

Informatikgrundlagen für Anwender



Bernd Blümel

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen	3
1.1	Darstellung von Buchstaben und Zahlen im Computer	3
1.2	<i>Bezeichnungen</i>	5
1.3	Dateien, Ordner und Dateisysteme	5
1.4	Hardware und Software	11
2	Computer Hardware	12
2.1	Die Zentraleinheit	12
2.2	Speichergeräte und der externe Datenbus	21
2.3	Dateneingabe-Geräte	28
2.4	Datenausgabegeräte	29
3	Betriebssysteme	32
3.1	Der Prozeßbegriff	33
3.1.1	<i>Prozeßwechsel (Multitasking)</i>	36
3.1.2	<i>Prozeßzustände</i>	37
3.1.3	<i>Aufteilung des Arbeitsspeichers auf die einzelnen Prozesse</i>	40
3.1.4	<i>Paging</i>	42
3.1.5	<i>Swappen</i>	44
3.1.6	<i>Deadlock-Problematik</i>	46
3.2	Das Mehrbenutzerkonzept (Multi-User-Systeme)	47
3.2.1	<i>Der Systemadministrator (Superuser)</i>	49
3.2.2	<i>Das Benutzer- und Berechtigungskonzept in UNIX</i>	49

Copyright-Vermerk

Dieses Script ist geistiges Eigentum von Bernd Blümel. Es unterliegt der GNU General Public License.

Es ist daher frei zur nicht-kommerziellen Nutzung. Es darf zur nicht-kommerziellen Nutzung als ganzes oder in Auszügen kopiert werden, vorausgesetzt, daß sich dieser Copyright-Vermerk auf jeder Kopie befindet.

1 Grundlagen

1.1 Darstellung von Buchstaben und Zahlen im Computer

Computer verarbeiten wie wir Menschen Zahlen und Buchstaben. Daher müssen Zahlen und auch Buchstaben in Rechnersystemen dargestellt werden.

Beginnen wir mit Zahlen. Üblicherweise werden Zahlen in unserem Kulturkreis im Dezimalsystem dargestellt, d.h. pro Stelle einer Zahl stehen zehn Zahlenzeichen (Ziffern) zur Verfügung (0,1...9). Computer hingegen bestehen aus elektronischen Bauteilen, die jeweils nur zwei Zustände annehmen können (Beispiel: nicht magnetisiert <-> magnetisiert; geschlossen <-> offen). Somit besitzt ein Computer nur die Fähigkeit, 2 Zeichen (Ziffern) darzustellen. Aus dem täglichen Leben sind uns weitere zweiwertige Systeme bekannt:

- Fußgängerampeln (rotes Männchen, grünes Männchen).
- Das Morsealphabet (kurzer Signalton, langer Signalton).

Systeme, die nur 2 Zustände annehmen können, heißen binär. Fußgängerampeln¹ und Computer sind also Beispiele binärer Systeme.

Wir stehen also vor dem Problem, unsere Zahlen mit ihren zehn Ziffern auf ein System mit nur 2 Zuständen abzubilden. Um hier weiterzukommen, überlegen wir uns zunächst, wie Zahlen eigentlich aufgebaut sind. Betrachten wir z.B. die Zahl 409². Was bedeutet 409 eigentlich? 409 bedeutet in Wirklichkeit:

$$\begin{aligned} 409 &= 4 \times 10^2 + 0 \times 10^1 + 9 \times 10^0 \\ &= 4 \times 100 + 0 \times 10 + 9 \times 1 \end{aligned} \quad (\text{EQ 1})$$

Der Wert einer Zahl im Dezimalsystem (eine weitere Bezeichnung für Dezimalsystem ist Zahlensystem zur Basis 10) bestimmt sich also daraus, daß man die Ziffern gemäß ihrer Stellung in der Zahl mit einer zugeordneten (Stellung -1) Potenz von 10 multipliziert und die sogewonnenen Ergebnisse addiert (vgl. *Abbildung 1. 1*).



Abbildung 1. 1 Berechnung des Wertes einer Zahl im Dezimalsystem

1. Eine Ausnahme ist die Stadt Düsseldorf. Hier enthalten die Fußgängerampeln zusätzlich ein gelbes Männchen. Fußgängerampeln in Düsseldorf sind daher keine binären Systeme.

2. Dies ist nur ein Beispiel, wir könnten jede andere Zahl nehmen, aber 409 ist doch schon eine ganz schöne Zahl.

Diese Vorgehensweise bei der Berechnung einer Zahl ist der Grund dafür, daß wir keine Ziffern für Zahlen größer als 9 benötigen. Diese Zahlen werden durch mehrziffrige Ausdrücke beschrieben.

Nun ist die Multiplikation mit einer Potenz von 10 keineswegs gottgegeben, sondern vermutlich dadurch begründet, daß wir 10 Finger an den Händen haben (insgesamt). Die Mayas rechneten mit einem Zahlensystem zur Basis 60. Die Mayas benötigten daher auch sehr viel mehr Ziffern als wir (nämlich 60). Es besteht keine Möglichkeit, zehn oder 11 in einem System zur Basis 60 darzustellen, wenn man nur 10 Ziffern hat, da 60^1 eben 60 ergibt. Prinzipiell kann also jede natürliche Zahl als Basis eines Zahlensystems verwendet werden (Ausnahmen sind die 0 und 1. Überlegen Sie sich als Übung, warum dies so ist).

Daher können wir auch Potenzen von 2 benutzen, also ein Zahlensystem zur Basis 2 verwenden. Dies hat den Vorteil, daß 2 Ziffern zur Zahlendarstellung genügen, denn:

- $2 = 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$; daher in einem System zur Basis 2 als 10 darstellbar.
- $3 = 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$; daher in einem System zur Basis 2 als 11 darstellbar.

Alle anderen Zahlen lassen sich selbstverständlich ebenfalls in das Dualsystem (das Zahlensystem zur Basis 2 heißt Dualsystem) umrechnen. Dies sei beispielhaft an (unserer ja schon bekannten) Zahl 409 dargestellt:

$$\begin{aligned}
 409(\text{im Dezimalsystem}) &= 256 + 128 + 16 + 8 + 1 \\
 &= 1 \times 256 + 1 \times 128 + 0 \times 64 + 0 \times 32 + 1 \times 16 + 1 \times 8 + 0 \times 4 + 0 \times 2 + 1 \\
 &= 1 \times 2^8 + 1 \times 2^7 + 0 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \quad (\text{EQ 2}) \\
 &= 110011001(\text{im Dualsystem})
 \end{aligned}$$

Wir müssen die umzurechnende Zahl also lediglich in ihre 2er-Potenzen zerlegen, die 2er-Potenzen mit den richtigen Koeffizienten (0 oder 1, die dann die Ziffern des Ergebnisses sind) versehen und erhalten als Ergebnis die Darstellung im Dualsystem.

Umrechnungen vom Dualsystem in das Dezimalsystem sind ebenfalls möglich. Gehen Sie einfach (EQ 2) von rechts unten nach links oben durch.

Und damit haben wir das Problem der Zahlendarstellung im Computer gelöst. Zahlen werden vom Dezimalsystem in das Dualsystem umgerechnet. Die resultierende Darstellung besteht aus einer Aufeinanderfolge von 2 Ziffern. Computer, die ja zweiwertige Systeme sind, können dies verarbeiten.

Es bleibt die Frage, wie Buchstaben und Sonderzeichen (z.B. &, %, \$, etc) im Rechner dargestellt werden. Dies ist aber nicht mehr schwierig. Da wir jede beliebige Zahl in einem Computer darstellen können, bilden wir einfach Buchstaben und Sonderzeichen auf Zahlen ab und lassen den Computer dann die Zahl darstellen. Dieser Vorgang heißt codieren (vgl. *Abbildung 1. 2*) .

Abbildung 1. 2 zeigt darüber hinaus, daß auch alle Ziffern codiert werden müssen. Würden wir die Ziffern nicht codieren, könnte ein Computer (bei Verwendung des Codes aus *Abbildung 1. 2*) nicht zwischen dem Buchstaben A und der Zahl 1 unterscheiden. Kleinbuchstaben sind bei der Verwendung des Codes aus *Abbildung 1. 2* nicht

A <-> 1	B <-> 2	C <-> 3	D <-> 4	E <-> 5	F <-> 6	G <-> 7	H <-> 8
I <-> 9	J <-> 10	K <-> 11	L <-> 12	M <-> 13	N <-> 14	O <-> 15	P <-> 16
Q <-> 17	R <-> 18	S <-> 19	T <-> 20	U <-> 21	V <-> 22	W <-> 23	X <-> 24
Y <-> 25	Z <-> 26	0 <-> 27	1 <-> 28	2 <-> 29	3 <-> 30	4 <-> 31	5 <-> 32
6 <-> 33	7 <-> 34	8 <-> 35	9 <-> 36	\$ <-> 37	& <-> 38	. <-> 39	, <-> 40

Abbildung 1.2 Beispiel eines einfachen Codes

darstellbar. Sie erfordern weitere Codes, das heißt sie müßten Zahlen > 40 zugeordnet werden.

In der Informatik haben 2 Codes Bedeutung:

- *ASCII-Code (American Standard Code for Information Interchange)*: Dieser Code wird von fast allen Computer- und Softwareherstellern genutzt.
- *EBCDIC-Code (Extended Binary Coded Decimals Interchange Code)*: Dieser Code wird von der IBM bei einigen Großrechnern angewendet.

Der ASCII-Code ist für Europäer eine Quelle ständigen Ärgernisses. Allgemeingültig normiert sind lediglich 128 Zeichen. Darunter sind keine der in Europa üblichen Sonderzeichen (in Deutschland ä, ü, ö, ß). Es gibt Erweiterungen des ASCII-Codes auf 256 Zeichen, worin dann alle bedeutenden Sonderzeichen enthalten sind. Leider gibt es aber mehrere verschiedene und damit inkompatible Erweiterungen.

1.2 Bezeichnungen

Ein Bit (binary digit) bezeichnet ein zweiwertiges Zeichen, das nur die Werte 1 oder 0 annehmen kann. Alle Informationen werden im Computer durch Bits dargestellt.

Ein Byte ist die Hintereinanderreihung von 8 Bit, also 1 Byte = 8 Bit.

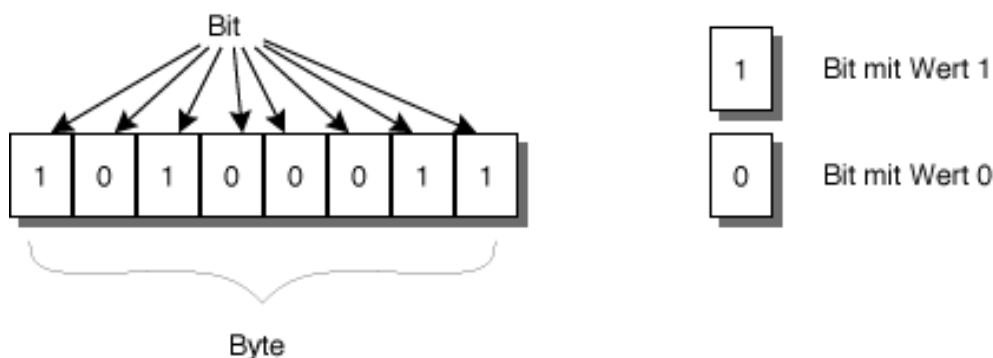


Abbildung 1.3 Zusammenhang Bit Byte

1.3 Dateien, Ordner und Dateisysteme

Die Informationen, mit denen die Computer arbeiten sollen, werden also codiert (in Folgen von Nullen und Einsen zerlegt) und dann im Computer als Bits dargestellt. Computer verfügen nun über temporären und permanenten Speicher (warum es diese 2 Speicherformen gibt, wird in *Kapitel 2* besprochen). Die Informationen (also die Bits),

die im temporären Speicher abgelegt sind, sind wie der Name temporärer Speicher andeutet ziemlich vergänglich. Jedesmal, wenn Sie Ihren Computer abschalten, wird der temporäre Speicher geleert. Die Informationen (also die Bits), die Sie behalten wollen, müssen also auf den permanenten Speicher übertragen werden (auch wie dies geschieht wird in *Kapitel 2* ausführlich dargestellt). Dort befindet sich dann alles, was für Sie bleibenden Wert und mit dem Rechner zu tun hat, Ihre Liebesbriefe, Seminararbeiten, Briefe an das Finanzamt, etc. Alles das muß aber auch wiedergefunden werden können. Sie müssen also dem Computer klarmachen können, welche Informationen (Informationen auf dem Computer werden auch als Daten bezeichnet, beide Begriffe werde ich von nun an synonym verwenden) er benutzen soll. Der Computer muß dann die Daten auf dem permanenten Speicher wiederfinden. Insbesondere muß er zusammengehörige Daten als solche erkennen können. Wenn Sie an einem Liebesbrief arbeiten, möchten Sie wahrscheinlich nicht, daß Ihr Rechner noch einen Teil Diplomarbeitsversuch selbsttätig hinzufügt (umgekehrt wahrscheinlich auch nicht, lenkt zu sehr ab).

Zusammengehörige Bits (also zusammengehörige Daten) werden auf dem permanenten Speicher zu Dateien zusammengefasst. Diesen Dateien müssen Sie einen Namen und werden anhand dieses Namens von Ihnen und dem Computer³ wiedererkannt. Dateien sind also Behälter zur Aufnahme von zusammengehörenden Daten. Die Information in *Abbildung 1. 4* ist unter dem Namen "Schreibfehler" auf dem permanenten Speicher des Computers abgelegt. Sie wird durch diesen Namen identifiziert.

Abbildung 1. 5 zeigt einige Dateien auf meinem permanenten Speicher. In diesen Dateien sind Abbildungen dieser Ausarbeitung gespeichert. *Abbildung 1. 5* hat 2 Spalten. In der ersten Spalte steht der Dateiname. Die zweite Spalte enthält die Dateigröße. Die Dateigröße wird in Byte gemessen (wir erinnern uns, ein Byte war 8 Bit). Die Datei "multitasking.eps" ist also 17537 Byte groß.

Ich selbst arbeite schon relativ lange mit Computern. Ich habe während dieser Zeit schon recht viele Dateien erzeugt. Allein während meiner Arbeit an dieser Ausarbeitung habe ich bislang 65 Dateien erzeugt (und ich bin noch lange nicht fertig). Insgesamt habe ich z.Zt. ca. 10000 Dateien auf meinem Computer. Wie nun finde ich eine Datei wieder, die ich vor 5 Jahren erstellt habe und an deren Namen ich mich einfach nicht mehr erinnern kann? Dazu zuerst eine Analogie:

Ich bin glücklicher Besitzer eines Regals (in Wirklichkeit sogar mehrerer Regale). Meine Regale enthalten Regalbretter. Und auf den Regalbrettern stehen Bücher und Ordner. Auf einigen Regalbrettern liegen zusätzlich Zettel, DIN-A4-Blätter oder Folien, die ich noch nicht abgeheftet habe und von denen ich manchmal nicht so richtig weiß, wo ich sie abheften soll. Bei der ganzen Geschichte herrscht bei mir jedoch eine gewisse Ordnung. So stehen alle Unterlagen über die Vorlesung Grundlagen der Informatik 1 auf einem Regalbrett in meinem Regal. Das sind z.Zt. zwei Ordner mit Folien (die Sie alle noch sehen werden, wenn Sie regelmäßig kommen), einige Bücher über Wirtschaftsinformatik, Ordner mit Aufgaben, etc. Meine Ordner sind intern noch weiter geordnet (ich bin nämlich manchmal ein ordentlicher Mensch). In meinen Ordnern mit den Folien habe ich Trenner zwischen den einzelnen Kapiteln. Auch die Bücher haben intern eine weitergehende Ordnung, sie sind nämlich in Kapitel unterteilt.

3. Der Computer verwendet in Wirklichkeit noch weitere Hilfsmittel, doch für unsere Zwecke ist es so ausreichend.

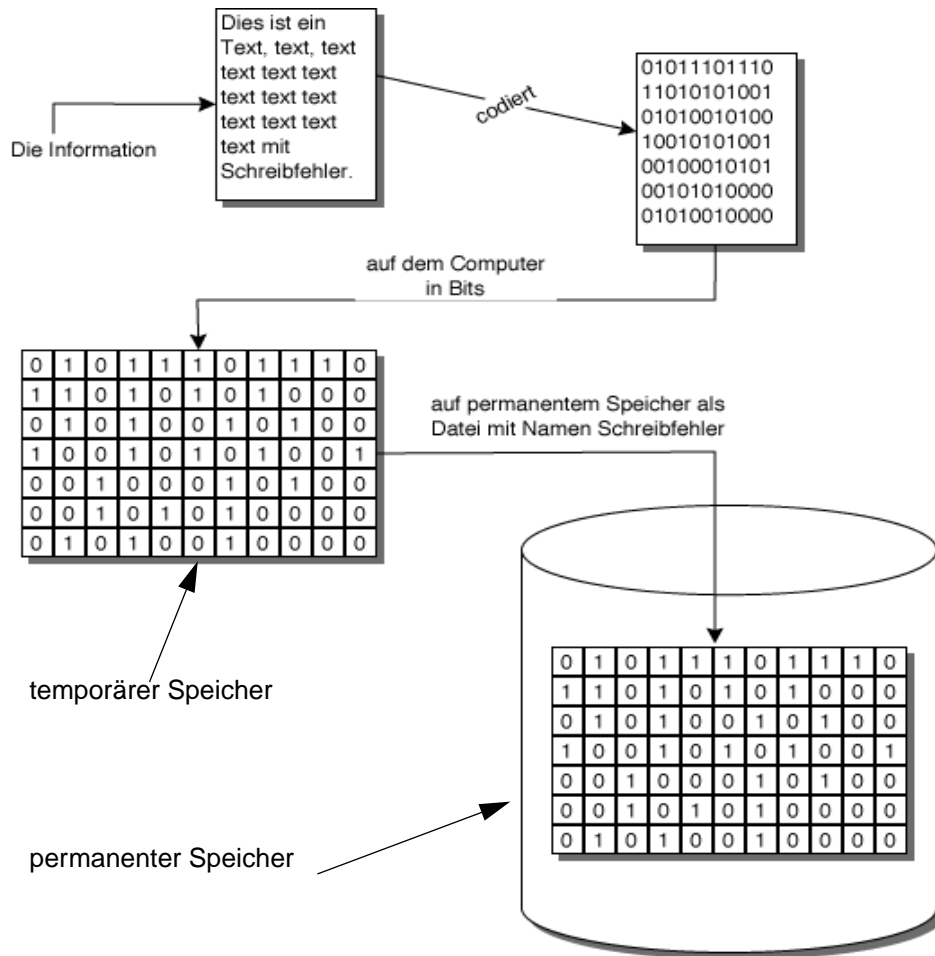


Abbildung 1.4 Der Weg zur Datei

Ich habe also in meinem Regal eine gewisse Ordnung geschaffen. Ich besitze ein Regalbrett mit dem Namen⁴ Grundlagen 1 (der Informatik habe ich mir geschenkt, andere Grundlagen, wie die der Betriebswirtschaft werde ich vermutlich nie lehren). Darin stehen Ordner, die auch Namen haben (z.B. Folien Kapitel 1 bis 3) und Bücher (ebenfalls mit Namen). Suche ich jetzt eine Folie, die ich in der Vorlesung Grundlagen der Informatik 1 im dritten Kapitel den Studenten zeige, gehe ich zu meinem Regal, wähle das Regalbrett mit der Beschriftung Grundlagen 1 aus, nehme den Ordner mit dem Namen Folien Kapitel 1 bis 3 heraus⁵, schlage ihn an der Stelle auf, wo sich der Trenner mit der Beschriftung Kapitel 3 befindet und suche dann die Folie.

Ich hätte auch anders verfahren können. Z.B. hätte ich sämtliche Folien nebeneinander auf die Regalbretter legen können (vgl. *Abbildung 1. 6*⁶). Dies erfordert lange Regale und erschwert das Wiederfinden der Information. Kein vernünftiger Mensch würde so verfahren. Anstedessen kommen die Folien in Ordner, die Ordner in die Regale (vgl. *Abbildung 1. 7*).

4. Klebt ein Zettel dran, wo Grundlagen 1 draufsteht.

5. Chaos passiert jetzt allerdings, wenn ich den Ordner auf das Regalbrett "Kommunikationssysteme" zurückstelle.

6. *Abbildung 1. 6* und *Abbildung 1. 7* mit freundlicher Genehmigung von Michael Grillo (1995)

infoCodiertBitsDatei.eps	74406
uebergaengeZwischenProzeßzuständen.eps	17903
blockierterProzeß.eps	1731873
prozesseZusammenfassung.eps	21982
prozeßtabelle.eps	27422
multitasking.eps	17537
.places3_0.wmd	15
prozesselnRAM.eps	14243
betriebssystem1.eps	9850
datenspeicher.eps	13341
bussystem.eps	109903
RAM-Disk4.eps	15215
Cache-RAM.eps	12937
RAM-Disk6.eps	19982
RAM-Disk3.eps	18473
RAM-Disk2.eps	18112
RAM-Disk1.eps	33987
RAM-CPU8.eps	10364
RAM-CPU7.eps	12509
RAM-CPU5.eps	16890

Abbildung 1.5 Einige Dateien auf meinem permanenten Speicher

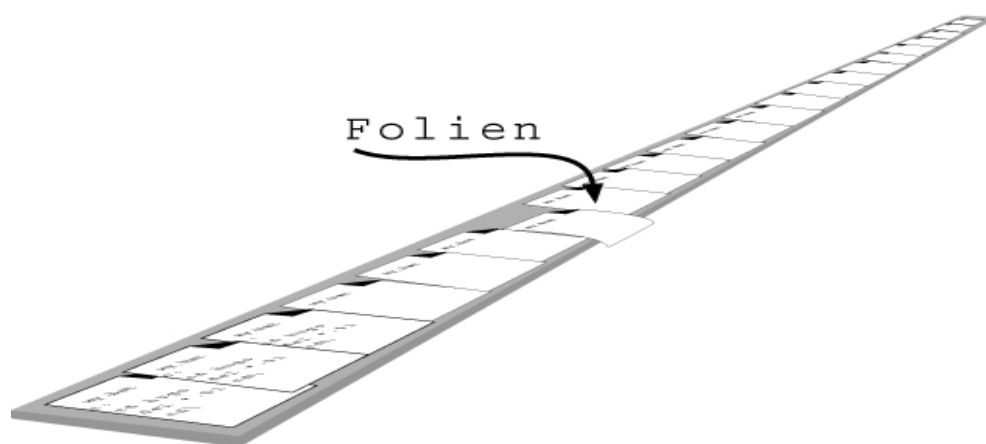


Abbildung 1.6 Folien ohne Ordner auf einem Regalbrett

An diesem Beispiel erkennt man mehrere Strukturierungsebenen:

- *Das Regal:* Ein Regal für Vorlesungen, eins für Veröffentlichungen, etc.
- *Die Regalbretter innerhalb eines Regals:* Eins für die Vorlesung Grundlagen1, eins für Kommunikationssysteme, eins für Software Engineering.
- *Die Ordner (bzw. Bücher) auf dem Regalbrett:* Einer für die ersten Kapitel der Vorlesung, einer für die nächsten, einer für Aufgaben, Bücher über Wirtschaftsinformatik.

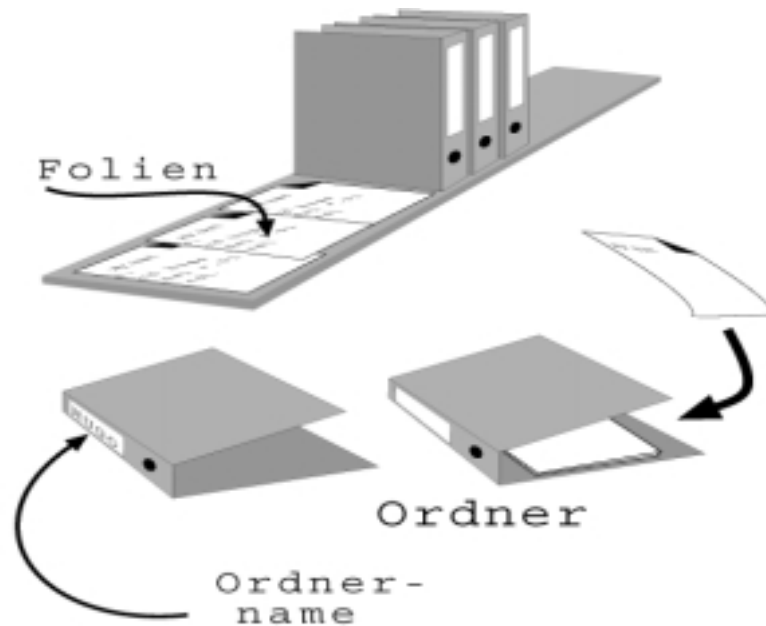


Abbildung 1.7 Folien, Ordner und Regale

- Die Trenner innerhalb der Ordner (die Kapitel innerhalb der Bücher): Ein Trenner nach dem ersten Kapitel, einer nach dem zweiten Kapitel, etc.

