

Manfred Precht, Nikolaus Meier, Dieter Tremel

EDV-Grundwissen

**Eine Einführung in Theorie und Praxis
der modernen EDV**

7., aktualisierte Auflage



ADDISON-WESLEY

An imprint of Pearson Education

München • Boston • San Francisco • Harlow, England
Don Mills, Ontario • Sydney • Mexico City
Madrid • Amsterdam

3 Datenerfassung und Peripheriegeräte

Die Erfassung, Verwaltung und Ausgabe von Daten hat schon vor dem Zeitalter der elektronischen Datenverarbeitung in vielen Bereichen eine große Rolle gespielt (Forschung, Verwaltung, Logistik etc.). Mit der EDV werden allerdings um viele Größenordnungen umfangreichere Datenmengen bearbeitet. Dabei treten völlig neuartige Gesichtspunkte in Bezug auf die Erfassung, Organisation und Ausgabe von Daten auf. Eine Reihe technischer Entwicklungen in der Peripherie der Rechner dient dazu, diese Aufgaben schnell und zuverlässig auszuführen. Zu den *Peripheriegeräten* zählt man vor allem *Eingabegeräte*, *Ausgabegeräte* und *externe Speicher* externer Speicher (Speicher, die nicht direkt von der Zentraleinheit adressiert werden).

Als *stationäre* Datenerfassung bezeichnet man die Dateneingabe auf einer fest installierten Anlage. Demgegenüber findet die *mobile* Datenerfassung am Ort der Datenentstehung (Versuchsfeld, Auslieferfirma etc.) statt. Dazu werden kleine, tragbare PCs oder spezielle Handgeräte von der Größe eines Taschenrechners verwendet. Da die Daten auf diesen Geräten bereits in maschinenlesbarer Form vorliegen, können sie einfach auf eine zentrale Anlage übertragen werden. Die mobile Datenerfassung fasst in vielen Bereichen Fuß, angefangen bei Bestandsaufnahmen im Forst bis hin zu Firmenlieferanten oder Paketzustelldiensten.

Die *zentrale Datenerfassung* bedingt eine Zusammenführung aller in einem mehr oder weniger ausgedehnten Bereich gewonnenen Daten an einem zentralen Ort anschließender Eingabe. Bei der *dezentralen Datenerfassung* werden die Daten an den verschiedenen Orten der Datenentstehung unabhängig voneinander eingegeben und über entsprechende Kommunikations- oder Versandwege an einer zentralen Stelle gesammelt. In Zukunft wird die dezentrale Datenerfassung die zentrale immer weiter verdrängen. Mit entscheidend für diese Entwicklung ist der starke Preisrückgang bei den PCs und die rasche Entwicklung auf dem Gebiet der mobilen Datenerfassung und Kommunikation. Für verschiedene Anwendungen werden zunehmend branchenspezifische Erfassungsgeräte für die dezentrale Erfassung eingesetzt (Datenkassen, optische Handleser, Geldausgabeautomaten, elektronische Notizbücher). Die Überlegungen gehen dahin, möglichst viele Datenerfassungsfunktionen zu automatisieren und die Erfassung direkt an Auswertungsprogramme zu koppeln oder die Daten so zu erfassen, dass sie zumindest für die Übertragung in andere Programme geeignet sind. Es sind bereits Systeme im Einsatz, die z.B. über Chipkarten und berührungslose Leser automatisch die Arbeitszeit auf Baustellen erfassen oder Straßenbenutzungsgebühren per Funktelefon an eine Zentrale übermitteln.

3.1 Eingabegeräte

Die Datenerfassung und Dateneingabe stellt eine Art Brücke zwischen Mensch bzw. Umwelt und dem Computer dar. Der Anwender muss sich dem Computer anpassen, wenn eine Kommunikation zwischen Mensch und Maschine möglich sein soll. Der Trend allerdings geht dahin, dass der Computer wesentlich mehr dem Menschen angepasst wird als umgekehrt. So versucht man, Texte als gesprochene Worte über ein Mikrofon einzugeben oder direkt handschriftlich zu erfassen. Das Entgegenkommen des Menschen besteht dann lediglich darin, klar und langsam zu sprechen bzw. deutlich zu schreiben. Zwei Bedingungen laufen einander bei der Datenerfassung zuwider: Die Daten sollen möglichst *schnell*, aber auch möglichst *zuverlässig*, also korrekt erfasst werden. Es ist ein durchaus übliches Verfahren, dass man dieselben Zahlenreihen von zwei Personen unabhängig eingeben lässt, um mögliche Falscheingaben durch einen direkten Vergleich zu erkennen. Man halbiert damit die Eingabegeschwindigkeit zugunsten höherer Zuverlässigkeit.

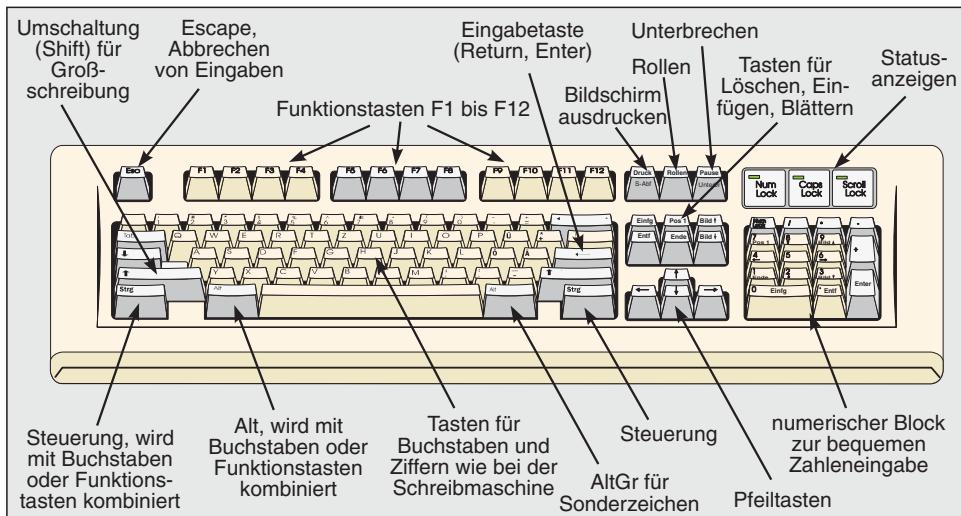


Abbildung 3.1: Standardtastatur mit 12 Funktionstasten und abgesetztem Ziffernblock

3.1.1 Tastatur

Am häufigsten werden Texte oder Zahlen über eine schreibmaschinenähnliche *Tastatur* (Engl. *Keyboard*) eingegeben. Die eingetippten Zeichen werden am Bildschirm dargestellt, so dass der Bearbeiter sieht, was er geschrieben hat. Gleichzeitig speichert der Computer die Zeichen in seinem Arbeitsspeicher und sichert sie nach Beendigung der Eingabe auf einem dauerhaften Speichermedium. Eine Standardtastatur für PCs stellt neben den Buchstaben und Zahlen auch einige Tasten zur Steuerung des Eingabeprogramms bereit: die Funktionstasten (**F1** bis **F12**) mit programmabhängiger Wirkung, Lösch-Taste **Entf**, Einfüge-Taste **Einfg**, Tasten zum Blättern am Bildschirm und zur

Bewegung des *Cursors* [das ist ein blinkendes Zeichen, das angibt, an welcher Stelle des Bildschirms man gerade schreiben kann], eine Taste zum Ausdrucken des Bildschirminhalts ([Druck]) und einige weitere. Mit der Verbreitung von Windows als Quasistandardbetriebssystem am Arbeitsplatzrechner haben sich Tastaturen mit einigen Spezialtasten zum direkten Aufruf ausgewählter Betriebssystemfunktionen durchgesetzt, ähnlich wie dies bei den Rechnern des Mitbewerbers Apple schon früher der Fall war. Bekanntestes Beispiel ist der Aufruf des Windows Explorer mittels der Tastenkombination WINDOWS+E (vgl. Abbildung 3.1.1. Tastatur). Komfortable Tastaturen brauchen kein Kabel zum Computer, sondern senden die Tastenanschläge per Funk an den Rechner.



Abbildung 3.2: Bildschirmtastatur unter Windows 2000 als einfache Eingabehilfe

3.1.2 Eingabehilfen

Um die Dateneingabe übersichtlich zu gestalten, verwendet man so genannte *Eingabemasken* (vgl. Abbildung 3.2). Dabei erscheinen auf dem Bildschirm verschiedene *Felder*, in die z.B. Name, Vorname und Adresse eines Kunden eingegeben werden können. Eine automatische *Plausibilitätsprüfung* der eingegebenen Daten ist möglich, sofern Kriterien für gültige Werte vorgegeben sind. Fehler können dann schon bei der Eingabe erkannt werden. Die Eingabegeschwindigkeit über die Tastatur ist relativ niedrig, selten über 15 000 Zeichen pro Stunde bei fließendem Text. Aus technischen Gründen kann man einen unvorhergesehenen Systemausfall (z.B. bei Stromausfall) nicht ausschließen. Um sich vor Verlusten zu schützen, sollte man deshalb in regelmäßigen Abständen *sichern*, d.h. die Daten vom *Arbeitsspeicher* auf ein dauerhaftes Medium kopieren. Ausgefeilte Eingabesysteme übernehmen diese Aufgabe selbstständig und können so Verluste durch plötzlichen Systemausfall fast immer auf wenige Eingabezeilen begrenzen.

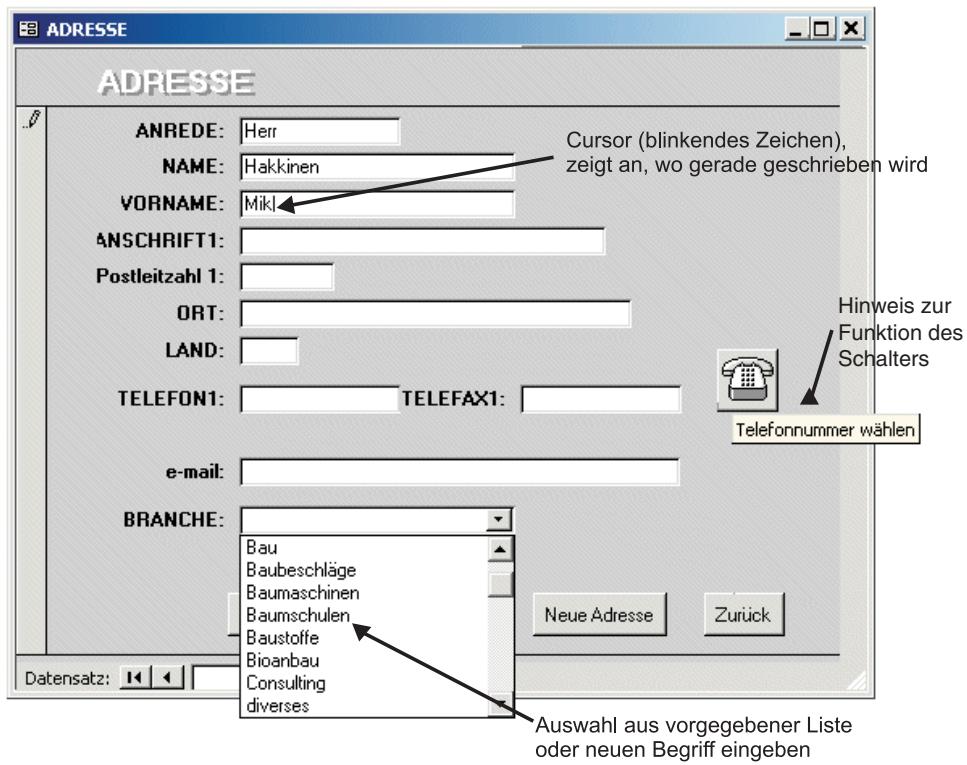


Abbildung 3.3: Beispiel für eine Eingabemaske

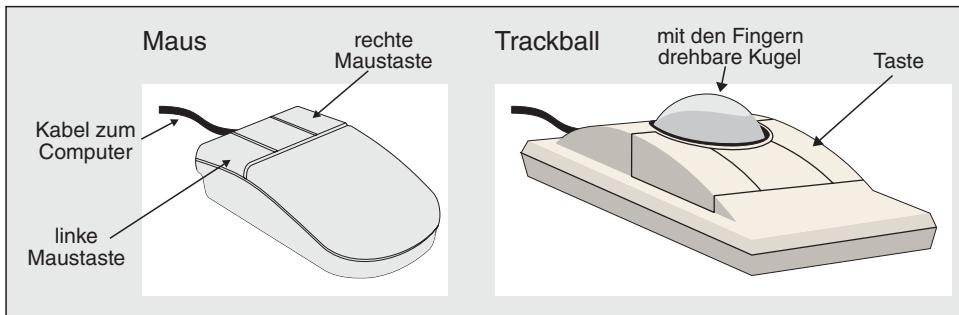


Abbildung 3.4: Maus und Trackball

3.1.3 Maus

Bei der Bedienung von Programmen kann neben der Tastatur die *Maus* benutzt werden. Eine Maus überträgt die Bewegung, die man mit ihr auf dem Schreibtisch ausführt, auf ein besonderes Symbol – den *Mauszeiger* – auf dem Bildschirm. Das Abtasten

der Bewegung übernimmt eine unten in die Maus eingebaute Rollkugel oder ein optisches Element, das die Bewegung über dem Untergrund erfasst. Eine Maus hat ein bis drei Tasten und neuerdings zusätzlich auch ein kleines Drehrädchen, das unter Windows zum vertikalen Rollen des Fensterinhalts verwendet werden kann. Bei den meisten Programmen werden nur die linke und die rechte Maustaste verwendet, auch wenn dazwischen noch eine dritte Taste angebracht ist. Das Drücken einer Maustaste bezeichnet man als *Klicken*. Man kann die Maus auf ein entsprechendes Symbol oder auf einen Texteintrag auf dem Bildschirm richten und durch Anklicken eine Aktion auslösen. Alle modernen Computerprogramme mit *grafischer Benutzeroberfläche* (siehe Abschnitt 8.1.1 „Benutzeroberfläche“) werden mit der Maus bedient. Während Apple-Computer schon früh serienmäßig mit einer Maus ausgerüstet waren, gelang ihr der Durchbruch am PC erst um 1990. Weil das Kabel, das die Mausposition dem Computer übermittelt, bisweilen im Wege liegt, hat man die drahtlose Infrarot- oder Funkübertragung der Mausdaten zum Computer entwickelt. Neben proprietären Lösungen einzelner Anbieter, die nicht mit den Komponenten anderer Hersteller zusammenarbeiten, gilt im Funknahbereich bis etwa zehn Meter mittlerweile Bluetooth (siehe Abschnitt 3.8.4 „Bluetooth“) als neuer Standard.

Microsoft hat bereits 2002 ein Set, das aus kabellosem Keyboard und kabelloser Maus besteht, angeboten, das sich der Bluetooth-Funktechnik bedient. Dazu gehört selbstverständlich ein passender PC-Adapter. Dieser Bluetooth-Adapter hat den Vorteil, dass auch andere Bluetooth-Geräte andocken können. Belkin bietet ebenfalls eine Bluetooth-Wireless-Optical-Maus an, die bis zu zehn Meter Entfernung überbrücken kann. Der mitgelieferte USB-Adapter für Bluetooth rüstet den Computer für den Kurzstreckenfunk auf und arbeitet mit den gängigen Betriebssystemen zusammen. Als Kommunikationsprotokoll wird das im Bluetooth-Standard festgelegte Human-Interface-Device-Profil (HID-Profil) verwendet. Als Nebeneffekt ergibt sich auf diese Weise die Möglichkeit, mit anderen Bluetooth-konformen Geräten kabellos zu surfen, zu drucken oder zu vernetzen.

3.1.4 Trackball

Weil man mit der Maus doch einen gewissen Platz auf dem Schreibtisch zum Hin- und Herschieben benötigt, wurden so genannte *Trackballs* entwickelt, die die gleiche Funktion wie eine Maus haben und ebenso konstruiert sind, nur dass das bewegliche Element (ein kleiner, drehbar gelagerter Ball) nach oben weist. Der Zeiger auf dem Bildschirm wird durch Drehung des Balls mit der Hand verschoben. Vor allem bei tragbaren Computern ersetzt man damit die Maus.

3.1.5 Joystick

Man geht recht in der Annahme, aus dem Namen „Joystick“ zu schließen, dass dieses Eingabegerät nicht fürs Arbeiten, sondern für das Spielen am Computer entwickelt wurde. Ein Joystick dient vor allem zum Steuern jeglicher Fahrzeuge in Computerspielen, als da sind: Rennautos, Panzer, Flugzeuge, Raumschiffe etc. Zwei oder mehr Tasten dienen zum Auslösen von Aktionen, nicht selten das Abfeuern von Raketen aller Größenordnungen. Die neuesten „Force-Feedback-Joysticks“ geben ein besonders rea-

listisches Steuiergefühl, weil sie je nach Spielsituation der Auslenkung mit programmgesteuerter Kraft entgegenwirken können. Speziell für Fahrsimulatoren gibt es Varianten des Joysticks, die ein richtiges Lenkrad bieten.

3.1.6 Touchpad

Das *Touchpad* ersetzt ebenfalls die Maus und wird bei Notebooks und Laptops eingesetzt. Es besteht aus einer rechteckigen, berührungsempfindlichen Fläche von ca. sechs mal vier Zentimetern. In der Regel ist es direkt vor der Tastatur zusammen mit zwei Tasten eingebaut. Durch leichtes Bewegen eines Fingers über das Feld wird der Mauszeiger am Schirm bewegt. Ein leichtes Anschlagen mit dem Finger ersetzt einen Tastenklick an der Maus. Auch wenn die Bedienung etwas gewöhnungsbedürftig ist, ist es doch ein vollwertiger Mausersatz, der kein zusätzliches Gepäck erfordert.

3.1.7 Digitalisiertablett

Nach einem ähnlichen Prinzip wie die Maus arbeiten *Digitalisiertablets*. Zum einen können sie zur Auswahl von bestimmten Befehlen genutzt werden, die auf eine *Schablone* (Menüfeld) aufgemalt sind. Das Digitalisiertablett lokalisiert dabei, an welcher Stelle auf dem Tablett eine Berührung mit einem besonderen Stift stattgefunden hat. Eine wichtigere Rolle spielen Digitalisiertablets bei der direkten Eingabe von Daten, vorzugsweise von geografischen Karten. Man zielt dabei einzelne Punkte mit einer Art Fadenkreuz an und drückt dann eine Taste. Die x- und y-Koordinaten dieses Punktes werden dann automatisch auf mehrere Stellen genau gespeichert. Vorher muss allerdings eine entsprechende Justierung stattfinden. Während bei einer Maus immer nur die Bewegungen, also die Positionsänderungen, an den Computer weitergegeben werden, verwendet man beim Digitalisiertablett die absoluten Koordinaten des Stifts oder der Lupe auf dem Tablett. Es ist also nicht möglich, den Stift anzuheben und an anderer Stelle wieder aufzusetzen, um mehr Bewegungsspielraum für das Zeigegerät zu gewinnen.

3.1.8 ArtPad

Eine Kombination aus Maus und Digitalisiertablett stellen die *Artpads* dar. Sie arbeiten mit einer druckempfindlichen Unterlage (*Pad*) und einem Stift mit Schalter. Sie können sowohl als Mausersatz geschaltet sein, als auch wie kleine Digitalisiertablets arbeiten. Ihre Größe entspricht der eines Blattes im Format DIN A6 oder DIN A5. Der Clou dieser Eingabegeräte besteht darin, dass sie – geeignete Programme vorausgesetzt – auch die Andruckkraft des Stifts (in z.B. 256 Stufen) auswerten. In Mal- und Zeichenprogrammen kann man so z.B. die Strichstärke automatisch an die Andruckkraft anpassen. Wird der Stift herumgedreht, kann man damit „auf dem Bildschirm radieren“.



Abbildung 3.5: Berührungsempfindlicher Bildschirm (Touchscreen) an einem Verkaufsautomaten

3.1.9 Berührungsempfindliche Monitore

Für die Befehlseingabe mit den Fingern *auf* dem Bildschirm selbst gibt es so genannte *Touchscreens*. Diese Bildschirme können die Stellen, an denen sie berührt werden, lokalisieren und ein entsprechendes Signal an den Rechner weiterleiten. Mit speziell dafür ausgelegten Programmen kann eine sehr einfache *Benutzerführung* aufgebaut werden. Unangenehm ist die permanente Verschmutzung solcher Bildschirme, auch bei Bauarten, bei denen ein direkter Kontakt des Fingers mit der Oberfläche gar nicht nötig ist. Die Abgrenzung der Eingabefelder muss auf die Größe der Finger abgestimmt sein (also nicht zu klein), um Fehleingaben zu vermeiden. Touchscreens sind häufig staub- und wasserdicht ausgeführt und eignen sich daher für eine raue Umgebung, zum Beispiel in der Gastronomie oder in der industriellen Fertigung. Die Bedienung ist so einfach, dass auch völlig unerfahrene Benutzer Informationen damit abrufen können. Ein allseits bekanntes Beispiel dürften die Verkaufsautomaten bei der Deutschen Bahn sein (vgl. Abbildung 3.5), bei dem der Nutzer über einen berührungsempfindlichen Bildschirm menügeführt seine Fahrkarte kaufen kann.

3.1.10 Spracheingabe

Bei der *Spracheingabe* werden die analogen Signale der menschlichen Sprache in digitale Signale umgewandelt. Diese Folge von Bits wird vom Computer fast ohne Zeitverzögerung (man sagt *Echtzeit*) auf bestimmte Muster hin untersucht, die er kennt und die bestimmten Buchstaben oder Worten entsprechen. Es gibt also eine Art Code, mit dem die digitalen Sprachsignale in Zeichenfolgen übersetzt werden. Weil das Frequenzmuster der menschlichen Stimme und die persönliche Aussprache von Mensch zu Mensch mehr oder weniger große Unterschiede zeigen, muss der Benutzer einem solchen System zunächst einen gewissen Grundwortschatz vorsprechen, anhand dessen der Computer die Eigenheiten der Aussprache *lernen* kann. Heutige Spracherkennungssysteme beherrschen einen Wortschatz von etwa 60 000 Wörtern, wobei z.B. „haben“ und „haben“ als unterschiedliche Worte gewertet sind. Bei einfacheren Systemen muss der Sprecher zwischen jedem Wort eine kurze Sprechpause einlegen, fortgeschrittliche Systeme erlauben dagegen sogar fließendes Sprechen. Es versteht sich von selbst, dass man klar und nicht zu schnell sprechen sollte, um eine hohe Erkennungsrate zu erzielen. Die ständig steigende Leistungsfähigkeit der Computer bringt eine stetige Verbesserung der Spracherkennung mit sich. Sie wird wohl in Zukunft neben Tastatur und Maus als dritte Eingabemöglichkeit Einzug ins Büro halten. Körperlich schwerbehinderten Menschen, die keine Tastatur bedienen können, ermöglicht sie schon heute eine Erweiterung ihrer Arbeits- und Kommunikationsmöglichkeiten.

3.1.11 Handschriftliche Eingabe

Eine moderne Variante der Dateneingabe bieten Systeme, bei denen mit einem besonderen Stift auf eine Unterlage geschrieben wird, die den Weg des Stifts auf der Oberfläche darstellen und digital umsetzen kann. Ähnlich wie bei der Spracheingabe ist eine Art Lernprozess hilfreich, um die Erkennung einer Handschrift zu verbessern. Vor allem für kleine, tragbare Rechner ist diese Art der Eingabe günstig, weil man dabei auf eine Tastatur völlig verzichten kann. Die Schreibfläche ist dann entweder gleichzeitig der Bildschirm oder sie ist separat davon in einem eigenen kleinen Feld angebracht. Pionierarbeit auf diesem Gebiet leistete die Firma Apple mit dem *Newton*, auch wenn sie in der ersten Zeit viel Spott wegen der noch ungenügenden Schrifterkennung erntete.

3.1.12 Scanner

Eine immer wichtigere Rolle bei der Dateneingabe spielen optische *Abtaster (Scanner)*. Damit werden Text- oder Bildvorlagen als *Pixelgrafiken* eingelesen (siehe Abschnitt 12.1.2 „Zeichen-, Pixel-, Vektorgrafik“). Eine Pixelgrafik besteht wie ein Fernsehbild aus einzelnen Bildpunkten, die in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Ein einzelner Bildpunkt (*Pixel*) kann bei Schwarz-Weiß-Scannern nur entweder schwarz oder weiß sein, bei Graustufen-Scannern kann er dagegen verschiedene Graustufen (meist 256) annehmen. Farbscanner schließlich ordnen jedem Bildpunkt eine Farbe zu, die sich aus den drei Grundfarben Rot, Grün und Blau zusammensetzt. Bei den leistungsfähigen Scannern wird dieser drei Grundfarben mit 256 verschiedenen Helligkeitsstufen

abgetastet und man erhält *Truecolor*-Bilder (16,7 Millionen verschiedene Farben, die Farbe jedes Pixels wird mit 24 Bit kodiert, siehe Abschnitt 12.1.5 „Farbe“). Allerdings muss man bei Standardscannern damit rechnen, dass manche Farben etwas verfälscht werden. Die meisten Standardscanner arbeiten mit einer Auflösung von 300 bis 600 dpi (*dots per inch*), d.h., sie lesen pro Zoll z.B. 600 Zeilen mit Bildpunkten ein, wobei jede Zeile wiederum pro Zoll 600 Bildpunkte enthält. Mit einer Interpolation zwischen den einzelnen Bildpunkten kann die Auflösung rechnerisch noch auf das Doppelte erhöht werden. Nur die teuren *Trommelscanner* bieten eine deutlich höhere Auflösung von 2 400 dpi. Bereits bei einer Auflösung von 400 dpi bei 16,7 Millionen Farben entstehen sehr umfangreiche Datenmengen (pro DIN-A4-Seite ca. 40 Megabyte). Da sich Pixelgrafiken gut komprimieren lassen, verwendet man für gescannte Grafiken komprimierte Dateiformate (z.B. *TIFF*, siehe Abschnitt 12.1.3 „Grafikformate“).

