

Erinnerungen an den britischen Computer-Pionier Alan Turing

EIN UNBEKANNTER, UNSTERBLICHER

Die Grundlagen zu der Maschine, die man später Computer nennen wird

VON ANDRÉ SCHWARZ

Geheimes Forschungszentrum Bletchley Park 1941, Alan Turing und Winston Churchill im Gespräch:

Turing: „Der künstliche Mensch ist wahrscheinlich einer unserer ältesten Träume; warum hätte Platon sonst von Androiden gesprochen. Die Weltmaschine, über die ich jetzt nur einige theoretische Ideen entwickeln konnte, wird mit Sicherheit eines Tages fähig sein, Gefühle zu entwickeln und wahrscheinlich auch das haben, was wir Seele nennen.“

Churchill: „Wie werden Sie diese Weltmaschine nennen?“

Turing: „Sie hat noch keinen Namen, Herr Premierminister. Auf Lateinisch heißt rechnen *computare*, also vielleicht „Computer“? Vielleicht könnte man sie „Computer“ nennen.“¹

Die Geburt des Computerzeitalters

Die Grundlagen zu der Maschine, die man später Computer nennen wird, veröffentlicht der Mathematiker Alan Turing im Jahre 1937 in den Proceedings of the London Mathematical Society in seinem Artikel *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*. Er knüpft dabei an das 1931 von Kurt Gödel veröffentlichte Theorem, in dem dieser zeigte, dass es in der Mathematik Aussagen gibt, die wahr sind, aber nie bewiesen werden können: die sogenannten *unentscheidbaren Sätze*.²

In seiner Arbeit kann Turing zeigen, dass Computer niemals so intelligent wie die Menschen sein können, da das Wissen von Computern auf einer endlichen Anzahl von Axiomen begrenzt ist, im Gegensatz zu Menschen, die unerwartete Wahrheiten aufdecken können. Er vernichtet dabei eine weitere vom britischen Mathematiker David Hilbert Anfang des 20. Jahrhunderts aufgestellte Annahme: die Idee von der Berechenbarkeit. Interessanterweise ist Gödel selbst bis zur Lektüre von Turings Artikel skeptisch gewesen, was die Möglichkeit einer formal korrekten Beschreibung der Berechenbarkeit anbelangt.

Im Gegensatz zum Mathematiker Alonzo Church, der auch auf dem Gebiet der Berechenbarkeit forschte, erfasst Turing die *technische Verbindung* zwischen Hilberts Problem und der Idee der Berechenbarkeit und geht daher das Problem viel direkter und konkreter an. Turing erfindet nicht bloß nur eine Theorie, sondern gleich eine (oder genauer: die) Maschine dazu, die universelle Rechenmaschine. Diese stellt das erste abstrakte Modell für eine *digitale* Rechenmaschine dar (sozusagen das Papiermodell des heutigen Computers), indem er die Tätigkeiten des



Alan Turing, ein Vollblutwissenschaftler, der die Grundlagen der formalen Logik ebenso gut beherrschte wie die Elektronik und die Thermodynamik irreversibler Systeme.

Menschen beim Rechnen sowie die dabei benötigten Hilfsmittel analysiert und auf elementare Komponenten reduziert. Sie erhält als Eingaben Zeichen und Ziffern, manipuliert diese auf Basis sequentieller Verarbeitungsschritte und gibt sie wieder als Zeichen und Ziffern aus.

Die Mächtigkeit dieser Turing-Maschine ergibt sich aus ihrer Programmierbarkeit, durch die sie alles berechnen kann, was überhaupt berechenbar ist, ohne für neue Aufgaben noch einmal in ihre innere Struktur (Hardware) eingreifen zu müssen. Jedes Programm ist eine Beschreibung einer speziellen Maschine, und die Universalmaschine ist in der Lage, diese Beschreibung (Software) zu lesen und sich wie diese Maschine zu verhalten. Turing selbst charakterisiert sie so: „Die Bedeutung der universellen Maschine ist klar. Wir brauchen nicht unzählige unterschiedliche Maschinen für unterschiedliche Aufgaben. Eine einzige wird genügen. Das technische Problem der Herstellung verschiedener Maschinen für verschiedene Zwecke ist ersetzt durch die Schreibearbeit, die Universalmaschine für diese Aufgabe zu programmieren.“

Turings Artikel markiert nicht nur den Abschluss einer bedeutenden mathematischen Periode, sondern gleichzeitig den Beginn einer neuen Ära: des Computerzeitalters. Seit der realen Umsetzung dieses Prinzips – erstmals durch die Von-Neumann-Architektur – steht die Universalmaschine auch in der Praxis zur Verfügung. Ein üblicher Computer kann im Prinzip nicht mehr als eine Turing-Maschine – nur eben viel, viel schneller.

Bletchley Park

Turing verbringt die Jahre 1938 und 1939 die meiste Zeit an der Princeton University (USA), wo er seinen Dokortitel erwirbt. Während dieser Zeit ist auch einige Male bei der Government Code and Cypher School (GC&CS) in Bletchley Park zu Besuch. Hier zeigt man

ihm die Bemühungen, die Arbeiten des polnischen Geheimdienstes, Funksprüche der Deutschen Marine, die mit einer Enigma-Maschine verschlüsselt sind, zu dechiffrieren, weiterzuführen. Im September 1939 wird er von der GC&CS als Berater verpflichtet und beginnt über innovative Ansätze, die Enigma zu knacken, zu arbeiten.

Ab 1940 knacken in den *Hütten* in Bletchley Park Turings sogenannte Bomben die deutschen Enigmas, so dass zeitweise fast der gesamte Funkverkehr der Wehrmacht in Echtzeitbetrieb entziffert werden kann; die elektronischen Kolosse von Turing-Schülern und -Nachfolgern entschlüsseln ab 1943 auch den Siemens-Geheimschreiber, die Kriegstelegrafie höchster strategischer Ebenen. Aber was sie entschlüsseln, ist ein Funkverkehr, den schon auf Seiten des Feindes Maschinen verschlüsselt haben. Den Weltkrieg zwischen Wehrmachtnachrichtenverbindungen und dem Secret Service führen Automaten. Die Automatisierung der Mathematik selber entscheidet einen Krieg, der ohne Rechenmaschinen sehr viel länger hätte dauern können und womöglich bestenfalls unentschieden ausgegangen wäre.

1944, als der Krieg Nachrichtentechnisch und geheimdienstlich entschieden ist, taucht ein überflüssig gewordener Turing in sein dunkelstes Jahr. Kurz zuvor noch an prominenter Stelle zur Geheimdienstkoordination in den USA, im Sommer 44 ein letztes Mal auf Dienstreise durch Deutschlands besetzte Kryptologiezentren, dann tauscht das Empire ihn und seine Mitarbeiter gegen Verwaltungsbeamte ein. Der streng geheime UK/USA-Pakt zwischen Großbritannien und den USA transferiert (wohl nicht ohne Turings Mitwirken) das Maschinenwissen von Bletchley Park nach Washington, um dort schließlich in der National Security Agency mit ihren Spionagecomputern und Spionagesatelliten zu münden.

Erst Anfang der 70er-Jahre wird diese Geschichte bekannt gemacht. Seine Arbeit in Bletchley Park stellt eine der

geheimnisumwitterten Perioden seines Lebens dar, eine Periode, die nicht einmal seine engsten Freunde kennen dürfen. Die erfolgreichen Versuche Turings, die Enigma-Verschlüsselungen zu knacken und somit die Angriffsziele der Deutschen im Voraus zu kennen, retteten Tausenden von Menschen das Leben und wirkten kriegsentscheidend. Turings Beweis von 1937, der Absicht nach nur die Lösung eines mathematisch abstrakten Entscheidungsproblems, löste zugleich das „Entscheidungsproblem der Welt“.

Die schwierigen Nachkriegsjahre

Und während Amerikas Nachkriegsstrategen, allen voran John von Neumann auf seinem Marsch zur Atombombe, Computer nach Computer spezifizieren und erhalten, hat Turing Mühe, seine Projekte zunächst beim Staat und später bei der erwachenden Industrie überhaupt durchzubringen. Die ACE (Automatic Computing Engine) bleibt Fragment, den Manchester University Computer verlässt Turing noch im Entwicklungsstadium. Eine Rechnerarchitektur, die womöglich besser als die amerikanische geworden wäre, bleibt ungebaut.

Seine Ernennung 1951 als Fellowship der Royal Society wird zu einem positiven Wendepunkt in seinem Leben, er ist jetzt gewillt, in der rasch fortschreitenden Entwicklung der Wissenschaft der 50er-Jahre seinen Platz einzunehmen. Seine Ambition ist es, eine mathematische Erklärung des biologischen Wachstums zu geben. Er verwendet dazu nicht-lineare partielle Differentialgleichungen, mit deren Hilfe er Simulationen auf dem Manchester Computer laufen lässt. Sein verstärktes Interesse gilt auch den Fibonacci-Reihen, die er zur Entzifferung der Anordnung von Blütenblättern anwenden möchte. Seine morphogenetische Theorie, Ende 1951 veröffentlicht, spielt für die mathematische Biologie eine eben so wichtige Rolle wie seine Publikation von 1937 für die Logik.

Können Maschinen denken?

Alan Turing veröffentlicht eine Reihe von Artikeln, wobei sein grundlegender Aufsatz „*Computing Machinery and Intelligence*“ (1950) die Entwicklung der künstlichen Intelligenz maßgeblich beeinflusst. Der Artikel beschreibt einen empirischen Test, bei dem der Beobachter mit einem Gegenüber indirekt über Tastatur und Bildschirm kommuniziert. Der Tester darf dabei jede beliebige Frage stellen. Kann er nach einer gewissen Zeit nicht feststellen, ob der Kommunikationspartner ein Mensch oder ein Computer ist, müsse man der Maschine, die der Tester als Mitmensch akzeptiert, In-

telligenz zuerkennen. Dieser *Turing-Test* gilt bis heute als Maßstab für die von Maschinen erreichte Intelligenz. Die Grundannahme, intelligent ist, was sich intelligent *verhält* bzw. einem Beobachter intelligent *erscheint*, ist seitdem immer wieder intensiv diskutiert worden.

Ein tragisches Ende

Alan Turing war ein äußerst unkonventioneller und unbequemer Mensch, ein Ikono-klast, der Dummheit und Inkompetenz mit ähnlich zynischen Bemerkungen geißelte wie willkürliche althergebrachte Moralbegriffe. In England wird einem vieles verziehen, aber letzteres wird ihm zum Verhängnis. Aus seinem Anderssein macht er keinen Hehl und gibt (nach dem Krieg) seine Homosexualität offen zu. Er hat das Pech, im England der 50er-Jahre zu leben, wo Homoerotik noch mit Gefängnis bestraft wird.

Kein Wunder, dass Turing quasi zur Unperson wird, dass man seinen Namen heute gebraucht, ohne zu wissen, wer er war und wie er lebte. Auch Churchill, der ihn und seine Leistung sehr gut kannte, verschweigt den Namen Turing in seinen Memoiren und bucht Erfolge zu Gunsten mysteriöser Spione und Verräter, die es in jenen Fällen gar nicht gab.

1952 wird er wegen seiner Homosexualität von einem Gericht vor die Wahl gestellt, eine Gefängnisstrafe abzusitzen oder sich einer Zwangsbehandlung mit weiblichen Hormonen zu unterziehen. Diese Zwangsbehandlung hat allerdings starke Depressionen für ihn zur Folge. An einem 7. Juni, heute vor 53 Jahren, nimmt sich der 42-jährige Alan Turing das Leben. 1951, drei Jahre vor seinem Tod, meint er: „*Ab einem bestimmten Zeitpunkt sollten wir davon ausgehen, dass die Maschinen die Macht übernehmen*“. Wäre dies damals schon der Fall gewesen und hätten diese Weltmaschinen Gefühle und eine Seele, hätte eine „Gerichts-Weltmaschine“ kaum eine solche Verurteilung getroffen. Denn alle Computer, ob Von-Neumann-Maschinen oder nicht, bleiben Turing-Maschinen!

¹ Fiktive Unterhaltung aus: Göranson, Bo; Karlqvist: *Jenseits aller Gewissheit*, Haymon 1995

² Als David Hilberts Traum wie eine Seifenblase zerplatze, Warte vom 4. Mai 2006

Bibliografie: Guerrero, Gianbruno: Kurt Gödel, Spektrum der Wissenschaft, Biografie 1/02; Hochhuth, Rolf: Alan Turing, Rowohlt 1998; Hopcroft, John E.: Turing Maschinen, Spektrum der Wissenschaft Moderne Mathematik 1996; Pia, Claus (Hrsg.): *Zukünfte des Computers*, diaphanes 2005; Teuscher, Christoph (Hrsg.): Alan Turing: *Life and Legacy of a Great Thinker*, Springer 2004; Alan Turing: *Intelligence Service*, hrsg von Dotzler, Bernhard u. Kittler, Friedrich bei Brinkman & Bose.



Die Enigma der deutschen Marine zu knacken, bereitete Turing am meisten Mühe, sie besaß zusätzliche Chiffriermöglichkeiten.

John von Neumann

„INNOVATE OR DIE“

Zum 50. Todestag eines der genialsten und vielseitigsten Mathematiker des 20. Jahrhunderts

VON ANDRÉ SCHWARZ

„If people do not believe that mathematics is simple, it is only because they do not realize how complicated life is.“ Mit diesen Worten wird John von Neumann oft zitiert. Diese Sichtweise der Mathematik bestimmt auch sein ganzes Leben und zwar von Kindesbeinen an. Schon als Sechsjähriger kann er bereits mit schwindelerregender Geschwindigkeit achtstellige Stellen im Kopf dividieren, als Siebzehnjähriger veröffentlicht er seinen ersten mathematischen Artikel.

Sein Hochschullehrer George Pólya gesteht später, dass Neumann sein einziger Student war, vor dem er selbst „Angst“ gehabt hätte; es sei kaum eine Vorlesung vergangen, in der er als Dozent ein Problem formuliert habe, für das sein „Student“ nicht am Ende der Vorlesung eine Lösung präsentieren konnte. Diese besondere Fähigkeit führt dazu, dass er im Jahre 1926 als 23-Jähriger der bis dahin jüngste Privatdozent an der Berliner Universität wird.

Seine Fähigkeiten, komplexe Sachverhalte schnell in einfache Fragestellungen zu zergliedern und oft aus dem Stand einer Lösung zuzuführen, machten John von Neumann zum Vater vieler Innovationen, die unsere heutige Welt dauerhaft markierten und so mit seinem Namen verbunden bleiben.

Quantenmechanik

1926 beschäftigt er sich (als Mathematiker) mit den widersprüchlich erscheinenden Theorien zur Quantenmechanik der beiden Atomphysiker Werner Heisenberg (Matrizen) und Erwin Schröder (Wellenfunktion). Mit der von ihm entwickelten Theorie linearer Operatoren kann er die Äquivalenz der beiden grundlegenden Theorien beweisen, aber auch der Funktionenanalyse wichtige neue Impulse geben. Sein Buch „Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik“ ist das erste dieser

Art und genießt in der Fachwelt bald einen einzigartigen Ruf. Es soll allerdings nicht verheimlicht werden, dass manche Physiker dieses „Einschließen“ in ihre Welt, trotz seines Erfolgs nicht besonders schätzten.

Spieltheorie

Ein Aufsatz des Mathematikers Borel über Minimax-Eigenschaften im Jahre 1928 erregt sein Interesse. Es geht dabei um die Strategie, den maximalen Verlust der beteiligten Spieler in einem so genannten Nullsummenspiel (d. h. die Summe von Gewinn und Verlust aller Spieler ist gleich Null) minimal zu halten. Er beweist das grundlegende Minimax-Theorem und zusammen mit Oskar Morgenstern schreibt er 1944 das Standardwerk der Ökonomie „Theory of Games and Economic Behaviour“, das u. a. aufzeigt, dass sich auch Tarifverhandlungen, strategische Unternehmensentscheidungen und zwischenstaatliche Konflikte mithilfe mathematischer Modelle beschreiben lassen.

Computer-Architektur

So wie viele seiner Kollegen, darunter Albert Einstein und Herman Weyl, emigriert von Neumann, der einer jüdisch-ungarischen Bankiersfamilie entstammt, nach der Machtgreifung Hitlers 1933 aus Deutschland in die USA. In den folgenden Jahren entwickelt er in Princeton, wo er eine Professur für Mathematik am Institute for Advanced Study wahrnimmt, zusammen mit Murray seine Theorie der Algebra von Operatoren in Hilberträumen weiter.

Ein einschneidendes Ereignis in dieser Zeit ist 1936 die Ankunft Alan Turings, der mit seiner richtungweisenden Arbeit „On computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem“ in der Fachwelt erhebliches Aufsehen erregt hat. In Princeton verfasst Turing seine Dissertation über Hypercomputation, Orakel-Maschinen und berechenbare Funktionen. Es ist da-

von auszugehen, dass die darin beschriebenen Turing-Maschinen von Neumann inspirieren sich intensiver mit der Theorie von Rechenautomaten zu beschäftigen.

In seiner berühmten Schrift „First Draft on a Report of the EDVAC“ fasst er die Erkenntnisse seiner Kollegen zusammen, erweitert und verbessert das Konzept zu seinem „Electronic Discrete Variable Automatic Computer“. Vor allem erkennt er, dass man Ablaufvorschriften (Programme) nicht fest verdrahten, sondern flexibel abspeichern soll. Das Programm selber kann somit im laufenden Rechenvorgang verändert werden und durch bedingte Sprungbefehle von der festgelegten Reihenfolge der gespeicherten Anweisungen abgewichen werden. Es definiert in loser Analogie zum menschlichen Hirn eine Rechnerarchitektur aus Steuereinheit und arithmetischer Einheit sowie eine Speichereinheit.

Ende der 30er- und Anfang der 40er-Jahre beschäftigen sich viele Wissenschaftler mit der Entwicklung von elektronischen Rechnern: Konrad Zuse im feindlichen Deutschland, Alan Turing unter allerhöchster Geheimhaltung in England (Bletchley Park), von Neumann, Eckert, Mauchly u. a. in den USA. Wer nun „der“ Erfinder des ersten programmierbaren Computers ist, beschäftigt vor allem aus Patentüberlegungen noch bis die 70er-Jahre die Gerichte. Die Verdienste von Neumann's beruhen wesentlich auf der Mathematisierung und Verwissenschaftlichung der Rechenmaschinen.

Manhattan-Projekt

John von Neumann arbeitet ab 1943, wie viele andere exilierte Wissenschaftler auch, am Entwurf der ersten Atombombe in Los Alamos mit. Er ist schon in den Jahren zuvor bei Army und Navy ein gefragter Berater in Ballistikfragen aller Art gewesen, wie in der Bekämpfung deutscher Magnetminen, in der Optimierung von englischen Luftminen über Deutschland, usw. Die Theorie der Schockwellen wird zu seinem Hauptarbeitsgebiet und er verwendet diese bei der Entwicklung für den Implosionsmechanismus der Plutoniumbombe.

Während Leo Silzard und Robert Oppenheimer sich vehement gegen den tatsächlichen Abwurf der ersten Atombombe und gegen die Entwicklung der Wasserstoffbombe einsetzen, hat von Neumann indes keine Probleme, 1945 als Mitglied des „Target committee“ die Ziele in Japan auszusuchen und die Zielnavigation auf japanische Städte durchzurechnen, wie auch am Rechner ENIAC Simulationen für die Wasserstoffbombe durchzuführen. Als Regierungsberater ist er auch politisch einflussreich, geht dabei aber völlig



Die Verdienste von Neumanns beruhen wesentlich auf der Mathematisierung und Verwissenschaftlichung der Rechenmaschinen.

objektiv vor, wie folgende Episode zeigt. Nach dem Krieg glaubt er fest an die Abschreckung und will die Russen lieber heute als morgen bombardieren. „If you say why not bomb them tomorrow, I say why not today? If you say today at five o'clock, I say why not at one o'clock?“

John von Neumann verstehen

Während sein Genie eindeutig eine persönliche Besonderheit von Neumanns ist, wurzelt die Art und Weise seiner mentalen Entwicklung in seiner Jugend im Budapest des frühen 20. Jahrhunderts. Es sind die sozialen, politischen und wirtschaftlichen Bedingungen dieser Gesellschaft die John von Neumann prägen. Er gab selbst folgende Erklärung über dieses „ungarische“ Phänomen ab: „It was a coincidence of some cultural factors which I could not make precise: an external pressure on the whole society of this part of Central Europe, a subconscious feeling of extreme insecurity in individuals, and the necessity of producing the unusual or facing extinction.“ Diese Aussage macht verständlich, warum er wie auch andere seiner in die USA emigrierten Landsleute wie etwa Edward Teller keine Berührungängste mit den alles vernichtenden Nuklearwaffen aufwies.