Die Strukturierungsebenen selbst können neue Strukturierungsebenen enthalten (ein Ordner kann Trenner enthalten) und Informationen (im Ordner sind Folien). Ein weiteres Beispiel hierfür sind Bücher: Ein Kapitel kann Text (die Information) und Unterkapitelüberschriften (neue Strukturierungsebene) enthalten (vgl. Abbildung 1. 8). Strukturierungsebenen können aber auch leer sein (ein leeres Regal).

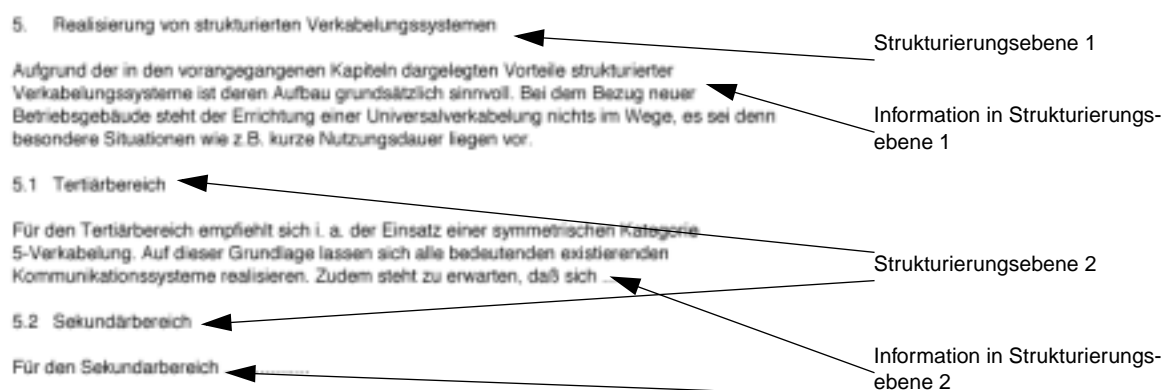
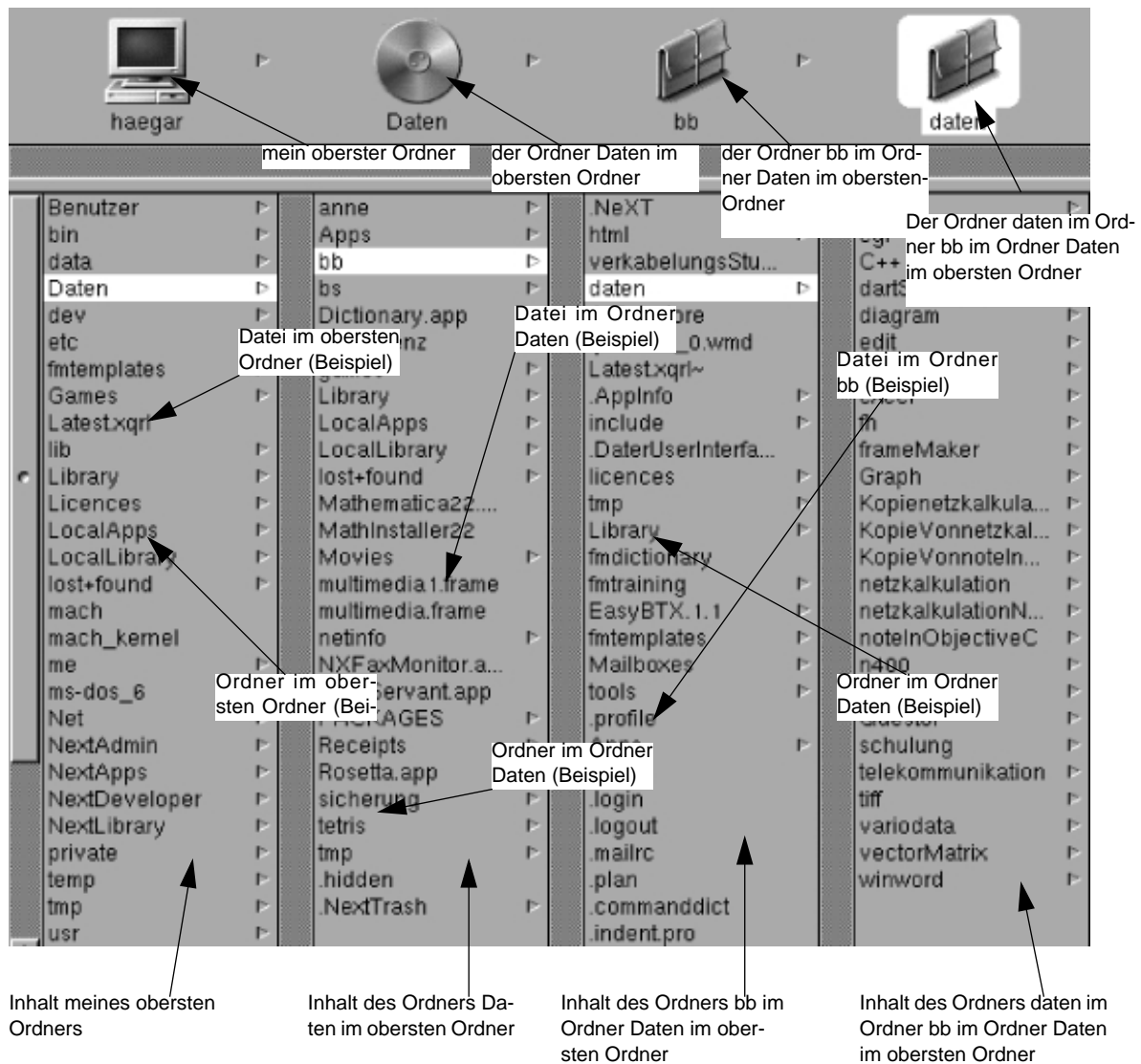


Abbildung 1. 8 Strukturierungsinformation und Information im Text eines Buches

Die Dateien auf den permanenten Speichern der Computer werden ähnlich organisiert (wir erinnern uns, die Dateien sind die Behälter der Informationen). Es gibt auf jedem permanenten Speicher einen obersten Ordner (vergleichbar dem Regal). In diesem Ordner kann man neue Ordner erzeugen (die Regalbretter). In diesen wiederum las-



Namen, auf die ein ► folgt sind Ordner (neue Strukturierungsebene), alle übrigen Namen bezeichnen Dateien.

Abbildung 1.9 Ordner und Dateien auf meinem permanenten Speicher

sen sich wieder Ordner erzeugen (in der Analogie die realen anfaßbaren Ordner), darin kann man Ordner generieren, usw (vgl. *Abbildung 1. 9*). In jeder Strukturierungsebene lassen sich neue Strukturierungsebenen und Dateien (und nur in diesen befindet sich die Information) erzeugen (*Abbildung 1. 9*). Im Unterschied zur Analogie lassen sich auf einem Computer beliebig viele Strukturierungsebenen erzeugen (bei den Ordnern ist bei den Trennern Schluß, betrachtet man ein Buch, so kann man Kapitel auch beliebig tief strukturieren, aber ein Kapitel 1.2.12.1.2.5.6.2.3.8.9.1 kommt in der Realität selten vor).

Suche ich eine Datei auf meinem Computer (z.B. eine eps-Grafik, die ich für diese Ausarbeitung erstellt habe), gehe ich also genauso vor wie im Regalbeispiel: Ich suche im Ordner eps, der sich im Ordner skript befindet; skript wiederum ist im Ordner vorlesung, welcher sich in Grundlagen 1 befindet⁷ (vgl. *Abbildung 1. 10*).

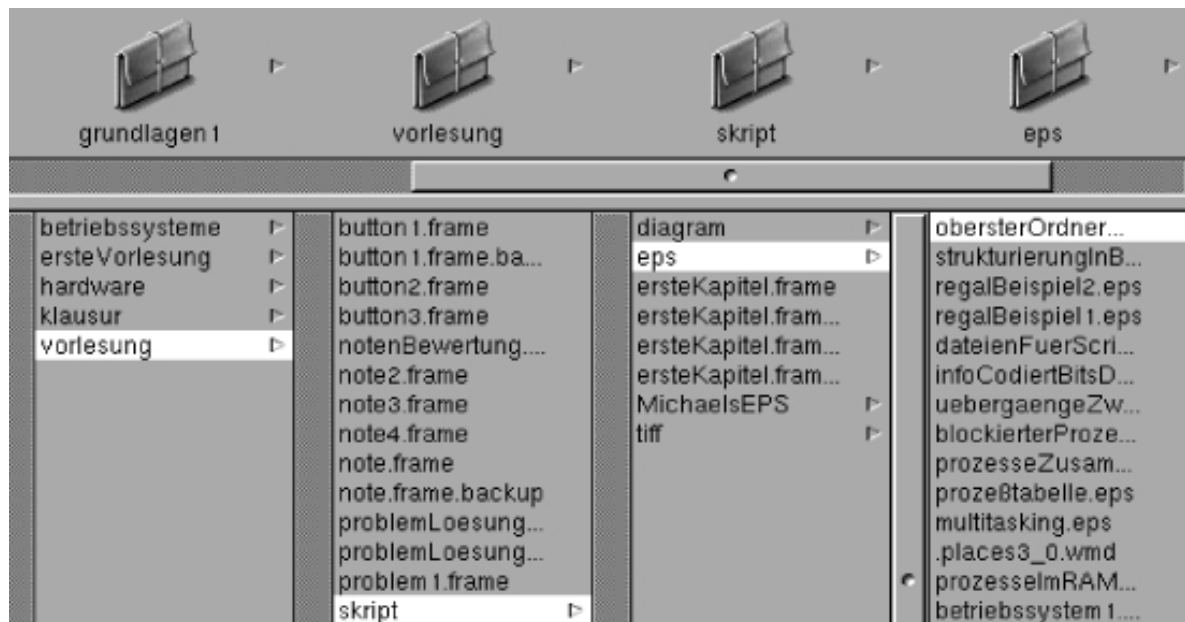


Abbildung 1. 10 Ordnerstruktur für die Grafikdateien dieser Ausarbeitung

Ordner werden häufig als Verzeichnisse bezeichnet. In dieser Ausarbeitung werden beide Begriffe von nun an synonym verwendet.

Die Gesamtheit aller Verzeichnisse (Ordner) und Dateien heißt Dateisystem.

1.4 Hardware und Software

Hardware

Unter Hardware versteht man die physikalischen Komponenten des Computers. Sie werden in *Kapitel 2* eingehend besprochen.

Software

Wenn Sie einen Rechner einschalten, möchten Sie im Regelfall bestimmte Dinge tun. Es kann sein, daß Sie ein Computerspiel spielen wollen oder einen Text schreiben wollen. Solche Dinge kann die Hardware eines Computers ohne weiteres nicht. Hierfür ist Software erforderlich. Um einen Text zu schreiben, ist ein Textverarbeitungsprogramm erforderlich. Alle Programme, die auf Computern laufen können, werden unter dem Oberbegriff Software zusammengefaßt. Diese Programme enthalten Anweisungen, die der Rechner verstehen und ausführen kann. Eine Textverarbeitung enthält beispielsweise Anweisungen, um Text fett darzustellen, oder ein Inhaltsverzeichnis zu erzeugen oder Serienbriefe zu erstellen. Selbst um einen Rechner in Betrieb zu nehmen, benötigt man Software, das Betriebssystem. Betriebssysteme werden in *Kapitel 3* eingehend besprochen.

7. Dies ist nicht die ganze Wahrheit, denn meine Strukturierungstiefe ist gefürchtet. Der Ordner Grundlagen 1 befindet sich selbstverständlich im Ordner fh, und der ist usw., usw., usw.

2 Computer Hardware

Die Bestandteile eines Computers lassen sich in 4 Klassen unterteilen:

- Eingabegeräte
- Zentraleinheit
- Ausgabegeräte
- Speichergeräte.

Hierzu ein Beispiel: Angenommen, Sie möchten einen Kontoauszug bei Ihrer Bank/Sparkasse drucken. Sie schieben dazu (natürlich nachdem Sie sich in die Bank/Sparkasse begeben haben) Ihre Kundenkarte/Eurochequekarte in den dafür vorgesehenen Schlitz des Kontoauszugdruckers. Dieser liest die für einen Kontoauszug notwendigen Daten von der Karte und übermittelt sie an den Rechner der Bank/Sparkasse. Dies ist die Eingabe. Der Kontoauszugdrucker ist das Eingabegerät. Der Rechner der Bank/Sparkasse verknüpft die Informationen des Kontoauszugdruckers mit Informationen, die er lokalen Datenspeichern entnimmt, und ermittelt so Ihre Kontobewegungen. Dies ist die Verarbeitung der Daten, der Rechner ist die Zentraleinheit. Die lokalen Datenspeicher sind die Speichergeräte. Anschließend übermittelt er seine Ergebnisse an den Kontoauszugdrucker in Ihrer Zweigstelle. Der Kontoauszugdrucker druckt Ihre Kontoauszüge. Dies ist die Datenausgabe, der Kontoauszugdrucker ist nicht nur Eingabegerät sondern auch Ausgabegerät.

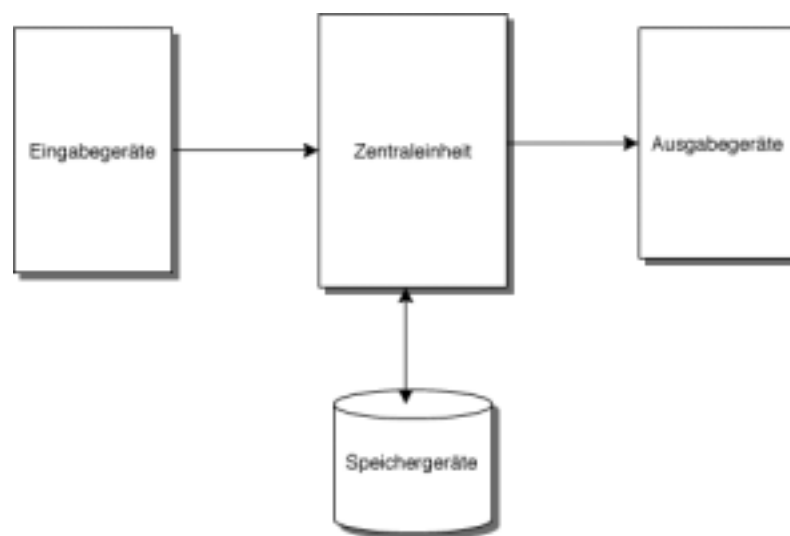


Abbildung 2.1 Geräte eines Computers

2.1 Die Zentraleinheit

Die Zentraleinheit ihrerseits besteht aus 3 Komponenten, der CPU (Central Processing Unit), dem RAM (Random Access Memory) und internen Datenwegen (interner Datenbus). Um die Funktionsweise und die Aufgabe der Zentraleinheit und ihrer 3 Komponenten verstehen zu können, greifen wir zu einer Analogie:

Nehmen wir an, Sie wollten sich auf eine Klausur oder Prüfung vorbereiten. Sie benötigen dazu einige Bücher, Vorlesungsmitschriften, Skripte u.ä., die Sie in einem Regal und in Ihrer Aktentasche aufbewahren. Nehmen wir darüberhinaus an, daß Sie im Besitz eines Schreibtisches sind. Wie gehen Sie vor? Wahrscheinlich werden Sie die Bücher etc. aus dem Regal und aus Ihrer Aktentasche nehmen und auf den Schreibtisch legen. Dazu noch ein Paar Stifte, Radiergummi, Anspitzer, einige größere Zettel oder ein Heft für Notizen und einige kleinere Zettel, um sie als Pfuschzettel vorzubereiten. Dann setzen Sie sich an Ihren Schreibtisch und fangen an Ihre Unterlagen durchzuarbeiten, den Inhalt (hoffentlich) zu verstehen und sich Notizen zu machen.

Sie könnten auch Ihre Unterlagen im Regal und der Aktentasche lassen und stehend am Regal arbeiten. Wenn Sie etwas aus der Aktentasche benötigen, gehen Sie in die Hocke und lesen die Unterlagen in der Aktentasche (wegen der Lichtverhältnisse in Aktentaschen wäre hier eine ziemlich große Aktentasche nicht schlecht). So werden Sie aber nicht vorgehen, da das doch ziemlich beschwerlich und ineffizient ist.

Wenn Sie ein ordentlicher Mensch sind, werden Sie, wenn Sie für den Tag mit den Vorbereitungen fertig sind, Ihre Unterlagen wieder ordnen. Bücher und Skripte kommen in das Regal zurück und die Dinge, die Sie am morgigen Tag an der Hochschule benötigen, kommen in die Aktentasche⁸.

Wenn wir dieses Beispiel nun in Computerdeutsch überführen, dann benutzen Sie:

- *Speichergeräte*: Das ist das Regal und die Aktentasche.
- *Temporären oder flüchtigen Speicher (RAM)*: Das ist Ihr Schreibtisch. Alle Informationen und Hilfsmittel, mit denen Sie arbeiten wollen, räumen Sie auf Ihren Schreibtisch und nach getaner Arbeit wieder zurück an Ihren Ursprungsort. Ihr Schreibtisch ist also vor Beginn Ihrer Vorbereitung und nach Ende des Arbeitstages leer. Er ist also nur temporär mit Informationen belegt⁹.
- *Einen Prozessor (CPU)*: Dies ist Ihr Gehirn. Dort verarbeiten Sie die Informationen, die Sie aus Ihren Unterlagen aufnehmen (hoffentlich).
- *Interne Datenwege*: Das ist der Weg, auf dem die Informationen von Ihrem Schreibtisch in das Gehirn und wieder zurück kommen. Sie benutzen dafür Ihre Augen (Hinweg) und Ihre Hände (Rückweg).

Kommen wir nun zum Thema dieses Kapitels zurück. Jegliche Information (Programme und Daten), mit der ein Computer arbeiten soll, muß in die Zentraleinheit transportiert werden. Wie dies geschieht ist Thema des nächsten Kapitels. In der Zentraleinheit werden Programme und Daten im RAM gespeichert(vgl *Abbildung 2. 2*)

Das RAM

Das RAM ist ein flüchtiger Speicher. Das bedeutet, nach dem Einschalten des Computers ist das RAM (fast¹⁰) leer. Nach dem Ausschalten des Computers ist das RAM

8.Bei mir hört die Analogie hier leider auf, da ich meinen Schreibtisch ziemlich selten leerräume.

9.Ich muß meinen Schreibtisch auch manchmal leerräumen. Dann nämlich, wenn die Staubschicht zu ätzend wird. Insofern ist mein Schreibtisch auch einem temporäreren Datenspeicher vergleichbar.

10.Teile des Betriebssystems sind direkt nach dem Einschalten im RAM. Das wird jedoch in einem späteren Kapitel behandelt.

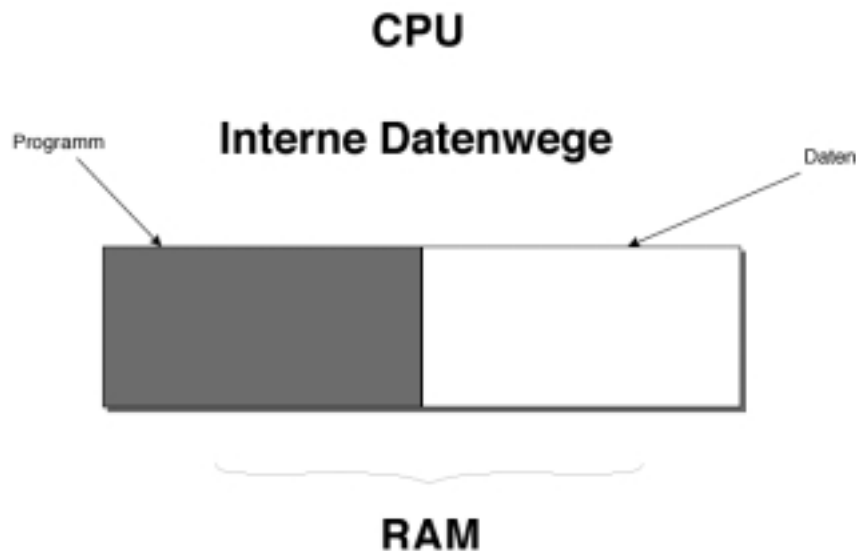


Abbildung 2.2 Informationen im RAM der Zentraleinheit

ganz leer und jegliche Information, die sich im RAM befand und nicht auf ein Speichergerät übertragen wurde, ist verloren. Das RAM ist also mit dem Schreibtisch aus obiger Analogie vergleichbar, mit der Einschränkung, daß Schreibtische nicht weggeräumte Unterlagen von sich aus selten vernichten¹¹.

Die Größe des RAM wird in Megabyte (abgekürzt MB) gemessen. Allerdings hat sich hier eine m.E. ziemlich seltsame Zählweise durchgesetzt. Ein Megabyte ist hier nicht wie man vermuten könnte eine Million Byte sondern 1 048 576 Byte. Dies kommt daher, daß ein Kilobyte (abgekürzt KB) auch nicht wie man vermuten würde 1000 Byte sind, sondern 1024. Damit ist dann ein Megabyte $1024 * 1024 = 1\,048\,576$ Byte.

Die CPU

Die eigentliche Verarbeitung erfolgt innerhalb der CPU. Die CPU liest die benötigten Informationen aus dem RAM und schreibt erzielte Ergebnisse in das RAM zurück. Die CPU ist also dem Gehirn aus unserer Analogie vergleichbar. So wie die CPU sich die Informationen aus dem RAM besorgt, lesen Sie in Ihren Unterlagen, verarbeiten den Stoff in Ihrem Gehirn und so wie die CPU ihre Ergebnisse zurückschreibt, generieren Sie die für eine Klausur notwendigen Pfuschzettel¹². *Abbildung 2. 3* zeigt das bisher Gesagte im Zusammenhang.

Der interne Datenbus

Den Transport der Daten vom RAM zur CPU und umgekehrt erfolgt über den internen Datenbus (interne Datenwege). Dies ist also das Lesen und Schreiben aus der Analogie. Interne Datenwege kann man sich als Verbindungslinien zwischen Hauptspeicher und CPU vorstellen, die jeweils ein Bit transportieren können (vgl *Abbildung 2. 4*)

11. Um eine vollständige Analogie zu erhalten, könnte man sich vorstellen, daß Sie mit einer Lebensgefährtin/ einem Lebensgefährten zusammenwohnen, die/der ziemlich auf Ordnung achtet und nicht weggeräumte Unterlagen gnadenlos in einen Aktenvernichter entsorgt.

12. In Informatikklausuren sind Pfuschzettel allerdings nur bedingt sinnvoll, da alle schriftlichen Unterlagen zugelassen sind.

