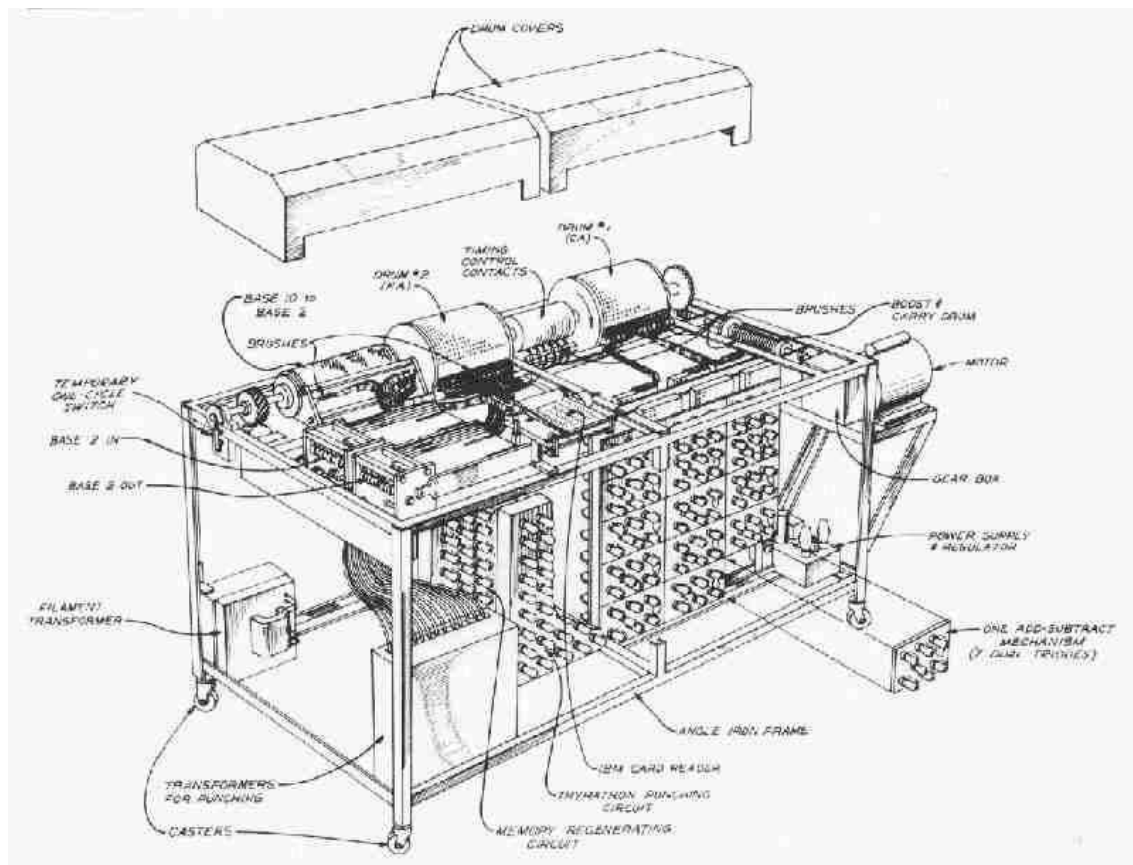


Historie der Computerentwicklung  
WS 2000/2001 bei Dr. Horst Zuse  
Der Atanasoff-Berry Computer

Martin Grabmüller \*

15. November 2000



\*mgrabmue@cs.tu-berlin.de, Matrikel-Nr.: 183283

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>3</b>
1.1	John Atanasoff und Clifford Berry . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Der Atanasoff–Berry Computer</b>	<b>4</b>
2.1	Die Vorgeschichte . . . . .	4
2.2	Entstehung . . . . .	4
2.3	Architektur . . . . .	5
2.4	Befehlssatz . . . . .	6
2.5	Dezimale Ein- und Ausgabe . . . . .	8
2.6	Der ABC im Einsatz . . . . .	8
2.7	Spezialrechner oder Mehrzweckrechner . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>9</b>

# 1 Einführung

Der Atanasoff–Berry Computer (kurz ABC), war die erste elektronische Rechenmaschine der Welt. Erst im Laufe eines 1973 beendeten Patenstreits wurde allgemein bekannt, dass nicht die 1945 fertiggestellte Rechenanlage ENIAC, sondern der von John Atanasoff entworfene und gemeinsam mit Clifford Berry gebaute ABC den Titel des ersten elektronischen Digitalrechners tragen darf.