In Princeton galt John von Neumann privat als ein lebenslustiger und geselliger Mensch, sodass sein Haus rasch Mittelpunkt der akademischen Kreise auf den legendären Princeton-Parties wird. Er veranstaltet rauschende Feste, trinkt gerne mal einen mehr, zerschrottet laufend Autos,

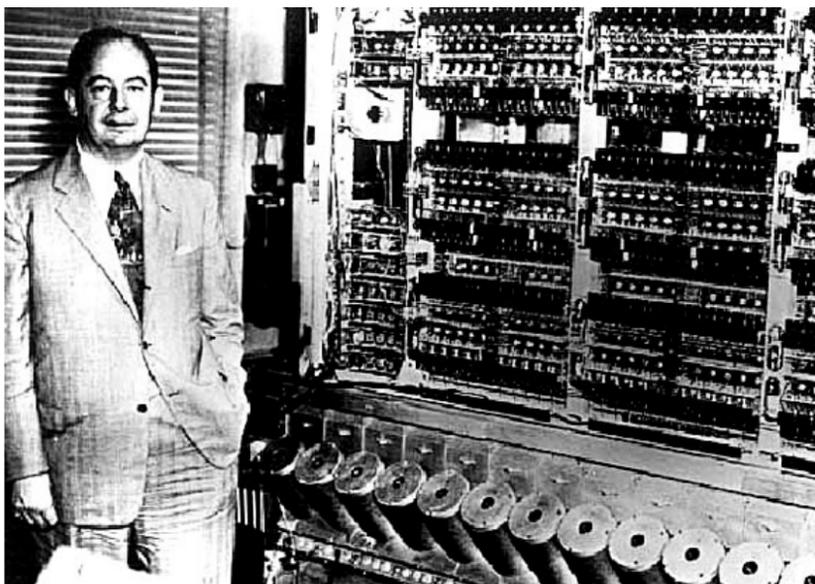
macht unendlich viele Witze, ein lockerer Lebenswandel den er mit anderen Los-Alamos-Helden wie dem späteren Nobelpreis-Träger Richard Feynman teilt. Dieser erinnert sich, dass bei ihren sonntäglichen Spaziergängen von Neumann eine ihm höchst interessante Idee vermittelte: dass man für die Welt, in der man lebt, nicht verantwortlich zu sein braucht. Von Neumann stirbt 1957 nach einem qualvollen Krebsleiden, das möglicherweise durch seine Teilnahme an Nukleartests verursacht wurde.

Nachwirkungen

Während die typischen Von-Neumann-Prozessoren in der Computerwelt allmählich von neuen Architekturen abgelöst werden, bleiben in der Welt der Mathematik seine Arbeiten aus den 30er-Jahren über die Theorie der Algebra von Operatoren in Hilberträumen (Neumann-Algebren) weiterhin aktuelles Forschungsgebiet, da sie – wie Neumann vorhersah – auch Anwendungen in der Physik haben. Stanley Kubrick setzte von Neumanns Wirken als engagierter Regierungsberater, der weithin als Prototyp eines mathematisch-technischen Genies gilt, in dem Film „Dr. Seltsam oder: Wie ich lernte, die Bombe zu lieben“ ein künstliches Denkmal und gab so einem genialen Wissenschaftler eine zusätzliche Dimension, die einer wichtigen historischen Figur.

Bibliografie: Strick, Heinz: J. v. Neumann, spektrum-online 02/2007; www.heise.de; Heims, Steve J.: J. v. Neumann and N. Wiener, MIT Press 1981; Feynman, Richard: Sie belieben wohl zu scherzen, Mr. Feynman, Piper 2004.

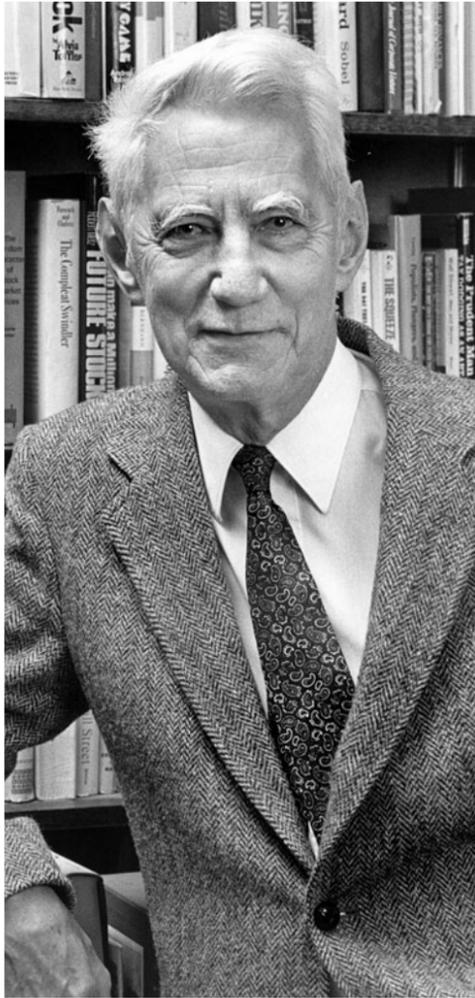
Während die typischen Von-Neumann-Prozessoren in der Computerwelt von neuen Architekturen abgelöst wurden, bleiben in der Welt der Mathematik seine Arbeiten aus den 30er-Jahren über die Theorie der Algebra von Operatoren in Hilberträumen weiterhin aktuelles Forschungsgebiet.



Vor 60 Jahren begann das Informationszeitalter

INFORMATION – EIN MERKWÜRDIGER STOFF

Claude Shannon und seine Kommunikationstheorie



Claude Shannon (1916-2001) lieferte bedeutende Beiträge zum digitalen Zeitalter und gehört damit zu den einflussreichsten Wissenschaftlern des 20. Jahrhunderts.

VON ANDRÉ SCHWARZ

Telefon und Radio waren längst im Gebrauch, als Wissenschaftler begannen, sich Gedanken darüber zu machen, was da eigentlich von diesen Systemen transportiert wird: „Information“. Sie war so selbstverständlich, dass man sich bis dahin um ihre Eigenschaften und Besonderheiten weit weniger Gedanken gemacht hatte als um andere Größen, wie beispielsweise Masse und Energie.

Information wurde zu einem Forschungsgegenstand. Claude Shannon, der Information in eine formale Theorie fassen wollte, begriff, dass er eine präzise Definition der Information liefern musste, etwas, was einem physikalischen Parameter entsprach, der quantifiziert werden konnte. Im Jahr 1948, also vor 60 Jahren, präsentierte der 32-jährige seine *Mathematical Theory of Communication* und half damit, die Grundlagen zu schaffen für die Welt, in der wir heute leben. Diese Grundlagen betrachtet man heute als so selbstverständlich, dass die Frage erlaubt ist, warum niemand wesentlich früher diese Überlegungen formulierte.

Die Zeit vor Shannon

Für die Ingenieure gab es bis dahin zwei getrennte Welten: die der Übermittlung von Telefongesprächen und die von Radio- und Fernsehsignalen. Über eine Telefonleitung Fernsehbilder zu übertragen, war demnach für sie nicht denkbar. Der Grund lag aber nicht so sehr im

Umstand, dass die Technik damals noch nicht so weit fortgeschritten war. Ingenieure behandelten die beiden Domänen ganz einfach getrennt; sie hatten nicht erfasst, was diesen gemeinsam war: „Information“!

Der Weg zur Theorie

Shannons Studien in Mathematik wie auch in Elektrotechnik erlaubten ihm, die Welt der Wissenschaft in einer besonderen Weise zu betrachten. Bei seinen Arbeiten 1936 am M.I.T. realisierte er, dass man elektrische Schaltkreise dazu verwenden konnte, um logische Operationen auszuführen. Dies war die Geburtsstunde der digitalen Logik, die Verbindung von Boole'scher Algebra und Maschinen. Maschinen hatten nun die Fähigkeit, Entscheidungen zu treffen. Nach H. H. Goldstine war „seine Arbeit ... ein Meilenstein, bei dem der Schaltungsentwurf von einer Kunst zu einer Wissenschaft wurde.“

Hier zeigte sich bereits deutlich Shannons besondere Fähigkeit, mathematische Strukturen in jedes Gebiet, mit dem er sich beschäftigte, hineinzubringen. Shannon war eigentlich nie der Erste gewesen, der versuchte, in den verschiedenen Bereichen entsprechende Theorien zu formulieren. Es waren soziale und ökonomische Faktoren, entstanden durch weltweite Umbrüche, die bewirkten, dass man in der Technik Neues erwartete, ein Umstand, der es ihm erlaubte, bedeutende Beiträge zum digitalen Zeitalter zu liefern. Er hatte einfach den richtigen Zeitpunkt erwischt.

Nach einem kurzen Abstecher in die Genetik gehörte er ab 1940 zu jenen Wissenschaftlern, die vom amerikanischen Verteidigungsministerium aufgefördert wurden, einen Beitrag zur Landesverteidigung zu leisten. Shannon beschrieb seine Arbeit so: „Die Bell Labs arbeiteten an Verschlüsselungssystemen. Ich forschte über Kommunikationssysteme und wurde zusätzlich einem Komitee zugeteilt, das kryptanalytische Techniken untersuchen sollte. Die Arbeit an beiden, der mathematischen Theorie der Kommunikationssysteme und der Kryptografie,

schrift ab 1941 zügig voran. Ich arbeitete gleichzeitig an beiden und hatte oft zu der einen Ideen, wenn ich an der anderen arbeitete – die beiden waren so eng verflochten, dass man sie nicht trennen konnte.“ Shannon hatte 1944 bereits das Wesentliche an seiner Theorie über Kommunikation erledigt, sie wurde aber nach einigen Verfeinerungen erst 1948 veröffentlicht.

Shannons Theorie

In der Alltagssprache stellt man sich unter einer Information etwas vor, was Bedeutung hat. Information im Sinne von Wissen ist zumeist Aussagewissen und hat daher eine semantische Bedeutung sowie einen Wahrheitswert. Dies trifft aber nicht auf den Informationsbegriff zu, so wie Shannon ihn verwendete. Bereits in den 20er-Jahren gab es in den Bell Labs erste Konzepte, Information unabhängig von ihrem semantischen Inhalt zu verstehen. Hier sind besonders die Arbeiten von H. Nyquist und R. Hartley zu erwähnen, auf die Shannon zurückgriff.

Shannon unterschied ganz klar zwischen der Information und der Semantik der Nachricht: „Der semantische Aspekt der Kommunikation ist irrelevant für den Ingenieur. Der wichtigste Aspekt ist, dass die tatsächliche Nachricht aus einem Satz von möglichen Nachrichten stammt.“ Er stellte fest, dass Information im einfachsten Fall durch den Logarithmus der Anzahl der verfügbaren Auswahl von Symbolen gemessen werden kann. Da der Ausdruck für dieses „Informationsmaß“ H der Formel für Entropie S in der statistischen Mechanik entsprach ($S = k \ln W$) wird H oft als Entropie bezeichnet. Man sollte aber nicht aus den Augen verlieren, dass H ein Maß der Kodierungsdichte von Zeichensequenzen ist, nicht ein Maß ihres Informationsgehaltes im Sinne von Wissen, das Bedeutung hat.

Der Grundstein seiner Kommunikationstheorie bildet sein Modell eines Kommunikationssystems (siehe Abbildung). Shannon zeigte sich hier als Meister der Abstraktion, jedes

Teil des komplexen Systems lässt sich durch einen einfachen Block darstellen, der unabhängig von den anderen Teilen behandelt werden kann.

Mit der Übertragung von Information über einen Kanal beschäftigt sich der zweite Teil seiner Theorie: Was sind die Grenzen der Information, die übertragen werden kann, und welchen Einfluss haben Störungen auf diese Übertragung? Antworten darauf geben seine beiden Theoreme. Das erste Theorem behandelt die Übertragung einer Nachricht über einen störungsfreien Kanal mit der Kanalkapazität C . Die Hauptidee hinter diesem Theorem ist die Menge an Information, die überhaupt möglich zu übertragen ist. Er stellte fest, dass ausgehend von den statistischen Eigenschaften der Nachrichtenquelle, man die Information so kodieren kann, dass es möglich ist, mit der maximal möglichen Rate zu übertragen, die der Kanal zulässt, wobei gilt, dass die Übertragungsrates nur durch das Verhältnis Kanalkapazität C zu Entropie H nach oben hin begrenzt ist. Das war für die Nachrichtentechniker geradezu revolutionär, da sie bis dahin annahmen, dass diese Grenze von solchen Faktoren wie der Frequenz abhänge.

Die Übertragung über einen gestörten Kanal behandelt sein zweites Theorem. Er fand heraus, dass Störungen auf dem Kanal kein Problem darstellen; es gibt stets ein Kodierungsverfahren, das erlaubt, die Nachricht fehlerfrei über den gestörten Kanal zu übertragen, solange gilt: Entropie $H <$ Kanalkapazität C . Auch diese Idee war revolutionär, da bis dahin angenommen wurde, dass ab einem bestimmten Störungspegel es unmöglich sei, das gewünschte Signal zu übertragen.

Shannons Stil

Das Konzept der Abstraktion und Vereinfachung ist der Schlüssel zu Shannons Arbeitsstil. Wenn er das Problem auf dem gewünschten Niveau abstrahiert hatte, wandte er die Mathematik an: Boole'sche Logik bei den Schaltkreisen, Algebra in der Genetik und Wahrscheinlichkeitsrechnung

im Fall der Kommunikationstheorie.

Shannon selbst sagte, dass es ihn nicht kümmere, ob seine Forschung nutzbringend sei oder nicht. „Ich bin sehr selten an Anwendungen interessiert. Mich interessiert mehr die Eleganz des Problems. Ist es ein gutes Problem, ein interessantes Problem?“ Er arbeitete ganz einfach an dem, was ihn in jenem Moment interessierte. Seine Arbeiten stehen in einer Reihe mit denen von Norbert Wiener, Warren McCulloch, Walter Pitts, Alan Turing¹ und John von Neuman², Mitglieder einer Bewegung, die während und nach dem Zweiten Weltkrieg mithalfen, die Welt in das Informationszeitalter zu führen.

Nachwirkungen

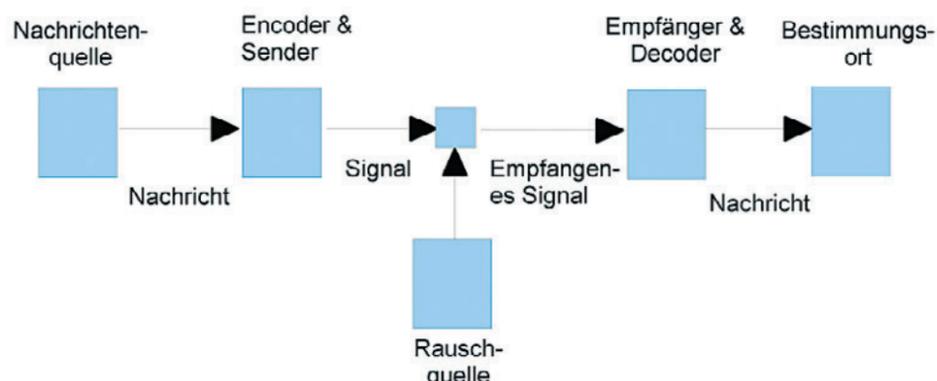
Alle digitalen Übertragungen, inklusive der bunten Webseiten, die wir heute über das Internet betrachten, verdanken ihre Existenz gewissermaßen Claude Shannon, der aufzeigte, dass dies alles möglich sei. So führte die konsequente Anwendung seiner Überlegungen dazu, dass man heute über eine Glasfaser den Inhalt von 90 000 Enzyklopädien innerhalb einer Sekunde übermitteln kann. Inzwischen hat der Informationsbegriff auch in der Physik, in der Biologie und in der Medizin Eingang gefunden. Die nunmehr „berechenbar“ gewordene Information inspirierte allerdings auch Psychologen, Soziologen, sogar Parapsychologen und Sektengurus zu oft recht abenteuerlichen Kommunikationstheorien.

Vielleicht sollte Information neben Materie und Energie (und letztlich mit ihnen austauschbar) als eine Grundeigenschaft des Universums angesehen werden (oder vielleicht ist sie es sogar). In einer solchen Theorie (oder dem Ansatz zu einer Theorie, um genauer zu sein) würde Information ein inneres Maß der Struktur und Ordnung in Teilen des Universums oder in seinem Ganzen sein, das eng mit der Entropie zusammenhängt (und in gewissem Sinne ihr Gegenteil ist). Information existiert unabhängig von unserer Fähigkeit, sie zu entschlüsseln oder zu deuten.

¹ Ein Unbekannter, Unsterblicher, Die Warte vom 7. Juni 2007;

² „Innovate or Die“, Die Warte vom 8. März 2007

Bibliografie: Chiu, Eugene et al.: *Mathematical Theory of Claude Shannon*; Devlin, Keith: *Infos und Infone*, Birkhäuser 1993; Kray, Michael; Mahner, Martin: *Warum Shannons „Informationstheorie“ keine Informationstheorie ist*, Naturwissenschaftliche Rundschau 11/2004; Hering, Norbert: *Vom Denken und von Denkmäschinen*, Hippocampus 2005; Lüke, H.D.: *Signalübertragung*, Springer 1985; Shannon, Claude: *Communication in the Presence of Noise*, Proceedings of the IEEE, February 1998; Von Randow, Thomas: *Information als Teilchen*, Die Zeit 45/1990.



Aufbau eines allgemeinen Kommunikationssystems nach Shannon

Aktuelle Sonderausstellung im Heinz-Nixdorf-MuseumsForum Paderborn (HNF)

Kennen Sie Shannon?

Codes und Clowns – Claude Shannon, Jongleur der Wissenschaft

André Schwarz

„Kennen Sie Shannon?“, fragte Prof. Dr. Joachim Hagenauer seine Zuhörer anlässlich der Eröffnungsveranstaltung der aktuellen Sonderausstellung im HNF. Einstein sei, so Hagenauer, heutzutage mit seiner berühmten Formel $E=mc^2$ Allgemeinwissen. Doch wie sehe es mit Shannon¹ und seiner Formel $C = 1/2 \cdot \log(1 + 2 \cdot E_5/N_0)$ aus? Und dann weiterfragte: „Nun raten Sie mal, wessen Formel die größere Bedeutung für die heutige Welt hat?“

Die größere Bedeutung komme zurzeit ganz eindeutig der Shannonschen Formel zu, so Prof. Hagenauer, ohne die Internet, DVD und MP3-Player nicht möglich seien. Erstaunlich sei vor allem, dass 1948, als Claude Shannon seine Kommunikationstheorie vorlegte, niemand im entferntesten an eine volldigitalisierte Zukunft dachte, so wie wir sie heute erleben. Weiterhin habe Shannon auch ein neues Fachgebiet begründet, auf dem heute etwa 3 000 Wissenschaftler forschen.

Eingangs der Veranstaltung zeigte sich Norbert Ryska, HNF-Geschäftsführer, erfreut, dass Peggy Shannon, die Tochter Claude Shannons aus den USA nach Paderborn zur Eröffnung angereist war. Diese schilderte dann auch, wie sie und ihre Brüder einen Vater erlebten, der sich durch Humor und Originalität auszeichnete. Er sei ein begeisterter Einradfahrer und Jongleur gewesen, was auch auf ihre Familie ansteckend wirkte. In seiner Freizeit habe er an Jonglierrobotern, Gedankenlesemaschinen und Schachcomputern



Claude Shannon war selbst begeisterter Jongleur und baute einen Jonglierroboter in der Figur des Komikers W.C. Fields.

gebastelt, aber auch an Erfindungen, deren Funktion er selbst als *less useful* charakterisierte und die bald alle möglichen Ecken im Hause bevölkerten.

Deborah Douglas, Kuratorin für Wissenschaft und Technologie am MIT Museum in Boston, erinnerte sich an den Moment, von dem jede Kuratorin träumt. Und dies sei bei ihr im Jahre 2006 gewesen, als sich die Familie Claude Shannons am Telefon bei ihr meldete mit der Mitteilung, Shannons Spielzeuge und Erfindungen dem MIT-Museum zur Verfügung zu stellen. „Es ist erstaunlich, wie viel diese Erfindungen über Claude Shannon als Gelehrten und Menschen aussagen“, erkannte sie. „Geistige Wendigkeit, intellektuelle Brillanz und eine gewisse Schrulligkeit sind Qualitäten, die auch das MIT als Institution ausgesprochen schätzt.“

Shannons Theorien seien einem nicht fachkundigen Publikum leider nur schwer zugänglich, so Norbert Ryska. Durch die Konzeption dieser Ausstellung wolle man diesen Zugang schaffen, aber auch den Typus eines Wissenschaftler-Erfinders, wie ihn Shannon beeindruckend verkörperte, vor allem jungen Besuchern zur Nachahmung empfehlen.