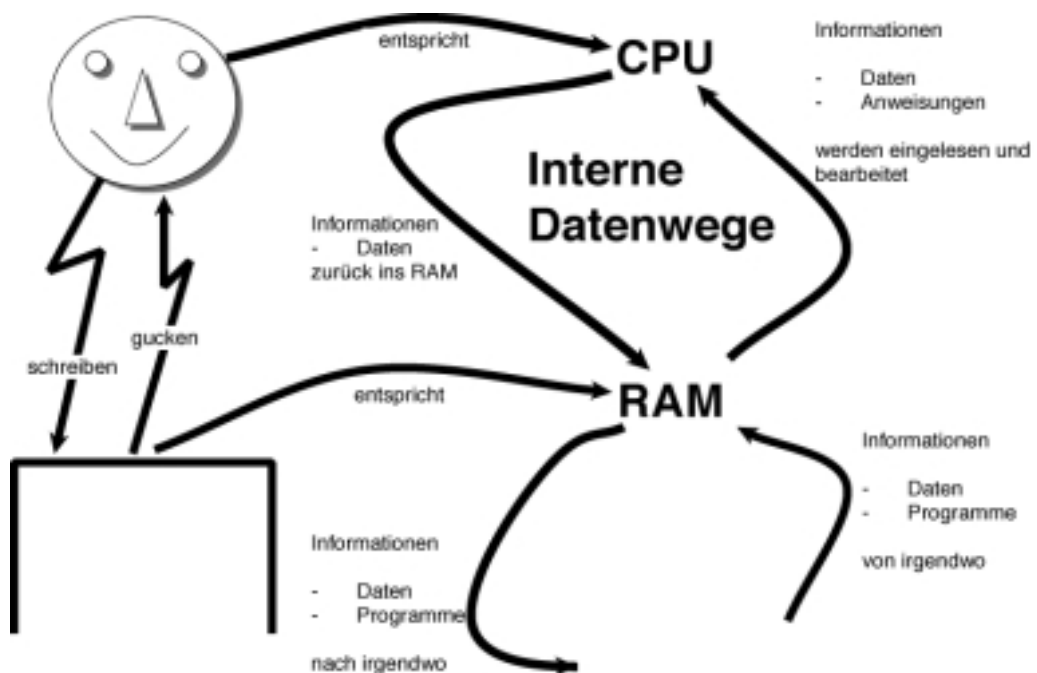


Abbildung 2.3 Analogiebeispiel RAM CPU

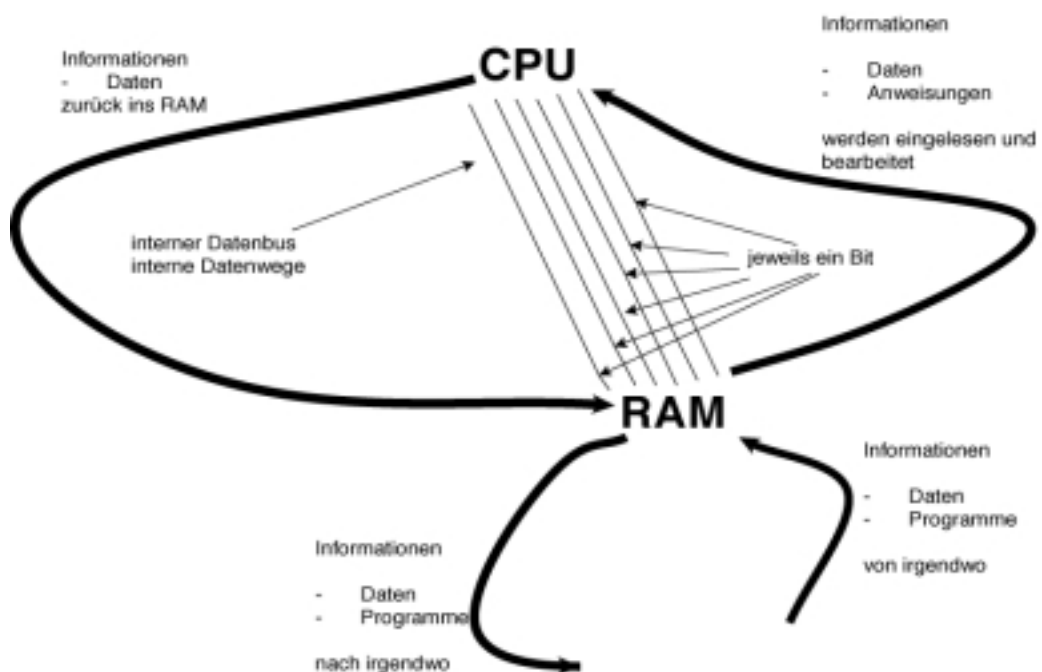


Abbildung 2.4 Interne Datenwege

Bei jedem Schreib- oder Lesezugriff der CPU auf das RAM transportiert der Bus die höchstmögliche Anzahl Bits. In unserem Beispiel (*Abbildung 2. 4*) sind dies 6 Bits (6 Striche im Bild). Diese Anzahl ist von Rechner zu Rechner (bzw. von internem Bus zu internem Bus) unterschiedlich. Sie heißt Breite des internen Busses. Diese Vorgehensweise paßt zu unserem Analogiebeispiel. Wenn Sie ein Wort in einem Text lesen, tun Sie das nicht Buchstabe für Buchstabe, sondern Sie erfassen das ganze Wort (oder wenn Sie gut sind sogar mehrere Worte) in einem Lesevorgang¹³.

Die Taktrate

Ein weiterer wichtiger Begriff ist die Taktrate der CPU. Hierunter werden 2 unterschiedliche Dinge verstanden:

- Die Anzahl Lese- oder Schreibvorgänge der CPU auf das RAM pro Sekunde .
- Die Anzahl Operationen, die die CPU intern bei der Verarbeitung der Daten durchführen kann.

Bei den meisten Prozessoren (ein anderes Wort für CPU) stimmt dies überein¹⁴. Die Taktfrequenz des Prozessors wird in Megahertz (abgekürzt Mhz) gemessen. Dies bedeutet Millionen Zugriffe pro Sekunde (z.B. 3 Mhz = 3 Millionen Zugriffe pro Sekunde).

Auswirkung des bisher Dargestellten auf die Leistungsfähigkeit von Computern

Wie Sie dem bisherigen Text entnommen haben, müssen sämtliche Programmteile und Daten, die von einem Rechner verarbeitet werden sollen, zum Zeitpunkt der Verarbeitung im RAM vorhanden sein¹⁵. Nun ist das RAM allerdings durch seine Größe begrenzt. Es ist möglich, Programme oder Daten von Speichergeräten (die im nächsten Kapitel besprochen werden) in das RAM nachzuladen¹⁶ (genauso wie Sie, wenn Sie am Schreibtisch sitzen und arbeiten, ein weiteres Buch aus dem Regal holen können), es besteht aber ein gewisser Geschwindigkeitsunterschied. Die Zugriffsgeschwindigkeit des RAM beträgt zur Zeit ca. 10^{-6} s, die Zugriffsgeschwindigkeit auf das momentan schnellste Speichergerät ca. 10^{-4} s. Dies bedeutet, mehr RAM im Computer ist Leistungsgewinn (vgl.*Abbildung 2. 5*)

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Breite des internen Busses. Je breiter der interne Bus, desto mehr Bit können in einem Lese- oder Schreibzugriff der CPU auf das RAM übertragen werden. Dies bedeutet, ein breiterer interner Bus ist Leistungsgewinn (vgl.*Abbildung 2. 6*)

Die Taktrate der CPU ist ebenfalls ein Kriterium für die Leistungsfähigkeit eines Computers. Je höher sie ist, desto mehr Zugriffe kann die CPU pro Sekunde auf das RAM durchführen und desto mehr Operationen kann die CPU intern bei der Datenverarbei-

13.Beim Schreiben funktioniert das allerdings meist nicht.

14.Es gibt einige Intel-Prozessoren für die dies nicht gilt. Das sind z.B. alle Prozessoren der 486-Serie, die eine 2 oder eine 4 in der Spezifikation tragen. Ein Beispiel dafür ist der Intel 486 2/66. Dies ist ein Prozessor, der 66 Millionen interne Operationen pro Sekunde durchführen kann, aber nur $66/2 = 33$ Millionen Zugriffe pro Sekunde auf das RAM. Eine Interpretation der Intel Typbezeichnung 486 4/100 überlasse ich Ihnen.

15.Wenn Sie diesen Satz nicht verstanden haben, müssen Sie das ganze Kapitel nochmal lesen.

16.Wie das geht wird im Kapitel Betriebssysteme dargestellt.

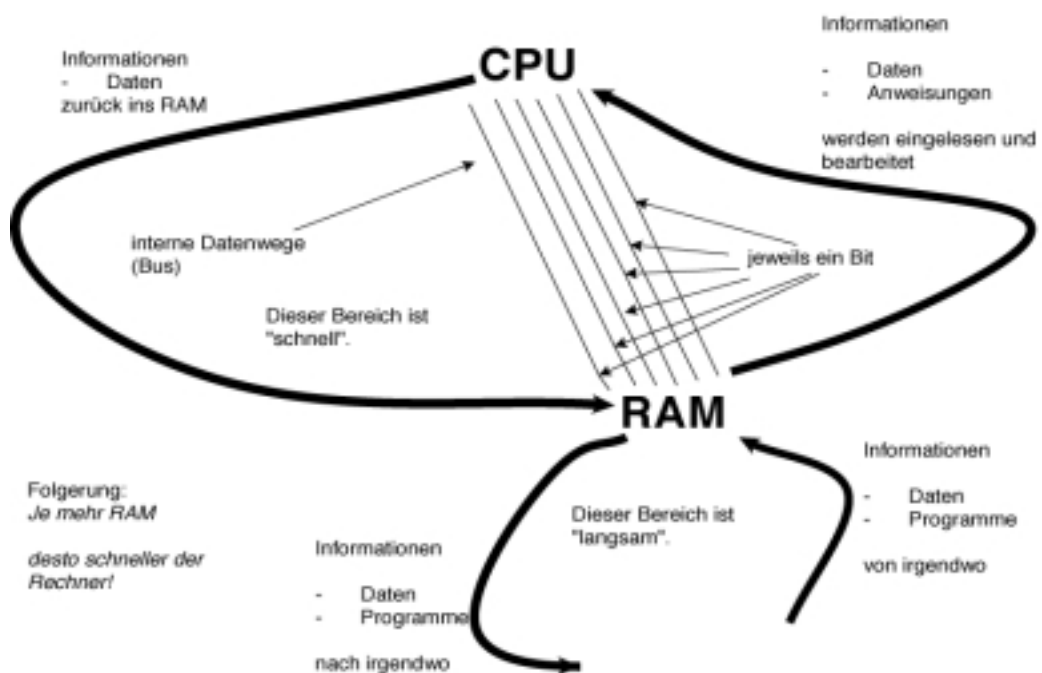


Abbildung 2.5 Mehr RAM macht einen Computer leistungsfähiger

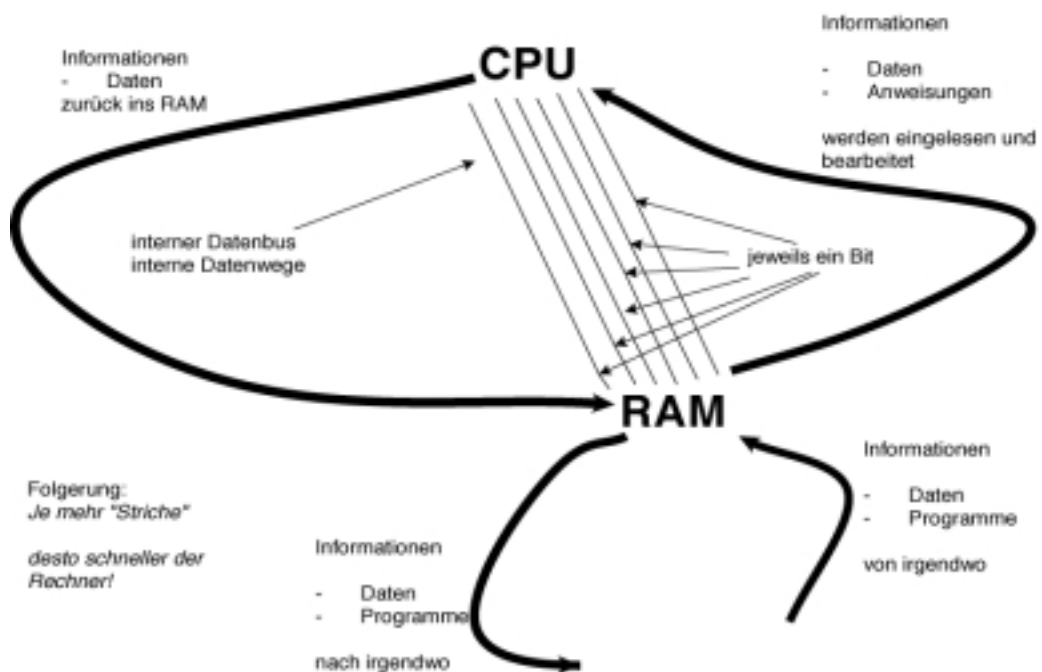


Abbildung 2.6 Breitere interne Datenbusse machen einen Computer leistungsfähiger

tung durchführen. Dies bedeute, eine höhere Taktrate ist Leistungsgewinn (vgl. *Abbildung 2. 7*)

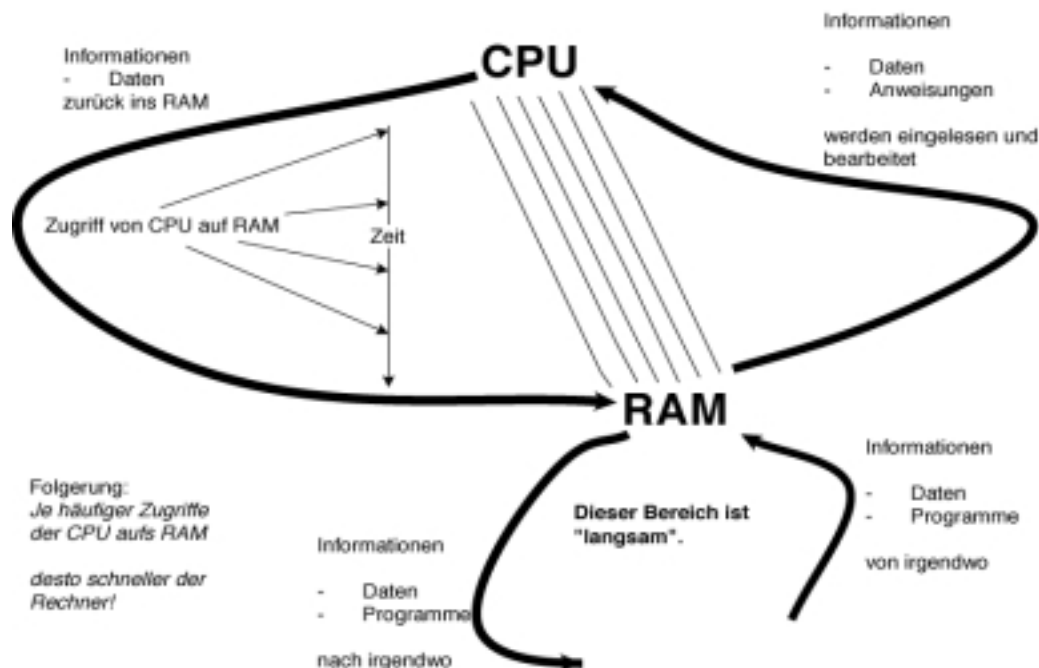


Abbildung 2. 7 Eine höhere Taktrate macht einen Computer leistungsfähiger

Cache

Um weitere Leistungssteigerungen herbeizuführen, wird bei neueren Zentraleinheiten zwischen CPU und RAM ein Cache geschaltet. Hierbei handelt es sich um sehr schnelle Speicher, deren Zugriffszeit deutlich schneller als der des normalen RAM ist (dafür ist Cache-RAM auch deutlich teurer). Die durchschnittliche Größe des Cache im PC-Bereich liegt derzeit bei 256 KB. Ebenso wie das RAM ist der Cache einer Zentraleinheit beim Start des Computers leer. Bei jedem Zugriff der CPU auf das RAM werden benachbarte Teile des RAM in den Cache kopiert (Untersuchungen haben ergeben, dass der nächste Zugriff der CPU auf das RAM mit ca. 90 % Wahrscheinlichkeit auf einen benachbarten Bereich des vorherigen Zugriffs erfolgt). Erfolgt nun ein Lesezugriff der CPU, wird aus dem Cache gelesen, wenn die Daten dort vorhanden sind. Der Zugriff erfolgt damit deutlich schneller. Ist der Cache voll, werden die Teile des Cache, die am längsten nicht von der CPU gelesen wurden, verworfen (vgl. *Abbildung 2. 8*).

Beispiele

Tabelle 2.1 zeigt beispielhaft die Entwicklung von Ramgröße, Taktfrequenz und Busbreite für Intel-CPU's auf. Intel ist der führende Prozessor-Hersteller für Personal-Computer. Darüberhinaus ist Intel auch z.Zt. der weltweit größte Prozessor-Hersteller.

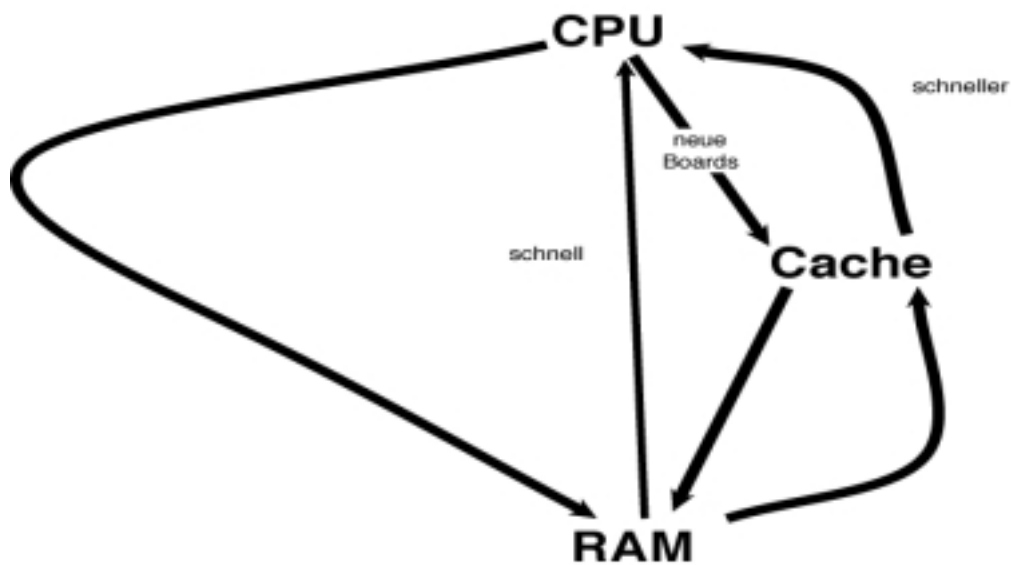


Abbildung 2.8 Cache

Tabelle 2.1 Durchschnittliche Ramgröße, Taktfrequenz und Busbreite für Intel-CPU's

Prozessorbezeichnung	Ramgröße (in MByte)	Taktfrequenz (in Mhz)	Busbreite (in Bit)
8088	0,064 - 0,640	4,33	8
80186	0,512 - 0,640	8	8 / 16
80286	0,512 - 2	8 - 25	16
80386	0,640 - 8	16 - 40	32
80486	1 - 64	25 - 100	32
Pentium	ab 8	60 - 200	64
Pentium Pro	ab 16	133 - 233	64
Pentium II	ab 32	233 - 400	64
Pentium III	ab 32	350 - 1000	64

Tabelle 2.2 Durchschnittliche Ramgröße, Taktfrequenz und Busbreite für Workstation-CPU's

Prozessorbezeichnung	Ramgröße (in MByte)	Taktfrequenz (in Mhz)	Busbreite (in Bit)
nach Hersteller	ab 32	ab 80	64

Tabelle 2.2 zeigt durchschnittliche Ramgröße, Taktfrequenz und Busbreite für heutige Workstation. Workstation sind leistungsfähige Rechner für Spezialanwendungen, wie z.B. CAD¹⁷, Desktop Publishing, Bildberechnung für Filme¹⁸ oder Software-Entwicklung. Wir in der Informatik benutzen Workstation für die Erstellung unserer Internet-Seiten und zur Software-Entwicklung.

Workstation werden von Herstellern wie Sun, HP, DEC, IBM oder Silicon Graphics angeboten. Die CPU's in den Workstation werden zumeist von den Workstation-Anbietern selbst hergestellt.

Tabelle 2.2 zeigt darüberhinaus, daß die bisher behandelten Kriterien nicht die einzigen Kriterien für die Leistungsfähigkeit von Computern sein können. So sind beispielsweise Apple Macintosh G4 Computer mit 450 Mhz deutlich schneller als Pentium 600 Mhz Computer¹⁹. Ein Teil der Erklärung hierfür wird im folgenden Kapitel gegeben.

RISC-CISC

Jeder Prozessor verfügt über einen Befehlssatz (Instruction Set). Dies sind Befehle, die der Prozessor erkennt und durchführen kann. Programmierer schreiben diese Befehle in Programme²⁰. Die Programme werden dem Prozessor übergeben und so zur Ausführung gebracht. Man unterscheidet nun zwischen:

- *CISC (Complex Instruction Set Computer)*: Der Prozessor kann besonders viele Funktionen ausführen (verfügt über einen umfangreichen Befehlssatz).
- *RISC (Reduced Instruction Set Computer)*: Der Prozessor kennt nur wenige Befehle (verfügt über einen reduzierten Befehlssatz).

Zunächst wurden Prozessoren mit komplexen Befehlssätzen (CISC) entwickelt. Es stellte sich jedoch heraus, daß die Prozessoren im Mittel zu 80 % der Zeit nur 20 % ihrer Befehle benutzen. Bei einigen Spezialanwendungen, wie z.B. CAD ist das Verhältnis noch ungünstiger. Einige Hersteller begannen daher, Prozessoren zu entwickeln, die nur noch über einen eingeschränkten Befehlssatz verfügen, die Befehle, die sie kennen aber sehr schnell durchführen können (Optimierung der CPU auf eine eingeschränkte Anzahl von Befehlen). Dies sind die RISC-Computer. Dies bedeutet natürlich nicht, daß RISC-Computer gewisse Aufgaben nicht durchführen können. Befehle, die nicht implementiert sind, müssen RISC-CPU's aus bekannten Befehlen zusammensetzen. Im Normalfall wird diese Vorgehensweise natürlich langsamer sein, als wenn der Befehl bekannt ist und der Prozessor ihn direkt durchführen kann. Da aber die implementierten Befehle sehr viel schneller durchgeführt werden, bleibt im Ergebnis bei fast allen Anwendungsfällen ein Geschwindigkeitsplus für RISC-CPU's.

Die Prozessoren in Workstation und in den Apple Macintosh Computern sind grundsätzlich RISC-CPU's. Alle Intel-Prozessoren hingegen verfügen über einen komplexen Befehlssatz und sind daher CISC-CPU's. Erst der Pentium Nachfolger Merced, der

17.Computer Aided Design (Software zur Erstellung technischer Zeichnungen)

18.Einzelne Sequenzen des Spielberg-Films Jurassic Park wurden auf Workstation von Silicon Graphics erstellt. Der komplette Film Toy Story von den Disney Studios wurde auf Workstation von Sun und von Silicon Graphics erstellt.

19.Pentium Computer mit höherer Taktrate konnte ich noch nicht testen.

20.Dies stimmt heute glücklicherweise nur noch teilweise. Programme werden in höheren Programmiersprachen (vgl. ???) geschrieben und von Compilern (vgl. ???) in Maschinensprache übersetzt.

voraussichtlich 2001 auf den Markt kommen wird, wird eine RISC-CPU beinhalten. Dies ist einer der Gründe für die Geschwindigkeitsvorteile der Workstation. Weitere Gründe sind schnellere und größere Cache-Bausteine, oder eine bessere Integration der Grafik-Einheit.

Zum Abschluß ein Beispiel: Stellen Sie sich vor, Sie müssen einen Prozessor entwickeln, der ganze Zahlen addieren und multiplizieren kann. Sie können dies beispielsweise so realisieren, daß Multiplikation und Addition zum Befehlsumfang des Prozessors gehört. Dann wird beides etwa gleich schnell abgearbeitet werden können. Sie können aber genausogut nur die Addition als Instruktion des Prozessors implementieren, den Prozessor aber für diesen Befehl optimieren. Multiplikationen können dann als Folge von Additionen abgewickelt werden ($3 \times 4 = 4 + 4 + 4$). Nehmen wir an, daß durch Ihr optimiertes Design Ihr Prozessor dreimal schneller addiert, als beim ersten Design. Wenn nun hauptsächlich addiert und nur ganz selten multipliziert wird, ist das zweite Design vorzuziehen.

Bezeichnungen

Die Bausteine der CPU heißen Logikchips (weil hier die Verarbeitung durchgeführt wird), die Bausteine des RAM heißen Speicherchips (weil hier die zu verarbeitenden Informationen temporär zwischengespeichert werden (vgl. *Abbildung 2. 9*).



Abbildung 2. 9 Bausteine von CPU und RAM

2.2 Speichergeräte und der externe Datenbus

Nach dem Ausschalten des Computers und damit natürlich auch beim Anschalten ist das RAM²¹ des Rechners leer. Könnten wir die Ergebnisse unserer Arbeit mit dem Computer nicht irgendwo abspeichern, wären sie verloren. Erinnern wir uns an unser Analogiebeispiel²². Wenn Sie Ihren Schreibtisch säubern wollen, müssen Sie alle Ihre Unterlagen vom Schreibtisch wegräumen (Ihren temporären Speicher leeren). Dies machen Sie im Regelfall nicht so, daß Sie alle Ihre Bücher in den Abfall werfen, Sie werden Sie stattdessen in ein Regal stellen (falls Sie eins besitzen). Dies Regal ist den Speichergeräten eines Computers vergleichbar (vgl. *Abbildung 2. 10*).

