

# A Sind im Jahr 2000 „Bits zum Anfassen“ noch aktuell?

Gerd-Wolfgang Reinicke\*

## A.1 Pneumatische Geräte als Computer?

Sind „Bits zum Anfassen“ heute, zu Beginn des 21. Jahrhunderts, nur noch im Museum zu finden? Diese Frage wird sicher von vielen vorschnell bejaht. Daß es sich jedoch lohnt, der Frage nachzugehen, soll der folgende Artikel zeigen.

Wer sich in der Leipziger Innenstadt die Zeit nimmt, das Automatik-Museum der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (HTWK) in der Alten Nikolaischule am Nikolaikirchhof zu besuchen, kann dort eine große Zahl interessanter Exponate bewundern. Eines davon ist deshalb besonders herauszuheben, weil es ein Zeugnis einer interessanten technischen Entwicklung darstellt, die unter geänderten Voraussetzungen gerade heutzutage laufend an Bedeutung gewinnt.

Es handelt sich um ein Experimentiergerät für die studentische Ausbildung, erstellt etwa um 1970, dessen Aufgabe darin bestand, die Beschickung eines Mischbehälters zu kontrollieren. Es erinnert zwar an ein elektrisches oder elektronisches Gerät, doch stammen die Bauteile aus der DRELOBA-Serie (Dresdner Logik-Bausteine), die wir noch näher betrachten wollen. Sie erfüllen Funktionen, die auch in einem Computer benötigt werden, haben jedoch mit Elektronik nichts zu tun und sind auf eine Weise miteinander verbunden, die dem Besucher sofort ins Auge fallen und sein Interesse auf diese Anlage lenken muß, denn das Erstaunliche ist ihre „Verdrahtung“ sowie die physikalische Verwirklichung der die Information repräsentierenden Zustände. Das Gerät wird nämlich mit Druckluft betrieben, und seine Bauteile sind durch schmale

---

\*Arnold-Sommerfeld-Gesellschaft e.V., Thaerstraße 34, D-04129 Leipzig

Schläuche verbunden anstelle der üblicherweise zu erwartenden Drähte, weshalb man hier auch nicht von „Verdrahtung“, sondern von „Verschlauchung“ spricht. Um die Frage zu klären, ob dieses Gerät denn in irgendeiner Weise mit einem Computer verwandt sei, kann man das Computer Fachlexikon (Microsoft-Press, 1999) zu Rate ziehen. Dort sind folgende wesentlichen Merkmale eines Computers aufgezählt: die Entgegennahme strukturierter Eingaben, die Verarbeitung dieser Eingaben nach festgelegten Regeln sowie die Ausgabe der erzeugten Ergebnisse. Diese Kriterien sind erfüllt, und wir können zugestehen, daß es sich bei dieser Steuereinheit nach heutigen Gesichtspunkten um ein Gerät handelt, welches an einen sehr primitiven Computer zumindest erinnert.

Bevor wir einen Blick auf die Entwicklung der Computertechnik werfen, seien noch drei Möglichkeiten aufgezählt, Computer zu kategorisieren, die in dem genannten Lexikon zu finden sind. Das ist erstens die Einteilung in Generationen, zweitens die Aufteilung in Größenklassen und drittens die Zuordnung zum Verarbeitungsmodus. Dieses letztgenannte Merkmal bezieht sich auf die entweder analoge oder digitale Arbeitsweise dieser Geräte. Analoge Signale haben kontinuierlichen Charakter, das heißt, sie werden stufenlos dargestellt. Daß jedoch solche Größen wie Temperatur oder Druck nur in gewissen Grenzen diese Eigenschaft der Kontinuität besitzen, liegt in ihrer physikalischen Natur. So entpuppt sich z. B. der Gasdruck als pausenloses Bombardement der Behälterwände durch die Gasmoleküle. Auch die elektrische Spannung ist von einem Rauschen überlagert. Daran erkennt man, daß man auch bei der Verarbeitung auf der Basis analoger Größen nicht an die idealen Forderungen der Mathematik herankommt.

Die binäre Arbeitsweise kommt mit einer Erhöhung des Aufwands (z. B. der Stellenzahl bei Gleitpunktzahlen) sogar diesen Forderungen näher, weshalb sie heutzutage meistens verwendet wird. Sie reicht offensichtlich selbst für das Vorgaukeln einer fast realen Welt der Farben und Klänge durch den Computer völlig aus. Doch soll hier weder auf dieses weite Feld eingegangen werden noch darauf, inwieweit analog-digitale Hybrid-Konstruktionen auf elektromagnetischer Basis machbar und nützlich sind.