¹ Information – Ein merkwürdiger Stoff, Claude Shannon und seine Kommunikationstheorie: in „Die Warte“ vom 20. Oktober 2008.

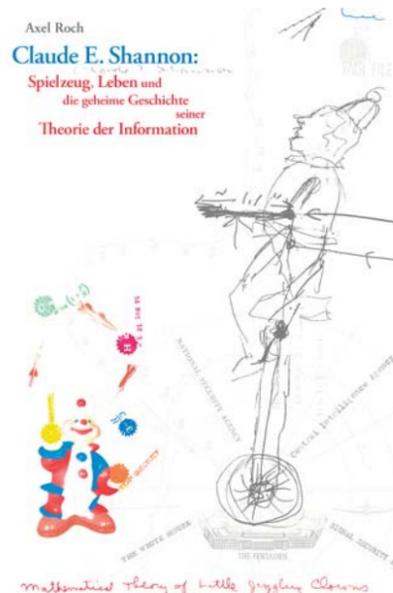
Die Sonderausstellung „Codes und Clowns – Claude Shannon, Jongleur der Wissenschaft“ ist bis zum 28. Februar 2010 im HNF zu besichtigen (www.hnf.de).

Spielzeug, Leben und die geheime Geschichte seiner Theorie der Information

Das Buch zur Sonderausstellung

André Schwarz

Beschäftigt man sich mit Shannons Kommunikationstheorie, so liest man beiläufig, es sei Shannon dabei nur um die Effektivierung der Kommunikation im Allgemeinen gegangen. So als ob Shannon die Ideen Hartleys oder Nyquists lediglich mathematisch fundamental bearbeitet hätte. Die „Schöpfungsgeschichte“, die ihre Ursprünge in den Zeiten des Zweiten Weltkrieges und des Kalten Krieges hatte, musste einem kritischen Beobachter zwangsläufig als etwas zu einfach gestrickt erscheinen. Dass diese Zweifel begründet waren, zeigt Axel Roch in seinem Buch. Er lüftet den Schleier, den das amerikanische Militär bis in die späten 80er-Jahre ausgebreitet hatte. Denn dieses verbot Shannon explizit, den militärischen Kontext und Auftrag seiner Arbeiten zu erwähnen.



Zweiter Weltkrieg und Kalter Krieg machten aus dem mathematischen Genie Shannon einen technisch-militärischen Wissenschaftler, insofern er viele seiner Ideen und Methoden innerhalb konkreter Aufträge der Streitkräfte ausarbeitete.

Claude Shannon hatte sich seit 1940 vollständig einer fundamentalen Aufgabe gewidmet: den mathematischen Aspekten nationaler Verteidigung. Aufgeschreckt durch die deutschen V2-Lenk Waffen, beauftragte das Pentagon Shannon mit der Erforschung der Grundlagen der Sicherheit und Störfestigkeit elektronischer Trajektorien in der Flugabwehr.

Bei seiner „Mathematical Theory of Communication“ ging es Shannon demnach nicht nur um die Frage effektiver Kommunikation, sondern konkret um die theoretischen Grundlagen sicherer und effektiver Steuerung für

elektronische Flugabwehrsysteme. Die Informationstheorie Claude Shannons ist somit nicht anderes als ein Teil des Nike-Systems, ein Abwehrsystem das ab 1953 amerikanische Städte und militärische Einrichtungen vor sowjetischen Bombern schützte.

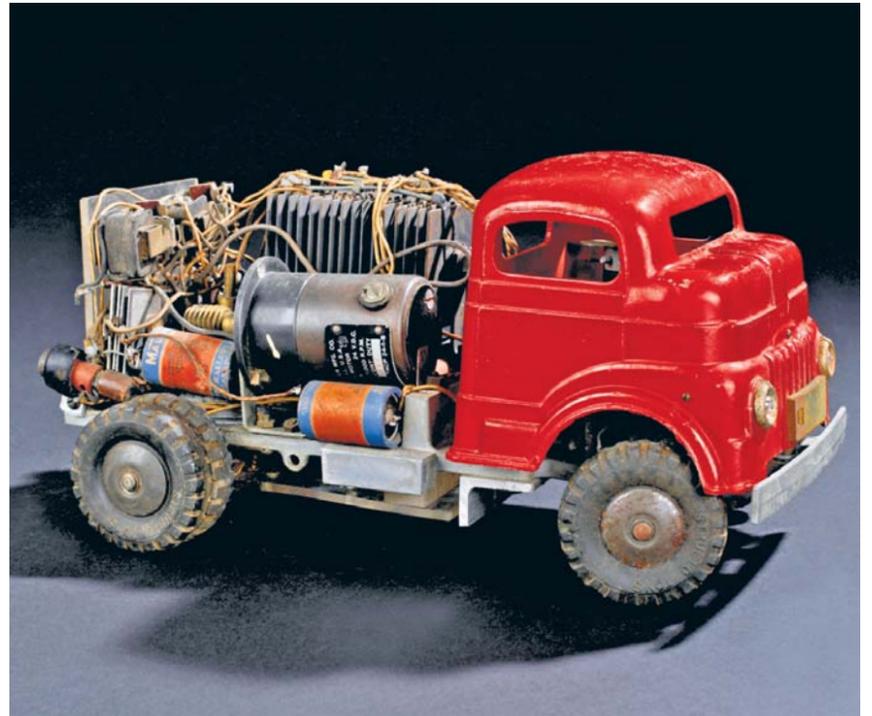
Axel Roch hat nun aus Hunderten von Akten und Notizen in Kleinarbeit die wahre Entstehungsgeschichte der „Mathematical Theory of Communication“ freigelegt. Sein Verdienst ist es in diesem überaus lesenswerten Buch, die schwer zugänglichen Theorien Shannons an Hand ihrer Entstehungsgeschichte auch einem nicht fachkundigen Publikum zugänglich zu machen.

Das Buch ist zu beziehen über die Buchhandlung in Luxemburg oder den HNF-Museumshop.



Ganz ohne kommerzielle oder militärische Anwendungsmöglichkeiten (im Gegensatz zu den ENIAC, UNIVAC, Colusus ...) baute Shannon 1953 als ironische Anspielung seinen digitalen Tischrechner THROBAC (THrifty ROman BAcKward lokking Computer).

In seiner Freizeit entwickelte Shannon einen der ersten fernsteuerbaren Spielzeuglastwagen. (Fotos: © HNF)



Das HNF – Museum und Forum

Das Heinz Nixdorf MuseumsForum (HNF) in Paderborn zeigt in einer multimedialen Zeitreise die Geschichte der Informationstechnik von der Keilschrift bis zu neuesten Entwicklungen der Robotik und Künstlichen Intelligenz. Schreib- und Rechenmaschinen sind ebenso ausgestellt wie Lochkartenanlagen, eine funktionsfähige Telefonvermittlungsanlage der 1950er-Jahre, Bauteile der frühesten, zimmergroßen Computer, über 700 Taschenrechner oder die ersten PCs. Arbeitswelten aus mehreren Jahrhunderten sind in der Ausstellung in Szene gesetzt. Zu den Höhepunkten zählen der funktionstüchtige Nachbau der Leibniz-Rechenmaschine, Komponenten des ENIAC-Rechners von 1945, der Bordrechner der Gemini-Raumkapsel und ein Cray 2-Rechner.

Die Erlebniswelten Robotik und Künstliche Intelligenz, Mobile Kommunikation oder Digitalisierung präsentieren aktuelle Themen der Infor-



mationstechnik. Eine multimediale Inszenierung präsentiert 150 Pioniere der Computergeschichte. Etwa 100 speziell entwickelte, interaktive Multimedia-Anwendungen und Videoinstallationen bringen dem Besucher

die Funktionsweise ausgedellter Objekte nahe. An den Spieleinseln stehen Lern-, Geschicklichkeits- oder Strategiespiele zum Ausprobieren bereit. Das HNF hat ein abwechslungsreiches museumspädagogisches Programm

Blick in die Sonderausstellung. Das Roulettespiel erinnert an den ersten „Wearable Computer“, den Claude Shannon 1955 in Las Vegas verdeckt am Körper trug und der ihm half, den Lauf der Kugel im Kessel vorauszusagen. Angeblich hat er dabei mehr als 10 000 \$ gewonnen.

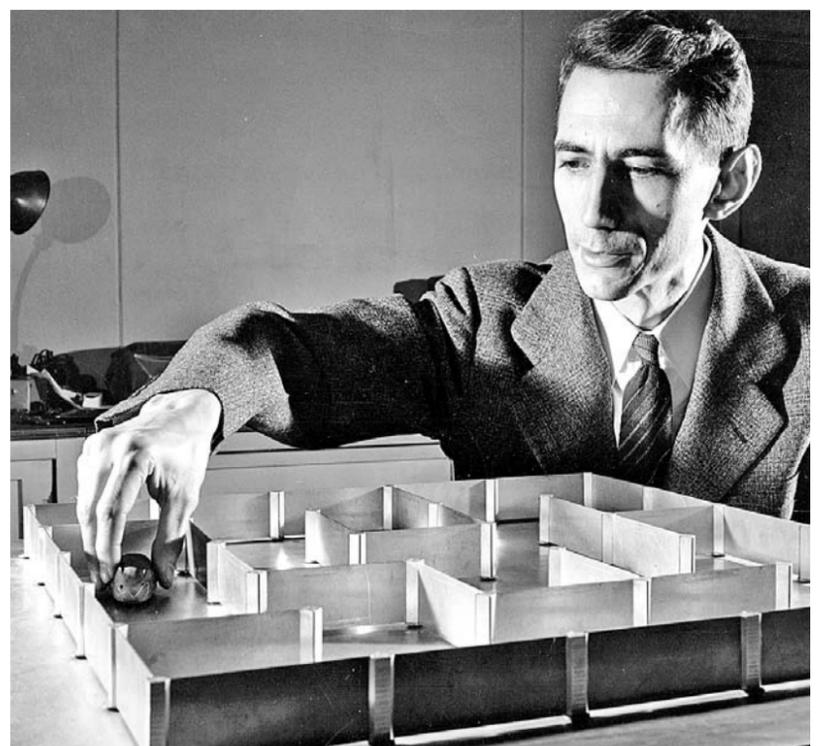
zusammengestellt, um Kindern und Jugendlichen Anregungen zur aktiven Auseinandersetzung mit den Ausstellungsobjekten und ihrer Geschichte zu geben. Für Lehrer und Schüler gibt es zahlreiche Möglichkeiten, Unterrichtsinhalte aufzugreifen.

Heinz Nixdorf MuseumsForum, Fürstenallee 7, D-33102 Paderborn, Telefon 0049-5251/3066-00, (www.hnf.de). Geöffnet dienstags bis freitags 9-18 Uhr, samstags und sonntags 10-18 Uhr. Eintritt: Erwachsene 5 Euro, ermäßigt 3 Euro, Schulklassen haben nach Anmeldung freien Eintritt.



Nachbau von Shannons legendärer „Ultimate Machine“. Nach dem Betätigen des Einschaltknopfes öffnet eine Klappe, eine Hand erscheint und schaltet den Knopf auf Aus und verschwindet wieder im Kasten.

Zusammen mit seiner Frau Betty bastelte Shannon etwa sechs Monate an einer Maus, die Labyrinth löst und die er 1951 auf der Macy-Konferenz für Kybernetik vorführte.



Vor 60 Jahren begann das Zeitalter der Kybernetik

„REVOLUTIONÄRE BEDEUTUNG“

Erinnerungen an Norbert Wiener

VON ANDRÉ SCHWARZ

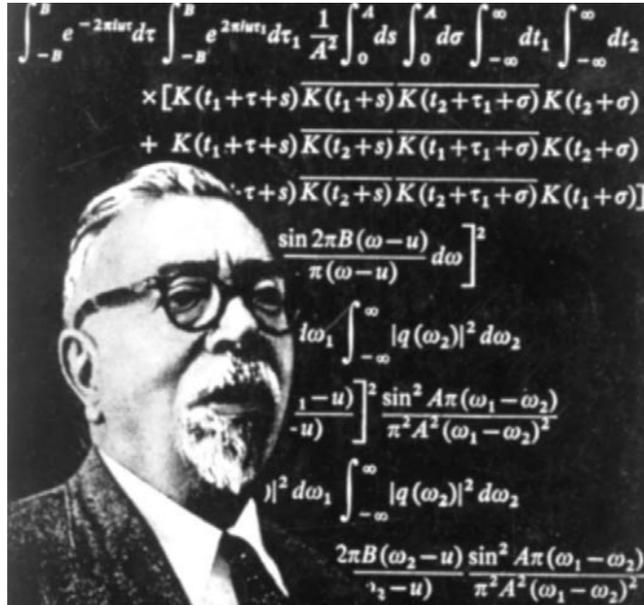
„The tough of every age is reflected in its technique“, so definierte Norbert Wiener den Zeitgeist, einen Zeitgeist, den er eine weltgeschichtliche Sekunde lang entscheidend (mit-)geprägt hat, als er 1948 seine neue Wissenschaft in *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* folgendermaßen vorstellte:

Kybernetik wurde als Begriff geprägt, um einen neuen Wissenschaftsbereich zu definieren. Unter einer einzigen Überschrift vereinigt er die Erforschung dessen, was im Zusammenhang mit dem Menschen manchmal etwas vage als Denken beschrieben wird und auf technischem Gebiet als Steuerung und Kommunikation bekannt ist. Mit anderen Worten unternimmt die Kybernetik den Versuch, gemeinsame Elemente in der Funktionsweise automatischer Maschinen und des menschlichen Nervensystems aufzufinden und eine Theorie zu entwickeln, die den gesamten Bereich von Steuerung und Kommunikation in Maschinen und lebenden Organismen abdeckt.“

Die Kybernetik wurde völlig überraschend bekannt, und zwar wahrscheinlich deshalb, weil ihr Anspruch, dass man damit Maschinen, Denken, Gehirn usw. erfassen kann, natürlich etwas ist, was erregt und was Aufmerksamkeit auf sich zieht. Über viele Jahre hinweg griff die Kybernetik als eine Theorie um sich, der „revolutionäre Bedeutung“ für die Naturwissenschaften ebenso wie für Moralphilosophie, Recht, Politik, Religion und Sozialwissenschaften vorhergesagt wurde. Sie wurde rasch zu einer Modererscheinung, und das hatte zur Konsequenz, dass alle möglichen Leute Kybernetik betreiben wollten. Jedenfalls redet heutzutage vom Politiker zum Talk-Showmaster alle Welt kybernetisch, ohne es zu wissen - vom Feedback und von vernetzten Systemen, von Kreislaufprozessen und Selbstorganisation.

Vom Wunderkind zum Kybernetik-Begründer

„Ich war einmal ein Wunderkind im wahrsten Sinne des Wortes, denn noch ehe ich 12 Jahre alt wurde, kam ich auf ein College, bestand mit 14 Jahren mein Bakkalaureats-Examen und machte noch vor meinen 19. Geburtstag meinen Doktor“, so der 1894 in Columbia geborene Norbert Wiener in seiner Autobiografie. Sein Vater, der nach Studien in Warschau und Berlin 1890 mit nur 50 Cents in der Tasche in New Orleans landet, baut sich in den USA als Landarbeiter, Hausierer und Sprachlehrer eine neue Existenz auf. Als er Bertha Kahn



Im Rückblick mutet es erstaunlich an, mit welchen Hoffnungen die Welt einst auf Norbert Wieners „*Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*“ startete - und erstaunlicher noch: Diese Hoffnungen wurden keineswegs enttäuscht.

1893 heiratet, ist er bereits Professor für neue Sprachen an der Universität in Columbia.

Schon früh unternimmt Norbert Wiener mit seinen Eltern ausgiebige Reisen durch Europa, wobei er einer Reihe interessanter Leute begegnet. „Für mich war dieser frühe Aufenthalt in Europa vielleicht die denkbar beste Schule, denn ein Wissenschaftler muss Weltbürger sein“, so Norbert Wiener, der sich auch an ein Schlüsselereignis als Siebenjähriger erinnert: „Damals las ich einen wissenschaftlichen Aufsatz (...). Er behandelte die Bewegung eines Nervenimpulses, der an einer Nervenfasern entlangwandert, als sprunghaft aufeinanderfolgender Vorgang und nicht als kontinuierliche elektrische Erscheinung. Der Aufsatz rief in mir den Wunsch nach Automaten zu bauen, die gleichsam leben.“

Schwierige Anfänge standen seinen späteren überragenden Leistungen nicht entgegen: „Beim Rechnen nahm ich die Finger noch zur Hilfe, als das längst nicht mehr statthaft galt. Dinge wie ein Axiom a mal b gleich b mal a verwirrten mich. Ich lernte das Einmaleins nicht besonders schnell, wie ich mir nichts besonders schnell aneignete, was man rein mechanisch lernen musste, während ich die Prinzipien ziemlich schwieriger Vorgänge schon in sehr früher Kindheit recht gut begriff.“ Eins hat er mit seinem Vater gemeinsam: ein ausgezeichnetes Gedächtnis!

Sein Vater erteilt ihm bis zum zehnten Lebensjahr selbst Unterricht, in dem Mathematik und Sprachen im Mittelpunkt stehen; dadurch gerät er allerdings unter den überwältigenden Einfluss seines Vaters. Als Norbert Wiener an einer starken Sehschwäche erkrankt, muss sein Vater während sechs Monaten den Unterricht mündlich fortsetzen. Diese Zeit der Schulung ist für ihn sehr wertvoll, denn sie zwingt

ihn, seine Mathematik im Kopf zu bewältigen. Mit elf Jahren setzt er seine Ausbildung an einer High School fort, muss dort aber erkennen: „Die Bänke waren viel zu groß, und meine um sieben Jahre älteren Mitschüler kamen mir bereits wie Erwachsene vor. Zum ersten Mal kam mir klar zum Bewusstsein, dass ich als eine Art Wundertier betrachtet wurde, und dass mancher mit meinem Versagen rechnete.“

Nachdem er in Havard seine Doktorarbeit über Relationenlogik geschrieben hat, erhält er ein Stipendium für Cambridge, wo sein Lehrer und Mentor Bertrand Russell ihm klar macht, dass jemand, der sich auf mathematische Logik und Philosophie spezialisieren wolle, mehr von Mathematik selbst verstehen sollte. Hier lernt Wiener auch die Theorie des *Lebesgueschen Integrials* kennen, von der ein gerader Weg zu seinen späteren Hauptwerken führen wird. Auf Russells Rat hin immatrikuliert er sich in Göttingen, um bei Hilbert¹ und Landau Mathematik und bei Husserl Philosophie zu studieren.

Nach Kriegsende sichert ihm ein väterlicher Freund eine Stellung am M.I.T., das damals einfach eine Ingenieurschule ist, an der Mathematik als Hilfswissenschaft für Ingenieure betrieben wird. Hier beginnt auch sein wachsendes Interesse an der physikalischen Seite der Mathematik feste Formen anzunehmen. Bei der Betrachtung der Fluten des benachbarten River Charles kommt er zur Erkenntnis, dass das mathematische Werkzeug, das er sucht, auch zur Naturbeschreibung geeignet sein müsste, und es wird ihm immer mehr bewusst, dass er Sprache und Probleme seiner mathematischen Forschungen in der Natur suchen muss.

Der Zweite Weltkrieg führt dazu, dass einer interdisziplinären Gruppe von Wissen-

schaftlern aus Mathematik, Neurologie und Ingenieurwissenschaften unter der Leitung von Norbert Wiener die Aufgabe gegeben wird, eine fronttaugliche Flugabwehr zu entwickeln. Aus dieser Beschäftigung mit komplexen, nichtlinearen Systemen sowie mit den Problemen der Signalübertragung an und in Information verarbeitenden Maschinen, entsteht 1948 eine neue Wissenschaftsdisziplin, die Kybernetik. Sie liefert endlich das genaue Verständnis der schon seit James Watts Tagen eingesetzten Regelkreise sowie der analogen Signalverarbeitung. Darüber hinaus öffnet sie Computerentwicklern, Biologen und Soziologen neue Horizonte. In den folgenden Jahren entwickelt sich eine überaus fruchtbare Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern, wie z. B. mit dem Computerpionier John von Neuman², dem Informationstheoretiker Claude Shannon³ oder der Anthropologin Margaret Mead.

Das Ende der Kybernetik?

