betriebssysteme auf einer Festplatte Platz finden, muss sich diese in Bereiche aufteilen lassen. Und die exakte Position dieser Bereiche muss an einer allgemein bekannten Stelle der Festplatte gespeichert sein: in Spur 0, Seite 0, Sektor 1. Dort ist bei jeder Festplatte im PC der *Master Boot Record*, kurz MBR, gespeichert.

Adresse		Funktion / Inhalt	Größe (Bytes)
hex	dez		
0x0000	0	Boot-Loader	max. 440
0x01B8	440	Disk-Signatur (seit Windows 2000)	4
0x01BC	444	Null (0x0000)	2
0x01BE	446	Partitionstabelle (4 Einträge à 16 Byte)	64
0x01FE	510	55 _{hex}	2
0x01FF	511	AA _{hex}	
Gesamt			512

Partitionstabelle: Ein einzelner Eintrag in einer Partitionstabelle hat ebenfalls einen festen Aufbau und ist 16 Byte lang.

Ein solcher Eintrag ist wie in der Tabelle rechts gegliedert.

Unbenutzte Einträge sind mit Nullen gefüllt.

In Byte 0 zeigt der Wert 80h (das oberste Bit ist gesetzt) an, dass diese Partition die Bootpartition mit einem Betriebssystem ist. Die Master-Boot-Routine wertet dieses Byte aus, um das Betriebssystem zu finden.

Die Bytes 1 bis 3 enthalten die Startposition der Partition: Kopf, Spur und Sektor. Das gilt für Festplatten bis zu einer Größe von 8 GByte. Größere Festplatten verwenden stattdessen die Bytes ab Position 7. Hier ist jeweils als 32-Bit-Zahl die Position des ersten Sektors der Partition (bezogen auf den Plattenanfang) und die Länge der Partition gespeichert. Mit den 32-Bit-Adressen sind Festplattengrößen bis 2048 GByte möglich.

Das Byte 4 spielt eine wichtige Rolle: Es enthält die Typkennung der Partition. Jedes Betriebssystem benutzt ein Dateisystem, um seine Verzeichnisse und Dateien auf der Festplatte zu organisieren. Der Typ gibt an, um welche Art Dateisystem es sich handelt. Die gebräuchlichsten Systeme sind in der nebenstehenden Tabelle angegeben.

Betriebssysteme der Windows NT-Reihe kümmern sich nicht um die Typkennung. Sie analysieren den Inhalt der Partition (genau gesagt: deren Partitionssektor/Bootsektor) und binden eine erkannte Partition, auf die sie zugreifen können, automatisch ein.

Es ist nicht notwendig, dass die Reihenfolge in der Partitionstabelle der physikalischen Reihenfolge auf der Festplatte entspricht. Die erste Partition im MBR kann durchaus in der Mitte der Festplatte bei Spur 600 beginnen.

Primäre und erweiterte Partitionen

Insgesamt bietet die Partitionstabelle des MBR Platz für vier Partitionen. Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Arten von Partitionen: primäre und erweiterte.

- Eine **primäre Partition** verweist direkt auf einen Bereich der Festplatte, der Dateien enthält. Meistens sind Betriebssysteme in primären Partitionen installiert, vor allem Microsoft-Systeme setzen dies sogar zwingend voraus. Die Definition ist etwas umständlich: Eine primäre Partition ist immer in der Partitionstabelle des MBR eingetragen und nicht durch die Typkennung als erweiterte Partition ausgewiesen.
- Eine **erweiterte Partition** enthält im Gegensatz dazu keine Dateien, sondern ist quasi ein Container für weitere Parti-

Speicherplatz- adresse (Hexadezimal)	Größe (Bytes)	Inhalt der Partitionstabelle
0x00	1	Bestimmt, ob Partition gestartet werden kann oder nicht 80 _{hex} =bootfähig, 00 _{hex} =nicht bootfähig
0x01	3	CHS-Eintrag des ersten Sektors
0x04	1	Typ der Partition (Dateisystem / Partitionstyp)
0x05	3	CHS-Eintrag des letzten Sektors
0x08	4	Startsektor (relativ zum Anfang der Festplatte, oder zur erweiterten Partitionstabelle)
0x0C	4	Anzahl der Sektoren in der Partition

Typbyte (hex)	Dateisystem
0x00	leer/unbenutzt
0x01	FAT12 (Floppy Disks)
0x04	FAT16 < 32 MiB
0x05	erweiterte Partition
0x06	FAT16 > 32 MiB
0x07	HPFS (OS/2) oder NTFS (Windows NT)
0x0B	FAT32
0x0C	FAT32 mit BIOS-Extensions
0x0E	FAT16 > 32 MiB mit BIOS-Extensions
0x0F	erweiterte Partition mit BIOS-Extensions
0x12	OEM Partition für Konfiguration, Diagnose, BIOS-Erweiterung (für Microsoft-Betriebssysteme unsichtbar)
0x42	Dynamischer Datenträger
0x82	Linux Swap / Solaris 2.6 X86 bis Solaris 9 X86
0x83	Linux Native
0x8E	Linux LVM
0xA5	FreeBSD
0xA6	OpenBSD
0xA9	NetBSD

tionen. Die Typkennungen 05h oder 0Fh weisen eine solche erweiterte Partition aus. Eine Partition innerhalb einer erweiterten Partition ist ein logisches Laufwerk. Durch diesen Kniff ist es möglich, mehr als vier Partitionen pro Festplatte zu realisieren. Für Microsoft-Betriebssysteme sind insgesamt bis zu 23 logische Laufwerke erlaubt, denn mehr Laufwerksbuchstaben ab C gibt es nicht.

Anmerkung: Über Laufwerkspfade, die eine Zuordnung einer Partition ohne eigenen Laufwerksbuchstaben zu einem Unterverzeichnis ermöglichen, ist es möglich, mehr als 23 logische Laufwerke anzusprechen. Außerdem können A und B auch für Festplattenpartitionen verwendet werden, falls keine Diskettenlaufwerke vorhanden sind.

Jede erweiterte Partition enthält einen Partitionssektor, der in seinem Aufbau exakt dem MBR entspricht. Allerdings fehlt hier die Master-Boot-Routine, es wird nur die Partitionstabelle genutzt. In diesem Partitionssektor haben wiederum vier Partitionen Platz. Wie erreicht man dann aber 23 logische Laufwerke? Eine erweiterte Partition nutzt immer nur zwei Einträge ihrer Partitionstabelle: Der Erste beschreibt die Position des logischen Laufwerks, der Zweite die Position einer zusätzlichen erweiterten Partition. Diese wiederum bietet Platz für ein logisches Laufwerk und so fort. So entsteht quasi eine Kette von erweiterten Partitionen, die jeweils ein logisches Laufwerk enthalten. Dabei ist die erste erweiterte Partition (die im MBR definiert ist) so groß, dass die anderen Partitionen darin Platz finden.

Bootsektor: Innerhalb jeder primären Partition gibt es einen weiteren Sektor, dessen Position immer gleich ist: der Bootsektor. Er liegt im ersten Sektor der Partition und ist damit leicht über die Einträge in der Partitionstabelle zu ermitteln. Jedes Betriebssystem verwendet hier seinen eigenen Aufbau, lediglich einige Daten sind immer identisch. Bei Microsoft-Betriebssystemen ist der Bootsektor weitgehend gleich, im Folgenden deshalb eine Beschreibung der Variante von Windows 98.

Bootsektor bei Windows 98 (512 Byte)

Adresse	Inhalt	Größe
+00h	Sprung zur Bootroutine	3 Byte
+03h	Herstellernamen und Versionsnummer	8 Byte
+08h	Byte pro Sektor	1 Word
+0Dh	Sektoren pro Cluster	1 Byte
+0Eh	Anzahl reservierter Sektoren von der ersten FAT	1 Word
+10h	Anzahl FATs	1 Byte
+11h	Anzahl Einträge im Hauptverzeichnis	1 Word
+13h	Anzahl Sektoren in der Partition, 0000, wenn das Laufwerk über 32 MByte Speicherkapazität hat.	1 Word
+15h	Media Descriptor	1 Byte
+16h	Anzahl Sektoren pro FAT	1 Word
+18h	Sektoren pro Spur	1 Word
+1Ah	Anzahl der Schreib-/Leseköpfe	1 Word
+1Ch	Entfernung des ersten Sektors in der Partition vom ersten Sektor der Festplatte (siehe +0Eh)	1 DWord
+20h	Anzahl der Sektoren, wenn das Laufwerk mehr als 32 MByte Kapazität hat.	1 DWord
+24h	Partitionstyp (80h für primäre Partition)	1 Byte
+25h	reserviert	1 Byte
+26h	Erweiterte Boot-Signatur (immer 29h)	1 Byte
+27h	Datenträger-ID	4 Byte
+28h	Datenträgerbezeichnung	11 Byte
+33h	Dateisystemtyp (12-Bit-FAT oder 16 Bit-FAT)	8 Byte
+1FFh	Boot Routine	Rest

© tecChannel.de

GPT-Datenträger

Vergleich der Partitionstabelle eines dynamischen MBR-Datenträgers mit einem GPT-Datenträger

1. MBR-Schutzpartition (Protective MBR; 512 Byte groß)

Im ersten Block des Datenträgers befindet sich ein *Master Boot Record*, in dem der gesamte Platz als eine einzige MBR-Partition hinterlegt ist. Findet ein Betriebssystem, das nur MBR- aber keine GPT-Partitionstabellen lesen kann, den Datenträger, erscheint für dieses der gesamte Platz als belegt.

2. Header der GUID Partitionstabelle

Erst im zweiten Block beginnt die eigentliche GPT-Information mit der primären Partitionstabelle, die nochmals redundant in den letzten Block der Festplatte geschrieben wird (sekundäre Partitionstabelle). Da im Header der Partitionstabelle auch eine CRC32-Prüfsumme hinterlegt ist, kann im Fehlerfall schnell festgestellt werden, welcher der beiden Header der konsistente ist.