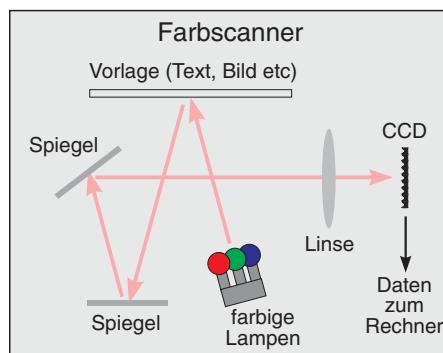


Abbildung 3.6: Scanner

3.1.13 CCD-Scanner

Die Helligkeit eines Bildpunkts wird bei den Scannern der unteren und mittleren Preisklasse mit Fotozellen (*CCD, Charge-Coupled Device*) gemessen. Eine Fotozelle wandelt einfallendes Licht in elektrischen Strom um: Je heller das Licht, desto stärker der Strom. Aus der Stromstärke wird ein digitaler Wert errechnet. Im Scanner sind die Fotozellen in einer Zeile angeordnet, die so breit ist wie das *Scanfenster*. Wenn dieses so breit ist wie eine DIN-A4-Seite und der Scanner eine Auflösung von 400 dpi hat, dann benötigt der Scanner rund 3 500 einzelne Fotozellen. Bei Farbscannern muss jede Bildzeile dreimal mit den drei Grundfarben abgetastet werden. Dazu muss entweder die gesamte Vorlage dreimal mit je einer der drei Grundfarben abgetastet werden (*3-Pass-Verfahren*), oder bei jeder Zeile, die abgetastet wird, muss dreimal das Licht entsprechend schnell umgeschaltet werden (*1-Pass-Verfahren*). Letzteres Verfahren ist insgesamt schneller. *Einzugscanner*, bei denen das Papier mit einem Einzelblatteinzug an den Fotozellen vorbeigeführt wird, arbeiten stets mit dem 1-Pass-Verfahren, weil man das Papier nicht mehrmals präzise genug an den Fotozellen vorbeiführen kann. Als farbige Lichtquellen nimmt man entweder drei verschiedene Lampen (rot, grün und blau) oder eine weiße Leuchtstofflampe mit entsprechenden Farbfiltern.

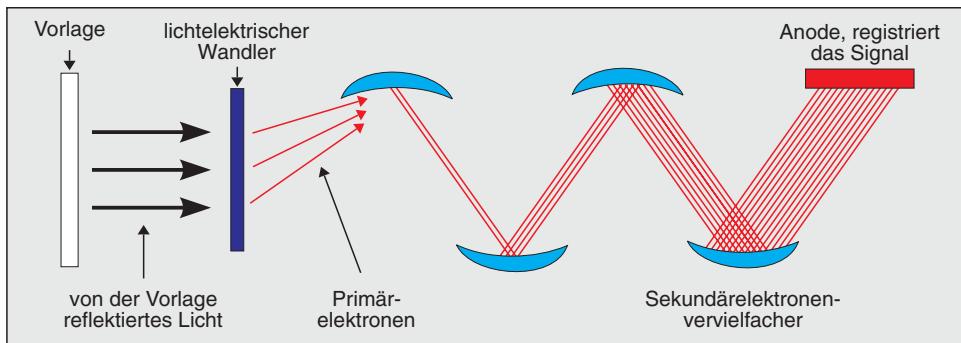


Abbildung 3.7: Funktionsprinzip eines Fotomultiplikers

3.1.14 Fotomultipliplier

Während CCD-Zeilen eine festgelegte Auflösung in X- und Y-Richtung haben, können *Fotomultipliplier* jede Zeile der Vorlage praktisch kontinuierlich abtasten. Von der Vorlage reflektiertes Licht wird dabei in Primärelektronen umgewandelt. Diese werden mit Sekundärelektronen-Vervielfächern um bis zu eine Million Mal verstärkt und an einer Anode registriert. Meist wird für jede der drei Grundfarben ein eigener Fotomultipliplier verwendet, so dass das 1-Pass-Verfahren angewendet werden kann. Während CCD-Elemente nur bis etwa 1 000 Graustufen unterscheiden können, erreichen Fotomultipliplier bis zu 1 Million Stufen (man sagt, der *Dynamikumfang* ist 1 : 1000 bzw. 1 : 1 Million). Diese Technik, die höchsten Qualitätsansprüchen genügt, wird bei Scannern verwendet, die bei einem Preis von 30 000 € und mehr bis zu 5 000 dpi auflösen und nur im professionellen Bereich zu finden sind. Einen Schwachpunkt zeigen Fotomultipliplier beim Scannen von scharfen Übergängen (z.B. eine dunkle Linie auf hellem Grund), die jedoch bei guten Scannern mit zusätzlichen Baugruppen korrigiert werden (ein vierter Fotomultipliplier).

3.1.15 Scannerbauarten

Die vor einigen Jahren noch beliebten *Handscanner* mit ihrem 10,5 cm breiten Scanfenster sind völlig vom Markt verschwunden. Heute verwendet man ausschließlich *Ganzseitenscanner*, die in der Regel eine Scanfläche im Format DIN A4 bieten und bereits ab € 50 zu haben sind. Sie können als *Flachbettscanner* ähnlich wie ein Kopierer beliebige Objekte scannen (z.B. Bücher), während man einem *Einzugsscanner* nur lose Blätter zuführen kann, die allerdings von einem *Einzelblatteinzug* automatisch eingezogen werden. Im Reprobereich werden häufig Trommelscanner eingesetzt, bei denen die Vorlage auf eine Trommel gespannt wird. Bei dieser Bauart ist durch die feste Verbindung von Lichtquelle und Abtastkopf eine exakt gleichmäßige Ausleuchtung der Vorlage gewährleistet. Scanner werden für unterschiedliche PC-Schnittstellen angeboten. Billigere Produkte nutzen die parallele Schnittstelle, eher professionelle Geräte benötigen dagegen eine SCSI-Schnittstelle. Neuerdings wird auch die USB-Schnittstelle (vgl. Abschnitt 3.8.2 „USB“ in diesem Kapitel) unterstützt. Da insbesondere im professionel-

len Einsatz ein hoher Datendurchsatz erforderlich ist, sollte man diesem Detail Beachtung schenken. Eine Beschreibung dieser Anschlüsse folgt im weiteren Verlauf dieses Kapitels.

Eine ganz spezielle Scannerbauart sind die *3D-Scanner*. Diese können räumliche Objekte abtasten und ein Datenmodell dafür erstellen. Diese Scanner werden insbesondere im Bereich der künstlichen Realität, aber auch etwa in der Medizin z.B. als Ersatz für Abdruckverfahren eingesetzt. Diese Abtaster liefern die Daten nicht als Pixelwerte, sondern erzeugen meist direkt ein räumliches Modell in einer Beschreibungssprache z.B. VRML (vgl. Abschnitt „VRML“, Seite 504).

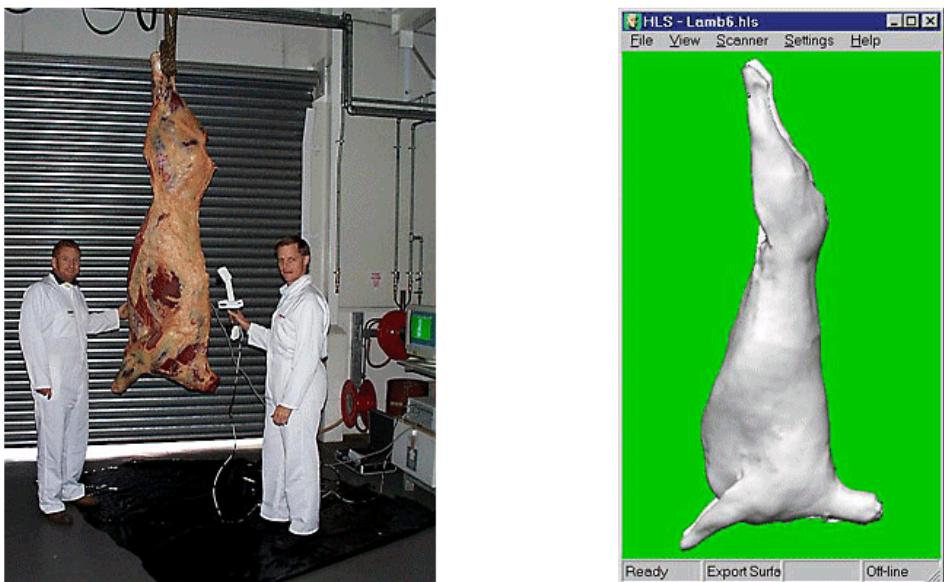


Abbildung 3.8: Einsatzbeispiel eines 3D-Scanners

3.1.16 Barcodeleser

Man kann Zahlenwerte (zum Beispiel eine Artikelnummer) als eine Reihe von verschiedenen breiten Strichen mit variablen Abständen darstellen. Ein solcher *Strichcode* (*Barcode*) kann maschinell gelesen werden. Ein Beispiel für einen Strichcode ist die *EAN* (*Europaeinheitliche Artikelnummer*). Auf nahezu jedem Kaufhausartikel befindet sich dieser Strichcode, der an der Kasse mit einem Lesestift, einem Handscanner oder mit einem Laserstrahl gelesen werden kann. Neben der sofortigen Verfügbarkeit der Information über die verkauften Artikel entfällt gleichzeitig die Notwendigkeit, den Preis per Hand einzutippen, denn der Computer kann den zugehörigen Preis sofort aus einer Datenbank abfragen. Strichcodes können sehr zuverlässig gelesen werden. Außer in Warenhäusern werden Strichcodes häufig in der Lagerhaltung, in Labors und ähnlichen Einrichtungen verwendet.

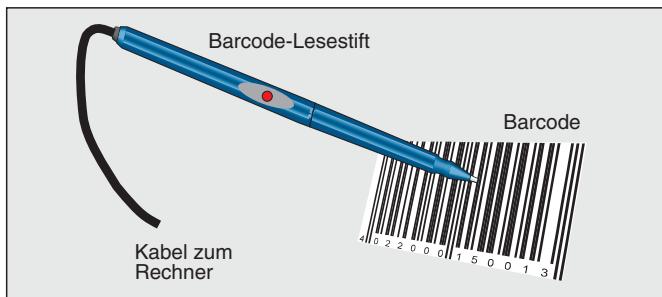


Abbildung 3.9: Lesestift zur Erfassung von Barcodes

3.1.17 Beleglesung

Bei der optischen *Beleglesung* können handschriftliche Zeichen gelesen werden, die in Klarschrift in entsprechende Vorlagen eingetragen wurden. Wenn die Eintragungen bestimmten Bedingungen genügen, können sie vollständig automatisch gelesen werden.

3.1.18 Texterkennung

Dokumente, die mit Scannern eingelesen wurden, enthalten häufig Text. Nach dem Scannen kann man jedoch diesen Text nicht ohne weiteres weiterbearbeiten, weil er nur als Pixelgrafik vorliegt. Bei der *Texterkennung* versucht man, mit Programmen solche Pixelgrafiken automatisch zu analysieren und den Text als Folge von ASCII-Zeichen zu gewinnen. Diese *OCR*-Programme (*Optical Character Recognition*) erkennen in der Regel bis über 99 Prozent der Zeichen richtig, zumindest wenn die Vorlage von hoher Qualität ist (gestochen scharfe Schrift auf reinweißem Untergrund). Moderne *OCR*-Programme sind darüber hinaus in der Lage, den Text so aufzubereiten, dass man auch Schriftart, Schriftstil, Schriftgröße und das komplette Absatz- und Seitenlayout der Vorlage weiterverwenden kann. Dazu wird der Text in das Format eines Textverarbeitungsprogramms gebracht. Sie können auch mit Formularen, also Fragebögen oder Bankvordrucken, umgehen und gezielt Eingaben aus Feldern auslesen und für die weitere Bearbeitung bereitstellen. Entsprechend diesen zusätzlichen Fähigkeiten wird auch oft von *ICR* (*Intelligent Character Recognition*) gesprochen.

3.1.19 Datalogger

Neben der Eingabe von Daten, die zunächst mit anderen Mitteln gewonnen und zwischenzeitlich z.B. auf Papier gebracht wurden, spielt die direkte Anbindung von Computern an Messgeräte eine wichtige Rolle, vor allem bei der *Umweltüberwachung* und der *Prozesssteuerung*. Die zentrale Stellung in solchen Systemen nehmen so genannte *Datalogger* ein. Sie digitalisieren die eingehenden Messwerte, skalieren sie entsprechend den Kennlinien der Fühler, speichern sie zwischen und stellen sie dem Computer an einer standardisierten *Schnittstelle* (Engl. *Interface*) zur Verfügung. Eine Schnittstelle ist eine

sowohl elektrotechnisch als auch übertragungstechnisch genau definierte Datenübertragungsrichtung. Wenn man eine Verbindung nach einer solchen Norm herstellt, kann man sich darauf verlassen, dass sie mit den verschiedensten Fabrikaten funktioniert, die diese Schnittstelle auch verwenden. Ein Beispiel für ein Datalogger-System sind automatische Wetterstationen, die in regelmäßigen Abständen Temperatur, Niederschlag usw. messen, in digitale Daten umwandeln und an einen Computer senden.

3.1.20 Datenhandschuh, Datenanzug

Zukünftige Eingabesysteme werden mehr und mehr den Menschen mit einbeziehen. Dazu gehören Sensoren, die die Stellung des Kopfes oder der Augen des Anwenders registrieren und daraus Anweisungen für den Computer ermitteln. Mit einem *Datenhandschuh* (*DataGlove*) können die Bewegungen der Hand auf ein Modell der Hand am Bildschirm übertragen werden, mit dem dann Manipulationen an anderen Objekten auf dem Bildschirm möglich sind. Ein Datenhandschuh muss folgende Informationen liefern: Wo befindet sich die Hand im Raum, wie wird sie gehalten und wie stehen die Finger zueinander? Die Stellung der Finger ist dabei sicher der wichtigste Parameter. Technisch umgesetzt wird dies entweder durch mechanische Konstruktionen (Gestänge als Exoskelett), Glasfaserstränge entlang aller Finger oder durch Polyesterstreifen, die mit leitfähiger Tinte beschichtet sind. Gemessen wird entsprechend der Konstruktion direkt die Stellung der mechanischen Teile, die Veränderung der Lichtstärke bedingt durch die Krümmung der Finger oder der ebenfalls durch die Krümmung veränderte elektrische Widerstand der Tinte. Beispielsweise können einem Chemiker Moleküle in Fußballgröße vor seine Augen projiziert werden, die er dann mit seinen Datenhandschuhen verschieben kann, um verschiedene Stellungen zu untersuchen (siehe auch Abschnitt 18.2 „Faszination der Technik: Virtual Reality“). Nach vergleichbarem Prinzip können ganze Anzüge (*DataSuit*) hergestellt werden.

Je nach Einsatzzweck und Konstruktion können diese Komponenten rein passiv als Aufnahmegerät dienen oder aber auch über Rückkopplungsmöglichkeiten verfügen, so dass ein *haptisches Interface* entsteht. Über ein solches Interface kann Druck auf die Finger ausgeübt und unterschiedliche Berührungsempfindungen simuliert werden (vgl. Abbildung 3.10).

3.1.21 Positionssensoren zur Bewegungsverfolgung

Vor allem für Anwendungen aus dem Bereich der künstlichen Realität (vgl. Abschnitt 18.2 „Faszination der Technik: Virtual Reality“) sind Geräte nötig, um exakte Bewegungsabläufe im Raum zu verfolgen und aufzuzeichnen. Dazu werden so genannte *Positionssensoren* verwendet, die oft auch als *Tracking-Systeme* bezeichnet werden. Damit ist es möglich, die Bewegung und absolute Lage des ganzen Körpers exakt mitzuverfolgen und aufzuzeichnen. Aktuell werden dafür elektromagnetische, mechanische oder akustische Systeme eingesetzt. Die Bewegungen des Menschen können damit z.B. auf Roboter übertragen werden, die in gefährlichen Umgebungen arbeiten. Im Extremfall kann der Anwender ganz in eine vom Computer berechnete Scheinwelt eintauchen, insbesondere wenn er zusätzlich einen Datenanzug mit Rückkopplungsmöglichkeiten trägt.



Abbildung 3.10: Verschiedene Ein- und Ausgabekomponenten. Links oben ein Aufnahmegerät für Handbewegungen, darunter ein haptisches Interface für eine Hand, rechts ein Datenanzug.

3.1.22 Eingabegeräte zur Identitätsprüfung, biometrische Systeme

Internethandel, Homebanking, aber auch die Sicherstellung des Absenders beim Senden einer Mail erfordern, dass der Anwender am PC sich eindeutig als der ausweisen kann, der er vorgibt zu sein. Am einfachsten kann dies über die Prüfung des Fingerabdruckes erfolgen. Entsprechende Sensoren, die aussehen wie kleine LCD-Bildschirme, können etwa in die Maus oder auch in spezielle Erfassungsgeräte eingebaut werden. Der Anwender muss dann bei der Überprüfung kurz seinen Finger auf den kleinen Sensor legen, der den Fingerabdruck erfasst und auswertet. Erst bei erfolgreichem Abtasten wird eine entsprechende Aktion, etwa ein Zahlungsvorgang, ausgelöst.

Dieses System und Handgeometriescanner sind die ersten biometrischen Systeme in einer ganzen Reihe von Entwicklungen, die in der Praxis eine weitere Verbreitung gefunden haben. Alle Methoden der biometrischen Systeme beruhen letztlich darauf, Körpermerkmale zu erfassen und auszuwerten, die eine Person möglichst eindeutig gegenüber einem Computersystem identifizieren. Sei es die Auswertung der Augen, also Farbe und Musterung, der Gesichtszüge oder auch eine Vermessung der Hand. Auch mit Stimmerkennung, Unterschriftenerkennung oder mit der Analyse der Tastaturbedienung, die einen sehr individuellen Rhythmus haben soll, wird experimentiert. Die Markterwartungen der Hersteller biometrischer Systeme sind sehr hoch. Einige Grundanforderungen an solche Systeme sind sicherlich, dass die Identifizierung zuverlässig, schnell und ohne Aufwand für den Nutzer erfolgt. Ein einfaches „Schau mir in Augen ...“ muss genügen, sonst dürfte die Akzeptanz recht gering sein.



Abbildung 3.11: Kombiniertes Gerät, um den Fingerabdruck des Nutzers sowie eine Geldkarte zu prüfen

3.1.23 Sonstige Eingabegeräte

Zwei weitere Eingabegeräte sollen noch erwähnt werden, die in speziellen Bereichen wichtig sind: GPS-Empfänger und Wetterstationen. GPS ist die Abkürzung für *Global Positioning System* und bezeichnet Empfänger, die die Signale einer Reihe von Satelliten empfangen und so auf jedem beliebigen Punkt der Erde die exakte Position sehr genau bestimmen können. Sie werden eingesetzt in Routensystemen in Autos und z.B. in CAD-Systemen zur Bestandsaufnahme mit einem Notebook im Gelände. Einfache Geräte dieser Art werden bereits für unter 500 € angeboten. Das Gleiche gilt für einfache automatische Wetterstationen, wie sie z.B. in der Landwirtschaft eingesetzt werden.

3.2 Speichermedien

Die dauerhafte Speicherung großer Mengen von Daten in *externen* Speichern ist eine wichtige Funktion von Computern. Die verschiedenen dafür geeigneten Medien haben unterschiedliche Qualitäten im Hinblick auf die für *Massenspeicher* (so bezeichnet man externe Speicher häufig) wichtigen Merkmale:

- ▶ Kosten pro Informationseinheit (z. B. pro Megabyte)
- ▶ Zugriffszeit (Zeit von Datenanforderung bis Erhalt)
- ▶ Lese- bzw. Schreibgeschwindigkeit (Megabyte pro Sekunde)
- ▶ Gesamtkapazität (Megabyte oder Gigabyte)
- ▶ Zuverlässigkeit kurzfristig und langfristig (MTBF, Mean Time Before Failure)
- ▶ Transportfähigkeit
- ▶ Austauschbarkeit

Tabelle 3.1 gibt einen Überblick über verschiedene Speichermedien im Hinblick auf einige dieser Merkmale:

	Disketten	Festplatten	CD-ROM, DVD	Magnetbänder	PCMCIA-Memory-Card	Flash-Speicher
Zugriffszeit	150 bis 250 ms	6 bis 10 ms	ca. 200 ms	bis über 100 s	< 1 ms	100 ns
Datentransferrate	60 bis 120 Kbyte/s	5 bis 100 Mbyte/s	bis 6 Mbyte/s	0,20 bis 3 Mbyte/s	> 10 Mbyte/s	2,5 Mbyte/s
Kapazität in MB bzw. GB	0,36 bis 120 Mbyte	6 bis 200 Gbyte	600 Mbyte bis 9 Gbyte	0,2 bis 50 Gbyte	2 bis 196 Mbyte	2 Mbyte bis 4 Gbyte
Transportfähigkeit	sehr gut	i. d. R. fest	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut

Tabelle 3.1: Kenngrößen verschiedener externer Speichermedien (Kbyte = Kilobyte, Mbyte = Megabyte, Gbyte = Gigabyte, s = Sekunde, ms = Millisekunde, ns = Nanosekunde)

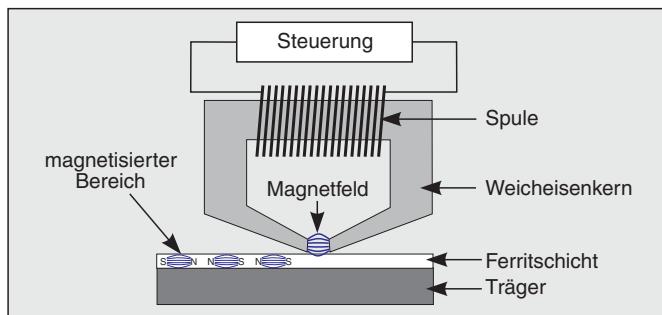


Abbildung 3.12: Funktionsprinzip eines Schreib-Lese-Kopfes für magnetische Speichermedien

3.2.1 Magnetspeicher

Speichermedien, bei denen die binären Daten magnetisch aufgezeichnet werden, haben in der EDV eine überragende Bedeutung. Ein einzelnes Bit wird dabei durch die

Magnetisierung eines kleinen Bereichs einer ferromagnetischen Oberfläche gespeichert. Je nachdem, in welche Richtung der Nord- bzw. Südpol dieses Bereichs zeigt, hat das Bit den Wert 0 oder 1. Beim Lesen induziert das kleine Magnetfeld einen winzigen Strom im *Schreib-Lese-Kopf*, der je nach Richtung des Magnetfelds als binäre 0 oder 1 interpretiert wird. Je kleiner man den magnetisierten Bereich machen kann, desto mehr Daten kann man pro Flächeneinheit speichern. Allerdings gibt es physikalische und technische Grenzen. Um möglichst kleine Bereiche ausreichend stark zu magnetisieren, sollte der Schreib-Lese-Kopf möglichst nah an der Oberfläche sein. Wenn er jedoch auf der Oberfläche aufliegt, dann darf sich das magnetisierte Medium nicht zu schnell bewegen, weil sonst der Verschleiß zu groß wäre. Liegt er nicht auf, dann ist es schwierig, einen sehr kleinen, konstanten Abstand einzuhalten. Anhand der Leistungen der in der Folge beschriebenen magnetischen Aufzeichnungsgeräte kann der Leser ermessen, dass die Ingenieure diese Probleme hervorragend gemeistert haben. Dennoch tritt vor allem bei Magnetplatten und Disketten bisweilen das Problem auf, dass einmal geschriebene Daten nicht mehr korrekt gelesen werden können, weil die Magnetisierung zu schwach geworden ist oder durch äußere Felder gestört wurde, z.B. durch eine magnetisierte Schere, die auf einer Diskette liegt. Auch durch Staub, Hitze oder Knicken kann eine nicht abgeschlossene Diskette beschädigt werden. Man sollte nie vergessen, dass ein solcher Schaden, auch wenn er selten auftritt, jeden Datenbereich eines magnetischen Speichermediums treffen kann, im ungünstigsten Fall gerade die wichtigsten Daten oder Systemverzeichnisse. Deshalb sollte man alle Daten und Programme mindestens auf zwei voneinander unabhängigen Medien (z.B. auf mehreren Disketten) vorliegen haben.

Magnetbandspeicher

Lange Zeit war das *Magnetband* der wichtigste Massenspeicher. Genau wie bei einer Musikkassette (die man früher auch manchmal eingesetzt hat) läuft das Band mit relativ großer Geschwindigkeit an einem Schreib-Lese-Kopf vorbei, der das Band berührt. Das klassische *Magnetband* ist ungefähr 730 m lang, 12,7 mm breit und kann je nach Qualität 1600 bis 6 250 bpi (Bits pro Inch) auf einer Spur speichern. Wenn man Daten lesen möchte, die irgendwo in der Mitte des Bands liegen, muss ein großer Teil des Bands erst umgespult werden. In diesem Fall ist die Zugriffszeit sehr groß. Wenn man jedoch umfangreiche, zusammenhängende Dateien als Ganzes vom Band liest, hat man durchaus eine akzeptable Datenübertragungsrate. Magnetbänder sind ein sehr billiges Speichermedium mit sehr großer Kapazität. Sie werden deshalb in größeren Systemen als Medium zur regelmäßigen *Datensicherung* (Engl. *Backup*) und zur Auslagerung selten benötigter Dateien verwendet. Weil die ursprünglichen Magnetbänder etwas unhandlich waren (ca. 30 cm Durchmesser), wurden sie nach und nach von in *Kassetten* eingeschlossenen Bändern ersetzt. Sehr bald gab es für Großrechner Automaten, die ohne menschliches Zutun über 10 000 solcher Kassetten verwalten können (d.h., sie bei Anforderung aus dem Lager holen und in das Schreib-Lese-Gerät einlegen). Inzwischen werden auch schon im Workstation- und PC-Bereich Bandautomaten für 10 bis 50 Kassetten angeboten. Im PC-Bereich verwendet man Magnetbänder verschiedener Größe. Die Bandlaufwerke, mit denen man diese Kassetten lesen und beschreiben kann, nennt man *Streamer*. Eine Kassette fasst je nach Fabrikat bis zu mehreren Gigabytes. Weil Streamer in der Regel zur Datensicherung verwendet werden,

sollten die gespeicherten Daten möglichst zuverlässig abgelegt werden. Bei der Aufzeichnung wird dabei häufig die *Read After Write*-Technik eingesetzt, d.h., jeder Datenblock wird also sofort nach dem Schreiben noch einmal gelesen und im Fehlerfall neu aufgezeichnet. Durch Fehlerkorrekturverfahren können die Daten meist komplett Bit für Bit wiederhergestellt werden, selbst wenn das Band an einigen mehrere Millimeter langen Abschnitten schadhaft ist.