## 1.1 John Atanasoff und Clifford Berry

John Vincent Atanasoff wurde am 4. Oktober 1903 in Hamilton, New York geboren, seine Eltern waren bulgarischer Abstammung. Bereits mit zehn Jahren, als er einen Rechenschieber seines Vaters in die Finger bekam, interessierte er sich für die mathematischen Prinzipien dieses Rechengerätes und begann mit Hilfe seiner Mutter ein College-Algebrabuch zu studieren.

Atanasoff war ein guter Schüler. Die High School schloss er nach zwei Jahren ab, mit Bestnoten in allen naturwissenschaftlichen und mathematischen Kursen. Nach der High School arbeitete er zuerst, um Geld zu sparen und schrieb sich dann 1921 bei der Universität von Florida ein. 1925 schloss er sein Studium mit einem Bachelor of Science in Elektrotechnik ab.

Nach seinem Abschluss trat er ins Iowa State College ein um sein Diplom zu erwerben, wo er auch seine zukünftige Frau Lura Meeks traf. An der Universität von Wisconsin erhielt er 1930 einen Dokortitel in theoretischer Physik, woraufhin er ans Iowa State College zurückkehrte, um dort als Assistenzprofessor für Mathematik und Physik zu arbeiten.

Während seiner Zeit als Professor am Iowa State College entwarf und baute er gemeinsam mit seinem Studenten Clifford Berry den ABC.

1995 verstarb Atanasoff nach einem Schlaganfall in seinem Haus in Monrovia im Alter von 91 Jahren. Zwar hatte er nie ein Patent für den ABC erhalten, aber 32 andere Erfindungen hatte er sich patentieren lassen können.

Obwohl das ursprüngliche Design des ABC von Atanasoff stammte, hatte Clifford Berry mindestens genauso viel Einfluss beim konkreten Design und beim Bau der Maschine. Leider konnte sein Wirken beim Bau des ABC und der Einfluss, den seine Arbeit auf darauf folgende Rechenmaschinen hatte, nie zufriedenstellend geklärt werden, da er sich 1963 das Leben nahm. Atanasoff akzeptierte niemals, dass es sich bei Berrys Tod um Selbstmord handelte und versuchte alles, um seinen Tod aufzuklären, konnte aber kein Licht in die Sache bringen.

## 2 Der Atanasoff–Berry Computer

### 2.1 Die Vorgeschichte

Während seiner Zeit als Assistenzprofessor begann Atanasoff mit Rechenmaschinen wie dem Monroe Calculator und dem IBM Tabulator zu experimentieren, und kam zu dem Schluss, dass diese Maschinen zu langsam und zu unpräzise waren, um seinen Ansprüchen zu genügen. Da er als Student oft gezwungen war, lineare Gleichungssysteme von Hand zu lösen, hatte er gehofft, durch die Untersuchung und Modifikation dieser Geräte Rechenmaschinen zu erhalten, die bei der Bewältigung solcher Aufgaben eine echte Hilfe waren. Die eingeschränkten Möglichkeiten, die diese Maschinen boten, aber auch der Brief eines IBM–Repräsentanten, der ihm untersagte, Manipulationen an der gemieteten Rechenmaschine vorzunehmen, ließen ihn schließlich damit beginnen, eine eigene Rechenmaschine zu bauen.

Zuerst arbeitete er an der Anwendung von Lochkartenmaschinen für statistische Zwecke und an der Entwicklung eines Analogrechners zur Lösung von Differentialgleichungen. Im Zuge dieser Entwicklungen kam er zu der Ansicht, dass sich Binäre Zahlen am besten zur Verarbeitungen in Rechenautomaten eigneten.