Im Header der GPT sind folgende Informationen abgelegt:

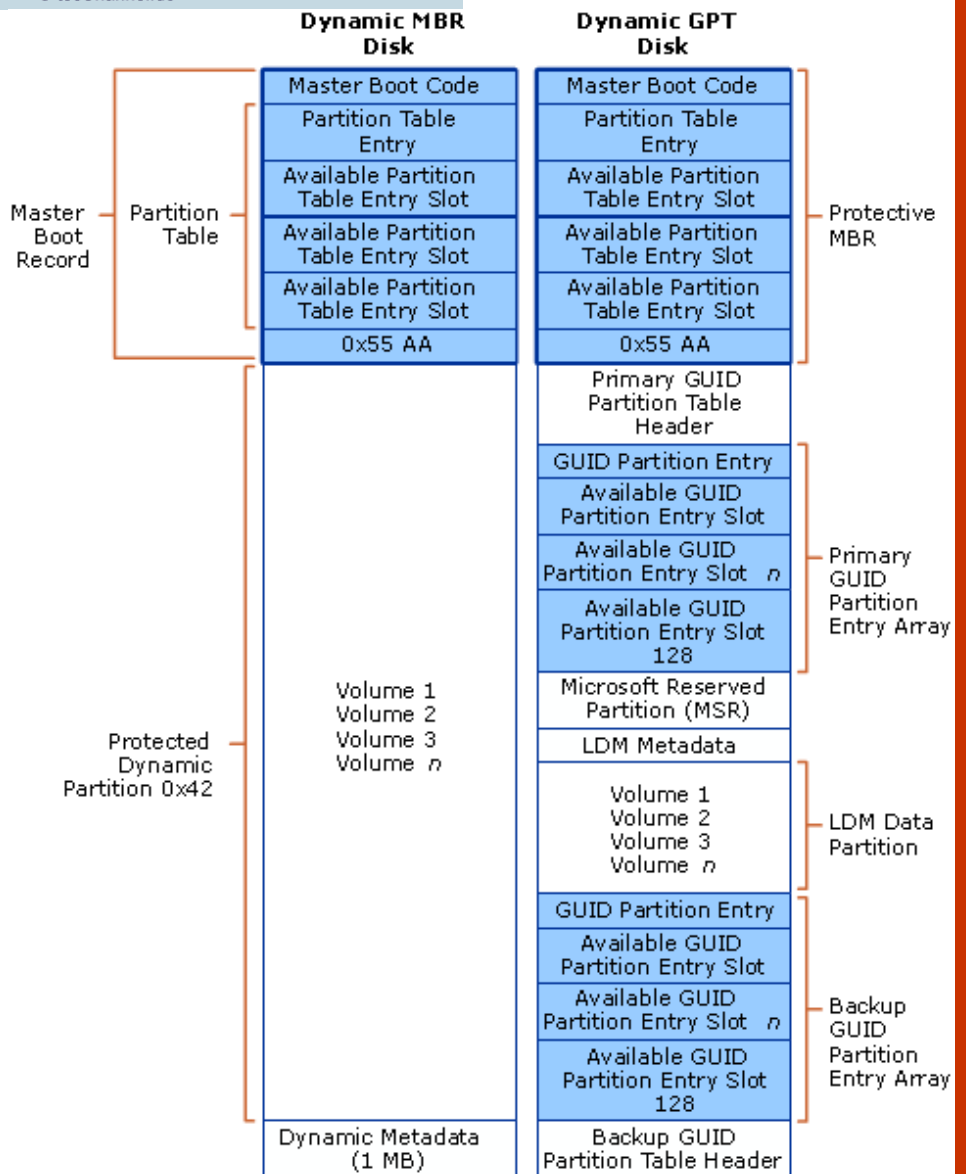
- Signatur (8 Bytes) - „EFI PART“
- Revision (4 Bytes) - 0x00010000
- Header-Größe (4 Bytes)
- Header-Prüfsumme (4 Bytes)
- Reservierter Platz (4 Bytes) - darf nicht belegt sein
- Position der primären Partitionstabelle (8 Bytes)
- Position der sekundären Partitionstabelle (8 Bytes)
- Position des ersten benutzbaren Blocks (8 Bytes)
- Position des letzten benutzbaren Blocks (8 Bytes)
- GUID (16 Bytes)
- Position der Partitionstabelle (8 Bytes)
- Anzahl der Partitionen (4 Bytes)
- Größe des Partitionseintrags (4 Bytes)
- Partitionstabellen-Prüfsumme (4 Bytes)

- Beginn der Partition (8 Bytes)
- Ende der Partition (8 Bytes)
- Attribute (8 Bytes)
- Partitionsname (72 Bytes)

Im Gegensatz zu MBR-Datenträgern werden alle Daten in Partitionen abgelegt - auch die für den Betrieb der Plattform zwingend notwendigen (MBR-Datenträger sichern diese in unpartitionierten oder versteckten Sektoren).

Formatierung

Beim Formatieren wird ein sogenanntes **Dateisystem** (*File System*) auf die Partition geschrieben. Dateisysteme sind dafür verantwortlich, einem logischen Dateinamen (einschließlich einer hierarchischen „Ordnerstruktur“) den physischen Speicherplatz der Datei auf einem Laufwerk zuzuordnen. Es besteht daher aus einer



GUID Partitionseintrag (128 Byte pro Eintrag)

Im Partitionseintrag selbst sind folgende Daten hinterlegt:

- Partitionstyp (ID) (16 Bytes)
- GUID der Partition (16 Bytes)

Datenbank (auch: Tabelle), in der diese Zuordnungen gespeichert sind.

In Microsoft-Windows-Betriebssystemen werden folgende Dateisysteme unterstützt:

Dateisystem	Maximale Partitionsgröße	Berechtigungen	Clustergröße
FAT12 (File Allocation Table): Wurde für Disketten entwickelt und ist bis heute auf 3,5"-Disketten in Verwendung	16 MiB	–	512 B – 4 KiB
FAT16 (File Allocation Table)	2 GiB (unter Windows NT 4 GiB)	–	4 KiB –
FAT32 (verbesserte Variante von FAT, Microsoft unterstützt maximal 32 GiB-FAT32-Partitionen, um NTFS zu fördern); maximale Dateigröße 4 GiB.	32 GiB (theoretisch 16 TiB)	–	512 B – 128 KiB
exFAT (Extended FAT): speziell für Flash-Laufwerke entwickelt	512 TiB (theoretisch 64 ZiB)	–	4 KiB – 32 MiB
NTFS (NT File System): Standard-Dateisystem für Festplatten	256 TiB (theoretisch 16 EiB)	ACL	4 KiB – 2 MiB
ReFS (Resilient File System, „robustes Dateisystem“): maximale Dateigröße 262144 EiB, bessere Fehlerkorrektur, nicht für Windows 10 Home; Einträge basieren auf einem B-Tree-System.	1 YiB (2 ⁸⁰ Byte)	ACL	4 KiB oder 64 KiB
UDF (Universal Disk Format): vor allem für DVDs verwendetes, plattformunabhängiges Dateisystem			

In Linux-Systemen sind eine Reihe weiterer Dateisysteme in Verwendung, zum Beispiel:

ext4 (Extended File System 4. Generation, 2008 veröffentlicht): Journaling-Dateisystem, unterstützt transparente Verschlüsselung und Zugriffskontrolllisten. Standarddateisystem von Ubuntu.	1 EiB	ACL	1 KiB, 2KiB oder 4 KiB
XFS : von Silicon Graphics Inc. (SGI) entwickeltes Dateisystem	16 EiB	ACL	512 B – 64 KiB
Btrfs (BTree File System): von Oracle 2007 veröffentlicht; Copy-on-Write-Dateisystem; Standard bei SuSE Linux Enterprise Server 12, transparente Verschlüsselung	16 EiB	ACL	1 KiB, 2KiB oder 4 KiB

Theorie zu Dateisystemen

FAT-Dateisysteme (File Allocation Table)

Das FAT-Dateisystem verwaltet eine Dateizuordnungstabelle, in der Informationen über die Position aller Dateien gespeichert sind. Aufgrund ihrer grundlegenden Bedeutung für das Dateisystem existieren in der Regel zwei Kopien, um bei Datenverlust noch immer eine funktionsfähige andere FAT zu haben. Mit diversen Programmen ist eine Datenwiederherstellung in vielen Fällen möglich.

FAT-Versionen:

- FAT12 (wurde für Disketten aller Art verwendet)
- FAT16 (wird heute meist auf allen Arten von mobilen Datenträgern verwendet, die kleiner als 2 GiB sind)
- FAT32 (wird z. B. in allen Arten von mobilen Speichern von mehr als 2 GB Kapazität genutzt. Von neueren DOS-Systemen, Windows 9x/ME und Windows NT-Versionen ab 2000 unterstützt. FAT32 verwendet 32 bit-Clusterkennungen, reserviert allerdings die oberen 4 bit, somit sind 28 bit-Clusteradressen im Einsatz. Die Maximalgröße eines FAT32-Clusters beträgt 32 KB. FAT32 hätte theoretisch also die Fähigkeit, 8 TB große Partitionen zu adressieren; die Implementierung ab Windows 2000 begrenzt die Maximalgröße für FAT32-Partitionen aller-

dings auf 32 GB. (Sollte eine FAT32-Partition größer als 32 GB unter Windows 9x/ME angelegt worden sein, dann wird sie natürlich auch von neueren Betriebssystemen unterstützt.) Ein Volume muss mindestens 65 527 Cluster enthalten, damit das FAT32-Dateisystem verwendet werden kann.

Genauere Informationen über die Beschränkungen des FAT32-Dateisystems findet man im Microsoft-Knowledge Base-Artikel 184006.

Größe der Zuordnungseinheiten für FAT16

Partitionsgröße	FAT16
(0 ... 32) MB	512 Byte
(33 ... 64) MB	1 KB
(65 ... 128) MB	2 KB
(129 ... 256) MB	4 KB
(257 ... 512) MB	8 KB
(513 ... 1023) MB	16 KB
(1 ... 2) GB	32 KB
(2 ... 4) GB	64 KB (nur unter Windows NT 4.0 unterstützt)
> 4 GB	nicht unterstützt

Größe der Zuordnungseinheiten für FAT32

Partitionsgröße	FAT32
(0 ... 512) MB	nicht unterstützt
(513 ... 8192) MB	4 KB
(8 ... 16) GB	8 KB
(16 ... 32) GB	16 KB
32 GB	32 KB

NTFS-Dateisystem (New Technology File System)

Aus Sicht des Dateisystems ist alles Teil einer Datei, auch die Informationen des Systems. Die Hauptdatei ist die MFT (*Master File Table*). In dieser Datei befinden sich die Einträge, welche Blöcke zu welcher Datei gehören, die Zugriffsberechtigungen und die Attribute. Jede Eigenschaft einer Datei ist unter NTFS ein Attribut, auch der eigentliche Dateinhalt.

