

Was ist ein Computer?

Helmut Göttsche*

Kaum ein Tag vergeht, an dem einem nicht ein buntbebildeter Prospekt ins Haus schneit, mit dem einem der neueste und sensationellste Computer angepriesen wird. Es sei hier die Frage gestellt, welcher Teil der Leserschaft sich wohl aus den mitgelieferten Angaben zu Konstruktion und Betriebsmöglichkeit über ein solches Angebot ein Urteil bilden kann. Weiß er etwa, was es bedeutet, einen „Cache“ von bestimmter Größe zu besitzen? Und könnte er sich veranlaßt sehen, dem Multimedia-Gedanken näherzutreten? Und wie steht es mit der technischen Zuverlässigkeit? Wer sich praktisch überzeugen will, dem wird die Werbung vor allem damit imponieren wollen, wie man mit der „Maus“ bestimmte Bereiche auf dem Bildschirm einfach „anklicken“ kann, um die frappierendsten Wirkungen zu erzielen. Eine vernünftige, weil rationale Computerauswahl ist jedoch nicht ohne ein tieferes Verständnis der elementaren Vorgänge im Computer möglich. Am ehesten ist dieses heute schon bei den jüngeren Jahrgängen anzutreffen, die häufig auf der Schule das Basiswissen um den Computer beigebracht bekommen und aufgrund dieser Anregung dann durch eigene weitergehende Erfahrung ein Spezialwissen von oftmals beachtlichem Umfang bei sich anreichern.

Dessen ungeachtet soll hier ein Blick in die Entwicklung des Computers¹ für alle eine gewisse Grundlage legen.

Mit numerischen Anwendungen begann es

Eine technische Apparatur wie der Computer, die auf elektronischem Wege Daten verarbeitet, wird gelegentlich auch „elektronische Datenverarbeitungsanlage“ (abgekürzt: EDV-Anlage) genannt. Leider ist diese Bezeichnung länger und daher weniger bequem. In dieser Bezeichnung stecken aber die zwei wich-

* Prof. Dr. Helmut Göttsche lehrte bis zu seiner Emeritierung Medizinische Informatik an der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster.

1. Das englische Wort „Computer“ ist vom lateinischen „computare“ abgeleitet, was „zusammenrechnen“ oder „abrechnen“ heißt. Wer dieses Fremdwort nicht mag, müßte das Wort „Rechner“ gebrauchen. Mit „Computer“ folgt man der im wissenschaftlichen Bereich mit gutem Grunde gepflegten Methode, Fachbegriffe mit Fremdwörtern zu belegen: Eine Verwechslung mit Begriffen aus dem Alltag wird dadurch verhindert. Auch kommt dieses englische Wort ja in der mittlerweile sehr gebräuchlichen Abkürzung „PC“ (= [engl.] „Personal computer“) vor. Man beachte, daß das hierin vorkommende Wort „personal“ englisch ausgesprochen werden muß; denn es hat hier nicht die Bedeutung des deutschen „Personal“, sondern will nur ausdrücken, daß das Gerät zum persönlichen Gebrauch durch eine Einzelperson gedacht ist.

tigen Begriffe „Daten“ und „Verarbeitung“. Bei den Daten darf man durchaus zunächst an Zahlen denken, und die Verarbeitung wäre dann das aus dem Alltag hinreichend bekannte numerische Rechnen. In der Tat ist die Konstruktion von Computern in erster Linie durch den Wunsch gefördert worden, stumpfsinnige, weil sich in der Art stets wiederholende Rechnungen durch einen Automaten ausführen zu lassen. Ehe man nämlich elektronische Datenverarbeitungsanlagen hatte, mußte man für diesen Zweck Rechenbüros unterhalten. Die dort tätigen menschlichen Rechner hatten kein anderes Hilfsmittel als die seinerzeit üblichen, auf mechanischer Basis arbeitenden Bürorechner. Heutige Computer erledigen solche Aufgaben nicht nur schneller, sondern auch mit einer erheblich geringeren Fehlerrate. Beides zusammen machte überhaupt erst die raffinierten technischen Konstruktionen unserer Zeit möglich; man denke nur an den Bereich der Luft- und Raumfahrt. Um einen Raketenabschuß zu ermöglichen, müssen nicht nur vorher umfangreiche Berechnungen angestellt werden, sondern während eines jeden Starts muß der Computer mitlaufen. Ohne ihn ginge es nicht.