Die Rechenmaschine, die Atanasoff sich wünschte, sollte in der Lage sein, viele numerische Probleme zu lösen, die heute noch immer von Supercomputern bearbeitet werden, wie zum Beispiel die Analyse elektrischer Schaltkreise, Quantenmechanik, Probleme der Astronomie und Elastizitätsprobleme.

### 2.2 Entstehung

Zu Beginn der 30er Jahre hatte er bereits mit Überlegungen begonnen, wie ein Rechenautomat funktionieren könnte, der in der Lage war, große lineare Gleichungssysteme zu lösen. Während seiner Versuche, einen solchen Automaten zu entwickeln, benutzte er als erster den Begriff “Computer” für ein mechanisches Gerät, und er war auch der erste, der in der Art über paralleles Rechnen nachdachte wie wir es heute immer noch tun. Beispielsweise spielte er mit dem Gedanken, 30 Monroe–Rechner zu verbinden, um die notwendige Geschwindigkeit zu erreichen, was sich mit den Rechner–Clustern vergleichen lässt, die heute für rechenintensive Aufgaben sowie Server mit hohen Datenübertragungsraten eingesetzt werden.

1937 legte er vier Prinzipien fest, die für seine Rechenmaschine gelten sollten:

1. Keine mechanischen Teile intern, nur elektrische und elektronische
2. Intern soll sie mit binären Zahlen arbeiten
3. Vom Rechenwerk getrennter Speicher, der aus Kapazitäten besteht und zyklisch aufgefrischt wird
4. Binäre Logik.

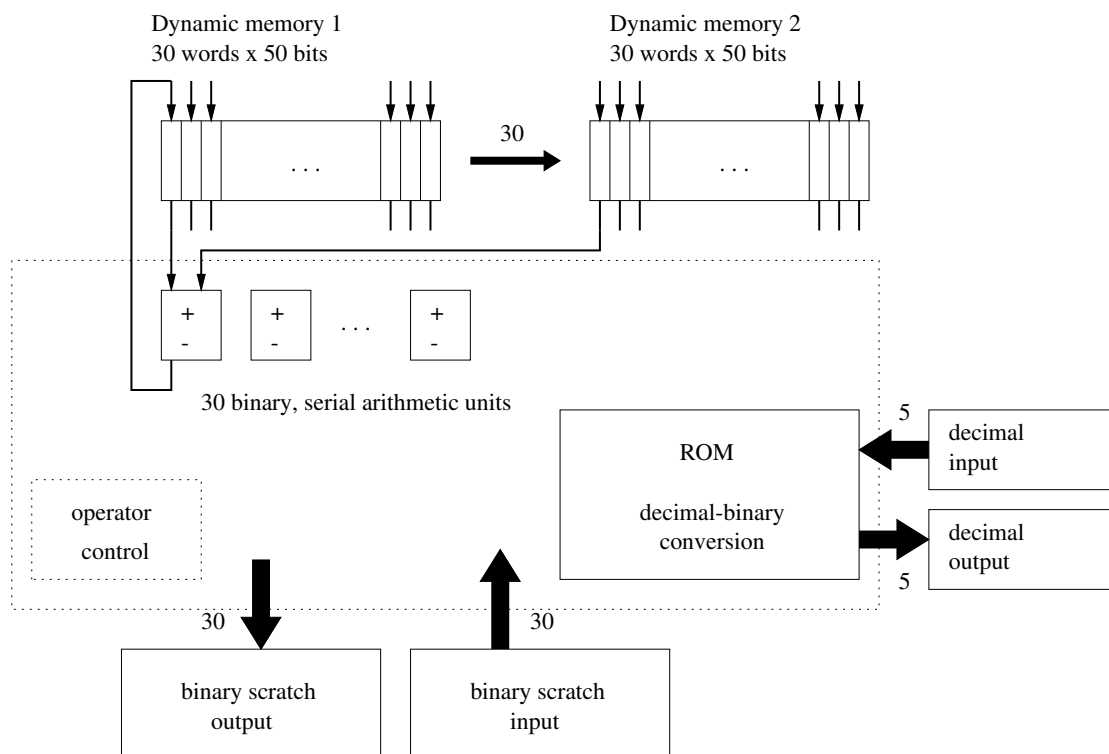


Abbildung 1: Blockdiagramm

Einer Anekdote zufolge hatte er diese Ideen, als er mehrere hundert Meilen in den Nachbarstaat gefahren war um einen Drink zu bekommen, und schrieb sie dort auf einer Serviette.