Sehr kleine Dateien und Verzeichnisse werden in der MFT direkt abgespeichert. Größere Dateien werden dann als Attribut in einem Datenlauf gespeichert.

Beim Formatieren der Festplatte wird für die MFT ein fester Platz reserviert, der nicht von anderen Dateien belegt werden kann. Wenn dieser voll ist, beginnt das Dateisystem freien Speicher vom Datenträger zu benutzen, wodurch es zu einer Fragmentierung der MFT kommen kann. Standardmäßig wird ein reservierter Bereich von 12,5 % der Partitionsgröße angenommen. Es sind jedoch auch Werte von 25 %, 37,5 % und 50 % konfigurierbar.

Beim Speichern von Meta-Daten wird ein Journal geführt. Das bedeutet, dass eine geplante Aktion zuerst in das Journal geschrieben wird. Dann wird der eigentliche Schreibzugriff auf die Daten ausgeführt und abschließend wird das Journal aktualisiert. Wenn ein Schreibzugriff nicht vollständig beendet wird, zum Beispiel wegen eines Stromausfalls, muss das Dateisystem nur die Änderungen im Journal zurücknehmen und befindet sich anschließend wieder in einem konsistenten Zustand.

Bis Windows 8 wurde das Journal **\$Log-File** in der Version 1.1 geführt, Windows 8.1/Windows 10 verwenden eine neue Version 2.0, die mit der älteren Version inkompatibel ist.

NTFS verwendet 64 bit-Clusterkennungen. Das würde eine Maximal-Partitionsgröße von 16 EB (= 6,7 Mrd. GB) möglich machen; allerdings begrenzt Windows die Größe eines NTFS-Volumes auf einen Umfang, der mit 32 bit-Clusteradressen adressierbar ist, also auf ca. 256 TB. In diesem Fall beträgt die Clustergröße 64 KB.

NTFS-Versionen

- NTFS 1.X - Windows NT 3.1, 3.5 und 3.51
- NTFS 2.X - Windows NT 4.0
- NTFS 3.0 - Windows 2000
- NTFS 3.1 - Windows XP, Windows 2003, Windows Vista, Windows Server 2008 (R2), Windows 7, Windows 8, Windows 8.1, Windows 10. Diese Version wird manchmal auch als Version 5 bezeichnet.

Partitionsgröße Voreingestellte NTFS-Clustergröße

(0 ... 512) MB	512 Byte
(513 ... 1024) MB	1 KB
(1025 ... 2048) MB	2 KB
> 2 GB	4 KB

Größe der Zuordnungseinheiten für NTFS: Tabelle oben

Größere Zuordnungseinheiten sind beim Formatieren manuell konfigurierbar. So ist etwa für Volumes, die SQL Server-Datenbanken aufnehmen sollen, eine Größe von

Speicherpools zusammen. Speicherpools erlauben das Zusammenfassen mehrerer physischer Datenträger zu einem logischen Pool.

Das neue Dateisystem ReFS ist auf Windows 10 und Windows Server 2016/2019 verfügbar, wobei das Erstellen von ReFS-Volumes nur für Windows 10 Pro/Enterprise-Versionen möglich ist. Neben der automatischen Korrektur benötigt das neue Dateisystem keine langen Ausfallzeiten mehr durch Reparaturmaßnahmen und kann zur Reparatur heruntergefahren werden.

In ReFS lassen sich Metadaten und Prüfsummen von Dateien wesentlich effizien-

Beschreibung	FAT16	FAT32	NTFS
Maximale Dateigröße	$2^{32} - 1$ Byte	$2^{32} - 1$ Byte	$2^{44} - 64K$ bytes (geplant bis $2^{64} - 1$ Byte)
Anzahl Dateien pro Volume	2^{16}	2^{28}	$2^{32} - 1$
Minimale Volume-Größe	4085 Zuordnungseinheiten	65535 Zuordnungseinheiten	1 MB
Maximale Volume-Größe	65536 – 12 Zuordnungseinheiten; maximale Partitionsgröße: 2 GB	Theoretisch: 2^{28} Zuordnungseinheiten. Ab Windows 2000: Formatierung bis 32 GB, Zugriff auf größere Einheiten Windows ME: Bis zu $2^{28} - 12$ Zuordnungseinheiten Windows 95/98: 4,177,918 Zuordnungseinheiten	Theoretisch: 2^{64} Zuordnungseinheiten Aktuell: 2^{32} Zuordnungseinheiten
Größe einer Zuordnungseinheit	Für alle Dateisysteme: Windows NT-Linie: zwischen 2^9 (512) und 2^{16} (65536) Byte Windows 95/98/ME: zwischen 2^9 (512) und 2^{15} (32768) Byte		
Verzeichnisgröße	$2^{16} - 2$ physikalische Verzeichniseinträge, allerdings spezielle Einschränkungen für das Stammverzeichnis	$2^{16} - 2$ physikalische Verzeichniseinträge	Keine Begrenzung

64 KB empfehlenswert, da SQL Server immer in 64 KB-Einheiten liest bzw. schreibt.

ReFS (Resilient File System)

Das ReFS (*Resilient File System*, deutsch etwa „robustes Dateisystem“) ist in der Lage, defekte Dateien automatisch zu reparieren. Außerdem gilt ReFS im Vergleich zu NTFS als wesentlich unempfindlicher gegenüber Abstürzen des Betriebssystems oder dem Ausschalten des Servers ohne vorheriges Herunterfahren. Das neue Dateisystem arbeitet optimal mit den neuen

ter integrieren als in Vorgängerversionen. Das Dateisystem protokolliert Änderungen in Dateien und kann ursprüngliche Änderungen speichern. NTFS überschreibt ältere Versionen von Metadaten und Prüfsummen unwiederbringlich. Das heißt, Daten gehen nicht verloren, sondern können im Dateisystem wieder hergestellt werden, auch wenn Anwender Dateien geändert haben. Das funktioniert ähnlich wie bei den Schattenkopien in NTFS, ist aber nicht vom Erstellen solcher Schattenkopien abhängig, sondern läuft ständig im Hintergrund. Die Technik entspricht in etwa den transaktionalen Datenbanken.

Der Vorteil dabei ist, dass auch bei Stromausfällen keinerlei Daten auf ReFS-Datenträgern verloren gehen können.

Allerdings handelt es sich bei ReFS um kein Dateisystem, das Daten in Datenbanken speichern kann. Microsoft hat nur einige Vorteile des transaktionalen Systems integriert. ReFS unterstützt keine Wechseldatenträger.

ReFS trägt auch den immer größeren Dateien und Festplatten Rechnung. Das System unterstützt eine in nächster Zeit unerreichbare Größe von Dateien und Festplatten, die weit über die Möglichkeiten von NTFS hinausgehen. Laut Angaben von Microsoft beherrschen ReFS-Datenträger eine Größe von 16 Exabyte. Ordner auf ReFS-Datenträgern können nahezu eine unbegrenzte Anzahl Dateien speichern, und auch die Anzahl der Ordner kann mehrere Trillionen betragen. Dateinamen können eine Länge von 32.000 Zeichen erreichen. Die Leistung soll durch große Dateien aber nicht einbrechen, dafür sorgt die neue Technologie im Hintergrund, die Daten effizienter speichert.

Wie NTFS lassen sich auch in ReFS Berechtigungen auf Basis der Zugriffssteuerungslisten (ACL) vergeben. Daten können Anwender weiterhin mit BitLocker verschlüsseln. ReFS unterstützt aber keine Komprimierung von Dateien über das Dateisystem mehr, und auch keine Verschlüsselung einzelner Dateien. Auch Quotas auf dem Datenträger unterstützt ReFS nicht. Microsoft will konsequent wenig verwendete Features aus dem Dateisystem entfernen.

Anwender bemerken bei der Verwendung des neuen Dateisystems keinen Unterschied zu NTFS, die Bedienung ist vollkommen transparent. Auch Entwickler können die standardmäßige API von NTFS für den Zugriff auf ReFS nutzen. Laut Microsoft sollen auch keine Inkompatibilitäten mit aktuellen Anwendungen bestehen. Programme, die mit NTFS funktionieren, sollen auch mit ReFS laufen. Das liegt nicht zuletzt daran, dass die Zugriffsschnittstelle (API), mit der das Dateisystem kommuniziert, dem von NTFS entspricht. Nur die zugrunde liegende Technik ist unterschiedlich. Die Master File Table (MFT) auf ReFS-Datenträgern unterscheidet sich ebenfalls von NTFS.

Magnetband

Magnetbänder wurden früher als übliches Speichermedium (statt Disketten und Festplatten) eingesetzt, heute dienen sie Archiv- und Sicherungszwecken.

Ein Magnetband besteht aus einer Kunststoffschicht mit einer darauf aufgetragenen magnetisierbaren Eisenoxidschicht. Die Zellen werden bitweise in neun Spuren durch unterschiedliche Magnetisierungsrichtungen dargestellt.

Bauweisen: Für Großrechenanlagen sind noch vereinzelt Magnetbandspulen erhältlich, meist verwendet man heute Magnetbandkassetten.

(Anmerkung: Genauso funktionieren Tonbandkassetten und Tonbänder, nur dass man bei Studioaufnahmen bis 24 Spuren für die einzelnen Instrumente benützt)

Das Schreiben erfolgt durch Magnetisieren mit einem Elektromagneten, das Lesen durch elektromagnetische Induktion.

Die Zeichen einer Datenmenge bilden als Gesamtheit einen Block. Alle zusammengehörenden Blöcke stehen auf einem Bandabschnitt, der Datei genannt wird.

Gütekriterien:

- Bauweise
- Schreiddichte
- Spurenzahl
- Länge
- Übertragungsrate

Für Sicherungskopien von Festplatten verwendet man besonders leistungsfähige Magnetbänder (meist DAT-Kassetten = „digital audio tape“, die bisher vorwiegend im Audiobereich verwendet wurden), so genannte **DAT-Streamer** mit einer Speicherkapazität zwischen 500 MB und 20 GB.

Bekannte Band-Technologien sind:

- **DDS** (*Digital Data Storage*): beruht auf einem Format aus der Audiotechnik, wurde 1989 von Sony und HP entwickelt. Verwendet Schrägspuraufzeichnung. DDS7-Medien (DAT320) haben eine Kapazität von 160 GB pro Kassette. Solche Kassetten wurden früher in kleineren Netzwerken häufig verwendet, die Bedeutung schwindet allerdings auf Grund der immer größeren Datenmengen.
- **LTO** (*Linear Tape Open*): Wird von einem Konsortium weiterentwickelt, dem unter anderen Seagate, HP und IBM angehören. Stellt heute die am weitesten verbreitete Bandtechnologie dar. Kassetten können 15 bis 30 Jahre archiviert werden. Die Datenspeicherung erfolgt im Format LTO-Ultrium.