QIC-Streamer

Die verbreiteten Standards unterscheiden sich nach der Breite des verwendeten Bandes und der Aufzeichnungsdichte. Die $\frac{1}{2}$ -Zoll-Technik (QIC-80-Standard, Quarter-Inch Cartridge) wird vor allem im privaten Bereich zur Datensicherung verwendet. Diese billigen Bandlaufwerke werden meist wie ein Diskettenlaufwerk an den Floppy-Controller (Steuerungskarte für Diskettenlaufwerke) angeschlossen, man spricht auch von *Floppy-Streamern*. Die Bänder müssen wie Disketten formatiert werden und erreichen in der Regel keine höheren Datenübertragungsraten als etwa 60 bis 120 Kilobyte pro Sekunde. Die Kapazität der QIC-80-Kassette beträgt 120 Megabyte. Leider konnten sich die Hersteller von QIC-80-Streamern nicht auf einen zuverlässigen, von allen eingehaltenen Standard einigen. Deshalb kann man die Kassetten in der Regel nicht auf Laufwerken verschiedener Hersteller lesen. Andere auf der Viertel-Zoll-Technik basierende Normen wie QIC-24 bieten deutlich höhere Leistungen (600 Kilobyte pro Sekunde bei Kapazitäten von mehreren Gigabytes pro Kassette).

Travan-Streamer

Als Nachfolger von QIC-80 kann eine Norm namens Travan angesehen werden. Die Kassette ist dabei etwas größer und besitzt ein längeres und breiteres Band. Beim Standard TR-1 fasst die Kassette 400 Megabyte (unkomprimiert), bei TR-2 fasst sie 800 Megabyte und bei TR-3 schon 1,6 Gigabyte (TR-4 soll 4 Gigabyte fassen). Herkömmliche Travan-Streamer werden wie QIC-Streamer am Disketten-Controller angeschlossen und haben daher auch nur eine niedrige Datenübertragungsrate von ca. 60 bzw. 120 Kilobyte pro Sekunde – Letzteres auch nur am Controller für 2,88-Mbyte-Diskettenlaufwerke. Seit sich die Erweiterung der IDE-Schnittstelle (Standardschnittstelle für Festplatten) zur EIDE (Enhanced IDE) mit dem ATAPI-Protokoll auf dem breiten Markt durchgesetzt hat, kann man neben Festplatten und CD-ROM-Laufwerken nun auch Streamer an dieser Schnittstelle betreiben. Im unteren Preisbereich werden daher Streamer mit EIDE-Schnittstelle den Floppy-Streamer endgültig ablösen. Damit erübrigt sich das lästige Formatieren der Bänder und endlich sind deutlich höhere Datenübertragungsraten möglich.

DAT-Streamer

Im professionellen Bereich werden heute meist DAT-Streamer verwendet. Da die Normierung weitgehend von Sony und HP geleistet wurde, gibt es keinen Wildwuchs an Normen, wie das bei den QIC-80-Streamern und deren Nachfolger lange der Fall war. Der ursprüngliche Standard DDS-1 (Digital Data Storage) fasst zwei Gigabyte pro Kassette, DDS-2 schon vier Gigabyte und DDS-3 gar 12 Gigabyte. Der Spurabstand beträgt bei DDS-2 nur noch neun Mikrometer, die Bandlänge 120 Meter. DAT-Streamer werden

meist über eine SCSI-Schnittstelle mit dem Rechner verbunden. Die Datenübertragungsraten erreichen bereits mehrere Megabyte pro Sekunde. Durch einen gegenüber der Lesegeschwindigkeit 200fach beschleunigten Suchlauf kann auf beliebige Dateien auf dem Band relativ schnell zugegriffen werden. Anders als beim QIC-Streamer werden die Daten nicht in horizontalen Spuren auf das Band geschrieben, sondern in schrägen Spuren mit schnell rotierenden Schreib-Lese-Köpfen.

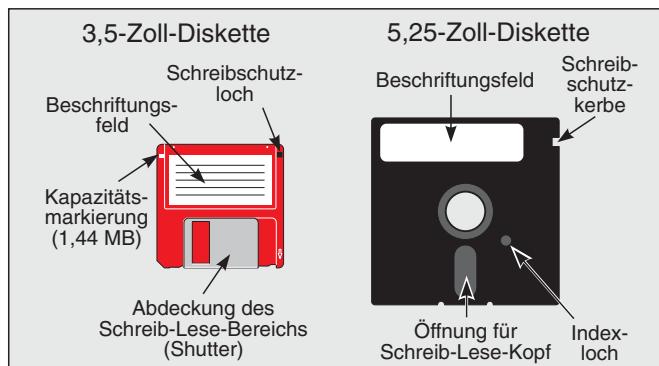


Abbildung 3.13: Die moderne 3,5-Zoll-Diskette (8,9 cm) und die veraltete 5,25-Zoll-Diskette (13,3 cm) im Vergleich

Disketten

Eine *Diskette* (*Floppy Disk*) benötigt ein entsprechendes *Laufwerk* (Engl. *Drive*), in dem sie beschrieben und gelesen werden kann. Sie besteht aus einer flexiblen magnetisierbaren Scheibe, die in eine mehr oder weniger dichte flache Hülle gepackt ist. Die ersten Disketten hatten einen Durchmesser von acht Zoll. Auf PCs wurden zunächst kleinere Disketten mit einem Durchmesser von $5\frac{1}{4}$ -Zoll (13,3 cm) und einer Kapazität zwischen 360 Kilobyte und 1,2 Megabyte verwendet. Diese Disketten sind wahrlich *floppy* (biegsam) und schlecht gegen äußere Einflüsse geschützt. Ende der 80er-Jahre haben sich für PCs Disketten mit einem Durchmesser von $3\frac{1}{2}$ -Zoll (8,9 cm) und einer Kapazität von 1,44 Mbyte durchgesetzt. Von dieser Bauart gibt es aber auch noch andere Varianten mit anderen Kapazitäten: Die veraltete 720 Kilobyte fassende Diskette ist daran zu erkennen, dass ihr in der Ecke gegenüber dem Schreibschutz das Erkennungsloch fehlt; bei den 2,88 Megabyte fassenden Disketten ist dieses Loch gegenüber den 1,44-Megabyte-Disketten etwas zur Mitte hin versetzt. Der kleine Schreibschutzschalter verhindert (wenn er eingeschaltet ist), dass die Diskette beschrieben werden kann. In diesem Fall kann das Laufwerk nur lesend auf die Diskette zugreifen. Die 2,88-Megabyte-Disketten konnten sich lange nicht durchsetzen, weil die herkömmlichen und sehr viel preiswerteren 1,44-Megabyte-Disketten den meisten Anwendern genügten.

100-Mbyte-Disketten

Nach vielen gescheiterten Versuchen, einen Standard jenseits der herkömmlichen 1,44-Mbyte-Diskette zu etablieren, konnten sich in den letzten Jahren zwei Normen mit

einer Kapazität von etwa 100 Mbyte pro Diskette durchsetzen. Das bereits weit verbreitete ZIP-Drive von Iomega fasst 100 Megabyte pro Diskette (mittlere Zugriffszeit: ca. 45 ms, Datenübertragungsrate max. 1 Mbyte/s). Das von mehreren Herstellern gemeinsam getragene LS 120 kann auf einer Diskette 120 Mbyte speichern und auch herkömmliche 1,44-Mbyte-Disketten verarbeiten (mittlere Zugriffszeit: ca. 110 ms, Datenübertragungsrate max. 300 Kbyte/s). Es arbeitet nach dem Floptical-Prinzip, verwendet also eine laseroptische Spursteuerung des Schreib-Lese-Kopfes, während die Daten selbst magnetisch aufgezeichnet werden. Zur Verarbeitung der alten 1,44-Mbyte-Disketten steht zusätzlich ein herkömmlicher Schreib-Lese-Kopf zur Verfügung.

Formatieren

Wenn ein Zugriff auf eine Diskette im Laufwerk erfolgt, rotiert sie mit einigen Umdrehungen in der Sekunde innerhalb der Hülle. Die Daten werden in kreisförmigen *Spuren* (z.B. 80 Spuren pro Seite) aufgezeichnet, wobei jede Spur in z.B. 18 gleich lange *Sektoren* zu je 512 Byte aufgeteilt ist. Die Spuren müssen vor dem ersten Gebrauch durch den Vorgang des *Formatierens* auf der Oberfläche durch entsprechende Magnetisierung festgelegt werden. Heute werden praktisch alle Disketten schon vom Hersteller formatiert. Disketten sind wegen ihrer einfachen Handhabung und ihres niedrigen Preises immer noch ein wichtiges Speichermedium, vor allem auch zum Sichern kleinerer Datenmengen und zum problemlosen Austausch von Daten und Programmen.

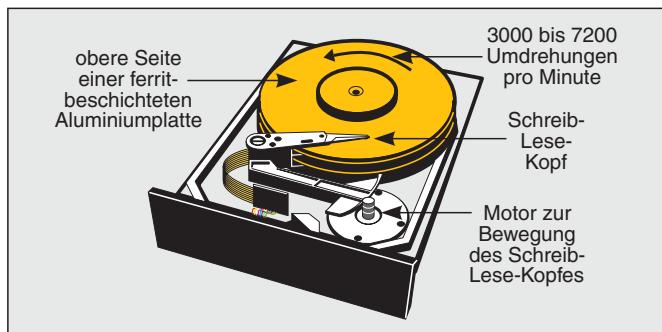


Abbildung 3.14: Schematischer Aufbau einer Festplatte

Festplatten

Die *Festplatte* (Engl. *Hard Disk* oder *Fixed Disk*) stellt den wichtigsten Massenspeicher auf nahezu allen Computersystemen dar. Sie vereint eine hohe Speicherkapazität mit einer kleinen Zugriffszeit und einer großen Datenübertragungsrate, und das alles bei relativ niedrigen Kosten. Sie funktioniert im Prinzip ähnlich wie ein Diskettenlaufwerk. Statt der mehr oder weniger biegsamen Disketten werden aber exakt gearbeitete Scheiben aus Aluminium oder neuerdings Glas verwendet, die einen magnetisierbaren Überzug besitzen. Mehrere solcher Scheiben übereinander auf einer gemeinsamen Achse bilden einen Stapel (mit Zwischenräumen). Weil bei Festplatten mehrere magne-

tisierbare Scheiben übereinander liegen und die Schreib-Lese-Köpfe starr miteinander verbunden sind, entspricht die räumliche Anordnung der Spuren, die sich gerade unter den Köpfen befinden, jeweils einem *Zylinder*. Dieser Begriff hat sich eingebürgert. Man spricht z. B. von einer Festplatte mit 512 Zylindern.

Head Crash

Auf der Ober- und Unterseite dieser Platten befindet sich je ein beweglicher Schreib-Lesekopf, der die Platten jedoch nicht berührt, sondern auf einem hauchdünnen Luftkissen (ca. ein Mikrometer!) über ihnen schwebt. Wegen des geringen Abstandes darf auch nicht das kleinste Staubkorn in ein Festplattenlaufwerk gelangen. Deshalb sind sie stets hermetisch dicht eingeschlossen. Die Platten drehen sich je nach Fabrikat mit 3 600 bis 7 200 Umdrehungen in der Minute. Im Allgemeinen sind Festplatten umso lauter, je höher ihre Drehzahl ist. Wenn durch Erschütterungen oder aus sonstigen Gründen der Schreib-Lese-Kopf die Oberfläche berührt, kommt es zu dem gefürchteten *Head Crash*, der Teile der gespeicherten Daten zerstören oder gar den Schreib-Lese-Kopf beschädigen kann. Wenn keine ernsten Schäden an der Hardware vorliegen, kann man mit speziellen Programmen meist Teile der verlorenen Daten wiederherstellen. Wenngleich ein Head Crash selten vorkommt, so ist es auf jeden Fall ratsam, wichtige Daten regelmäßig auf Disketten oder Magnetbändern zu sichern.

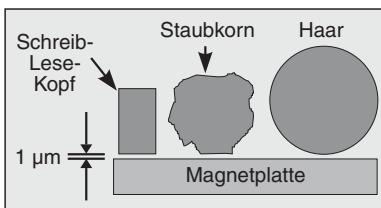


Abbildung 3.15: Größenvergleich Schreib-Lese-Kopf einer Festplatte zu Schmutzpartikeln

Leistungskennzahlen

Wie viele Megabyte eine Festplatte pro Sekunde lesen oder schreiben kann, hängt von mehreren Faktoren ab: Je höher die Drehzahl einer Platte ist, desto mehr komplett Spuren kann der Schreib-Lese-Kopf pro Sekunde abtasten. Bei 5 400 Umdrehungen pro Minute sind das immerhin 90 Spuren. Je mehr Bytes in einer Spur gespeichert werden können, desto höher ist die Datenübertragungsrate. Durchschnittliche Festplatten speichern 40 bis 60 Sektoren zu je 512 Byte auf einer Spur (20 bis 30 Kilobyte), Spitzenmodelle bis über 100. Beim heute üblichen *Zone-Bit-Recording* nutzt man die Tatsache aus, dass die äußeren Spuren länger sind als die inneren, und packt mehr Sektoren hinein. Auf eine Scheibe einer Festplatte passen mehrere tausend Spuren. Moderne Festplatten erreichen eine Datenübertragungsrate von fünf bis über zehn Megabyte pro Sekunde. Die angegebenen hohen Übertragungsraten gelten allerdings nur für den Idealfall (große Dateien am Stück lesen). Im praktischen Betrieb sind sie deutlich kleiner. Die mittlere *Zugriffszeit* sagt aus, wie lange der Schreib-Lese-Kopf benötigt, um sich zu einer (zufällig) vorgegebenen Spur auf der Festplatte zu bewegen. Festplatten benötigen

ten dazu heute etwa sieben bis 15 Millisekunden. Bei PCs sind heute Festplatten mit einer Kapazität von 20 bis 200 Gigabyte üblich. In Netzwerken und im Großrechnerbereich arbeitet man mit einer ganzen Reihe von Festplatten mit vielen hundert Gigabyte Kapazität. Durch den rasanten Preisverfall kostet ein Megabyte Kapazität einer Standardfestplatte höchstens nur noch Cents. SCSI-Festplatten sind meist etwas teurer.

Diskarrays

Die zentralen Speicher von großen Netzwerken oder Großrechnern mit Kapazitäten von vielen Gigabytes bilden *Diskarrays* (Anordnung von mehreren gemeinsam verwalteten Festplatten). Dabei hat neben der Kapazität vor allem die Ausfallsicherheit große Bedeutung. Unter dem Begriff *RAID* (*Redundant Array of Inexpensive Disks*) versteht man Technologien, die mehrere kleinere Laufwerke zu größeren, nach Möglichkeit ausfallsicheren Gesamtsystemen zusammenfassen. Die Hersteller von Festplatten geben als Maß für die Zuverlässigkeit einer Festplatte den Wert *MTBF* (*Mean Time Before Failure*) an. Dieser Wert besagt, dass man in einer Zeit von z.B. 100 000 Betriebsstunden mit einem Versagen des Laufwerks rechnen muss. Zur Erhöhung der Ausfallsicherheit werden die Daten häufig auf zwei Platten *gespiegelt*. Das heißt, jeweils zwei Festplatten haben einen identischen Inhalt, so dass beim Ausfall einer Platte kein Datenverlust entsteht. Auch eine Verteilung der Daten auf mehrere Laufwerke erhöht die Sicherheit. Für solche RAID-Systeme sind verschiedene Levels (0 bis 7) definiert, die mit steigendem Level eine höhere Ausfall- und Datensicherheit bieten. Die höchsten Levels (6 und 7) gewährleisten darüber hinaus auch eine erhöhte Übertragungsleistung gegenüber Einzellaufwerken. In der Praxis ist Level 5 am weitesten verbreitet. Theoretisch kann man mit RAID zwar äußerst ausfallsichere Systeme aufbauen, in der Praxis gibt es aber immer wieder Störungen, die mehrere Laufwerke gleichzeitig beeinträchtigen, z.B. Überspannungen in der Steuerelektronik durch Blitzschlag, so dass auf eine regelmäßige Datensicherung auf externen Medien nicht verzichtet werden kann.

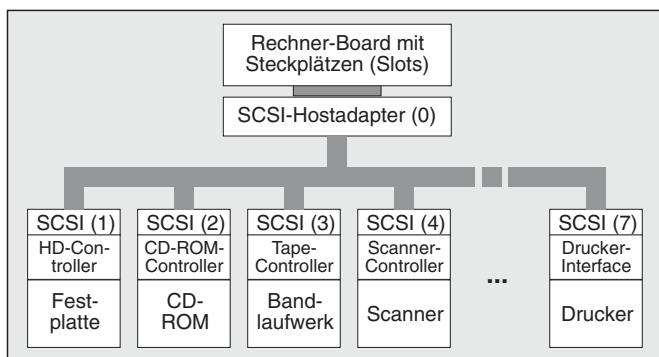


Abbildung 3.16: SCSI-Bus zum Anschluss verschiedener Rechnerkomponenten

3.2.2 Verbindungsnormen

IDE, EIDE

Es gibt verschiedene Verbindungsnormen, über die Festplatten an Rechnern angeschlossen werden. Die Steuerung der Festplatte wird von einer Steckkarte übernommen, dem Festplatten-Adapter (*HD-Controller*, HD steht für Hard Disk), die in einen Steckplatz (Slot) auf der Hauptplatine passt. Den größten Marktanteil beim PC hatten lange Zeit *IDE-Bus-Platten* (*Integrated Drive Electronics*). Der Vorteil dieser Anbindung lag in ihrer preiswerten Steuerlogik, welche für die von den Festplatten gebotenen Datenübertragungsraten lange Zeit ausreichte. Mit der rasanten Verbesserung der Leistung von Festplatten konnte die billige IDE-Schnittstelle nicht mithalten. Zudem stellte sich das Problem, dass man mit dem Aufkommen von schnellen CD-ROM-Laufwerken und auch Streamern eine neue einheitliche Norm zum Anschluss dieser Geräte benötigte. Als preiswerteste Lösung setzte sich eine Verbesserung der IDE-Schnittstelle durch, EIDE (*Enhanced IDE* oder *Enhanced Integrated Drive Electronics*). Diese Schnittstelle erlaubt den Betrieb von bis zu vier der genannten Laufwerke bei deutlich höheren Übertragungsraten und sie überwindet die 504-Megabyte-Grenze. Diese Grenze wird durch die Verwaltungsfunktionen des BIOS älterer Rechner bestimmt, die nur bis zu dieser Größe ausgelegt sind. Mit dem modernen PCI-Bus sind in Verbindung mit EIDE Datenübertragungsraten von über zehn Megabyte pro Sekunde möglich. Die Weiterentwicklung von EIDE mit der Bezeichnung Ultra-DMA/33 oder Ultra-ATA leistet inzwischen eine Datenübertragungsrate von 33 Mbyte/s. Die nächste Stufe bringt als Ultra-ATA/66 noch einmal eine Verdoppelung der Datenübertragungsrate. Die neuen 40-poligen Kabel bleiben dabei steckerkompatibel, werden jedoch intern durch zusätzliche Masseleitungen besser gegeneinander abgeschirmt.

SCSI

Vor allem auf leistungsfähigen Systemen ist *SCSI* (*Small Computer System Interface*) weit verbreitet. Der Vorteil bei SCSI liegt in der hohen Datenübertragungsrate, die diese Adapter bieten, sowie der relativ großen Anzahl von Geräten, die angeschlossen werden können. Dazu zählen neben Festplatten und CD-ROM-Laufwerken auch MO-Laufwerke, CD-Brenner, Streamer und Scanner. SCSI stellt heute das ausgereifteste und zukunftssichere System zur Anbindung von Peripheriegeräten dar. Für ein zuverlässiges Funktionieren ist es sehr wichtig, nur die für die jeweilige Norm spezifizierten Verbindungsstäbe zu verwenden und die maximal zulässige Länge nicht zu überschreiten. Alle Geräte werden in einer Bus-Topologie verkabelt. T-förmige Abzweigungen sind nicht möglich. An den beiden Enden des Kabelstrangs muss eine spezielle Terminierung angebracht oder geschaltet werden. Die jüngste Variante Ultra2-SCSI ist auch unter dem Namen *LVDS* (*Low Voltage Differential SCSI*) bekannt.

Die SCSI-Schnittstelle ist zwar ein weit verbreiteter Standard, leidet aber als paralleles Bus-System unter einigen systembedingten Nachteilen. Allein die Kabelverbindungen sind sehr teuer, anfällig und dürfen aufgrund der Vielzahl von Adern (bis zu 110 Adern) nicht sehr lang sein. Daher gibt es schon seit langem Konkurrenzentwicklungen mit serieller Datenübertragung, die jetzt auch bei SCSI-3 verwendet werden. Über SCSI hinausgehend versprechen diese Entwicklungen nicht nur Vereinfachungen und

Geschwindigkeitssteigerungen, sondern auch die Möglichkeit zur Anbindung von Multimediateilen wie z.B. Videokameras. Für weitere Details sei daher auf Kapitel 3.8 „Anschluss der Peripherieeinheiten“ ab Seite 148 verwiesen.

Bezeichnung	Datenbus	Geräte	Datenrate	Kabellänge
SCSI-1	8 Bit	8	5 Mbyte/s	6 m
Fast-SCSI	8 Bit	8	10 Mbyte/s	3 m
Wide-SCSI	16 Bit	16	20 Mbyte/s	3 m
Ultra-SCSI	8 Bit	8	20 Mbyte/s	1,5 m
Wide-Ultra-SCSI	16 Bit	16	40 Mbyte/s	1,5 m
Ultra2-SCSI	8 Bit	8	40 Mbyte/s	12 m
Wide-Ultra2-SCSI	16 Bit	16	80 Mbyte/s	12 m
Ultra 160-SCSI	16 Bit	16	160 Mbyte/s	12 m
Ultra 320-SCSI	16 Bit	16	320 Mbyte/s	12 m
SCSI 3	Seriell/Parallel	16	400 Mbyte/s	10 km

Tabelle 3.2: Kenngrößen der verbreiteten SCSI-Normen

Festplatten in tragbaren Computern

An Festplatten in tragbaren Computern werden besondere Anforderungen gestellt: Sie sollten möglichst klein und leicht sein, wenig Strom verbrauchen und trotzdem eine ausreichende Kapazität bieten. Zu alledem müssen sie die bei tragbaren Computern unvermeidlich auftretenden Erschütterungen beim Transport und im Betrieb schadlos überstehen. Meist werden dazu Festplatten im 2,5-Zoll-Format und neuerdings auch wieder im 3-Zoll-Format verwendet. Eine Alternative dazu sind PCMCIA-Festplatten oder neuerdings auch Microdrive-Festplatten, die in Form, Größe und Anschlussbelegung einer Compact-Flash-Speicherkarte entsprechen. Bei einer Größe von lediglich 42,8 x 36,4 x 5 mm erreichen Sie doch schon Kapazitäten von einigen GByte.

Wechselplatten

Besonders geeignet für die Arbeit an verschiedenen Computern und für die sichere Aufbewahrung von Daten im Safe sind *Wechselplatten*. Sie sind meist so groß wie 5½- oder 3½-Zoll-Disketten, allerdings deutlich dicker und in einem robusten und gut abgedichteten Gehäuse untergebracht. Dennoch sind sie nicht völlig staubdicht, so dass der Schreib-Lese-Kopf nicht so dicht über der Oberfläche geführt werden kann wie bei echten Festplatten. Daher ist auch die Aufzeichnungsdichte bei diesen Laufwerken niedriger als bei Festplatten. Gängige Kapazitäten sind 100 Megabyte bis 1 Gigabyte pro Wechselplatte. Der Wechsel erfolgt wie bei einer Diskette durch Betätigung des Auswurfschalters. Die maximale Datenübertragungsrate liegt bei etwa einem Megabyte pro Sekunde. Neben der Datensicherung eignen sich Wechselplatten hervorragend zum Austausch umfangreicher Datenbestände, zum Beispiel um digitisierte Grafiken oder Postscript-Dateien an eine Druckerei zu liefern.

3.2.3 Optische Speichermedien

Während sich alle magnetischen Speichermedien nahezu beliebig oft beschreiben und lesen lassen, ist bei optischen Speichern das mehrfache Beschreiben problematisch. In Größe und Form ähneln sie Disketten. Die binäre Information ist jedoch in einer Spirale angeordnet und wird in Form von „pits“ (Vertiefungen) und „lands“ (ebene Flächen) auf der Oberfläche der CD dargestellt. Die Spirale wird von einem feinen Laserstrahl abgetastet, der, je nachdem ob er auf eine glatte Fläche oder eine Kante trifft, unterschiedlich reflektiert wird. Jede Reflexionsänderung wird von einer Fotozelle registriert und als 1 interpretiert. Die Länge gleich bleibender Reflexion wird als 0 ausgelesen. Ein einzelnes Bit lässt sich auf einem optischen Medium auf einer kleineren Fläche speichern als auf einem magnetisierbaren Medium, ohne dass die Zuverlässigkeit leidet, mit der es wieder gelesen werden kann. Deshalb haben alle optischen Speichermedien eine sehr hohe Kapazität.