1939 hatten Atanasoff und Berry ein Muster fertiggestellt und schließlich auch eine größere Anlage gebaut, die im Jahr 1941 fertig wurde. Aufgrund von Problemen mit den speziell entworfenen Kartenlese- und -schreibgeräten war der Rechner allerdings erst im Jahr 1942 voll funktionsfähig.

## 2.3 Architektur

Die originale ABC war 1,5 Meter lang, 0,91 Meter hoch und 0,91 Meter tief, bei einem Gewicht von 375 kg. Diese Ausmaße waren deutlich geringer als die der anderen Rechner, die zu dieser Zeit entwickelt wurden.<sup>1</sup>

Abbildung 1 stellt den Aufbau des ABC in einem Blockdiagramm dar. Der Arbeitsspeicher bestand aus zwei rotierenden Trommeln, auf denen Kondensatoren zur Speicherung von je einem Bit angebracht waren. Die Kondensatoren wurden mit Bürsten gelesen und beschrieben, außerdem mußte der Speicher in regelmäßi-

<sup>1</sup>Dennoch wurde dem Original seine Größe zum Verhängnis, da es zerlegt werden musste, um durch die zu engen Türen transportiert zu werden

gen Abständen aufgefrischt werden, so wie es heute in DRAM Bausteinen notwendig ist. Die Speichertrommeln sind mit dem Rechenwerk verbunden, in dem 30 seriell arbeitende arithmetische Einheiten enthalten sind. Es gab ein Gerät zur dezimalen Ein- und Ausgabe, die an die Apparatur zur Umwandlung in Binärzahlen angeschlossen sind.

Weiterhin besaß die Maschine einen Kartenleser und -schreiber, die als Massenspeicher dienten. Der Kartenschreiber war ein Gerät, das mittels Hochspannung (3000 V) Lichtbögen erzeugte, die Löcher in das Kartenmaterial brannte. Der Kartenleser besaß stumpfe Elektroden, die mit 2000 V beschaltet waren, so dass ein Lichtbogen übersprang, wenn ein Loch gelesen wurde und sonst nicht.

Dieses Massenspeichersystem war in der Lage, den Inhalt einer Speichertrommel (1500 Bits) in einer Sekunde zu speichern. Diese Ein-/Ausgaberate war sehr hoch für damalige Verhältnisse. Außerdem war die Zuverlässigkeit sehr hoch (ein Fehler in  $10^4$  bis  $10^5$  Bits), allerdings nicht hoch genug um Gleichungssysteme mit 29 Unbekannten zu lösen. Systeme dieser Größe waren das theoretische Maximum der Maschine.

Das Rechenwerk bestand aus rund 300 Elektronenröhren und diente sowohl zur Konvertierung von Dezimal- zu Binärzahlen und zurück als auch zur Vektoraddition und -subtraktion.

Die Maschine arbeitete mit einem Takt von 60Hz, als Taktgeber diente die normale Wechselstromversorgung. Da die Maschine seriell arbeitete (wobei ein evtl. Übertrag in einem Kondensator für den nächsten Zyklus gehalten wurde), konnte sie so in einer  $5/6$  Sekunde eine 50-Bit Zahl addieren bzw. subtrahieren. Auf eine solche Operation folgte immer ein Warte-Zyklus, der  $1/6$  Sekunde dauerte, so dass in einer Sekunde eine Operation ausgeführt werden konnte.

