

Max-Planck-Gymnasium, Saarlouis

GOS 2009/2010

FACHARBEIT

für das Seminarfach „Die Geschichte der Elektronik“

Thema: Die Geschichte des Computers

Verfasser: Daniel Braun

Fachlehrer: Herr Brück

Abgabetermin: 3. Dezember 2009

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Was ist ein Computer	4
3.	Mathematische Grundlagen.....	5
	Sexagesimalsystem.....	5
	Dualsystem	5
4.	Abakus.....	6
5.	Automaten	7
	Definition Automat	7
6.	Pascaline.....	8
7.	Computer im Zweiten Weltkrieg.....	10
	Zuse Z1 bis Z3.....	10
	ENIAC.....	11
8.	Der Personal Computer	12
	Altair 8800.....	12
	Apple II	12
	IBM PC	12
	Macintosh	12
9.	Quantencomputer	14
10.	Schlussbetrachtung.....	15
11.	Anhang	16
12.	Literaturverzeichnis.....	17
13.	Bildquellen	18
14.	Schlusserklärung	19

1. Einleitung

Seit es den Menschen gibt bedient er sich Zahlen, um Dinge auszudrücken. Je komplexer die Gesellschaft wurde, desto komplexer wurden auch die auftretenden mathematischen Probleme. Deshalb war der Mensch schon sehr früh bestrebt, Maschinen zu bauen, die ihm beim Rechnen helfen. Anfangs hauptsächlich für einfache Rechenaufgaben, im Bereich des Handels, später dann auch für immer komplexere wissenschaftliche Berechnungen.

Wie der Anspruch entwickelten sich auch die verwendeten Hilfsmittel, vom einfachen Abakus aus Holz, bis zu Universalmaschinen, mit Milliarden von Bauteilen, wie unsere heutigen Computer.

In der vorliegenden Facharbeit werde ich mich mit der Geschichte des Computers beschäftigen, der unser Leben wie nur wenige andere Erfindungen beeinflusst hat. Dabei werde ich mich zuerst mit den nötigen, vorangehenden, Erfindungen (z.B. programmierbare Automaten oder mechanische Rechenmaschinen) und den mathematischen Grundlagen beschäftigen, die die Entwicklung des Computers erst möglich gemacht haben. Dann werde ich auf die ersten Computer eingehen, die Entwicklung des PCs beschreiben und letztendlich einen kurzen Ausblick in die Zukunft geben. Zu Beginn wird jedoch zuerst einmal geklärt, was genau ein Computer eigentlich ist, denn das ist durchaus nicht unumstritten, wie im späteren Verlauf dieser Facharbeit nochmals deutlich wird. Einen besonderen Schwerpunkt werde ich dabei auf die Entwicklung des PCs legen, da es hier, innerhalb kürzester Zeit, eine enorme technische Entwicklung gab, wie man sie nie für möglich gehalten hätte.

Um die zeitliche Einordnung der einzelnen Schritte zu erleichtern, befindet sich im Anhang einer tabellarische Übersicht über die wichtigsten Stationen auf dem Weg zum modernen Computer.

2. Was ist ein Computer

Die Frage danach, was überhaupt ein Computer ist, scheint zunächst mehr oder weniger trivial, denn jeder kennt und nutzt heute Computer. Und doch sind sich auch Wissenschaftler bis heute noch nicht einig, welche Eigenschaften aus einer Maschine einen Computer machen.

Das Wort Computer stammt vom lateinischen Wort „computare“, was so viel bedeutet, wie „zusammenrechnen“¹. Folgende zwei Definitionen zeigen einige strittige Punkte, wenn es um die Definition des Begriffes geht:

„Ein Computer oder Rechner ist ein Apparat, der Daten mit Hilfe einer programmierbaren Rechenvorschrift verarbeiten kann.“²

„Computer sind Recheneinheiten, die auf mechanischer, elektrischer oder elektronischer Basis Rechenoperationen durchführen.“³

Einig sind sich beide Definitionen darin, dass ein Computer Daten mit Hilfe von Rechenoperationen verarbeitet.