Den Transport der Daten von den Speichergeräten zur CPU und umgekehrt erfolgt über den externen Datenbus (externe Datenwege). Dies ist dem Bücher-aus-dem-Regal-nehmen (und zurückstellen) aus der Analogie vergleichbar. Externe Datenwege kann man sich also als Verbindungslinien zwischen Speichergeräten und Hauptspeicher vorstellen, die jeweils ein Bit transportieren können (vgl. *Abbildung 2. 11*).

21. Sie erinnern sich, das RAM ist ein *temporärer* Speicher.

22. Sie wollten sich auf eine Klausur vorbereiten.

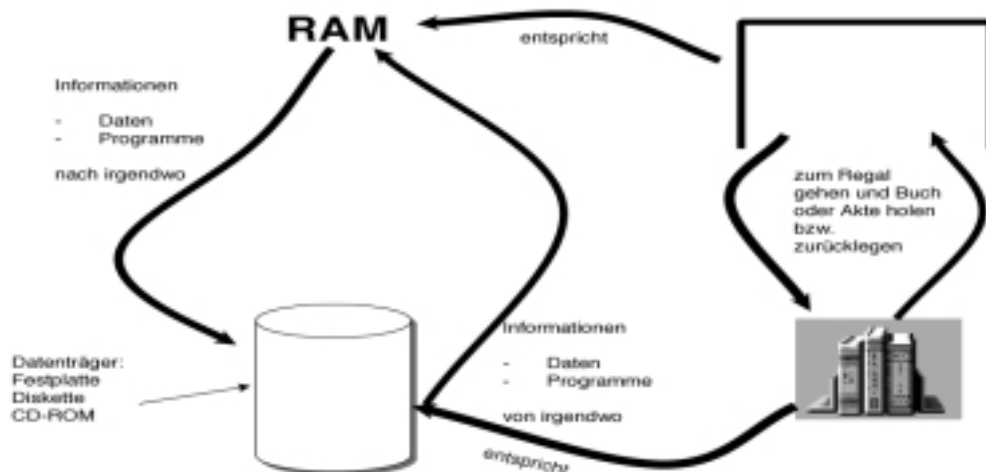


Abbildung 2. 10 Analogiebeispiel Speichergeräte RAM

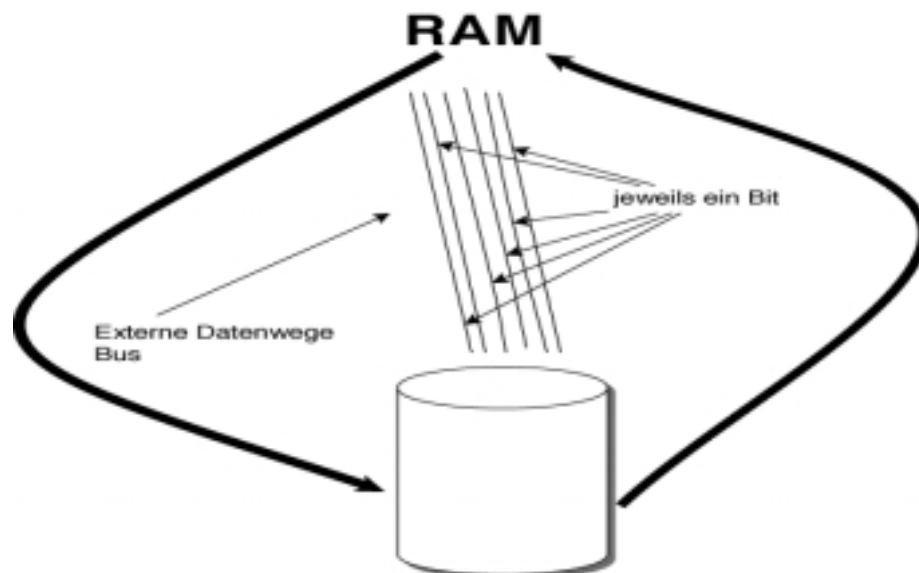


Abbildung 2. 11 Externe Datenwege

Bei jedem Datentransport wird die höchstmögliche Anzahl Bits übertragen. In unserem Beispiel (Abbildung 2. 11) sind dies 6 Bits (6 Striche im Bild). Diese Anzahl ist von Rechner zu Rechner (bzw. von externem Bus zu externem Bus) unterschiedlich. Sie heißt Breite des externen Busses. Diese Vorgehensweise paßt (wie immer) zu unserem Analogiebeispiel. Wenn Sie bestimmte Teile eines Aktenordners benötigen, holen Sie den ganzen Aktenordner und nicht einzelne Seiten aus dem Regal.

Allerdings dient der externe Datenbus nicht nur der Anbindung von Datenspeichern. Sämtliche peripheren Geräte²³ des Computers werden über den externen Datenbus an die Zentraleinheit angebunden (vgl. Abbildung 2. 12).²⁴

23.Periphere Geräte eines Computers sind die Teile des Rechners, die nicht zur Zentraleinheit gehören (z.B. Bildschirm, Tastatur, Festplatte oder Maus).

24.Sämtliche in der Abbildung vorhandenen Geräte werden noch besprochen.

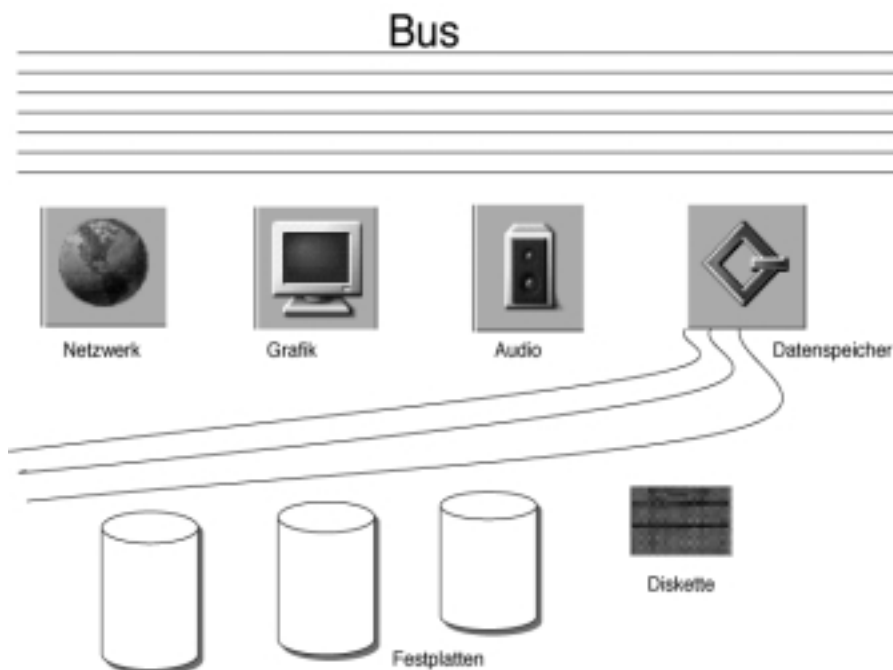


Abbildung 2. 12 Geräte am externen Datenbus

Die Taktrate des externen Datenbusses

Ein weiterer wichtiger Begriff ist die Taktrate des externen Datenbusses. Hierunter wird die Anzahl der Lese- oder Schreibvorgänge auf dem externen Datenbus pro Sekunde verstanden. Die Taktfrequenz des externen Datenbusses wird (wenig überraschend) ebenfalls in Megahertz gemessen.

Auswirkung des externen Datenbusses auf die Leistungsfähigkeit von Computern

Unmittelbar klar ist, daß die Breite des externen Datenbusses ein wesentliches Kriterium für die Leistungsfähigkeit eines Rechners ist. Je breiter der externe Bus, desto mehr Bit können in einem Lese- oder Schreibzugriff in das RAM übertragen werden. Dies bedeutet, ein breiterer externer Bus ist Leistungsgewinn (vgl. *Abbildung 2. 13*).

Die Taktrate der externen Datenbusses ist ebenfalls ein Kriterium für die Leistungsfähigkeit eines Computers. Je höher sie ist, desto häufiger können Informationen in das RAM übertragen werden. Dies bedeutet, eine höhere Taktrate des externen Busses ist Leistungsgewinn (vgl. *Abbildung 2. 7*).

Secondary Cache

Um weitere Leistungssteigerungen herbeizuführen, wird oftmals ein Teil des RAM als Cache für externe Speichergeräte genutzt²⁵. Die Vorgehensweise ist hier völlig analog zum *Kapitel 2. 1*. Wenn Daten von den externen Speichergeräten in das RAM gelesen werden, werden gleichzeitig benachbarte Daten in das Cache-RAM übertragen. Er-

²⁵. Dies ist keine Hardware-Aufgabe mehr, sondern wird vom Betriebssystem durchgeführt. Betriebssysteme werden im nächsten Kapitel besprochen.

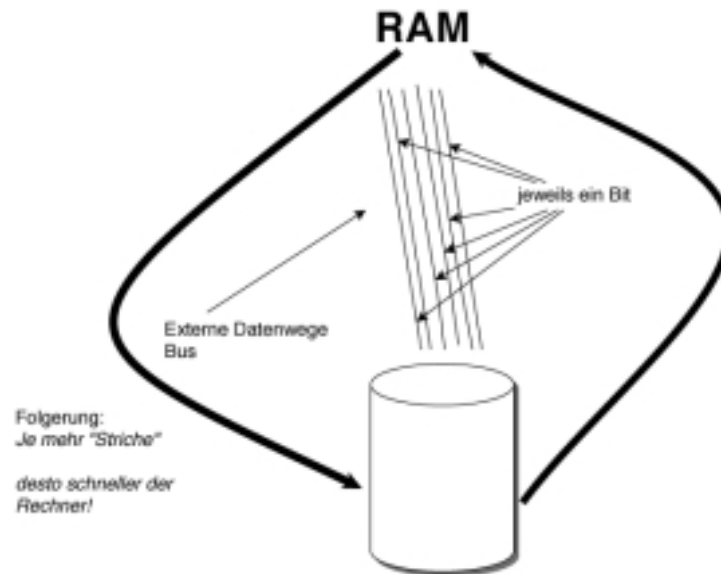


Abbildung 2. 13 *Breitere externe Datenbusse machen einen Computer leistungsfähiger*

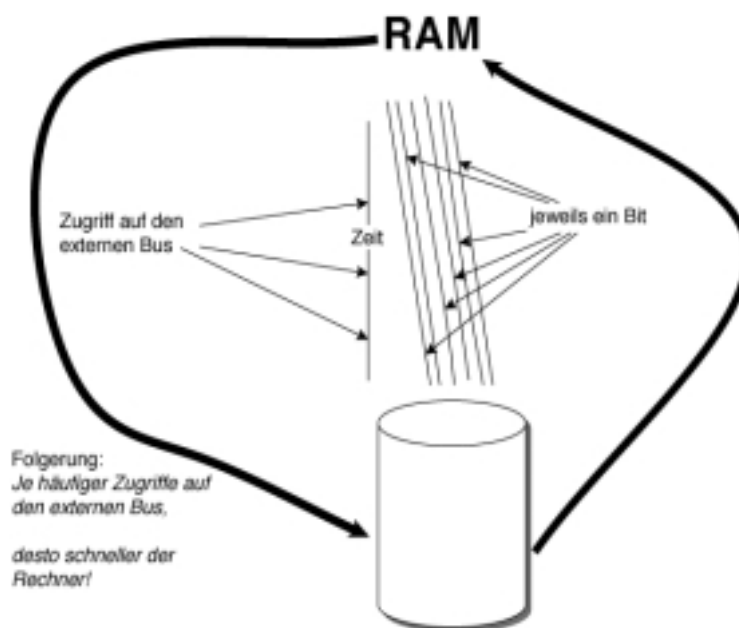


Abbildung 2. 14 *Ein schnellerer externer Datenbus macht einen Computer leistungsfähiger*

folgt der nächste Lesezugriff auf diese Daten, ist er um ca. einen Faktor 100 schneller (vgl. Abbildung 2. 15 und Abbildung 2. 16).

Beispiele

Tabelle 2.3 und Tabelle 2.4 zeigen die Entwicklung von Busbreite und Taktfrequenz im PC- und Workstation-Bereich .

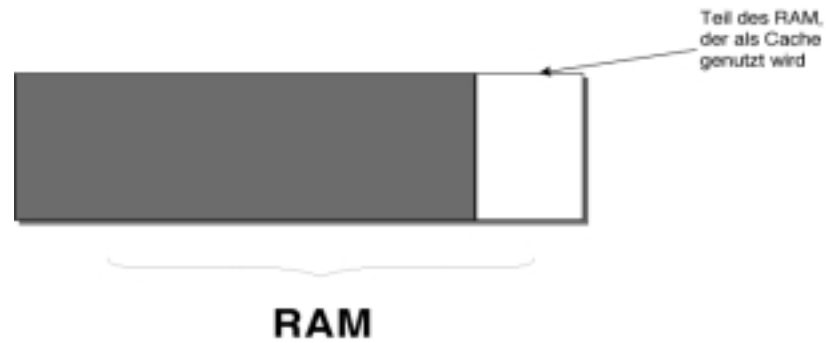


Abbildung 2. 15 Physikalischer Aufbau von Cache-RAM

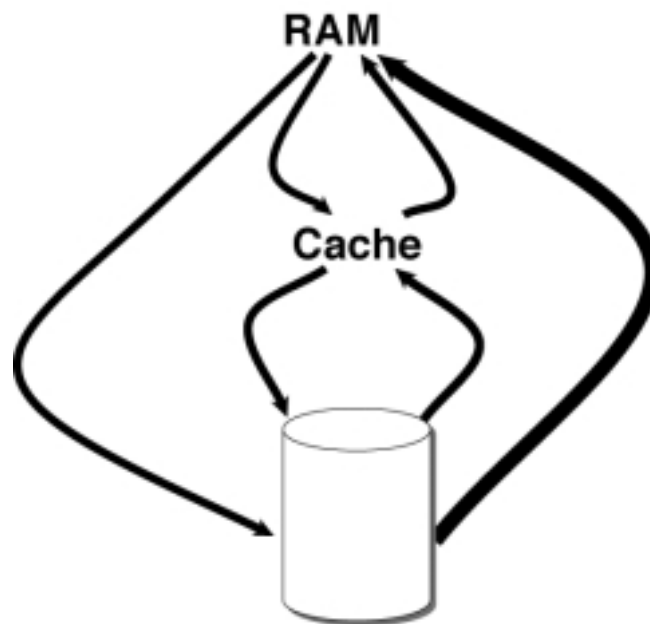


Abbildung 2. 16 Funktionsweise von Cache-RAM

Tabelle 2.3 Entwicklung von Busbreite und Taktfrequenz des externen Busses bei PC's

Bezeichnung	Taktfrequenz (in Mhz)	Busbreite (in Bit)
ISA-Bus	8	16
Eisa-Bus	8	32
VESA/LocalBus	bis 40	32
PCI	bis 33	32

Arten von Datenspeichern

Datenspeicher (ein anderer Name für Datenspeicher ist Massenspeicher) werden in-sequentielle Datenspeicher und Direktzugriffsspeicher unterschieden.

Tabelle 2.4 *Busbreite und Taktfrequenz des externen Busses im Workstation-Bereich*

Bezeichnung	Taktfrequenz (in Mhz)	Busbreite (in Bit)
nach Hersteller	sehr hoch	32 - 64

Bei Direktzugriffsspeichern kann der Computer (wie der Name schon andeutet) jeden Teil des Datenspeichers direkt ansprechen. Dies ist einem CD-Spieler oder einem alten analogen Schallplattenspieler vergleichbar. Beim CD-Spieler können Sie ein Lied auswählen, der CD-Spieler "weiß", an welcher Stelle das Lied beginnt und kann den Laser direkt über diese Stelle positionieren. Bei analogen Schallplattenspielern können Sie auf der Schallplatte erkennen, wo ein Lied beginnt und den Schallplattenarm über diese Stelle positionieren und dort auf der Schallplatte aufsetzen.

Wie ein CD-Spieler²⁶ "weiß" ein Computer, an welcher Stelle seines Direktzugriffsspeichers sich welche Information befindet. Er kann den Schreib/Lesekopf des Direktzugriffsspeichers genau an diese Stelle positionieren, um die gewünschte Information auszulesen, bzw. zu schreiben. Die wichtigsten Direktzugriffsspeicher sind Festplatten, Disketten und CD-ROM's.

Festplatten sind die schnellsten Datenspeicher. Sie dienen daher der lokalen Datenaufhaltung. Weiterhin werden Dateien, die gerade in Bearbeitung (also im RAM) sind zur Datensicherung auf Festplatten abgespeichert, um so Datenverlust bei möglichen Abstürzen z.B. durch Stromausfälle zu vermeiden²⁷. Die Größe von Festplatten wird in Gigabyte (abgekürzt GB) gemessen. 1 Gigabyte sind 1024 Megabyte.

Disketten sind im Zugriff um Größenordnungen langsamer als Festplatten. Dafür werden sie nicht, wie Festplatten, in den Computer eingebaut, sondern über ein im Rechner vorhandenes Gerät, das Diskettenlaufwerk gelesen. Disketten sind also portabel. Sie dienen im wesentlichen dem Datenaustausch. Wenn Sie beispielsweise einen Text oder ein Programm an der Hochschule beginnen und Ihre Arbeit später zu Hause zu Ende führen wollen, werden Sie eine Diskette für den Datentransport benutzen.

Festplatten und Disketten sind Magnetspeicher. Informationen werden auf beiden Datenträgern (noch ein anderer Name für Datenspeicher) durch Magnetisierung von Teilen der Oberfläche abgespeichert und durch Feststellung der Magnetisierung wieder ausgelesen. Dies bedeutet z.B., daß man mit mittels eines Magneten jede Festplatte oder Diskette von allen Informationen befreien kann (totaler Datenverlust). Festplatten und Disketten sind Schreib- und Lesemedien. Im Laufe Ihrer Lebensdauer können sie beliebig oft beschrieben werden.

CD-ROM's sind optische Speicher. Sie sind mit den Musik-CD's identisch, werden nur auf eine andere Art beschrieben²⁸. Sie sind also auch transportable Datenträger. Da-

26.CD-Spieler beinhalten im Übrigen einen Prozessor und sind damit kleine Computer.

27.Meine Textverarbeitung ist beispielsweise so eingestellt, daß die Texte, die ich gerade bearbeite (die also im RAM sind) alle 5 Minuten auf meine lokale Festplatte gesichert werden. Bei einem Stromausfall kann ich also im schlechtesten Fall die Arbeit von 5 Minuten verlieren.

28.Spielen also keine Musik, wenn man sie in einen CD-Spieler einlegt.

her benötigt man im Computer ein Gerät (heißt ebenfalls CD-ROM²⁹), um die Informationen auf der CD auszulesen. Dies bedeutet, daß sie auch die gleichen Eigenschaften wie Musik-CD's haben (klingt logisch, wo sie doch identisch sind). CD-ROM's können also exakt einmal beschrieben werden. Dies erfolgt durch Brennen der Information auf die CD. Danach können Sie nur noch gelesen werden. CD's werden zur Software-Distribution und zur Datenarchivierung genutzt. Auf CD's können 670 Megabyte abgespeichert werden. Zur Zeit wird an der Entwicklung wiederbeschreibbarer CD's gearbeitet. Dabei werden magnetooptische Verfahren eingesetzt.

Sequentielle Datenträger sind Magnetbänder (bzw. Magnetbandkassetten). Im Unterschied zu den bisher behandelten Datenträgern kann auf die Information auf Magnetbändern nicht direkt zugegriffen werden. Magnetbänder entsprechen Tonbändern oder Kassettenrecordern. Möchten Sie z.B. Lied 8 von einer Kassette hören, müssen Sie die Kassette erst bis zum Start von Lied 8 vorspulen, danach können Sie das Lied hören³⁰. Genauso funktioniert das bei Computern. Der Rechner muß das Band erst bis zu der Stelle spulen, wo die Information ist, und kann sie dann erst auslesen. Magnetbänder sind ebenfalls transportable Medien. Das bedeutet, im Computer muß ein Bandabspielgerät sein. Die Bandabspielgeräte heißen Streamer.

Magnetbänder sind wie der Name andeutet Datenspeicher, die mittels Magnetisierung geschrieben und gelesen werden. Allerdings werden sie durch die Mechanik des Schreib/Lesemechanismus abgenutzt. Magnetbänder können daher nicht beliebig oft geschrieben werden. Die Kapazität von Bändern liegt im Gigabyte-Bereich.

Magnetbänder sind die mit Abstand billigsten Datenträger. Ein 8 Gigabyte-Band kostet z.Zt. ca 10 DM. Sie sind aber auch die mit Abstand langsamsten Datenträger³¹. Magnetbänder werden daher zur Datensicherung eingesetzt.

Datensicherung darf im übrigen nicht mit Datenarchivierung verwechselt werden. Bei der Datensicherung werden Inhalte von Festplatten auf Bänder kopiert, um im Falle eines Defektes der Festplatte die Daten wieder restaurieren zu können (also um Datenverlusten vorzubeugen). Datenarchivierung hingegen bedeutet, Daten in unveränderlicher Form vorzuhalten, um sie bei Bedarf wieder vorweisen zu können. Beispiele hierfür sind Jahresabschlüsse von Firmen, Patientenakten aus vergangenen Jahren von Ärzten, etc. Datenarchivierung findet häufig aus rechtlichen Gründen statt, wird also vom Gesetzgeber vorgeschrieben. Datensicherung hingegen führt zu einem ruhigeren Schlaf.

Abbildung 2. 17 zeigt die besprochenen Datenträgerarten zusammenfassend.

29.CD-ROM Lesegeräte von Computern können Musik-CD's abspielen. Fast alle haben zu diesem Zweck einen Kopfhöreranschluß. Durch den Einbau einer Soundkarte (wird später besprochen) in den Rechner können auch Boxen angeschlossen werden. Meine Stereo-Anlage klingt trotzdem besser.

30.Es sei denn, die Kassette wäre schon bis Lied 8 vorgespult. Dann sind sie so ein unordentlicher Mensch, der seine Kassetten nicht zu Ende hört und dann noch nicht mal zurückspult. Computer sind da anders, die spulen ihre Bänder immer zurück.

31.Einer meiner Mitarbeiter löschte vor kurzem versehentlich eine seiner wichtigsten Dateien von seiner Festplatte. Die Datei war aber noch auf einer mittels Magnetband (8 GB) durchgeführten Datensicherung. Allein das Positionieren auf den Anfang der Datei hat 4 Stunden gedauert.

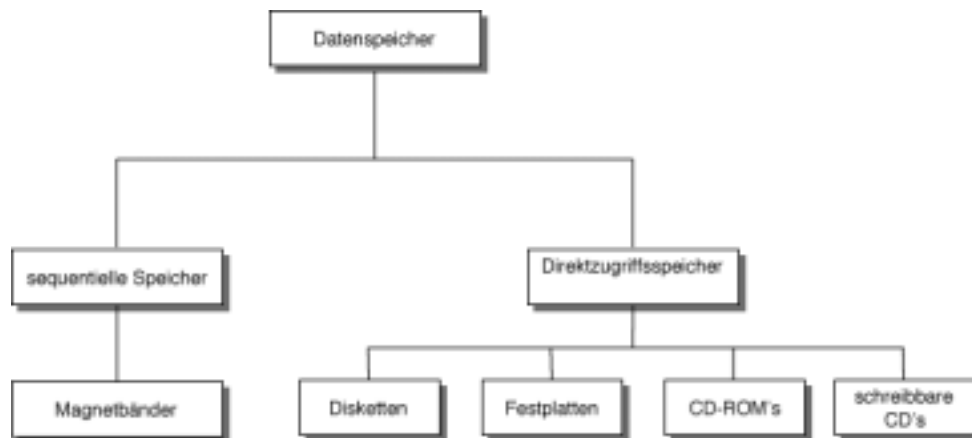


Abbildung 2. 17 Arten von Massenspeichern

2.3 Dateneingabe-Geräte

Die einfachste Form der Dateneingabe erfolgt über die Tastatur eines Computers. So entstand z.B. dieses Skript. Ich habe vor meinem Rechner gesessen und all diese Worte Buchstaben für Buchstaben eingegeben. Daneben gibt es aber noch diverse andere Dateneingabe-Geräte, z.B:

- *Barcode-Scanner:* Diese Geräte sind in der Lage, Barcodes (vgl. *Abbildung 2.*



Abbildung 2. 18 Beispiel eines Barcodes

18) über Laser einzulesen. Diese Geräte gibt es in z.B. in

- o *Bibliotheken:* Benutzerausweis und Buchsignatur werden eingelesen, beim Entleihen wird ein Leihschein gedruckt, beim Zurückgeben ein Rückgabeschein³².
- o *Supermärkten:* Die Scannerkassen lesen die Artikel über den Barcode ein, der Rechner ermittelt den Preis und druckt ihn zusammen mit einer Warengruppenbezeichnung auf der Rechnung aus.

