

Das Beispiel eines kulturellen Phasensprungs – Der elektronische Rechner

In einem Vortrag über Computertechnik Ende der siebziger Jahre forderte uns der Vortragende auf, die Anzahl der Elektromotoren im Hause zu schätzen. Die ersten Schätzungen mit Zahlen um zehn lagen viel zu niedrig, schon damals kam man leicht auf zwanzig bis dreißig Motoren; man findet sie etwa in Küchenmaschinen wie Mixern, Zitronenpressen und Kaffeemühlen, aber auch in Herd, Kühlschrank und Spülmaschine, in Ventilatoren, CD-Spielern und Videorecordern, in elektrischen Bohrmaschinen und jede analoge Uhr enthält einen Elektromotor. Der Referent prophezeite, in zwanzig Jahren würde es in jedem Haushalt ebensoviele Computer geben wie zu der Zeit Motoren. Die damalige, allgemeine Vorstellung vom Computer spiegelt sich in den Karikaturen wider, Ungetüme mit hunderten von Schaltern, blinkenden Lampen und rotierenden Magnetbändern, Rechner so groß, dass schon einer die Wohnung füllen würde. Heute ist die Vorstellung geprägt durch den Personal Computer, der in den meisten privaten Haushalten zu finden ist, allerdings nicht zwanzigfach! Trotzdem stimmt die damalige Vorhersage: Nicht die auffälligen großen Teile, Computergehäuse, Bildschirm oder Tastatur machen den elektronischen Rechner aus, das Wesentliche steckt in kleinen elektronischen Bauteilen, den sogenannten Chips, und diese finden sich heute – größtenteils unbemerkt – in sehr vielen Geräten des täglichen Gebrauchs:

Kühlschrank, Waschmaschine, Staubsauger, Fernseher, Radio, CD-Spieler, Kassettenrecorder, Videorecorder, Kamera. Dazu natürlich auch im PC, aber nicht nur im eigentlichen Rechner sondern zusätzlich in allen angeschlossenen Geräten wie Tastatur, Bildschirm und Plattenspeichern. Darüber hinaus sind die Chips auch im Automobil zahlreich vertreten: In der Motor- und Getriebesteuerung, in der Schließanlage, sie entscheiden, wann der Airbag zu zünden ist, sie regeln das Antiblockiersystem, geben dem Fahrer Auskunft und werden bald auch die Kraftstoffeinspritzung und das Bremssystem übernehmen.

Wie der Elektromotor, so hat der Computer in vielen Geräten Einzug gehalten, nur war diese Entwicklung rasanter. Der Elektromotor ist ein spätes Glied in einer langen Entwicklung von Antriebsmaschinen, die vor rund zweihundert Jahren mit der Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt begann und das Industriezeitalter einleitete. Der Computer ist noch keine sechzig Jahre alt und er steht am Beginn des Informationszeitalters. Trotz der unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeit findet man viele

Parallelen. Die ersten Dampfmaschinen waren groß und stationär, sie standen im Zentrum einer Fabrik, wurden von Spezialisten bedient und ihre Leistung wurde über umfangreiche Transmissionen an die anzutreibenden Maschinen gebracht, an Webstühle, Drehbänke, Mahlwerke oder Hammerwerke. Mobil wurden die Dampfmaschinen nur in Schiffen und Lokomotiven eingesetzt. Auch die ersten Computer waren riesige Maschinen; ihre Schaltelemente waren aus der Rundfunktechnik übernommene Elektronenröhren, und selbst die für heutige Verhältnisse wenigen Schaltkreise nahmen viel Platz ein und erzeugten starke Wärme, so dass ganze Räume und Gebäude ausgefüllt wurden. Sie standen in Rechenzentren und wurden von speziell ausgebildeten Operateuren bedient.