Laut der ersten Definition sind aber nur Maschinen die programmierbar sind Computer, während die zweite Definition diese Eigenschaft nicht fordert. Einer der größten Streitpunkte wird in der allgemeinen Formulierung der zweiten Definition gleich ganz umgangen, muss ein Computer elektrisch sein oder darf er auch aus mechanischen Bauteilen bestehen? Bis heute streiten sich Wissenschaftler über diesen Punkt, ebenso wie über die Frage ob ein Computer Daten zwangsweise binär verarbeiten muss. Beides gilt heute als Standard, ob aber Maschinen, die diese Bedingungen nicht erfüllen deshalb keine Computer sind, ist strittig.

Da die Frage nach einer Definition nicht eindeutig geklärt werden kann, wird in dieser Facharbeit vom „kleinsten gemeinsamen Nenner“ ausgegangen:

Ein Computer ist eine Maschine, die Daten mit Hilfe von Rechenoperationen verarbeitet.

¹ Online Lateinwörterbuch, „computare“

² Wikipedia, „Computer“

³ IT-Wissen, „Computer“

3. Mathematische Grundlagen

Sexagesimalsystem

Das Sexagesimalsystem gilt heute als eines der ältesten Stellenwertsysteme¹, also ein Zahlensystem, das mit einer endlichen Anzahl von Symbolen beliebig große Zahlen darstellen kann (im Gegensatz zum Additionssystem) und wurde um 3000 v. Chr. in Babylon entwickelt.

Der Name stammt von der Basis 60 (lat. sexagesimus – der sechzigste²). Dieses Stellenwertsystem wurde entwickelt um das Handeln zu vereinfachen, deshalb wurde auch die Basis 60 gewählt, da diese damals besonders vorteilhaft für Handelsgeschäfte war. Rechnungen mit Zahlen lassen sich so wesentlich einfacher durchführen.

Für heutige Computer sind Stellenwertsysteme unerlässlich, da alle modernen Computer auf dem Dualsystem beruhen. Somit liegen die ersten mathematischen Grundlagen, die den Bau eines Computers, wie wir ihn heute kennen, überhaupt ermöglicht haben, schon um 3000 v. Chr.

Dualsystem

Ein Dualsystem ist ein Stellenwertsystem zur Basis 2. Das erste Dualsystem tauchte wahrscheinlich um 300 v. Chr. in Indien auf, mit diesem System konnte die Zahl 0 aber noch nicht dargestellt werden.

Unser heutiges Binärsystem wurde erstmals um 1703 von Gottfried Wilhelm Leibniz niedergeschrieben.³ Für Leibniz hatte das Binärsystem einen religiösen Hintergrund, denn die Zahl „7“ (111 in Binär) schreibt sich ohne Null und ist daher vollkommen und der siebte Tag der Woche, der Sabbat, ist der Tag Gottes.

Das Binärsystem nach Leibniz stellt bis heute die Grundlage jeder elektronischen Datenverarbeitung da, da es, wie der Strom, genau zwei Zustände kennt, 0 und 1.

¹ Grandt, „Das Babylonische Sexagesimalsystem“

² Grandt, „Das Babylonische Sexagesimalsystem“

³ Wikipedia, „Gottfried Wilhelm Leibniz“

4. Abakus

Der Abakus gilt als eines der ältesten bekannten Rechenhilfsmittel. Der Name leitet sich vom lateinischen Wort „abacus“ ab, was so viel bedeutet wie Brett oder Tafel.¹ Es wird heute allgemein vermutet, dass der Abakus um 1100 v. Chr. in China entwickelt wurde. Der Abakus beherrscht die Addition und Subtraktion, das Multiplizieren, Dividieren und die Berechnung von Quadrat- bzw. Kubikwurzeln.