Diese Vorgehensweise ist nicht nur zeitsparend - Einlesen über Scanner ist viel schneller, als Leihzettel von Hand auszufüllen oder Preise von Hand einzuge-

³².An unserer Fachhochschule müssen die Leihzettel noch von Hand ausgefüllt werden. Überdies gibt es keine Rückgabescheine.

ben -, es erleichtert darüberhinaus die Nachbearbeitung. Im Supermarkt sind beispielsweise leicht Auswertungen über den Abverkauf einzelner Produkte erstellbar, der jeweils aktuelle Lagerbestand³³ ist bekannt, Vorschläge für Einkaufslisten können vom Rechner erstellt werden. In einer DV-gestützten Bibliothek können Mahnungen oder Bestellvorschläge über häufig entliehene Bücher automatisch erstellt werden.

- *Formularleser*: Kommen z.B. in Banken und Sparkassen zum Einsatz, um von Hand ausgefüllte Überweisungs- oder Einzahlungsformulare einzulesen.
- *Scanner*: Dies sind die Geräte, über die Grafiken in den Computer eingelesen werden können.
- *Datenträger*: Alle Datenträger, soweit sie transportabel sind, können zur Dateneingabe dienen. Wenn Sie beispielsweise ein Pascal-Programm an der Fachhochschule beginnen und es dann zu Hause beenden, werden sie das Programm mit einer Diskette transportieren.

Die Dateneingabe über Sprache ist z.Zt. noch ein Forschungsgebiet. Es gibt zwar einige Ansätze. Man kann mit geeigneter Hardware einige Funktionen des Betriebssystems Windows 95 mit Sprachbefehlen steuern, nachdem man den Computer an seine Aussprache gewöhnt hat. IBM hat die Realisierung einer vollständigen Sprachsteuerung für eine zukünftige Version ihres Betriebssystems OS/2 angekündigt.

Alle Dateneingabegeräte werden über den externen Datenbus mit der Zentraleinheit verbunden.

2.4 Datenausgabegeräte

Die wichtigsten Datenausgabegeräte sind Bildschirme und Drucker.

Bildschirm und Grafikeinheit

Bildschirme werden über ein spezielles Bildschirmkabel mit einer Grafikeinheit im Computer verbunden. Die Grafikeinheit besteht aus einem Spezialprozessor für den Bildschirmaufbau (entlastet so also den eigentlichen Prozessor von dieser Aufgabe) und VRAM (Video RAM, spezielle Speicherbausteine für die Speicherung von Bildschirminhalten).

Bei PC's kommuniziert sie über einen speziellen Datenbus (AGP-Bus) mit der Zentraleinheit.

Grafikeinheiten für PC's erlauben heute typischerweise Auflösungen von 600×800 , 1024×768 oder 1280×1024 Pixel³⁴, bei Bildwiederholfrequenzen von bis zu 100 Hz. Dies bedeutet, Sie können 800 bzw. 1024, bzw 1280 Pixel vertikal und 600, bzw 768 bzw. 1024 Pixel horizontal darstellen.

Bei Workstation liegen die Auflösungen bei 1280×1024 und höher. Hier ist die Grafikeinheit oft über einen eigenen schnellen Spezialbus mit der Zentraleinheit verbunden. So wird ein extrem schneller Bildschirmaufbau gewährleistet.

33. Wenn man von Ladendiebstählen absieht.

34. Kleinstes Element zur Darstellung von Zeichen und Bildern auf Druckern und Bildschirmen.

Um die hohen Auflösungen der Grafikeinheiten zu nutzen, müssen die Bildschirme einerseits (trivialerweise) in der Lage sein, dies darzustellen und andererseits eine bestimmte Größe aufweisen, da sonst die einzelnen Zeichen zu klein und damit unleserlich werden. Für eine Auflösung von 1024×768 ist ein 17 Zoll-Bildschirm angemessen, für 1280×1024 ein 19 Zoll-Bildschirm.

Drucker

Drucker werden im Regelfall über die parallele (oder serielle) Schnittstelle³⁵ mit dem Rechner verbunden. Bei der parallelen Schnittstelle eines Computers werden 8 Bits gleichzeitig an den Drucker übertragen, über die serielle Schnittstelle jeweils 1 mit einer festzulegenden Geschwindigkeit (z.B. 19200 Bit/s). Die Einstellungen der seriellen Schnittstellen von Rechner und Drucker müssen übereinstimmen.

Die wichtigsten Druckertypen werden im folgenden kurz vorgestellt:

- *Nadeldrucker (Matrixdrucker)*: Die Druckzeichen werden punktförmig durch einen Druckkopf aus matrixförmig angeordneten Nadeln erzeugt, die gegen Farbband und Papier geschlagen werden. Je mehr Nadeln verwendet werden, umso besser ist in der Regel die Druckqualität. Angeboten werden Drucker mit 9, 18, und 24 Nadeln. Durch Zeichengeneratoren können verschiedene Schriftarten erzeugt werden. Da die Nadeln von Programmen einzeln angesteuert werden, und an jede beliebige Position des Papiers positioniert werden können, sind auch Grafiken druckbar. Ebenso lassen sich Durchschläge erzeugen. Matrixdrucker haben daher im geschäftlichen Bereich (Rechnungsdruck, Bestellschreiben) wesentliche Bedeutung. Darüberhinaus sind die Betriebskosten sehr gering (im wesentlichen müssen Farbbänder und Papier beschafft werden).
- *Schnelldrucker (Kettendrucker)*: Mit Schnelldrucker werden die an mittleren und großen DV-Anlagen eingesetzten Zeilendrucker bezeichnet. Die Typen befinden sich auf einem Stahlband (früher Kette), das in horizontaler Richtung vor dem Papier rotiert. Ein Druckhammer schlägt das Papier genau dann gegen das Band, wenn das zu druckende Zeichen vorbeikommt. Kettendrucker sind nicht grafikfähig. Sie werden häufig zum Ausdruck von Listen etc. benutzt.
- *Laserdrucker*: Die zu druckenden Zeichen werden mit einem Laserstrahl auf eine lichtempfindliche Schicht, die sich auf einer rotierenden Trommel befindet, projiziert. An den belichteten Stellen werden Farbpartikel festgesetzt, die anschließend auf das Papier übertragen und danach durch Wärme und Druck eingebrannt werden. Laserdrucker ermöglichen beliebig viele Schriftarten und Größen. Sie sind grafikfähig. Nachteile von Laserdruckern sind die hohen Betriebskosten (da die Funktionsweise von Laserdruckern der von Kopierern entspricht benötigen sie Toner) und die Unmöglichkeit Durchschläge zu erzeugen. Laserdrucker drucken im Gegensatz zu den anderen hier vorgestellten Druckern Seiten als Ganzes aus. Das bedeutet, der Druck kann erst dann beginnen, wenn eine Seite vollständig an den Drucker übertragen worden ist. Zur Zwischenspeicherung benutzen die Drucker RAM. Ein Laserdrucker muß also für jeden vorgesehenen Anwendungsfall genügend RAM besitzen. Eine Seite von

³⁵Es gibt auch Netzwerkdrucker, doch dies ist ein fortgeschrittenes Thema und wird später behandelt.

z.B. 2 MB Größe kann auf einem Laserdrucker mit 1 MB RAM nicht gedruckt werden.

- *Tintenstrahldrucker*: die Zeichendarstellung erfolgt durch Tintentröpfchen, die gezielt aus Düsen gegen das Papier geschleudert werden. Der Tintenausstoß ist entweder kontinuierlich (Hochdruckverfahren) oder tropfenweise (Niederdruckverfahren). Farbtintendrucker verwenden mehrere Tintenfarben. Tintendrucker ermöglichen verschiedene Schriftarten und Größen. Sie sind grafikfähig. Da Tintenstrahldrucker relativ preiswert, sehr leise und farbfähig sind, sind sie z.Zt. im privaten Bereich die Drucker der Wahl.
- *Thermodrucker (Thermotransferdrucker)*: Thermodrucker erzeugen die Zeichen durch Hitzeinwirkung von Elektroden auf Spezialpapier, Thermotransferdrucker durch Umschmelzen der Farbpartikel von Spezialfarbbändern auf Normalpapier. Thermodrucker (Thermotransferdrucker) ermöglichen verschiedene Schriftarten und Größen. Sie sind grafikfähig und farbfähig. Thermo- und Thermotransferdrucker sind in Anschaffung und Betrieb sehr teuer. Jedoch sind qualitativ hochwertige Ausdrücke möglich.

Akustische Ausgabe

Neben der Druckausgabe und der Ausgabe am Bildschirm gewinnt die akustische Ausgabe zunehmend an Bedeutung. Beispiele hierfür sind:

- Telefonauskunft,
- Telefonbanking.

3 Betriebssysteme

Bislang haben wir die Hardware eines Computers besprochen. Die Hardware alleine reicht jedoch nicht aus, um einen Computer zu einem sinnvollen Arbeitswerkzeug zu machen. Die Hardware eines Computers für sich genommen ist einem CD-Spieler vergleichbar, der über ein einziges Bedienelement, den Anschaltknopf verfügt. Sie haben dann zwar die Möglichkeit, den CD-Spieler einzuschalten, um Ihren Stromverbrauch zu erhöhen. Es ist aber schon unmöglich, eine CD einzulegen, weil ja kein Bedienelement zum Öffnen des CD-Fachs vorhanden ist. An Abspielen einer CD ist schon gar nicht zu denken. Kein Mensch würde einen solchen CD-Spieler kaufen. Was diesem CD-Spieler fehlt, die Bedienelemente eben, ist Ihre Schnittstelle zu dem CD-Spieler, die Hilfsmittel mit dem Sie Ihrem CD-Spieler mitteilen können, was er für Sie machen kann. Z.B. sein CD-Fach öffnen oder ein bestimmtes Lied einer CD zu spielen oder eben überhaupt mit der Wiedergabe einer CD zu beginnen.

Was wir also bei einem Computer neben der Hardware zunächst noch brauchen, ist eine Schnittstelle zu unserem Rechner. Das Hilfsmittel mit dem wir ihm mitteilen können, was er denn nun für uns tun soll. Diese Schnittstelle wird als Betriebssystem des Rechners bezeichnet. Zur Definition dieser Schnittstelle existiert sogar eine DIN-Norm, die DIN 44300. Sie sagt:

“Das Betriebssystem ist die Menge der Programme eines digitalen Rechensystems, die zusammen mit den Eigenschaften der Rechanlage die Basis der möglichen Betriebsarten des digitalen Rechensystems bilden und die insbesondere die Abwicklung von Programmen steuern und überwachen.”

Das klingt zwar ziemlich kompliziert, ist es aber in Wirklichkeit gar nicht. Das erste was hieraus klar wird, ist, daß das Betriebssystem ein Programm ist, also Software. Das zweite was wir der Norm entnehmen können, ist, daß das Betriebssystem das Programm ist, von dem alle anderen Programme gesteuert, überwacht und insbesondere auch gestartet werden. Wenn wir also z.B. mit einer Textverarbeitung einen Seminarvortrag schreiben wollen, müssen wir dem Betriebssystem mitteilen, daß es das Textverarbeitungsprogramm starten soll, und die Ausgabe des Programms auf unseren Bildschirm legen soll, damit wir mit der Arbeit loslegen können.

Das Betriebssystem wird daraufhin das Textverarbeitungsprogramm, zumindestens wesentliche Teile, von unserer Festplatte über den externen Datenbus in das RAM kopieren. Im einfachsten Fall (simples Betriebssystem) wird es dann die Kontrolle des Rechners an die Textverarbeitung übergeben und warten, bis wir als Benutzer die Textverarbeitung beenden, um uns dann zu fragen, was wir als nächstes wünschen. Es gibt komplexere Betriebssysteme, die es uns erlauben, mehrere Programme auf einmal zu starten und dann zwischen den einzelnen Programmen hin- und herzuschalten.

Aus Anwendersicht ist das Betriebssystem also das Hilfsmittel, mit dem der Anwender dem Rechner klar macht, was getan werden soll.

Ein Computer mit Hardware, Betriebssystem und Anwendungen stellt sich also wie in *Abbildung 3. 1* dar.

Dies ist aber nicht die einzige Aufgabe des Betriebssystems. Betrachten wir unser Textverarbeitungsbeispiel. Nach getaner Arbeit, unser Seminarvortrag ist fertig, soll er

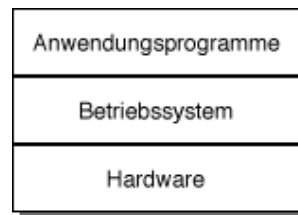


Abbildung 3. 1 Zusammenhang Betriebssystem, Hardware, Anwendungsprogramme

abgespeichert werden. Vielleicht sind ja noch Fehler drin, die wie später korrigieren müssen. Also geben wir der Textverarbeitung den Befehl, den Text auf der Festplatte oder einer Diskette zu speichern. Die Programmierer des Textverarbeitungssystems hätten jetzt hingehen können und den ganzen Abspeichervorgang programmieren können. Es ist aber schnell einsichtig, daß eine solche Vorgehensweise nur bedingt sinnvoll ist. Es gibt ja mehr als ein Textverarbeitungsprogramm, dann gibt es Grafikprogramme, es gibt Tabellenkalkulationsprogramme, usw. Allen diesen Programmen ist gemeinsam, daß sie irgendwann einmal Daten abspeichern müssen. Es wäre sehr ineffizient, wenn alle Entwickler den Abspeichervorgang selbst programmieren müssen. In Wirklichkeit läuft der Vorgang so ab, daß die betreffende Anwendung, in unserem Fall also die Textverarbeitung, dem Betriebssystem mitteilt, was abgespeichert werden muß (das bedeutet, wo im RAM sich die Informationen befinden). Das Betriebssystem führt dann den eigentlichen Abspeichervorgang durch. Auch für Anwendungsprogramme ist also das Betriebssystem die Schnittstelle zur Hardware (vgl. *Abbildung 3. 1*).

Komplexere Betriebssysteme lassen den Zugriff auf die Hardware von Anwendungsprogrammen aus auch gar nicht zu. Dazu ein Beispiel. Nehmen wir an, Sie arbeiten mit 2 Programmen gleichzeitig, einer Textverarbeitung und einem Grafikprogramm. Sie haben eine Textvorlage für Ihren Chef erstellt und ein paar Folien zur Erläuterung. Sie drucken den Text, d.h. geben der Textverarbeitung den Befehl, den Text an den Drucker zu schicken, wechseln in das Grafikprogramm und drucken eine Folie. Wenn nun jedes Programm den Zugriff auf den Drucker selbst durchführt und nichts von den anderen Programmen weiß, kann es passieren, daß zunächst ein paar Zeilen Ihres Textes, dann ein bißchen Folie, dann wieder ein bißchen Text usw. gedruckt werden. Das ist aber sicher nicht sinnvoll. Sinnvoller ist es, wenn jede Anwendung Ihren Druckauftrag an das Betriebssystem übergibt, welches die Aufträge dann der Reihe nach abarbeiten kann.

Das Betriebssystem verbirgt also die reale Hardware vor dem Benutzer und den Anwendungsprogrammen und verwaltet alle Bestandteile des Computers.

3.1 Der Prozeßbegriff

Anwendungsprogramme bestehen, wie wir ja inzwischen wissen, aus Anweisungen, die die CPU ausführen kann. Starten wir ein Anwendungsprogramm, kopiert das Betriebssystem die Anwendung in das RAM und weist die CPU an, die erste Anweisung der Anwendung durchzuführen. Eine Anwendung, die gestartet ist, heißt Prozeß. Sind mehrere Anwendungen gestartet, laufen mehrere Prozesse gleichzeitig auf dem Computer. Auch hierzu eine Analogie: Stellen Sie sich vor, Sie möchten eine Hühnersuppe kochen. Sie haben ein Rezept nach dem Sie vorgehen können. Das Rezept enthält demnach Anweisungen, die Sie befolgen, um eine schmackhafte Hühnersuppe zuzu-

bereiten. Das Rezept ist also der Anwendung vergleichbar, denn es enthält die Anweisungen, die Sie durchführen müssen, um die Hühnersuppe zu kochen. Da Sie die Anweisungen durchführen, sind Sie der Prozessor (wir erinnern uns, daß der Prozessor die Anweisungen, die in einer Anwendung stehen, durchführt). Der Vorgang des Kochens, wenn Sie also hingehen und die Anweisungen des Rezepts in eine reale Hühnersuppe umsetzen, das ist der Prozeß.

Prozesse, die von Benutzern gestartet werden, heißen Benutzerprozesse. Moderne Betriebssysteme, wie UNIX, Windows NT oder OS/2³⁶ starten allerdings selbstständig beim Systemstart Betriebssystemprozesse. Dabei ist z.B. ein Prozeß, der den Drucker verwaltet. An diesen Prozeß müssen alle Benutzerprozesse die zu druckenden Daten übergeben. Der Druckerverwaltungsprozeß bringt die zu druckenden Daten in eine Reihenfolge (Druckerwarteschlange) und druckt sie dann der Reihe nach aus. *Abbildung 3. 2* zeigt die Druckerwarteschlange auf meinem Rechner.

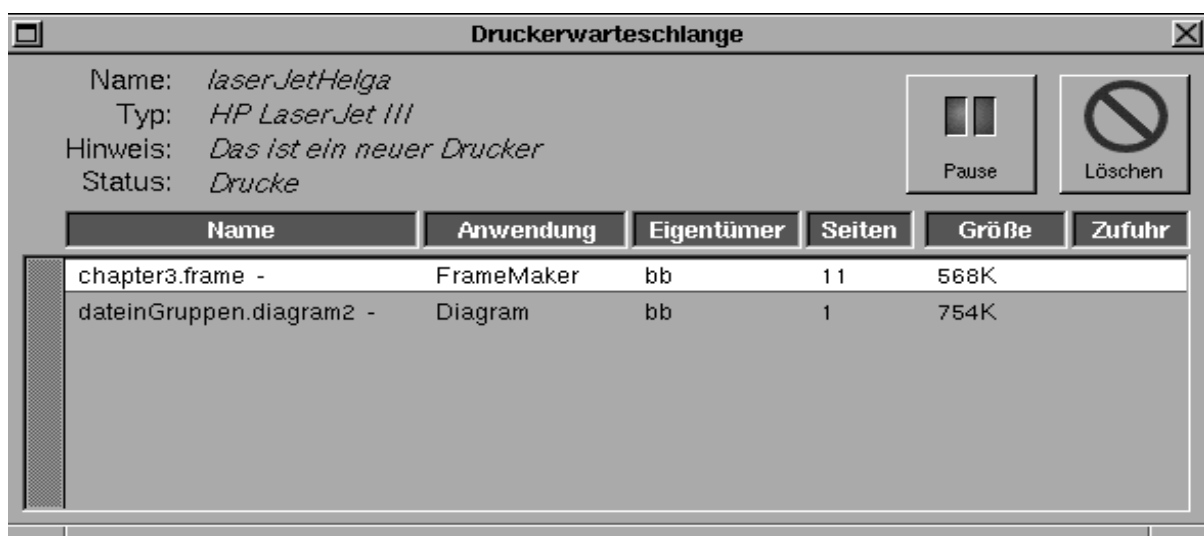


Abbildung 3. 2 Beispiel einer Druckerwarteschlange

Ein weiteres Beispiel ist ein Prozeß, der jeweils die Rechnerzeit kontrolliert, um zu gewissen vorprogrammierten Zeitpunkten wiederum andere Prozesse zu starten. Eine Anwendung davon ist, nachts eine automatische Datensicherung durchzuführen. *Abbildung 3. 3* zeigt einen Ausschnitt der Prozesse die gerade jetzt, wo ich diese Zeilen schreibe, auf meinem Rechner laufen.

Abbildung 3. 3 zeigt aber noch einige andere Eigenschaften des Prozeß-Konzepts: Jeder Prozeß bekommt eine Nummer, die Prozeß-id (PID zweite Spalte in *Abbildung 3. 3*). Anhand der Prozeßnummer identifiziert das Betriebssystem die laufenden Prozesse. Die letzte Spalte (Command) nennt das Programm, welches ausgeführt und damit zum Prozeß wurde. Spalte 3 zeigt den Prozentsatz CPU-Leistung, die der Prozeß gerade verbraucht, Spalte 4 den Anteil des RAM, den der Prozeß gerade belegt (vgl. *Abbildung 3. 4*). *Abbildung 3. 4* zeigt darüberhinaus, daß die RAM-Anteile unterschiedlicher Prozesse unterschiedlich sein können.

³⁶Alle diese Betriebssysteme werden im Laufe des Kapitels noch besprochen.

USER	PID	%CPU	%MEM	VSIZE	RSIZE	TT	STAT	TIME	COMMAND	
bb	213	3.3	14.1	11.1M	9.05M	?	SW	1:08	- console (WindowServer)	
root	275	2.8	1.1	2.21M	752K	p1	R	0:00	ps -aux	
root	260	0.8	2.8	4.58M	1.77M	?	SW	0:01	/NextApps/Terminal.app/	
bb	223	0.1	4.0	5.80M	2.54M	?	SW	1:02	/usr/lib/NextStep/Workspace.app/WM.app/WM	
root	2	0.0	0.2	768K	136K	?	SW	0:00	(mach_init)	
root	3	0.0	2.3	3.57M	1.48M	?	SW	0:00	/usr/etc/kern_loader -n	
root	1	0.0	0.1	736K	96K	?	SW	0:00	/usr/etc/init -xx	Der Prozeß für die grafi- sche Ausgabe am Bild- schirm
root	106	0.0	0.3	1.73M	208K	?	SW	0:00	/usr/etc/routed -q	
root	110	0.0	0.5	1.65M	328K	?	SW	0:00	(nibindd)	
root	111	0.0	0.8	1.70M	552K	?	SW	0:00	/usr/etc/netinfod local	
root	112	0.0	0.8	1.70M	536K	?	SW	0:00	/usr/etc/netinfod network	
root	117	0.0	0.7	1.73M	456K	?	SW	0:00	(lookupd)	
root	122	0.0	0.6	1.66M	408K	?	SW	0:00	(ntpd)	
root	126	0.0	0.2	1.70M	136K	?	S	0:00	(bioid)	
*root	128	0.0	0.2	1.70M	136K	?	S	0:00	(bioid)	
root	98	0.0	0.5	1.64M	312K	?	SW	0:00	/usr/etc/syslogd	
root	138	0.0	0.5	1.66M	304K	?	SW	0:00	(autonfsmount)	
root	103	0.0	0.4	1.63M	272K	?	SW	0:00	/usr/etc/portmap	
root	152	0.0	0.5	1.63M	320K	?	SW	0:00	(rpc.mountd)	
root	155	0.0	0.2	1.73M	152K	?	S	0:00	(bootpd)	
root	158	0.0	0.5	1.63M	304K	?	SW	0:00	(rpc.bootparamd)	
root	164	0.0	0.5	1.63M	320K	?	SW	0:00	(inetd)	
root	170	0.0	0.6	1.76M	368K	?	S	0:00	-accepting connections (se)	
root	175	0.0	0.6	2.19M	384K	?	SW	0:00	(lpd)	
root	184	0.0	0.3	2.18M	184K	?	SW	0:00	/usr/lib/lpd	
root	186	0.0	0.6	1.80M	376K	?	SW	0:00	(pbs)	
root	189	0.0	1.6	4.48M	1.02M	?	S	0:00	/usr/lib/NextPrinter/FaxDaemon haegar_fax	
root	190	0.0	1.1	3.76M	744K	?	SW	0:00	Faxxess haegar_fax	
root	199	0.0	0.7	3.80M	472K	?	SWN	0:00	/usr/lib/NextPrinter/npd	Der Fax-Sende-Prozeß
root	204	0.0	0.2	1.70M	144K	?	SW	0:00	update	
root	207	0.0	0.4	1.70M	248K	?	SW	0:00	(cron)	
root	129	0.0	0.2	1.70M	136K	?	S	0:00	(bioid)	
root	214	0.0	3.2	5.81M	2.02M	?	SW	0:01	- console (loginwindow)	
bb	219	0.0	0.9	1.77M	576K	?	SW	0:00	/usr/etc/pbs -a	
bb	221	0.0	0.8	2.19M	520K	?	SW	0:00	(appkitServer)	
bb	224	0.0	3.1	5.98M	1.98M	?	SW	0:00	/NextApps/Preferences.app/Preferences	
bb	242	0.0	7.3	7.23M	4.69M	?	SW	0:03	/LocalApps/FrameMaker.app/FrameMaker	
bb	243	0.0	4.0	6.25M	2.57M	?	SW	0:01	/LocalApps/Diagram.app/Diagram	Meine Grafikprogramm
bb	258	0.0	6.3	9.38M	4.05M	?	SW	0:02	/LocalApps/Questor_3.2/Questor.app/Questor	
bb	259	0.0	2.9	6.27M	1.85M	?	SW	0:00	/LocalApps/Tailor.app/Tailor	
root	149	0.0	0.2	1.63M	144K	?	S	0:00	(nfsd)	
bb	261	0.0	2.4	5.07M	1.56M	?	SW	0:00	/NextApps/Edit.app/Edit	Meine Tabellenkalkulation
bb	262	0.0	0.5	1.73M	336K	p1	SW	0:00	-csh (csh)	Ein Editor

Abbildung 3.3 Prozesse auf einem UNIX-Rechner (Auszug)

Die erste Spalte von *Abbildung 3.3* zeigt den Besitzer des Prozessors. Das Betriebssystem auf dem Computer, den ich benutze, ist ein Mehrbenutzerbetriebssystem³⁷ (UNIX), d.h. das grundsätzlich mehrere Benutzer gleichzeitig auf dem Rechner arbeiten können. Die Prozesse mit dem Kürzel bb gehören mir, bb ist mein Name auf dem Computer. bb ist einfach kürzer als Bernd Blümel. Alle anderen Prozesse gehören root. Root ist der Super-Benutzer (Super-Benutzer werden im Kapitel über Multi-User Betriebssysteme behandelt) des Systems. Die root-Prozesse sind entweder Prozesse, die direkt dem Betriebssystem zugehörig sind (z.B. mach_init) oder Prozesse, die vom Betriebssystem beim Anschalten des Rechners gestartet werden, z.B. der Prozeß, der auf eingehende Faxe wartet (Faxxess haegar_fax).