CD-ROM

CD-ROMs (*Compact Disc – Read Only Memory*) haben gut 15 Jahre nach ihrer Einführung in der Unterhaltungsselektronik die Schallplatte fast vollständig vom Markt verdrängt. Da durch die Musikindustrie ein hoher Absatz an CDs und CD-Laufwerken gegeben ist, wurde die zugrunde liegende Technik vervollkommenet, und die Preise sanken rasch. Im PC-Bereich gelang der CD etwa 1993 der Durchbruch. Eine CD (Durchmesser 12 cm) fasst die große Datenmenge von 640 Megabyte. Im „ISO-Mode 2“, einem Aufzeichnungsformat, das praktisch jedes moderne Laufwerk unterstützt, lassen sich sogar über 757 Mbyte auf der CD unterbringen; dies entspricht einer Spielzeit von 74 Minuten gegenüber 63 Minuten einer üblichen CD. Die Abtastung durch einen Laserstrahl erfolgt berührungslos und somit völlig verschleißfrei. Wenn auch eine verlässliche Angabe zur Lebensdauer einer CD heute nicht gemacht werden kann, übertrifft sie doch die Zeitspanne, über die ein magnetisches Medium seine Daten behält, bei weitem. Die Datenübertragungsrate betrug bei der ersten Generation von CD-ROM-Laufwerken 150 Kilobyte pro Sekunde, weil mit dieser Geschwindigkeit bei Musik-CDs (Samplingrate 44,1 Kilohertz) digitale Musik abgespielt wird. Mittlerweile sind Laufwerke mit bis zu 50facher Geschwindigkeit und einer Übertragungsrate von bis zu acht Megabyte pro Sekunde Stand der Technik. Angesichts der großen Datenmengen auf einer CD (z.B. über zehn Megabyte pro Bild auf einer Foto-CD, Ausgabe von Videofilmen) ist eine hohe Übertragungsrate sehr wichtig. Anders als Disketten sind CDs bei den meisten Laufwerken nicht in einer relativ staubdichten Hülle eingeschlossen. Heute sind die Laufwerke einigermaßen gegen äußerer Staub geschützt, der zum Beispiel durch den Lüfter des Computers eingesogen wird. Staub und Kratzer können dazu führen, dass Daten nicht beim ersten Mal korrekt gelesen werden. Bei Musik-CDs spielt das keine Rolle (auch wenn echte Hi-Fi-Fans dagegen protestieren mögen), Computerdaten müssen jedoch immer Bit für Bit korrekt gelesen werden. Deshalb wiederholen Laufwerke den Leseversuch mehrmals, bis er gelingt, oder sie brechen den Vorgang ganz ab. Oft hilft dann nur das Reinigen der Leselinse oder der CD.

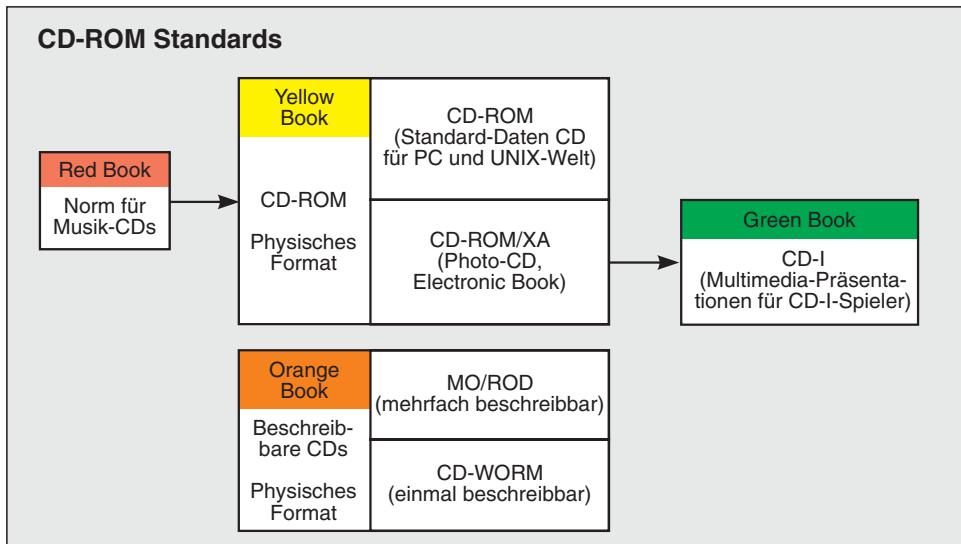


Abbildung 3.17: Übersicht zu den verschiedenen Normen für optische Speichermedien

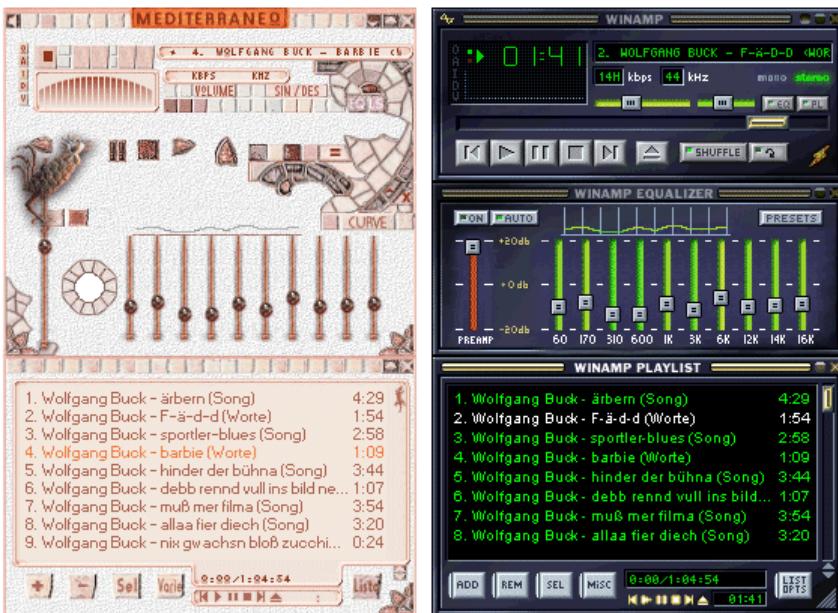
DVD

Die herkömmliche CD-ROM mit ca. 640 Megabyte Kapazität eignet sich hervorragend als Speichermedium für Computerprogramme und -daten, digitale Musik und für hochauflösende Fotos. Für einen sehr zukunftsträchtigen Markt ist ihr Speichervermögen jedoch zu klein: den digital gespeicherten Videofilm. Daher versuchte man eine Norm mit höherer Kapazität zu erarbeiten. Nach langem Hin und Her einigten sich zwei konkurrierende Herstellerkonsortien Ende 1995 schließlich auf einen Standard, der als *Video-CD* oder *DVD (Digital Versatile Disc)* bezeichnet wird. Eine solche CD fasst 4,7 Gigabyte – genug für einen 133 Minuten langen Spielfilm in sehr guter Bild- und Tonqualität. Als zweiseitig beschriebene Version fasst sie sogar über neun Gigabyte. Zweiseitig beschrieben und mit zwei Schichten pro Seite, die in unterschiedlicher Tiefe liegen, werden es sogar 17 Gigabyte. Es ist absehbar, dass dieses Medium auf längere Sicht die Videokassette aus den Videotheken völlig verdrängen wird. Mittlerweile gibt es von verschiedenen Herstellern Laufwerke für das neue Format und sogar beschreibbare DVDs.

Die Filmindustrie konnte erreichen, dass auf jeder DVD ein so genannter *Ländercode* gespeichert wird. Das DVD-Laufwerk ist seinerseits auf einen Ländercode programmiert. Nur wenn der Ländercode des Laufwerks mit dem der eingelagerten CD übereinstimmt, wird die CD abgespielt. DVDs mit Code „0“ können alle Laufwerke abspielen. Die Filmindustrie wollte so eine unkontrollierte Verbreitung von Spielfilmen verhindern. Längst sind aber Laufwerke ohne Abfrage oder Software zur Vorspiegelung bestimmter Ländercodes verfügbar, die dieses System durchlöchern.

Region	Länder
Region 0	ohne Einschränkung
Region 1	USA, Kanada
Region 2	Europa, Japan, Mittlerer Osten, Ägypten, Südafrika, Grönland
Region 3	Südostasien (Taiwan, Korea, Philippinen, Indonesien, Hongkong)
Region 4	Australien, Neuseeland, Südamerika, Mexiko, Karibik, Pazifische Inseln
Region 5	Rusland, Osteuropa, Afrika, Indien, Nordkorea, Mongolei
Region 6	China

Tabelle 3.3: Die DVD-Ländercodes

Abbildung 3.18: Titelwahl von Musik-CD per Software; abgebildet ist ein bekanntes Wiedergabe-
programm; rechts in Standardeinstellung, links mit alternativer Programmoberfläche („skin“)

CD-Herstellung

Die Massenherstellung von CDs ist mittlerweile sehr preiswert. Dabei wird eine Art Druckverfahren verwendet, bei dem eine Vorlage mit dem korrekten Bitmuster auf einen Rohling gepresst wird. Man spricht bei der Herstellung auch vom Pressen der CDs. Bei hohen Auflagen liegen die Herstellungskosten unter einem Euro pro CD. Auf PCs können CDs allerdings mit den üblichen CD-Laufwerken nicht beschrieben, sondern nur gelesen werden. Mittlerweile haben sich jedoch so genannte *CD-Writer* oder *CD-Brenner* etabliert, die CD-ROMs auch einmal beschreiben können. Verwendet wird

dabei ein meist goldfarbener Rohling, auch als CD-R bezeichnet. Eine weitere Variante, die CD-RW kann sogar mehrfach beschrieben werden. Ähnlich einer Diskette muss sie vor jedem Neubeschreiben formatiert werden. Sie kann in denselben Geräten verwendet werden wie die CD-R. Die Preise dieser Geräte sind bereits in den Preisbereich von 100 Euro vorgedrungen, ein Rohling kostet deutlich unter einem Euro. Somit hat man ein ideales Speichermedium zur Datensicherung oder als Verbreitungsmedium für kleinere Auflagen umfangreicher elektronischer Publikationen.

Anwendung der CD/DVD-ROM

Die CD und zunehmend mehr die DVD ist zum Standarddatenträger für die Auslieferung von Software geworden. Nur sie verfügen über die nötige Kapazität für den Umfang moderner Software, sind billig in der Herstellung und praktisch auf jedem PC lesbar. Sie sind auch robust genug, um per Post verschickt oder als Beilage in Zeitschriften beigeheftet zu werden. Auch die äußerst umfangreichen modernen Betriebssysteme lassen sich nur noch auf CD oder DVD bereitstellen. Längst kann man PCs auch über eine CD starten. Mit Knoppix gibt es sogar eine CD-gestützte Unix-Betriebssystemvariante (vgl. Abschnitt 6.3.7 „UNIX“, Seite 284), die vollständig von CD lauffähig ist.

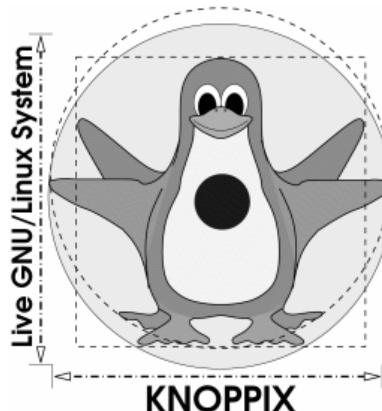


Abbildung 3.19: KNOPPIX-Logo, einem auf UNIX basierenden Betriebssystem, das komplett von CD ohne Installation lauffähig ist.

Für einen heute angeschafften PC gehört ein CD/DVD-Laufwerk unbedingt zur Grundausstattung. CD-ROM/DVD-Laufwerke werden entweder von einem SCSI-Controller gesteuert oder – häufiger – anstatt einer zweiten Festplatte am IDE-Controller angeschlossen. CD/DVD-Laufwerke verfügen oft über einen Kopfhörerausgang. Die auf einer Musik-CD gespeicherten Titel können per Programm ausgewählt und mit entsprechender Software sogar auf die Festplatte kopiert werden. Manche Laufwerke verfügen auch über einen S/PDIF (Sony/Philips Digital Interconnect Format) Ausgang, der zur Übertragung digitaler Stereosignale zwischen Audiogeräten verwendet wird. Seit dem Markteintritt der Foto-CD im Jahr 1992 ist die so genannte *Multisession-Fähigkeit* von CD-ROM-Laufwerken Stand der Technik. Dabei muss die Steuerlogik in der Lage sein,

Datenträger zu verarbeiten, die nacheinander zu verschiedenen Terminen mit digitalisierten Daten bespielt wurden (z.B. drei Farbfilme zu je 36 Bildern). Die Norm dafür heißt *Extended Architecture (CD-ROM/XA)* und gilt ähnlich auch für DVD-Laufwerke. Diese Norm bietet noch weitere Merkmale, die vor allem für Multimediaanwendungen wichtig sind. Auf der Datenspur können normale Daten, Bild- und Videodaten und komprimierte Audiodaten enthalten sein. Die Aufzeichnung der Audiodaten weicht dabei von der bei Audio-CDs verwendeten Norm ab. Alle Datentypen lassen sich in einem Verschachtelungsverfahren aufzeichnen (*Interleave-Verfahren*). Dies erlaubt das parallele Auslesen unterschiedlicher Datenströme, etwa für Ton und Video. Daneben sind weitere Anwendungen oder Normen untrennbar mit dem Begriff CD verknüpft:

- ▶ *DVI (Digital Video Interactive)*; DVI ist ein Verfahren der Firma Intel zur Aufzeichnung und zur Wiedergabe von digitalisierten Videodaten. Die Videodaten werden in der Regel auf CDs aufgezeichnet.
- ▶ *CD-I (Compact Disk Interactive)*; CD-I wurde von Philips entwickelt und unterstützt ebenfalls alle Datenformate von Multimedia. CD-I ist insbesondere auf den Markt der Unterhaltungselektronik zugeschnitten.

Üblicherweise kommen bei modernen Rechnern nur noch Kombinationsgeräte für CDs und DVDs zum Einsatz. Dies gilt sowohl für reine Leselaufwerke als auch für Schreiblaufwerke (sog. Brenner).

WORM-Platten

Die Abkürzung *WORM* steht für *Write Once Read Multiple*. Der Anwender kann eine WORM-Platte leer kaufen und dann genau ein Mal beschreiben. Der Schreibvorgang wird von einem etwas stärkeren, sehr feinen Laser ausgeführt, der kleine Löcher (*Pits*) in eine dafür empfindliche Schicht brennt. Das Lesen erfolgt wie bei den CD-ROMs. Die WORM-Platten eignen sich vor allem für die Dokumentation und Archivierung feststehender Daten, vor allem auch für die Abspeicherung digitaler Bilder. Sie erreichen Speicherkapazitäten um 1 Gigabyte, die größten Scheiben bis zu mehreren Gigabyte. Angeichts der Preis-Leistungs-Verhältnisse anderer Technologien sind die klassischen WORM-Platten allerdings heute kaum mehr konkurrenzfähig. Dieser Markt gehört den beschreibbaren CD-ROMs. WORM-Platten können in jedem CD-ROM-Laufwerk gelesen werden und sowohl das unbeschriebene Medium als auch das Schreibgerät sind relativ billig. Die beschreibbare CD-ROM ist natürlich auch ein WORM-Medium, aber in der Praxis bezeichnet man als WORM-Platten nur die Orange-Book-konformen Formate.

Magnetooptische Laufwerke

Die Vorteile von Festplatten (große Kapazität) und herkömmlichen Disketten (Aus tauschbarkeit, günstiger Preis) vereinen *magnetooptische Speichermedien (Magneto-Optical Disc, MO)*. Sie nutzen den physikalischen Effekt, dass in bestimmten Legierungen bei höheren Temperaturen eine Änderung der magnetischen Orientierung mit relativ geringer Magnetfeldstärke erreicht werden kann. Die einzelnen Bits können magnetisch geschrieben werden, wenn gleichzeitig ein etwas stärkerer Laser die Punkte über den Curie-Punkt (180 Grad Celsius) erhitzt (deshalb werden MO-Laufwerke beim Beschreiben recht warm).

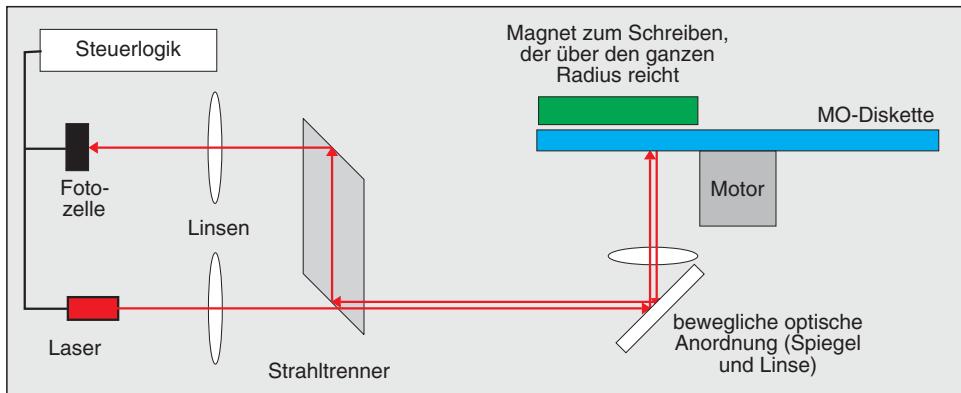


Abbildung 3.20: Funktionsweise eines magnetooptischen Laufwerks

Bei Zimmertemperatur bleiben die Bits fest gespeichert. Der Lesevorgang wird mit einem schwachen Laser ausgeführt, der keine gefährliche Erhitzung bewirkt. Dieses Prinzip funktioniert, weil – je nach Magnetisierung – polarisiertes Laserlicht bei der Reflexion in verschiedene Richtungen gedreht wird (*Kerr-Effekt*). In der Geschwindigkeit der Datenaufzeichnung liegen sie hinter modernen Festplatten zurück (ca. 200 bis 500 Kilobyte pro Sekunde beim Schreiben), dafür werden sie wie CDs völlig verschleißfrei gelesen. MO-Disketten gibt es im Format 3½-Zoll mit einer Kapazität von 128 oder 230 Megabyte pro Diskette und im Format 5¼-Zoll mit 650 Megabyte pro Diskette. Neue Modelle erreichen aber auch schon fünf Gigabyte. Die Disketten der wichtigsten Hersteller können untereinander ausgetauscht werden, weil einheitliche Aufzeichnungsformate verwendet werden. Trotz der scheinbar sehr aggressiven Schreibtechnik bei 200 Grad Celsius (etwas höher als der Curie-Punkt) sind MO-Disketten viele Millionen Mal wiederbeschreibbar und haben eine ähnliche Langlebigkeit wie CDs. Während die MO-Disketten bereits einen sehr günstigen Preis haben, sind die Laufwerke meist relativ teuer. Vor allem der dramatische Preisverfall von Festplatten im Gigabyte-Bereich und das Aufkommen von CD-ROM-Schreibern verhindern eine größere Verbreitung von MO-Laufen.

3.2.4 Andere Speichermedien

Einige Speichermedien sind veraltet, etwa *Magnetblasenspeicher* oder *Magnettrommelspeicher*. In bestimmten Bereichen werden Speichermedien verwendet, die auf ganz bestimmte Merkmale hin optimiert wurden, zum Beispiel bezüglich geringem Volumen oder Gewicht, extrem schnellem Zugriff etc. Andere befinden sich noch in der Laborphase.

Statische Speicherchips

Besonders in tragbaren Computern benötigt man Massenspeicher, die möglichst wenig Strom verbrauchen, wobei die Gesamtkapazität nicht allzu groß sein muss. Dafür eignen sich *statische Speicherchips* recht gut. Sie können nicht so schnell beschrieben und

gelesen werden wie *dynamische* Speicherchips, aber viel schneller als Festplatten. Ihr großer Vorteil liegt darin, dass sie ihre Information auch ohne äußere Spannung behalten. In den Kosten pro Megabyte liegen sie allerdings um eine Größenordnung über Festplatten, die es mittlerweile auch in sehr kleinen Bauformen gibt.

Solid State Disks

Solid State Disks (SSDs) basieren auf dynamischen Speicherchips. Sie sind ähnlich wie statische Speicherchips schneller im Zugriff als Festplatten, allerdings benötigen sie eine Notstromversorgung und ausgefeilte Backup-Strategien über Festplatten, da sie – anders als die statischen Speicherchips – ihre Daten bei Stromausfall verlieren. Sie werden vor allem in Server- und Echtzeitsystemen eingesetzt und konnten dort aufgrund des Preisverfalls bei DRAM-Chips teilweise Festplatten verdrängen. Insbesondere wenn eine vorhersagbare Zugriffszeit gewährleistet sein muss, sind sie gegenüber den herkömmlichen Festplatten klar im Vorteil. In der Regel werden sie über eine SCSI-Schnittstelle an den Rechner angebunden. Ihre Kapazitäten reichen bis zu 4 Gbyte bei sehr hohen Preisen.

Magnetkarten

Zum schnellen Datenaustausch oder als Speicher für kleinere Datenmengen eignen sich *Magnetkarten*. Das Speichermedium ist dabei natürlich wie bei den Magnetplatten und -bändern eine magnetisierbare Schicht. Solche Karten werden zum Beispiel zur Bedienung von Geldausgabeautomaten verwendet.

Flash-Speicherkarten und USB-Sticks

Flash-Speicherkarten (Engl.: Flash Memory Card) sind Speicherkarten aus statischen Speicherchips. Sie sind teuer, aber sehr schnell und haben Kapazitäten bis 196 Mbyte. Flash-Speicherkarten gibt es je nach Einsatzzweck in verschiedenen Bauformen; sie sind geräuschlos, als austauschbare Speicher leicht transportierbar und sehr unempfindlich. Flash-Speicherkarten sind oft direkt mit integrierter Schnittstellenelektronik ausgestattet. Ihr Inhalt bleibt auch ohne Stromzufuhr erhalten. So finden sie ihren Einsatz oft in mobilen Geräten, also digitalen Kameras, mobilen Kommunikationsgeräten und Audiorecordern bzw. digitalen Abspielgeräten. Fest eingebaut kommen sie in vielen Geräten zum Einsatz, die elektronisch gesteuert sind, z.B. Telefonanlagen, Fernsehgeräte, PDAs etc. Auf dem Markt sind verschiedene Bauformen. Compact-Flash-Cards haben die Maße 43 x 36 x 3,3 mm und eine Speicherkapazität bis 4 Gbyte. Smart Media Cards haben die Maße 45 x 37 x 0,76 mm und eine Speicherkapazität bis 64 Mbyte.

Neuerdings gibt es auch sog. Memory Sticks oder USB-Sticks. Diese kleinen Flash-Speicher werden einfach über die USB-Schnittstelle (siehe Abschnitt 3.8.2 „USB“) an den PC angeschlossen. Es gibt Speichergrößen von 16 Mbyte bis zu mehreren Gbyte. Diese Sticks sind ideal für ein schnelles Backup wichtiger Daten oder wenn man eine portable externe „Festplatte“ braucht. Diese kleinen Speicher sind äußerst handlich, lassen sich bequem in der Hosentasche oder um den Hals hängend transportieren, mit anderen Worten, sie sind ein ideales Transportmedium, um sich z.B. bei Bedarf ein Stück „Arbeit“ vom Büro nach Hause auf den heimischen Computer zu nehmen.

Der neue USB-Standard schafft Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 60 Mbyte pro Sekunde. Die Preise für die Sticks liegen momentan etwa bei 100 Euro für 256 Mbyte bis zu 1000 Euro für mehrere Gigabyte.

Chipkarten – Kartenleseterminal

Den Magnetkarten in Größe und Form vergleichbar werden zunehmend Karten mit integriertem Chip eingesetzt. Der Chip umfasst einen Logik- und Speicherbereich. In der Regel dienen acht bis zehn Kontakte zur Kommunikation und Stromversorgung des Chips in dafür geeigneten Lese-Schreib-Einheiten. Eingesetzt werden diese Karten etwa als Telefonkarten mit Guthaben oder direkter Abrechnung über ein Konto oder als Identifikationskarten der Krankenversicherungsträger. Angedacht bzw. in Erprobung ist der Einsatz als elektronisches Zahlungsmittel, als Passersatz usw. So werden wir alle wohl in Kürze nicht mehr ohne solche Karten im Geldbeutel auskommen bzw. werden den Geldbeutel zum „Kartenbeutel“ machen. Für die genannten Einsatzzwecke gibt es handliche Leseeinheiten, die an jeden PC angeschlossen werden können.

Experimentelle Speichermedien

Für die Speicherung und für bestimmte Vergleichsoperationen von digitalisierten oder auch analogen Bildern kann man zumindest im Labor fotosensitive Pigmente (Bakteriorhodopsin) verwenden, die auf einer dünnen Trägerschicht aufgebracht sind. Je nach Belichtung nehmen die Moleküle einen von zwei möglichen Zuständen ein. Die damit erreichbare Aufzeichnungsdichte übertrifft die bereits vorgestellten Technologien zwar um Größenordnungen, eine Anwendung als Massenspeicher ist jedoch derzeit nicht absehbar. Ähnlich funktionieren *holografische* Speicher, die vielleicht in zukünftigen Rechnern mit optischen Bauelementen eine Rolle spielen könnten. Sie eignen sich besonders für die Speicherung komplizierter Muster. Informationen werden dabei als Interferenzmuster in transparenten Festkörpern gespeichert.

Ausblick: Speichermedien

Für die Praxis zwar ohne Bedeutung hält eine Abwandlung der Rastertunnelmikroskopie, mit deren Hilfe man im Prinzip mit einzelnen Atomen Informationen speichern kann, immerhin den technischen Rekord an Speicherdichte. Das unerreichbare Maximum an Informationsdichte pro Volumeneinheit erreicht freilich die Natur mit den Chromosomen, welche die genetische Information enthalten. Für die computerrelevanten Speichermedien wird weiterhin die Erhöhung der Kapazität, der Speicherdichte, der Datenübertragungsrate und der Langlebigkeit Ziel der Entwicklung sein. Nicht zuletzt wird dieser Trend durch den enormen Speicherbedarf von hochwertigen Grafiken und den Einzug der Video- und Fernsehtechnik in den Computerbereich genährt.

3.3 Bildschirme und Grafikkarten

In den frühen Jahren der EDV wurden die Ergebnisse von Programmen häufig zeilenweise auf Drucker geschrieben. Heute sind *Bildschirme* (Engl. *Screen, Display*) die wichtigsten Ausgabegeräte bei der interaktiven Arbeit am Computer (*interaktiv*: Der Anwender und der Computer sind wechselseitig aktiv).

3.3.1 Kathodenstrahlbildschirme

Die wichtigste Bauart von Bildschirmen sind *Kathodenstrahlröhren* (CRT, *Cathode Ray Tube*). Die Funktionsweise gleicht der eines Fernsehers: Ein Elektronenstrahl trifft auf einen Punkt (Pixel) einer speziell beschichteten Oberfläche, die je nach der Intensität des Elektronenstrahls verschieden hell aufleuchtet. Der ganze Bildschirm besteht aus mehreren hundert Zeilen, in denen sich jeweils mehrere hundert solcher Punkte befinden. Der Elektronenstrahl wandert so Punkt für Punkt, Zeile für Zeile von der linken oberen bis zur rechten unteren Ecke des Bildschirms, um eine komplette Bildschirmseite darzustellen. Bei Farbbildschirmen besteht jeder Bildpunkt aus drei Elementen, die in den drei Grundfarben Rot, Grün und Blau leuchten, wenn sie vom Elektronenstrahl getroffen werden.