Der Abakus wie wir ihn heute zumeist kennen wurde um 1600 n. Chr. in Japan entwickelt und wird, besonders im asiatischen Raum, noch heute verwendet, dort gibt es sogar eigene Schulen und Fächer, in denen Kinder den Umgang mit dem Abakus lernen. In Europa wurde der Abakus dagegen nur bis ins 17. Jahrhundert verwendet.

Im Laufe der Jahrhunderte haben sich viele verschiedene Formen des Abakus entwickelt, neben dem „klassischen“ Suanpan aus China gehören zu den bekanntesten der römische Abakus und der russische Stschjoty. Die meisten Formen unterscheiden sich nur in der Anzahl der Perlen, eine Ausnahme bildet hierbei der römische Abakus, da das römische Zahlensystem ein Additions- und kein Stellenwertsystem ist.

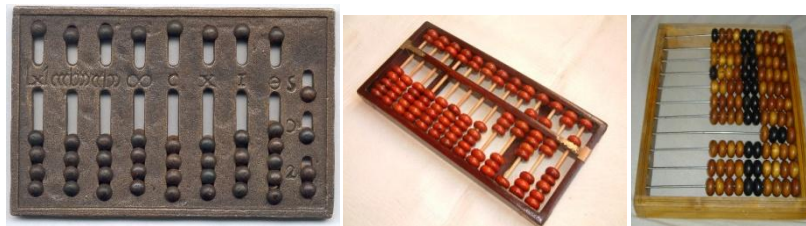


Abbildung 4.1 Röm. Abakus, Suanpan, Stschjoty

¹ Wikipedia, „Abakus“

5. Automaten

Definition Automat

Ein Automat (im Sinne der Informatik) ist eine sequentielle, informationsverarbeitende Maschine, mit beliebig vielen inneren Zuständen, die jedem Eingabewert genau einen Ausgabewert zuweist.

Die Tempeltüren von Heron von Alexandria gelten als einer der ersten, dokumentierten, Automaten (Funktionsweise s. Abbildung 5.1). Heron von Alexandria (vermutlich um 10 n. Chr. geboren) lebte und arbeitete in Alexandria und gilt als herausragender Ingenieur und Mathematiker.¹



Abbildung 5.1 Tempeltüren von Heron von Alexandria

Sein Tempel von Bacchus gilt als erster programmierbarer Automat.² Der Automat verfügt über vier Achsen, an denen jeweils ein Rad befestigt ist. Als Antrieb dient eine Schnur, die um die Achse gewickelt wird und während der Fahrt mit Hilfe eines Gewichtes gleichmäßig abgerollt wird. Je nachdem, wie die Schnur gewickelt ist ändert sich die Drehrichtung der Achsen, die Wicklung der Schnur ist also ein Programm, das festlegt wie sich der Tempel verhalten soll.



Abbildung 5.2 Programmierbare Achse

¹ Wundersames Sammelsurium, „Heron“

² Wundersames Sammelsurium, „Heron“

6. Pascaline

Die Pascaline, eine von Blaise Pascal entwickelte mechanische Rechenmaschine, galt bis in die 1950er Jahre, als die erste mechanische Rechenmaschine der Welt. Heute gilt eine Maschine von Wilhelm Schickard, als die erste, da sie jedoch lange verloren war, hatte sie praktisch keinen Einfluss auf die historische Entwicklung und wird daher im Rahmen dieser Facharbeit nicht berücksichtigt.



Abbildung 6.1 Original Pascaline

Die erste Pascaline baute Pascal bereits im Alter von 19 Jahren (1642) für seinen Vater, einen Kaufmann. Bis heute sind noch ca. 50 der originalen Maschinen erhalten, was unter anderem an der robusten Bauweise aus Metall liegt.¹