Die Größe der Antriebsmaschinen schrumpfte gegen Ende des neunzehnten Jahrhunderts mit der Erfindung der Verbrennungsmotoren, jetzt konnten auch kleine Fahrzeuge angetrieben werden, der Siegeszug des Automobils begann. Die Computer wurden kleiner, als um 1955 der Transistor die Elektronenröhre ersetzte und die Verkleinerung ging in schnellen Schritten weiter, als die integrierten Schaltkreise entwickelt wurden, bei denen viele Transistoren auf kleinen Siliziumscheiben untergebracht und verschaltet sind. Dieser Prozess der Miniaturisierung hält noch heute an, die Bauelemente und Leiterbahnen werden in jedem Jahr kleiner, ihre Abmessungen liegen jetzt unter einem Tausendstel Millimeter. Auf gleicher Fläche können immer größere Schaltungen untergebracht werden und immer mehr Teile eines elektronischen Rechners werden auf einem Chip zusammengefasst, der integrierte Schaltkreis mit wenigen Schaltelementen hat sich zum Mikroprozessor weiterentwickelt. Mit dem Verkleinern erhöht sich die Arbeitsgeschwindigkeit der Schaltungen, denn die Wege und damit die Stromlaufzeiten werden kürzer und kleinere Elemente erfordern geringere Ladungen, die schneller zu transportieren sind. Millionen Schaltelemente samt Verdrahtung werden heute auf wenigen Quadratmillimetern Silizium untergebracht und solch ein winziger Chip leistet tausendmal mehr als ein Großrechner der ersten Generation mit zehntausend Röhren und einigen hundert Kilometern Kabel.

Der folgende Vergleich zweier durchschnittlicher Computer veranschaulicht, um welchen Faktor Speichergröße und Geschwindigkeit von 1960 bis heute gestiegen sind:

	Siemens 2002 (1960)	PC (1999)	Faktor
Speicher (Kilobytes)	12	96 000	8 000
Operationen pro Sekunde	50 000	500 000 000	10 000
Raumbedarf	Kleiner Saal	Schreibtisch	

Die Technik und ihre Benutzer

Die Einstellung der Benutzer zum Rechner zeigt eine ähnliche Entwicklung wie die der Autofahrer zu ihrem Fahrzeug. Die ersten Autofahrer mussten technisch versiert sein, denn die Bedienung war kompliziert und häufig mussten sie Pannen selbst beheben. 1901 war das Führen von Kraftfahrzeugen nur solchen Personen gestattet, die mit den maschinellen Einrichtungen und deren Handhabung völlig vertraut waren, noch 1920 musste für den Führerschein ein erhebliches Maß an technischen Detailkenntnissen vorgewiesen werden. Heute ist das Auto ein Massenprodukt, die Handhabung ist einfach, der Fahrer braucht von der Technik nichts zu verstehen. Für den Führerschein werden Fahrkönnen und Kenntnis der juristischen Seite des Straßenverkehrs geprüft.

Auch die ersten Computerbenutzer mussten sich in der Technik auskennen, denn die Rechnerstruktur wirkte sich auf die selbst zu schreibenden Programme aus. Die Bedienung der Rechner erforderte Detailkenntnisse. Wie das Auto so ist auch der Computer heute ein Massenprodukt. Viele Menschen benutzen ihn, ohne dass sie seine Arbeitsweise verstehen müssen. Sie sehen nur die Bedienoberfläche, die es ihnen erlaubt, vorgefertigte Programme intuitiv zu verwenden, so wie ein Autofahrer nur Lenkrad, Pedale und Gangschaltung bedient, ohne sich um den Motor zu kümmern. Es gibt aber einen großen Unterschied: Fast alle Autofahrer haben eine ungefähre Vorstellung davon, wie ein Auto funktioniert, die Kenntnis der Anwender von den Prinzipien eines elektronischen Rechners ist weit geringer. Solche Unkenntnis führt zu einer Mystifizierung des Computers, man billigt ihm menschliche Fähigkeiten („Intelligenz“) oder Regungen („er spinnt“) zu. Dieses unterschiedliche Bild liegt zum Teil daran, dass die mechanischen Vorgänge im Auto leichter zu begreifen sind, als die unsichtbaren Abläufe im Inneren eines elektronischen Rechners, zum anderen daran, dass der Computer Leistungen zu erbringen scheint, die wir nur unserem Verstand zubilligen: Wissen und Denken.

Das folgende Kapitel soll etwas von dem Nimbus nehmen. Es wird gezeigt, mit wie wenigen, sehr einfachen Operationen diese Leistungen erbracht werden.

Arbeitsweise eines elektronischen Rechners

Ein elektronischer Rechner besteht aus drei Teilen:

1. Speicher für Daten und Programme.
2. Rechenwerk.
3. Ein- und Ausgabeeinheit (Tastatur, Bildschirm, Drucker, Plattenspeicher usw.).

Das folgende, einfache Rechnermodell erklärt diese Teile. Ein realer Rechner ist zwar komplizierter, doch prinzipiell genauso aufgebaut und das gilt für Supercomputer so gut wie für den kleinen Prozessor, der eine Geschirrspülmaschine steuert.