Lochmaske

Für die Abbildungsqualität eines Bildschirms sind mehrere Faktoren maßgebend. Farbbildschirme besitzen eine *Lochmaske*, die dafür sorgt, dass jeder der drei Elektronenstrahlen für die drei Farben auch seinen entsprechenden Bildschirmpunkt trifft. Die jeweils anderen Bildschirmpunkte werden von der Maske abgeschattet. So werden die einzelnen Farbpunkte vom Elektronenstrahl zum Leuchten gebracht, ohne dass die unmittelbar benachbarten Punkte ebenfalls leicht mitleuchten. Die klassischen *Delta-röhren* besitzen Lochmasken mit runden Öffnungen mit einer Ausdehnung von 0,25 bis 0,28 mm. Die Anordnung der drei Elektronenstrahlkanonen bildet dabei ein Dreieck, was einen erheblichen Justierungsaufwand erfordert. (Eine ungenügende Justierung verursacht Farbfehler.) Bei den modernen *Trinitronröhren* besteht die Lochmaske aus vertikalen Streifen, bei den *Schlitzmaskenröhren* sind die Öffnungen als Schlitze ausgeführt. Bei beiden Bauarten liegen die drei Elektronenstrahlkanonen auf einer Linie, was die Justierung erheblich vereinfacht.

Auflösung

Durch die Lochmaske ist die *Auflösung* (Anzahl der Pixel pro Zeile und Anzahl der Zeilen), mit der ein Bildschirm sinnvollerweise betrieben wird, in einem gewissen Rahmen vorgegeben. Ein 15-Zoll-Bildschirm (verbreitete Größe mit 15 Zoll Bildschirmdiagonale) mit einer Lochgröße von 0,26 mm kann etwa 900 Zeilen zu je 1100 Bildpunkten darstellen. Meist werden diese Bildschirme jedoch mit einer Auflösung von z.B. 800 × 600 betrieben. Welche Auflösung man verwendet, hängt auch von der Steuerlogik ab, die im Computer auf einer Steckkarte (*Grafikkarte*) untergebracht ist und den Bildschirm mit Daten versorgt. 17-Zoll-Bildschirme werden meist mit einer Auflösung von 800 × 600 oder 1024 × 768 betrieben, 20- und 21-Zoll-Bildschirme mit 1280 × 1024 oder

noch höher. Die letztgenannte Auflösung ist zwar verbreitet, passt aber mit ihrem Seitenverhältnis von 5 : 4 nicht zur Geometrie der Bildschirme (4 : 3). Man hat dann also entweder eine Verzerrung der Bildgeometrie oder schwarze Randstreifen in Kauf zu nehmen. Man kann verschiedene Auflösungen einstellen und dann die am besten geeignete verwenden.

Flimmern

Flimmernde Monitore sind auf Dauer für den Benutzer nicht zumutbar. Das Flimmern entsteht dadurch, dass die einzelnen Bildpunkte vom Elektronenstrahl jeweils nur kurz zum Leuchten gebracht werden. Wenn es zu lange dauert, bis der Elektronenstrahl wieder zu einem Bildpunkt gelangt, fällt dessen Helligkeit etwas ab. Man kann zwar auch eine Leuchtbeschichtung wählen, die das Licht länger abstrahlt, doch dann hat man einen ebenso unerwünschten Effekt, nämlich das Nachleuchten. Aus Praxisversuchen weiß man, dass das Flimmern erst dann nicht mehr wahrgenommen wird, wenn das Bild in jeder Sekunde mindestens 70-mal vom Elektronenstrahl überstrichen wird. Die *Bildfrequenz* beträgt also bei modernen Grafiksystemen mindestens 70 Hertz. Der Begriff Grafiksystem umfasst den Monitor und die Grafikkarte. Beide müssen technisch dazu in der Lage sein, diese Leistung zu erbringen. Damit ein Monitor ein Bild mit einer Auflösung von 1024×768 Bildpunkten 70-mal in der Sekunde ausgeben kann, muss der Elektronenstrahl $768 \times 70 = 53\,760$ Zeilen pro Sekunde komplett ausgeben. Er muss also eine *Zeilenfrequenz* von mindestens 54 Kilohertz bieten. Wenn die Grafikkarte eine höhere Auflösung erlaubt, sollte man sie nur verwenden, wenn der Monitor eine ausreichende Zeilenfrequenz hat, weil er ansonsten beschädigt werden kann. Eine andere Ursache für schlechte Bildqualität ist der Aufbau des Bildes aus zwei Halbbildern, die nacheinander ausgegeben werden (wie auch beim Fernsehen mit 50 Halbbildern pro Sekunde üblich). Grafiksysteme, die dieses *Zeilensprungverfahren* oder *Interlacing* verwenden, zeigen zuerst die ungeraden Bildschirmzeilen 1., 3., 5. usw. an und im zweiten Durchgang die dazwischen liegenden geradzahligen.

Strahlungsarme Bildschirme

Bis etwa 1990 waren die meisten Monitore nicht strahlungsarm. Im Monitor entstehen starke elektromagnetische Felder, denen der Benutzer ausgesetzt ist, wenn sie nicht durch gesonderte Bauteile abgeschirmt werden. Zudem verursacht der Elektronenstrahl eine elektrostatische Aufladung der Bildschirmoberfläche, die Staub sehr stark anzieht. Eine in Schweden erarbeitete Norm mit der Bezeichnung *MPR II* setzt Grenzwerte fest, die als unbedenklich gelten. Noch strengere Grenzwerte legt die *TCO-Norm* fest. Innerhalb von wenigen Jahren konnte es sich kein Hersteller mehr leisten, Monitore auf den Markt zu bringen, die der *MPR-II-Norm* nicht genügten. Man bezeichnet solche Bildschirme als *strahlungsarm*.

Einstellungen am Bildschirm

Bei nahezu allen Bildschirmen können Helligkeit und Kontrast eingestellt werden. Bei besseren Geräten kann die Bildgeometrie mit Reglern so eingestellt werden, dass Kissen- oder Tonnenverzerrungen verschwinden. Manche Geräte zeigen über ein gesondertes LCD-Display die gerade eingestellte Auflösung an. Zur Schonung des Bild-

schirms und zum Stromsparen schalten manche Bildschirme automatisch dunkel, wenn offensichtlich gerade nicht gearbeitet wird. Die *Powersave-Schaltung* moderner Bildschirme schaltet diese – ähnlich wie beim Fernsehgerät (*Standby-Schaltung*) – nahezu vollständig ab, wenn eine gewisse Zeit lang nicht gearbeitet wurde.

Markt für Kathodenstrahlbildschirme

Zu einem Standard-PC gehörte Anfang der Neunzigerjahre ein 14-Zoll-Farbbildschirm, der mit einer Auflösung von 640×480 Bildpunkten bei 256 Farben betrieben wurde. Der Trend geht heute zu größeren Formaten, wobei 15 Zoll die Untergrenze sind. 17-Zoll-Bildschirme sind heute bereits ab 150 € zu haben. Viele Hersteller setzen nun auf den 19-Zoll-Bildschirm für den anspruchsvollen Anwender. Für Anwendungen, bei denen Grafiken eine zentrale Rolle spielen (Bildverarbeitung, CAD, wissenschaftliche Grafik), verwendet man Bildschirme mit 20- oder 21-Zoll-Diagonale.

3.3.2 Flache Bildschirme

Die Kathodenstrahlröhre ist eine ausgereifte Technologie, die in der EDV und beim Fernsehen eine überragende Bedeutung hat. Aber sie hat auch einige Nachteile: Sie ist schwer und voluminös, verbraucht relativ viel Strom, sie ist nicht exakt plan und kann Kissen- oder Tonnenverzerrungen aufweisen. Keinen dieser Nachteile haben flache Bildschirme, bei denen aktive Leucht- oder Abschattungselemente durch elektrische Leitungen angesteuert werden. Zudem können einige flache Bildschirme als elektronische Schreibfläche verwendet werden.

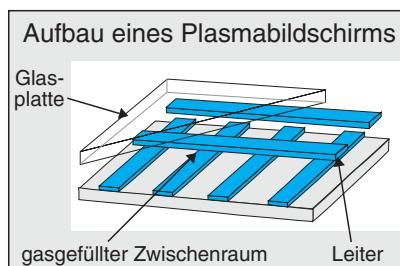


Abbildung 3.21: Plasmabildschirm

Plasmabildschirm

Bereits Ende der Sechzigerjahre kamen die ersten *Plasmabildschirme* auf. Bei dieser Bauart sind auf zwei Glasplatten dünne, parallele Leiterbahnen aufgebracht. Die Glasplatten liegen so aufeinander, dass die Leiterbahnen im rechten Winkel zueinander liegen. Im Zwischenraum befindet sich ein Gasgemisch, welches unter anderem Neon enthält. Wenn an einem Kreuzungspunkt zweier rechtwinklig zueinander stehenden Leiter eine genügend hohe Spannung anlegt, wird das Gas ionisiert und leuchtet. Im Prinzip hat man winzige Neonröhren vorliegen. Wenn man statt des Gases einen festen Leuchtstoff verwendet, hat man einen *Dünnschicht-Elektrolumineszenz-Bildschirm*. Die

einzelnen Bildpunkte werden durch Anlegen einer Spannung an die beiden zugehörigen Leiter angesteuert. Stabilität und Zuverlässigkeit sind die Stärken dieser Bauarten, die sich auch für große Bilddiagonalen bis zu 150 cm eignen. Ein Nachteil ist der relativ hohe Stromverbrauch, so dass sie für batteriebetriebene, tragbare Computer kaum geeignet sind. Plasmabildschirme leuchten meist orange und können Farbe nicht ohne weiteres darstellen. Dazu muss man ein Gas verwenden, das ultraviolette Licht erzeugt, welches erst an der Glasoberfläche von entsprechenden Leuchtstoffen in die drei Grundfarben umgewandelt wird. Gegenüber anderen Bauarten mit geringerem Stromverbrauch (siehe unten) ist dieses Prinzip jedoch am Markt derzeit nicht konkurrenzfähig.

LCD-Bildschirm

Die Bildpunkte von *Flüssigkristall-Displays* (*Liquid Cristal Displays, LCD*) emittieren selbst kein Licht. Sie können aber einen beleuchteten Hintergrund durchscheinen lassen oder abschatten. Ein LCD-Display besteht aus zwei *Polarisatoren*, deren Lichtdurchlassrichtungen rechtwinklig aufeinander liegen, so dass kein Licht passieren kann. Zwischen diesen beiden Schichten befindet sich nun ein Flüssigkristall. Flüssigkristalle bestehen aus organischen Molekülen, die in flüssigem Zustand fast so regelmäßig angeordnet sind wie ein fester Kristall. Meist sind es nadelförmige (nematische) Moleküle. Durch geschickte Strukturierung (Längsrillen) der einschließenden Oberflächen kann man erreichen, dass die Flüssigkristallmoleküle sich so ausrichten, dass sie im Ruhezustand das Licht um 90 Grad drehen, so dass es beide Polarisatoren passieren kann. Man spricht von einer *TN-Zelle* (*twisted nematic*). Durch Anlegen einer geringen Spannung zwischen den beiden Oberflächen ändern die Flüssigkristallmoleküle ihre Orientierung, indem sie sich an den Feldlinien ausrichten. Sie vermögen in dieser Stellung das Licht nicht mehr zu drehen, so dass die beiden rechtwinklig aufeinander stehenden Polarisatoren das Licht absorbieren. Je nach angelegter Spannung können auch Graustufen erzeugt werden, indem die Ausrichtung der Flüssigkristallmoleküle nur mehr oder weniger gestört wird. Wegen seiner Einfachheit und seines geringen Stromverbrauchs ist dieses *Passivmatrix-LCD* bei preisgünstigen tragbaren Rechnern weit verbreitet. Nachteilig ist der relativ geringe Kontrast, besonders bei Bauarten mit sehr kleinen Bildpunkten, weil die an einem Bildpunkt angelegte Spannung auch einen kleinen Einfluss auf die benachbarten Bildpunkte hat. Man kann den Kontrast erhöhen, indem man die elektro-optische Kennlinie der Flüssigkristalle steiler anlegt. Dann bewirken bereits geringere Spannungen eine Änderung der Lichtdurchlässigkeit. So drehen *STN-Zellen* (*supertwisted nematic*) das Licht im Ruhezustand um 180 oder mehr Grad.

Aktivmatrix-Bildschirm

Das Problem des schwachen Kontrasts bei höherer Auflösung wird dadurch überwunden, dass jeder Bildpunkt von einem eigenen Transistor gesteuert wird. Wenn man die Transistoren zu Dreiergruppen zusammenfasst und je einen Filter für die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau vor die Elementarzelle setzt, kann man auch Farbe darstellen. Die modernsten dieser *Aktivmatrix-Bildschirme* erreichen an Kontrast, Helligkeit und Farbsättigung bereits die Qualität von Kathodenstrahlbildschirmen. Eine andere Bezeichnung ist *TFT-Display* (*Thin Film Transistor*). Bei der Herstellung eines TFT-Dis-

plays müssen auf einer etwas mehr als DIN-A4-großen Fläche etwa 8 Millionen Transistoren aufgebracht werden. Dabei ist es kaum zu vermeiden, dass einige dieser Transistoren nicht richtig funktionieren. Das Resultat sind Pixelfehler, die sich im ständigen Leuchten oder im Dunkelbleiben eines Subpixels (rot, grün oder blau) äußern. Einige wenige dieser Fehler sind tolerierbar und stören kaum, sofern sie nicht geballt im mittleren Bildschirmbereich auftreten. Die Lebensdauer eines Flachbildschirms wird vor allem von der Lichtquelle für die Hintergrundbeleuchtung bestimmt, die jedoch nach der mittleren Lebensdauer von 10 000 bis 20 000 Stunden Betriebszeit ausgetauscht werden kann.

Perspektiven von Flachbildschirmen

In vielen Punkten sind Flachbildschirme den Kathodenstrahlbildschirmen prinzipiell überlegen: Sie weisen absolut keine Bildverzerrung (Kisseneffekt, Randeinstellungen etc.) auf und sind überall gleich hell und bestechend scharf, sie brauchen wenig Strom und erzeugen somit wenig Abwärme, sie flimmern nicht, sie sind etwa fünfmal leichter und benötigen eine wesentlich geringere Stellfläche, sie senden keine elektromagnetischen Felder aus, sind somit abhörsicher und werden auch von äußeren Magnetfeldern nicht beeinträchtigt. Zudem ist es relativ einfach, diese Displays berührungsempfindlich zu machen, so dass sie auf Fingerdruck reagieren oder mit einem Stift geschriebene Eingaben entgegennehmen können. Ein Problem besteht heute noch bei der Ansteuerung von Flachbildschirmen. Während Kathodenstrahlbildschirme von der Grafikkarte ein analoges Signal erwarten, das sie ohne weitere Bearbeitung umsetzen können, müssen Flachbildschirme dieses Signal erst wieder digitalisieren. Diese doppelte Umwandlung – vom digitalen Bild im Speicher der Grafikkarte zum analogen Signal und wieder zurück zum digitalen Wert im Flachbildschirm – ist eigentlich unnötig und führt nur zu einer Verschlechterung der Bildqualität. Neue Grafikkarten bieten daher nun oft auch eine zusätzliche digitale Schnittstelle (*Panel Link*) für Flachbildschirme an. Unter den konkurrierenden Standards hat sich heute die Variante *DVI (Digital Visual Interface)* durchgesetzt. Sie wird in zwei Varianten angeboten, als reine digitale Karte und als kombinierte digitale/analoge Karte, die über vier zusätzliche Pins auch die Ansteuerung eines Kathodenstrahlbildschirms erlaubt (vgl. dazu Abbildung 3.22). Beide unterstützen eine maximale Pixelfrequenz von 330 MHz und erreichen damit Bildauflösungen von bis zu 2048×1536 Bildpunkten (QXGA). Sie unterstützen auch die automatische Geräteerkennung sowie verschiedene Stromsparmodi. Langfristig werden Grafikkarten wohl nur noch einen digitalen Ausgang haben. Wenn dann ein analoger Bildschirm angeschlossen werden soll, muss er die nötige Elektronik besitzen, um aus dem digitalen Signal ein analoges zu gewinnen. Anders als Kathodenstrahlbildschirme, die man je nach Einstellung problemlos mit verschiedenen Auflösungen betreiben kann (z.B. 640×480 , 800×600 etc.), sind Flachbildschirme – da für jeden Pixel drei fest angeordnete Transistoren vorhanden sind – eigentlich nur mit der durch die Geometrie der Elektronik vorgegebenen Auflösung zu betreiben, meist 1024×768 Pixel. Die größten Probleme der Flachbildschirme sind die Farbtreue und die Abhängigkeit der Bildqualität vom Blickwinkel. Vor allem wenn man von der Seite auf einen Flachbildschirm schaut, ist die Ausleuchtung meist schlecht. Man erwartet, dass Aktivmatrix-Bildschirme auf dem Computer- und Fernsehmarkt die Kathodenstrahlbildschirme auf Dauer überflügeln werden. Im Moment sind die relativ hohen Herstell-

lungskosten noch ein Hemmnis, vor allem weil die Ausschussrate recht hoch ist. Angesichts des sehr umsatzträchtigen Marktes arbeiten jedoch viele Firmen an verbesserten Herstellungsverfahren, wodurch die Preise in Zukunft weiter sinken dürften. Derzeit kostet ein farbfähiger Flachbildschirm mit einer Diagonalen zwischen 14 und 17 Zoll zwischen 250 und 500 €. In den Labors versucht man derzeit aus leuchtfähigen organischen Polymeren neuartige Flachbildschirme herzustellen, die unabhängig vom Blickwinkel ein brillantes Bild liefern könnten. Bis zur Massenfertigung wird es jedoch noch etwas dauern.

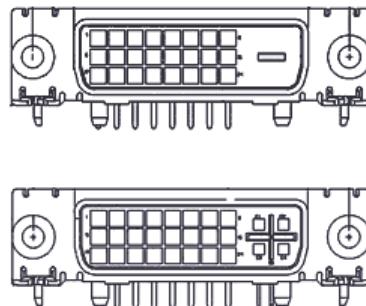


Abbildung 3.22: Digitaler Anschluss der Grafikkarten gemäß DVI-Standard.
Oben ohne zusätzlichen analogen Ausgang, unten mit.

3.3.3 Grafikkarten

Neben dem Bildschirm entscheidet vor allem die *Grafikkarte* über die Qualität und Geschwindigkeit der Bildschirmausgabe. Auf ihr befindet sich die notwendige Steuerlogik und ein eigener Arbeitsspeicher, der für jeden Pixel Informationen über dessen Farbe speichert. Als standardmäßige Erweiterungskarte steckt sie in einem Slot der PC-Hauptplatine. Manche Hersteller integrieren die Steuerlogik einer Grafikkarte bereits auf der Hauptplatine. Für die Bedürfnisse spezieller Anwendergruppen, z.B. Architekten, Designer, werden auch Karten angeboten, die einen Zweischirmbetrieb unterstützen, so dass die Bildschirmfläche verdoppelt wird. Programmintern werden die beiden Bildschirme aber wie einen einzelnen, sehr breiten Schirm angesprochen.

Textmodus, Grafikmodus

Wenn Bildschirme nur einen bestimmten Zeichensatz, also Texte, ausgeben, befinden sie sich in einem *Textmodus*. Der Computer muss sich dann nicht um die genaue Darstellung der einzelnen Zeichen am Bildschirm kümmern, sondern lediglich speichern, welches Zeichen an welcher Stelle dargestellt werden soll. In diesem Modus arbeitet man häufig an Großrechnern, an denen Hunderte von Bildschirmen gleichzeitig verwaltet werden müssen. Auch die meisten Programme für PCs der Achtzigerjahre arbeiteten im Textmodus (unter dem Betriebssystem DOS, siehe Abschnitt 6.3.1 „DOS“). Wenn ein Bildschirm so betrieben wird, dass er jeden einzelnen Punkt (*Pixel*),

aus dem sich ein Bild zusammensetzt, gesondert verwaltet, dann arbeitet er im *Grafikmodus*. Weil dafür ein wesentlich höherer Verwaltungsaufwand nötig ist, braucht man einen leistungsstarken Prozessor. Im Grafikmodus wurden zunächst leistungsfähige Computer (Workstations) und dafür konzipierte PCs (z.B. von der Firma Apple) betrieben. Heute ist die Darstellung im Grafikmodus Standard.

Arbeitsspeicher auf Grafikkarten

Bei einem Schwarzweißbildschirm kann man den Farbwert jedes Pixels mit einem Bit darstellen, weil nur die Farben Schwarz oder Weiß gespeichert werden müssen (1 oder 0). Für 16 mögliche Farben werden vier Bit pro Pixel benötigt, für 256 Farben ein Byte. Moderne Grafikkarten speichern Farben mit 24 Bit pro Pixel, womit 16,7 Millionen verschiedene Farben dargestellt werden können (*Truecolor*). Bei einer Auflösung von 800×600 Pixeln benötigt eine Grafikkarte dann $800 \times 600 \times 3 = 1\,440\,000$ Byte eigenen Arbeitsspeicher. Üblich sind heute Grafikkarten mit eigenem Grafikprozessor und 32 bis 256 Mbyte Speicher.

Grafikchips

Für die Leistung eines Rechners ist die Geschwindigkeit, mit der ein Bild angezeigt werden kann, ein wichtiger Einflussfaktor, besonders bei modernen Programmen, die eine aufwändige grafische Gestaltung aufweisen. Leistungsfähige Grafikkarten besitzen daher einen eigenen Prozessor mit beachtlicher Rechenkapazität, der diese Aufgabe wesentlich schneller als die Zentraleinheit bewältigt. Je leistungsfähiger ein Grafikprozessor ist, desto komplexere Befehle kann er ausführen (Linien zeichnen, Flächen füllen, Bildbereiche verschieben etc.). Deshalb braucht die Zentraleinheit nur relativ wenige Anweisungen an den Grafikprozessor zu senden und kann sich ihren eigenen Aufgaben widmen. Vor allem bei *grafischen Benutzeroberflächen* (siehe Abschnitt 6.2 „Bedienoberfläche“), die Symbole, Fenster, Hintergrundmuster etc. enthalten und vor allem natürlich bei Spielen, beschleunigt ein leistungsfähiger Grafikchip die Performance des Rechners deutlich.

Geschichte der Grafikstandards

Die ersten PCs wurden 1981 mit einer CGA-Grafikkarte vorgestellt (*Color Graphic Adapter*). Mit einer bescheidenen Auflösung von 640×200 Pixeln und vier Farben konnte man allerdings keine besonders feinen Grafiken darstellen. Eine Norm für einfarbige Bildschirme wurde bald die *Hercules-Grafik*, die bei einer Auflösung von 720×350 Pixeln nur Schwarz oder Weiß darstellen konnte. Eine Mitte bis Ende der Achtzigerjahre verbreitete Norm, der EGA-Standard (*Enhanced Graphic Adapter*) mit bis zu 640×350 Pixeln und 16 Farben, spielt heute ebenso wie der CGA- und der Hercules-Standard keine Rolle mehr. Eine gute EGA-Karte, die 1988 noch 1 000 DM kostete, war 1992 praktisch nicht einmal mehr zu verschenken, weil sich inzwischen auf breiter Front ein neuer Standard etabliert hatte: das *Video Graphics Array (VGA)*, das in seinen Einstellungen (Auflösung, Anzahl der Farben) sehr flexibel ist. Der erfahrene Programmierer kann nahezu alle Darstellungsparameter selbst bestimmen. Dabei werden die internen digitalen Farbwerte üblicherweise von der Grafikkarte in analoge Signale umgewandelt, die dann zum Bildschirm übertragen werden. Mit diesem Verfahren hat der VGA-

Standard als Grafiksystem Anfang der Neunzigerjahre eine dominierende Stellung errungen. Die Weiterentwicklung dieses Standards (*SVGA*, *XGA* (*Extended Graphics Array*), *SXGA* (*Super Extended Graphics Array*) und *UXGA* (*Ultra Extended Graphics Array*) und *SUXGA*) brachte Grafikkarten mit immer höheren Auflösungen bei bis zu 16,7 Millionen Farben hervor. Neben der laufenden Verbesserung von Auflösung und Zeilenfrequenz zeichnet sich der Übergang zum digitalen Anschluss des Bildschirms ab.

3.4 Druckerauswahlkriterien

Drucker sind Geräte, mit denen man Ausgaben auf Papier erzeugt. Man stellt an Drucker folgende Anforderungen (je nach Einsatzgebiet mit unterschiedlichen Gewichtungen):

- ▶ Hohe Qualität (Auflösung) bei Schrift und Grafik
- ▶ Farbdruck in hoher Qualität (Farbanzahl, Auflösung)
- ▶ Hoher Durchsatz (Seiten pro Minute)
- ▶ Niedrige Kosten (Cents pro Seite)
- ▶ Geringe Geräuschentwicklung und Umweltbelastung
- ▶ Verarbeitung verschiedener Papierformate und -arten
- ▶ Ausgeföhlte Papierbehandlung (Einzelblatt, beidseitiges Bedrucken, Kuverts)
- ▶ Hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer
- ▶ Unterstützung moderner Schnittstellen (LAN, USB etc.)

Im Lauf der Zeit haben sich völlig verschiedene Druckerkonzepte entwickelt, die den angeführten Kriterien mehr oder weniger gut genügen.

3.4.1 Impact-Drucker

Drucker, die mechanisch so auf das Papier einwirken, dass man auch Durchschläge anfertigen kann, werden als *Impact-Drucker* bezeichnet. Die anderen, mit denen man keine Durchschläge erstellen kann, bilden die Gruppe der *Non-Impact-Drucker*. Große Impact-Drucker spielen heute nur noch bei Großrechneranlagen und dort eine Rolle, wo man Durchschläge benötigt (Rechnungen, Lieferscheine etc.).

3.4.2 Typenraddrucker

Typenraddrucker sind von der Funktion her identisch mit Typenradschreibmaschinen. Wesentlich ist, dass man nur die Zeichen wiedergeben kann, die sich auf dem gerade eingelegten Typenrad befinden. Diese werden gestochen scharf zu Papier gebracht, solange das *Farbband* frisch ist (das Farbband enthält die schwarze Farbe, die von den Zeichen des Typenrads aufs Papier geschlagen wird). Ein Wechsel der *Schriftart* (z.B. von Normal- auf Kursivschrift) ist sehr umständlich, weil das Typenrad von Hand gewechselt werden muss. Im Betrieb sind diese Drucker recht laut und langsam. Sie

sind zum Ausdruck gelegentlicher Korrespondenzen geeignet und können vor allem sehr saubere Durchschläge erstellen. Mitte der Achtzigerjahre hatten sie eine gewisse Verbreitung, heute spielen sie überhaupt keine Rolle mehr.