¹ Wikipedia, „Pascaline“

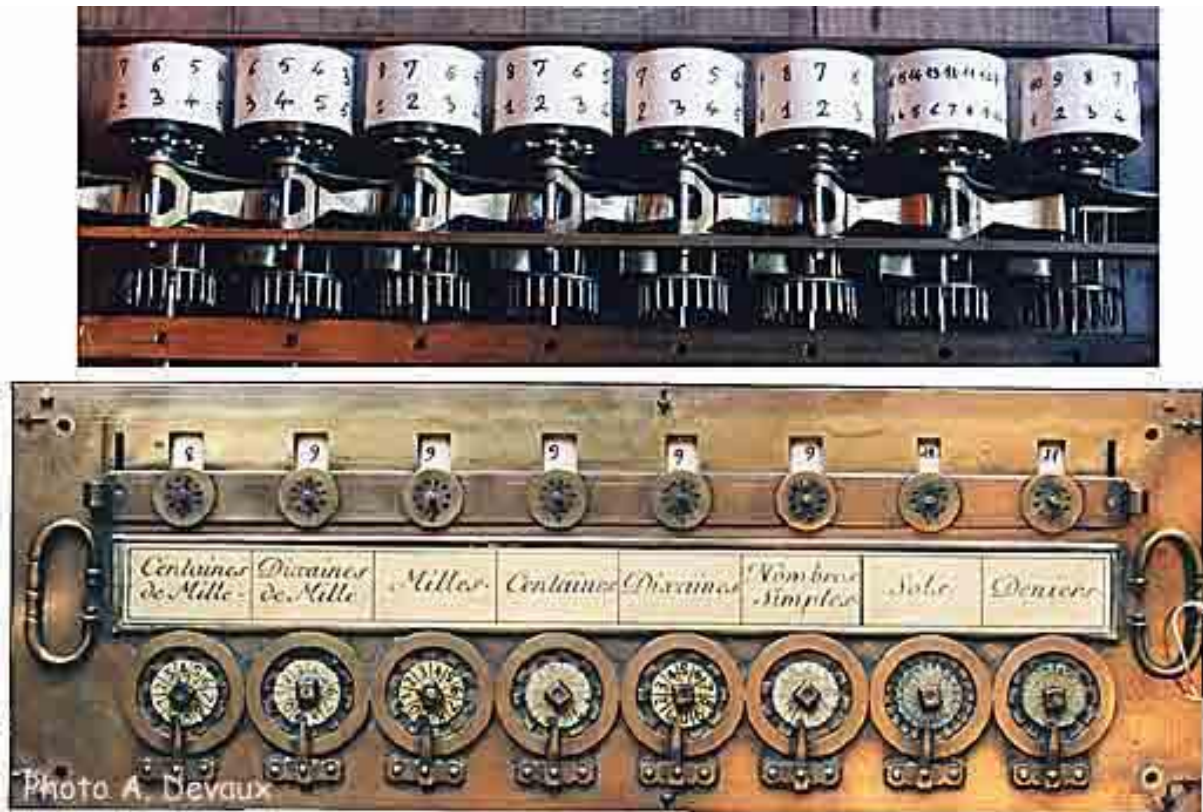


Abbildung 6.2 Pascaline Innen- und Außenansicht

Die Pascaline kann Zahlen bis 9.999.999 darstellen und beherrscht hauptsächlich die Addition, über Umwege sind aber auch Subtraktion, Multiplikation und Division möglich. Dabei geschieht die Eingabe der Zahlen über eine Art Wählscheiben, mit denen zuerst die erste, dann die zweite Zahl eingegeben wird. Im Inneren sind die einzelnen Stellen mit Zahnrädern verbunden, so dass, sobald die Zahl 9 überschritten wird, die nächste Stelle automatisch erhöht wird.

Aus heutiger Sicht ist besonders die Mechanik der Pascaline bemerkenswert, besonders da sie Pascal bereits im Alter von 19 entwickelte. Alltagstauglich war die Pascaline allerdings nur als Additionsmaschine, da alle anderen Rechenarten nur über komplizierte Umwege benutzt werden konnten.

7. Computer im Zweiten Weltkrieg

Während der Zweite Weltkrieg die Entwicklung in vielen Bereichen verlangsamt hat, da Wissenschaftler und Erfinder für Kriegsforschung benötigt wurden, hat er die Entwicklung des Computers, besonders in den USA beschleunigt, da man hier schon früh die Nutzen des Computers für die Kriegsführung erkannt hat, zum einen zur Berechnung ballistischer Flugbahnen, zum anderen zum entschlüsseln feindlicher Nachrichten.