Was nun die Erhöhung der Leistung unserer Computer angeht, so ist dafür gesorgt, daß hier die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Die Gesetze der Physik setzen Grenzen. Hier sind zwei Phänomene zu nennen, die zu gegensätzlichen Forderungen führen:

1. Sooft der Computer einen Arbeitsschritt tut, fließt ein elektrischer Strom. Trifft aber ein elektrischer Strom auf einen elektrischen Widerstand, so wird Energie „verbraucht“, d.h. es entsteht Wärmeenergie. Diese muß abgeführt werden. Das führt dazu, daß man die Bestandteile nicht beliebig klein machen kann.
2. Zum Erreichen einer hohen Geschwindigkeit des Computers ist es aber wichtig, daß die beteiligten Teile nicht zu weit auseinander liegen; denn es müssen innerhalb des Computers elektrische Signale von einem Ort zum anderen übermittelt werden. Und diese legen in einer Sekunde höchstens 300.000 km zurück (das entspricht der Lichtgeschwindigkeit). Geben wir einem Rechenschritt die Zeit von einer milliardstel Sekunde (= 1 „Nanosekunde“), so hat das Signal während dieser Zeit nur die Strecke von 30 cm zurückgelegt. Diese vereinfachte Darstellung zeigt, warum man die Wege im Computer gern kleinhalten möchte.

Wie kann man die Leistung noch erhöhen? Eine heute durchaus übliche Methode ist die, mehrere Computer nebeneinander zu stellen und einen jeden eine Teilaufgabe verrichten zu lassen. Das setzt aber voraus, daß die Aufgabe sich entsprechend unterteilen läßt. Das ist keineswegs immer der Fall. Man ist also

darauf angewiesen, Materialien zu finden, die einerseits für die Konstruktion der verwendeten Schaltelemente geeignet sind und andererseits einen geringeren Widerstand als alles bisher bekannte Material haben. Sehr verlockend ist die Vorstellung, den Effekt der sogenannten Supraleitung auszunutzen: Es gibt Materialien, die bei extrem tiefen Temperaturen ihren elektrischen Widerstand praktisch verlieren, so daß keine Gelegenheit zur Umwandlung elektrischer Energie in Wärmeenergie gegeben ist. Die Gewinner des Nobelpreises für Physik des Jahres 1987, *Bednorz* und *Müller*, haben ein Material gefunden, das zur Erzeugung des Supraleitungseffektes nicht die extrem aufwendige Abkühlung bis in die Nähe des absoluten Nullpunktes bei $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ erfordert, sondern diesen Effekt schon bei $-169\text{ }^{\circ}\text{C}$ aufweist. Das ist zwar noch immer eine recht tiefe Temperatur, aber sie ist mit technischen Mitteln erheblich leichter zu erzeugen. Außerdem wird aufgezeigt, in welche Richtung man gehen muß, um vielleicht zu noch günstigeren Materialien zu kommen.

Die Textverarbeitung kam hinzu

Die zweite hier zu nennende Art von Daten stellt ganz andere Anforderungen an eine EDV-Anlage: Es sind die Texte unserer natürlichen Sprache, seien es Briefe oder Abhandlungen jeglicher Art. Um mit einem Text hantieren zu können, benötigt man zunächst die Möglichkeit, hinreichend viele dieser Daten zu speichern. Die Arbeitsschritte, die vom Computer verlangt werden, sind neben dem Speichern das „Ändern“ und das „Ausgeben“ (eventuell auf einem Drucker). Eine etwas kompliziertere Aufgabe ist schon das Wiederauffinden von bestimmten Textstellen.