Heute produzieren nur mehr Fujifilm und Sony aktuelle LTO-Magnetbandkassetten.



DDS2-Kassette (HP)



HP-SureStore DAT-Streamer: Laufwerk und Cartridge (NewsFlash, HP)

Das Band in einer LTO-9-Bandkassette ist 1035 m lang und 5,6 µm dick.

Ein Sonderfall sind die als Scheck-, Bankomat- und Identifikationskarten verwendeten Magnetstreifenkarten. Magnetstreifenkarten bestehen aus Vollplastik, haben die Standardgröße 85,6 mm x 54 mm x 0,76 mm; in die Rückseite ist ein meist 0,5" breiter Magnetstreifen integriert, der auf drei parallelen Spuren maximal 1394 Bit Daten aufnehmen kann. Heute durch einen Speicherchip ersetzt oder ergänzt.

Memory Cards

Memory Cards werden zunehmend bei mobilen Geräten statt den Festplatte eingesetzt. Sie bestehen aus mehreren **Flash-Memory-Chips**. Bei derartigen Chips handelt es sich um EEPROMs, haben Abmessungen von 1 cm x 1 cm x 0,1 cm.

Memory Cards können sowohl als externer Speicher (statt Festplatten) als auch als interner Speicher (RAM-Ersatz) verwendet werden.

Vorteile: stoßunempfindlich, geringe Abmessungen

Nachteile: nach 1 Million Schreib-/Lesezyklen ist die Card verschlissen, da sich durch die Löschvorgänge die Chips selbst zerstören.

Für den Einsatz der Flash-Chips als Massenspeicher entwickelte Microsoft das **Flash File System** als Betriebssystemerweiterung. Damit können Flash-Memory-Karten wie Festplatten verwendet werden.

Um die Kompatibilität der Memory Cards zu gewährleisten, wurde die **PCS-Norm**



LTO-Ultrium-Bandkassette

(PC Card Standard; früher: PCMCIA) entwickelt, der sowohl die Bauformen der Karten als auch Ein-/Ausgabevorgaben festlegt. Auf Grund dieser Norm können auch Faxmodems, Netzwerkkarten, Mini-Festplatten usw. betrieben werden, so dass diese Norm als Schnittstellennorm bezeichnet werden kann (siehe dort!).

USB-Memory Sticks

Die größte Überraschung auf dem Speichermarkt in den Jahren 2002/2003 war der Markterfolg der USB-Memory Sticks, die meist auf Flash-Memory-Technologie aufbauen.

USB-Sticks werden heute als kleine, mobile Datenträger zum Transport umfangreicherer Dokumente und Präsentationen.

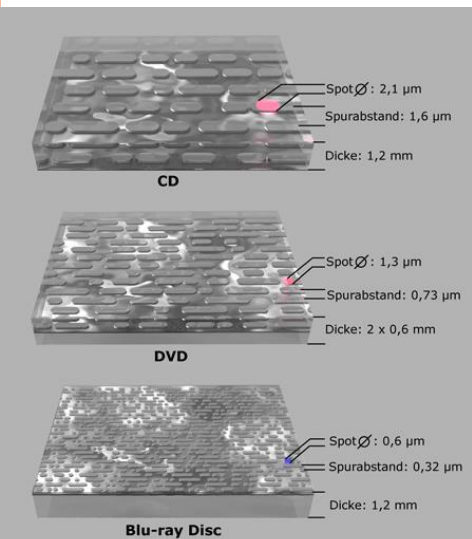
Ein USB-Memory Stick lässt sich wie eine normale Festplatte lesen und beschreiben. Einfach – auch bei laufendem Betriebssystem – in den USB-Port stecken, schon steht ein Laufwerk mehr zur Verfügung. Der Memory Stick bietet deutlich mehr Speicherplatz als eine Diskette und lässt sich per Kennwort schützen. USB Memory Sticks gibt es (Stand: 2017) in Speichergrößen bis 2 TB. Als Schnittstellenstandard wird heute meist USB 3.0, fallweise schon USB 3.1 unterstützt.

Es ist auch möglich, Betriebssysteme von USB-Sticks zu booten (falls diese Möglichkeit vom BIOS unterstützt wird).

Optische Medien

Optische Speichermedien sind meist runde Scheiben aus transparentem Kunststoff (Polycarbonat, Acryl) mit einem Durchmesser von 7,6-30 cm und 1,2 mm Dicke. Je nach System sind die Information entweder in einer spiralförmigen Spur oder in mehreren konzentrischen Spuren abgelegt. Der Spurbstand beträgt z.B. bei der CD 1,6 µm. Die Informationen selbst sind als Vertiefungen („Pits“) in der Oberfläche („Land“) der Disk eingepresst. Die Press-

<https://kompodium.infotip.de/grundlagen-optische-speicher.html>



© INFOTIP



Plextor USB 2.0 Memory Stick (Plextor)



Das Innere eines USB-Sticks: Links der Flash-Speicherchip, rechts der Controllerchip. (Wikipedia)

formen (Stempel) zur Herstellung von optischen Medien werden von gläsernen Mutterdisks (*glass master*) abgeleitet, in die die Pits mittels starker Laser (z.B. CO₂-Laser) gebrannt wurden.

Nach dem Pressen werden die Scheiben auf der Prägeseite mit einem reflektierenden Material, meist Aluminium, beschich-

tet. Zum Schutz vor Umwelteinflüssen wird die reflektierende Schicht anschließend per Spin-Coating mit einem Schutzlack überzogen und meist im Siebdruckverfahren bedruckt.

Zugriffstechnik

Zum Auslesen der Disk rotiert diese mit 200 bis zu 10 000 Umdrehungen pro Mi-

Laufwerks- Generati- on	Bandkapazität bei gleicher Generati- on		maximale Transferrate		kompatible Bänder		Verfügbarkeit
	ohne Kom- pression	mit Kom- pressio n	ohne Kompressi- on	mit Kom- pression	Schrei- ben	Lesen	Produkte seit
LTO-1	100 GB	200 GB	20 MB/s	40 MB/s	LTO-1	LTO-1	2000
LTO-2	200 GB	400 GB	40 MB/s	80 MB/s	LTO-1 LTO-2	LTO-1 LTO-2	Ende 2002
LTO-3	400 GB	800 GB	80 MB/s	160 MB/s	LTO-2 LTO-3	LTO-1 LTO-2 LTO-3	Ende 2004
LTO-4	800 GB	1.600 GB	120 MB/s	240 MB/s	LTO-3 LTO-4	LTO-2 LTO-3 LTO-4	Frühjahr 2007
LTO-5	1.500 GB	3.000 GB	140 MB/s	280 MB/s	LTO-4 LTO-5	LTO-3 LTO-4 LTO-5	Frühjahr 2010
LTO-6	2.500 GB	6.250 GB	160 MB/s	400 MB/s	LTO-5 LTO-6	LTO-4 LTO-5 LTO-6	Dez. 2012
LTO-7	6.000 GB	15.000 GB	300 MB/s	750 MB/s	LTO-6 LTO-7	LTO-5 LTO-6 LTO-7	Okt. 2015
LTO-8	12 TB	30 TB	360 MB/s	900 MB/s	LTO-7 LTO-8	LTO-7 LTO-8	Nov. 2017
LTO-9	18 TB	45 TB	400 MB/s	1000 MB/s	LTO-8 LTO-9	LTO-7 LTO-8 LTO-9	Sep. 2020
LTO-10	36 TB	90 TB	1100 MB/s	2750 MB/s	–	–	geplant
LTO-11	72 TB	180 TB	–	–	–	–	geplant
LTO-12	144 TB	360 TB	–	–	–	–	geplant

nute. Abhängig vom System kommen unterschiedliche Geschwindigkeitsregelungen zur Anwendung.

- **CLV-Verfahren** (*Constant Linear Velocity* = konstante Lineargeschwindigkeit): Dabei nimmt die Umdrehungsgeschwindigkeit der Disk abhängig von der Position des Laser-Pickup von Innen (z.B. CD: 495 U/min) nach außen (CD: 212 U/min) hin ab. Somit bleibt die vom Pickup gelesene Datenrate über das ganze Medium hinweg konstant.
- **CAV-Verfahren** (*Constant Angular Velocity* = konstante Winkelgeschwindigkeit): Hier bleibt die Umdrehungsgeschwindigkeit der Disk immer konstant. Dieses hat zur Folge, dass die gelesene Datenrate innen niedriger ist als am äußeren Rand der Disk.

Das Auslesen der auf der optischen Disk befindlichen Informationen wird mit einem Laserstrahl vorgenommen. Die Wellenlänge (= Farbe) des Lasers muss zu den mechanischen Eigenschaften, genauer die Tiefe der Pits auf dem Medium, angepasst sein. Wie in Abb. 1.1.5 dargestellt, sollte die Tiefe der Pits auf dem Medium etwa ein Viertel oder die Hälfte der Wellenlänge des Lasers betragen.

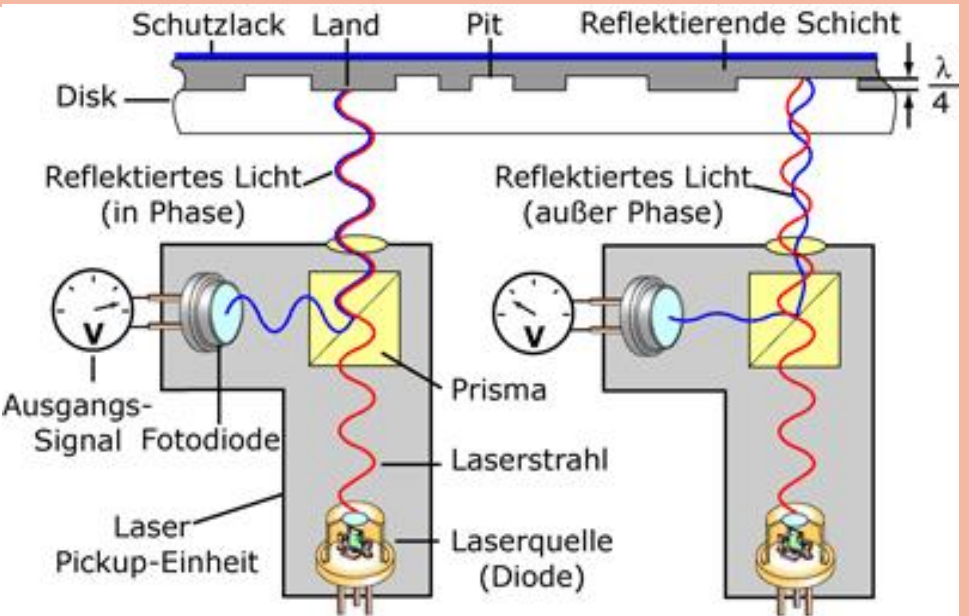
Bei digitalen Signalen stellen die Pits und Land keineswegs die Bits direkt dar. Vielmehr liegt die Information in den Zustandsübergängen. So kodiert der Übergang von Pit nach Land oder von Land nach Pit eine 1, während keine Änderung eine Reihe von Nullen erzeugt.