Zuse Z1 bis Z3

Konrad Zuses Maschinen Z1 bis Z3 gelten heute, in großen Teilen Europas, als die ersten „Computer“. Konrad Zuse wurde 1910 in Berlin geboren und studierte an der TU Berlin. Später arbeitete er als Architekt. Dort kam ihm die Idee die immer gleichen statischen Berechnungen zu automatisieren, wie sich später herausstellen sollte eine der folgenreichsten Ideen der Geschichte.¹

Aus dieser Idee entwickelte Zuse den Z1, eine Art Computer, der allerdings niemals voll funktionsfähig war. Er wog über eine Tonne und bestand aus 30.000 Blechen, die die Berechnungen im Binärformat durchführen sollten, allerdings war die Mechanik des Z1 so anfällig, dass er niemals Reibungslos funktioniert hat.

Zuse erkannte die Schwachstelle schnell und fand eine Lösung in der Fernmeldetechnik, dort wurden bereits Relais verwendet. In seiner zweiten Maschine, dem Zuse Z2, ersetzte er die Bleche durch ca. 600 Relais. Programmiert werden konnte der Z2 mit Hilfe eines Lochstreifens und er beherrschte alle vier Grundrechenarten. Für eine einfache Addition brauchte er durchschnittlich 3 Sekunden.

Doch Zuse war mit dem Ergebnis noch nicht zufrieden und so entwickelte er den Z3, der heute vielerorts als der erste Computer gilt. Der Z3 verfügte über 2500 Relais, Eingabe-Schalter, Ausgabe-Lampen und konnte nun auch Quadratwurzeln berechnen. Für eine Addition brauchte er gerade einmal 0,8 Sekunden. Im Gegensatz zu den Amerikanern erkannte die Nazi-Diktatur jedoch nicht die Wichtigkeit von Computern für den Krieg und so erfuhr Zuse keine finanzielle Unterstützung, was letztendlich dazu führte, dass die Entwicklung in Deutschland erst nach Ende des zweiten Weltkrieges bedeutend weitergeführt wurde. Zuse baute nach dem Krieg zahlreiche Computer für Forschungszwecke oder die Zivile-Luftfahrt.²

¹ Konrad Zuse Forum Hoyerswerda e.V., „Prof. Dr. h. c. mult. Konrad Zuse (1910-1995)“

² Konrad Zuse Forum Hoyerswerda e.V., „Zuse Maschinen“

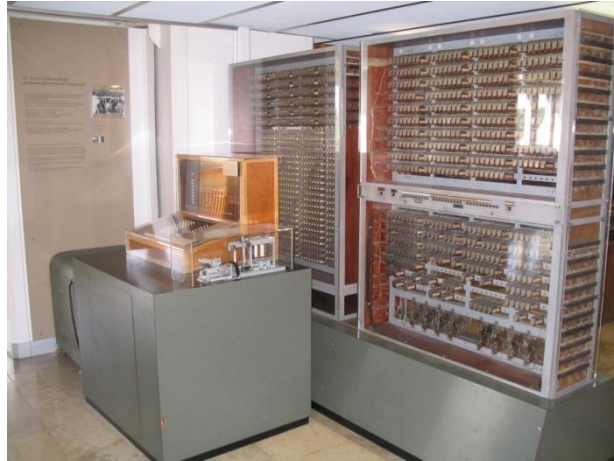


Abbildung 7.1 Zuse Z3

Zuse gilt heute als einer der wichtigsten Personen für die Entwicklung des Computers. Neben seiner Meisterleistung als Ingenieur entwarf er auch die erste universelle Programmiersprache der Welt „Plankalkül“.