Um als Wissenschaftler berühmt zu werden, braucht man den großen „Treffer“. Dies gelang Einstein mit $E=mc^2$, Newton mit seinem Apfel und der Gravitation, Niels Bohr mit seinem Atommodell. Wieners Kybernetik, obwohl vielen ein Begriff, gelingt das nicht, sie lässt sich nicht auf eine solche einfache „Formel“ reduzieren. Was dazu führt, dass er schließlich zu jenen im Hintergrund wirkenden Wissenschaftlern gehört, die Dutzende anderer Wissenschaftler inspirieren, die oft berühmter werden, als ihr Mentor je selber zu träumen wagte.

Doch auch zwei weitere Tatsachen sind zu erwähnen: Erschüttert von dem für ihn sinnlosen Abwurf der beiden Atombomben, weigert Wiener sich weiterhin, Regierungsgelder für seine Forschungszwecke anzunehmen. Doch die Nachkriegsforschung wird im überwältigenden Maße vom Militär finanziert, womit ihn die Geschichte nach und nach ins Abseits drängt. Das reelle Problem, so die Autoren Conway und Siegelmann in ihrer Wiener-Biografie, war aber Wieners Frau Magaret. Auf dem Höhepunkt seines Ruhmes erfindet sie eine sehr gewagte Lügengeschichte, die seine Beziehung zu seinen engsten wissenschaftlichen Mitarbeitern zutiefst belastet. Wiener, der seit langem unter depressiven Phasen leidet, glaubt diese Lügengeschichte und bricht alle Kontakte mit ihnen ab. Ohne seine Beteiligung versendet aber die Weiterführung seiner Ideen mit der Zeit. So kann eine persönliche Krise einer wissenschaftlichen Revolution schaden.

In den folgenden Jahren untersuchen weltweit interdisziplinäre Teams visuelle, auditive

und motorische Leistungen. Aber ihr unablässiger Streit darüber, was denn das eigentlich Kybernetische an ihren Unternehmen sei, führt nicht zur tragfähigen Konstruktion eines eigenständigen Lehrgebäudes. Der Traum von einer Königswissenschaft vom Funktionieren an sich, deren allgemeingültige Prinzipien über den einzelnen Spezialdisziplinen thronen, er zerplatzt. Zum Aufbau einer Kybernetik als Disziplin sui generis reicht es dann nicht mehr.

Das lexikalische Bild der Wissenschaft erinnert zwar an die Kybernetik als Wieners „wohl populärste Schöpfung“, um im Weiteren doch mehr seine Spezialarbeiten aufzuführen, die am Himmel der Mathematik Zeitlosigkeit für sich beanspruchen: seine Behandlung der Brownschen Bewegung und den Wienerschen Integral- und Maßbegriff, die Operatorenrechnung und die verallgemeinerte harmonische Analyse, Wieners allgemeines Tauber-Theorem, die Wiener-Hopfgleichung, die Vorhersage- und die Filtertheorie ... In der Anerkennung wird so Demontage besiegt. Hier die bleibenden Leistungen - der Rest ist oder war Zeitgeist.

Im Rückblick mutet es erstaunlich an, mit welchen Hoffnungen die Welt einst auf Norbert Wieners *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* startete - und erstaunlicher noch: Diese Hoffnungen wurden keineswegs enttäuscht. Es ist das Verdienst der Kybernetik, ganzheitliches Denken propagiert und die Vertreter aller Lager zu gemeinsamen Forschungsvorhaben zusammengebracht zu haben.

Ist die Kybernetik heute tot? „Sie ist nicht tot, ganz im Gegenteil“, so der Autor Herbert Franke, „nur der Ausdruck Kybernetik ist in Verruf geraten. Jemand, der diese Methoden anwendet, nennt es heute Informationstheorie oder Theorie der Netze.“ Tatsächlich sind - wie die schönen neuen Welten des Cyberspace - die heutigen Life Sciences der vielleicht deutlichste Beweis dafür, wie anonym oder versteckt das kybernetische Wissen inzwischen regiert, gerade weil es durchgängig regiert. ■

¹ Als David Hilberts Traum wie eine Seifenblase zerplatzt, in „Die Warte“ vom 4. Mai 2006.

² Innovate or die, in „Die Warte“ vom 8. März 2007.

³ Information - ein merkwürdiger Stoff, in „Die Warte“ vom 30. Oktober 2008.

Bibliografie: Dotzler, Bernhard: Norbert Wiener Futurum Exactum, Springer 2002; Hering, Norbert: Vom Denken und von Denkmaschinen, Hippocampus 2005; Pias, Claus: Zukünfte des Computers; diaphanes 2005; Thompson, Clive: Dark Hero of the Information Age, NYTimes March 20, 2005; Von Randow, Gero: Der Regler des Zustands des Systems, Die Zeit 48/94; Wiener, Norbert: Mathematik - Mein Leben, Fischer 1965; Kybernetik, Rowohlt 1968.

Einer der Großen des 20. Jahrhunderts

Der Computer – sein Lebenswerk

Zum 100. Geburtstag von Konrad Zuse

André Schwarz

Würde man einem Informatiker des Jahres 2010 das Diagramm des Prozessors von Konrad Zuses erstem Rechner vorlegen und nach dem Baujahr fragen, würde wahrscheinlich kaum einer auf die Idee kommen, dass Zuse diesen Prozessor bereits im Jahre 1936 im Wohnzimmer seiner Eltern in Berlin konzipiert und aufgebaut hatte. Denn die Verwandtschaft der Architektur des von Zuse entworfenen Gleitkommaprozessors mit modernen Entwürfen ist verblüffend.

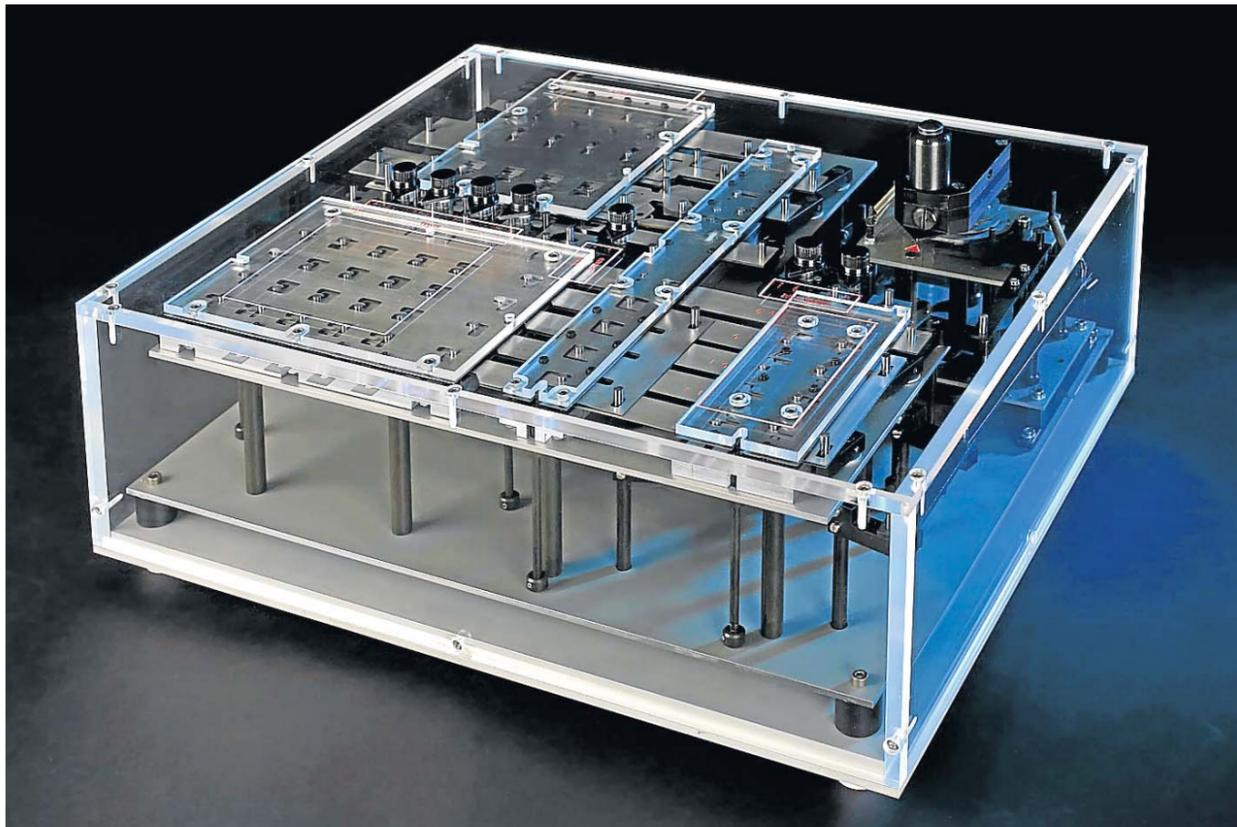
Langsam galt selbst in Deutschland die Meinung, der Computer sei eine rein amerikanische Erfindung aus den 40er-Jahren. Howard Aiken, John Eckert und John Mauchly galten als Erfinder des digitalen Computers (Mark I 1944, ENIAC 1945). John von Neumann¹ wurde das Erstlingsrecht auf das Computerkonzept (1948) zugesprochen. „Wer erfand den Computer?“ Diese Frage beschäftigt in den letzten 20 Jahren zunehmend die Computerhistoriker.

Zuses Anfänge

In den 30er-Jahren fängt Konrad Zuse noch als Student an, über Rechenmaschinen nachzudenken. Nachdem er sein Bauingenieur-Studium 1935 abgeschlossen hat, nimmt er eine Stelle als Statiker bei den Henschel-Flugzeugwerken an, entwickelt in seiner Freizeit aber weiterhin sein Konzept. Er erkennt, dass er in der Lage ist, einen Automaten zu konstruieren, der Folgen von arithmetischen und logischen Operationen ausführen kann, wie sie zur Durchführung ingenieurmäßiger Berechnungen notwendig sind.

Er ist von der Vorstellung, den richtigen Weg gefunden zu haben, so überzeugt, dass er seine Stelle bereits 1936 wieder aufgibt, um sich ganz auf den Bau seines Rechners zu konzentrieren. Als Bauingenieur hat er keine Ausbildung in Elektrotechnik oder Elektronik erhalten und ist auch nicht mit der Technik vertraut, die in konventionellen mechanischen Rechnern benutzt wird. Dieses nominelle Defizit wirkt sich jedoch zu seinem Vorteil aus, denn er muss das ganze Problem der arithmetischen Berechnungen überdenken und kommt so zu neuen Lösungen. Seine Eltern gestatten ihm, seine Werkstatt im Wohnzimmer einzurichten. Sein Vater lässt sich wieder im Postdienst reaktivieren, um seinem Sohn finanziell unter die Arme greifen zu können, während seine Schwester Liselotte alle ihre Ersparnisse beisteuert.

Zuse entscheidet sich, eine erste experimentelle Rechenmaschine zu bauen, die zwei wesentliche Ideen umsetzt: a) Die Maschine arbeitet mit binären Zahlen (0 und 1); b) Rechen- und Steuereinheiten werden vom Speicher getrennt. Jahre bevor John von Neumann die Vorteile einer Computerarchitektur schriftlich begründet (1948), in



Der rein mechanische Speicher der Z1 besteht aus Blechen, die durch Stangen in ihrer Position verschoben werden und somit zur Speicherung der Bits 0 und 1 verwendet werden.
(Fotos: HNF Paderborn)

der Prozessor und Speicher getrennt sind, ist Zuse bereits auf den gleichen Gedanken gekommen. Es ist jedoch anzumerken, dass diese Idee auf Charles Babbage zurückgeht, der im 19. Jahrhundert beim Entwurf der Analytischen Maschine zum selben Konstruktionsprinzip kam, welches den Amerikanern bekannt ist, Zuse jedoch nicht.

Im Jahr 1936 wird der Speicher der von Zuse geplanten Maschine Z1 fertiggestellt. Es ist ein mechanisches Gerät, aber nicht vom üblichen Typ. Zuse implementiert logische und arithmetische Operationen mit gestanzten Blechschienen anstelle von Zahnrädern (wie sie von Babbage benutzt wurden). Die Blechschienen können sich nur in zwei Richtungen bewegen (vorwärts und rückwärts) und sind deswegen ausreichend für eine binär arbeitende Maschine. Seine Freunde helfen ihm tagelang und sägen nach seiner Anleitung Tausende von Blechteilen aus, die zum Bau des Rechners bestimmt sind.

Der Prozessor der Z1 wird einige Monate nach dem Speicher fertiggestellt und verwendet die gleiche Technik. Er arbeitet mit dem Speicher zusammen, ist aber nicht sehr zuverlässig. Das Hauptproblem besteht in der präzisen Synchronisation, die gebraucht wird, um übermäßige mechanische Beanspruchungen der bewegenden Teile zu vermeiden. Es ist interessant anzumerken, dass im gleichen Jahr, als der Speicher der Z1 fertig wird, Alan Turing² seinen bahnbrechenden Artikel über berechenbare Zahlen schreibt, in dem er das intuitive Konzept von Berechenbarkeit formalisiert, ein Konzept das Zuse erst viele Jahre später kennenlernt.

Obgleich die Z1 unzuverlässig bleibt, zeigt sich, dass der Entwurf konsistent ist, und dies treibt Zuse dazu, andere mögliche Realisierungen zu erforschen. Er entscheidet sich für elektromechanische Relais, die wesentlich billiger als

elektronische Röhren zu erhalten sind. Ein Versuchsmodell (später Z2 genannt) verwendet einen Prozessor, bestehend aus Relais, und dem mechanischen Speicher der Z1. Bald danach fängt Zuse an, die Z3 zu bauen, die ausschließlich aus Relais besteht, aber die gleiche logische Struktur wie die Z1 besitzt. Die Z3 ist am 12. Mai 1941 fertig und einsatzbereit, vier Jahre vor dem amerikanischen ENIAC.

Der Stein der Weisen

Bevor Zuse mit der Konstruktion der Z1 beginnt, macht er sich Gedanken über das zu verwendende Zahlensystem für seinen Rechner. Bei den damaligen mechanischen Tischrechenmaschinen war das Dezimalsystem vorherrschend. Konrad Zuses Überlegungen über das zu verwendende Zahlen-

system sind von großer Wichtigkeit. Die Wahl des falschen Zahlensystems hätte seine Vision, effiziente und preisgünstige vollautomatische Rechenmaschinen zu bauen, zerstören oder ihn um Jahre zurückwerfen können.

Für wissenschaftliche Rechnungen ist ein Zahlenbereich zwischen 10^{-30} bis 10^{+30} durchaus gebräuchlich. Betrachtet man Zahlen im Dezimalsystem, wie z.B.: $X=0,0000000000001230000022$ und $Y = 12345556600000777,2345678$, so musste Zuse sich überlegen, wie man solche langen Zahlen effizient d.h. kostengünstig speichern und in einem Rechenwerk verarbeiten kann. Möchte man z.B. diese beiden Zahlen addieren, so schreibt man sie untereinander, so dass das Komma an der gleichen Stelle steht (Festkommazahlen):

Zwei große Pioniere der deutschen Computerindustrie: Konrad Zuse und Heinz Nixdorf.



Der Computer – sein Lebenswerk

► $X=0000000000000000,00000000$
 00001230000022

$Y=1234555660000777,34456780$
 00000000000000

Die Dezimalzahlen müssen also bezüglich des Kommas ausgerichtet werden, dies stellt einen enormen Aufwand für die Behandlung der vielen Dezimalstellen in der Maschine dar. Daran scheiterte letztlich Charles Babbage im 19. Jahrhundert bei seinen beiden Engines.

Bei der Suche nach einem geeigneten Zahlensystem wird Zuse auf das binäre Zahlensystem von Leibnitz aufmerksam. Zuses Überlegung ist, dass eine Zahl die nur aus 0 und 1 besteht, in einer Maschine sehr einfach dargestellt werden kann. Ihm wird schnell klar, dass die Verwendung von Binärzahlen große Vorteile beim Bau der ihm vorschwebenden Rechenmaschine bringt, da die verwendeten (bistabilen) Bauteile (verschiebbare Bleche oder Telefonrelais) nur zwei Positionen einnehmen müssen und nicht zehn Positionen wie bei den Dezimalzahlen.

Jetzt bleibt ihm noch, eine geeignete Darstellung der Binärzahlen für seine Maschine zu finden:

– Wie können sehr kleine und sehr große Zahlen mit vernünftigem Aufwand dargestellt, gespeichert und verarbeitet werden? Für die binäre Darstellung einer Zahl wie 10^{+20} , also einer 20-stelligen Dezimalzahl, braucht man ca. 80 Bits, also gut 80 bistabile Bauelemente, was entschieden zuviel war.

– Wie kann die Genauigkeit der Zahlendarstellung den wissenschaftlichen Erfordernissen angepasst werden?

– Wie können gebrochene Zahlen dargestellt werden?

– Wie können gebrochene binäre Zahlen addiert, subtrahiert, multipliziert und dividiert werden? Wie kann man die Quadratwurzel ziehen?

– Wie sieht es mit dem Übertrag bei der Addition von zwei Binärzahlen aus?

Zur Darstellung sehr großer Zahlen bietet sich die logarithmische Zahlendarstellung an, doch leider ist hier die Addition nur äußerst umständlich durchzuführen. Um 1935 findet Zuse die Lösung: ein Mittelweg zwischen der Darstellung von Zahlen mit festem Komma und der logarithmischen Zahlendarstellung. Er nennt sie halblogarithmische Zahlendarstellung.

Die Idee ist, eine gegebene Zahl X in zwei Teile zu zerlegen, und zwar in die



Die Kunst begleitete Konrad Zuse seit seiner Jugend. Die Malerei wurde ab den 70er-Jahren ein fester Bestandteil seines Lebens.

Mantisse b und den Exponenten a , womit sich die Darstellung $Y = b \cdot B^a$ ergibt. Eine Binärzahl $11101110,000110011111$ lässt sich durch 7faches Verschieben des Kommas als $1,1101110000110011111 \cdot 2^7$ darstellen, mit $b=1,1101110000110011111$, $a=7$ ($=111_2$) und der Basis $B=2$. Auf diese Weise steht bei jeder möglichen Binärzahl immer eine 1 vor dem Komma, damit ist auch die notwendige Normierungsbedingung $0 < b < B$ erfüllt. Für die Werte 0, Plus- und Minus-Unendlich legte er spezielle Bitkombinationen fest.

Diese normierte halblogarithmische Zahlendarstellung ist Konrad Zuses eigene Erfindung. Heute wissen wir, dass Konrad Zuse damit den Stein der Weisen gefunden hatte, denn fast alle modernen Computer arbeiten damit, sie wird heute als Gleitkommazahlendarstellung bezeichnet. 1985 verwendet die amerikanische IEEE Konrad Zuses Definition zur Definition der Gleitkommazahlen, allerdings ohne Referenz auf ihn.

Die Architektur von Zuses Rechnern

Die parallel arbeitende Rechenmaschine Z1 mit 22 Bits besteht aus

Tausenden von zusammengesetzten Blechen, Stiften, Federn und Schrauben, es sind die preiswertesten Bauteile, die Konrad Zuse finden kann. Die Maschine besteht aus einer Kontroll-einheit, einem Lochstreifenleser (zur freien Programmierbarkeit), der arithmetischen Einheit mit Gleitkomma-prozessor, dem frei adressierbaren Speicher, den Ein- und Ausgabeeinheiten; die Taktfrequenz beträgt 1 Hertz. Die Funktionsweise der arithmetischen Einheit ist Konrad Zuses Geheimnis geblieben, und er hat es 1995 mit ins Grab genommen.

Durch die Möglichkeit, die eingegebenen Dezimalzahlen in den von ihm erfundenen Gleitkommazahlen darzustellen und durch den Aufbau des Rechenwerkes mit neuen, bisher noch nicht gekannten Komponenten kann Zuse alle Rechenoperationen auf wiederholte Additionen zurückführen. Dazu verfügt das Rechenwerk über zwei leistungsfähige binäre Addierer, und zwar je einen für den Exponenten a und die Mantisse b , sowie über zwei 22-Bit-breite Operanden-Register und ein Vorzeichen-Register. Um den bei Additionen und Subtraktionen (durch Komplementbildung) auftretenden Übertrag zu berücksichtigen, ersinnt Zuse eine Schaltung, die den Übertrag für alle Binärstellen auf einen Schlag, d.h. in einem Takt, berechnet. Diese „carry-look-ahead“-Methode ist unabhängig von der Länge der Binärzahlen, was erlaubt, beliebig lange Binärzahlen ohne Verlängerung der Additionszeit zu addieren. Diese von Konrad Zuse erfundene Schaltung des binären Übertrages ist eine seiner faszinierendsten Ideen.