Bei diesen Verarbeitungsschritten ist man jedoch weit weniger von der Rechengeschwindigkeit des Computers abhängig als von der Größe des zur Verfügung stehenden Speicherplatzes. Man pflegt die Texte, die jeweils nicht bearbeitet werden, auf mechanisch bewegten und auf magnetischer Grundlage arbeitenden Speichern vorzuhalten. Als sehr handlich haben sich kleinere¹ Scheiben („Disketten“) bewährt, auf die mehr als 1 Million Textzeichen passen. Da sie nur etwa Handtellergröße haben, kann man sie nach Belieben in das Gerät einsetzen und aus ihm entfernen. Dafür drehen sie sich, eingesetzt, verhältnismäßig langsam, und es kann schon eine ganze Anzahl von Minuten dauern, bis man mit ihrer Hilfe größere Datenmengen aus- oder eingelagert hat. Schneller geht es mit Platten, die man nicht aus dem Rechner entfernen kann („Festplat-

1. Durchmesser 3 1/2 Zoll und 5 1/4 Zoll.

ten“). Auf ihnen kann man ein Vielfaches von dem speichern, was die Diskette schafft, und das mit wesentlich höherer Geschwindigkeit sowohl draufschreiben als auch wieder abrufen.

Eine jede Leistung hat ihren Preis. Darum sollte man bei der Beschaffung eines Computers sich schon möglichst genau überlegen, welche „Last“ er schaffen soll. Bei einem Bürocomputer wird man nicht so besorgt sein, daß er wirklich dauernd in Tätigkeit ist. Hier ist vor allem wichtig, daß er zur Verfügung steht, wenn man ihn braucht. Anders ist das bei Großrechnern von extrem hoher Leistung (und entsprechenden Anschaffungskosten). Man wird bei ihnen nicht nur einzelne Anwendungen im Auge haben, sondern darüber hinaus bedacht sein, die einzelnen Komponenten dauernd beschäftigt zu halten. Deswegen hat man Mittel erdacht, die es ermöglichen, daß mehrere Benutzeraufgaben gleichzeitig auf einem Rechner aktiv sind; es kommt dann seltener vor, daß einzelne der recht teuren Komponenten ohne Beschäftigung sind.

Die Vielfalt der Probleme

Es soll hier aber nicht der Eindruck erweckt werden, es gäbe neben den genannten Beispielen der numerischen Datenverarbeitung und der Textverarbeitung nicht noch eine reiche Palette von Daten anderer Struktur. An Problemreichen seien hier nur genannt: die Textspeicherung in Datenbanken, etwa des Auskunftssystems einer Bibliothek, wo die Textdaten nach ihrem Sinngehalt geordnet gespeichert und wieder erreichbar sein müssen. Und nach welchen Gesichtspunkten würden wir wohl einen Text verarbeiten, den wir in eine andere Sprache übersetzen wollen? Wer das ernsthaft bearbeiten möchte, meldet sich am besten zu einem Studium der Computer-Linguistik an einer Hochschule an. Man hat seit der Existenz einigermaßen leistungsfähiger Computer (das ist der Zeitraum etwa der letzten 35 Jahre) die Schwierigkeiten dieses Problems gut abzuschätzen gelernt und erkannt, daß es hier noch eine Menge zu tun gibt.

Die Aufgaben der Sekretärin werden heute von „Textverarbeitungsprogrammen“ erledigt, die kaum noch Wünsche offenlassen. Es können neben gewöhnlichem Text ganze Tabellen, ja sogar graphische Bilder in einen Text übernommen werden. Auch ist der Komfort in manch anderer Hinsicht groß. So darf die Sekretärin heute etwa im Hinblick auf Rechtschreibfehler beruhigt sein; denn der Computer prüft und korrigiert selbsttätig und besorgt auf entsprechende Aufforderung hin auch die Silbentrennung!