Interessant ist, dass das Rechenwerk und der Speicher voneinander getrennt waren. Dieses Design, das heute noch immer das Gebräuchlichste ist, wurde unabhängig sowohl von Atanasoff und Zuse entwickelt, und hat sich bis heute durchgesetzt. Offenbar war Atanasoff der erste, der den Begriff "Memory" (Gedächtnis) für diese getrennten Speicherzellen benutzte. Die Speichertrommel 1 wurde auch CA genannt, die Speichertrommel 2 KA.

Der ABC verbrauchte ungefähr 1000 W an Leistung, und die Hitze, die beim Betrieb entsteht wird ohne aktive Kühlung aufgrund des offenen Designs abgeführt. Auch diese Tatsache war erstaunlich für die damalige Zeit, als die meisten Rechner ganze Hallen füllten, enorme Energie verbrauchten und mit großem Aufwand gekühlt werden mussten.

## 2.4 Befehlssatz

In der folgenden Auflistung sind für jeden Befehl die benötigte Zeit zur Ausführung und eine Beschreibung angegeben. Die Befehle mussten per Hand von der Person veranlasst werden, die den Computer benutzte. Es gab keine automatische Pro-

grammsteuerung, die Operationen wurden durch Schalter und Knöpfe am Bedientpult ausgelöst.

In diesen Beschreibungen bedeutet *Vektor* einen Satz von 30 Zahlen in einer der Speichertrommeln. Ein *Kurzvektor* sind 5 Zahlen, so ausgerichtet dass sie an einem Vielfachen von 5 in einem Vektor enden. Auf eine dezimale Eingabekarte passte ein Kurzvektor, auf eine binäre Karte ein kompletter Vektor.

- 1s Einen Kurzvektor in Koeffizienten 1 bis 5 eingeben.
- 1s Einen Kurzvektor in Koeffizienten 6 bis 10 eingeben.
- 1s Einen Kurzvektor in Koeffizienten 11 bis 15 eingeben.
- 1s Einen Kurzvektor in Koeffizienten 16 bis 20 eingeben.
- 1s Einen Kurzvektor in Koeffizienten 21 bis 25 eingeben.
- 1s Einen Kurzvektor in Koeffizienten 26 bis 30 eingeben.
- 1s Speicher 1 löschen.
- 1s Speicher 1 nach Speicher 2 kopieren.
- 16s Einen Kurzvektor von dem dezimalen Kartenleser in einen Vektor in Speicher 1 lesen, mit einer Konvertierung von dezimal nach binär.
- 1s Einen Kurzvektor vom binären Kartenleser in einen Vektor in Speicher 1 lesen.
- 1s Einen Kurzvektor vom binären Kartenleser in einen Vektor in Speicher 2 lesen.
- 1s Einen Koeffizienten in Speicher 1 wählen (für die Elimination oder die dezimale Ausgabe).
- 100s Addition oder Subtraktion (automatisch gewählt) zweier Zeilen um das führende Bit des gewählten Koeffizienten zu eliminieren. Bei Erfolg wird geschiftet, und wenn der Koeffizient null wird, stoppt der Vorgang.
- 100s Einen Wert dezimal ausgeben, inklusive der Konvertierung von binär nach dezimal.

Die Zeitangabe der Instruktionen, die mehr als eine Sekunde brauchen sind datenabhängig, die hier angegebenen Daten gelten für eine 15-stellige Dezimalzahl.

Der ABC stellte keinerlei Mechanismus zur Adressierung von Speicherstellen zur Verfügung, außer dass der Benutzer Adressen am Kontrollpult manuell eingeben konnte.

## 2.5 Dezimale Ein- und Ausgabe

Die Daten wurden über den dezimalen Kartenleser eingegeben. Die Ausgaben erschienen dann auf einer Anzeige, die einem Kilometerzähler im Auto entsprachen. Dabei gab es aber zwischen den einzelnen Anzeigerädchen keinen Übertrag, sondern die Rädchen wurden unabhängig voneinander angesteuert.

## 2.6 Der ABC im Einsatz

Der ABC rechnete mit 50 Bits im Zweierkomplement. Auf Überlauf wurde nicht geprüft, und die Division wurde ohne Runden durch Shiften durchgeführt.