Der Rechner Z3 wird heutzutage als der erste programmgesteuerte, im binären Gleitkommasystem arbeitende Rechner anerkannt. Er besteht aus ca. 2 400-Telefonrelais, die Programm-befehle werden in einem 8-Bit-Kode auf 35-mm Kinofilm eingestanz und über einen Lochstreifenleser eingegeben.

Konrad Zuses Vision ist, dass seine Maschinen lange Rechnungen per Rechenplan (Programm) durchführen sollen. Dazu muss sichergestellt sein, dass die Maschine korrekt arbeitet,

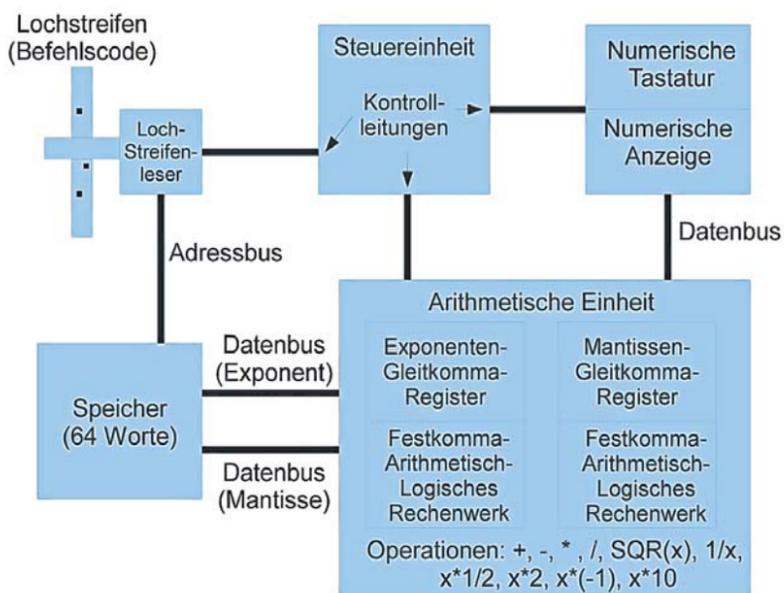
d.h. bei unzulässigen Rechenoperationen muss die Maschine stoppen und den Grund dafür anzeigen. Er konstruiert und implementiert dazu eine arithmetische Ausnahmebehandlung, die nicht einmal in den ersten Mikroprozessoren der 80er-Jahre implementiert ist. Die Z4, deren Konstruktion er 1942 beginnt, ist gedacht als Prototyp eines flexiblen Rechners, der auch logische Operationen verstehen soll.

Bei Bombenangriffen auf Berlin 1944 werden die Maschinen Z1 bis Z3 zerstört. Wegen des großen Interesses der Fachwelt baut die Zuse AG 1961 den Relais-Rechner Z3 neu. Im Jahre 1986 zeichnet der 76-jährige Zuse die ca. 30 000 Teile der rein mechanischen Z1 aus dem Gedächtnis neu, wobei rechnergesteuerte Werkzeugmaschinen die Neuanfertigung der Bestandteile ihres Urahns übernehmen.

Der Weg zur Zuse KG

Konrad Zuses Weg zu seinen Rechenmaschinen Z1-Z4 ist schwierig. Es ist anzumerken, dass die Konstruktion der Z1 nicht kriegsbedingt war und auf privater Basis geschah. Eine staatliche Förderung für seine Ideen hätte er wohl auch kaum erhalten, da seine Vorstellungen von einer automatischen Rechenmaschine für viele Personen, aber auch Wissenschaftler, schlicht und einfach zu abenteuerlich waren. Erst die Maschinen Z3 und Z4 erhalten mäßige Förderungen. Die Erfindung bzw. Konstruktion des Computers ist in Deutschland im Gegensatz zu Amerika und England nicht kriegsbedingt.

Es ist kaum bekannt, dass Konrad Zuse 1941 mit der Zuse-Apparatebau in Berlin die erste Computerfirma der Welt gegründet hat. Die Aufträge, die er von den Henschel-Flugzeugwerken bekommt, die Spezialgeräte S1 und S2 zur Tragflächenberechnung, erlauben ihm, sich vom Wehrdienst abstellen zu lassen und seine Firma bis auf 20 Mitarbeiter zu erweitern. Die Umstände des 2. Weltkrieges behindern Zuses Arbeiten auf dem Gebiet der Computerentwicklung erheblich. Oft arbeitet Zuse nachts an seiner Z4, während in unmittelbarer Nähe Bomben einschlagen.



Die Architektur des Zuse-Rechners Z3 (1941)

► Dem Bombenhagel auf Berlin entflieht er 1945. In Göttingen stellt er seine Z4 den Mathematikern der Aerodynamischen Versuchsanstalt vor, deren begeisterte Aufnahme ihm später an anderer Stelle behilflich sein wird. Doch der Kanonendonner naht heran und der Tross mit der Z4 setzt sich in Richtung Oberjoch an der österreichischen Grenze in Bewegung. Auch Wernher von Braun ist inzwischen auf der Flucht von Peenemünde mit seinen Mitarbeitern in Oberjoch angelangt. Konrad Zuse findet hier die Verhältnisse ungeordnet und sucht mit seiner Frau ein neues Quartier in Hinterstein. Seine Z4 wird in einem Schuppen für die nächsten beiden Jahre abgestellt. Da hier keine Möglichkeit besteht, an der Z4 weiter zu arbeiten, konzentriert sich Zuse auf seine theoretische Arbeit, dem „Plankalkül“, eine einheitliche formale Sprache für alle rechnerischen Aufgaben, mit der er seiner Zeit weit voraus ist. In diesem Zusammenhang entwirft er auch im gleichen Zeitraum das erste Schachprogramm, also noch vor Claude Shannon³.

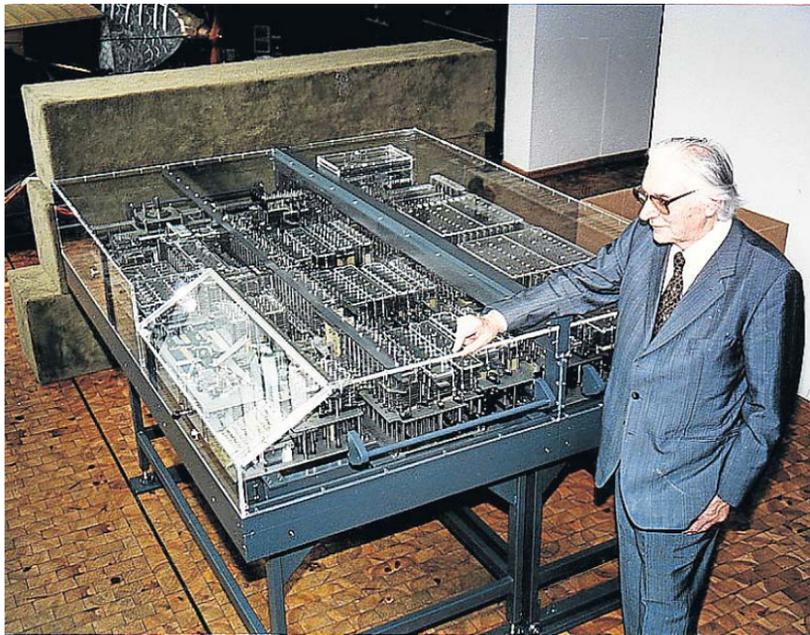
1947 gründet er das Zuse-Ingenieurbüro, dessen erste Aufgabe es ist die Z4 wieder voll funktionsfähig zu machen. Auf der Suche nach einer Produktionsstätte, in der er neue Rechner bauen kann, findet er 1949 in Neunkirchen Kreis Hünfeld einen Bauernhof, in dessen Scheune die neu gegründete Zuse AG ihren Sitz findet. Die Einnahmen aus der Vermietung der restaurierten Z4 an die ETH Zürich bilden das Startkapital der neuen Firma. Die Z4 wird damit zum ersten Computer, der weltweit für praktische Anwendungen an einen Kunden ausgeliefert wird.

Durch die Empfehlung der Mathematiker der ETH Zürich spricht sich in der Fachwelt herum, dass die Firma Zuse KG exzellente Rechner baut. Dies führt dazu, dass die Firma Leitz in Wetzlar einen großen Relaisrechner (Z5) zur Berechnung komplizierter Linsensysteme in Auftrag gibt. Insgesamt ist die Auftragslage sehr gut. Dabei ist es hilfreich, dass Konrad Zuse viele Kontakte zur Industrie und zu Behörden pflegt. Er hört sich die Rechenprobleme der Praktiker an und sucht nach konkreten Lösungen. 1957 ist der Personalbestand auf über 100 Leute gestiegen und die Firma zieht in größere Räume nach Bad Hersfeld um. Mit dem Röhrenrechner Z22 wird hier ein neuer Weg beschritten. Durch den wesentlich größeren Speicher kann jetzt auch das Programm in der Maschine selbst gespeichert werden, die Programmierung erfolgt im eigens entwickelten Freiburger Code, der eine ungemein variable Programmierung gestattet.

Der Absatz von Rechnern blüht in der zweiten Hälfte der 50er-Jahre, es erfolgt die Umstellung auf Transistoren. Mit dem Rechner Z25 im Zusammenwirken mit dem automatischen Zeichengrät Z64, das technische Zeichnungen mit einer Präzision anfertigt, das zu dieser Zeit kein Gerät auf dem Weltmarkt fertig bringt, gelingt Zuse Anfang der 60er-Jahre wiederum ein Volltreffer.

Verpasste Chancen

In der Nachkriegszeit gibt es staatlicherseits keinerlei Förderung für die aufkommende Computerindustrie. Man erkennt nicht die zukünftige Bedeutung dieses Industriezweiges und sieht vor allem keine besonderen Möglichkeiten für den Einsatz dieser Maschinen. Dies verhält sich in den USA völlig anders. Dort bekundet insbesondere das Militär großes Interesse an den Perspektiven, die die Computer aufzeigen. Man benö-



In den Jahren 1987-1989 ließ Konrad Zuse seine historische Maschine Z1 nochmals neu aufstellen.

tigt eine hohe Rechenkapazität, um die Flugkurven von Geschossen exakt berechnen zu können. Und die nötigen finanziellen Ressourcen sind vorhanden.

Als eine weitere Hürde erweist sich für kleinere Firmen die Methode des Leasings, die ab 1960 von der Firma IBM eingeführt wird. Die Zuse KG konnte sich im Gegensatz zur übermächtigen IBM nicht leisten, Computer zu vermieten. Sie besitzt nicht die finanziellen Rücklagen, den Bau von Rechnern vorzufinanzieren. 1962 wird die Rheinstahl AG als Teilhaberin aufgenommen. 1965 übernimmt die Brown Boveri Company 100% der Geschäftsanteile, doch schon bald übernimmt Siemens den Betrieb. Im Jahre 1967 scheidet Konrad Zuse aus der Firma aus. Am 1. April 1971 wird der Firmenname Zuse KG gelöscht, vier Jahre später wird die Computereentwicklung in Bad Hersfeld eingestellt.

Bereits 1936 reicht Zuse den Antrag auf Erteilung eines Patentes auf sein Rechnerkonzept ein. Trotz wiederholter Versuche gelingt es ihm nicht, seine Ideen patentieren zu lassen. 1967 wird in letzter Instanz entschieden, dass dies wegen „mangelnder Erfindungshöhe“ nicht möglich sei. Letztendlich scheint dieses Resultat des Verfahrens durch jahrelange mangelhafte Beratung seiner Patentanwälte verursacht worden zu sein.

Fazit

Die Frage nach dem „wahren“ Erfinder des Computers lässt keine einfache Antwort zu. Die Rechenmaschinen in den USA, Deutschland und England sind beinahe gleichzeitig entwickelt worden, und jede davon hat auf ihre Weise zur Entstehung des Computerzeitalters beigetragen.

Zuse machte es sich allerdings manchmal zu leicht. Noch 1994 wurde er in einem Interview in der FAZ gefragt: „Herr Zuse, Sie gelten als der Erfinder des Computers“, und er widersprach dem nicht. Aber auch John von Neumann hat nie explizit die Urheberschaft für das Konzept beansprucht, das seinen Namen trägt, er hat sich diese Zuschreibung stillschweigend gefallen lassen, ohne seinerseits etwas zur Klärung der Prioritätenfrage beizutragen.

„Who is Zuse?“ – was man im Ausland öfters hören konnte, drückte hingegen aus, dass es in Deutschland, das in bitterster Weise seine Schuld am Krieg, den es noch dazu verloren hatte, einräumen musste, einfach keinen wichtigen Fortschritt geben durfte.

Dazu kommt noch, dass Zuse mit einfachsten Mitteln arbeitete, mit Relais aus der Abfallkiste und daher seine Maschinen mit minimalen Aufwand konstruieren musste. Ganz anders die amerikanischen Computerpioniere, die in der Regel entweder im Rang von Offizieren bei der Armee angestellt oder sichere Stellen an Universitäten einnahmen. Auf der einen Seite des Atlantiks Zuse, der seine theoretischen und praktischen Arbeiten unter geradezu abenteuerlichen Randbedingungen durchführte, seine Arbeiten auf das genaueste durchdenken und extrem wirtschaftliche Lösungen suchen musste. Während andererseits die amerikanischen Projekte gigantisch ins Kraut schossen und mit riesigem Aufwand verhältnismäßig bescheidene Ergebnisse erzielt wurden. Dass es von amerikanischer Seite einige Empfindlichkeiten gegenüber Zuse gab, ist verständlich.

Leider hat die Frage nach „dem“ Erfinder des modernen Computers wesentliche Aspekte von Zuses Inventionen und Innovationstätigkeit in den Hintergrund treten lassen, insbesondere seine frühen Visionen und Konzepte der Nutzung von Rechenanlagen, die weit über das hinausgingen, was in den USA und in Westeuropa an Einsatzmöglichkeiten gesehen wurde.

Eine weitere Diskussion dreht immer wieder um den Erfinder des „Universalrechners“, also um denjenigen, der das Turingsche Konzept von 1936 als Erster umsetzte. Bei Zuse beruht die Universalität seines Rechnerkonzeptes allem Anschein nach vor 1945 nicht in einem universellem Computer mit intern gespeicherten und modifizierbaren Programmen, sondern in der Konzipierung eines universellen Anwendungsspektrums, das in mancher Hinsicht die Computernutzung der nächsten fünfzig Jahren vorwegnahm.

Für Zuse war nämlich spätestens seit 1939 die „Rechenmaschine“ – im Kreis seiner Freunde und Mitarbeiter sprach er selbst von einer „Universal-Rechenmaschine“ – nicht mehr nur ein zahlenverarbeitender Apparat, sondern eine allgemeine „algorithmische Maschine“, die „Angaben“ und „Umstände“ nach „Vorschriften“ verändert. Es konnte sich dabei um Zahlen, Buchstaben oder sonstigen Zeichen handeln, die für Kon-

trollinformationen, Arbeitsprogramme, Sortierkategorien, Warenpositionen oder Personenmerkmale standen. Zuses Perspektive war hierbei nicht mehr die eines Rechenmaschinen-Erfinders, der nach neuen Anwendungen Ausschau hielt, sondern bereits die eines „Informatikers“, der auf Basis des Logikkalküls zu einer „allgemeinen Theorie des Rechnens“ vordringt.

Dieser theoretische Zugang erschloss ihm sehr früh Einsatzfelder, die den auf den „Number Crunching“ fixierten amerikanischen Erfindern verborgen blieben. Bereits während der Entwicklung der Z1 (1936) machte Zuse seinen Helfern klar, dass Rechnen nur ein Spezialfall logischer Operationen ist und dass sein Apparat z.B. auch Schach spielen können müsse. Mögliche Anwendungen waren für ihn die Wettervorhersage, die Währungsrechnung, die Kontenführung und Tagesbilanzierung bei den Banken. Für die Industrie dachte Zuse an die Überwachung und Steuerung von Maschinen, an Materialwirtschaft, die Verdrahtung von Rechnern, die Bahnsteuerung von Werkzeugmaschinen und sogar schon an die rechnergestützte Maßschneiderei.

Der Rechner war für Zuse so schon Anfang der vierziger Jahre zugleich ein Rechenautomat, ein technisch-logisches Programmierungs-, Steuerungs- und Kontrollinstrument wie auch ein Medium der Datenkommunikation. Wie bei manchen Architekturmerkmalen und Anwendungsvisionen war Zuse auch mit seinen Überlegungen und Ausarbeitungen zur Entwicklung einer höheren Programmiersprache, dem „Plankalkül“, der übrigen Computer Community weit voraus. Er ist unbestritten der Erfinder des Zuweisungszeichens (: =) der heutigen Programmiersprachen, aber auch der Sprachkonstrukte wie If-Abfragen, Schleifen, Listen, usw.

„Jedes neue Jahr beschert uns tausende großartiger Erfindungen und Entdeckungen. Aber eine Neuerung überstrahlt sie alle, gibt unserem Jahrhundert seinen Namen und steht im Begriffe, die Welt auf allen Ebenen von Grund auf zu verändern: der Computer“, so der Philosoph Arno Peters in der Festschrift zum 85. Geburtstag von Konrad Zuse.

Schon frühzeitig wurden die großen wissenschaftlichen und ingenieurtechnischen Leistungen, die Konrad Zuse vollbracht hat, vielerorts anerkannt. Dazu gehören zahlreiche Ehrendoktorwürden aus dem In- und Ausland, aber auch die Aufnahme in den Kreis wegweisender amerikanischer Computerpioniere vier Jahre nach seinem Tod. Dabei hatte Konrad Zuse 1935 eigentlich nichts anderes vorgehabt als gut funktionierende Computer zu bauen, um den in der täglichen Praxis stehenden Ingenieuren die Arbeit zu erleichtern. ■

¹ „Innovate or die“ in DIE WARTE vom 8. März 2008.

² „Ein Unbekannter, Unsterblicher“ in DIE WARTE vom 7. Juni 2007.

³ „Information – ein merkwürdiger Stoff“ in DIE WARTE vom 30. Oktober 2008.

Bibliografie:

- Alex, Jürgen et. al.: Konrad Zuse – Der Vater des Computers, Parzeller 2000.
- Hellige, H.D.: Geschichten der Informatik, Springer 2004.
- Peters, Arno: Computer-Sozialismus, Neues Leben 2000.
- Rojas, Raúl: Die Rechenmaschinen von Konrad Zuse, Springer 1998.
- Zuse, Konrad: Der Computer – Mein Lebenswerk, Springer 1993.

Symbol des technischen Fortschritts

Wegwerfprodukt schreibt Geschichte

Einem Revolutionär zum Vierzigsten

André Schwarz

Vorahnungsvoll nähert man sich den dezent beleuchteten Glaskästen im oberen Stockwerk des Heinz-Nixdorf-Forums (HNF) in Paderborn. Im Inneren der Kästen als Präziosen präsentiert, die beim fachkundigen Betrachter ein wohliges Schaudern hervorrufen, wartet hier ein Konsumgut darauf, bestaunt zu werden. Einst als Wegwerfprodukt gedacht, ist es heute zur hochpreisigen Rarität geworden.

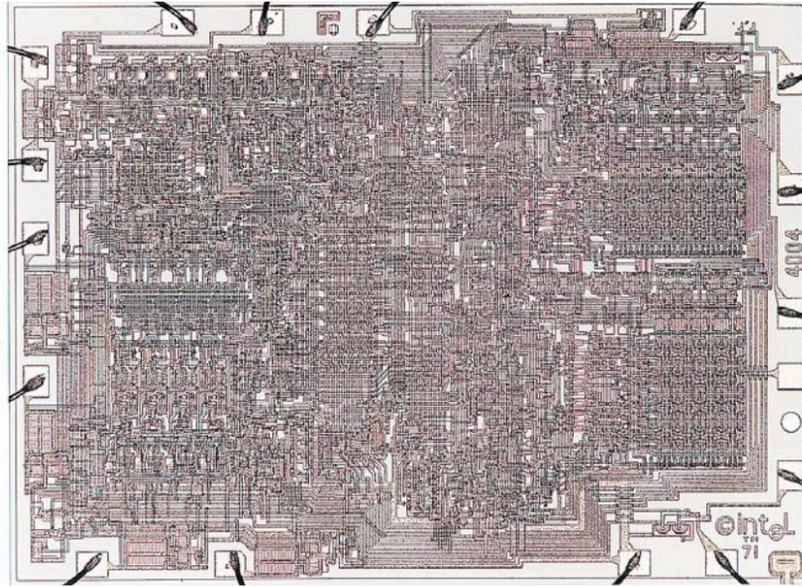
Seine Nachkommen haben dem Museumsbesucher den Weg zum HNF gezeigt, ihm dabei angenehme Temperaturen im Fahrzeuginnen ermöglicht, waren bei der Musikauswahl behilflich und haben schließlich seine Eintrittskarte erstellt. Vor 40 Jahren von fachkundigen Händen in Sockel eingebettet und in Gehäusen versteckt, lässt sich heute der Urahn aller Mikroprozessoren der Intel 4004 umgeben von seinen Nachkommen als Symbol einer stürmischen Periode von allen Seiten bewundern.