Bei wiederbeschreibbaren optischen Datenträgern wird die **Phase Change-Technologie** eingesetzt. handelt es sich um ein wiederbeschreibbares Medium, entwickelt von Panasonic. Ein Laserstrahl verändert hier die Reflexionseigenschaften der Oberfläche (Tellur-Legierung), wobei man diesen Vorgang beliebig oft umkehren und wiederholen kann.

CD-ROM

Die erste CD (*compact disk*) wurde 1979 von Philips in Eindhoven vorgestellt, 1982 kam sie auf den Markt.

Um von einer CD booten zu können, ist ein BIOS nötig, welches den El Torito-Standard erfüllt.



INFOTIP

In der Zwischenzeit gibt es – technisch gesehen – verschiedene CD-Medien, die alle das gleiche Aussehen haben: runde 5 1/4"-Scheiben, die mit Acryllack überzogen sind.

Qualitätskriterien für die Laufwerke

- **Zugriffsgeschwindigkeit:** Wird in Millisekunden angegeben. Sollte bei modernen Laufwerken nicht über 150 ms liegen.
- **Rotationsgeschwindigkeit:** Meist wird der Multiplikationsfaktor auf die „Normalgeschwindigkeit“ der ersten Laufwerke (Single-Speed = 150 kByte/s) angegeben. Derzeit sind erhältlich: (Double Speed (2x), Triple Speed (3x), Quad Speed (4x), Hex Speed (6x), 8x, 12x, 24x, 32x nicht mehr im Handel) 40x, 50x. Die Rotationsgeschwindigkeit nimmt direkten Einfluss auf die maximal mögliche Datentransferrate.

Die CD kam ursprünglich aus der Musik-Industrie um die Magnetbänder abzulösen. Die CD-ROM ist also eigentlich ein Nebenprodukt der Musik-CD. Der Anwender kann sie nicht selbst beschreiben oder löschen. Eine CD besteht aus einer Polycarbonat-Scheibe (spezieller Kunststoff), die mit Aluminium beschichtet ist. In diese Alu-Schicht werden kleine Vertiefungen geätzt. Während an der Oberfläche der Laserstrahl gestreut wird, wird in den Ätzvertiefungen der Strahl genau auf ein

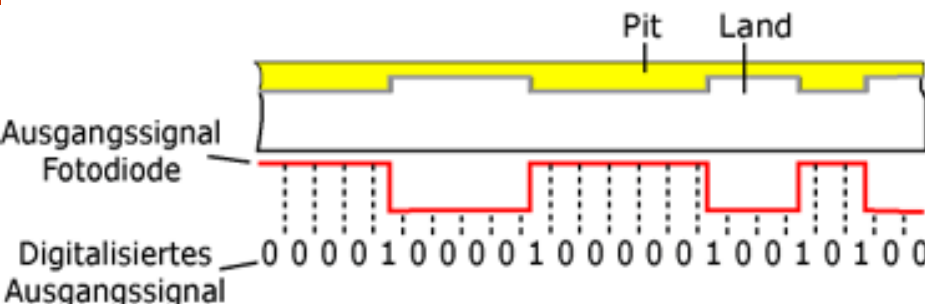
Empfangsgerät gespiegelt, womit sich die beiden digitalen Zustände ergeben. Die Datenkapazität beträgt ca. 700 MB. Die Zugriffszeiten liegen im Bereich von ca. 0,15 s. Mit einem CD-ROM-Gerät können auch normale Audio-CDs abgespielt werden. Für CD-ROMs gibt es einige Standards: die beiden älteren werden als „Mode 1“ und „Mode 2“ bezeichnet, der neue als „CD-ROM/XA“, wobei XA für „extended architecture“ steht.

Dateisystem: Das ISO-9660-Format der CD-ROM kann lediglich 1 GB verwalten und hat zur Wahrung der Kompatibilität zu verschiedenen Betriebssystemen einige Einschränkungen:

- Dateibezeichnung 8 Zeichen lang, dazu 3 Zeichen für die Dateierweiterung
- Es können nicht alle Zeichen (v.a. Sonderzeichen) für die Namensvergabe verwendet werden.
- Es sind (inkl. Stammverzeichnis) nur 8 Verzeichnisebenen möglich.

Eingesetzt werden CD-ROMs zum Datentransfer (Installationsprogramme), für große Datenmengen im Grafikbereich (Foto-CDs, Computerspiele) und im Datenbankbereich (Rechtsdatenbank usw.).

Externes und internes CD-ROM-Laufwerk 12-20fach (Plextor)



INFOTIP

CD-R

CD-Recordable. Diese Datenträger sind WORM-Medien (*Write Once Read Multiple*), das heißt, sie können nur einmal beschrieben und dann nur mehr gelesen werden. Dieses Verfahren eignet sich vor allem zur Archivierung von Daten, die keiner Veränderung mehr unterworfen sind. Die CD-R gilt als einziges rechtlich völlig abgesichertes Speichermedium und wird vor Gericht als Beweismittel anerkannt.

Die Daten werden per Laserstrahl in das Trägermedium eingebrannt. Geräte dafür („CD-Brenner“) sind bereits zu relativ mäßigen Preisen erhältlich.

Die Standard-CD-Rs haben die übliche Größe von 5¼" und fassen 600 – 720 MB. Für Großanlagen sind allerdings auch Medien in den Größen 8", 12" und 14" erhältlich, die mehrere Gigabyte an Daten fassen.

Ausbaufähig: „JukeBox“ (Datenvorrat bis 1,5 TB, Wartezeit max. 2 Sekunden).

CD-RW

CD-Read & Write. Wiederbeschreibbares optisches Medium mit gleicher Speicherkapazität wie CD-R.

DVD (Digital Versatile Disk)

Die DVD wurde ursprünglich entwickelt, um den veralteten analogen VHS-Standard bei Videokassetten abzulösen (ursprüngliche Bedeutung von DVD „*Digital Video Disk*“).

Die DVD fasst bis zu fünfundzwanzigmal mehr Daten als eine CD. DVD ist eine Fusion von SDD (*Super Density Disk*) und MMCD (*Multi Media CD*).

Prinzipiell ist die DVD ein holografischer 3D-Speicher.

Die DVD ist ein vielschichtiges Medium. Die Kapazität einer einzigen DVD-Datenschicht ist mit 4,7 GB etwa siebenmal so hoch wie die einer CD. Die Norm sieht auch eine einseitige Zweiseichten-DVD mit insgesamt 8,5 GB Kapazität oder eine zweiseitige Zweiseichten-DVD mit 17 GB vor. (Theoretisch wären auch zehnschichtige DVDs denkbar!)

Die siebenfache Steigerung der Datendichte pro Schicht ist auf geringere Pit-

Abmessungen, einen engeren Spurbstand (CD: 1,6 µm; DVD: 0,74 µm) sowie eine kürzere Wellenlänge des Laserlichts zurückzuführen. Die Lasersysteme herkömmlicher CD-Wiedergabegeräte und CD-ROM Laufwerke senden ein unsichtbares Infrarotlicht mit einer Wellenlänge von 780 Nanometern aus. Die neuen DVD-Player und DVD-ROM-Laufwerke arbeiten dagegen mit rotem Laserlicht von 650 und 635 Nanometern Wellenlänge.

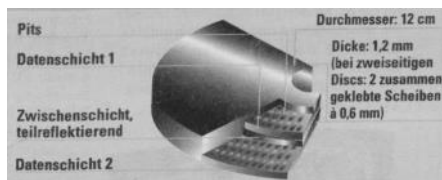
Die kürzeren Wellenlängen korrelieren mit den kleineren, dichter angeordneten Pits: Das sind die Vertiefungen auf der CD/DVD, die die Information tragen. Zudem ist das neue Lasersystem mit einer Optik ausgestattet, die den Laser schärfer bündelt. Einen einseitige Zweiseichten-Disk besteht aus zwei Pit-Schichten. Die untere ist mit Aluminium verspiegelt, eine teildurchlässige Folie trennt die beiden. Der Laser durchdringt die Folie und tastet zunächst die verspiegelte Ebene ab. Anschließend fokussiert er auf die obere Schicht und liest deren Daten aus. Ein elektronischer Puffer sorgt für fließende Übergänge.

„Single-Speed“ bedeutet bei DVD-Laufwerken 1350 KByte/s.

DVD-Player, die auch CDs lesen können, arbeiten mit Laserlicht verschiedener Wellenlänge.

Dateisystem: UDF (Universal Disk Format), kann mehrere Terabyte adressieren.

Querschnitt durch die DVD:



Datenformate, Weiterentwicklung

Die Formate haben sich auf Grund der verschiedenen Möglichkeiten der Nutzung der DVD ergeben (Daten, Video, Audio, etc).

Übersicht der DVD-Typen

DVD-Typ	Seiten	Schichten	Kapazität	
DVD-5	1	1	4,7 GB	-
DVD-9	1	2	8,5 GB	-
DVD-10	2	1	9,4 GB	-
DVD-14	2	1/2	13,24 GB	Hybrid DVD
DVD-18	2	2	17 GB	-
DVD-1	1	1	1,5 GB	8 cm
DVD-2	1	2	2,7 GB	8 cm
DVD-3	2	1	2,9 GB	8 cm
DVD-4	2	2	5,3 GB	8 cm

Beschreibbare DVDs

DVD-Typ	Seiten	Schichten	Kapazität	Methode
DVD-R 1.0	1	1	3,95 GB	R
DVD-R 2.0	1	1	4,7 GB	R
DVD-R DL	1	2	7,95 GB	R
DVD+R	1	1	4,7 GB	R
DVD+R DL	1	2	7,95 GB	R
DVD-RW 1.0	1	1	3,95 GB	RW
DVD-RW 2.0	1	1	4,7 GB	RW
DVD+RW	1	1	4,7 GB	RW
DVD-RAM 1.0	1	1	2,58 GB	RW
DVD-RAM 1.0	2	1	5,16 GB	RW
DVD-RAM 2.0	1	1	4,7 GB	RW
DVD-RAM 2.0	2	1	9,4 GB	RW

Zum Abspielen von DVDs gibt es verschiedene Möglichkeiten, die komprimierten Daten zu dekomprimieren:

Eine Möglichkeit ist die Verwendung der **Grafikkarte**, wenn diese „*Motion Compensation*“ beherrscht: Die komprimierten Daten werden an den Grafikspeicher übertragen, der Grafikchip berechnet dann die Daten. Der Vorteil dabei: Die Daten kommen komprimiert (kleinere Datenpakete, kürzere Übertragungszeit) über den Bus und die CPU wird entlastet.