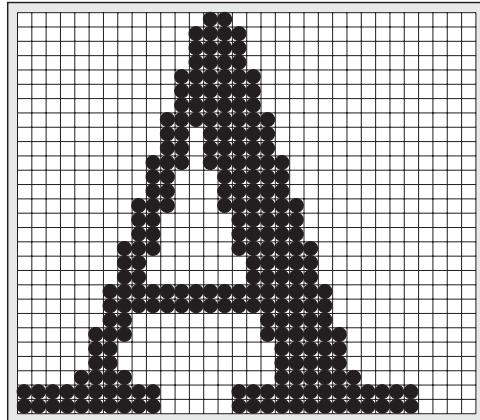


Abbildung 3.23: Punktweiser Aufbau eines Buchstabens in Matrixdruckern („A“ in Times Roman 10 pt; jeder Punkt hat in Originalgröße einen Durchmesser von 0,08 mm!)

3.4.3 Nadeldrucker

Bei einem *Nadeldrucker* wird jedes Zeichen durch ein Raster aus einzelnen Punkten (Pixeln) erzeugt. Deshalb können sie prinzipiell viele verschiedene Zeichen bzw. Schriftarten und auch Grafiken ausdrucken. Sie gehören damit in die Gruppe der *Matrixdrucker* (Drucker, die alle Zeichen punktweise ausgeben). Ihr Druckbild ist nicht allzu gut, besonders wenn das Farbband nicht mehr ganz neu ist. Ihre Auflösung beträgt meist 300 dpi (*dots per inch*). Der Durchsatz ist in Schönschrift eher niedrig (ca. eine Seite pro Minute) und sie sind sehr laut (bisweilen an eine Kreissäge erinnernd). Ihr Vorteil liegt in den niedrigen Anschaffungs- und Betriebskosten und darin, dass man mit ihnen auch Durchschläge machen kann. Die meisten Bauarten verwenden zur Darstellung der Matrix 24 oder 48 Nadeln. Neben dem Farbband hat auch der Druckkopf eine begrenzte Lebensdauer. Manche Nadeldrucker können farbige Ausdrucke ausgeben, indem sie mit vier Farbbändern (mit den Grundfarben) nacheinander ausdrucken. Die Qualität dieser Ausdrucke ist aber so niedrig, dass sie selbst für den Privatanwender uninteressant ist. Vor allem das sehr unschöne Verschmieren von Farben ist nicht zu vermeiden. Nadeldrucker werden wegen ihrer geringen Kosten (ca. 1 Cent pro Seite) häufig für Entwürfe (z.B. unkorrigierte Textproben) verwendet. Dabei verwendet man das für diese Drucker besonders geeignete *Endospapier*. Bis Ende der Achtzigerjahre beherrschten Nadeldrucker den privaten Markt und dominierten auch in den Büros. Heute werden sie fast nur noch dort eingesetzt, wo Durchschläge benötigt werden.

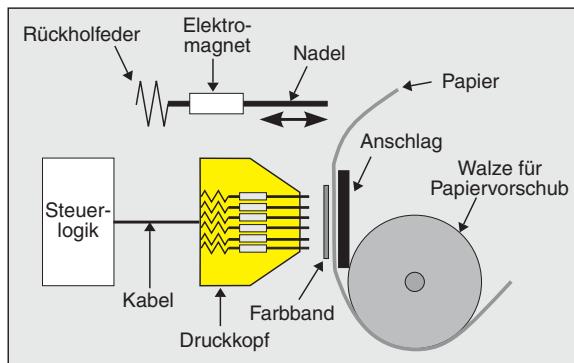


Abbildung 3.24: Funktionsweise eines Nadeldruckers. Die Nadeln werden durch einen Elektromagneten auf das Papier gehämmert. Vom Farbband wird dabei Farbe aufs Papier gebracht. Die Rückholfeder bringt die Nadel wieder in die Ausgangsstellung zurück.

3.4.4 Laserdrucker

Laserdrucker bieten heute in vieler Hinsicht die optimale Schwarzweißdrucktechnik. Sie erreichen Auflösungen von 1200 dpi und mehr bei gleich bleibend hoher Schwärzung. Damit lassen sich auch anspruchsvolle Grafiken ausgeben. Laserdrucker haben auch eine hohe Druckleistung von vier bis 16 und mehr Seiten pro Minute. Dabei haben sie in der Regel einen zuverlässigen Einzelblatteinzug. Die Kosten liegen bei wenigen Cent pro Seite. Speziallaserdrucker in der Großrechnerwelt können bis zu 12 000 Seiten pro Stunde bedrucken, allerdings nur auf Endlospapier (diese Anlagen sind so groß wie Mittelklassewagen). Auch Farblaserdrucker haben sich inzwischen am Markt etabliert.

3.4.5 Funktionsweise eines Laserdruckers

Im Laserdrucker befindet sich eine Trommel, die mit einer fotoelektrisch aktiven Verbindung beschichtet ist. Diese Trommel wird durch einen Metalldraht negativ aufgeladen. Im Dunkeln hat die Beschichtung einen hohen Widerstand und kann damit die Ladung halten. Wenn sich die Trommel langsam dreht, kann ein Laserstrahl die Trommel zeilen- bzw. pixelweise dort entladen, wo Text oder Grafik erscheinen sollen. (Beim LED-Verfahren wird der Laserstrahl durch eine Zeile von Leuchtdioden ersetzt.) Die nun entladenen oder negativ geladenen Bildpunkte auf der Trommel bewegen sich durch die Trommeldrehung zum Tonersystem. Der Toner ist das feine schwarze Pulver, das aufs Papier übertragen werden soll. Er ist ebenfalls negativ geladen, so dass er nur an den entladenen Stellen der Trommel haftet, während ihm die negativ geladenen Stellen abstoßen. Dort bleibt das Papier weiß. Schließlich wird das Papier unter der Trommel durchgerollt, so dass der Toner darauf haften bleibt. Damit er haftet, wird das Papier durch einen Entlader positiv geladen, so dass die Ladung der Trommel neutralisiert wird. Eventuell noch an der Trommel haftender Toner wird durch eine Reinigungsrolle oder -klinge entfernt. Durch Hitze und leichten Druck wird schließlich der Toner in das Papier eingebrannt.

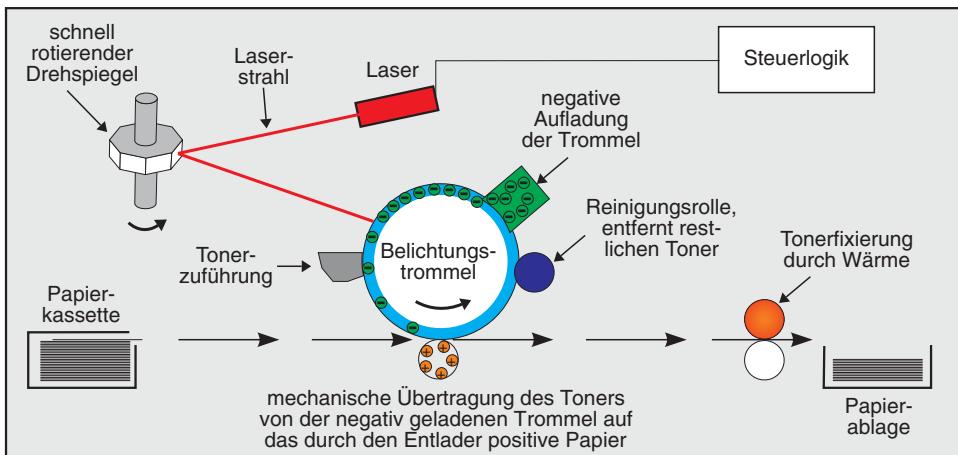


Abbildung 3.25: Funktionsweise eines Laserdruckers. Der achteckige Drehspiegel führt den Laserstrahl pro Umdrehung achtmal über die Trommel, so dass acht Pixelzeilen geschrieben werden. Die Steuerlogik sorgt dafür, dass die zu schreibenden Pixel in jeder Zeile vom Laser entladen werden.

3.4.6 Aufbau der Seite im Laserdrucker

Damit der Laser im Laserdrucker eine Seite auf der Trommel ausgeben kann, muss die Farbinformation (schwarz oder weiß) jedes einzelnen Pixels der Seite bereits im Arbeitsspeicher des Laserdruckers vorliegen. Bei einer DIN-A4-Seite und einer Auflösung von 300 dpi sind das fast neun Millionen Bildpunkte. Da jeder Bildpunkt mit einem Bit gespeichert wird, benötigt man alleine für die interne Darstellung einer Grafikseite über ein Megabyte Arbeitsspeicher. Ein Laserdrucker mit zu wenig Arbeitsspeicher bricht die Ausgabe unter Umständen nach der Hälfte einer Seite ab, weil sein Speicher voll ist. Für einen 300-dpi-Laserdrucker sind 1,5 bis 2 Megabyte Arbeitsspeicher angemessen, für einen 1200-dpi-Laserdrucker sind mindestens acht Megabyte zu empfehlen. Wenn man nur Text druckt, kommt man mit weniger Arbeitsspeicher aus. Der Computer sendet die Bilddaten in der Regel in einer einfachen Seitenbeschreibungssprache zum Drucker, z.B. in der von Hewlett Packard entwickelten Sprache PCL (*Printer Control Language*). Bis aus den vom Computer übertragenen PCL-Anweisungen eine Seite im Arbeitsspeicher des Druckers komplett aufgebaut ist, vergeht eine gewisse Zeit. Schon die Datenübertragung vom Rechner zum Drucker ist relativ langwierig. Die bei jedem Laserdrucker angegebene Druckleistung in Seiten pro Minute wird daher nur erreicht, wenn einfache Daten (Texte) ausgegeben werden oder wenn eine Seite mehrere Male hintereinander gedruckt wird. Statt der zu erwartenden 12 Seiten pro Minute muss der Anwender häufig mehrere Minuten auf eine Seite warten, vor allem wenn er Grafiken druckt. Moderne Systeme können diese Wartezeiten auf unterschiedliche Arten verringern. Die Datenübertragung zum Drucker kann durch eine besonders schnelle Schnittstelle oder über ein Netzwerk, in dem der Drucker direkt angeschlossen ist, beschleunigt werden. Durch die Verwendung der Seitenbeschreibungssprache Postscript (siehe Abschnitt 12.1.4) verringert sich der Umfang der Daten, die zum Drucker gesendet werden müssen, drastisch, weil diese Sprache auch

eine komplizierte Grafik mit relativ wenigen Anweisungen beschreiben kann. Allerdings benötigt der Laserdrucker dann einen eingebauten *Postscript-Interpreter*. Derartig ausgerüstete *Postscript-Laserdrucker* bilden den Standard für anspruchsvolle Textausgaben und Grafiken.

3.4.7 Verbesserungen der Druckqualität

Wenn ein Laserdrucker oder ein Matrixdrucker eine schräge Linie ausgeben soll, so erscheint der Rand dieser Linie unter dem Vergrößerungsglas treppenartig, weil sie ja letztlich aus lauter Punkten besteht, die fest in Zeilen und Spalten angeordnet sind. Moderne Laserdrucker können den Laserstrahl modulieren, d.h., die Größe des erzeugten Lichtflecks auf der Trommel kann gesteuert werden. Diese Technik kann man dazu verwenden, Treppenstufen abzuglätteln. Der Prozessor im Laserdrucker analysiert dazu die Ausgabe und macht die entsprechenden Bildpunkte etwas kleiner. Hewlett Packard bezeichnet diese Technik als *RET (Raster Enhancement Technology)*.

3.4.8 Betriebskosten eines Laserdruckers

Die Beschichtung der Belichtungstrommel ist das teuerste Verschleißteil eines Laserdruckers. Bei einer Lebensdauer von 5 000 bis 20 000 Seiten (je nach Fabrikat) und Kosten von 150 Euro aufwärts trägt dieser Posten einen erheblichen Teil zu den Kosten pro Seite bei. Der Firma *Kyocera* gelang es zuerst, die relativ weiche organische Beschichtung durch eine sehr harte, völlig ungiftige amorphe Siliziumschicht zu ersetzen. Damit erreicht die Trommel die gleiche Lebensdauer, die man von einem Standard-Laserdrucker erwartet: 300 000 Seiten. Neben den geringen laufenden Kosten erspart diese Technik auch eine ganze Menge Müll. Zweiter Kostenfaktor ist der Toner. Eine Tonerfüllung reicht je nach Größe für 3 000 bis 10 000 Seiten. Pro tausend Seiten kostet der Toner etwa 5 bis 10 €. Toner für Laserdrucker mit höherer Auflösung als 300 dpi ist etwas feinkörniger und damit teurer. Weil Laserdrucker oft den ganzen Tag eingeschaltet sind, trägt auch ihr Stromverbrauch zu den laufenden Kosten bei. Die sparsamsten Geräte schalten sich von selbst in einen Strom sparenden Ruhezustand, wenn sie nicht benötigt werden. Neben der Stromersparnis hat dies auch den Vorteil, dass nicht unnötig Lärm und Wärme durch den Lüfter verbreitet werden. Bei älteren Laserdruckern muss man die Ozon-Emission bemängeln, die beim Betrieb durch die hohe Spannung im Gerät entsteht und über den Lüfter in den Raum abgegeben wird. Moderne Geräte besitzen wirksame Filter, um die Ozon-Emission fast auf Null zu reduzieren. Wenn man sich einen Laserdrucker anschaffen möchte, den man direkt am Arbeitsplatz verwendet, sollte man sich vorher auch einen Eindruck von der Lärmbelastung durch den Drucker machen.

3.4.9 Markt für Laserdrucker

Laserdrucker dominieren wegen ihrer Leistungsmerkmale heute im Büro und beginnen sich auch beim Privatanwender zu etablieren. Einsteigermodelle sind bereits für 150 € zu haben. Die Grundausführung eines leistungsstarken Druckers kostet kaum mehr als 1 000 €. Selbst mit einigen Erweiterungen, z.B. Postscript-Emulation, mehre-

ren Megabyte zusätzlichen Arbeitsspeichers und einem zweiten Einzelblatteinzug kostet ein guter Laserdrucker nicht viel mehr als etwa 1 000 Euro. Teurere Geräte bieten meist ein schnelleres Druckwerk (16 und mehr Seiten pro Minute) und eignen sich als zentrale Drucker für viele Benutzer. Die Kosten pro Seite liegen bei Laserdruckern bei wenigen Cent (0,01 bis 0,05 Euro). Der dominierende Hersteller ist *Hewlett Packard*, der mit seiner *HP-Laserjet*-Serie seit Jahren die Messlatte für das Preis-Leistungs-Verhältnis bei Laserdruckern gelegt hat. Es gibt auch *Farblaserdrucker*. Bei ihnen werden vier verschiedene Toner (Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz) verwendet. Die Papierführung muss darin sehr exakt erfolgen, damit die einzelnen Farbkomponenten der Bildpunkte korrekt beieinander liegen. Solche Geräte drucken zwar mehrere Seiten pro Minute, sind aber noch recht teuer.

3.4.10 Tintenstrahldrucker

Tintenstrahldrucker bringen jeden Pixel der Matrix zu Papier, indem sie kleine Tintentröpfchen aus einer Düse auf die entsprechenden Stellen schießen. Dazu verwendet man entweder *Piezoelemente*, die sich bei Anlegen einer geringen Spannung verformen (siehe Abbildung 3.26), oder das so genannte *Bubble-Jet-Verfahren* (siehe Abbildung 3.27). Bei Letzterem wird die in einem Röhrchen fließende Tinte kurzzeitig so erhitzt, dass eine Dampfblase explosionsartig einen kleinen Tintentropfen aus dem Röhrchen katapultiert.

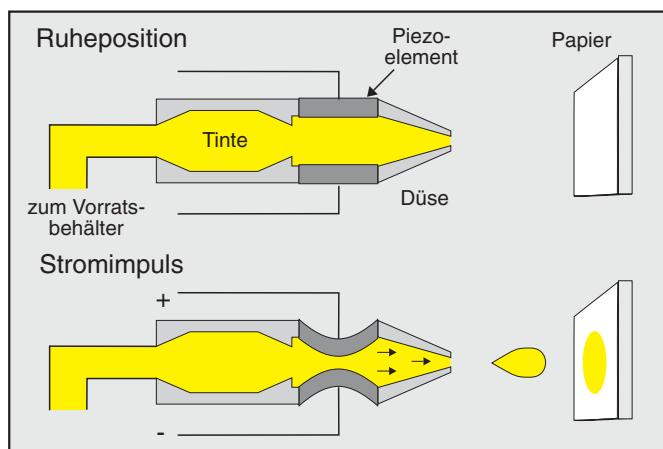


Abbildung 3.26: Funktionsprinzip eines Tintenstrahldruckers mit Piezoelement

3.4.11 Qualität des Ausdrucks

Tintenstrahldrucker werden mit einer Auflösung von 300 bis zu 720 dpi angeboten. In der Qualität des Ausdrucks übertreffen sie Nadeldrucker bei weitem und reichen inzwischen an die Qualität einfacher Laserdrucker heran. Wichtig für die Qualität ist das Papier. Bei Normalpapier dringt die Tinte ins Papier ein und zerfließt etwas oder

vermischt sich mit benachbarten Bildpunkten. Sie verliert damit an Sättigung und Leuchtkraft. Das mag für Entwürfe hingenommen werden, anspruchsvolle Ausgaben sollte man besser auf Spezialpapier drucken, das eine sehr glatte Oberfläche aufweist und speziell beschichtet ist, so dass die Farben besser haften. Wenn man auf einer Seite größere Flächen mit Farbe überdeckt, muss man damit rechnen, dass sich das Papier infolge der Feuchtigkeit der Tinte wellt.

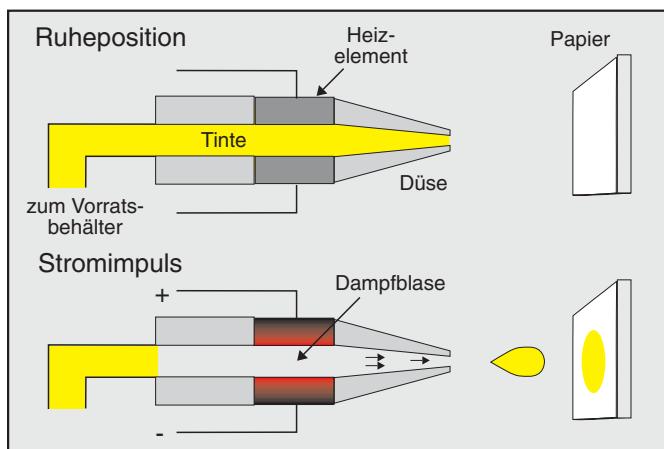


Abbildung 3.27: Funktionsprinzip eines Tintenstrahldruckers mit dem Bubble-Jet-Verfahren

3.4.12 Farben bei Tintenstrahldruckern

Tintenstrahldrucker eignen sich hervorragend als preiswerte Farbdrucker. Durch Mischen der vier Tinten mit den Farben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz kann man die heute gewünschten 16,7 Millionen Farben darstellen. Noch mehr als für den Schwarzweißdruck ist für den Farbdruck hochwertiges Spezialpapier zu empfehlen, weil sonst die Farben sehr unschön ineinander laufen (z.B. Schwarz in Gelb). Professionelle Qualität ist in dieser Preisklasse zwar noch nicht ganz zu erreichen, die Qualität ist aber schon ganz beachtlich. Für eine bessere Farbwiedergabe werden bei einem neueren Modell zusätzlich zu den drei Grundfarben und Schwarz zwei weitere Farbpatronen verwendet.

3.4.13 Einsatz von Tintenstrahldruckern

Tintenstrahldrucker sind heute relativ preiswert in der Anschaffung. Selbst farbfähige Geräte kosten nur unter 100 Euro. Im Privatbereich haben die preiswerten Tintenstrahldrucker die Nadeldrucker längst verdrängt. Auch im Bürobereich haben sich Tintenstrahldrucker als Arbeitsplatzdrucker weitgehend durchgesetzt, und vor allem in kleineren Büros bieten sich Tintenstrahldrucker mit integriertem Faxgerät an. Bei manchen Tintenstrahldruckern (vor allem bei Bubble-Jet-Druckern) muss der ganze Druckkopf ausgewechselt werden, wenn eine Tintenpatrone leer ist, wodurch zwar

eine Menge unnötiger Abfall entsteht, allerdings eine gleich bleibend hohe Druckqualität gewährleistet ist. Vom Zubehörmarkt werden auch entsprechende Nachfüll-Kits angeboten, so dass man seine Patronen auch selbst nachfüllen kann.

3.4.14 Festintendrucker

Eine Abwandlung des Tintenstrahldruckers mit flüssiger Tinte ist der Festintendrucker oder Solid-Ink-Drucker. Er basiert auf der *Phase-Change-Technologie* und funktioniert im Prinzip wie ein üblicher Tintenstrahldrucker, verwendet aber statt flüssiger Tinte feste Tinte bzw. Wachs. Dieses wird beim Drucken durch ein Heizelement geschmolzen und dann wie flüssige Tinte auf das Papier gespritzt. Der Vorteil liegt darin, dass das Wachs auf dem Papier sofort wieder fest wird und demnach nicht verläuft oder ins Papier eindringt. Man kann daher auch qualitativ schlechteres Normalpapier verwenden. Damit der Ausdruck eine glatte Oberfläche erhält, wird das Papier nach dem Drucken zwischen zwei Walzen gepresst (Kaltfixierung), so dass die von den Wachstropfen herührenden Unebenheiten verschwinden. Das Verfahren besticht durch die Qualität des Ausdrucks bei sehr günstigen Kostenverhältnissen. Auch die Handhabung ist denkbar einfach, die Farbstifte können unproblematisch gewechselt und aufbewahrt werden, selbst wenn sie schon zum Teil verbraucht sind.

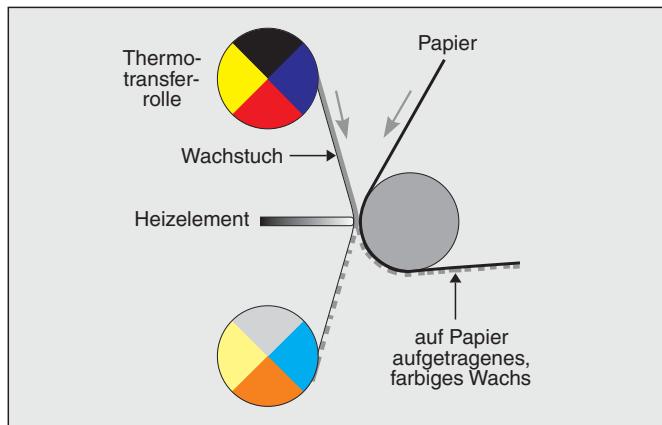


Abbildung 3.28: Funktionsprinzip eines Thermotransferdruckers. Wachs in den vier Grundfarben wird dabei mittels eines Heizelements punktweise auf das Papier aufgeschmolzen.

3.4.15 Thermotransferdrucker

Thermotransferdrucker können Punkte einer Matrix durch das Aufschmelzen einer wachsartigen Tinte auf Spezialpapier drucken. Es handelt sich ausschließlich um Farbdrucker. Zum Drucken einer Seite wird ein Wachstuch mit den Farben Cyan, Magenta, Gelb und Schwarz benötigt (Thermotransferrolle). Der Druckkopf besteht aus einer Reihe von Heizelementen, die individuell auf eine Temperatur von 70 bis 80 Grad erhitzt werden, wenn ein Bildpunkt zu Papier gebracht werden soll. Bei dieser Tempe-

ratur schmilzt das Wachs und haftet auf dem Papier. Diese Drucker können durch Mischen der Grundfarben eine große Palette von brillanten Farben zu Papier oder auch auf Folie bringen. Dabei arbeiten sie sehr zuverlässig und leise, aber auch recht langsam. In den Anschaffungs- und Betriebskosten sind sie teurer als Tintenstrahldrucker. Lediglich bei Grafikausgaben, die große Teile einer Seite mit Farbe bedecken, liegen sie etwas günstiger. Die Auflösung beträgt meist 300 dpi.

3.4.16 Sublimationsdrucker

Das Druckverfahren des *Sublimationsdruckers* unterscheidet sich wenig von dem des Thermotransferdruckers. (Der Begriff Sublimation bezeichnet den Wechsel des Aggregatzustands von der festen zur gasförmigen Form.) Hier wird das Wachs jedoch verdampft und dringt in das Spezialpapier ein, wo es eine chemische Reaktion auslöst. Das Wachs wird dabei auf bis zu 400 Grad Celsius erhitzt. Die zu übertragende Farbmenge kann durch die Temperatur genau gesteuert werden. Dieses Verfahren, das ausschließlich für Farbdrucke verwendet wird, erreicht mit brillanten Farben und fließenden Farbabstufungen die höchste Qualität. Man spricht von *fotorealistischer Bildwiedergabe*, weil fast die Qualität von Fotografien erreicht werden kann. Die Qualität von Textausdrucken ist dagegen nicht so gut. Sublimationsdrucker sind noch langsamer (mehrere Minuten pro Seite) und teurer als Thermotransferdrucker und eignen sich wie diese vor allem für Anwender, die relativ wenige Ausdrucke von hoher Qualität benötigen.

3.4.17 Druckstationen

Es bietet sich an, bestimmte Druckfunktionalitäten in einer Büroumgebung zu kombinieren. So werden für kleine Büros und den Heimgebrauch Kombinationsgeräte angeboten, die Faxgerät, Drucker und Kopierer in einem Gerät vereinen. Sie nutzen oft die Tintenstrahltechnologie. Für große Büros mit hohem Durchsatz werden solche Kombinationen mit eigenem Betriebssystem und großen Speichern angeboten. Diese basieren dann meist auf dem Laserdruckprinzip. Sie ermöglichen es dann auch, unabhängig vom Rechner einzelne Parameter des Druckauftrags nachträglich zu verändern. So kann an der Druckstation z.B. auf Querdruck oder verkleinerte Ausgabe umgestellt werden, ohne den Auftrag nochmals abschicken zu müssen.