## A.2 Wann und wo wurde der erste Computer gebaut oder konzipiert?

Die Kategorisierung der Computer nach *Generationen* scheint nur auf den ersten Blick leicht beantwortbar zu sein. Bei näherem Hinsehen erhält man sehr widersprüchliche Aussagen, und es bleibt wohl dem einzelnen überlassen,

in Abhängigkeit von seinem Blickwinkel eine ihm genehme Antwort zu finden. So kann man willkürlich das Jahr 1946 als Beginn des Computerzeitalters festlegen und wird dafür sicher viele Sympathisanten finden, denn in diesem Jahr wurde in Philadelphia, in Pennsylvania, wie viele meinen, von MAUCHLY und ECKERT der erste Computer der Welt in Betrieb genommen. Das Gerät ENIAC nahm eine Fläche von 140 m<sup>2</sup> in Anspruch und wog 30 Tonnen. Die Rechenleistung dieses mit 18000 Röhren bestückten Elektronenhirns, wie man nach damaligem Sprachgebrauch sagte, betrug 5000 Additionen pro Sekunde. Sie schien vielen Zeitgenossen, wie z. B. einem gewissen PAUL BELLAC, dem Kommentator der Zeitung „Prisma“, auch in Zukunft nicht übertreffbar zu sein.

Doch sucht man dieses Gerät im oben genannten Lexikon vergeblich als Beispiel für Computer der ersten Generation. Der dort genannte Computer der Röhrengeneration namens UNIVAC stammt aus den frühen 50er Jahren. So kurzlebig ist in unserer Zeit selbst scheinbar „ewiger“ Ruhm. Ein weiteres vergessenes Gerät, der Relaisrechner „Mark I“, stammt von HOWARD AIKEN (1944). Doch wie sind dann die Arbeiten von KONRAD ZUSE (1910–1995) einzuordnen? Dieser deutsche Ingenieur entwickelte von 1936 bis 1938 seinen Z1 genannten ersten Rechner, den er selbst als Versuchsmodell betrachtete. Es war bereits ein programmierbarer Computer mit binärer Zahlendarstellung, Gleitkomma-Arithmetik, Zahlenspeicher und Rechenwerk. Um die mechanischen Schaltglieder dieses Gerätes zu bewegen, wurde eine Handkurbel oder ein Elektromotor benutzt. Das Programm befand sich auf einem gelochten Kinofilm und wurde über einen Lochstreifenleser erkannt. Die Replik dieses Gerätes – das Original wurde im Krieg zerstört – befindet sich im Deutschen Technikmuseum Berlin. ZUSE baute es im Alter von fast 80 Jahren aus dem Gedächtnis nach.

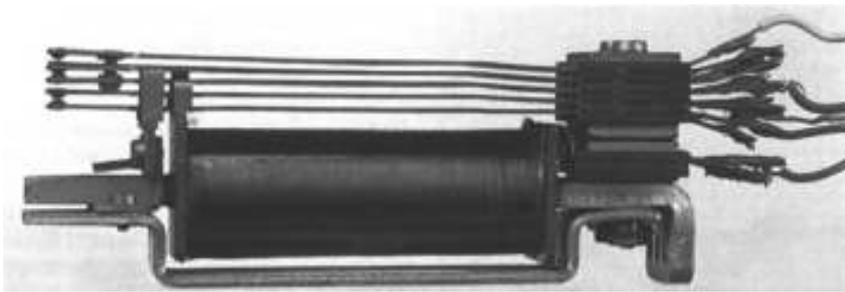
Dieses Gerät erfüllte zwar bezüglich seiner Funktionsfähigkeit nicht die Erwartungen, aber die damit gewonnenen Erfahrungen führten über die von ihm selbst als „Zwischenmodell“ bezeichnete Z2 schließlich im Jahre 1941 zum ersten funktionstüchtigen Gerät Z3, das vollständig auf der Basis der Relais-technik arbeitete. Ein dort verwendetes Relais besitzt die zwei Zustände „durchlässig“ oder „undurchlässig“ für den elektrischen Strom, stellt also eine binär interpretierbare Information dar. Die Z3 besaß ein Rechenwerk, bestehend aus 600 Relais, sowie einen „RAM“ aus 64 Wörtern zu je 22 Bit unter Verwendung der Gleitkommadarstellung. Das steuernde Programm befand sich auf einem Lochstreifen.