Der Weg zum Mikroprozessor

Als im November 1971 in den Electronic News die Firma Intel Corporation aus Santa Clara verkündet „Announcing a new era in integrated electronics, a microprogrammable computer on a chip“, ist dies die kommerzielle Geburtsstunde des Mikroprozessors. Nicht zu verwechseln mit der des Computers. Die liegt in den Kriegswirren des Zweiten Weltkrieges und hat mit Konrad Zuse und John von Neuman gleich zwei Väter.

Diese gewagte Ankündigung einer neuen Ära seitens einer gerade drei Jahre alten Firma klang geradezu prophetisch, doch sie bewahrheitete sich. 2010 wurden etwa 100 Milliarden Mikroprozessoren verkauft, und Intel wurde zum Marktführer im Bereich der Mikroprozessoren für PCs.

Computer der 50er- und 60er-Jahre bestehen bei Zuse¹ in Deutschland aus Relais, mechanischen Speichern und Lochstreifen, in den USA und England aus energiefressenden unzuverlässigen Elektronenröhren. Nachdem es 1949



Ein wegweisendes Design: die 10 µm breiten Leiterbahnen des ersten Einchip-Mikroprozessors 4004 mit 2 300 Transistoren. (Foto: INTEL)

in den Bell Labs gelingt, aus dem Halbleitermaterial Silizium winzige schnelle elektronische Schalter, als Transistoren bezeichnet, zur Produktionsreife zu bringen, schrumpfen vorher zimmerfüllende Computer auf Truhengröße. In den sechziger Jahren gelingt es dann, mit neuartigen Verfahren Hunderte und Tausende dieser Transistoren auf Halbleiterchips von Fingernadelgröße zu integrieren, es ist die Geburtsstunde der Halbleiterspeicher und der bis heute währenden TTL-Schaltkreisfamilie.

Dass die Apollo-Missionen der Nasa in den 60er-Jahren auch ohne Mikroprozessor möglich waren, ist aus heutiger Sicht schon erstaunlich. Mit einem Computer aus Platinen mit verlöteten Logikschaltkreisen und Magnetkernspeichern war also eine Mondlandung möglich, jedenfalls hätten Zuses Z4 oder der ENIAC nie Platz in der Apollokapsel gehabt.

Ein neues Konzept

Im April 1969 wendet sich die japanische Firma Busicom an Intel, die bis

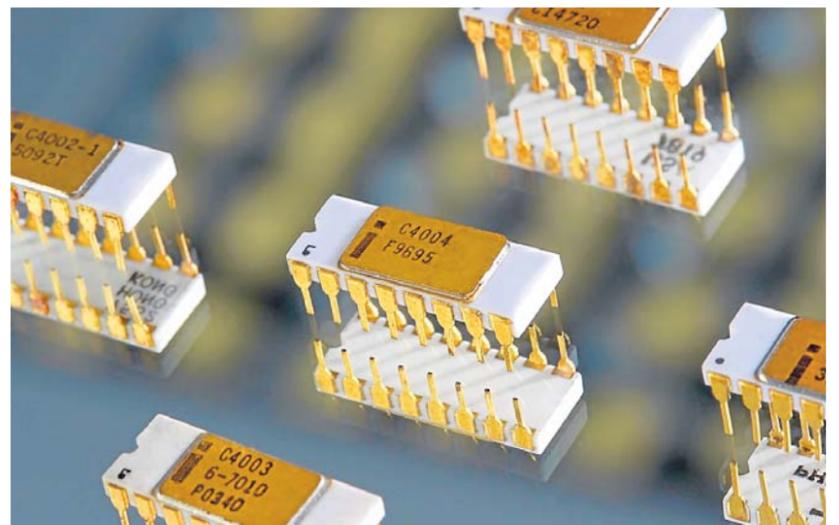
Kombination dieser einfachen Funktionen reduziert werden.

Hoff entwirft eine Anordnung aus vier Chips, nämlich einer Zentraleinheit (CPU), einem Speicherbaustein als Arbeitsspeicher (RAM), einem Festwertspeicher (ROM), in dem das speziell für die Busicom-Funktionen geschriebene Programm untergebracht werden soll, und einem vierten Chip, der für Ein- und Ausgabe zuständig ist (E/A). Der Rechner würde die Befehle aus dem ROM-Speicher in die CPU laden, die die Befehle interpretiert, ausführt und wieder in den Speicher ablegt. Zusätzlich würde die CPU auch interne Register, eine Art Notizblöcke besitzen und Unterprogramme verwenden. Der Speicher soll auch nicht mehr mit den bis dahin üblichen langsamen Schieberegistern ausgeführt werden, sondern mit der seit kurzem von Intel verwendeten schnellen MOS-Technologie. Die Daten bestehen aus vier Bit, um BCD-Arithmetik zu ermöglichen. Im Gegensatz zu Hoff's Befürchtungen akzeptieren Busicoms Ingenieure diese neue Architektur, die ihnen in Zukunft erlauben würde, komplexere Rechenmaschinen anzubieten, ohne jedesmal einen kompletten Satz Logikbausteine neu entwickeln zu müssen.

Um den Prozessor in Busicoms Geräten einsetzen zu können, fehlen aber noch verschiedene Rechenfunktionen und die Möglichkeit, in Echtzeit mit den Peripheriebausteinen zu kommunizieren. Diese Aufgaben erledigt Hoff zusammen mit Stanley Mazor, den Intel im September 1969 anwirbt, und Masathosi Shima von Busicom. Im Oktober gibt das Busicom-Management grünes Licht, damit Intel mit der Realisierung des allerersten Einchip-Computers, dem Intel 4004, beginnt. Inzwischen hat sich auch die Firma CTC an Intel gewandt mit der Bitte, einen Chip für ein intelligentes Terminal zu entwerfen. Er wird 1972 Intels zweiter Mikroprozessor, der 8008 werden. Anfang 1970 hat Intel somit zwei Verträge, um Einchip-Computer zu fertigen. Allerdings hat noch nie jemand solch komplexe Schaltkreise in MOS-Halbleitertechnik umgesetzt.

Die Lösung naht mit Frederico Faggin, der kurzfristig von Fairchild abgeworben wird. Faggin, einer der Schöpfer der zu verwendenden MOS-Technik, ►

Zwei Computer mit ähnlich gleicher Rechenleistung. ENIAC (1946): Elektronenröhren, 27 Tonnen, 10 x 17 Meter. INTEL 4004 (1971): Halbleiterchip, 10 Gramm Gewicht, 0,5 x 0,5 Zentimeter. (Foto: Jan Braun/HNF).



► arbeitet dann auch Tag und Nacht, um die abgesprochenen Lieferfristen nicht gänzlich illusorisch zu machen. Im Oktober 1970 geht mit dem 4001 der erste der Peripheriebausteine in Produktion. Doch beim Testen des ersten 4004-Mikroprozessor-Chips im Dezember muss Faggin mit Entsetzen feststellen, dass der Schaltkreis tot ist, bei der Fertigung hat man einen Schritt übersprungen. Im Frühjahr 1971 können schließlich die ersten Exemplare der 4000er-Familie an Busicom ausgeliefert werden.

Zu Faggin's großem Bedauern besitzt Busicom die alleinigen Rechte am 4004, Intel kann diese dann aber für 40 000 US-Dollar erwerben. Aber Intels Marketing-Leute haben Bedenken, ob dieses neue Bauteil ebenso gut laufen würde wie Intels Speicherchips, und bezweifeln, ob der Markt für Mikroprozessoren überhaupt der Rede wert sein würde, denn 1970 waren auf der ganzen Welt nicht mehr als 20 000 Großrechner gekauft worden. Die Intel-Leute, die an der Entwicklung mitgewirkt haben, haben vor allem die Geräte im Visier, bei denen aus Preisgründen der Einsatz von Computern bisher ausgeschlossen ist: Registrierkassen, Münzwechsler, Verkehrsampeln, Waagen, Blutanalysegeräte, Getränkeautomaten, Mikrowellenherde, Autos und und und.

Ed Gelbach als neuer Marketing-Vizepräsident im Sommer von Texas Instruments abgeworben, hat da weniger Bedenken und am 15. November 1971 kündigt Intel an, den 4004 unter der Bezeichnung MCS-4 auszuliefern, und initiiert damit eine neue Ära im Computerbau.

Die 4004-Kunden sind aber nicht diejenigen, denen Intel bisher die Speicherbausteine verkauft (das „Who's Who“ der Computerindustrie), sondern kleine, ehrgeizige Firmen, was den Marketing-Leuten zu schaffen macht (für diese die „Who's That?“). Die Einführung des 8008 heizt das Interesse an der Verwendung von Intel-Mikroprozessoren in professionellen Rechnern und Industrieprodukten weiter an. Leider sind beide Prozessoren anfangs wenig benutzerfreundlich zu programmieren, so dass nur zwei Gruppen sich dieser Mühe unterziehen: Techniker, denen das einen echten kommerziellen Vorteil bringt und jugendliche „Hacker“, die das Herumbasteln an eigenen Rechnern total cool finden. So auch zwei Burschen von einer High School im Norden Seattles, die ihr Taschengeld zusammenlegen um bei einem Elektronikhändler einen 8008-Chip zu kaufen: Bill Gates und Paul Allen.

Ob ihnen damals bewusst war, dass sie Geschichte schreiben, wurde Marcian (Ted) Hoff 1995 in einem Interview gefragt. „Nun, wahrscheinlich nicht, dass wir Geschichte machen, aber wir fühlten, dass es wichtig sei“, antwortete er. „Uns war es klar, dass es sehr vieles vereinfachen würde, wenn solche Chips verfügbar sind.“

Bibliografie: Faggin, Frederico, Hoff Marcian, Mazor Stanley, Shima, Masatoshi: The History of the 4004 in IEE Micro 1996; Jackson, Tim: Inside Intel, Hoffmann und Campe 1998; Lischka, Konrad: Fast wäre es nur eine Rechenmaschine geworden, in Spiegel-Online vom 15.11.11.; www.4004.com; www.computerhistory.org, http://www-sul.stanford.edu/depts/hasrg/histsci/silicongenesis/hoff-ntb.html

¹ Der Computer – sein Lebenswerk in Die Warte vom 17. Juni 2010.

♦ D'AILLEURS

Erreur et ignorance

Sirius

On ne compte plus les philosophes qui ont traité de la vérité. Il en est peu, en revanche, qui se soient penchés sur l'erreur. Pourtant, l'erreur occupe une place importante dans notre vie. «*Errare humanum est; perseverare, diabolicum*», dit un proverbe latin. Se tromper est humain. L'erreur s'explique par la constitution de notre nature. Ce n'est pas la vérité qui est la règle, mais bien l'erreur. Sans cesse, en effet, nous sommes guettés par l'erreur. Bien qu'elle soit d'une affligeante banalité, l'erreur mérite néanmoins qu'on s'y attarde, d'autant plus qu'elle est à l'origine de bien des maux, mais, ce qui est plus paradoxal, de bien des effets salutaires. Alors, tâchons de voir en quoi consiste l'erreur, comment elle se produit, et quels moyens nous avons de nous prémunir contre elle?

On entend par erreur l'acte de l'esprit qui affirme vrai, c.-à-d. réel, ce qui est faux, c.-à-d. contraire à la réalité, ou, inversement, l'acte de l'esprit qui affirme faux ce qui est vrai. «Le contraire de la vérité est la fausseté; quand elle est tenue pour vérité, elle se nomme erreur» (Kant). L'erreur diffère donc de la simple ignorance, qui se réduit à ne pas savoir: elle consiste dans une ignorance réelle doublée de l'illusion du savoir. «L'erreur n'est pas une pure négation, simple défaut ou manquement de quelque perfection qui ne m'est point due» (Descartes), mais une «privation de connaissance» (Spinoza).

Il n'y a d'erreur que pour un être pensant; l'erreur n'est pas dans les choses, mais dans le jugement que je peux porter sur elles. Les choses sont ce qu'elles sont; dans ce sens, elles sont toujours vraies. Ceci dit, il y a des choses qui s'imposent à l'esprit avec une telle évidence qu'il ne saurait y avoir erreur. Par exemple, 10 est divisible par 2 et par 5. D'autres objets induisent en erreur, tel le bâton partiellement immergé et que l'on voit brisé. On parle dans ce cas-là d'illusion d'optique. Mais les illusions ne se produisent pas dans le seul domaine sensoriel. Il en est aussi dans le domaine de la pensée pure, comme le montrent le sophisme ou le paralogisme, raisonnements qu'une certaine apparence de correction fait à tort juger corrects. Comme dit le proverbe, «les apparences sont trompeuses»; elles se font tout naturellement prendre pour ce qu'elles ne sont pas. L'erreur consiste à dire ce qui n'est pas.



Christophe Colomb débarquant au Nouveau Monde: Cette gravure, extraite d'un livre publié à Francfort en 1594 (102 ans plus tard!) montre d'une manière assez fantaisiste Christophe Colomb accueilli par les Indiens des Antilles.

La connaissance n'est pas l'enregistrement passif des impressions venues du dehors. La représentation résulte de la conjonction de l'objet connu et du sujet connaissant. «*Quidquid recipitur ad modum recipientis recipitur*», disaient les scolastiques. Tout ce que l'esprit reçoit, il le reçoit à sa manière. C'est pourquoi des individus différents n'auront pas du même objet une représentation identique, et chez le même individu la représentation variera en fonction de son état subjectif. Nous sommes donc souvent induits en erreur par notre état organique. Par ailleurs, un grand nombre de nos erreurs tiennent à nos préjugés, qu'ils soient collectifs ou individuels. Alors, comment nous préserver de l'erreur? En suspendant notre jugement, en se défendant de toute affirmation, l'épochè préconisée par les sceptiques de l'antiquité? Position intenable. D'ailleurs, le sceptique lui-même ne l'abandonne-t-il pas par le seul fait qu'il énonce sa thèse? En affirmant qu'il ne faut rien affirmer, ne pose-t-il pas une affirmation comme certaine?

Chose étonnante, enfin: la vérité passe souvent par la case «erreur». «L'erreur, affirme Alain, est le premier état de toute connaissance». «Pas de démarche objective sans la conscience d'une erreur intime et première», écrit Gaston Bachelard. C'est le choc de l'erreur qui déclenche, plus souvent que l'on ne croit, l'étincelle de la vérité. Aussi le travail essentiel du chercheur

consiste-t-il dans l'élimination progressive de l'erreur. Le savant ne donne pas ses hypothèses pour des propositions évidentes ou démontrées. Il se maintient à leur égard dans l'attitude du doute. C'est le doute méthodique, cher à Descartes. C'est par une sorte de saut dans l'incertain que se conquiert la vérité. Le savant qui émet une hypothèse s'expose à l'erreur. L'histoire des idées – notamment scientifiques – abonde en exemples d'erreurs qui, loin d'arrêter le mouvement de la pensée, se sont révélées d'une fécondité sans pareille. La théorie de la relativité est en partie issue d'une expérience qui a échoué (celle de Michelson-Morlay). Les antibiotiques, l'une des découvertes majeures du XX^e siècle, sont issus d'une erreur de manipulation d'un laborantin. Christophe Colomb était persuadé – il est même mort dans cette illusion – qu'il avait abordé aux rivages du Cipangu (le Japon), alors qu'en réalité il avait accosté aux Antilles.

Ayons le culte de la vérité. Mais que ce culte ne nous trompe pas sur le rôle de l'erreur dans notre vie. Faisons de l'erreur un moyen d'accéder à la vérité. Ce qui est néfaste, c'est de rester dans l'erreur: persévérer est diabolique. Or, ce qui nous permet d'éviter l'erreur, ce sont surtout des vertus morales telles que la modestie, la tolérance, la maîtrise de soi, de ses paroles et même de ses pensées, de sorte que les affirmations ne dépassent jamais le degré de certitude réellement atteint. ■

Eriwwer ass eriwwer, oder?

Mil

Ee schmuele Pad um Bord vum Bësch. Wäit a breet kee Mënsch, mä ech héieren e schwätzen. Ech wäert dach net zu mengen alen Deeg ...?

Da gesinn ech en. Hie sëtzt e wéineg vum Pad of am Rampli, de Réck widdert ee Bam gestäipt an en huet – wéi kënnt et aneschtens sinn? – den Handy beim Ouer. Niewent him steet eng vollgepaakte Sacoche.

„Nee, mäi Kand!“, seet hie ganz décidéiert, wann ech grad laansch ginn. „Mir geet et duer!“

Hien hëlt sech Zäit, fir mir – emol net onfrëndlech – „moien“ ze soen. Dann ass en erëm amgang ze dee-gegen:

„A sou! Et ass dir net esou gemengt! Du bass nun eemol esou! Wéi einfach! ... Da läit et deemno nëmmen u mir! ... Kuck hei! Ech muss dech huelen, wéi s de bass! ... Géff der keng

Méi! Ech sinn deeër Zeenen esou sat ewéi deeër kaler Ierzen. Et geet elo duer! ... Eriwwer ass eriwwer!“

Ech héieren hien nach wéi laang rieden – wann ech weiderginn. Eng Véirelstonn drop, wann ech bei der Kapell stinn, gesinn ech hien – d'Sacoche op der Schëller – hanne laansch de Kierfecht an d'Duerf dorower goen. Et géif mech nawell interesséieren, wou deen do den Owend campéiert. Soll en net awer erëm ...? ■

Sie veränderte den Lauf der Geschichte

Eine geheime unbekannte Maschine

Kryptologie als Geheimwaffe im Zweiten Weltkrieg

André Schwarz

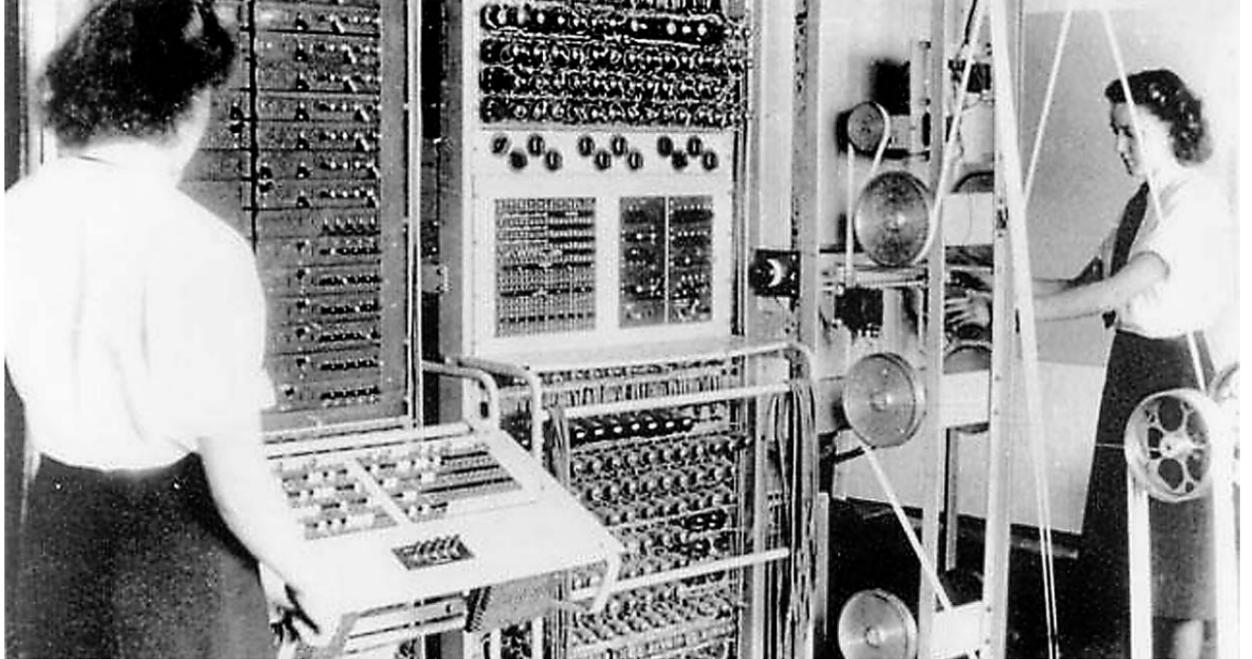
Am 1. Juni 1944 nehmen britische Ingenieure eine völlig neuartige „Maschine“ in Betrieb. Eine „Maschine“ die unbedingt notwendig ist, damit die anstehende Landung in der Normandie überhaupt Aussicht auf Erfolg haben kann. Denn die Alliierten sind sich längst bewusst, dass sie dazu über wesentlich mehr strategisch zuverlässige Informationen verfügen müssen, als ihnen Luftaufklärung, Überläufer, Agentennetze oder Spione liefern können.