3.4.18 GDI-Drucker

In vielen Fällen versucht man den Prozessor des Rechners zu entlasten, indem man den Drucker mit eigenen Prozessoren ausstattet. Genau das Gegenteil erreicht man mit *GDI-Druckern* (*Graphic Device Interface*). Die Druckausgabe wird dabei so weit wie möglich vom Computer selbst berechnet, der Drucker besitzt ein Minimum an Eigenintelligenz und ist daher natürlich besonders billig. Diese Geräte eignen sich nur für den Einsatz unter Windows.

3.4.19 Zeilendrucker

Speziell zur billigen Ausgabe großer Textmengen in niedriger Qualität werden in der Großrechnerwelt häufig so genannte *Zeilendrucker* verwendet, die bis über 4 000 Zeilen pro Minute ausgeben können. Die wichtigsten Bauarten werden als *Typenbanddrucker* (mit Bändern, auf denen ein begrenzter Zeichensatz aufgeprägt ist) oder *Kettendrucker* bezeichnet. Heute spielen sie nur noch in Rechenzentren eine gewisse Rolle.

3.4.20 Spezielle Drucker

Für Registrierkassen, Rechenmaschinen etc. werden oft spezielle Papiertypen und -formate eingesetzt. Metallbeschichtetes, leicht silbrig ausssehendes Spezialpapier wird „bedruckt“, indem durch einen Hochspannungsfunken gezielt Stellen geschwärzt werden. Der Zeichenaufbau erfolgt wie bei einem Matrixdrucker. Andere Systeme verwenden einen beheizten Nadelkopf um die Zeichen ins hitzeempfindliche Papier zu „brennen“. Beide Systeme kommen ohne Farbband oder anderen Farbträger aus, sind robust, benötigen allerdings Spezialpapier.

3.4.21 Druckprinzipien

In den vorangehenden Kapiteln wurden ausführlich die Drucktechniken und die entsprechenden Drucker vorgestellt. Zum Schluss soll noch ganz kurz auf Druckprinzipien eingegangen werden. Das einfachste Prinzip ist wohl, dem Drucker Zeichen für Zeichen und Zeile für Zeile mitzuteilen, was er drucken soll. Dieses Prinzip ist vergleichbar mit der guten alten Schreibmaschine, deren Tasten z.B. mit den nummerierten Zeichen des ASCII-Codes versehen sind. Will man ein „A“ ausdrucken, dann wird die Taste „65“ betätigt. (A ist das 65. Zeichen im ASCII-Code.) Es wird also Zeichen für Zeichen angesteuert. Anders als bei dem Typenraddrucker oder Zeilendrucker, denn das sind gerade Beispiele für dieses einfache Prinzip, funktionieren Matrixdrucker. Diese können, wie wir schon wissen, Punkte an bestimmten Stellen in beliebiger Kombination ausdrucken. Man sagt, der Matrixdrucker ist grafikfähig. Diese Art von Drucker kann daher mehrere Zeichensätze verwenden, die mit bestimmten Steuersequenzen angesteuert werden. Eventuell können solche Zeichensätze in den Speicher des Druckers geladen werden. Man spricht dabei auch von Soft-Fonts. Unter dem Windows-Betriebssystem drucken Drucker nicht mehr zeichenweise, sondern im so genannten *Grafikmodus*. Ein Druckertreiber, also Software, ist dafür zuständig und verantwortlich, dass der Drucker auf einen bestimmten Code hin ein entsprechendes Bild (Buchstabe oder irgendein anderes Zeichen) druckt. Seit der Windows-Version 3.1 sind so genannte *TrueType-Schriften* möglich (vgl. Abschnitt 9.1.4 „Textformatierung“). Dabei ist Folgendes gemeint: Die zu druckenden Zeichen werden hier nicht mehr durch ein Punktmuster, sondern auf andere Weise (z.B. durch Formeln) beschrieben. Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass die Beschreibung und der Ausdruck der Zeichen skalierbar ist. Die Zeichen können also in Grenzen größer oder kleiner gedruckt, man sagt auch skaliert werden.

3.5 Andere Ausgabegeräte

Es gibt eine Reihe von Ausgabegeräten für besondere Zwecke. Einige von ihnen, z.B. die Plotter, haben an Bedeutung schon wieder verloren, andere haben ihren festen Platz in bestimmten Nischen.

3.5.1 Plotter

Zur Ausgabe technischer Zeichnungen, Karten oder farbiger Grafiken auf Papier werden *Plotter* verwendet. Beim *Flachbettplotter* liegt das Papier auf einer ebenen Fläche, während es beim *Trommelplotter* um eine Trommel läuft, so dass auch größere Formate bearbeitet werden können. Bei diesen beiden auch als *Stiftplotter* bezeichneten Bauarten wird ein Stift (aus einem Magazin mit mehreren Stiften) gemäß den programmierten Anweisungen über das Papier geführt. Die Zeichengeschwindigkeit und die Andruckstärke können in der Regel dem verwendeten Stift angepasst werden. Eine wichtige Kenngröße für die Präzision eines Plotters ist die *Wiederholgenauigkeit* beim mehrfachen Anfahren der gleichen Position, d.h. die Abweichung zwischen genau übereinander gezeichneten Punkten. Gute Plotter liegen hier deutlich unter 0,1 Millimeter. Bei einigen Bauarten wird der Stift in X- und Y-Richtung über das Papier bewegt, bei anderen bewegt sich der Stift nur in die eine und das Papier wird in die andere Richtung bewegt.

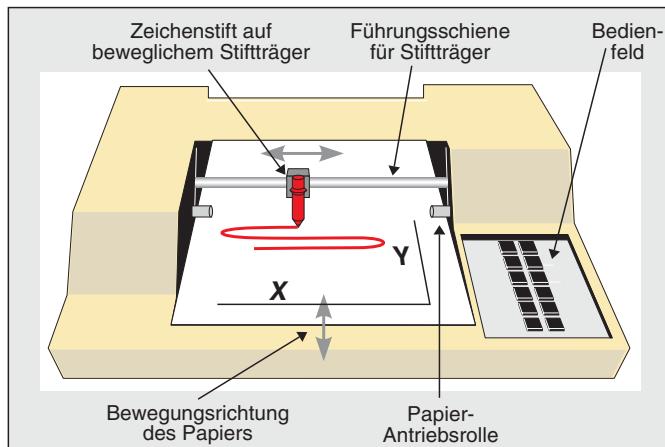


Abbildung 3.29: Einfacher Stiftplotter

Einsatzgebiete für Stiftplotter

Stiftplotter werden besonders für technische Zeichnungen verwendet. Im Gegensatz zu den meisten Druckern bewältigen sie oft auch größere Papierformate bis zu DIN A0. Sie verfügen allerdings nur über eine begrenzte Auswahl an Farben. Meist sind acht Farbstifte im Magazin, von denen jeder eine bestimmte Strichstärke hat, die nur

Andere Ausgabegeräte

durch Austausch eines Stifts variiert werden kann. Ganz dünne Linien, wie sie ein Laserdrucker zustande bringt, kann man mit Stiftplottern nicht erzeugen. Auch zusammenhängende Farbflächen bereiten Probleme. Die Auswahl an Schriftarten ist sehr bescheiden. Besonders unerfreulich für den Anwender ist es, wenn ein Stift mitten in einer Zeichnung leer wird oder an Sättigungskraft verliert. Einfache Filzstifte werden mit der Zeit an der Spitze breiter. Insgesamt arbeiten Stiftplotter recht langsam. Dass sie als einziges Ausgabemedium wirklich schräge Linien ohne den Treppeneffekt zeichnen können, fällt heute kaum mehr ins Gewicht, nachdem Laserdrucker bereits mit 1200 dpi arbeiten. Bei Schwarzweißausdrucken im DIN-A4-Format sind Stiftplotter heute gegenüber Laserdruckern nicht mehr konkurrenzfähig. Man kann sagen, dass Stiftplotter heute eine aussterbende Technik darstellen. Sie werden meist durch Tintenstrahlplotter ersetzt, die in der Bauform eines Trommelplotters ebenfalls Ausgaben bis zu einer Größe von DIN A0 unterstützen. Eine Spezialform des Stiftplotters ist der *Schneidplotter*. Er verfügt statt der Stifte über Messereinsätze. Damit können Folien für alle Arten von Beschriftungen auf Werbeflächen, Autos usw. angefertigt werden.

Elektrostatplotter

In Planungsbüros und Konstruktionsabteilungen dominieren *Elektrostatplotter*, die schneller als Stiftplotter arbeiten und zahlreiche Farben durch Mischen der Grundfarben erzeugen können. Sie benötigen ein besonderes Papier. Da sie das Bild zeilenweise aufbauen, ist der Zeitaufwand unabhängig vom Bildinhalt, ganz im Gegensatz zum Stiftplotter. Die schon wegen ihres Preises nur für den professionellen Einsatz geeigneten Geräte können auch sehr große Papierformate bedrucken (z.B. DIN A0), wie es bei technischen Zeichnungen oft nötig ist.

Plottersteuerung

Meist werden einem Plotter sehr komplexe Befehle (z.B. „Zeichne an der Position XY einen Kreis mit Radius R und einem bestimmten Muster.“) übermittelt, die der Prozessor des Plotters selbst zur Steuerung der Stifte oder Farben umsetzen muss. Die dominierende Standardsprache für diese Zwecke ist *HPGL* (*Hewlett Packard Graphics Language*). Auch Laserdrucker können so erweitert werden, dass sie diese Sprache verstehen und umsetzen. Sie arbeiten dann wie ein Plotter mit sehr hoher Zeichengeschwindigkeit. Im Vergleich mit einer Seitenbeschreibungssprache wie *Postscript* (siehe Abschnitt 12.1.4) war HPGL jedoch in den Möglichkeiten stark eingeschränkt. Mit HPGL 2 und *PCL* (*Printer Control Language*) stehen moderne Druckersprachen zur Verfügung, die je nach Einsatzzweck optimiert sind.

3.5.2 Spezial-Ausgabegeräte

Overhead-Displays eignen sich hervorragend für Vorträge vor einem größeren Publikum. Das sind LCD-Bildschirme, bei denen der ansonsten verwendete Hintergrund (vor dem sich die dargestellten Zeichen abheben) transparent ist. Man kann diese Geräte wie gewöhnliche Bildschirme an einen Rechner anschließen und auf Overheadprojektoren legen. Der Inhalt des Bildschirms kann dann an eine Wand projiziert wer-

den. Andere Geräte arbeiten wie ein Diaprojektor, bei dem anstelle des Dias ein durchscheinendes LCD-Display eingebaut ist.

DLP-Projektor

DLP (*Digital Light Processing*) ist ein relativ neues Projektionsverfahren, das die Firma Texas Instruments entwickelt hat. Es verwendet einen speziellen Mikrochip (*DMD, Digital Micromirror Device*), der auf seiner Oberfläche viele mikroskopisch kleine Spiegel hat. Jeder Spiegel ist kippbar gelagert und kann einzeln von der Elektronik angesteuert werden, ganz ähnlich wie jeder Bildpunkt beim LCD-Schirm. Je nach Auflösung sind dies z.B. 600×800 , also 480 000 einzelne Spiegelchen. Eine Lichtquelle wird über ein Linsensystem auf den Chip gelenkt. Jeder einzelne Spiegel wird entsprechend der Farb- und Helligkeitsinformation des Pixels so gekippt, dass er den Lichtstrahl entweder durch die Projektionsoptik auf die Projektionsfläche, z.B. eine Wand, lenkt oder so ablenkt, dass kein Licht nach außen fällt. Die Farben werden bei billigeren Modellen durch ein Farbrad erzeugt, das sich im Beleuchtungsstrahl befindet und dreht. Nacheinander stellen die Spiegel so die drei Grundfarben dar, die für das Auge des Betrachters wie beim Fernseher zu den Originalenfarben verschmelzen. Bei teureren Geräten werden zwei oder drei solche Chips verwendet, um die Farbe darzustellen. Diese Projektoren sind sehr lichtstark und bieten eine äußerst brillante Darstellung. Die Projektionsgeräte können sehr klein gebaut werden. Die Überlegungen gehen dahin, diese Technologie auch für den Fernsehapparat im Privatbereich einzusetzen.

Großbildprojektor

Mit einem *Großbildprojektor* kann die Bildschirmausgabe direkt in hoher Auflösung und farbig an eine Wand projiziert werden. Dazu werden über drei getrennte Linsensysteme die Grundfarben der Farbbilder an der Wand überlagert. Sogar die Verzerrung, die auftritt, wenn eine Wand schräg von unten angestrahlt wird, können solche Geräte korrigieren. Ihr Hauptvorteil ist aber, dass sie analog arbeiten, also unabhängig von der verwendeten Auflösung. Daher können auch Videoausgaben projiziert werden. Sie verwenden dafür eine hochauflösenden Bildschirme vergleichbare elektronische Schaltung. Diese Projektoren unterstützen ähnlich hohe Auflösungen wie herkömmliche Bildschirme, sind aber sehr teuer.

Brillendisplay

Mit Displays auf einem Brillengestell oder in einem speziellen Helm können einem Anwender zwei getrennte Einzelbilder vor die Augen projiziert werden, die das gleiche Objekt aus verschiedenen Perspektiven zeigen. Diese Spezialbrillen werden auch *HMD (Head Mounted Display)* genannt und mit Kopfhörern und Mikrofon in einer Einheit kombiniert. So können dreidimensionale Räume realistisch über das volle Gesichtsfeld dargestellt werden. Sensoren, die die Bewegung des Kopfes registrieren, ergänzen diese Technik, die heute allerdings erst von wenigen Spezialisten verwendet wird.

Eine weitere Variante, die vor allem im militärischen Bereich entwickelt wurde, sind *VRDs (Virtual Retinal Displays)*. Dies sind Bildwiedergabeeinheiten, die das Bild direkt

Andere Ausgabegeräte

durch die Pupille auf die menschliche Netzhaut projizieren. Für den Nutzer soll es so aussehen, als ob er in einiger Entfernung einen hochwertigen Fernseher sehen würde. Einen Bildschirm haben diese Einheiten nicht mehr. Die Projektionsvorrichtung soll in Brillengestelle, Helme oder auch Palmtops eingebaut werden. Ob und wann die VRDs marktreif werden, ist ungewiss.

Shutter-Brille

Eine *Shutter-Brille* ist kaum größer als eine gewöhnliche Brille. Statt der beiden Brillengläser enthält sie LCD-Elemente, mit denen wechselweise das linke und das rechte Auge abgeschattet wird. Exakt darauf eingestellt wird die Bildschirmausgabe: Wenn das linke Auge abgeschattet ist, wird das für das rechte Auge berechnete Teilbild ausgegeben und umgekehrt. Wenn dieser Wechsel mehrere dutzend Mal in der Sekunde ausgeführt wird, erscheint die Abbildung dreidimensional. Gerade im Bereich der dreidimensionalen Darstellung von Objekten gibt es zahlreiche unkonventionelle Ansätze, die jedoch am Markt noch keine Rolle spielen.

Fotoausgabegeräte

Um Computergrafiken z.B. auf normale Diafilme zu belichten, verwendet man *Dia-Ausgabegeräte*. Daneben gibt es andere Ausgabegeräte für optische Medien, z.B. zur Herstellung von *Mikrofilmen* und *Microfiches*.

Ausgabegeräte für Behinderte

Mit zunehmender Rechenleistung und Verbreitung der Computer werden spezielle Formen der Ein- und Ausgabe an Bedeutung gewinnen, z.B. die Ein- und Ausgabe von einfachen gesprochenen Texten oder Kommandos in der Arbeitswelt oder Hilfsmittel für Behinderte (Ein- und Ausgabe der Braille-Schrift etc.).

Ausgabegeräte für Gerüche

Schon seit Menschengedenken werden Gerüche dazu benutzt, um Informationen auszusenden oder zu unterdrücken. Die florierende Parfüm- und Gelindustrie zeigt dies täglich. Daher gibt es schon länger Experimente, Gerüche ähnlich wie Bilder aus einzelnen Grundgerüchen zu komponieren und damit nach einer vergleichbaren Technik im Rechner übertragbar zu machen. Ein geeignetes Ausgabegerät kann dann den gewünschten Geruch aus den Grundgerüchen zusammensetzen und verbreiten. Hier werden nach der Scent-Technologie (*Scent*, Engl. Duft) arbeitende Geruchsausgabegeräte eingesetzt. Zum Einsatz kommt diese Technik sicher zunächst bei Spielen und an Präsentationsterminals, etwa in Parfümerien, um einen intensiveren Eindruck zu erzeugen. Firmenzusammenschlüsse zwischen etablierten Parfümherstellern und innovativen Softwarefirmen belegen den kommenden Markt.

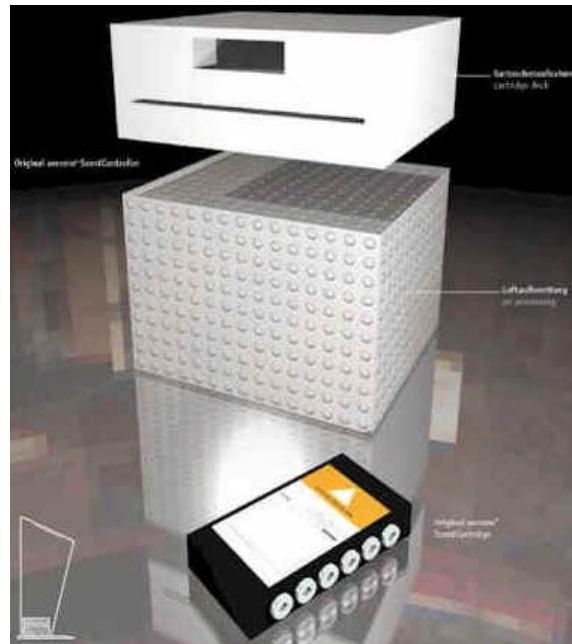


Abbildung 3.30: Controllereinheit für die Scent-Technologie. Aus sechs Grundgerüchen, die in einer Patrone bevoorratet werden, wird in dieser Einheit der gewünschte Duft komponiert. Diese Einheit wird in verschiedenen Terminals, meist zusammen mit dem Bildschirm verbaut.

3.6 Multimedia

Unter dem Schlagwort *Multimedia* fasst man die Integration verschiedener Techniken der Eingabe, Bearbeitung und Ausgabe von Bildern, Video und Audio mit dem Computer zusammen. Mindestens einer der Datenströme (Video oder Audio) ist dabei zeitgekoppelt, muss also in Echtzeit ablaufen. Zunächst versuchte man unter dem Schlagwort *Multimedia-PC*, das CD-ROM-Laufwerk und die Soundkarte (siehe unten) zur Grundausstattung eines PCs zu machen – mit Erfolg. Heute werden zudem vor allem die Videotechnik und die Fotografie mehr und mehr in die Computertechnik integriert. Darüber hinaus ist absehbar, dass in nicht allzu ferner Zukunft fast alle elektronischen Geräte für Büro, Unterhaltung und sogar Haushalt über einen PC gesteuert werden können (Fotokopierer, Telefon, Fernseher, Videorekorder, Stereoanlage, Heizungs- und Klimaanlagen etc.).

3.6.1 Musik im Computer

Sowohl im privaten Bereich als auch in der Musikindustrie erfreuen sich Computer, die Musik bearbeiten können, zunehmender Beliebtheit. Mit Hilfe der CD-Brenner ist es ein Leichtes, Audio-CDs am Heim-PC zu erstellen, so dass man sich leicht seine pri-

vate eigene Lieblings-CD zusammenstellen kann. Im Internet sind auch längst Tauschbörsen entstanden, über die Nutzer unabhängig von ihrem Wohnort Musiktitel austauschen können. Obwohl rechtlich umstritten, erfreuen sich diese Tauschbörsen großer Beliebtheit. Das bekannteste System war bzw. ist *Napster*. Die frühere Tauschbörse Napster ist aus rechtlichen Gründen eingestellt. *Napster 2.0* ist jetzt ein kommerzieller Musik-Download-Dienst, der zunächst nur in den USA zur Verfügung steht. Im Folgenden sollen vor allem die technischen Voraussetzungen für die Bearbeitung von Musik beschrieben werden.

Midi

Zur Ein-/Ausgabe und Bearbeitung von Musik und anderen akustischen Signalen wurde die so genannte *Midi-Schnittstelle* entwickelt (*Musical Instruments Digital Interface*). Sie umfasst sowohl die technische Normung (Steckerformen, Stiftebelegung, Spannungswerte etc.) als auch die Definition der Steuercodes. Der Anschluss verschiedenster elektronischer Musikgeräte (Keyboards, Synthesizer) zur Erzeugung, Beeinflussung und Weitergabe von Musik ist sehr leicht möglich. Die zusammengeschalteten Geräte können wechselseitig oder gleichzeitig arbeiten. Damit wird der PC integraler Bestandteil zur Speicherung und Verarbeitung von Musik.

Soundkarten

Der PC ist von Haus aus mit einem kleinen Lautsprecher ausgestattet, der aber in der Regel von Programmen nur dazu benutzt wird, bei Fehleingaben oder anderen Besonderheiten einen Piepton von sich zu geben. Zu wesentlich mehr ist er auch gar nicht in der Lage. Man muss es schon als Luxus werten, wenn man seine Lautstärke einstellen kann. Gesprochenen Text oder Musik, wie von den seit langem beliebten Computerspielen ausgegeben, verwandelt er meist in ein unsägliches Gekrächte. So ist es kein Wunder, dass zunächst fast nur für den privaten Markt *Soundkarten* entwickelt wurden, die hauptsächlich von Computerspielen genutzt wurden. An diese Karten lassen sich zum Beispiel ein Mikrofon und zwei Lautsprecher anschließen, über die Sprache und Musik in guter Qualität ein- und ausgegeben werden können. Standard-PCs werden mehr und mehr mit Soundkarten verkauft, allerdings immer noch bevorzugt für den privaten Bedarf. Die billigsten Soundkarten kosten um 50 €, leistungsfähigere einige Hundert €. Ein Bestseller war die Karte *Soundblaster*. Mit dem Zeitalter der Spracheingabe, das manche Experten kommen sehen, dürfte die Ein- und Ausgabe von akustischen Signalen eine weit stärkere Bedeutung auch im Bürobereich bekommen. Auch im Zusammenhang mit Telefonfunktionen, wenn der PC beispielsweise als Anrufbeantworter eingesetzt wird, ist eine Sound-Unterstützung unerlässlich.

Sampling

Eine wichtige Funktion der Soundkarte ist die Umsetzung von Schall, der über das Mikrofon eingegeben wird, in ein digitales Datenformat und umgekehrt die Ausgabe digitaler Musik über Lautsprecher. Bei der Aufzeichnung von Musik in CD-Qualität wird der Schallpegel 44 000-mal in der Sekunde abgetastet. Man spricht dann von einer *Samplingrate* von 44 kHz. Der Schallpegel selbst wird jeweils in einer 16-Bit-Zahl (entspricht zwei Byte) gespeichert und kann somit einen Wert zwischen 0 und 65 535 annehmen. Eine Datei, in der Musik auf diese Weise gespeichert ist, nennt man *WAVE-Datei*.

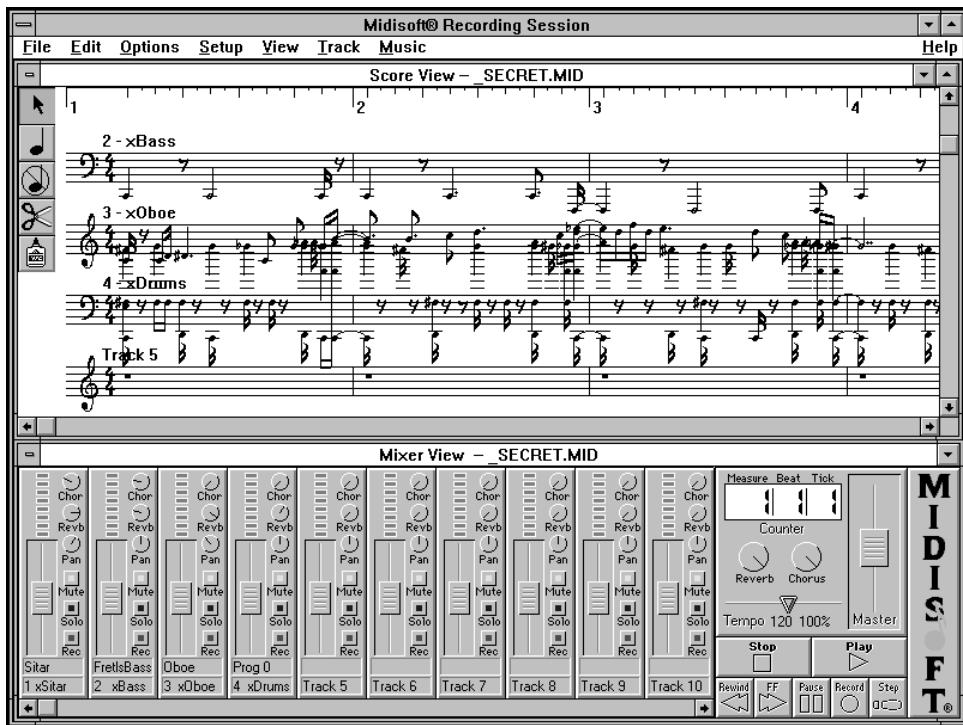


Abbildung 3.31: Eingabe, Bearbeitung und Wiedergabe von Musik mit einem Programm

Wavetable

Soundkarten haben darüber hinaus aber auch die Funktion eines Synthesizers, d.h., sie können aus Noten selbst Musik erzeugen. Einen Standard hierfür bildet der *OPL3-Chip* von Yamaha. Der Klang herkömmlicher Musikinstrumente wird dabei mit bescheideniger Qualität nachgebildet. Ein neueres Konzept beruht auf ROM-Chips, in denen der Klang von Originalinstrumenten digital abgespeichert ist. Bei der Ausgabe von Musik werden diese Klangelemente benutzt. Man spricht von *Wavetables*. Die Organisation der Klänge im Speicher – also welches Instrument unter welcher Nummer zu finden ist – richtet sich nach dem General-MIDI-Standard von Roland und wird von allen Herstellern eingehalten.

Radio- und Fernsehkarten

Mittlerweile gibt es für etwa 25 – 100 € auch Erweiterungskarten, auf denen ein UKW-Radioempfänger oder ein kompletter Fernsehempfänger untergebracht ist. Alle Einstellungen, die man auch am echten Radio oder Fernseher vornehmen kann (Senderwahl, Lautstärkeregelung etc.), werden dabei am Bildschirm vorgenommen. Der Computer wird so zur universellen Medienzentrale.