Es ist vertretbar, die Maschine Z3 als ersten funktionsfähigen Computer der Welt zu bezeichnen. Den Krieg überstand aber, wenn auch stark beschädigt,



**Abb. A.1:** KONRAD ZUSE bei der Beschäftigung mit der Replik seines ersten Computers (aus *Spektrum der Wissenschaft* 1/1997)

leider allein der Nachfolger, die Z4, die nach dem gleichen Konzept erbaut wurde. Unabhängig von dem Problem, wem nun eigentlich die Ehre gebührt, das erste dieser Wunderwerke geschaffen zu haben, können wir folgende Feststellung treffen. Bei allen dieser Rechner war ein Bit unschwer zu erkennen und hatte auch ein beträchtliches Gewicht. In der Folgezeit entwickelte sich der Grad der Miniaturisierung (sowie später auch der Integration) zu einem wesentlichen Qualitätskriterium der Rechner. Damit scheint auf den ersten Blick die Antwort auf unsere anfänglich gestellte Frage gegeben zu sein. Jedoch gibt es auch heutzutage technische Forderungen, bei denen nicht die „Größe der Bits“ entscheidend ist. Wir wollen in diesem Zusammenhang einen Blick auf eine Entwicklungslinie werfen, die vielleicht manchem entgangen ist.



**Abb. A.2:** Ein Relais von der Art, wie es KONRAD ZUSE zur Darstellung eines Bits verwendete

### A.3 Rechentechnik ohne Elektronik?

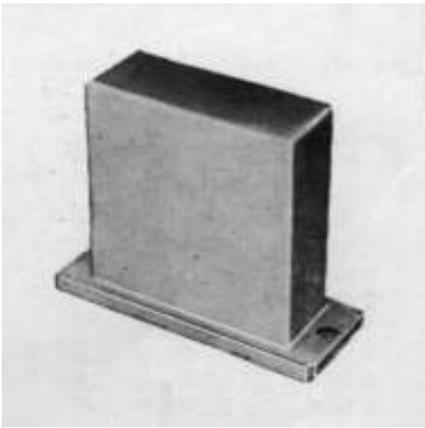
Bevor wir dieser etwas provozierend gestellten Frage nachgehen, wollen wir auf bekannte Ähnlichkeiten zwischen der Fluidik bzw. Pneumatik einerseits und den Erscheinungen des Elektromagnetismus andererseits hinweisen. Die folgende Tabelle gibt nur einen Teil dieser *Analogien* wieder.

Elektromagnetismus	Fluidik – Pneumatik
Spannung $U$ (in V)	Druck $p$ (in Pa = N/m <sup>2</sup> )
Spannungsabfall an Widerstand	Druckabfall an Drossel
Verdrahtung	Verschlauchung

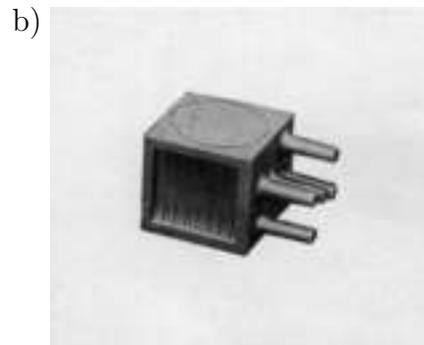
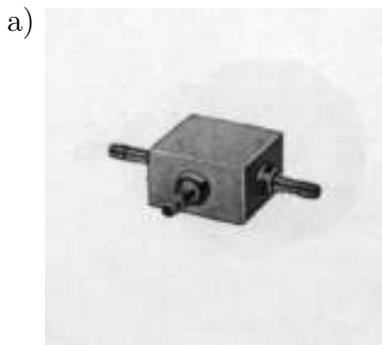
Die Rolle des Nulleiters spielt die Atmosphäre. Das Voltmeter entspricht dem Manometer und das Amperemeter dem Durchflußmesser. Pneumatische RC-Elemente werden aus Volumen-Bausteinen und Drosseln erstellt. Auch pneumatische Schwingkreise können problemlos erstellt werden. Es ist jedoch zu beachten, daß diese Analogien ihre Grenzen haben. So gilt z. B. das OHMSche Gesetz im Bereich der Fluidik selbstverständlich nur für laminare Strömungen.

Schon seit Jahrzehnten werden serienmäßig pneumatische Bauelemente hergestellt, so z. B. von Bosch. In der ehemaligen DDR war das dortige Bauteile-Spektrum unter dem Namen DRELOBA (Dresdner Logik-Bausteine) bekannt. Dieses System war in Elemente zur Informationseingabe, -verarbeitung und -ausgabe gegliedert. Alle logischen Verknüpfungen wurden mit nur zwei Grundelementen, dem ODER-Element und einem Doppelmembranrelais, realisiert.