Der Funkverkehr des Gegners enthält alle benötigten Informationen über Stationierungen, geplante Verlegungen, Operationen oder Kampfstärke der Truppen und bietet sich als „die“ Quelle an. Und diese neuartige „Maschine“ soll es den Alliierten erlauben, all diese Informationen, obwohl verschlüsselt übertragen, zeitnah mitzulesen. Eine „Maschine“ deren bloße Existenz alle Beteiligten während der folgenden 40 Jahren leugnen müssen.

Neuer Moment in der Kryptologie

Verschlüsselungen von Botschaften sind bereits seit Julius Cäsar üblich, wie auch regelmäßige Entschlüsselungen. Im Jahre 1926 tritt jedoch ein neuer Moment auf. Polen, das sich der latenten Kriegsgefahr bewusst ist, scheitert trotz seiner Erfahrungen daran, die Funksprüche der deutschen Marine und des Heeres mit den bekannten kryptanalytischen Methoden zu dechiffrieren. Bald bestätigt sich der Verdacht, dass die Deutschen eine neuartige maschinelle Chiffrierung anwenden, die nur durch wissenschaftliche Methoden zu brechen ist. Mit vom französischen Geheimdienst beschafften Unterlagen und mit viel intuitiver Logik gelingt den Polen die Brechung der ENIGMA I-Verschlüsselung. Es ist der erste Beweis dafür, dass zur erfolgreichen Kryptanalyse maschineller Chiffrierungen „intelligence“ erforderlich ist: Diese beschafft man durch Diebstahl oder Kopie und durch Kompromittierung: Der polnische Mathematiker Rejewski beobachtet Häufungen bestimmter Schlüssel durch schlechte Gewohnheiten der Operatoren und konstruktionsbedingte Unzulänglichkeiten und wertet diese mit der mathematischen Gruppentheorie aus.

Ab September 1938 macht ein Verfahrenswechsel die Dechiffrierungen unmöglich. Doch Zygaliski kann mit seinem Lochkartenverfahren („Zygaliski Sheets“) schon bald wieder dechiffrieren und ab November stehen dafür sechs schnelle elektromechanische BOMBA-Maschinen zur Verfügung, die Palluth mittels eines von Rejewski erarbeiteten Algorithmus entwickelt hat. Im Januar 1939 erfolgen weitere Modifikationen der ENIGMA. Die damit erforderliche Aufstockung an BOMBA-Maschinen und Fachpersonal überfordern schlicht die Ressourcen des polnischen Geheimdienstes.



Station X übernimmt

In den 30er-Jahren gelingt es Alfred D. Knox, in den Diensten der britischen Geheimdienstes MI6 stehend, mittels linguistischer Kryptanalyse die im spanischen Bürgerkrieg verwendete ENIGMA D zu entziffern. Doch bei der ENIGMA I muss er passen, da Knox, obwohl ein erfahrener Linguist, Probleme bei der Entzifferung der zu komplexen Chiffrierungen hat. Erst als bei einem Treffen im Juli 1939 aufgrund der offenkundigen Kriegsgefahr die Polen den verblüfften Experten Englands und Frankreichs die Funktion ihrer BOMBA und des Lochkartenverfahrens erklären und ihnen dabei auch ihre Unterlagen, Lochkarten und nachgebaute ENIGMA I übergeben, besteht die Hoffnung, möglichst bald wieder die deutschen Funksprüche mitlesen zu können.

Die Unterzeichnung des Molotow-Ribbentrop-Paktes am 23. August 1939 und damit die Gewissheit, dass der Krieg unausweichlich ist, veranlasst die Kryptanalytiker des MI6, ihre Arbeitsstätte in das abgelegene Bletchley Park

Mit COLOSSUS ermöglichte der britische Elektroingenieur Tommy Flowers den Alliierten, die strategisch wichtigen Geheimnachrichten zwischen Hitler und seinen Generälen mitzulesen.
(Foto: webfronter.com)



Tommy Flowers' neuartige „Maschine“ namens COLOSSUS ist der weltweit erste vollelektronische digitale Computer und lieferte den Alliierten genaue und zuverlässige Informationen für die Landung in der Normandie.

(Foto: Bletchley Park Museum)

(BP) 40 Meilen nördlich von London zu verlegen, um hier unter dem Decknamen Station X bis Ende 1945 zu arbeiten. Bereits in den Monaten vor Kriegsausbruch sucht Alastair Denniston die britischen Universitäten ab nach geeigneten Mathematikern und Linguisten, die als Codebrecher eingesetzt werden können. Um die neuen Mitarbeiter in BP unterbringen zu können, verlegt man die Arbeitsplätze in vorgefertigte Holzhütten, die berühmten „huts“. Aus Geheimhaltungsgründen werden die verschiedenen Sektionen in BP nur noch mit ihrem „hut“-Namen geführt. Den Verantwortlichen wird auch klar, dass die zu erwartende Unmenge an militärischen Informationen die Kapazitäten von Knox' bisheriger Sektion sprengen werden. Daher muss zusätzlich zu der Dechiffrierung eine eigenständige Auswertungssektion kommen und auch der Kontakt zu den Funk-Abhörstationen, den so genannten „Y-Services“, muss wesentlich verbessert werden. Damit entsteht in BP die weltweit erste „Produktionslinie zur militärischen Informationsgewinnung“.

Turings BOMBEn

Bereits als visiting fellow in Princeton baut der Mathematiker Alan Turing¹ 1937 seine erste kryptologische Maschine. Ende 1938 belegt er Kryptologiekurse des MI6 und assistiert Knox bei dessen ersten Versuchen, die Enigma I zu attackieren. Im September 1939 verpflichtet man ihn als hauptberuflichen BP-Mitarbeiter und erteilt ihm den Auftrag, nach Methoden zu suchen, die die Schwächen des polnischen Entzifferungsverfahrens vermeiden. Turing findet eine Lösung: Er ersetzt in verschlüsselten Funksprüchen den fehlenden Klartext durch die Annahme eines Wor-

tes, das im Text wahrscheinlich vorkommt (probable word) und dessen Stellung ungefähr bekannt ist. Beispielsweise senden deutsche Dienststellen täglich einen verschlüsselten Wetterbericht, in denen fast sicher das Wort „Wetter“ enthalten ist und den strengen deutschen Vorschriften nach muss sich dieses an einer bestimmten Position befinden. Diese Klartextfragmente nennt man „cribs“, und Turing geht davon aus, dass mit Hilfe dieser „cribs“ der jeweilige ENIGMA-Schlüssel rekonstruierbar ist. So schafft er es im Dezember 1939, ENIGMA-Funksprüche aus dem Jahre 1938 zu entziffern, aber keine aktuellen Funksprüche. Um herauszufinden, warum dies ihm nicht gelingt, trifft er im Januar 1940 in der Nähe von Paris die inzwischen geflüchteten Polen. Mit den von den Briten wesentlich erweiterten „Zygaliski Sheets“ gelingt es ihnen zum ersten Mal, in den ENIGMA-Kriegsverkehr einzubringen.

Um die Dechiffrierung wesentlich zu beschleunigen, entwirft Turing eine elektromechanische Maschine, die im März 1940 in Betrieb geht. „Victory“ enthält 30 rotierende Trommeln und simuliert somit gleichzeitig die Aktion der Räder von zehn ENIGMA-Maschinen. Damit können alle verschiedenen Möglichkeiten der Schlüsselräder-Einstellungen durchprobiert werden, um zu sehen, ob der vermutete Klartext im abgefangenen Funkspruch erscheint. Jedes Mal, wenn Turings BOMBE eine mögliche Übereinstimmung findet, wird diese auf einer kryptologisch verbesserten ENIGMA (TYPEX) ausprobiert, um zu sehen, ob ein deutschsprachiger Text erscheint. Wenn dies der Fall ist, wird dieser zur Informationsgewinnung an „hut 3“ weitergeleitet. Im August 1940 geht eine zweite nach einer Idee von Gordon Welchman modifizierte BOMBE („Agnus Dei“) in Betrieb, wobei er seine Theorie, dass die ENIGMA-Verschlüsselungen umkehrbar sind, umsetzt². Dadurch, dass nun diese beiden Möglichkeiten gleichzeitig getestet werden, steigt die Effizienz der Suche drastisch an, und man kommt zudem mit kürzeren „cribs“ aus. ▶

► ULTRA

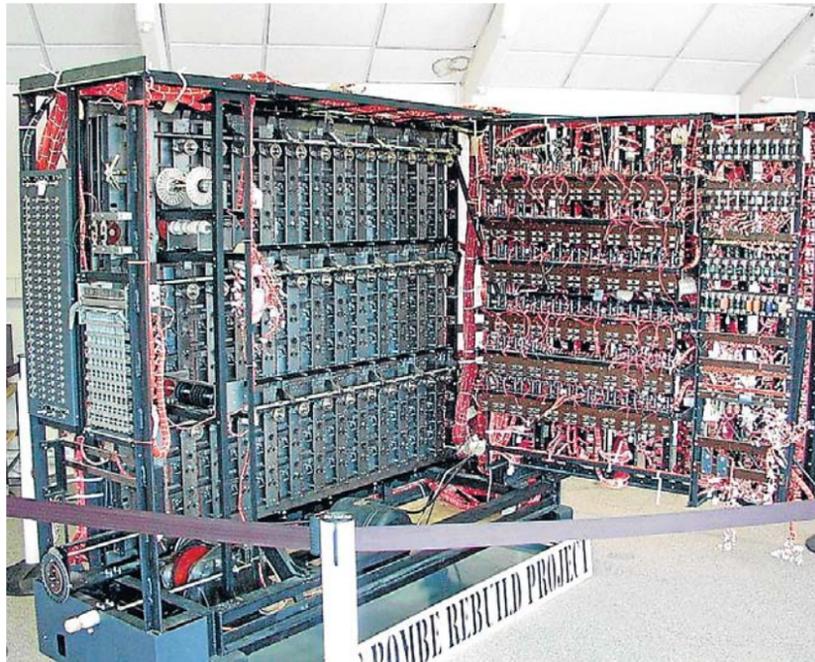
Wie bereits erwähnt, braucht man neben Maschinen auch „intelligence“. Und diese besorgen sich die Briten, indem sie z.B. deutsche Wetterschiffe, Frachter oder U-Boote kapern. Mit deren Codebüchern, mit immer häufigeren „cribs“, einer wachsenden Anzahl von BOMBEN und dem von Turing erfundenen „Banburismus“-Verfahren gelingt es Turings Team, die deutsche Marine-ENIGMAs „Dolphin“ und „Shark“ mit Unterbrechungen bis zum Kriegende mitzulesen und so alliierte Schiffskonvois vor den lauenden deutschen U-Booten zu retten. Andererseits bleibt die unter dem Codenamen „Red“ geführte Luftwaffen-ENIGMA wegen ihrer mangelhaften Verschlüsselung bis zum Kriegsende eine sprudelnde „intelligence“-Quelle, da sie wegen ihrer Heeresunterstützung indirekt über dieses Informationen liefert.

Darüber hinaus veranlassen die Entzifferer in BP deutsche Dienststellen bekannte Begriffe unfreiwillig zu verschlüsseln („gardening“): Sie lassen beispielsweise eine Markierungstonne einer Hafeneinfahrt zerstören, und können dann sicher sein, sehr bald chiffrierte Warnmeldungen zu erhalten wie „Markierungstonne Einfahrt Calais zerstört“ usw. Überdies verbreiten die deutschen Dienststellen diese Warnmeldungen fast immer mit verschiedenen Verfahren verschlüsselt, dazu wortgleich, womit BP dann per Klartext-Geheimtext-Kompromittierungen ungelöste Probleme mit Verschlüsselungen lösen kann.

Diese hervorragenden wissenschaftlich-technischen Leistungen erbringen die etwa 10 000 Mitarbeiter in BP, das damit zum weltweiten Zentrum der maschinellen Kryptanalyse wird. Ihr Material erhalten sie von den Abhör- und Peilstationen, die der „Y-Service“ weltweit errichtet hat. Der Personalbedarf dafür ist immens, so arbeiten z.B. nur in einer Station [Beaumanor (GB)] 1 200 Personen in vier Schichten. Dieser Aufwand ist erforderlich für das Abhören aller Frequenzen, Überwachung deren Funkaktivitäten und die korrekte Aufzeichnung der Sendungen. Die Mitarbeiter in BP und des Y-Service bilden die bis 1974 geheimgehaltene Organisation ULTRA. Diese entziffert fast alle erreichbaren Funksendungen nicht nur der deutschen Wehrmacht, sondern auch der Abwehr, der Reichsbahn, der SS, der Polizei usw. Dazu kommen italienische Militärsendungen, die für den Mittelmeer-Krieg sehr wichtig sind, und die häufigen, meist sehr informativen Sendungen der japanischen Botschaft in Berlin.

Einer der größten Chiffrierfehler geschieht, als Karl Dönitz am 30. Januar 1943 seine Beförderung zum Großadmiral und Oberbefehlshaber allen Marinedienststellen und durch Funk den Schiffen mitteilen lässt. Die zuständigen Nachrichtenoffiziere (wegen fehlender elementarer kryptologischer Kenntnisse) lassen den Text wortgleich mit allen relevanten Verfahren verschlüsseln und dann senden, und liefern so den Kryptologen in BP für alle Marine-Chiffrierverfahren eine Klartext-Geheimtext-Kompromittierung, ein Super-„depth“. Überdies war die Verschlüsselung unsinnig, denn es ist keine Geheimnachricht – sie steht am nächsten Tag in den Zeitungen.

Die Sammlung und Auswertung aller Informationen verschafft eine einmalige informelle Überlegenheit (was der geniale Strategie Winston Churchill im Gegensatz zu den Deutschen früh-



Wie überragend die Leistungen des Ingenieurs Harold Keen und dessen Team bei Konstruktion und Bau waren, offenbarte sich erst, seitdem rezent versucht wird, in BP eine solche BOMBE zu rekonstruieren.

(Foto: Tom Yates über wikipedia.de)

zeitig erkannt hat): Neben taktischen Informationen für den U-Boot-Krieg, ermöglicht sie z.B. den Alliierten vor kritischen militärischen Ereignissen das Führungsverhalten der dabei kommandierenden deutschen Offiziere meist richtig zu prognostizieren, weil deren Persönlichkeitsprofile im Laufe des Krieges erarbeitet worden sind.

Man geht keine Risiken während des Krieges in England ein: Der umfangreiche (bis eine Mio. Worte pro Tag) und militärisch wichtige Nachrichtenaustausch per Fernschreiber mit den USA ist wegen der großen Länge der Texte durch Kryptanalyse besonders gefährdet. Um diesen Nachrichtenverkehr zu sichern, entwickelt der MI6 eine besonders sichere Version des One Time Pad-Verfahrens, genannt ROCKEX. Dessen nur einmal verwendete Schlüssel erzeugt man nicht maschinell, sondern tastet elektronisches Rauschen ab. Darüber hinaus verschleiert man elektronisch die Betriebszeichen (Zeilenvorschub usw.), um jegliche Möglichkeit der Schlüsselanalyse auszuschließen.

TUNNY gegen SZ42

Nachrichten mittels ENIGMA zu verschlüsseln, ist langsam und benötigt mehrere Operateure. Jeder Buchstabe wird einzeln eingegeben, und das aufleuchtende Zeichen wird per Hand notiert und anschließend wird der ganze Text mit zusätzlichen Kennzeichen per Morse-Code gesendet. Wesentlich schneller sind die Geheimfernschreiber Lorenz SZ („Tunny“) und Siemens und Halske T52 („Sturgeon“), doch ihre Dechiffrierung ungleich schwieriger. Bereits 1940 gelingt es den Schweden, die T52a/b zu brechen. Den Briten verhehelt die deutschen Operatoren mit ihrem „operator chat“ in Klartext und einem unsachgemäßen Gebrauch zu genügenden „depths“, um auch die T52c zu entziffern. London interessiert sich vor allem für die vom Heer betriebenen SZ42-Linien: Über diese läuft die Kommunikation der obersten deutschen Führungs-

ebene (Hitler, OKW, Heeresgruppen), eine Entzifferung der Kommunikation würde den Alliierten kaum abschätzbare Vorteile für ihre strategischen Planungen bringen.

Im August 1941 geschieht ein schwerwiegender Fehler bei Testsendungen, der es den BP-Kryptologen Tiltmann und Tutte der „Tunny“-Abteilung ermöglicht, bis Januar 1942 den Algorithmus der Chiffrierung zu erarbeiten. Um diesen maschinell auszuwerten, konstruiert die Britische Post in ihrem Forschungslaboratorium in Dollis Hill einen SZ42-Simulator aus Telefon-Hubdrehwählern und Relais („Tunny machine“). Doch zur Entzifferung braucht man zusätzlich auch die SZ42-Schlüsselräder, die sich nur mit großem personellen Aufwand kryptanalytisch ermitteln lassen. Zu einer prekären Lage kommt es im August 1942, als, bedingt durch ein neues von der Wehrmacht eingesetztes Verfahren, sich diese nicht mehr ermitteln lassen. Man muss auf Turing zurückgreifen, der eine neue (nicht maschinelle) Entzifferungsmethode namens „Delta-K“ entwickelt, auch „Turingery“ genannt, die durch Tutte zur „statistical method“ erweitert wird.

Damit gelingt es im Januar 1943, die neue SZ42-Fernschreiblinie zwischen Rom und Rommels Hauptquartier in Tunesien mitzulesen, und BP kann mit diesen Informationen die Entscheidungskämpfe an der Afrikafront beeinflussen. Allerdings erfordert das einen enormen personellen Aufwand, da damals nur Tabelliermaschinen als Hilfsmittel zur Verfügung stehen, um die Tagesschlüssel der SZ42-Maschine zu bestimmen.

Der Mathematiker und Leiter der Tunny-Abteilung Max Newman schlägt vor, diese umfangreichen Zählprozesse durch elektronische Zählmaschinen zu beschleunigen. Bereits im Juni 1943 arbeitet die „HEATH ROBINSON“, die gleichzeitig zwei Lochbänder photoelektrisch mit je ca. 1 000 Zeichen/sek. liest, eines mit der Schlüsselsequenz, das andere mit dem Geheimtext, und beide als Endlosschleife verklebt. Der Leseprozess startet mit einem Versatz um ein Zeichen, so dass nach jedem Umlauf eine andere Phasenlage entsteht.

Die gelesenen Impulsfolgen steuern die „combining unit“ (von Tommy Flowers entworfen), die die beiden Impulsströme per Boolescher Algebra vergleicht. Die resultierenden Übereinstimmungen zählt dann die von Wynn-Williams konstruierte teil-elek-

tronische digitale Zählmaschine. Besondere Probleme bereiten häufige Bandrisse wegen der erforderlichen vielen schnellen Umläufe. Überdies bringen Synchronisationsprobleme infolge Lochbanddehnungen den kryptanalytischen Prozess außer Tritt. Auch die nachfolgende SUPER-ROBINSON scheitert an diesen Problemen.

COLOSSUS I und II

Flowers schlägt stattdessen eine komplett neue Maschine vor, vollelektronisch digital arbeitend und nur mit einem Band zur Eingabe, um Synchronisationsfehler von vornherein auszuschließen. Für die Realisierung rechnet er mit ca. 2 000 Röhren für die gesamte Elektronik, doch das gilt in BP wegen der zu erwartenden Unzuverlässigkeit als nicht akzeptabel: Schon der Ausfall einer einzelnen Röhre könnte zu großen Rechenfehlern führen, und überdies würde man das bei digitalen Logikschaltungen kaum sofort bemerken, so der damalige Wissensstand. Der einzige, der das Projekt nicht ablehnt ist Newman, er lässt sich von Flowers' Vorkriegs-Erfahrungen mit Röhren bei Telefonzentralen überzeugen.

Der kriegsbedingte Zeit- und Erfolgsdruck zwingt Flowers, sofort mit der Konstruktion zu beginnen; Zeit für Testschaltungen, um seine Ideen zu prüfen, bleibt nicht. Er ersetzt die Synchronisierung durch eine Taktsteuerung, damals eine völlig neue Idee. Dazu wird das Geheimtextband mit 5 000 Ziffern/sek. fotoelektrisch gelesen, und dessen Transportlochung steuert als Taktgeber das gesamte System. Den Speicher für die fünf Kanäle des Fernschreib-Codes entwirft er als fünffaches Schieberegister mit Thyatronröhren, das den Schlüsselstrom entsprechend dem SZ42-Algorithmus erzeugt. Diese Bit-Folge vergleicht die Maschine (alle fünf Kanäle parallel!) per Boolescher Logik mit dem eingelesenen Geheimtext mittels von Newman und Tutte entworfenen kryptanalytischen Algorithmen. Dabei gefundene Übereinstimmungen werden gezählt und die Ergebnisse zwischengespeichert.