Den Speicher kann man sich als ein großes Blatt Papier mit einer Tabelle vorstellen, die Tabellenplätze sind numeriert, diese Nummern nennt man die Adressen. Jeder Tabellenplatz enthält als Inhalt eine Zahl.

Das Rechenwerk ist mit dem Speicher verbunden und kann auf dessen Inhalt zugreifen. Es enthält einen Zähler, den Befehlszähler, in dem die Speicheradresse des aktuellen Programmbefehls steht. Der Speicherinhalt an dieser Adresse wird gelesen, als Befehl interpretiert und dann ausgeführt. Danach wird der Befehlszähler auf die Adresse des nächsten Befehls gesetzt und ein neuer Zyklus beginnt. Das Rechenwerk des Modellrechners besitzt ein Ergebnisregister, das auch wieder eine Zahl aufnimmt. Mit den sieben Maschinenbefehlen der folgenden Tabelle läßt sich ein funktionsstüchtiger Rechner bauen.

Befehl	Erklärung
Lies Adresse	Übernimm den Speicherinhalt an der angegebenen Adresse in das Ergebnisregister. Der Befehlszähler wird um eins erhöht. Die Eingabegeräte haben festgelegte Adressen, so dass mit diesem Befehl auch Daten eingelesen werden können, beispielsweise von der Tastatur.
Schreib Adresse	Kopiere das Ergebnisregister in die angegebene Speicheradresse. Der Befehlszähler wird um eins erhöht. Die Ausgabegeräte haben festgelegte Adressen, so dass mit diesem Befehl auch Daten ausgegeben werden können, beispielsweise an den Bildschirm.
Addiere Adresse	Der Inhalt der angegebenen Speicheradresse wird zum Ergebnisregister addiert, die Summe ersetzt das Ergebnisregister. Der Befehlszähler wird um eins erhöht.
Subtrahiere Adresse	Der Inhalt der angegebenen Speicheradresse wird vom Ergebnisregister subtrahiert, die Differenz ersetzt das Ergebnisregister. Der Befehlszähler wird um eins erhöht.
Springe Adresse	Die angegebene Adresse wird in den Befehlszähler geladen, das heißt der Befehl an dieser Adresse wird als nächstes ausgeführt.
Springe bedingt Adresse	Die angegebene Adresse wird in den Befehlszähler geladen, aber nur, wenn das Ergebnisregister positiv ist. Sonst den Befehlszähler um eins erhöhen.
Stop	Der Rechner wird angehalten.

Mit diesen sieben Befehlen ist es möglich, alle Probleme zu lösen, die überhaupt mit Computern lösbar sind, etwa zu rechnen, Texte zu bearbeiten oder auch Schach zu spielen. Ein Multiplikationsbefehl fehlt, doch lässt sich eine Multiplikation aus Additionsbefehlen zusammensetzen, die in einer Programmschleife ausgeführt werden; mit einem bedingten Sprung wird am Ende die Schleife verlassen.

Damit der Computer mit diesen wenigen, primitiven Operationen das Gewünschte tut, muss der Programmierer die zu lösende Aufgabe analysieren, in Einzelschritte zerlegen und diese zu einem Programm aus Computerbefehlen zusammenfügen. Das Denken geschieht also immer noch im Kopf des Programmierers, der Computer führt nur dessen Anweisungen aus. Erstaunlich am Computer ist also nicht seine Denkfähigkeit – die besitzt er gar nicht –, wohl aber seine Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit; die schnellsten Prozessoren führen in jeder Sekunde Milliarden Befehle fehlerfrei aus, natürlich auch falsche Befehle, die sich durch Denkfehler oder Unachtsamkeit des Programmierers eingeschlichen haben. Daraus entstehende falsche Ergebnisse und Rechnerabstürze sind nicht dem Computer anzulasten, er führt nur aus, er denkt nicht und „spinnt“ deshalb auch nicht; die Hardware ist normalerweise viel zuverlässiger als die Programme, die Software.

Statt der sieben Befehle des Modells kennen wirkliche Computer um die hundert verschiedene Maschinenbefehle. Der Arbeitsspeicher für Daten und Programme eines modernen Personal Computers fasst viele Millionen Plätze, ein Vielfaches dieser Größe steht auf externen Speichern zur Verfügung, etwa auf Magnetplatten. Computerprogramme umfassen heute oft viele Millionen Befehle, sie einzeln zu schreiben wäre zu mühsam und fehleranfällig. Man beschreibt daher den Lösungsweg in höheren Programmiersprachen, die dem menschlichen Denken näher sind. Spezielle Computerprogramme, sogenannte Compiler, erzeugen daraus die Folge der Maschinenbefehle. Außerdem setzt man fertige, ausgetestete Programm-Module für standardmäßige Teilaufgaben ein.