MPEG-Karten: Diese beinhalten einen Hardware-Decoder, der keine CPU-Ressourcen benötigt und viel schneller ist als die Software. Als weitere Vorteile sind hier zu nennen, dass MPEG-Karten immer einen TV-Ausgang (Vollbild!) haben und die Ausgabe simultan auf Monitor und Fernseher erfolgt. Es kann allerdings sein, dass eine Dekoderkarte eine niedrigere Bildqualität liefert als die Software-Dekodierung.

Die **Software-Dekodierung** ist erst ab einem Pentium II 233 MHz sinnvoll (wenn währenddessen keine anderen Aufgaben anstehen), ein Anschluss am Fernseher ist nur mit einem TV-Ausgang der Karte möglich, ein Vollbild am Fernseher nur dann, wenn am Monitor ebenfalls ein Vollbild erscheint.

Ein Vorteil der Software-Dekodierung ist, dass Bilder besserer Qualität entstehen können.

DVD-Laufwerk mit Medien (NEWSflash, C2000)



DVD-Nachfolger

Als Nachfolger derzeit üblicher DVDs wird die **Blu-Ray-Disk** angesehen. Die Blu-ray Disc (abgekürzt BD) ist ein digitales optisches Speichermedium. Sie wurde neben HD DVD und VMD als ein möglicher Nachfolger der DVD beworben. Nachdem Toshiba im Februar 2008 die Einstellung von Produktion und Weiterentwicklung der HD-DVD-Technik – einschließlich der Geräte – für März 2008 angekündigt hatte, gilt die Blu-ray Disc als Sieger im Formatkrieg.

Eigenschaften: 100 GB Speicherkapazität pro Seite. Diese Disk ist seit 2007 verfügbar.

Die Blu-ray Disc gibt es in drei Varianten:

als nur lesbare BD-ROM (vergleichbar mit DVD-ROM),

als einmal beschreibbare Variante BD-R (vergleichbar mit DVD±R)

und als wiederbeschreibbare BD-RE (vergleichbar mit DVD±RW).

Die **Blu-ray Disc** basiert auf einem tiefvioletten Laser mit 405 nm Wellenlänge, die wiederbeschreibbare Blu-ray Disc arbeitet mit der Phase-Change-Technik.

Bei einem Durchmesser von 12 cm fasst eine Scheibe mit einer Lage bis zu 27 GB (25,1 GiB) und mit zwei Lagen bis zu 54 GB (50 GiB) an Daten. Alternative Quellen nennen als Bruttokapazität 23,3 GB (21,7 GiB). TDK ist es gelungen, auf einer sechslagigen Scheibe 200 GB unterzubringen, dabei wurde die Kapazität einer Lage auf 33,3 GB erhöht. Pioneer erklärte im Juli 2008, Prototypen mit 400 GB auf einer Scheibe mit 16 Lagen erzeugt zu haben. Dies sind jedoch in erster Linie Machbarkeitsstudien. Eine Entwicklung für den Endkunden ist unwahrscheinlich.

Des Weiteren soll die neue Phase-Change-Technik eine doppelt so hohe Übertragungsrate (Datentransferrate) von 9,0 MiB/s (72 Mibit/s) beim Beschreiben anstatt der ursprünglich maximal spezifizierten einfachen 4,5 MiB/s (36 Mibit/s) ermöglichen. Ein wichtiger Bestandteil der Spezifikation ist auch ein Kopierschutz in Form einer eindeutigen Identifikationsnummer. Außerdem eignen sich Blu-ray Discs besonders gut für Full-HD-Videos, die dank der hohen Auflösung eine bessere Qualität als die gängigen Systeme wie PAL und NTSC bietet, aber auch dementsprechend mehr Speicherplatz benötigt. BD-Spieler unterstützen in der Regel das zuerst von Panasonic und Sony eingeführte hochauflösende AVCHD-Format.

Die **numerische Apertur** eines optischen Elementes, beispielsweise eines Objektivs, ist ein Maß für sein Lichtsammelvermögen und sein Auflösungsvermögen. Sie wird auch zur Charakterisierung von Laser-Fokussieroptiken benutzt und bestimmt



50 GB Blu-Ray Disk mit Cartridge
(Wikipedia)

deren minimalen Fokusdurchmesser sowie den Arbeitsabstand.

Eine weitere Neuerung gegenüber der DVD ist der verkleinerte Abstand des Lasers zum Datenträger sowie die geringere Wellenlänge (und daher andere Farbe) des Laserstrahls. Weiterhin ist die Schutzschicht auf der Laser-Seite mit 0,1 mm im Vergleich zu 0,6 mm der DVD deutlich kleiner. Aufgrund der daraus resultieren-

den größeren Anfälligkeit gegen Kratzer und Staub war zunächst geplant, die Blu-ray Disc nur in einer Art Kassette (Steckmodul oder Cartridge genannt) anzubieten, ähnlich wie seinerzeit die Mini-Disc. Stattdessen wurde jedoch eine Beschichtung namens „Durabis“ entwickelt, die den Gebrauch eines Kassettengehäuses nicht mehr unbedingt notwendig macht.

Wegen des geringeren Abstandes zwischen Medium und Laseroptik sowie der dünneren Schutzschicht kann ein Objektiv mit günstigerer numerischer Apertur eingesetzt werden, das den Strahl effizienter bündeln kann. Somit werden Schreibfehler und stärkere Streuungen verringert und es ist möglich, eine Blu-Ray Disc zum Beispiel aus Metall oder anderen stabilen, undurchsichtigen Materialien kombiniert mit einer dünnen durchsichtigen Trägerschicht zu bauen, die mit erheblich höheren Drehzahlen als eine Scheibe aus Polycarbonat betrieben werden können, woraus dann höhere Übertragungsraten resultieren. Zudem erlaubt die gegenüber der DVD kleinere Wellenlänge des Laserstrahls eine wesentlich höhere Datendichte und damit eine erhöhte Speicherkapazität.

Datenrate: Die Angabe „1x“ entspricht einer Datenrate von 36 Mibit/s (ca. 4,5 MiB/s). Die Daten werden damit etwa viermal so schnell gelesen wie bei einer DVD gleicher Rotationsgeschwindigkeit (1x).

Vergleich verschiedener optischer Medien

Typ	Numerische Apertur	Wellenlänge (nm)	Laserpunkt (µm)	Schnittzeichnung der Strahlgeometrie
CD	0,45	780	2,1	
DVD	0,60	650	1,3	
BD	0,85	405	0,6	

KB 5005565

Günter Hartl

KB 5005565

Die Ausgangssituation

Ein 83-jähriger User aus dem Verwandtenkreis, nicht internetaffin und nur remote per Teamviewer erreichbar. /1/

Das Problem

Die Updates konnten unter Windows 10 nicht mehr eingespielt werden. Konkret spreizte es sich bei KB 5005565.

Was wurde gemacht?

Festplatte und Windows Startdateien gecheckt, Update-Cacheordner gelöscht /5,11/, Reparaturfunktionen durchgespielt, Updates vom Microsoftkatalog lokal herunter geladen /2,3,4,7,8,12,14/, Virenschutz und Firewall deaktiviert, Firmware von Motherboard und SSD gecheckt, SetupDiagtool durchlaufen lassen, Logs gecheckt. Wiederherstellungspunkte in den Lösungsprozess einbezogen, Bestimmte Updates deaktiviert., Windows Updatedienst gecheckt, Enablement Package installiert /13/, Foren durchstöbert.

Das ist einmal jenes, was ich noch in Erinnerung habe.

Zusätzliche Hürden

TeamViewer drehte mir ständig nach einer Minute die Free-Version ab. Das Zurücksetzen der TeamViewer ID /6,9,15/ zog sich über mehrere Tage hin. Danach ist man wieder mit einem voll funktionsfähigen TeamViewer unterwegs.

Die zugeschickte Alternative mittels Anydesk konnte vom User nicht aktiviert werden. Warum auch immer. Der User unterbrach auch mehrmals unwissentlich den lokalen Downloadprozess von Updates.

Die am entfernten Rechner anliegende Downloadgeschwindigkeit betrug im Schnitt ca. 25 kB/s /16/. Die Nummer mit der Fernwartung war somit ohnedies ein Drahtseilakt.

Vorläufiges Ergebnis: Ich würde es so ausdrücken. Wenn ich nichts gemacht hätte,

würde man auch keinen Unterschied bemerken.

Als allerletztes Mittel für den störrischen Updateprozess wäre ein Inplace-Update anzudenken gewesen. Das wollte ich unbedingt vermeiden, da der ISO-Download an die fünf GB groß ist. Alternativ könnte man natürlich das ISO per Post auf einem mobilen Datenträger dem User zukommen lassen... /10/

Ob das Anstoßen der Reparaturtätigkeit mittels des ISOs vom User bewerkstelligt werden könnte, weiß ich jetzt nicht. Eigentlich wollte ich es auch gar nicht herausfinden.

Die Lösung (in diesem Fall)

Ein Logfile mit über 130.000 Zeilen erzeugen, welches im CBS-Ordner unter Windows angelegt wird. Danach die Fehlermeldungen der Datei durchstöbern.

Das Bild 17 zeigt die abgesetzten Befehle zum Erzeugen der Logdatei an. Die Bilder 18 bis 20 die Eingrenzung des Problems. Die App „Vorbereitungsdienst“ war deaktiviert. Warum auch immer.