37. Mehrbenutzerbetriebssysteme (Multi-User-Systeme) werden im folgenden noch besprochen.

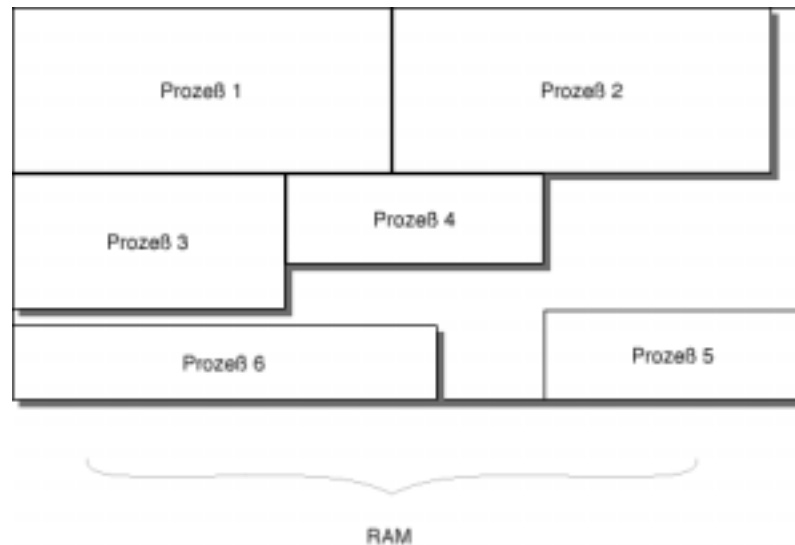


Abbildung 3.4 Aufteilung des RAM auf einzelne Prozesse

Die vorletzte Spalte weist die vom Prozeß bis jetzt verbrauchte Rechenzeit aus. Man sieht, daß der Rechner zwar schon länger an war (Workspace, der Prozeß für die grafische Ausgabe, hat bereit über eine Stunde Rechenzeit verbraucht), ich aber noch nicht unbedingt so viel gearbeitet habe (die Gesamtrechenzeit für Textverarbeitung, Grafiksystem und Tabellenkalkulation liegt bei 6 Sekunden³⁸).

3.1.1 Prozeßwechsel (Multitasking)

Die CPU eines Computers kann nur eine Anweisung zur gleichen Zeit ausführen. Prozesse bestehen aber aus Anweisungen, die die CPU ausführen soll. Aus diesen beiden Tatsachen wird klar, daß die CPU zu einer gegebenen Zeit die Anweisungen nur eines Prozesses ausführen kann. *Abbildung 3. 3* zeigt aber, daß es Betriebssysteme gibt, die mehrere Prozesse parallel bedienen können. Wie wird nun gewährleistet, daß die einzelnen Prozesse auch laufen können, sprich die CPU die Anweisungen aller Prozesse ausführen kann?

Die einfachste aber auch unsinnigste Möglichkeit wäre, alle Prozesse der Reihe nach abzuarbeiten, d.h. dem Prozeß, der gerade an der Reihe ist, die ausschließliche Nutzung der CPU zu geben, bis er seine Aufgaben erledigt hat. Mein Prozeß beispielsweise, der Faxe empfangen soll, wird nie fertig. Wenn mein Rechner angeschaltet wird, startet das Betriebssystem diesen Prozeß. Bis ich die Arbeit beende, den Rechner also abschalte, kontrolliert dieser Prozeß meine Telefonleitung auf eingehende Faxe. Würde ich also alle Prozesse der Reihe nach abarbeiten, und würde der Fax-Prozeß irgendwann die Kontrolle über die CPU bekommen, könnte ich mit dem Computer nicht mehr arbeiten, da der Fax-Prozeß ja nicht fertig wird.

Eine zweite Möglichkeit ist, den Prozeßwechsel den einzelnen Anwendungen zu überlassen. Dies bedeutet, das Betriebssystem gibt einem Prozeß die vollständige Kontrol-

³⁸.Ich habe nämlich den Rechner eingeschaltet und dann doch entschieden, daß ich erst mal ein Stück Kuchen kaufen und essen muß.

le über die CPU. Der Prozeß behält die Kontrolle über die CPU, bis er selbst die CPU-Kontrolle an das Betriebssystem zurückgibt, welches die CPU dann einen anderen Prozeß zuteilen kann. Diese Vorgehensweise heißt kooperatives Multitasking. Kooperatives Multitasking wird z.B. bei Microsoft Windows 3.x und im 16-Bit Teil von Microsoft Windows 95 angewendet. Sie hat den Nachteil, daß die Anwendungen und nicht das Betriebssystem letztendlich die CPU-Vergabe kontrollieren. Dazu kommt, daß eine Anwendung nicht gezwungen ist, die CPU irgendwann zurückzugeben.

Die eleganteste und in allen modernen Betriebssystemen angewandte Methode ist preemptives Multitasking. Hier teilt das Betriebssystem den um die CPU konkurrierenden Prozessen der Reihe nach CPU-Zeit zu. Ist die CPU-Zeit eines Prozesses abgelaufen, entzieht das Betriebssystem dem Prozeß die CPU und teilt die CPU dem nächsten rechenbereiten Prozeß zu. Der Teil des Betriebssystems, dem diese Aufgabe zufällt, heißt Scheduler (vgl. *Abbildung 3. 5*). Hierbei können durchaus Präferenzmecha-

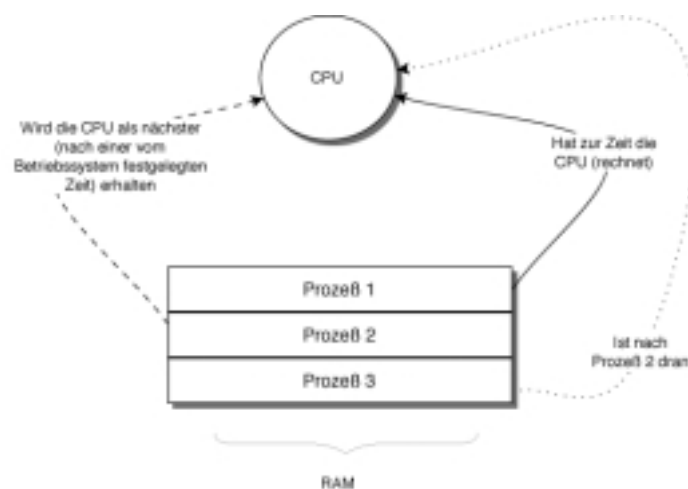


Abbildung 3. 5 Preemptives Multitasking

nismen implementiert sein. Dies bedeutet, daß die CPU-Zeit nicht "fair" auf einzelne Prozesse aufgeteilt wird, sondern einige Prozesse mehr oder weniger Rechenzeit bekommen, als andere. In UNIX-Systemen gibt es z.B. die Möglichkeit, Prozesse mit der Eigenschaft "nice" zu starten. Diese Prozesse bekommen weniger Rechenzeit als andere.

Um die unterbrochenen Prozesse an der richtigen Stelle wiederaufzusetzen, führt das Betriebssystem über den Zustand eines jeden Prozesses bei seiner Unterbrechung Buch. Der Ort dieser Information heißt Prozeßtabelle (vgl. *Abbildung 3. 6*). Die Prozeßtabelle beinhaltet Informationen, wie z.B. die Anweisung die als nächstes auszuführen ist, oder die Dateien, mit denen der Prozeß arbeitet..

Abbildung 3. 7 zeigt die geschilderten Zusammenhänge zusammenfassend.

3.1.2 Prozeßzustände

Im wesentlichen können 3 Prozeßzustände unterschieden werden³⁹. Prozesse können

³⁹In der Theorie über Betriebssysteme werden die hier behandelten Prozeßzustände noch weiter unterteilt.

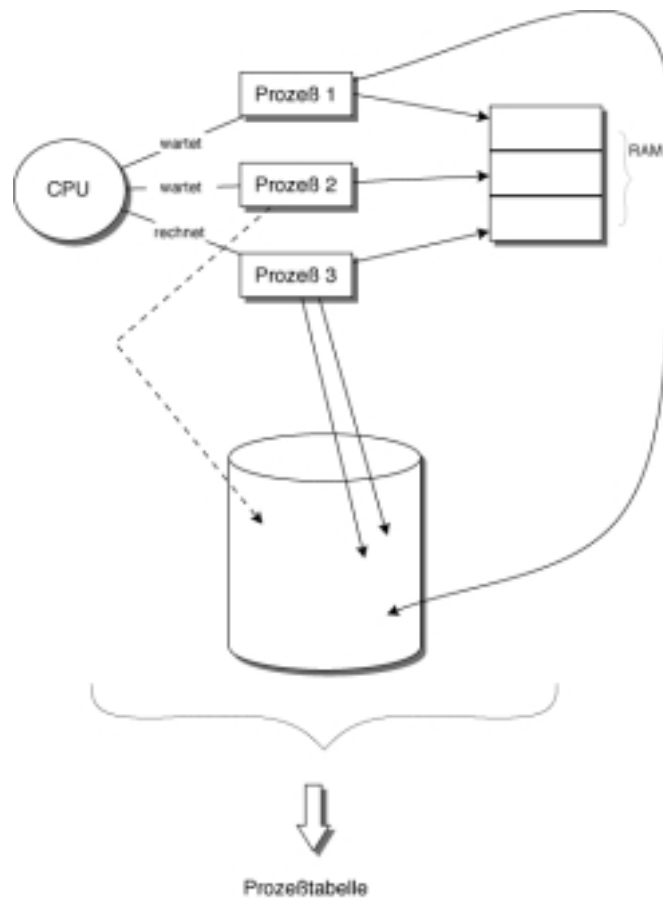


Abbildung 3.6 Prozeß-tabelle

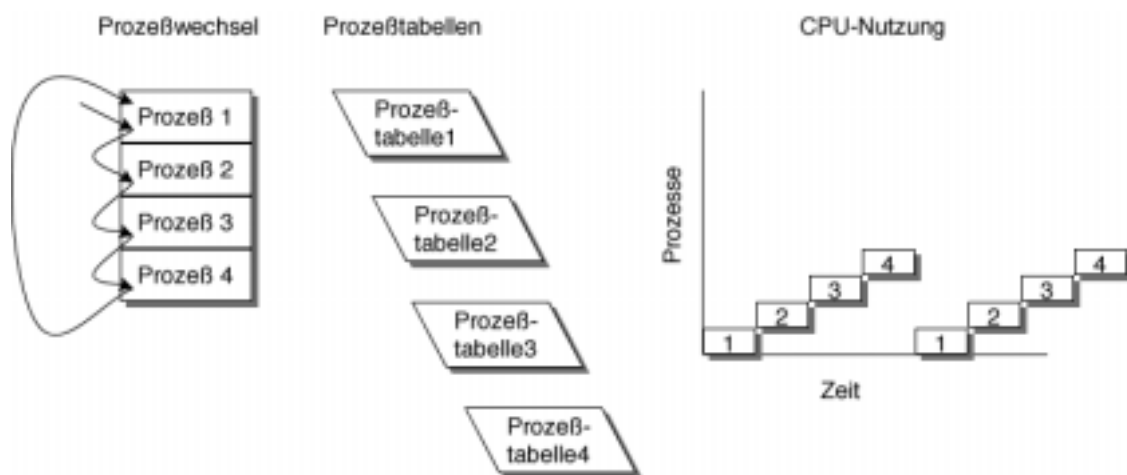


Abbildung 3.7 Prozeßwechsel, Prozeß-tabellen und CPU-Nutzung über die Zeit

- rechnerisch,
- rechenbereit

- und blockiert

sein.

Ein Prozeß ist rechnend, wenn er die CPU zugeteilt bekommen hat. Er ist rechenbereit, wenn er grundsätzlich sinnvolle Dinge durchführen könnte, die CPU aber einem anderen Prozeß, eben dem rechnenden zugeteilt ist und er darauf warten muß, daß das Betriebssystem ihm die CPU-Nutzung übergibt. Ein Prozeß ist blockiert, wenn er momentan keine auszuführenden Anweisungen hat, es also sinnlos wäre ihm die CPU zu geben. Ein Beispiel für einen blockierten Prozeß ist eine Anwendung, die auf eine Eingabe wartet. Stellen Sie sich vor, Sie haben eine Grafik erstellt und wollen diese nun abspeichern. Sie rufen den Programmteil der Anwendung auf, der dem Abspeichern dient. Wenn Sie jetzt noch 10 Minuten auf den Bildschirm gucken und sich einen geeigneten Namen überlegen, kann Ihr Grafikprogramm in dieser Zeit nichts machen. Der zugehörige Prozeß ist blockiert. Der Prozeß, der die Maske in *Abbildung 3. 8* erzeugte, ist solange blockiert, bis ich den Namen der Grafik eingabe oder auf "Abbrechen" klicke.

Icon der Anwendung Diagram!

Pfad zum Ordner, wo die Grafik gespeichert werden soll.

Ordner, wo die Grafik gespeichert werden soll.

Hier muß ich den Dateinamen der Grafik angeben. So lange ich diesen nicht angegeben habe ist dieser Prozeß blockiert.

Hier muß ich "klicken", wenn ich meinen gewünschten Namen eingetragen habe. Die Maske verschwindet, die Anwendung ist nicht mehr blockiert.

Wenn ich hier "klicke" wird die Grafik nicht abgespeichert, die Maske verschwindet trotzdem und die Anwendung ist nicht mehr blockiert.

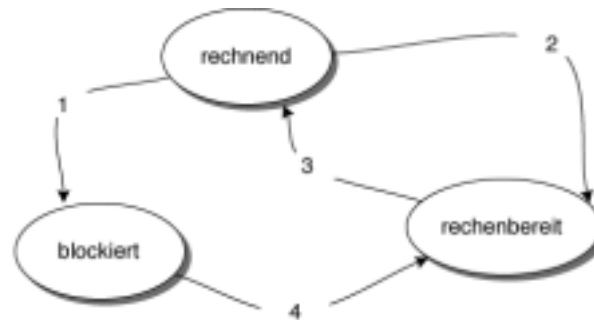


Abbildung 3. 8 Blockierter Prozeß

Nicht alle Übergänge von einem Prozeßzustand in einen anderen Prozeßzustand sind möglich. Ein rechnender Prozeß kann rechenbereit werden, wenn der Scheduler ihm die CPU entzieht, oder blockiert, wenn er auf eine Eingabe oder ein anderes Ereignis

warten muß (wenn ein rechnender Prozeß blockiert, wird ihm sofort die CPU entzogen).

Ein rechenbereiter Prozeß kann rechnend werden, wenn ihm das Betriebssystem die CPU zuteilt, er kann jedoch nicht blockieren (weil er ja nicht rechnet). Ein blockierter Prozeß kann nur in den Zustand rechenbereit übergehen, z.B. wenn die Eingabe, auf die er wartet verfügbar wird (vgl. *Abbildung 3. 9*).



1. Prozeß wartet blockiert auf Eingabe.
2. Scheduler wählt einen anderen Prozeß aus.
3. Scheduler wählt diesen Prozeß aus.
4. Eingabe ist verfügbar.

Abbildung 3. 9 *Übergänge zwischen Prozeßzuständen*

3.1.3 Aufteilung des Arbeitsspeichers auf die einzelnen Prozesse

Wie schon *Abbildung 3. 4* zeigt, muß den einzelnen Prozesse RAM zugewiesen werden. Die RAM-Verwaltung wird ebenfalls vom Betriebssystem vorgenommen. Wichtig ist, daß die RAM-Bereiche der einzelnen Prozesse strikt getrennt bleiben. So muß sichergestellt sein, daß kein Prozeß im RAM-Bereich eines der anderen Prozesse schreiben darf. Sie möchten ja schließlich nicht, daß eine von Ihnen erstellte Grafik im RAM wichtige Teile Ihrer Diplomarbeit überschreibt (und wenn Sie und das Betriebssystem dieses nicht merken, hinterher auch auf der Festplatte), oder daß die Grafik Anweisungen z.B. der Textverarbeitung überschreibt und damit die Textverarbeitung ihre Ausführung (Grafiken sind nun mal keine Anweisungen an die CPU) abbricht und damit auch alles, was Sie in der Textverarbeitung erstellt haben und nicht auf der Festplatte gesichert haben, mit in das Daten-Nirwana nimmt⁴⁰.

Bei dem Lesen aus dem RAM sieht die Sache etwas anders aus. Gewisse Teile des Prozessen zugeordneten RAM müssen privat bleiben (insbesondere bei Multi-User-Systemen⁴¹), bei anderen ist dies nicht so sinnvoll. Dazu ein Beispiel:

Abbildung 3. 8 zeigt das "Save-Panel"⁴² der Anwendung "Diagram!". Vergleichen wir dies mit dem "Save-Panel" der Anwendung Questor (vgl. *Abbildung 3. 10*). Eigentlich

40. Dies ist der Fehler "Anwendung verursachte Schreibschutzverletzung" von Windows 3.x.

41. Multi-User-Systeme werden später in diesem Kapitel behandelt.

42. "Abspeicher-Fenster"

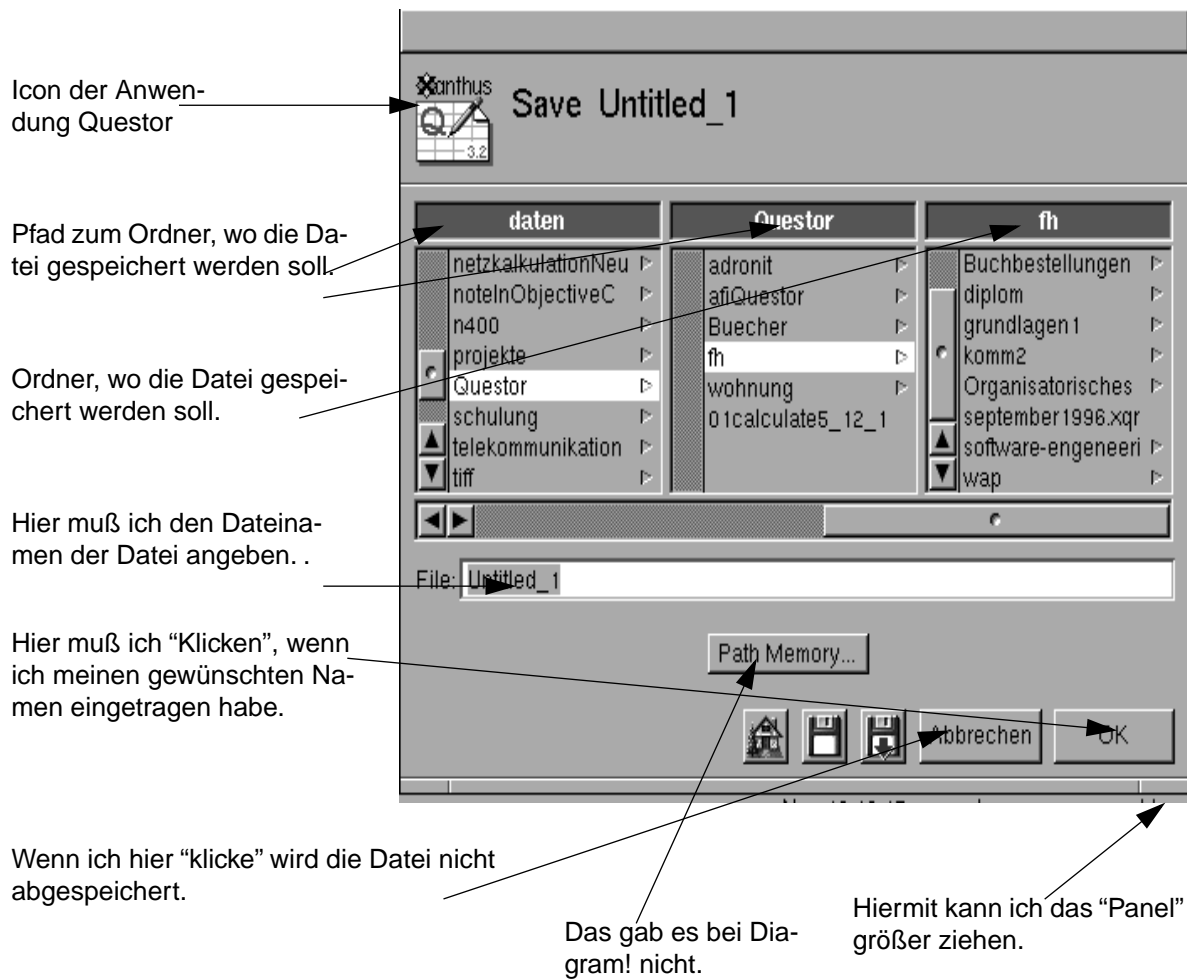


Abbildung 3. 10 "Save-Panel" der Anwendung Questor

sind wenig Unterschiede zu erkennen. Jede Anwendung hat ihr eigenes Icon, welches links oben im "Save-Panel" erscheint. Das "Save-Panel" von Diagram! ist etwas größer, allerdings kann ich das "Save-Panel" von Questor durch den Balken rechts unten in *Abbildung 3. 10* beliebig groß ziehen. Darüberhinaus enthält das Questor-"Save-Panel" eine Schaltfläche mehr (Path Memory in *Abbildung 3. 10*). Der Rest hingegen ist identisch.

Wenn ich also sowohl Questor als auch Diagram! starte (und damit eventuell im Rahmen meiner Arbeit mit dem Computer von beiden ein "Save-Panel" erzeugen lasse), ist es nicht sinnvoll, die Anweisungen an die CPU, die notwendig sind, um ein "Save-Panel" zu erzeugen, zweimal in das RAM zu laden. Besser ist es, diese Anweisungen in einen Teil des RAM zu laden, der von beiden Anwendungen gelesen (und natürlich nicht geschrieben) werden kann. Nur die Dinge, die für die einzelnen Anwendungen unterschiedlich sind (z.B. die Anwendungs-Icons), müssen in den anwendungsspezifischen Teil des RAM geladen werden (vgl. *Abbildung 3. 11*).

Diese Konzepte sind im Unix-Bereich unter dem Namen "Shared-Libraries", im Windows-Bereich unter dem Namen DLL (Dynamic Link Library) bekannt.