ENIAC

Nur wenig später wurde in den USA der ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) entwickelt. Er sollte ursprünglich zur Berechnung ballistischer Flugbahnen dienen, wurde aber erst zu Kriegsende fertiggestellt. Besonders in den USA wird der ENIAC häufig als der erste Computer angesehen, obwohl er nach den Maschinen von Zuse fertiggestellt wurde. Als Begründung wird meist die Tatsache genannt, dass der Z3 elektromechanisch war, der ENIAC aber bereits voll elektronisch, da er anstatt auf Relais auf Elektronenröhren setzte. Verfechter des Z3 halten dagegen, dass der ENIAC nicht binär sondern dezimal funktionierte und nicht programmierbar war (bzw. nur über Änderung von Verkabelungen).

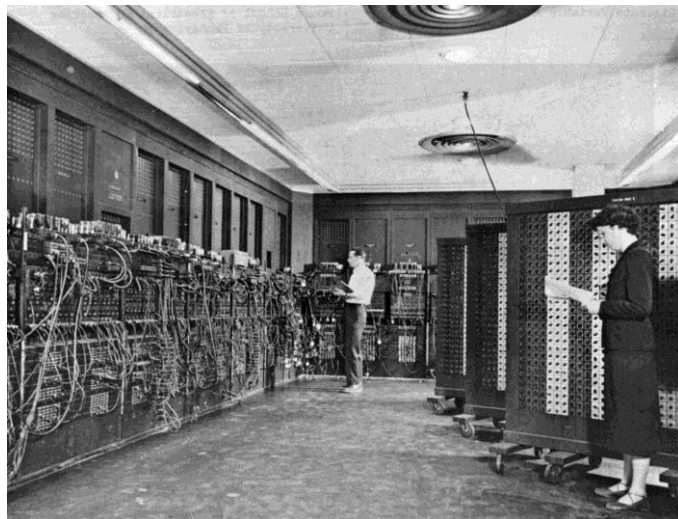


Abbildung 7.2 ENIAC

Hier wird das bereits zu Anfang erwähnte Problem deutlich, dass es keine genaue Definition gibt, was ein Computer ist. Von daher lässt sich nicht letztendlich klären, welche Maschine nun der erste Computer war. Sicher ist aber das auf beiden Seiten nicht nur sachliche Argumente sondern auch Patriotismus eine wichtige Rolle spielt.

8. Der Personal Computer

Was viele lange für unmöglich hielten, selbst als es schon die ersten Personal Computer (PC) gab, wurde in den 1970er Jahren Wirklichkeit. Der Computer eroberte die Privathäuser. Die Entwicklung des Personal Computers ist die Geschichte von ein paar „Jungen von Nebenan“, die über Nacht Geschichte schrieben und zu Millionären wurden, ohne überhaupt zu wissen, wie groß der PC einmal werden wird. So spannend die Geschichten dieser jungen Männer auch sind (Steve Jobs, Bill Gates und Steve Wozniak, um nur einige zu nennen), werde ich an dieser Stelle Aufgrund des eingeschränkten Umfangs nur auf die technische Entwicklung eingehen.¹

Altair 8800

Der Altair 8800 gilt heute als erster PC und wurde 1975 von Ed Roberts entwickelt. Der Altair war allerdings Anfangs nur als Bausatz erhältlich und verfügte über keinen dauerhaften Speicher, so dass Programme nach jedem Start neu eingegeben werden mussten, was sehr mühsam war, da der Altair mit Kippschaltern programmiert werden musste. Trotzdem verkaufte sich der Altair bereits am ersten Tag über 200-mal und brachte Ed Roberts somit einen unerwartet großen Gewinn ein, der hatte nämlich damit gerechnet ungefähr ein Jahr dafür zu brauchen, die ersten 200 Altairs zu verkaufen.²

Apple II

Begeistert vom Altair begannen bald auch Steve Jobs und Steve Wozniak PCs zu bauen. Der erste der die Marktreife erreichte war der Apple II, der von 1977 an verkauft wurde. Der Apple II verfügte über einen 1,02 MHz schnellen Prozessor, ein 6-farb Display, 64 KB RAM und ein 5 ¼ Zoll Diskettenlaufwerk³. Trotz eines vergleichbar hohen Preises war der Apple II ein großer Erfolg, was nun auch die großen Firmen wie IBM dazu drängte auf dem PC-Markt aktiv zu werden. Der Apple II kann daher als „Auslöser“ eines ganzen Industriezweigs angesehen werden, der heute jedes Jahr Milliarden umsetzt.