Die elektrische Arbeitsweise

Jetzt soll angedeutet werden, wie es ein Rechenwerk schafft, Maschinenbefehle zu lesen und auszuführen. Computer arbeiten mit nur zwei Zuständen NULL und EINS genannt. Realisiert werden sie meistens dadurch, dass an einem Punkt Spannung anliegt (EINS) oder nicht (NULL). Der Speicher enthält für jede Adresse eine Anzahl Kondensatoren, jeder kann geladen oder leer sein, und diese Zustände repräsentieren eine Zahl. Bei einem

modernen Rechner sind es 32 Kondensatoren für jede Speicherzelle, die damit über vier Milliarden Zustände annehmen kann.

Zur Verarbeitung müssen verschiedene Zahlen verknüpft werden. Dazu dienen drei logische Schaltungen, sogenannte Gatter: NICHT, UND und ODER. Das NICHT-Gatter hat einen Eingang und einen Ausgang, der den entgegengesetzten Zustand des Eingangs annimmt. Es läßt sich mit einem Relais herstellen: Eine Spule am Eingang wird magnetisch, wenn sie vom Strom durchflossen wird (Zustand EINS), und öffnet einen Schalter am Ausgang, bewirkt also dort den Zustand NULL. Beim Abschalten des Eingangsstromes (Zustand NULL) schließt der Schalter, der Ausgang erhält den Zustand EINS. Ein UND-Gatter besitzt zwei Eingänge und einen Ausgang, dieser wird nur EINS, wenn beide Eingänge EINS sind. Eine solche Schaltung erhält man, wenn man zwei Relais-Schalter aneinander reiht, so dass am Ausgang nur Spannung anliegt, wenn beide Schalter geschlossen sind. Solche UND-Schaltungen findet man zum Beispiel an gefährlichen Schneidemaschinen, der Bediener muss zwei um Armeslänge getrennte Schalter betätigen, damit nur geschnitten wird, wenn die rechte UND die linke Hand außerhalb des Gefahrenbereichs sind. Auch das ODER-Gatter hat zwei Eingänge, der Ausgang nimmt den Wert EINS an, wenn mindestens ein Eingang den Wert EINS hat. Realisieren lässt sich das ODER-Gatter durch zwei parallel geschaltete Relais. Die folgende Tabelle zeigt die sogenannten Wahrheitsfunktionen dieser Gatter, die Zustände der Ausgänge für die vier möglichen Eingangskombinationen:

Eingang A	Eingang B	NICHT A	A UND B	A ODER B
NULL	NULL	EINS	NULL	NULL
NULL	EINS	EINS	NULL	EINS
EINS	NULL	NULL	NULL	EINS
EINS	EINS	NULL	EINS	EINS

Mit diesen drei Gattertypen lassen sich Schaltungen aufbauen, welche Maschinenbefehle ausführen, die also etwa zwei Zahlen addieren oder Werte zwischen Speicher und Register übertragen.

Die ersten Rechner wurden wirklich mit Relais aufgebaut, allerdings mit wenig Erfolg, denn Relais verbrauchen viel Strom, erzeugen erhebliche Wärme und durch die Mechanik sind sie langsam und unzuverlässig. Relais wurden bald durch Elektronenröhren und Transistoren ersetzt, doch das Prinzip bleibt gleich: Elektrischen Komponenten werden zu Gattern zusammengefasst, Kombinationen aus Gattern führen Maschinenbefehle aus, und ein Programm, zusammengesetzt aus vielen Maschinenbefehlen, erledigt die geforderte Aufgabe.

Auswirkungen

Maschinen haben den Menschen von schwerer körperlicher Arbeit entlastet, ebenso von manuellen Routinetätigkeiten beim Herstellen von Massenprodukten.

Elektronische Rechner übernehmen geistige Routinetätigkeiten, ihre Überlegenheit zeigt sich durch:

- Geschwindigkeit.
- Zuverlässigkeit.
- Zugriff auf riesige, stets aktuelle, Datenbestände.
- Ständige Verfügbarkeit.