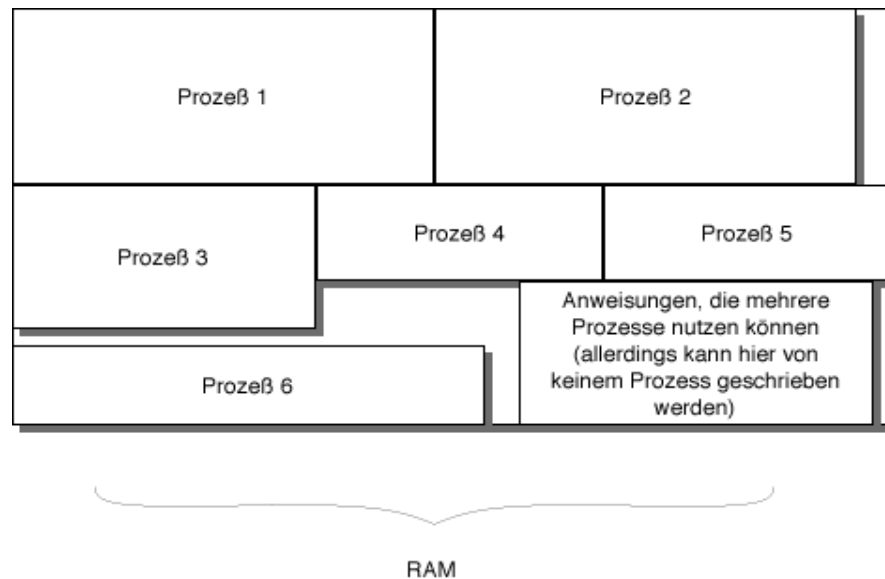


Abbildung 3. 11 Von mehreren Prozessen genutzter RAM-Bereich

3.1.4 Paging

Das RAM von Computern ist größenmäßig begrenzt. Ein Teil des RAM ist für das Betriebssystem reserviert. Den Rest des RAM teilt das Betriebssystem auf die auf dem Computer ablaufenden Prozesse auf. Betrachten wir nun die Situation in *Abbildung 3. 12*. Das Betriebssystem hat den RAM vollständig auf 3 Prozesse aufgeteilt. Zu diesem Zeitpunkt soll ein neuer Prozeß (Anwendung 4) gestartet werden. Wie Sie bereits wissen, müßte das Betriebssystem nun Anweisungen von Anwendung 4 in das RAM kopieren (gepunkteter Pfeil in *Abbildung 3. 12*). Dies ist aber unmöglich, da das RAM ja vollständig von anderen Prozessen und dem Betriebssystem belegt ist. Das Betriebssystem könnte nun eine Fehlermeldung erzeugen (z. B. "Das RAM ist z. Zt. vollständig belegt, Anwendung 4 konnte nicht gestartet werden."). In vielen Fällen, insbesondere bei Mehrbenutzersystemen⁴³ (vgl. *Kapitel 3.2*), ist das aber von den Benutzern nicht gewollt. Moderne Betriebssysteme verfügen daher über die Möglichkeit, Prozessen zugewiesene RAM-Bereiche zu verkleinern. Dieser Vorgang heißt *pagen*. Das Betriebssystem identifiziert dabei die von den Prozessen am längsten nicht genutzten Bereiche des ihnen zugeordneten RAM (grau markiert in *Abbildung 3. 13*). Diese werden sodann auf die Festplatte verschoben (gestrichelte Pfeile in *Abbildung 3. 13*). der hierzu benutzte Teil der Festplatte heißt *Page-File*. In den so frei geräumten Teil des RAM können nun die Anweisungen von Anwendung 4 kopiert und damit Prozeß 4 gestartet werden (vgl. *Abbildung 3. 14*).

Benötigt nun ein Prozeß bei der Ausführung (wenn ihm vom Scheduler die CPU zugewiesen wurde) in das *Page-File* ausgelagerte Teile (Prozeß 1 in *Abbildung 3. 15*), so verschiebt das Betriebssystem Teile eines anderen Prozesses -desjenigen, der nach dem gerade rechnenden Prozeß die CPU als letzter erhalten wird (Prozeß 4 in *Abbildung 3. 15*)- in das *Page-File* (gepunktete Linie in *Abbildung 3. 15*) und verschiebt den benötigten Teil zurück in das RAM (gestrichelte Linie in *Abbildung 3. 15*).

43.Hier könnte eine solche Vorgehensweise einen Benutzer vom Computer ausschließen.

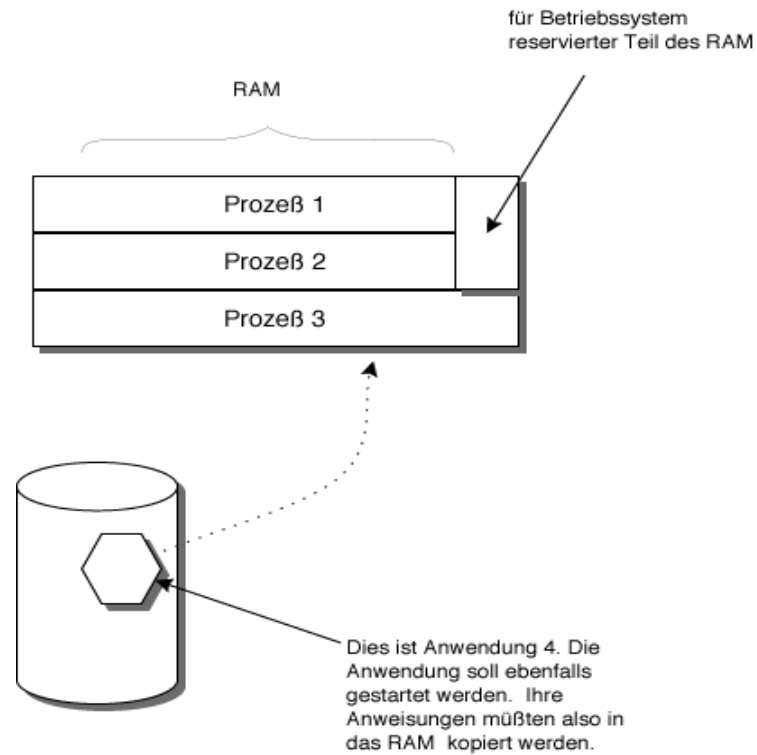


Abbildung 3. 12 100 Prozent ausgelasteter RAM

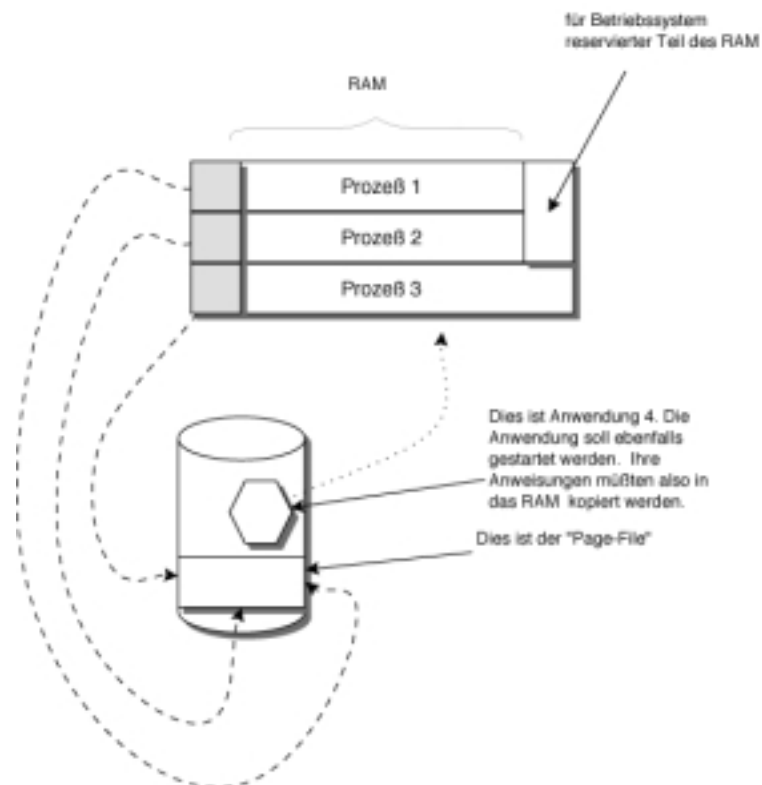


Abbildung 3. 13 Auslagerung von Teilprozessen

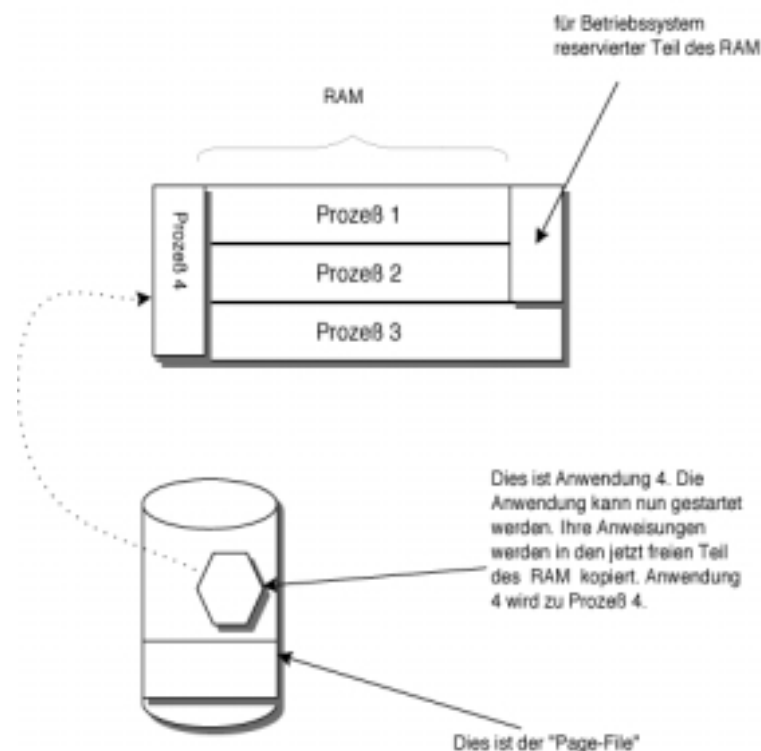


Abbildung 3. 14 Start von Anwendung 4

3.1.5 Swappen

Prozesse benötigen eine bestimmte Minimalmenge RAM, um überhaupt ausgeführt werden zu können. Diese Minimalgröße darf beim Pagen nicht unterschritten werden. Ist der RAM also mit Prozessen in Minimalgröße vollständig belegt, kann durch Pagen kein Platz mehr für weitere Prozesse geschaffen werden.

Soll nun trotzdem ein weiterer Prozeß gestartet werden, was, wie Sie ja wissen, bedeutet, daß Anweisungen dieses Prozesses in das RAM kopiert werden müssen, haben moderne Betriebssysteme die Möglichkeit, den RAM-Bereich ganzer Prozesse auf die Festplatte zu verschieben. Dieser Vorgang heißt swappen.

Hierbei wird der RAM-Bereich des Prozesses, dem der Scheduler gerade die CPU entzogen hat (und der damit als letzter die CPU wieder zugeteilt bekommt -der grau markierte Prozeß in *Abbildung 3. 16*- auf die Festplatte ausgelagert (gepunktete Linie in *Abbildung 3. 16*). Der hierfür genutzte Bereich der Festplatte heißt Swap-File. In den frei gemachten RAM-Bereich können nun Anweisungen des neu zu startenden Prozesses kopiert werden (gepunktete Linie in *Abbildung 3. 16*).

Teilweise werden beide Techniken (pagen und swappen) als swappen bezeichnet. Page-File und Swap-File werden oft zusammenfassend Swap-Bereich genannt. die Größe des Swap-Bereichs muß zumeist bei der Installation des Betriebssystems angegeben werden.

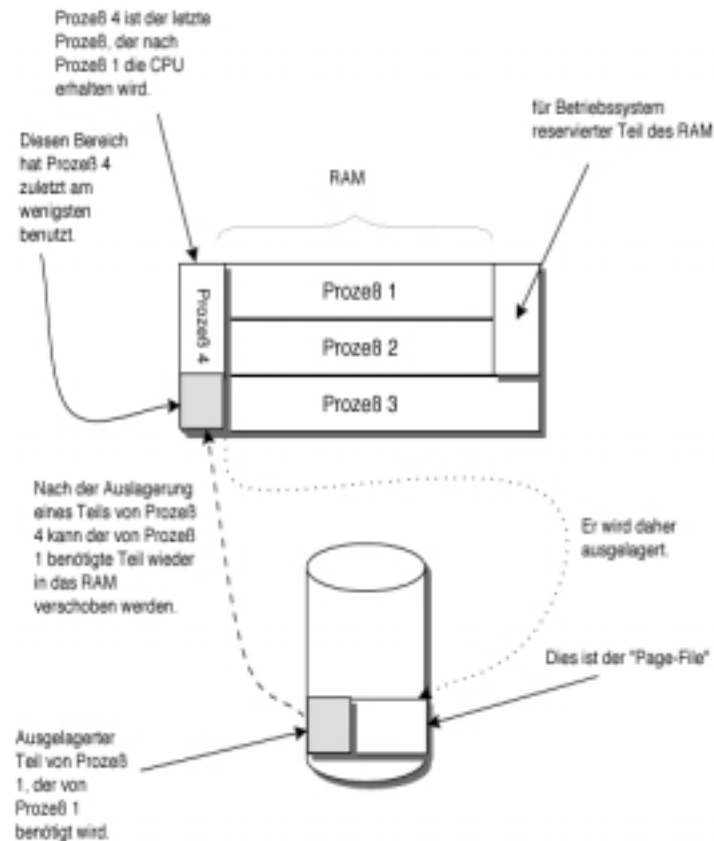


Abbildung 3. 15 Einladen von ausgelagerten Prozeßteilen

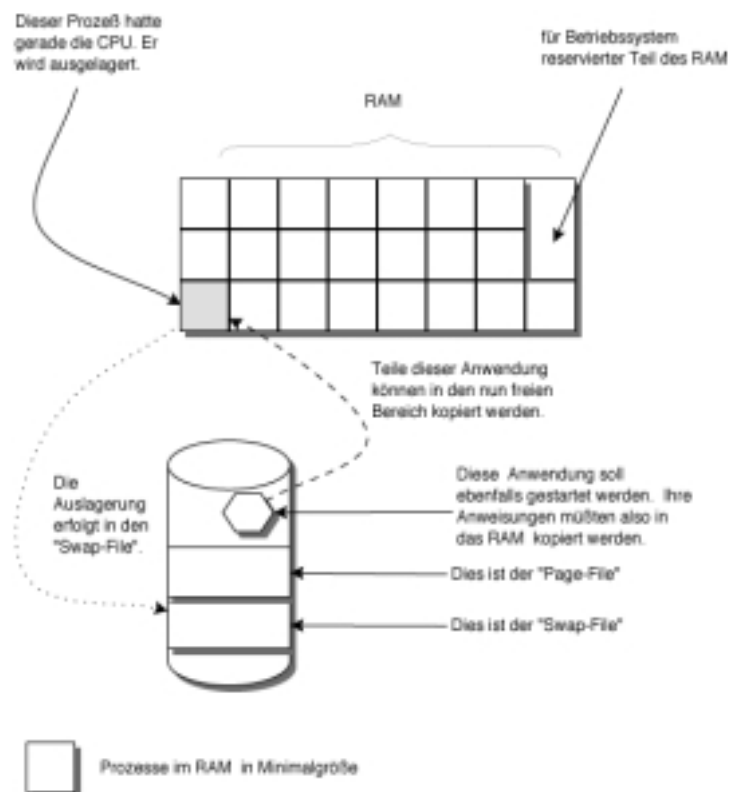


Abbildung 3. 16 Swappen

3.1.6 Deadlock-Problematik

Prozesse in Multitasking-Systemen können sich gegenseitig blockieren. Solch eine Blockade nennt man Deadlock. Ich erläutere dies am Beispiel zweier Prozesse (Prozeß 1 und Prozeß 2), die zwei gleiche Dateien (Datei A und Datei B) zur Ausführung benötigen (*Abbildung 3. 17* und *Abbildung 3. 18*).

Prozeß 1 in *Abbildung 3. 17* ist rechnend (vgl. 3.1.2 *Prozeßzustände*). Er fordert Datei

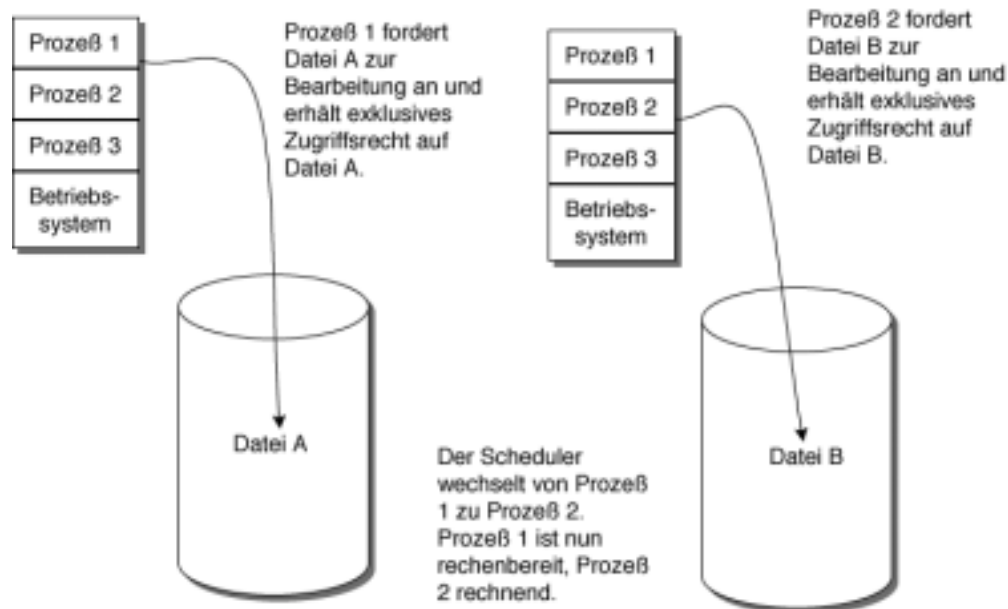


Abbildung 3. 17 Deadlock-Problematik 1

A an und erhält exklusives Schreibrecht auf Datei A. Der Scheduler teilt Prozeß 2 die CPU zu, Prozeß 1 ist nun rechenbereit, Prozeß 2 rechnend. Prozeß 2 in *Abbildung 3. 17* fordert nun Datei B an und erhält exklusives Schreibrecht auf Datei B. Der Scheduler teilt Prozeß 3 die CPU zu, Prozeß 1 und Prozeß 2 sind rechenbereit, Prozeß 3 ist rechnend. Nachdem Prozeß 3 seine CPU-Zeit verbraucht hat, teilt der Scheduler wieder Prozeß 1 die CPU zu (*Abbildung 3. 18*). Prozeß 2 und Prozeß 3 sind rechenbereit, Prozeß 1 ist rechnend.

Prozeß 1 fordert nun Datei B zur exklusiven Bearbeitung an (linke gestrichelte Linie in *Abbildung 3. 18*). Datei B ist aber von Prozeß 2 belegt, daher kann Prozeß 1 Datei B derzeit nicht erhalten. Prozeß 1 ist blockiert. Der Scheduler teilt nun Prozeß 2 die CPU zu. Prozeß 2 fordert nun Datei A zur exklusiven Bearbeitung an (rechte gestrichelte Linie in *Abbildung 3. 18*). Datei A ist aber von Prozeß 1 belegt, daher kann Prozeß 2 Datei A derzeit nicht erhalten. Prozeß 2 ist blockiert und Prozeß 3 erhält die CPU.

In diesem Szenario können Prozeß 1 und Prozeß 2 den Zustand blockiert nicht verlassen und können daher nie wieder rechnen. Die einzige Möglichkeit, die Blockade zu beenden, ist, die Dateien, die die beiden Prozesse im Zugriff haben (Prozeß 1 Datei A und Prozeß 2 Datei B), freizugeben ohne die gewünschte Bearbeitung durchgeführt zu haben. Programmierer implementieren daher Zeitschranken (Time-Outs) bei der Realisierung ihrer Programme. Kann eine benötigte Ressource des Computers (in unserem Fall eine Datei) nach einer gewissen Zeit (Ablauf des Time-Outs) nicht allokiert werden, werden alle bereits allokierten Ressourcen des Rechners wieder freigegeben.

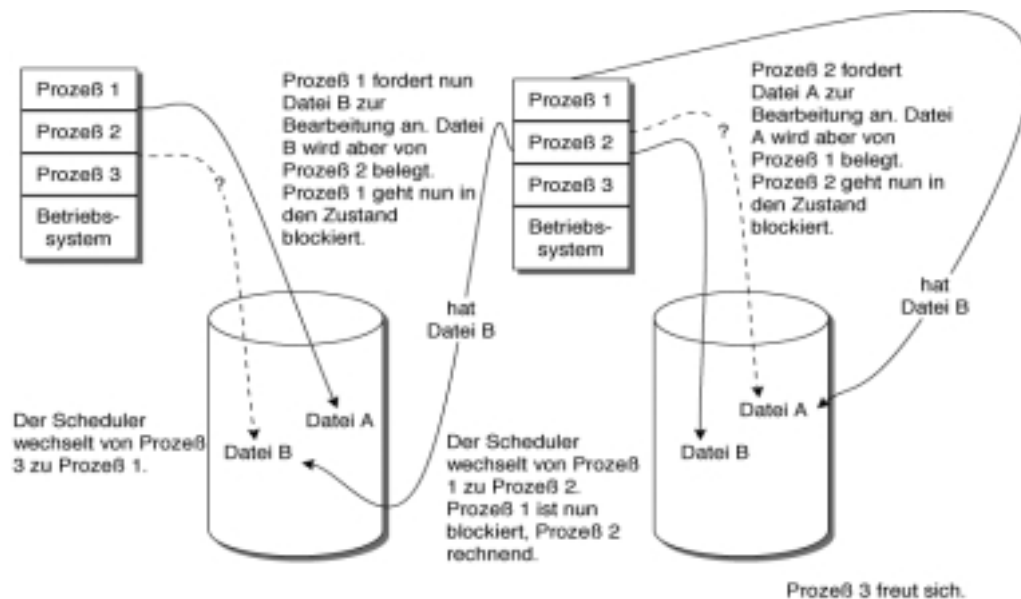


Abbildung 3. 18 Deadlock-Problematik 2

Nach einer gewissen Zeit kann dann ein neuer Versuch durchgeführt werden, die Verarbeitung durchzuführen.

3.2 Das Mehrbenutzerkonzept (Multi-User-Systeme)

Viele Anwendungsfälle in der Informatik machen es zwingend erforderlich, den Anwender einer Rechenanlage zu identifizieren. Hierzu einige Beispiele:

- *Home-Banking:* Home-Banking bedeutet, daß Sie sich in den Rechner Ihres Kreditinstituts von "zu Hause" einwählen (normalerweise über das Telefonnetz) und dann Ihre Geldgeschäfte erledigen. Dies bedeutet z.B., daß Sie Ihren Kontostand abfragen oder Überweisungen tätigen können. Wahrscheinlich möchten Sie aber nicht, daß jemand anderes auf diesem Wege Zugang zu Ihrem Konto erlangt. Daher müssen Sie sich hier vor Beginn der Transaktionen bei dem Computer Ihres Kreditinstituts ausweisen. Die Eingabe Ihrer Kontonummer reicht dazu nicht aus, da Ihre Kontonummer vielleicht vielen anderen bekannt ist (Sie müssen Ihre Kontonummer z.B. jedem nennen, der Ihnen Geld überweisen will und Geld überwiesen zu bekommen ist ja eigentlich ganz schön). Der Computer Ihres Kreditinstituts fragt daher im Regelfall von Ihnen einen Benutzernamen (der dem Kreditinstitut und Ihnen bekannt ist) und ein Paßwort ab. Das Paßwort vergeben Sie selbst (es sollte keiner außer Ihnen kennen). Das Paßwort wird dann auf dem Computer Ihres Kreditinstituts in verschlüsselter Form abgelegt (damit es kein Mitarbeiter des Kreditinstituts erfährt). Bei Ihrer Anmeldung vergleicht das Betriebssystem des Computers dann die Informationen, die Sie eingeben, mit den auf der Rechenanlage hinterlegten. Nur wenn Sie diese übereinstimmen erhalten Sie Zugang zu Ihrem Konto.
- *Klausuren:* Wenn ich Klausuren vorbereite, möchte ich nicht unbedingt, daß Studenten vor dem Klausurtermin Einsicht in die Klausuren erhalten (obwohl das die Korrektur doch verkürzen könnte). Ich könnte nun die Klausuren lokal

auf dem Rechner in meinem Büro schreiben und darauf achten, daß die Bürotür ständig verschlossen ist, wenn ich mein Büro verlasse. Dies hat mehrere Nachteile:

- o Ich habe nur in meinem Büro Zugang zu diesen Daten.
- o Erhält jemand Zugang zu meinem Büro, hat er bei einem Fehlen weiterer Sicherkonzepte ohne weiteres Zugang zu der Klausur.
- o Die Datenbestände auf dem zentralen Rechner in der Informatik (unserem "Server") werden jede Nacht automatisch gesichert. Die Gefahr eines Datenverlustes besteht also nicht. Würde ich meine Daten nicht dort ablegen, müßte ich für die Sicherungen selber sorgen.