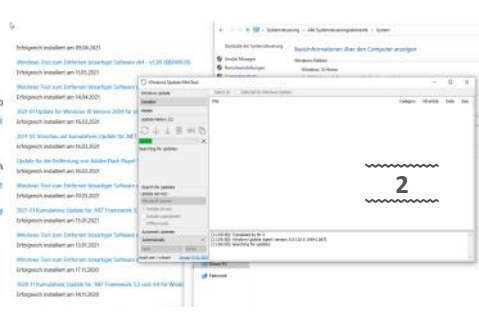
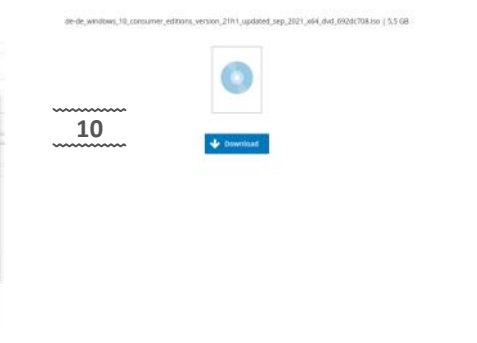
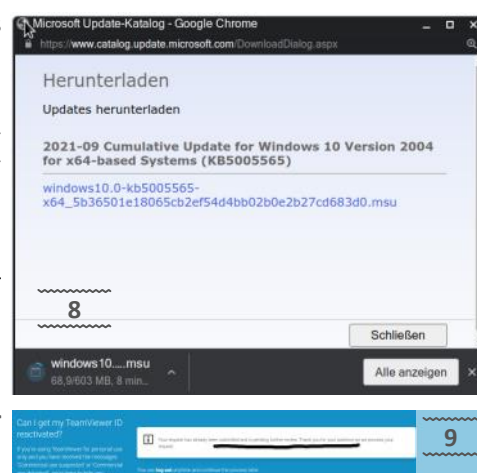
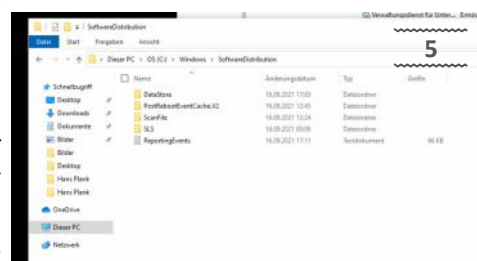
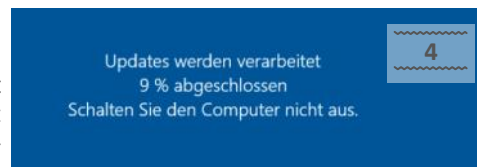
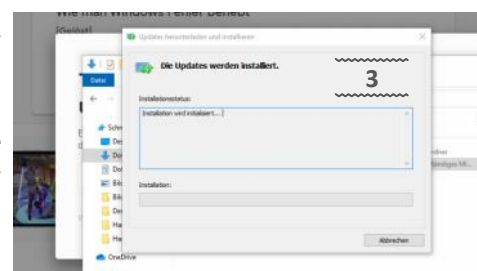
Ich weiß von Leuten, welche diesen Dienst absichtlich deaktivieren, um einen schnelleren Startvorgang bei Windows zu erzwingen. Da mein Bekannter aber sicher nicht dieser Fraktion zugehörig ist, hatte ich diese Möglichkeit überhaupt nie in Betracht gezogen. Es kommt eben immer anders, wenn man denkt.

Wer ein paar exemplarische Stationen des Fehlerbehebungsprozess in bunt haben will, sehe sich einfach die Fotostrecke an.

Benötigte Zeit für das Fixen des Updateprozesses: 30 Minuten und zwei Wochen.

Fazit

Mit zickigen Updates wird jeder Internet-Anwender einmal konfrontiert werden. Das ist Teil des Deals. Nur Anwender mit einem suboptimalen Langzeitgedächtnis können diese Behauptung vehement entkräften. Also, alles halb so schlimm. Bilder



HDD

Günter Hartl

Die Festplatte gab nun endgültig den Geist auf. Jene steckte in einem brandneuen Rechner von 2012. 4GB Arbeitsspeicher trieben bisher ein Linux Mint mit der Mate Oberfläche an.

Sogleich aus der untersten Lade eine verstaubte Festplatte hervor gezaubert, kurz abgestaubt, gecheckt und danach eingebaut. Siehe Bilder 2. und 3.

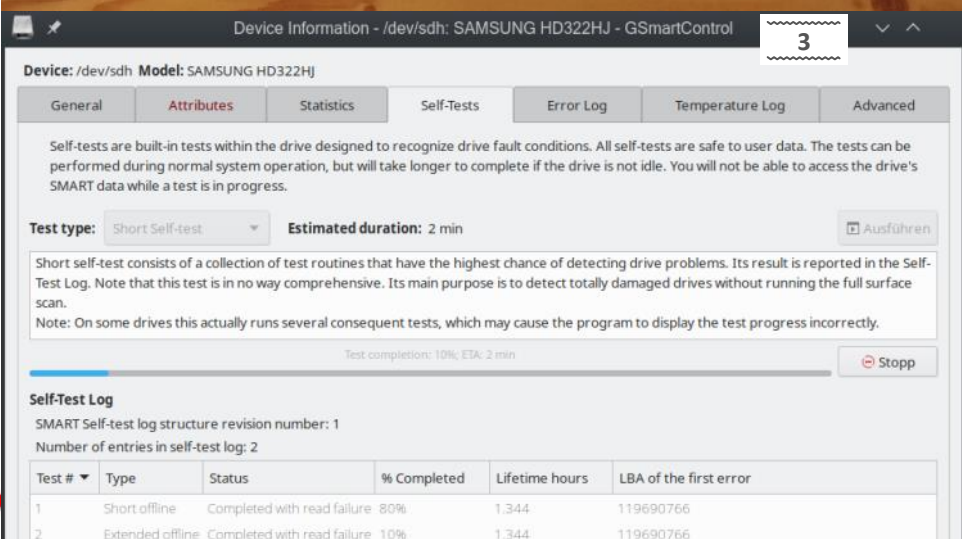
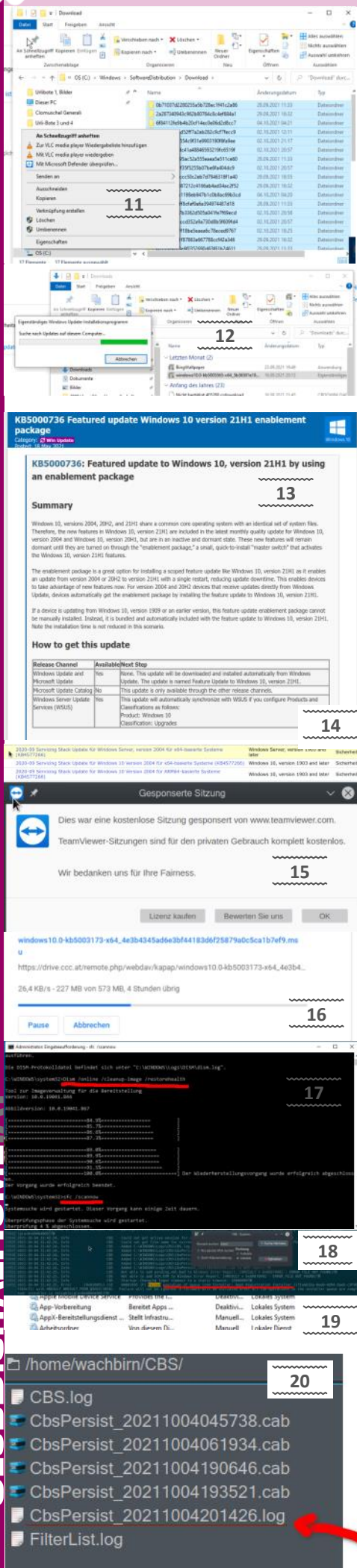
Nun war aber Sense.

Folglich ein aktuelles Linux Mint Mate installiert, eingerichtet und die Kiste rödelte wieder anstandslos herum. Leider habe ich vergessen, Fotos vom Einbau der Festplatte zu machen. Zum Glück habe ich keine Stauballergie, womit auch der Einbau problemlos über die Bühne ging.

Bild 1 ließ einen befreundeten Anwender etwas ratlos zurück.

Einzig die steinalte Grafikkarte (Geforce 8400 GS) zickte ein bisschen herum. Die Konstellation mit dem VGA-Anschluss, dem neuen Samsung-Monitor mit Full-HD

Durch die Eingabe von Control D bekommt man jedoch noch Zugang zum System und kann sich zumindest einmal um die Datensicherung kümmern.



Auflösung und der Grafikkarte erforderte beim Einrichten eine gewisse Kompromissfähigkeit.

Bild 4 zeigt den Installationsdialog des Grafiktreibers unter Linux Mint.

Hinzufügen möchte ich noch, dass Linux Mint nach wie vor eine hervorragende Linux-Distribution darstellt. Das Ding läuft so ziemlich problemlos und ist vor allem sehr benutzerfreundlich.

Weiters ist die Benutzeroberfläche (hier Mate) schnörkellos und auch für Laien sehr gut und intuitiv zu bedienen.

Die automatischen Updates laufen im Hintergrund ab und bedürfen in der Regel auch keines Neustartes, da Linux sein System hauptsächlich über Textdateien und nicht über Binärdateien in einer Datenbank steuert.

Einfach ausgedrückt können Binärdateien auch Datenteile enthalten, die als Texte oder Zeichen interpretierbar sind. Aber sie sind auf keinen Fall Textdateien.

Die Spezifikation des Dateiformats einer Binärdatei legt beispielsweise fest, wie mit der Datei zu verfahren ist. Zum Lesen, Bearbeiten und Speichern binärer Dateiformate benötigt man im Allgemeinen spezielle, auf das Dateiformat abgestimmte Editoren (beispielsweise Textverarbeitung für Office-Texte, ein Bildbearbeitungsprogramm für Fotos oder regedit für die Windows-Registrierungsdatenbank).

Darum gibt es in Windows auch einen eigenen Editor namens regedit zum Auslesen der Datenbank. Respektive der „Dateien“ darin, welche meist auch keine Dateiendungen haben.

Dies bedingt bei Veränderungen ein Neueinlesen, respektive einen Neustart, um den aktuellen Status dem System mitzuteilen. Die Registry unter Windows, welche die inhärente Datenbank darstellt, arbeitet beispielsweise nach diesem Prinzip.

Linux arbeitet andererseits ohne interne Datenbank und verwaltet das System mittels Textdateien. Diese sind mit jedem beliebigen Texteditor einseh- und editierbar. Weiters treten durchgeführte Änderungen dort sofort in Kraft und bedürfen keines Neustarts. Einzig wenn ein neuer Kernel in einem Updateprozess eingepflegt wird, ist ein Neustart ratsam.