Bei der Prozeßautomatisierung spielte diese Technik eine große Rolle. Die hier gezeigte Dosier- und Mischeinrichtung wurde u. a. für die Analysenmeßtechnik in der chemischen Industrie, der Arzneimittelindustrie sowie in der Labortechnik verwendet. Als Vorteile dieser (pneumatischen) Technik wurden



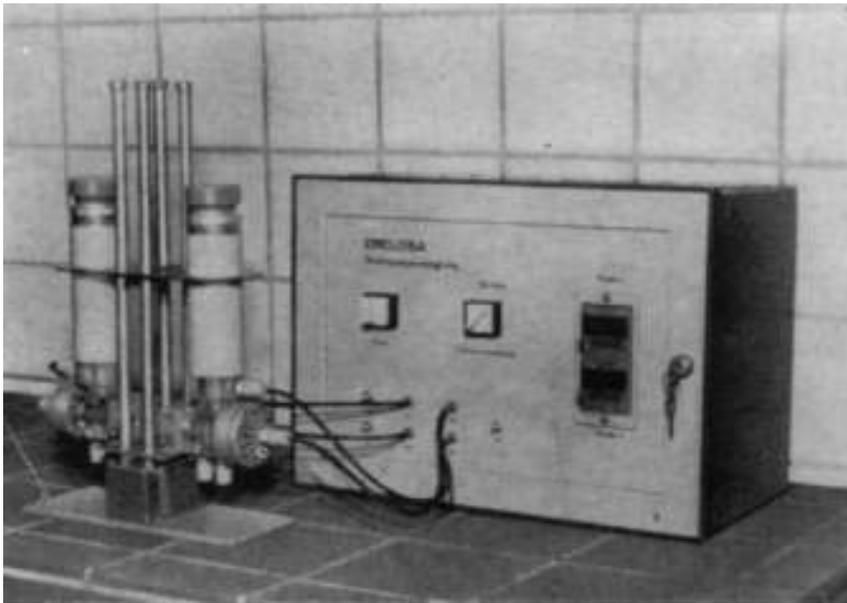
**Abb. A.3:** Volumen-Baustein aus der DRELOBA-Serie



**Abb. A.4:** a) ODER-Element, b) Doppelmembranrelais

u. a. die Explosionssicherheit, die Strahlungs- und Vibrationsunempfindlichkeit angepriesen. Es soll hier noch erwähnt werden, daß zwischen Elektronik und Pneumatik bzw. Fluidik nie ein Wettkampf im Sinne einer Ausschließung stattgefunden hat. Auch vor Jahrzehnten waren schon Hybrid-Konstruktionen üblich. Ein Zeuge dafür ist der pneumatisch-elektrische Wandler, welcher pneumatische Binärsignale in elektrische umsetzt.

Doch wie ist der heutige Stand dieser „pneumatischen Computer“? Wir können erkennen, daß besonders auf medizinischem Gebiet Geräte dieser Art in einer Weise Einzug halten, die vor einigen Jahren schwer vorstellbar war. Es existieren in der *Biomedizin* Dosiereinrichtungen, die auf mikroskopische Größe geschrumpft sind. Die Bauteilgröße liegt bei den bioMEMS-Techniken (MEMS: mikroelektromechanische Systeme) im Mikrometerbereich. Nach Angaben der Forschungslabors stehen sie bereits kurz vor der praktischen Anwendung. Als



**Abb. A.5:** *Pneumatische Dosier- und Mischeinrichtung für Flüssigkeiten und Gase, bestehend aus einer Dosierpumpensteuerung (DRELOBA) und Einbau-Dosierpumpen*

ein weiteres Beispiel sei die Früherkennung pathologischer Zustände des Hirndrucks erwähnt. Das in der Erprobung befindliche Regelsystem soll bei dem sogenannten Wasserkopf zukünftig als Implantat den Hirndruck dauerhaft stabilisieren. Diese beiden Beispiele vermitteln einen Eindruck von der Kraft des zu erwartenden Innovationsschubes. Wie zur Zeit der ersten Computer stehen wir am Beginn einer Entwicklung, deren Folgen wohl auch erst in Jahren oder gar Jahrzehnten im Rückblick zu erkennen und zu erklären sind. Vielleicht darf man es so formulieren: Die Menschheit ist dabei, im Mikrokosmos vom Zuschauer zum Akteur zu werden.

Abschließend möchte ich Herrn Dipl.-Ing. ANDREAS KOCH vom Spezialmuseum zur Automatisierungstechnik der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig für seine fachlichen Hinweise meinen Dank aussprechen.