Einfacher ist es, wenn ich mich bei Beginn der Arbeit mit Benutzernamen und Paßwort auf unserem Server identifiziere und meine Daten dann dort so ablege, daß nur ich (oder jemand anderes, der meinen Benutzernamen und mein Paßwort kennt) Zugriff auf diese Daten hat.

- *Personal Daten:* In Unternehmen werden persönliche Daten der Mitarbeiter verwaltet. Diese Daten müssen verschiedenen Personenkreisen zugänglich sein (Personalabteilung, Geschäftsführung), anderen wiederum nicht. Sie müssen also auf einer zentralen Rechenanlage vorgehalten werden (wegen des Zugriffs von verschiedenen Leuten), andererseits muß sichergestellt werden, daß Unberechtigte keinen Zugriff haben.

Mehrbenutzerkonzepte unterstützende Betriebssysteme heißen Multiuser-Systeme. Multiuser-Systeme fragen, bevor Sie einem Benutzer Zugang zum Rechner gewähren, einen Benutzernamen und ein Paßwort ab. Nur wenn der Benutzername gültig ist und das Paßwort mit dem auf dem Computer hinterlegten Paßwort übereinstimmt, erhält der Benutzer Zugang zum Rechner (oder zu einem zentralen Server). Der Benutzername heißt auch Anmelde- oder Loginname, der Anmeldevorgang einloggen (vgl. *Abbildung 3. 19*).

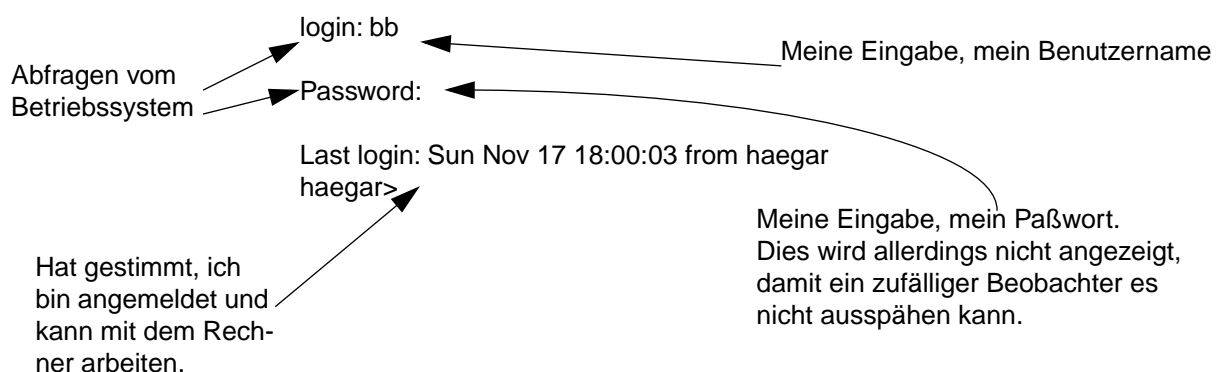


Abbildung 3. 19 Anmeldevorgang

Paßworte sollten so gewählt sein, daß sie nicht leicht erratbar sind. Vornamen von Freund oder Freundin, bzw. Namen von Wellensittichen, Hunden oder Katzen bieten

sich nicht gerade an. Im Informatikbereich sind Paßworte von wichtigen Benutzern mindestens 10 Zeichen lang und umfassen Buchstaben, Zahlen und Sonderzeichen.

3.2.1 Der Systemadministrator (Superuser)

Die Benutzer von Multiuser-Anlagen müssen eingerichtet und verwaltet werden. Dazu besitzen Multiuser-Betriebssysteme einen speziellen Benutzer, den Systemadministrator. Der Systemadministrator hat das Recht, Benutzer anzulegen, zu verändern und zu löschen. Der Systemadministrator kann z.B. auch Paßworte anderer Benutzer verändern⁴⁴. Hat der Systemadministrator sein Paßwort vergessen, ist die Lage kritischer. Abhängig von der Sicherheitsstufe des Systems kann es sein, daß der Systemadministrator keinen Zugang zum Rechner mehr erhält und das Betriebssystem neu installiert werden muß (mit allen negativen Konsequenzen).

Dem Systemadministrator obliegt des weiteren die Verwaltung der Rechenanlage. Er bestimmt, welcher Benutzer welche Plattenbereiche, welchen Drucker, etc. benutzen darf. Er nimmt alle Umkonfigurierungen des Systems (z.B. bei Hardware Änderungen) vor.

3.2.2 Das Benutzer- und Berechtigungskonzept in UNIX

Im folgenden skizziere ich kurz das Benutzerkonzept des UNIX-Betriebssystems⁴⁵. Die Benutzerkonzepte aller anderen Multiuser-Systeme weichen nur wenig vom hier dargestellten Konzept ab⁴⁶. Der Systemadministrator in UNIX-Systemen heißt root.

Benutzereinrichtung

Jeder Benutzer erhält bei der Einrichtung eine Benutzer-ID (vgl. *Abbildung 3. 20* Feld Benutzer-ID). Diese Benutzer-ID ist eindeutig. Zwei unterschiedliche Benutzer haben unterschiedliche Benutzer-IDs. Anhand der Benutzer-ID werden die einzelnen Benutzer vom Betriebssystem unterschieden. Ein Benutzer erhält einen vollständigen Namen (im Regelfall den wirklichen Namen⁴⁷) und einen Anmeldenamen (im Normalfall eine Abkürzung des wirklichen Namens des einzurichtenden Benutzers). Wir verwenden z.B. Initialen als Anmeldenamen⁴⁸. Die Anmeldennamen müssen natürlich auch eindeutig sein.

Der Systemadministrator richtet für den Benutzer ein erstes Paßwort ein. Aus Sicherheitsgründen wird das Paßwort (*Abbildung 3. 20*) am Bildschirm nicht dargestellt. Bei seiner ersten Anmeldung wird der Benutzer vom Betriebssystem gezwungen, das voreingestellte Paßwort in ein individuelles Paßwort zu ändern.

Jeder Benutzer erhält einen Bereich der zentralen Festplatten zugeordnet (Feld Heimverzeichnis in *Abbildung 3. 20*). Hier kann er seine privaten Dateien erstellen. *Abbildung 3. 21* zeigt den Plattenbereich der Benutzer des Servers im Informatikbereich (Auszug).

44. Was insbesondere dann wichtig ist, wenn jemand sein Paßwort vergessen hat.

45. UNIX ist also ein Multiuser-System.

46. So ist zum Beispiel die Terminologie manchmal ein wenig anders.

47. Dies ist hauptsächlich für E-Mail.

48. Natürlich nur solange die Initialen eindeutig sind.

Benutzer-Daten

Voller Benutzername: Bernd Bluemel

Benutzername: bb

Paßwort:

Voreingestellte Gruppe: info

Benutzer-ID: 100

Heimverzeichnis: /Net/helga/Benutzer/bb

Login-Shell: /bin/csh

Sprache: Deutsch

Abbildung 3.20 Einrichten eines Benutzers

Name	Größe	Änderungsdatum	Zugriffsrechte	Eigentümer	Gruppe
gruppe4	---	Feb 07 1995	drwxr-xr-x	gruppe4	student
gruppe5	---	Jun 11 12:31	drwxr-xr-x	gruppe5	student
gruppe6	---	Feb 07 1995	drwxr-xr-x	gruppe6	student
gruppe7	---	Jun 11 14:50	drwxr-xr-x	gruppe7	student
gruppe8	---	Feb 07 1995	drwxr-xr-x	gruppe8	student
gruppe9	---	Jun 26 10:23	drwxr-xr-x	gruppe9	student
gs	---	Okt 29 12:30	drwx----	gs	info
hdw	---	Feb 07 1995	drwxr-xr-x	hdw	technik
ijs	---	Nov 29 12:01	drwxr-xr-x	ijs	info
ip	---	Jun 02 1995	drwxr-xr-x	ip	other
is	---	Nov 19 14:47	drwxr-xr-x	is	info
kw	---	Aug 29 14:19	drwxr-xr-x	kw	technik
jb	---	Nov 07 1995	drwx----	jb	info
jh	---	Okt 24 17:08	drwxr-xr-x	jh	info
jhp	---	Aug 23 14:45	drwxr-xr-x	jhp	info
jl	---	Nov 19 09:04	drwxr-xr-x	jl	bwl
jt	---	Dez 16 1994	drwxr-xr-x	jt	info
kdk	---	Jun 25 16:10	drwxr-xr-x	kdk	info

Abbildung 3.21 Plattenbereiche für die Benutzer des Informatik-Servers

Darüberhinaus erhält jeder Benutzer eine oder mehrere Gruppen-Identitäten zugeordnet. *Abbildung 3.22* zeigt die Gruppenzugehörigkeiten der Benutzer im Informatikbereich. Ich (Benutzer bb) bin z.B Mitglied der Gruppen "internet" und "info". Michael Grillo (Benutzer mg) ist Mitglied nur einer Gruppe, der Gruppe "info". Die Bedeutung des Gruppenkonzepts wird im folgenden bei der Betrachtung des Dateikonzepts beschrieben.

Gruppenname	Gruppennummer	Angehörige der Gruppe (Benutzernamen)
wheel:	0	root,me
nogroup:	-2	
other:	20	jhp,oracle,db,ad,mt,jt,mm,gast,dz, student,ip,ll,ar,kdk,ek,jl,gh,tw,ijs,ur,fs,iv1 ,iv2,iv3,iv4,iv5,iv6,iv7,iv8,iv9,iv10,ivd,ftp
info:	21	bb,is,gs,jh,jhp,mg,db,fk,ad,mh,jb,ws,jt, mm,ip,ll,md,mw
student:	22	student,ppn,mk,gruppe1,gruppe2, gruppe3,gruppe4,gruppe5,gruppe6,gruppe7, gruppe8,gruppe9,gruppe10,gruppe11, gruppe12,cp,fs,ms
technik:	23	iw,hdw,lk
bwl:	100	jl,cag
iv:	101	iv1,iv2,iv3,iv4,iv5,iv6,iv7,iv8,iv9,iv10,ivd
internet:	103	bb,is,cag,lk,iw,ms

Abbildung 3. 22 Gruppenzugehörigkeit der Benutzer in der Informatik (Auszug)

Das Dateikonzept

Jede Datei (und jedes Verzeichnis) in UNIX hat einen Eigentümer und eine Eigentümergruppe. Der Eigentümer ist zunächst derjenige, der die Datei erstellt hat (alle Dateien, die ich erstelle, gehören also zunächst mir). Die Eigentümergruppe ist zunächst die voreingestellte Gruppe (*Abbildung 3. 20* Feld Voreingestellte Gruppe).

Der Eigentümer einer Datei (oder eines Verzeichnisses) vergibt Zugriffsrechte für die Datei (oder für das Verzeichnis). Es gibt drei unterschiedliche Zugriffsrechte:

- read (lesen), abgekürzt r.
- write (schreiben), abgekürzt w.
- execute (ausführen), abgekürzt x.

Die Sinn oben genannter Zugriffsrechte für Dateien ergibt sich aus den Wortbedeutungen. Jeder, der die Leseberechtigung für eine Datei besitzt, kann sich den Inhalt der Datei ansehen. Besitzt er zusätzlich Schreibberechtigung darf er den Inhalt der Datei verändern oder die Datei löschen (ohne Schreibberechtigung ist dies nicht möglich). Das Execute-Recht bedeutet, daß eine Datei ausgeführt werden darf (ihre Anweisungen dürfen in das RAM kopiert und der CPU zur Ausführung übergeben werden (vgl. *Kapitel 2. 1*)). Dies ist nur für Programme und Batch-Dateien (Shell Scripts) sinnvoll.

Das Leserecht für Verzeichnisse erlaubt, die Namen der Dateien innerhalb des Verzeichnisses zu sehen. Um sich die Datei selbst anzusehen, benötigt man (s.o.) zusätzlich Leserecht für die Datei. Um Dateien innerhalb eines Verzeichnisses anzulegen, ist Schreibrecht für das Verzeichnis notwendig (um die Datei hinterher zu verändern auch Schreibrecht für die Datei). Das Execute-Recht für ein Verzeichnis berechtigt, in dieses Verzeichnis zu wechseln. Benutzer ohne dieses Recht sehen zwar, daß ein Verzeichnis existiert, können aber nicht in dieses Verzeichnis (und damit auch in kein darunterliegendes) wechseln⁴⁹.

Die Zugriffsrechte können unterschiedlich sein für:

- den Eigentümer.
- die Eigentümergruppe.
- den Rest der Benutzer des Systems.

In *Abbildung 3. 23* gehören alle Dateien dem Benutzer bb (vorletzte Spalte), die Eigentümergruppe ist "info" (letzte Spalte). Alle Dateien in der *Abbildung* weisen dieselben Zugriffsrechte auf (drittletzte Spalte):

- der Eigentümer (bb) darf die Dateien lesen und schreiben, aber nicht ausführen (rw-).
- die Mitglieder der Eigentümergruppe (vgl. *Abbildung 3. 22*) dürfen die Dateien lesen, aber weder schreiben noch ausführen (r--).
- alle anderen Benutzer des Systems dürfen die Dateien lesen, aber weder schreiben noch ausführen (r--).

Die Zugriffsrechte für die Eigentümergruppe und alle anderen Benutzer stimmen in diesem Beispiel also überein.

In *Abbildung 3. 24* sind die Verzeichnisse (zu erkennen am d in Spalte Zugriffsrechte) FuerAlle, Games und InterNetTools zu sehen. FuerAlle hat den Eigentümer root und die Eigentümergruppe "info". In FuerAlle dürfen root (Berechtigung "rwx") und alle Mitglieder der Gruppe "info" (Berechtigung "rwx") (vgl. *Abbildung 3. 22*) hineinwechseln (x), sich die Dateien dort ansehen (r) und neue Dateien erzeugen. Alle anderen Benutzer des Systems dürfen dort nichts (Berechtigung "---"). Sie sehen zwar, daß es dieses Verzeichnis gibt, können aber nicht hineinwechseln. FuerAlle benutzen wir für den internen Datenaustausch in der Informatik. Die Ermittlung der Zugriffsrechte für die anderen in *Abbildung 3. 24* zu sehenden Verzeichnisse bleibt Ihnen als Übungsaufgabe überlassen.

Die Zugriffsrechte müssen nicht jeder Datei einzeln zugewiesen werden. Jeder Benutzer kann Zugriffsrechte individuell voreinstellen. *Abbildung 3. 25* zeigt meine Voreinstellungen.

49. Die Dateien, die ich erzeuge, befinden sich z.B. im Verzeichnis Daten in meinem Heimatverzeichnis. Für das Verzeichnis Daten habe nur ich die Execute-Erlaubnis. Dies bedeutet, daß nur ich in dieses Verzeichnis wechseln darf. In Unterverzeichnissen von Daten sind beispielsweise auch meine Klausuren. Dennoch kann kein Student sich die Klausuren ansehen, da niemand (außer mir) in das Verzeichnis Daten wechseln darf.

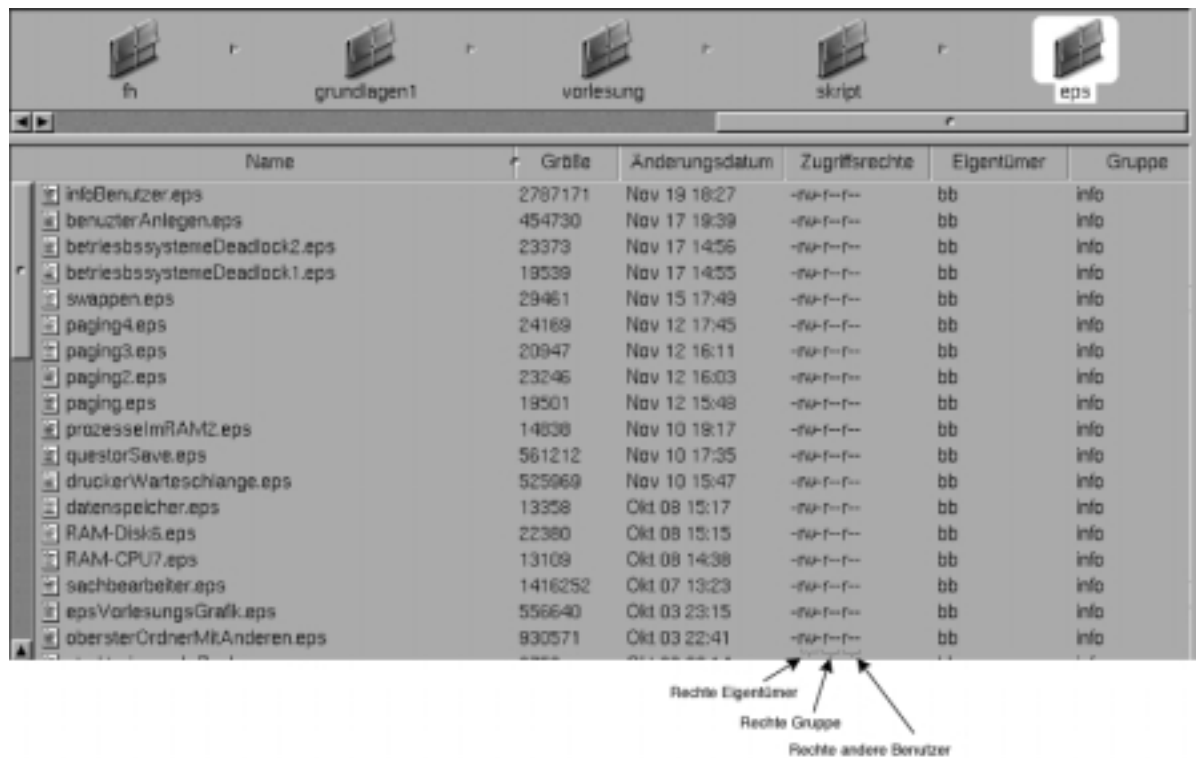


Abbildung 3.23 Rechte und Dateien

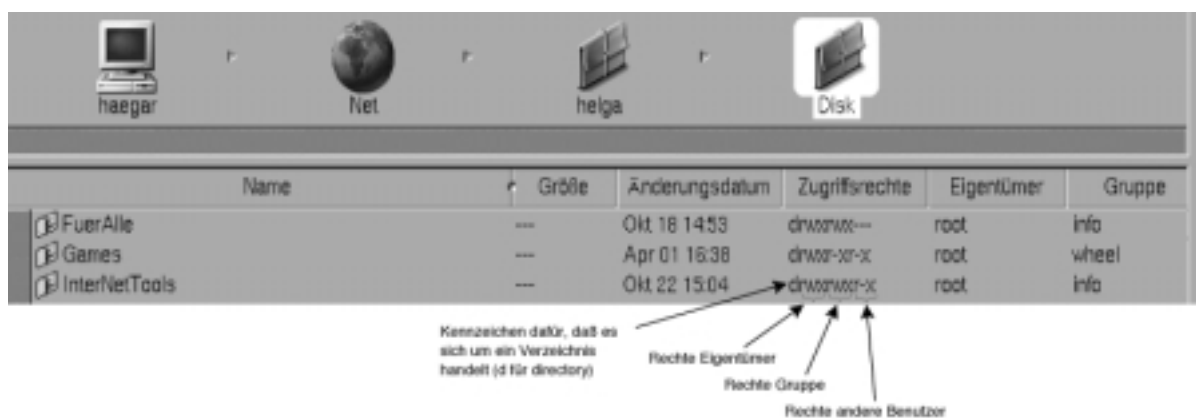


Abbildung 3.24 Rechte und Verzeichnisse

Die Zugriffsrechte auf Dateien (oder Verzeichnisse) können jederzeit geändert werden. Manche Anwendungen lassen sogar ein Überschreiben der Voreinstellungen beim Sichern einer Datei zu (vgl. *Abbildung 3.26* Abschnitt Permissions, Group bedeutet Eigentümergruppe, Public alle anderen Benutzer).

Der Eigentümer einer Datei (und root, der Systemverwalter) können darüberhinaus den Eigentümer und die Eigentümergruppe verändern. Meine voreingestellte Eigentümergruppe ist z.B. "info". Wenn ich jedoch Dateien für unsere Internetrepräsentanz erzeuge, ändere ich die Eigentümergruppe hinterher auf "internet" und die Zugriffsrechte so, daß die Mitglieder der Eigentümergruppe die Datei verändern dürfen. In der Gruppe "internet" sind nämlich alle diejenigen Benutzer, die Dateien für das Internet erstel-

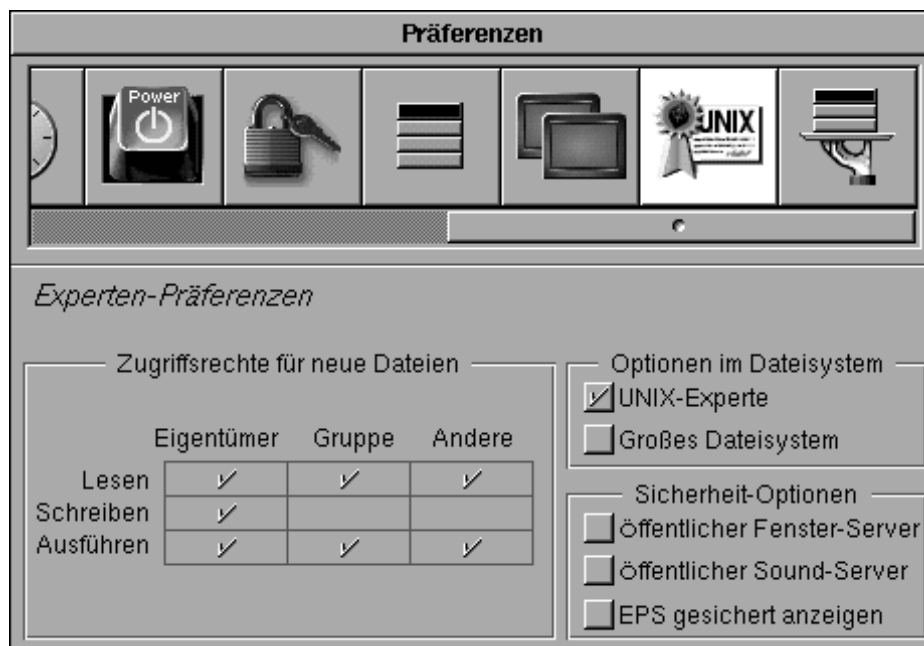


Abbildung 3.25 Voreinstellungen Zugriffsrechte

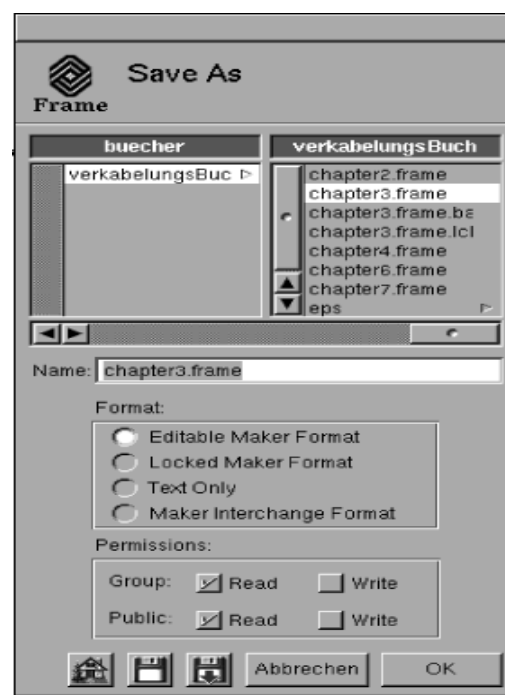


Abbildung 3.26 Überschreiben der Zugriffsrechte Voreinstellung

len und ändern dürfen. Viele Benutzer der Gruppe “info” haben jedoch mit Dateien für das Internet nichts zu tun.