IBM PC

Der Computerriese IBM hatte den Einstieg auf den PC-Markt anfangs verschlafen, wollte sich dann aber, nach dem Erfolg des Apple II, einen Teil des Gewinns sichern und brachte mit dem IBM-PC 1981 einen eigenen PC auf den Markt. Mit 4,77 MHz war der zwar schon deutlich schneller der große Erfolg hat aber hauptsächlich andere Gründe. Zum einen hatte IBM schon einen großen Kundenstamm und so wurden, besonders in Büros, hauptsächlich IBM-PCs eingesetzt. Zum anderen wurden schnelle sog. „kompatible Systeme“ entwickelt, d.h. PCs, auf denen das Betriebssystem des IBM-PCs lief. Da diese wesentlich billiger waren, verbreitete sich der IBM-PC und die dazugehörige Software rasend schnell.⁴

Macintosh

1984 konterte Apple noch einmal mit dem Macintosh, der über 8 MHz und 128 KB RAM verfügte und zum ersten mal mit dem Betriebssystem Mac OS ausgestattet war, doch zu

¹ Burke, 1999

² Wellter, „Altair“

³ Wikipedia, „Apple II“

⁴ Weller, „IBM definiert den PC“

diesem Zeitpunkt hatten die IBM kompatiblen und damit auch das Microsoft-Betriebssystem eine Vorherrschaftsstellung, die bis heute geblieben ist.

9. Quantencomputer

Da die weitere Entwicklung auf dem PC-Markt hinreichend bekannt sein dürfte, möchte ich abschließend noch einen kleinen Ausblick geben, wie die Zukunft des Computers eventuell aussehen könnte, hierzu möchte ich kurz die Idee des Quantencomputers anreißen.

Während ein normales Bit den Zustand 1 oder 0 haben kann, kann ein sog. „Quantenbit“ (QBit) die Zustände 00, 01, 10 oder 11 haben, also doppelt so viele. Während also 3 Bits 8 Zustände annehmen können, können 3 Quantenbits 64 Zustände annehmen.

Bei Nutzung von optimierten Algorithmen kann der Vorteil noch vergrößert werden, so benötigt man z.B. zum Suchen eines Eintrags in einer Datenbank mit 2 Mio. Datensätzen mit einem normalen Computer im Durchschnitt 1 Mio. Schritte, mit einem Quantencomputer gerade einmal 1400.

Allerdings ist bis heute noch nicht sicher, ob es jemals Quantencomputer in ausreichender Größe geben wird, denn zum einen ist die Bestimmung des Zustands eines QBit ein echtes Problem, zum anderen ist es bisher noch nicht gelungen einen Computer aus mehreren Quanten zu bauen, der stabil ist.

Sollte es tatsächlich einmal Quantencomputer geben, würde das zu einem weiteren Problem führen, denn von der einen auf die andere Sekunde würden alle heutigen Verschlüsselungsverfahren praktisch wirkungslos, da Quantencomputer sie innerhalb weniger Sekunden knacken könnten.

10. Schlussbetrachtung

Die Geschichte des Computers, von den mathematischen Grundlagen, bis zu den neusten Forschungsergebnissen überspannt einen Zeitraum von mehreren Jahrtausenden, daher ist es nahezu unmöglich die Entwicklung im vorgegebenen Umfang adäquat zu beleuchten. Deshalb habe ich in der vorliegenden Facharbeit versucht einen möglichst breiten Überblick zu geben und eher das gesamtgeschichtliche Bild, als einzelne Entwicklungsschritte zu betrachten.