Die erhaltenen Aufzeichnungen, die das Rechnen mit dem ABC beschreiben (Berrys Abschlussarbeit) belegen, dass der Rechner zur Lösung linearer Gleichungen mit Ganzzahl-Koeffizienten benutzt wurde. In diesem Text wird das Problem des Rundens nicht betrachtet, aber nach Experimenten mit dem Nachbau der Maschine konnte ermittelt werden, dass Eingabewerte so skaliert werden sollten, dass sie die höherwertigen Bits der 50-Bit Worte belegten. Für wohlgestaltete Probleme wurde der Rundungsfehler damit vernachlässigbar.

Nach heutigen Bewertungsmaßstäben kann man die Geschwindigkeit mit etwa 0,06 Flops, wobei allerdings großzügig gerechnet wurde und die 50-bittigen Ganzzahlen mit den heute üblichen 52 Bit der Mantisse identifiziert wurden und der Exponent vernachlässigt wurde.

Obwohl die Maschine theoretisch in der Lage gewesen wäre, Gleichungssysteme mit 29 Unbekannten in 29 Gleichungen zu lösen, war sie in der Praxis nicht dafür einsetzbar, da die Verlässlichkeit des Kartenlese-/schreib-System dafür nicht ausreichte. Beim Entwickeln und Testen der Maschine wurde vermutlich ohnehin nur mit System der Größe fünf gerechnet, da dafür genau die Menge an Daten gebraucht wurde, die auf eine Eingabekarte passte. Bei dieser Größe mußten auch etwa  $10^4$  Bits in das Massenspeichersystem geschrieben werden, was die Fehlerwahrscheinlichkeit gerade noch erträglich hielt.

## 2.7 Spezialrechner oder Mehrzweckrechner

Auf den ersten Blick taugt der ABC lediglich für ein Einsatzgebiet: Das Lösen linearer Gleichungen. Es ist allerdings möglich, durch geschicktes Setzen der Koeffizienten die vier Grundrechenarten durchzuführen, wenn man einen Zeileneliminationsschritt der Maschine durchführt. Dieses Vorgehen erscheint zwar sehr umständlich, da man ein Gleichungssystem mit zwei Unbekannten aufstellen muss, um zwei Zahlen zu multiplizieren, es ist allerdings nicht so fehleranfällig wie von Hand zwei 15-stellige Dezimalzahlen zu multiplizieren.

### 3 Zusammenfassung

Der ABC war eine funktionierende elektronische Rechenmaschine, die vornehmlich zur Lösung linearer Gleichungssysteme gedacht war. Außerdem war er der Prototyp moderner Parallelrechner, da er in der Lage war, parallel Vektoren zu addieren oder zu subtrahieren, um so Koeffizienten der Gleichungen zu eliminieren.

Die Entwicklung des ABC weist viele interessante Parallelen zu der Entwicklung der ersten Rechenmaschinen von Konrad Zuse auf, an entscheidenden Stellen allerdings auch große Unterschiede. So waren Zuses Maschinen von Anfang an frei programmierbar, während der ABC lediglich manuell steuerbar war.

Anhand des Nachbaus der Maschine konnte bewiesen werden, dass der ABC tatsächlich funktionsfähig war, allerdings wurde er nur sehr begrenzte Zeit wirklich eingesetzt. Nichtsdestotrotz ist der ABC ein wichtiger Meilenstein in der Geschichte der Computerentwicklung, bewies er doch die Einsatzfähigkeit elektronischer Bauelemente.

## Literatur

- [1] [http://www.thocp.net/biographies/atanasoff\\_john.html](http://www.thocp.net/biographies/atanasoff_john.html)
- [2] Edgar P. Vorndran: *Entwicklungsgeschichte des Computers*, VDE-Verlag Berlin, Offenbach: 1982
- [3] Michael R. Williams: *A History of Computer Technology*, Prentice-Hall, London 1985
- [4] John Gustafson: *Reconstruction of the Atanasoff-Berry Computer* in Raul Rojas, Ulf Hashagen (Hrsg.): *The First Computers: History and Architectures*, MIT Press 2000