Zusammengefasst kann man festhalten, dass die Informationen in der Registry nur mit einem bestimmten Editor auslesbar sind. Regedit heißt dieser und ist standardmäßig in jedem Windows aufrufbar.

Oder wer es grafisch will, ruft die Systemsteuerung auf. Diese greift auch nur auf den Ordner "System32" zu, wo die Registry drinnen herumrödelte. Darum

bewegt sich dieser Ordner üblicherweise im GB-Bereich.

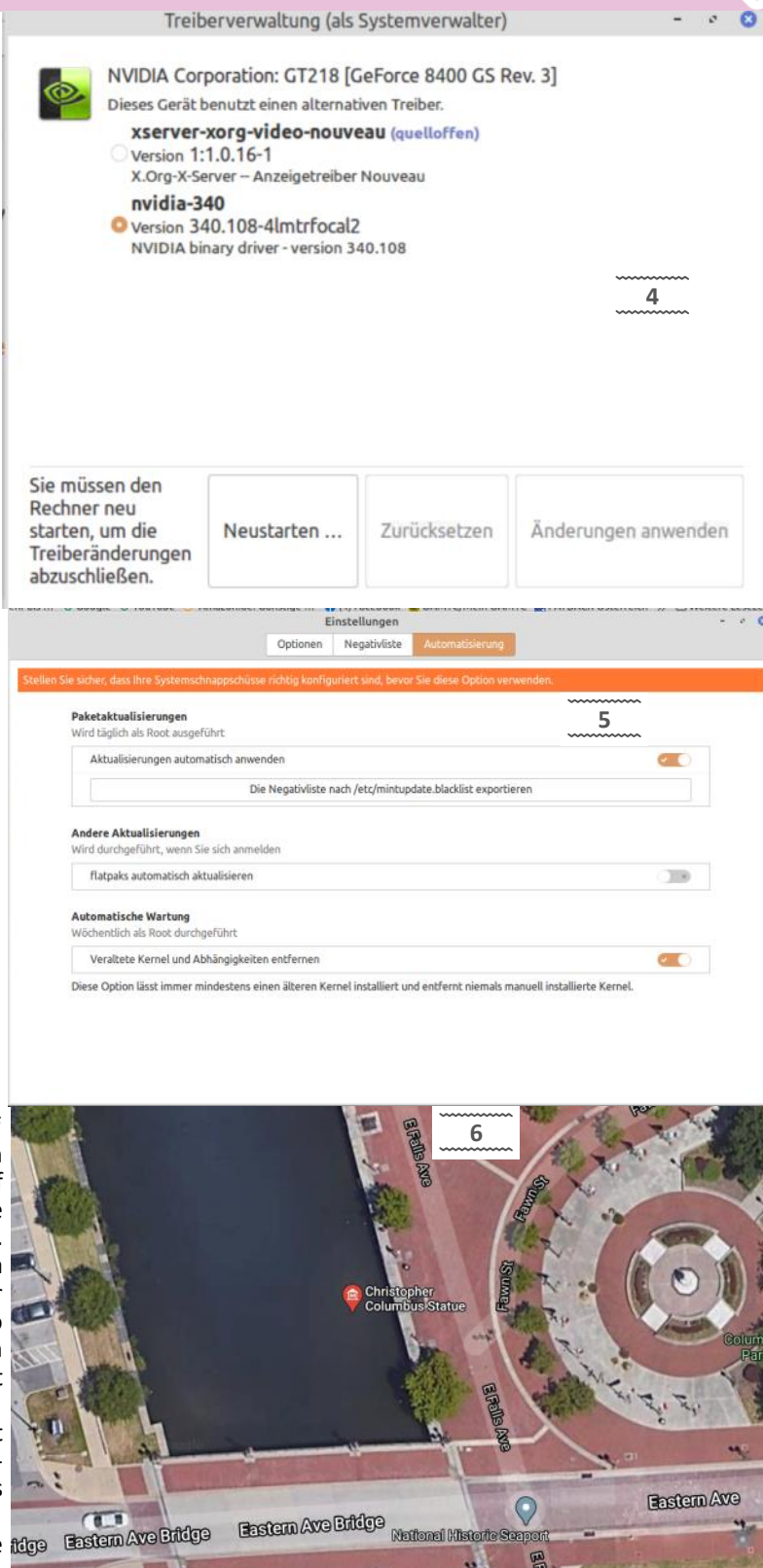
Und da die Registry andauernd in Anspruch genommen wird und herumwerkelt, ist dieser Wert immer gewissen Änderungen unterworfen.

Hier treffen zwei komplett unterschiedliche Konzepte im Unterbau zwischen Windows und Linux aufeinander. Und das sollte man auch möglichst wertfrei betrachten, um an mögliche Problemlösungen unvoreingenommen herangehen zu können. **Bild 5.**

Warum auf dieser Box ein Linux drauf läuft? Keine Ahnung jetzt. Ehrlich. Und da der Anwender gerade mal so einen PC von einem U-Boot unterscheiden kann, erübrigt sich hier so wieso jedes Fachgeschwurbel. Das würde nur stören.

Weiters ist es den meisten Benutzern ziemlich egal, was da herumrödelte. Weil viel wichtiger sind jene Anwendungen, welche die Leute verwenden. Der Großteil ist ohnehin mit dem Webbrowser und Thunderbird als Mailclient abzudecken und Spezialsoftware im Privatbereich eher vernachlässigbar. 4GB RAM Arbeitsspeicher wollen gebändigt werden. Und Linux Mint macht das auch ganz gut.

Einzig das nachhaltige Entsorgen der kaputten Festplatte wird traditionell mit einem eleganten Wurf von der Reichsbrücke bewerkstelligt.



Somit trage ich auch mein Scherflein zum Ansteigen der Meeresspiegel bei. Andere pflanzen als Ausgleich einen Bonsai, während ich mit meinen klimaneutral versenkten Festplatten die Donau für feindliche U-Boote unpassierbar mache.

Die Hardcore-Fraktion wirft gleich ganze Denkmäler in die Fluten, um die bolschewistische Typhoon-Klasse zu zermürben. Jeder wie er kann. **Siehe Bild 6.**

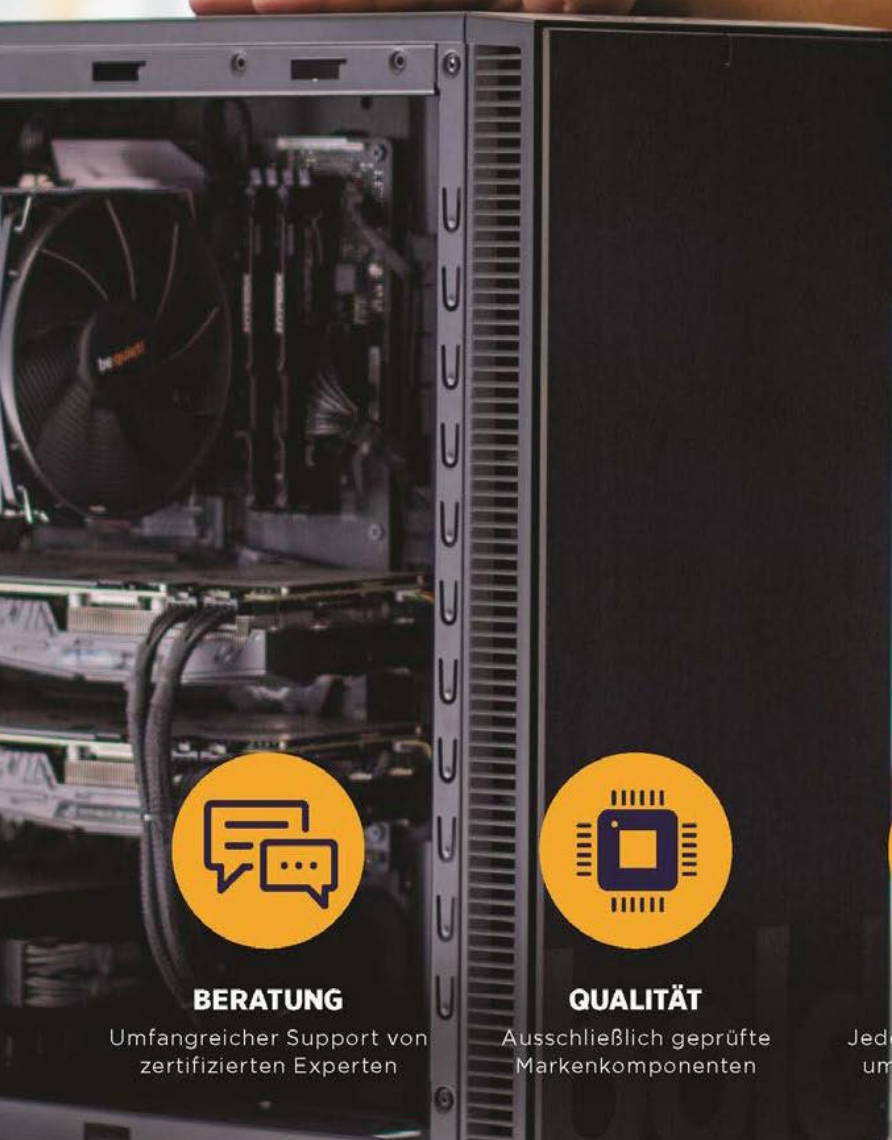
Gerade jetzt wo Stabilität gefragt ist, kann ich damit Österreich noch besser dienen.

techbold

WIR BAUEN DEINEN PC

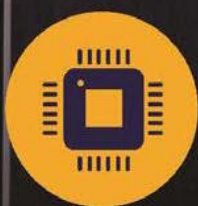
Nutze die langjährige Erfahrung der techbold Computer Experten für die perfekte Konfiguration deines PC-Systems. Egal ob Gaming Maschine, Office-PC oder Workstations für professionelle Anwendungen wie CAD, 3D Grafik und Videoschnitt – wir erstellen dir ein Angebot mit dem perfekten Preis-Leistungs-Verhältnis.

www.techbold.at/pc-zusammenstellen



BERATUNG

Umfangreicher Support von
zertifizierten Experten



QUALITÄT

Ausschließlich geprüfte
Markenkomponenten



TESTS

Jede Konfiguration wird
umfangreich getestet



GARANTIE

3 Jahre Garantie auf alle
individuellen PC-Systeme