Das Speichern von Daten

Wenn wir eine Herde Schafe oder einen Wald mit Bäumen betrachten, so ist die Frage nach deren Anzahl sicherlich sinnvoll, und wir finden nichts besonders dabei. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß es einer intellektuellen Leistung der Kreatur Mensch bedurfte, nicht nur einfach zwischen Einzahl und Mehrzahl („eins“ und „viele“) zu unterscheiden, sondern den abstrakten Begriff der Zahl einzuführen und dafür eine Schreibweise zu erfinden, z.B. unter Verwendung der arabischen Ziffern 1, 2, 3 usw. Wer mit Zahlen umgehen will, wird darauf achten müssen, daß ihre Darstellungsweise eine bequeme Handhabung ermöglicht. Wir können natürlich Bleistift und Papier zu Hilfe nehmen. Aber auch der (früher?) für den Unterricht bei ABC-Schützen vorgesehene Apparat mit den horizontal verschiebbaren Kügelchen ist hier als Möglichkeit zu nennen. Solche und ähnliche Apparate haben in manchen Kulturkreisen durchaus ihre praktische Bedeutung. Soll es etwas schneller und komfortabler gehen, muß man sich der elektrischen und magnetischen Phänomene bedienen. Jeder weiß, daß man mit Hilfe des elektrischen Stroms bestimmte magnetisierbare Materialien in zwei Richtungen magnetisieren kann, so daß sie ihren Zustand zeitlich unbegrenzt beibehalten. Weniger geläufig ist die Tatsache, daß man gleichfalls mit Hilfe des elektrischen Stroms feststellen kann, in welcher der beiden Richtungen der Magnet magnetisiert worden ist, ohne daß dabei (auf Dauer) der gespeicherte Zustand geändert wird. Speicher mit solchen Eigenschaften sind heute in sogenannten „Chips“ in unglaublicher Dichte integriert. Ein Tischcomputer verfügt heute meistens über mehr als 30 Millionen solcher elementarer Speicher, die den „Arbeitsspeicher“ bilden. Da einige Anwendungen bei größerem Arbeitsspeicher schneller laufen oder aber mit dem kleineren gar nicht, halten die Händler Erweiterungsspeicher der gleichen Größenordnung bereit. Solche Speicher werden in Form einer Zusatz-„Karte“ in das Gehäuse eingesetzt, wo im allgemeinen Platz für solche Zwecke bereitgehalten wird.

Darstellung von Zahlen und Zeichen im Speicher

Ein Speicher, der sich immer nur in einem von 2 verschiedenen Zuständen befinden kann, ist gerade dazu geeignet, die Zahlen 0 und 1 darzustellen. Weil wir aber vorhaben, Zahlen aus einem sehr viel größeren Bereich zu speichern, werden wir für einen solchen elementaren Speicher auch andere Verwendungen vorsehen müssen. Deswegen sollten wir die beiden Zustände auch nicht mit 0 und 1, sondern mit 0 und L bezeichnen. Ein Speicher, der diese beiden Zustände

0 und L speichern kann, wird „Bit“ genannt. Bit ist die Abkürzung des englischen „Binary digit“. In dem oben angegebenen Beispiel hätten wir es also mit Speichern der Kapazität von Millionen Bits zu tun.

Wollen wir nun aber mehr darstellen als nur die 2 Ziffern, so müssen wir dazu mehrere Bits verwenden. Wir nehmen also einmal ein weiteres hinzu und sagen: Dieses Bit bedeutet in dem einen Zustand („0“) die Zahl 0, in dem anderen („L“) die Zahl 2. Ich unterscheide es vom ersten, indem ich es ihm „voranstelle“; es ergeben sich so 4 Möglichkeiten, die einmal alle dargestellt seien:

Bit Nr. 2	Bit Nr. 1	Bedeutung
0	0	$0 + 0 = 0$
0	L	$0 + 1 = 1$
L	0	$2 + 0 = 2$
L	L	$2 + 1 = 3$

Wir können also mit 2 Bits die Zahlen von 0 bis 3 lückenlos darstellen. Wollen wir diesen Zahlenbereich erweitern, müssen wir ein weiteres Bit voranstellen mit der Wertigkeit 0 und 4. Mit Hilfe dieser 3 Bits können wir bereits die Zahlen von 0 bis 7 darstellen. Das Prinzip ist dadurch klar. In der Praxis wird mit Längen von 8, 16 oder 32 Bits gearbeitet, wobei ein Bit in Abzug zu bringen ist; denn das braucht man noch zur Darstellung des Vorzeichens (+ bzw. -). Diese Darstellung von Zahlen ist uns etwas ungewohnt: Es handelt sich um die Darstellung im Binärsystem. Das Günstige an dieser Darstellung ist, daß sich die elementaren Rechenoperationen leicht vollziehen lassen und der technische Aufwand im Computer dadurch gering gehalten werden kann. Für die Addition etwa muß der Computer folgende Regeln beherrschen und bei jedem Bit anwenden, in welcher Stellung es sich auch befinden mag:

0 + 0 ergibt 0

0 + L ergibt L

L + 0 ergibt L

L + L ergibt 0 mit einem Übertrag in die nächsthöhere Stelle.

Das sind genau die Regeln, die wir in unserem bürgerlichen Zehnersystem anwenden, nur sinngemäß übertragen auf das Binärsystem. Ein Beispiel: