

Hintergrundtext I

„Ich selber verstand, als ich mit dem Computerbau begann, weder etwas von Rechenmaschinen noch hatte ich je von Babbage gehört.“

Konrad Zuse, Erfinder des ersten modernen Computers

Der Aufbruch in die digitale Epoche – von der „Rechen-Uhr“ zum Computer

Einer der faszinierendsten Aspekte der Computer ist es, dass sie sich in den letzten sieben Jahrzehnten ständig erneuert haben. Doch es gab schon seit mehreren Jahrhunderten Vorläufer in Form von Rechenmaschinen; denn die Idee, das menschliche Gehirn zu entlasten, indem Maschinen zur Lösung bestimmter Probleme eingesetzt werden, wurde schon lange mit ungewöhnlich großer intellektueller Vitalität verfolgt. Sie zieht sich wie ein roter Faden durch die Geschichte der Rechenautomaten. Um die Geschichte dieser technischen Seite der modernen Informatik geht es nachfolgend.

Mechanisches Rechnen

Im 17. Jahrhundert ist der deutsche Astronom, Mathematiker und Orientalist **Wilhelm Schickard (1592-1635)** der erste Mensch, der nicht nur von selbsttätig rechnenden Maschinen träumt wie so viele vor ihm, sondern diesen Traum tatsächlich realisiert. Am 19. September 1623 schreibt Schickard in großer Aufregung an seinen Freund Johannes Kepler, dass er eine „Rechen-Uhr“ erfunden habe. „Du würdest in begeistertem Lachen ausbrechen, wenn du hier sein würdest und sehen könntest, wie die Maschine automatisch die Zehner und Hunderter nach links verschiebt, oder wie sie die nach rechts verschiebt, beim Subtrahieren“. Fünf Monate später erklärt Schickard seinem Freund das Funktionsprinzip der Maschine. Sie hat drei separate, aber zusammenhängende Teile:

einen Teil für das Eingeben der Zahlen, einen für die Berechnungen (Multiplizieren und Dividieren) und einen für das Zählen (Addieren und Subtrahieren). Die Maschine besteht komplett aus Zahnrädern, wovon einige die Ziffern 0 bis 9 anzeigen. Wenn ein Zahnrad beim Addieren von 9 auf 0 springt, liegt die größte Herausforderung darin, dass die Zahnräder links daneben von 0 auf 1 springen müssen. Nur so kann die Maschine richtig berechnen, dass aus 0999 plus eins 1000 wird.

Ob Schickards Erfindung auch richtig funktioniert hat, wissen wir heute nicht sicher, da die Maschine und fast alles Wissen darüber im 30-jährigen Krieg verloren gingen. Schickard und seine Familie kamen bei der nachfolgenden

Pestepidemie ums Leben. Dass die Maschine gut entworfen war, ist durch eine Reproduktion der Schickard'schen Rechenmaschine durch deutsche Ingenieure vor 50 Jahren bekannt.

Nur wenige Jahre später entwarf der französische Philosoph **Blaise Pascal (1623-1662)** eine weitere mechanische Rechenmaschine. Das Problem, das Schickard so meisterlich und elegant gelöst hatte – nämlich die Zehner in den Zahnradreihen zu übertragen –, hat Pascal nur mühevoll hinbekommen. Seine „Pascaline“, die er um 1642 baute, benötigte die Schwerkraft, um die Zehner vom einen zum anderen Zahnrad zu transportieren, und so musste die Rechenmaschine immer genau horizontal stehen, um funktionsfähig zu sein. Die Maschine, die großes Aufsehen erregte, war unpraktisch und stör anfällig. Dennoch gab es eine ehrfürchtige Kommentierung der Grande Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, dass die Maschine ein Wunder, aber „sehr schwer zu erklären“ sei.

Ob **Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)** etwas von den Rechenmaschinen Schickards oder Pascals wusste, ist unbekannt. Ob er mehr als Gerüchte über Schickards Erfindung und über die „Pascaline“ gehört haben könnte, ist reine Spekulation. Leibniz selbst sagte, er habe noch nie von Pascals Erfindung gehört, als er sich selbst mit Rechenmaschinen beschäftigte. Seinen ersten Entwurf machte er 30 Jahre nachdem Pascal sein Modell präsentiert hatte.

Leibniz' erste Notizen über eine „Lebendige Rechenbank“ entstanden nach 1670. „Es kann“, so schrieb er voller Enthusiasmus an seinen Auftraggeber, „alle Zahlen selbständig berechnen, ob addieren, subtrahieren, multiplizieren oder dividieren, ja es kann sogar quadrieren und wurzelziehen ohne Probleme.“ Leibniz sind nicht nur mehrere praktische Erfindungen zu verdanken, die bis heute in mechanischen Rechenmaschinen Verwendung finden, er war auch der Erste, der zwei grundlegende Gedanken darüber formulierte. Erstens muss eine Rechenmaschine drei funktionale Teile haben: den Mechanismus, um Zahlen einzugeben, ferner den Teil, der die Berechnungen ausführt, und schließlich eine Einheit für das Anzeigen des Ergebnisses. Diese Dreiteilung – Input, Rechnen, Output – hat sich bis heute erhalten. Der zweite revolutionäre Gedanke, den wir Leibniz zu verdanken haben, ist die Idee, dass Maschinen am elegantesten mit nur zwei Zahlen rechnen können, mit 0 und 1. Binäre Zahlen sind, so erkannte Leibniz, perfekt geeignet für die mechanische Umsetzung in einer Maschine. 1696 schrieb er mit großer Begeisterung an Herzog Rudolph August von Braunschweig-Lüneburg-Wolfenbüttel, dass man mit einer binären Maschine rechnen könne, „ohne Rechenfähigkeiten und ohne Unterstützung des Gedächtnisses“.

Von der Lochkarte zur „Analytical Engine“

Nach Leibniz verging fast ein Jahrhundert ohne große Innovationen. Die Rechenmaschinen von **Jacob Leupold (1674-1727)**, **Antonius Braun (1685-1727)** oder **Philipp Matthäus Hahn (1739-1790)** waren Fortsetzungen des bekannten Weges. Erst durch eine Erfindung in einem gänzlich anderen Bereich konnte ein neuer Schritt getan werden.

1804/05 erfand der französische Weber **Joseph-Marie Jacquard (1752-1834)** eine Methode, mittels derer die Webstühle für hochwertige Seide automatisch komplexe Muster weben konnten. Er führte eine Lochkarte ein, mit der sich jedes beliebige Muster weben ließ. Die außergewöhnliche Leistung lag darin, dass eine arbeitsintensive Prozedur durch das Stanzen der Lochkarte erleichtert wurde. Arbeit war Information geworden. Neben diesem fundamentalen Schritt kamen durch Jacquards Lochkartensystem vier neue Ideen in die Welt. Erstens: Der Bewegungsablauf in einer Maschine kann kontrolliert werden. Zweitens: Das, was eine Maschine macht, kann variieren und zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten ganz verschieden sein. Drittens: Eine Lochkarte kann dazu dienen, die ersten beiden Punkte zu realisieren. Und viertens: Eine Maschine kann mit einer Art „Sprache“ kontrolliert werden. In diesem Fall entstand die Semantik dadurch, dass Löcher auf bestimmte Art und Weise in eine Karte gestanzt wurden.

Diese grundlegend neuen Ideen wurden zuerst von dem englischen Mathematiker **Charles Babbage (1791-1871)** in einer Maschine perfektioniert. Die ersten Pläne für seine so genannte „Differential Engine“ stammen von 1812. Babbage war davon überzeugt, dass die vielen mühsamen Berechnungen in der Astronomie von einer Maschine ausgeführt werden konnten. Eine Maschine würde Arbeitserleichterung bringen und weniger Rechenfehler machen. Das Wort Maschine sollte hier nur als Analogie verstanden werden. Babbages Maschine konnte keine physikalische Arbeit verrichten wie eine Dampfmaschine; stattdessen bewegte sie Lochkarten und konnte selbständig Berechnungen mit Zahlen ausführen.

1833 entwickelte Babbage eine bahnbrechende Idee, die seine Assistentin, die Mathematikerin **Ada Lovelace (1815-1852)**, überlieferte. Sein Ziel war eine vollständig automatisch operierende und universell anwendbare Rechenmaschine

für alle denkbaren mathematischen Probleme, die er „Analytical Engine“ nannte. Das Revolutionäre daran war das, was wir heute die Architektur eines Computers nennen. Die Analytical Engine umfasste vier funktionale Bereiche: einen Speicher für Zahlen, eine Recheneinheit, die alle mathematischen Berechnungen mit nur vier Basisoperationen (Addieren, Subtrahieren, Dividieren und Multiplizieren) ausführen konnte, sowie eine Kontrolleinheit, die Zahlen aus der Speichereinheit abfragen und sie dort wieder hineinlegen konnte, und schließlich die Ein- und Ausgabevorrichtungen, mit denen Zahlen und Befehle in die Maschine eingespeist und Resultate abgelesen werden konnten.

1842 betraute Babbage Lovelace mit der Übersetzung und Kommentierung einer Abhandlung über die Rechenmaschine. Bei dieser Arbeit kam Lovelace die Idee, dass eine Maschine eines Tages in der Lage sein könnte, Musik zu komponieren oder Grafiken zu zeichnen. Damit stieß sie die erste Diskussion über die Möglichkeiten der Programmierung von Rechenmaschinen an. Mit der Programmiersprache „Ada“ wurde ihr 1979 dafür ein Denkmal gesetzt. Die größte intellektuelle Leistung von Babbages Erfindung lag in der Programmierbarkeit. Denn die Kontrolleinheit machte es möglich, Algorithmen – das heißt genau vorgegebene Programmabläufe – festzulegen, mit denen die Rechenmaschine gesteuert werden konnte. Babbage plante in so großen Dimensionen, dass dies die Möglichkeiten der Feinmechanik und der Finanzierbarkeit zu sehr strapazierte. Was den prinzipiellen Aufbau betrifft, so war Babbages Rechner der Vorläufer moderner Computer; er inspirierte später auch **Howard Aiken (1900-1973)** beim Bau seines MARK-I-Computers, dem ersten elektro-mechanischen Computer. Viele der revolutionären Ideen der Analytical Engine gingen Ende des 19. Jahrhunderts verloren. Der Schwerpunkt der industriellen Welt verlagerte sich von England nach Amerika, und dort wurden die Ideen von Babbage – soweit sie über den Ozean gelangt waren – für zu kostspielig gehalten. Eine andere Art von Rechnern, die Analogrechner, wurden stattdessen verstärkt eingesetzt.

Digitale Rechenautomaten

Mitte der 1930er Jahre begann in Berlin ein Bauingenieur, die Ideen von einem Universalrechner, wie er schon Charles Babbage vorgeschwebt hatte, wieder aufzugreifen. In seiner Wohnung vollendete **Konrad Zuse (1910-1995)** 1938 die erste vollständig mechanische Rechenmaschine, die Z1. Sie war die erste Maschine, die das Binärprinzip der Schaltungen und des Rechnens in der Praxis vollständig durchgeführt hatte. Außerdem hatte Zuse als Erster eine abstrakte Schaltgliedtechnik erfunden. „Trotz der immensen Arbeit in meiner Werkstatt“, so schreibt Zuse später, und man findet in den Notizen über sein Lebenswerk

viel von der ursprünglichen Begeisterung des Erfinders, „fand ich damals auch die Zeit, mir über die Theorie und die zukünftige Entwicklung des Computers Gedanken zu machen.“ In stenografisch geführten Notizbüchern hielt Zuse seine Gedanken fest, so etwa, dass die theoretischen Schaltpläne der Maschine unmittelbar in mechanische, elektromechanische oder elektronische Schaltungen implementiert werden konnten. Eine theoretische Hochleistung von Zuse ist, dass seine Rechenmaschinen frei programmiert werden konnten und dass die Programme vollautomatisch abliefen. Zugleich beschränkte sich seine Z1 auf wenige wesentliche Befehle und konnte diese nacheinander ausführen. Damit wurde die Grundidee, ein Computer solle in einer zentralen Recheneinheit nur einen Befehl zur Zeit ausführen, der späteren Arbeit des Mathematikers **John von Neumann (1903-1957)** vorweggenommen. 1941 wurde der Z3, der erste funktionsfähige programmgesteuerte Rechner der Welt, fertig gestellt.

Während des Zweiten Weltkriegs schafften es Wissenschaftler und Ingenieure in England und den USA, drei bedeutende technische Entwicklungen aus dem 20. Jahrhundert miteinander zu verschmelzen: die Radartechnik, die mit ihren schnell schaltenden elektronischen Röhren die Basisbausteine für die ersten Rechner lieferte, die kryptographischen Verschlüsselungstechniken, die während des Krieges verwendet wurden, um damit geheime Informationen per Funk zu verschicken, und die Erfahrungen mit dem Analogrechner. Das Resultat dieser Verschmelzung unterschiedlichster Technologien war die Geburt des elektronischen Rechners, Computer genannt.

1944 waren die ersten Modelle operationsfähig. Die Geräte waren schon allein wegen der großen Abmessungen beeindruckend: Der MARK-I-Rechner der Universität Harvard war 17 m lang, die erste elektronische Rechenmaschine des US-Militärs, der Electronic Numerical Integrator and Calculator (ENIAC), benötigte eine Bodenfläche von 150 Quadratmetern; die circa 18.000 Elektronenröhren mit 70.000 Widerständen und 10.000 Schaltern beheizten somit gleich mehrere Räume. In den Jahrzehnten danach fand im Bereich der elektronischen Computer eine noch nie zuvor erlebte Miniaturisierung statt. Der wichtigste Verkleinerungsfaktor war im Jahr 1947 der Einsatz elektronischer Verstärker und Schalter, die aus Silizium-Halbleitermaterial hergestellt wurden. Der Transistor löste in kurzer Zeit die elektromechanischen Relais und die Elektronenröhre ab.

Durch Effizienzsteigerung zur Informatik

Ein weiterer Durchbruch in der Miniaturisierung gelang 1971, als das amerikanische Unternehmen Intel einen Silizium-Halbleiterbaustein vorstellte, der aus

2.300 Transistoren bestand und kleiner war als ein Fingernagel. Der Mikroprozessor war erfunden. Die rasche Miniaturisierung bei gleich bleibender oder gar zunehmender Rechenleistung veranlasste den Gründer von Intel, Gordon Moore, 1965 zu einer Vorhersage: Alle zwei Jahre werde sich die Anzahl der Transistoren auf einem Mikroprozessor verdoppeln. Diese Vorhersage hat sich in den vergangenen 40 Jahren bestätigt. Die Zahl der Transistoren auf einem Chip wächst sogar noch etwas schneller an. Inzwischen befinden sich auf einem Mikroprozessor etwa eine Milliarde Transistoren.

Die großen technischen Fortschritte im Bereich der Hardware gaben in den 1960er Jahren Anlass zu einer von vielen Forschern geteilten Aufbruchstimmung im Hinblick auf die neuen und revolutionären Möglichkeiten der Computertechnik. Notwendig waren neue Konzepte dafür, wie Menschen mit dem „elektronischen Gehirn“ kommunizieren könnten. Auch musste grundsätzlich über fundamentale Fragen nachgedacht werden: Was ist das Wesen von Information? Wie kann eine Mensch-Computer-Kommunikation umgesetzt werden? Wie lassen sich Computer programmieren? Ist die jahrhundertalte Vision von den selbständig denkenden Maschinen jetzt realisierbar?

Theoretiker wie **Alan Turing (1912-1954)** wiesen schon 1936 die Mächtigkeit von Rechnermodellen nach und formalisierten den Algorithmusbegriff. Nachrichtentechniker wie **Claude E. Shannon (1916-2001)** widmeten sich der Informationstheorie. Wissenschaftler wie **John McCarthy (*1927)**, **Niklaus Wirth (*1934)** oder **Edsger Wybe Dijkstra (1930-2002)** analysierten das Problem, wie Computer präzise, konsistent und trotzdem flexibel durch Programmiersprachen zu steuern und wie deren Syntax und Semantik zu beschreiben wären. In kurzer Zeit wurden viele neue Konzepte zum Aufstellen von Algorithmen neue Computersprachen und eine Fülle von Software und Vernetzungen entwickelt. Mit der immer komplexer werdenden Software wandelte sich das Bild des Computers vom „Rechenknecht“ zum universellen Assistenten für geistige Tätigkeiten. Dies begründete zugleich die neue Wissenschaft „Informatik“.

Auch grundsätzlichere Fragen mussten von den Pionieren der Informatik beantwortet werden: Was sind die Voraussetzungen für die Möglichkeit, dass Menschen den Ergebnissen eines Computers vertrauen können? Inwieweit können natürliche Sprachen Vorbild für künstliche Sprachen sein? Sollte die Architektur eines Computers an die Funktionsweise des menschlichen Gehirns angelehnt sein? Sind menschliche Denkweisen und hochkomplexe Programme in irgendeiner Weise vergleichbar?

Viele dieser Fragen sind bis heute ungeklärt. Und anders als bei anderen technischen Errungenschaften beschränken sie sich nicht nur auf die materielle Welt, sondern berühren den Kern des menschlichen Wesens: sein Vermögen zu logischem Denken und rationaler Überlegung. Das Charakteristische des Menschen ist sein zielgerichteter Umgang mit Wissen und Information. Diese Einmaligkeit haben Erfinder wie Schickard, Leibniz, Zuse usw. zu ihrem Untersuchungsgebiet erklärt und so faszinierende Meilensteine für die heutige Wissenschaft der Informations- und Wissensverarbeitung, für die Informatik geliefert.

**Abdruck honorarfrei, Belegexemplar erbeten.
Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an:**

Team Informatikjahr

Susanne Kumar-Sinner
Neue Schönhauser Straße 3-5
10178 Berlin
Tel.: 030 / 590 04 33 - 11
Fax: 030 / 590 04 33 - 51
E-Mail: kumar@informatikjahr.de
www.informatikjahr.de

Tiziana Zugaro-Merimi
Neue Schönhauser Straße 3-5
10178 Berlin
Tel.: 030 / 590 04 33 - 54
Fax: 030 / 590 04 33 - 51
E-Mail: zugaro@informatikjahr.de
www.informatikjahr.de