3.6.2 Video im Computer

In den ersten Jahren, als Videos am PC erschienen, war die damals übliche Hardware damit meist überfordert. So musste man sich in der Regel für ein Video mit einem kleinen Bildschirmfenster begnügen oder ein ruckelndes Bild mit weit weniger als 25 Bildern pro Sekunde hinnehmen. Die heutigen PCs mit ihren superschnellen Grafikkarten haben dagegen keine Probleme, Videos bildschirmfüllend in hoher Qualität auszugeben. Dank des enormen Preisverfalls bei Festplatten ist es heute auch möglich, längere Videos bequem auf dem PC zu bearbeiten. Verschiedene Programme unterstützen den Hobbyfilmer beim Schnitt und bieten zudem zahlreiche Spezialeffekte.

Ein weiterer, stark anwachsender Anwendungsbereich für Video im PC stellt das Videoconferencing bzw. die Bildtelefonie dar. Über geeignete Kompressionsverfahren und schnelle Netzanbindungen (ISDN) ist es möglich, per PC mit anderen nicht nur zu telefonieren, sondern auch eine Bildverbindung aufzubauen (vgl. auch Abschnitt 16.1.5 „Gemeinsame Anwendungsnutzung“).



Abbildung 3.32: Video am Bildschirm. Oben das Bild, unten eine Reihe von Bedienelementen. Bei vielen Multimediaprogrammen kann das Erscheinungsbild vom Benutzer eingestellt werden. Man spricht von „skins“.

Anwendungen für Video am Computer

Videofilme sind zur Darbietung von Information hervorragend geeignet. Die Verbindung von bewegten Bildern, Musik und Sprache kann zum Beispiel für Lernprogramme, für Werbezwecke, für Präsentationen oder zur Kundeninformation benutzt werden. Das einzige Problem besteht darin, dass der zeitliche Ablauf eines Videofilms auf Band fest vorgegeben ist. Der Benutzer eines Lernprogramms auf Video kann nur sehr umständlich eine Szene wiederholen oder überspringen. Außerdem kann er die Folge der Szenen nicht selbst bestimmen. Integriert man nun die Videotechnik in den PC, so kann man die Vorteile der Videotechnik mit der einfachen und ausgereiften Bedienung des PCs nutzen. Durch Speicherung von Videosequenzen auf einem Direktzugriffsmedium (z.B. der Festplatte oder einer CD) ergeben sich völlig neue Möglichkeiten. In Kombination mit Videoservern eines Online-Dienstes kann der Benutzer sogar per Mausklick aus einem potenziell beliebig großen Videoangebot wählen. Ein Benutzer kann zum Beispiel über ein Programm am PC einen bestimmten Urlaubsort auswählen, um dann ein Informationsvideo darüber zu erhalten. Heute stellt die zu geringe Übertragungskapazität zu den Online-Diensten noch ein Hemmnis für diese Dienste dar. In einem Lernprogramm könnte er zu einem Lehrtext eine bewegte Animation der beschriebenen Vorgänge abrufen.

Framegrabber

Damit man eine Videokamera oder einen Videorekorder an einen Computer anschließen kann, benötigt man einen so genannten *Framegrabber*. Diese auch als *Digitizer* bezeichnete Steckkarte wandelt die analogen Videosignale in digitale Informationen um, die mit dem PC bearbeitet und am Bildschirm dargestellt werden können. Gute Framegrabber bieten neben einem Eingang für das FBAS-Videosignal (vom Videorekorder) auch einen RGB-Eingang und einen SVHS-Eingang. Zum Teil können mehrere Videoquellen gleichzeitig angeschlossen werden (*Multivideo*). Mit dem Einsatz solcher Karten und entsprechender Software wird so ein leistungsfähiger PC zum Videomischpult oder zum Videoschnittplatz. Im professionellen Bereich werden solche Systeme bereits routinemäßig eingesetzt, da sie insbesondere auch durch die Kombination mit anderen Programmen, wie z.B. einer Datenbank für die recherchegerechte Archivierung von Szenen und Ausschnitten, völlig neue Möglichkeiten eröffnen.

Videokompression

Digitale Videofilme benötigen sehr viel Speicherplatz, weil jedes Bild aus einzelnen, farbigen Bildpunkten aufgebaut ist und in jeder Sekunde mindestens 25 Bilder dargestellt werden müssen. Der Speicherbedarf einer längeren Filmsequenz und die notwendige Datenübertragungsrate würden auch einen Hochleistungs-PC überfordern. Videobilder lassen sich jedoch sehr gut komprimieren. Ein in diesem Bereich sehr verbreitetes Grafikformat ist *JPEG* (*Joint Photographic Experts Group*). Die damit erreichten Kompressionsraten von 1 : 10 bis 1 : 50 lassen sich nur durch Verluste von Bildinformationen erkauft, die jedoch bei Videobildern erfahrungsgemäß nicht wahrgenommen werden. Bei der *Online-Kompression* werden die eingehenden Videobilder in Echtzeit komprimiert und auf Festplatte gespeichert. Will man gute Qualität und hohe Leistung, benötigt man derzeit eine zusätzliche *Kompressionskarte*, z.B. das *DVI-Board* (*Digi-*

tal Video Interactive, ein Verfahren von IBM und Intel). Der dafür definierte Standard RTV 2.1 (*Real Time Video*) erzielt dabei Kompressionsraten von 1 : 60. Mit zunehmender Rechenleistung wird aber auch eine rein auf Software basierende Kompression praktikabel.

MPEG

Für die Verbreitung von Multimediaanwendungen mit Videoclips eignet sich am besten die CD, auf der mit dem *MPEG-Standard* (*Motion Pictures Experts Group*) ein über eine Stunde dauerndes, qualitativ hochwertiges Video untergebracht werden kann. Die Kompressionsmethode ist bei MPEG im Prinzip ähnlich wie bei anderen Verfahren: Jedes Einzelbild ist zunächst ein *Keyframe*, dessen Speicherbedarf mit herkömmlichen Komprimieralgorithmen verkleinert werden kann. Bei einem Film unterscheiden sich die aufeinander folgenden Bilder jedoch oft nur wenig. Man berechnet daher jeweils die Differenzen zwischen zwei Bildern und speichert sie in einem *Deltaframe*. Bei MPEG werden sogar einzelne Bildobjekte erst zur Deckung gebracht, um dann die Differenz zu bilden. So können sogar Kameraschwenks mit wenigen Änderungen von Einzelbild zu Einzelbild gespeichert werden. Damit man an eine beliebige Stelle im Film springen kann, werden dazwischen immer wieder komplette Keyframes gespeichert. Eine weitere Komprimierung erreicht man durch die Interpolation zwischen Einzelbildern. Das MPEG-Komprimierungsverfahren ist extrem rechenaufwändig und kann nicht in Echtzeit durchgeführt werden, während die Dekompression sehr schnell vorstatten geht. Dieser Standard soll auch für das zukünftige digitale Fernsehen verwendet werden. Damit lassen sich zum einen mehr Kanäle in eine Leitung packen, zum anderen kann der Datenstrom sehr leicht verschlüsselt werden, was dem Pay-TV den Weg bereitet.

3.6.3 Digitale Fotografie

Bereits im Abschnitt CD-ROM wurde die Foto-CD vorgestellt. Dabei werden die Bilder eines gewöhnlichen Negativ- oder Diafilms von der Entwicklungsanstalt auf einer CD gespeichert, die der Benutzer zu Hause auf seinem PC anschauen und bearbeiten kann. Durch die rasante Entwicklung der Mikroelektronik sind mittlerweile *Computerkameras* bzw. *digitale Kamerás* auf dem Markt, die den Film überflüssig machen. Die meisten digitalen Kamerás haben einen kleinen Flachbildschirm eingebaut, mit dem man seine Schnappschüsse sofort begutachten kann. Der Nachteil dieser unmittelbaren Kontrollmöglichkeit liegt im hohen Stromverbrauch der Displays, der die Batterien schnell erschöpft. Eine einfache Bedienerführung erlaubt das Blättern durch die bereits gespeicherten Bilder sowie das Löschen einzelner Aufnahmen. Die Bilder werden meist im JPEG-Format komprimiert im Speicher der Kamera abgelegt. Zusätzlich werden – zumindest von den besseren Modellen – Informationen zum Bild, also Tag, Uhrzeit, Zeit, Belichtung, Blende etc. gemäß dem EXIF-(Exchangeable Image File Format) Format in der Bilddatei abgelegt. Einfache Modelle begnügen sich mit zwei bis acht Megabyte internem Speicher, professionelle Modelle können mit Speicherkarten und sogar Miniatur-Festplatten auf mehrere Dutzend bis einige hundert Megabyte aufgerüstet werden. Die Speicherkapazität reicht damit für hundert und mehr Aufnahmen, wobei der Anwender bei den meisten Modellen die Wahl hat, ob er eine geringere

Anzahl von Bildern mit hoher Auflösung oder eine größere Anzahl von Bildern mit geringer Auflösung speichern möchte. Die Datenübertragung zum PC erfolgt entweder über ein Kabel oder über eine austauschbare Speicherplatte. Bei den Speicherplatten gibt es leider mehrere inkompatible Systeme. Meist existiert auch eine Videoschnittstelle, so dass man die Bilder auch am Fernseher betrachten kann. Digitale Kameras in der Preisklasse bis etwa 200 € bieten meist eine Auflösung zwischen 640×480 bis 1280×960 Pixel. Sie eignen sich sehr gut für das Aufnehmen von Bildern, die vor allem auf dem Computerbildschirm präsentiert werden sollen, etwa im Internet. In der Preisklasse über 200 € ist eine Auflösung im Bereich von 1280×960 Pixel und größer üblich. Ausgedruckt auf einem modernen Farbtintenstrahldrucker auf Fotopapier erhält man bereits eine überzeugende Bildqualität, sofern man die Ausdrucke nicht zu groß macht. In der „Profiklasse“ schließlich verwendet man hochwertige Spiegelreflexkameras, die mit einem CCD-Wandler in der Rückwand und entsprechender Steuerlektronik aufgerüstet sind. Die Auflösung geht bis zu 3000×2000 Pixel. Praktisch die ganze Palette an hochwertigem Kamerazubehör (Wechselobjektive, Filter, Blitz) kann hier verwendet werden. Solche Kameras liegen in der Preisklasse ab 1000 Euro.

Auf dem Markt werden digitale Kameras nach ihrem maximalen Auflösungsvermögen in Klassen von 1 Megapixel bis 6 Megapixel und mehr klassifiziert. Eine 1-Megapixel-Kamera schafft eine maximale Auflösung von 1280×960 Pixeln (= 1228000 Pixel bzw. rund 1 Mbyte), eine 2-Megapixel-Kamera eine Auflösung von 1600×1200 (= 1920000 Pixel bzw. rund 2 Mbyte) usw. (siehe Tabelle 3.4).

Auflösung (BxH)	Pixel insgesamt	Empfohlenes Druckformat	Handelsübliche Kameraklasse
1280×960	1 228 000	9×13 cm	1 Mbyte
1600×1200	1 920 000	10×15 cm	2 Mbyte
2048×1536	3 145 728	13×18 cm	3 Mbyte
2400×1800	4 320 000	15×20 cm	4 Mbyte

Tabelle 3.4: Gängige Klasseneinteilung für digitale Kameras

Für Bilder, die vorwiegend am Bildschirm betrachtet werden, per E-mail verschickt werden oder für die 9×13 Papierabzüge gemacht werden, reicht durchaus die Investition einer 1-MB-Kamera. Möchte man größere Papierabzüge, etwa ab 10×15 cm, sollte man zu einer digitalen Kamera mit 2 Mbyte oder entsprechend mehr Auflösungsvermögen greifen. Je höher das Auflösungsvermögen des Bildes, desto größer ist natürlich der Speicherbedarf und desto größer sollte auch der eingebaute Speicherchip der Kamera sein. In der Grundausstattung sind meistens kleine Speicherchips von etwa 8 Mbyte eingebaut, die nur einige wenige Bilder in maximaler Auflösung erlauben, so dass man beim Kamerakauf eigentlich gleich einen größeren Speicherchip von etwa 64 Mbyte, 128 Mbyte oder gleich 256 Mbyte kaufen sollte. Die Anzahl der auf dem Speicherchip der Kamera speicherbaren Bilder richtet sich auch nach der Art der Komprimierung. Die Spanne reicht von einer nur sehr geringen Kompression, die z.B. im TIFF-Format (siehe Abschnitt 12.1.3 „Grafikformate“) durchgeführt wird, bis zu einer

skalierbaren Kompression im JPEG-Format, wobei die Kompressionsrate bis 1 : 10 und kleiner reicht.

Die resultierenden ungefähren Dateigrößen und die Anzahl der speicherbaren Bilder in Abhängigkeit vom wählbaren Auflösungsvermögen sowie dem einstellbaren Kompressionsgrad (= Qualität der Bilder) wird in den beiden folgenden Tabellen für eine 8-Mbyte-Speicherkarte erläutert (vgl. Minolta Dimage X). Der Kompressionsgrad bzw. die Qualität der Bilder reicht von „Superfein“ (TIFF-Format) über „Fein“ (= JPEG 1), „Standard“ (= JPEG 2) bis zu „Economy“ (= JPEG 3).

	1600 x 1200	1280 x 960	640 x 480
Superfein	5,5 Mbyte	3,5 Mbyte	0,9 Mbyte
Fein	0,93 Mbyte	0,60 Mbyte	0,17 Mbyte
Standard	0,47 Mbyte	0,31 Mbyte	0,09 Mbyte
Economy	0,24 Mbyte	0,17 Mbyte	0,05 Mbyte

Tabelle 3.5: Dateigrößen gängiger Qualitäten bei Digitalkameras

	1600 x 1200	1280 x 960	640 x 480
Superfein	1 Bild	1 Bild	7 Bilder
Fein	6 Bilder	10 Bilder	39 Bilder
Standard	13 Bilder	20 Bilder	68 Bilder
Economy	25 Bilder	39 Bilder	117 Bilder

Tabelle 3.6: Speicherkapazität einer 8-Mbyte-Speicherkarte bei unterschiedlichen Bildgrößen und Kompressionsqualitäten

3.7 PC-Card

Die PC-Card, vormals als PCMCIA bezeichnetet (*Personal Computer Memory Card International Association*) ist eine Norm für scheckkartengroße Erweiterungskarten. Anstoß zu dieser Entwicklung gab das Problem, dass die immer kleiner und leichter werdenden tragbaren Computer wegen des geringen Raumangebots in ihrem Gehäuse schwer zu erweitern waren (z.B. zur Anbindung an ein Netzwerk). Zunächst ging es in erster Linie um Speichererweiterungen. Anders als üblich versuchte nicht ein einzelner Hersteller seine Lösung auf dem Markt durchzusetzen, sondern eine internationale Vereinigung von Firmen erarbeitete ein durchdachtes und bis in die letzten Details genormtes System für derartige Erweiterungen. Im Jahr 1990 wurde die erste Version von PCMCIA vorgestellt. Die scheckkartengroßen PCMCIA-Karten besitzen 68 Pins (Anschlüsse), die in einen speziellen Steckplatz (*Socket*) geschoben werden. Ein Jahr später wurde die zweite Version vorgestellt, die nun auch Fax-, Modem- und Netzfunktionen und sogar miniaturisierte Festplatten umfasst, allerdings nur in 16-Bit-Architektur. Im PC-Card-95-Entwurf wurde ein verbesserter Bus mit 32-Bit-Archi-

tekturen bei 33 MHz Takt festgelegt, der über eine maximale Datentransferrate von 132 MByte/s verfügt und dessen Karten bei einer Spannung von nur 3,3 V arbeiten. Die Schnittstellen nach dem neuen Standard können auch Karten nach dem PCMCIA-2.1-Standard bedienen. Gleichzeitig wurde damit auch der neue Name PC-Card geprägt. Optional kann dieser Port auch über einen ZV (*Zoomed Video Port*) verfügen, der noch höhere Datenraten erlaubt, wie sie vor allem für Videoschnittstellen nötig sind.

3.7.1 PC-Card-Kartentypen

Die äußeren Abmessungen einer PC-Card sind genau festgelegt. Die Grundfläche ist so groß wie eine Scheckkarte. Es gibt drei verschiedene Kartenstärken. Beim Typ I kann die maximale Dicke 3,3 mm betragen, beim Typ II 5 mm und beim Typ III 10 mm. Eine noch dickere Variante (18 mm) ist zu erwarten, weil damit die Kapazität von Miniaturfestplatten deutlich erhöht werden kann. Man kann auch eine dünne Karte in einen Steckplatz für dickere Karten stecken. Eine Führungsstange sorgt dafür, dass die Karte fest sitzt.

3.7.2 PC-Card-Steuerung

Auch auf Softwareebene verfügt die PC-Card-Norm über ein schlüssiges Konzept. So werden die elementaren Steueroperationen von *Socket Services* ausgeführt. Diese Operationen werden als Software mitgeliefert, die als Erweiterung des BIOS (*Basic Input Output System*, Funktionen zur direkten Steuerung der PC-Hardware) des Rechners anzusehen ist. Wenn Programme auf PC-Cards zugreifen, rufen sie lediglich diese Funktionen auf, eine direkte Steuerung der Hardware ist nicht notwendig. Auf einer höheren Ebene werden so genannte *Card Services* zur Verfügung gestellt, die ihrerseits auf die Socket Services zurückgreifen. Mit Hilfe der Card Services ist es z.B. möglich, eine Karte bei laufendem Rechner zu wechseln (*Hot Swapping*). Das ganze Konzept ist also auf möglichst große Hardware-Unabhängigkeit hin ausgelegt.

3.8 Anschluss der Peripherieeinheiten

Für die Anbindung der Vielzahl unterschiedlicher Peripheriegeräte wurden im Laufe der Zeit auch eine Vielzahl unterschiedlicher Schnittstellen und Normen geschaffen. Den Anwender und Nutzer eines Computers interessieren in der Regel weniger die internen Schnittstellen, die auf und in den Geräten eingesetzt sind, sondern mehr der eigentliche Anschlusspunkt externer Komponenten. Praktisch von Anbeginn an waren dazu bei den Personal Computern und Workstations serielle und parallele Schnittstellen vorhanden (vgl. dazu Abschnitt 5.1 „Grundlagen der Datenübertragung“ ab Seite 183). Ganz allgemein zeigt sich, dass der Kabelsalat, der hinter nahezu jedem Computer zu finden ist, zunehmend durch funkgestützte Anbindungen ersetzt werden wird. Seien es proprietäre Systeme, wie sie zum Beispiel bei Tastaturen im Einsatz sind, oder auf Standards beruhende Anbindungen, wie sie uns eine rührige Industrie seit Jahren mit Bluetooth verspricht.

3.8.1 SSA, Firewire und andere serielle Bussysteme

Bei seriellen Datenübertragungen werden die Daten auf einer oder wenigen Leitungen nacheinander übertragen. Der IEEE-1394-Standard, oft mit dem von Apple geprägten Begriff *Firewire*, also *Feuerdraht*, gleichgesetzt, erlaubt z.B. insgesamt über 70 Meter Kabellänge mit 16 Komponenten in einem maximalen Abstand von höchstens 4,5 Metern. Vor allem bei Camcordern und anderen Multimediasystemen wird diese Schnittstelle als *i.Link* bezeichnet. Firewire ist selbstkonfigurierend und vergibt an die Geräte nach dem Einschalten Adressen. Wie beim USB (siehe weiter unten) kann beim Firewire einzelnen Geräten eine garantierter Übertragungsleistung zugewiesen werden. Andere Komponenten müssen dann notfalls warten. Dies ist vor allem in Hinblick auf Video- und Audioübertragungen wichtig. Der maximale Datendurchsatz liegt bei 25 Mbyte/s, theoretisch definiert ist die doppelte Leistung, geplant sind momentan 100 Mbyte/s. Bisher unterstützen aber nur wenige PCs IEEE1394, in der Apple-Welt und in der Unterhaltungselektronik ist der Standard eher verbreitet. Konkurrenzentwicklungen dazu sind die *SSA (Serial Storage Architecture)* von IBM und *FC-AL (Fibre Channel Arbitrated Loop)*. Alle drei stützen sich auf SCSI-3-Kommandos. Die Reichweite geht bei FC-AL und Glasfaserleitungen bis zu 10 km bei einer Transferrate von bis zu 200 Mbyte/s. Allen skizzierten Entwicklungen ist gemeinsam, dass entsprechende Chipsätze zur Realisierung und entsprechende Treiber zur Nutzung z.B. unter Windows, wenn überhaupt, erst in Prototypen existieren. Das Gleiche gilt für die Geräte, also z.B. Festplatten oder Drucker.

3.8.2 USB

Eine etwas andere Zielsetzung steht hinter dem *USB (Universal Serial Bus)*. USB soll Schluss machen mit der Vielzahl von unterschiedlichen Steckern an jedem PC. Eine einheitliche Schnittstelle soll ausreichen, um Tastatur, Drucker, Modem oder Maus anzuschließen. Das Ziel ist also eine einheitliche I/O-(Input/Output also Eingabe/Ausgabe)-Schnittstelle. Der Ansatz ist bei Apple mit dem *ADB (Apple Desktop Bus)* bereits verwirklicht, wird aber für viele Komponenten mit hohem Datendurchsatz nicht verwendet, da er zu langsam ist. Welches Gerät an USB angeschlossen ist, ermittelt der USB-Adapter selbstständig. Bis zu 127 Geräte kann ein Adapter ansteuern, alle Komponenten dürfen bei laufendem Betrieb aus- und eingesteckt werden. Es gibt nur einen Steckertyp und über so genannte *USB-Hubs*, also USB-Mehrachstecker, können mehrere Geräte an einem PC-Anschluss angeschlossen werden. Treiber für zugesteckte Peripheriegeräte werden automatisch geladen. Die manuelle Konfiguration durch den Anwender entfällt vollständig. Für zeitkritische Übertragungen steht ein Modus mit garantierter Übertragungsleistung zur Verfügung, allerdings nur innerhalb der Gesamttransferleistung von 1,5 Mbyte/s. Der USB kann neben der Datenübertragung auch zur Stromversorgung von Peripheriegeräten mit geringer Leistungsaufnahme verwendet werden, z.B. Tastatur, Modem. Die Verbreitung von USB wird von Windows 98, Windows Me, 2000 oder XP unterstützt. Die Systeme OS/2, Windows NT und Linux unterstützen USB nicht.

Sehr schnell war klar, dass der Durchsatz von 1,5 Mbyte/s für eine Vielzahl von Anwendungen nicht ausreicht. Daher wurde bereits im Jahr 2000 der Nachfolger, USB 2.0, vorgestellt. USB 2.0 soll im Vergleich zum Vorgänger 1.1 vierzigfache Geschwindigkeit bieten. Daten fließen dann mit sensationellen 480 Mbit pro Sekunde durch die Kabel. Die Kabel und Stecker bleiben die gleichen wie bei USB 1.1. Damit ist volle Kompatibilität gewährleistet. Durch die hohe Geschwindigkeit tritt USB dann in direkte Konkurrenz zu IEEE1394 (Firewire). Dieser Standard war bisher erste Wahl für schnelle Datenübertragungen und wird vor allem im Audio/Video-Bereich eingesetzt.

3.8.3 IrDA – Infrarotschnittstelle

Die Infrarotschnittstelle nach IrDA (= Infrared Data Association) basiert auf der Infrarotübertragung ähnlich wie bei den meisten Fernbedienungen für Fernseher oder Videorekorder. Sie ist inzwischen bei Mobiltelefonen und PDAs gängig, auch manche Drucker werden über Infrarot an den Rechner angebunden. Als Trägermedium für lokale Netze hat sie nur geringe Bedeutung. Sie ist nur auf kurze Entfernungen mit zumindest annähernd Sichtverbindung geeignet. Es sind eine ganze Reihe von Protokollen festgelegt, je nach Anwendungszweck mit Übertragungsraten bis zu 4 Mbit pro Sekunde. Neben den eingebauten Einheiten gibt es auch nachträglich an den PC ansteckbare Infrarotschnittstellen.

3.8.4 Bluetooth

Bluetooth ist ein drahtloses Übertragungssystem für den Nahbereich. Typische Anwendungsbereiche sind der Kabelnahbereich um den PC herum, also die drahtlose Anbindung von Headsets, die Verbindungen von PDA zu Handy, der Infrarotsatz bei Notebooks und die Anbindung von Peripheriegeräten. Bluetooth steht damit in Konkurrenz zu Jini. Bluetooth bietet Datenraten von 57 Kbit pro Sekunde bis 721 Kbit pro Sekunde und hat eine Reichweite von 10 Metern (bei 1mW). Es sendet im 2,4-GHz-Band, genauso wie die drahtlosen Netzwerke, beide können aber theoretisch gleichzeitig betrieben werden.

3.8.5 Jini

Jini (Java Intelligent Network Infrastructure) ist nicht als physikalische Schnittstelle definiert, sondern stellt die Plattform für einen Service, der Geräte aktiviert und nutzbar macht, sobald diese an das Netzwerk angeschlossen sind. Jini entstand in der Folge von JAVA bei der Firma Sun Microsystems. Ziel ist es, die Nutzung von Geräten so einfach zu machen wie das Anstecken eines Telefons. Jedes Gerät, das über einen Prozessor und einen Netzanschluss verfügt, soll unter Jini seine Dienste anbieten und benötigte Ressourcen beanspruchen können. Egal, ob Alarmsysteme, Herzschrittmacher oder Drucker, Scanner, CD-Laufwerke oder PCs, das Einsticken soll genügen, um Informationen und Dienste anbieten und nutzen zu können. Dazu meldet sich jedes Gerät bei einem Lookup-Service an, beschreibt dort seine Eigenschaften und Dienste und gibt sie zur Nutzung frei bzw. greift auf angebotene Dienste zu.

Anschluss der Peripherieeinheiten

Entscheidend für die Zukunft von Jini wird sein, ob genügend Hersteller bereit sein werden, Jini in ihren Geräten oder Komponenten zu realisieren. Für den geplagten Anwender, der nicht selten vor unlösbaren Problemen bei der Installation neuer Geräte an seinem Windows-PC oder vor absolut unverständlichen Konfigurationsanleitungen seines neuen Telefons kapitulieren muss, wäre es ein Segen, wenn sich auch nur ein Teil der Jini-Versprechungen verwirklichen würde.