Trotz der knappen Form wird sehr deutlich, wie schnell die Entwicklung seit Ende des zweiten Weltkriegs, besonders ab 1975 verlief, aber auch, dass der Computer ohne Grundlagen, die schon vor tausenden von Jahren geschaffen wurden, niemals hätte erfunden werden können. Daher sollte man sich immer bewusst machen, dass der Computer nicht allein das Ergebnis der jüngsten Vergangenheit ist, sondern seine Wurzeln weit zurückreichen.

11. Anhang

Jahr	Ereignis
3000 v. Chr.	Entwicklung des ersten Stellenwertsystems
1100 v. Chr.	Entwicklung des Abakus in China
300 v. Chr.	Erstes Dualsystem
60	Erster Automat
1600	Japanischer Abakus
1642	Pascaline
1703	Dokumentation des Binärsystems durch Leibniz
1941	Zuse Z3
1946	ENIAC
1975	Altair 8800
1977	Apple II
1981	IBM-PC
1984	Apple Macintosh

12. Literaturverzeichnis

Burke, Martyn: „Die Silicon Valley Story“, Film, USA, 1999

Grandt, Dr. Christoph: „Das Babylonische Sexagesimalsystem“, <<http://www.christoph-grandt.com/BABYLON.pdf>> Zugang 29.11.2009

Henning, Prof. Dr. Peter A.: „Taschenbuch Multimedia“, 4. Auflage, Fachbuchverlag Leipzig, Leipzig, 2007

ITWissen: „Computer“, <<http://www.itwissen.info/definition/lexikon/Computer-computer.html>> Zugang: 01.12.2009

Konrad Zuse Forum Hoyerswerda e.V.: „Prof. Dr. h. c. mult. Konrad Zuse (1910-1995)“, <http://www.konrad-zuse-computermuseum.net/homepage/index.php?menue=dateien/kz_lebenslauf> Zugang: 01.12.2009

Konrad Zuse Forum Hoyerswerda e.V.: „Zuse Maschinen“, <http://www.konrad-zuse-computermuseum.net/homepage/index.php?menue=dateien/museum_zusemaschinen> Zugang: 01.12.2009

Online Latein Wörterbuch: „computare“, <<http://www.albertmartin.de/latein/?q=computare>> Zugang: 01.12.2009

Weller: „Altair“, <<http://www.weller.to/com/comp-mits-altair.htm>> Zugang: 02.12.2009

Weller: „IBM definiert den PC“, <<http://www.weller.to/his/h12-80-84-ibm-definiert-den-pc.htm>> Zugang: 02.12.2009

Wikipedia: „Abakus“, <http://de.wikipedia.org/wiki/Abakus_%28Rechenhilfsmittel%29> Zugang: 02.12.2009

Wikipedia: „Apple II“, <http://de.wikipedia.org/wiki/Apple_II> Zugang: 02.12.2009

Wikipedia: „Computer“, <<http://de.wikipedia.org/wiki/Computer>> Zugang: 01.12.2009

Wikipedia: „Gottfried Wilhelm Leibniz“, <http://de.wikipedia.org/wiki/Gottfried_Wilhelm_Leibniz> Zugang: 02.12.2009

Wikipedia: „Pascaline“, <<http://de.wikipedia.org/wiki/Pascaline>> Zugang: 02.12.2009

Wundersames Sammelsurium: „Heron“, <<http://www.wundersamessammelsurium.info/heron>> Zugang: 28.11.2009

13. Bildquellen

Abbildung 4.1: Mike Cowlshaw, cc-by-sa 3.0¹; „Staecker“, gemeinfrei; „wmliu“, cc-by-sa 3.0

Abbildung 5.1: yannmin.com, ©

Abbildung 5.2: Wundersames Sammelsurium, ©

Abbildung 6.1: David Monniaux, cc-by-sa 3.0

Abbildung 6.2: A. Devaux, ©

Abbildung 7.1: „Venusianer“, cc-by-sa 3.0

Abbildung 7.2: US Army, gemeinfrei

¹ <<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>>

14. Schlussklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)