Als Erstes veränderte der Computer die Büroarbeit, der Bildschirmarbeitsplatz verdrängte die Schreibmaschine, Datenbanken ersetzen immer stärker die Aktenordner. Der Arbeitsschwerpunkte der Sekretärin verlagerte sich, statt Diktate zu schreiben kümmert sie sich um die Organisation, Sachbearbeiter schreiben ihre Dokumente selbst im Textsystem. Bankangestellte verbringen nicht mehr die letzten Monate im Jahr damit, Zinsen zu berechnen. Statt am Reißbrett zeichnet ein Entwicklungsingenieur seine Pläne am rechnergestützten Entwurfssystem, das auch gleich die Daten für die automatische Fertigung liefert. In der Produktion ist der Computer genau so eingezogen wie im Büro und hat Arbeit und Berufsbild verändert. Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen lassen sich auf die Herstellung unterschiedlichster Produkte einstellen, für ihre Bedienung braucht man Maschineneinrichter, nicht mehr Dreher und Fräser. Traditionsreiche Berufe verschwinden und mit ihnen Kenntnisse und Fertigkeiten; das Handwerk kann mit der massenhaften industriellen Herstellung von Gebrauchsgütern nicht konkurrieren, selbst Reparaturen kommen zu teuer, so dass der Handwerker, statt schöpferisch zu arbeiten, oft nur noch defekte Teile ersetzt. Eingebaute Computer haben die Produkte selbst stark verändert. Das wird deutlich, wenn man etwa eine mechanische Schreibmaschine mit einem modernen Drucker für den Heimcomputer vergleicht. Die Schreibmaschine besteht aus über tausend Metallteilen, jeder Typenhebel mit seinen Lettern ist unterschiedlich geformt und individuell durch ein aufwendiges Gestänge mit der zugehörigen Taste verbunden; Walzen, Zahnräder und ein kompliziertes Hebelwerk bringen das Papier in die richtige Position. Eine mechanische Schreibmaschine herzustellen, erforderte viel Handarbeit und Geschick. Ein moderner Drucker dagegen besteht im Wesentlichen aus einigen Plastikteilen, zwei Schrittmotoren, dem Druckkopf und einem Mikroprozessor. Alles sind Massenartikel und daher billig herzustellen. Der Druckkopf ist aus einem Stück gefertigt, kleine Düsen spritzen die Tinte aufs Papier. Mit so wenigen Teilen eine Schreibmaschine

zu ersetzen, das macht erst der Mikroprozessor möglich. Er koordiniert die Motoren, die Papier und Druckkopf bewegen, und ersetzt somit die aufwendige Mechanik für den Papiertransport. Er öffnet oder schließt im richtigen Augenblick die Düsen, um das gewünschte Zeichen zu drucken, die Form der Zeichen muss nicht in stählerne Lettern gefräßt werden, sie ist im Speicher des Prozessors festgelegt und damit auch gegen andere Zeichensätze austauschbar.

Dieser Vergleich zeigt typisch, was der Mikroprozessor verändert hat: Moderne Produkte enthalten weniger und billigere Bauteile, Elektronik ersetzt Mechanik. Qualifizierte Mechaniker werden für die Herstellung immer weniger benötigt, statt dessen braucht man Spezialisten zum Planen des Herstellungsprozesses und zum Einrichten der Maschinen.

Den verschwindenden traditionellen Berufen stehen eine Vielzahl neuer Berufe – oder zumindest Berufsbezeichnungen – gegenüber. Stellenangebote sind nur noch für Spezialisten zu verstehen, wie der folgende Auszug aus einer Computerzeitschrift zeigt (c't 22/1999):

Senior Java-Entwickler	Datenbankadministration
Webdesigner	SAP Anwendungsentwickler
Technical Support	DV-Consulting
Systemadministrator	Support/Benutzerservice
E-Payment Operator	Systemanalytiker
IT-SpezialistIn	Projektmanager
EDV-Servicespezialist	IT-Berater Inhouse (m/w)
Netzwerkadministrator	Profi SW-Konfigurationsmanagement
Datenverarbeitungskaufmann	

Die Änderungen der Berufsprofile haben für die Betroffenen tiefgreifende Auswirkungen. Der rapide und anhaltende Wandel der Arbeitsumgebung erfordert Flexibilität, anhaltende Lernbereitschaft und Lernfähigkeit, ständige Weiterbildung und nötigenfalls auch Umschulungen. Eine Entwicklung zur Bildungsgesellschaft hat eingesetzt, wer keine oder schlechte Ausbildung besitzt, der wird von den Chancen und Segnungen der Leistungsgesellschaft weitgehend ausgeschlossen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Matreier Gespräche - Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Wilheminenberg](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [2001](#)

Autor(en)/Author(s): Nagel Klaus

Artikel/Article: [Das Beispiel eines kulturellen Phasensprungs - Der elektronische Rechner 54-61](#)