Den störungsfreien Betrieb mit 1 500 Röhren (später 2 500 bei COLOSSUS II) gewährleistet er (was damals als nicht realisierbar gilt), durch Herabsetzen der Röhrenleistung auf 30 % und Dauerbetrieb bei konstanten Temperaturverhältnissen. Nach nur neun Monaten Planungs-, Bau- und Montagezeit kann der neuartige Rechner in Betrieb genommen werden, wobei Leistung und Betriebssicherheit die Erwartungen übertreffen. ►

¹ Ein Unbekannter, Unsterblicher, in DIE WARTE vom 7. Juni 2007

² Welchmans Annahme war richtig. Die ENIGMA-Konstrukteure Schrebius und Korn glaubten, wie die interessierten Militärs, dass durch einen zweimaligen Stromdurchgang durch die Walzen die Chiffrierung verstärkt würde. Aber damit erreichten sie das Gegenteil: Die Maschine wurde reziprok, d.h. Chiffrierung und Dechiffrierung erfolgten bei gleicher Einstellung, und erleichterte den Kryptanalytikern die Arbeit sehr. Es ist ein Musterbeispiel dafür, wenn kryptologische Laien auf empirischer Basis eine elektromechanisch hervorragende Maschine entwickeln und bauen und glauben (wie ihre Abnehmer wohl ebenso), dass die theoretisch ermittelte große Zahl der Schlüsseleinstellungen der ENIGMA allein deren Sicherheit ausmachen würde.

Wer ist gemeint? Eine geheime unbekanntete Maschine



Das Bauen der Renaissance prägte er wesentlich mit

Wer auch nur halbwegs mit der Stadt Rom vertraut ist, weiß um die Sehenswürdigkeiten, die das Quartier rund um die Piazza Santa Maria in Trastevere bereithält. Nur wenige Gehminuten von der Porta Aurelia entfernt trifft man beispielsweise auf ein steinernes Meisterwerk der Hochrenaissance, nämlich eine kreisrunde, mit Säulen und Kuppel versehene Kapelle. Nach den Vorstellungen des Architekten hätte die angrenzende Bebauung auf die dadurch vorgegebenen Proportionen ausgerichtet werden sollen. Dazu kam es aber nicht. Also sehen wir das stilbildende „Tempietto“ im Innenhof eines Klosters.

Der heute Gesuchte lieferte Konstruktionspläne für etliche Sakralbauten. Sein berühmtestes und zweifellos folgenreichstes Projekt konnte er allerdings nur in der Anfangsphase leiten; danach wurden Michelangelo, Carlo Maderno, Gian Lorenzo Bernini und viele andere daran beteiligt. Im Verlauf der bis ins 17. Jahrhundert andauernden Bauarbeiten nahm diese Kirche denn auch eine völlig andere Gestalt an, als es vom ersten Auftragnehmer beabsichtigt worden war – lediglich ein Treppenturm entging dem umgestaltungs-freudigen Zugriff seiner Nachfolger.

Über Kindheit und Jugend des hier zu Entziffernden liegen wenige gesicherte Informationen vor. Nicht einmal der Tag seiner Geburt ist überliefert. Mit der Aufnahme beruflicher Tätigkeit gewinnt diese Biografie jedoch zügig an Kontur. So ist ein Wirken in Bergamo und Vigevano nachweisbar; als wichtiger Aufenthaltsort wird Mailand genannt. Seine Übersiedlung an den Tiber lässt sich einem militärisch bedingten Wechsel der lokalen Machtverhältnisse zuschreiben.

70 Jahre soll das Leben dieses Mannes gewährt haben. An dem, was er ins Werk gesetzt hatte, orientierten sich noch zahlreiche Kreative. Zugleich gab es immer wieder Klagen, weil auch überaus Erhaltenwertes abgerissen worden war. Das ihm in seiner Zeit angehängte Etikett „Maestro Ruinante“ ist unvergessen. Enzyklopädien verzeichnen den nun in groben Zügen Dargestellten unter einem Beinamen, der von seinem Großvater mütterlicherseits stammt. – Um wen handelt es sich?

Christian Schnitzler

Auflösung:

Neubau des Petersdoms.
Er kam um 1444 in Monte Adriano nahe
auftraucht und gemeinhin Bramante genannt wird.
der in den Quellen auch als di Pascuccio d'Antonio,
Diese Zeilen gelten Donato di Angelo di Antonio,
auftraucht und gemeinhin Bramante genannt wird.
Er kam um 1444 in Monte Adriano nahe
Fermignano zur Welt und starb am 11. März 1514
in Rom. Papp Julius II. beauftragte ihn mit dem

► In COLOSSUS II, am 1. Juni 1944 betriebsbereit, können zusätzlich bedingte Sprungbefehle und Verzweigungen geschaltet werden, weil Verbesserungen der SZ42 (und die geplante Landung) dies erfordern. Mit den nach und nach installierten zehn COLOSSI II kann BP die Schlüsselstellungen (wheel settings) meist innerhalb weniger Stunden ermitteln. Damit kann anschließend die „Tunny machine“ den Klartext erzeugen – überwiegend längere Texte der obersten Führungsebene der Wehrmacht.

US-Technik: Desch-US-BOMBE und Mark I

Bereits im Dezember 1940 besucht eine US-Delegation inoffiziell BP und wird dort umfassend informiert. Im Oktober 1942 treffen sich Travis (BP) und Wenger (US-Navy) und vereinbaren ihre Zusammenarbeit bei der Brechung deutscher Marine-Chiffrierungen. Denn nach Einführung der komplexeren Marine ENIGMA M4 gelingt es den Briten nicht rechtzeitig, genügend leistungsfähige BOMBE-Maschinen zu bauen. Die US-Navy beschließt, schnelle vollelektronische Vier-Rotoren-Maschinen zu entwickeln. Der damit beauftragte Joseph Desch von der Firma NCR hält dafür ca. 20 000 Röhren für erforderlich (was damals als unmöglich zu betreiben gilt) und beschränkt sich daher (mit Turings Unterstützung), die britische Rotoren-Mechanik mit schnellen elektronischen Zählern und Vergleichern zu kombinieren. Die zur Entzifferung unentbehrlichen „cribs“ liefert im Übrigen BP über eine sichere Fernschreiber-Übertragung. Der BRUSA-Pakt vom Mai 1943 gewährt US-Experten überall Zutritt in BP und ermöglicht eine intensive und erfolgreiche Zusammenarbeit ohne Geheimnisse voreinander. In der Spätphase des Krieges machen fehlende „cribs“ die BOMBE-Maschinen unbrauchbar; das Problem löst eine neue US-Maschine (FILBUSTER), deren Aufbau und Funktion bis heute geheim gehalten wird. In Harvard betreibt Howard Aiken³ seinen von ihm entwickelten und von IBM gebauten vollautomatischen elektromechanischen Rechner Mark I, der aber vor allem zu ballistischen Berechnungen und zur Lösung von Differentialgleichungen für das Manhattan-Projekt verwendet wird, jedenfalls nicht für kryptanalytische Berechnungen.

ENIAC versus COLOSSUS

Im Vergleich zu COLOSSUS muss man ENIAC bei seiner Inbetriebnahme 1945/46 als technisch veraltetes System bezeichnen. Dies wird verständlich, wenn man den historischen Hintergrund einbezieht: Die US-Artillerie benötigt ballistische Tabellen, die sie seit 1934 mit Hilfe des mechanisch-analogen „Bush-differential analyzer“ berechnen lässt. Mit Kriegsbeginn braucht die Army dringend ein schnelleres und genaueres System. Im Juni 1943 beginnt daher in der Moore School of Electrical Engineering ein Team unter Eckert und Mauchly mit der Entwicklung des ENIAC. Heraus kommt eine leistungsstärkere elektronische Version des „differential analyzer“, ein „number cruncher“, den nach Kriegsende eigentlich niemand mehr benötigt. Es scheint auch heute eindeutig zu sein, dass man sich Tommy Flowers' Erkenntnisse, die er bereits 1943 über den Dauerbetrieb von Elektronenröhren bei COLOSSUS gewonnen hatte und die auch den US-Ex-



Winston Churchill erkannte schon in den 20er-Jahren die militärische Informationsgewinnung mittels Kryptoanalyse als strategischen Vorteil und ermöglichte, dass Bletchley Park zum weltweiten Zentrum der maschinellen Kryptanalyse wurde.

perten in BP bekannt waren, bei der Konstruktion bedient hat. Weiterhin sind es interessanterweise gerade die detaillierten Aufzeichnungen der US-Experten von 1943 über COLOSSUS die das COLOSSUS-Rebuild-Projekt im BP-Museums realisierbar machen. Auch wenn COLOSSUS zu kryptanalytischen Zwecken entwickelt wurde, so entspricht sein Konzept der Turingschen Idee und damit bereits den uns heute geläufigen Computern⁴.

Als jedenfalls 1996 das 50. Jubiläum des ENIAC in den USA mit den Begriffen „the world's first large-scale electronic digital computer“ und „birth of information age“ gefeiert wurde, war dies zwar verständlich, aber komplett falsch. Verständlich daher da wegen Geheimhaltungsgründen die Briten bis 1974 sogar die bloße Existenz von COLOSSUS und ULTRA leugneten. Erst 2000 wird der „General Report On Tunny“ de-klassifiziert. Seither sind fast alle Einzelheiten von COLOSSUS bekannt, freilich nicht dessen weiterhin geheimen kryptanalytischen Algorithmen.

„We go tomorrow!“

Als Eisenhower mit diesen Worten den Startschuss für die Landung gibt, sind in den Wochen vorher durch Bombardierungen und Sabotage möglichst viele Überlandtelefonlinien zerstört worden, um die Deutschen zu zwingen, möglichst viel „intelligence“ per Funkverkehr zu übertragen. Dabei entschlüsselt ULTRA auch einige unangenehme Überraschungen. In der zweiten Hälfte des Monats Mai 1944 wird entdeckt, dass die Deutschen davon ausgehen, dass die Küste zwischen Le Havre und Cherbourg der Hauptlandungsplatz sein würde und daher verstärkt Truppen in die Halbinsel entsenden. Doch diese Erkenntnisse ermöglichen den Alliierten, ihre Landungspläne in der Gegend von Utah Beach anzupassen. Ehe die alliierten Schiffe die Leinen lösen, hat ULTRA Anzahl, Identifikation und Lokalisierung fast aller deutschen Divisionen und Luftstreitkräfte, die genaue Lage der Seeminen, die U-Boot-Einsatzpläne, die Probleme bei Treibstoffversorgung und Truppenverstärkung usw. bestimmt. Die Invasion in der Normandie ist in einem solch engen Zeitrahmen vorgesehen, dass diese nicht ausführbar – oder sogar gescheitert wäre – (wie auch die nachfolgenden Operationen) ohne die genauen und verlässlichen Informationen, die ULTRA mit Hilfe von COLOSSUS über die deutschen Trup-

pen und deren geplanten Operationen liefert.

Fazit

Die alliierten Experten sind bei der Vernehmung der deutschen Kryptologen nach dem Kriege überrascht, dass diese die ganze Zeit darüber im Bild waren, dass die ENIGMA und die Fernschreiber nicht sicher sind und genau wussten, wie diese geknackt werden können. Hier zeigt sich ein weiteres Problem der militärisch dominierten Entscheidungsprozesse: Es sind immer militärische Experten, die sowohl die angebotenen Maschinen prüfen und beschaffen als auch später deren Sicherheit zu beurteilen haben, mithin sich selbst beurteilen. Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Offiziere es verstanden, bis zum Kriegsende ihre groben Fehler zu vertuschen, wobei es fraglich ist, ob sie diese überhaupt als solche erkannten.

Hätte die britische Regierung 1945 den Bau von COLOSSUS, dem weltweit ersten digitalen vollelektronischen Rechner bekannt gemacht, dann würde das offizielle Computerzeitalter nicht nach US-Rechnung mit dem ENIAC beginnen. Auch hätten die an COLOSSUS beteiligten britischen Computerpioniere nicht während Jahrzehnten ihren Familien ihre Kriegsarbeit verschweigen und 1996 verbitert miterleben müssen, wie beim ENIAC-Jubiläum ihre wissenschaftliche Pionierarbeit unerwähnt blieb.

Hätten Alan Turing, Gordon Welchman, Harald Keen, Max Newman, Tommy Flowers, Bill Tutte und Zehntausende anderer Mitarbeiter nicht unter größtem persönlichen und unermüdlichen Einsatz während Monaten und Jahren die weltweit einzigartige und größte „intelligence“-Organisation namens ULTRA ermöglicht (und die dann über 40 Jahre totgeschwiegen wurde⁵), der D-Day hätte später stattgefunden (mit fraglichem Erfolg) und der Krieg hätte nicht 1945 geendet. So wären noch Tausende von Menschen in den Fluten des eiskalten Nordatlantik ertrunken und Abertausende auf den Schlachtfeldern und in den Konzentrationslagern eines sich dahinziehenden Krieges zum Opfer gefallen. Diesen Wissenschaftlern und Ingenieuren, Frauen und Männern verdankt die Welt unendlich viel! ■

³ Cobol und Compiler, in DIE WARTE vom 26. Januar 2012.

⁴ The PC-User's Guide to Colossus von Benjamin Wells in [1] chapter 10.

⁵ Das ULTRA-Geheimnis diente nach dem Krieg weiterhin den Geheimdiensten: Regierungsstellen übergaben „großzügig“ zahlreichen Staaten, darunter auch Nato-Alliierten, erbeutete ENIGMA- und andere Maschinen, die ja damals offiziell sicher waren, zur Verschlüsselung geheimer Sendungen. Und konnten so deren Geheimnachrichten mitlesen. Bekannt wurde auch, dass die offiziell sicheren T52e-Fernschreiber von den französischen und norwegischen Verbündeten verwendet wurden – und dass die COLOSSUS-Maschinen bis in die 60er-Jahre in Betrieb waren, angeblich nur zur Ausbildungszwecken.

Bibliografie: [1] Copeland, B. Jack et al.: Colossus, Oxford 2006; [2] , F.H. Stripp Alan: Code Breakers, Oxford 2001; [3] Präse, Michael: Chiffriermaschinen und Entzifferungsgeräte im Zweiten Weltkrieg, mpress 2006.

Ein Leben für die Informatik

Compiler und Cobol

Zum 20. Todestag von Grace Murray Hopper

André Schwarz

Wir schreiben den 31. Dezember 1999. Gleich wird die Jahreszahl auf 00 wechseln. In nur wenigen Augenblicken könnten Flugzeuge vom Himmel fallen, Tausende von Leuten in Aufzügen steckenbleiben, medizinische Geräte ihren lebenserhaltenden Dienst versagen. Und dies alles wegen der „19“, die vor 50 Jahren beim Entwurf der ersten Compiler den stets zu kleinen Computerspeichern zum Opfer fiel. Man hatte Millionen von Programmzeilen auf diese verflixte Zahlenkombination überprüft. Würde dies alles ausreichen? Hatte man nichts übersehen?

Ein Jahrzehnt später wissen wir, dass es glimpflich verlief. Doch damals in den 40er und 50er, als die von der Öffentlichkeit bestaunten „Elektronengehirne“ eine neue Ära verhießen, interessierte das Jahr 2000 vor allem Science-fiction-Autoren. Und die damaligen Programmierer konnten sich wohl kaum vorstellen, dass ihre Programme noch Jahrzehnte später in Millionen von Geräten werkeln würden.

Eine Frau, die für dieses Datumproblem mitverantwortlich ist, war Grace Murray Hopper. Aus heutiger Sicht ist dies erstaunlich, da wir inzwischen an eine männlich dominierte Informatikwelt gewöhnt sind. Die Anfänge der Computerprogrammierung sind aber eindeutig weiblich geprägt. „Schuld“ daran ist der Zweite Weltkrieg.

Spätestens nach Pearl Habor 1941 wird den US-Streitkräften klar, dass sie mit ihren Tausenden von „human computers“, die wochen- und monatelang mit Hilfe von Tischrechnern immer neue ballistische Tabellen für immer neue Geschütze herstellen, riskieren den kommenden Krieg unnötig zu verlängern. Nur eine automatisierte



Der raumfüllende Mark I von 1944 bestand aus 750 000 Einzelteilen, 530 Meilen Kabel und 3 000 000 Drahtverbindungen und lief mit einer Taktfrequenz von 0,33 Hertz.

(Foto: IBM)

und damit wesentlich schnellere Ausführung der von der Waffenindustrie dringend benötigten Berechnungen könnte dies verhindern. Doch die mit dem „differential analyser“ von Vannevar Bush und dem „partially automatic computer“ von George Stibitz bereitgestellten Rechenkapazitäten sind nicht ausreichend bzw. sind diese Rechner nicht geeignet.

Pionierarbeiten

Als am 2. Juli 1944 Grace Hopper auf dem Harvard-Campus in Cambridge eintrifft, weiß sie weder warum man sie dahin beordert hat noch welche Aufgaben auf sie warten. Die promovierte Mathematikerin, die bis dahin am College von Vassar unterrichtet hat, hat sich im Dezember 1943 als 37-Jährige bei der US Navy Reserve beworben, wo sie als wave officer ausgebildet wird. Nach Havard beordert hat sie Howard Aiken, der hier für das Bureau of Ships der US-Navy den ersten vollautomatischen frei programmierbaren amerikanischen Rechner betreibt. Sein Rechner Mark I, den er als Doktorand in Havard für Berechnungen von Reflexionen in der Ionosphäre entworfen hat und von IBM hat bauen lassen, ist inzwischen von der Navy angemietet worden, um ballistische Berechnungen auszuführen. Dieser raumfüllende elektromechanische Rechner kann eine Sequenz von arithmetischen Operationen mit Hilfe von Relais und Zählern ohne menschlichen Eingriff durchführen.

Grace Hopper ist dazu auserkoren, Aikens kleines Team bei der Programmierung zu unterstützen, „als dritte Programmiererin des Mark I“, wie sie sich selbst später oft scherzhaft vorzustellen pflegte. „Damals“, erinnerte sie sich, „musste man wirklich die Funktion jedes einzelnen Relais kennen, sonst konnte man kein Programm debuggen. Weil man nie wusste, ob ein Relais oder sein eigenes Programm

fehlerhaft war.“ Mark I zu programmieren bedeutet, ihm ganz genau Schritt für Schritt alle notwendigen Operationen mitzuteilen. Also müssen alle mathematischen Berechnungen in elementare Schritte zerlegt werden, eine Vorgehensweise, die bis heute noch immer gültig ist. Die kriegsbedingt oft aufwendigen und eng terminierten Berechnungen mit den sehr beschränkten Speichermöglichkeiten von Mark I zu bewältigen, stellt hohe Anforderungen an Leistung und Intellekt – und dies fasziniert Hopper. Da Mark I für den 24-Stunden-Betrieb ausgelegt ist, können aufwendige Berechnungen auch während mehrerer Tagen durchlaufen. Was bedeutet, dass dann alle im Labor übernachten.

Welchem konkreten Zweck die am Mark I ausgeführten Berechnungen dienen, sind nie bekannt. So auch nicht, als 1944 John von Neumann während vier Monaten in Havard verweilt und partielle Differentialgleichungen zweiten Grades ausführen lässt, wobei Hopper ihre bei Richard Courant erworbenen Kenntnisse sehr dienlich sind. Erst Hiroshima und Nagasaki lassen ihnen die Bedeutung ihrer Mitarbeit bewusst werden.

Hoppers Interesse liegt eindeutig in der Programmierung des Mark I und es frustriert sie, wie mühselig die Programmerstellung abläuft. Jeder schreibt für jede spezifische Aufgabenstellung ohne Rückgriff auf bereits existierende Programme von Anfang an ein komplett neues Programm, nur ausgestattet mit eigenen Notizen. Ihr Fokus richtet sie daher auf Methoden, die den Prozess der Programmerstellung beschleunigen. Ein erster Schritt ist, oft wiederkehrende Programme in Notizbüchern festzuhalten, heute als Unterprogramme (subroutines) bekannt. Doch Hopper erkennt, dass dieses manuelle Kopieren von Unterprogrammen nie fehlerfrei ist. Vor allem abends ist die Fehlerquote der Programmierer sehr hoch, so dass Mark I immer wieder wegen Fehler stoppt. Hopper wird klar, dass nur ein Einziger dieses Einfügen der Unterprogramme fehlerfrei bewerkstelligen kann, der Rechner selbst!

Neue Ansätze

Ende 1945 kehren alle aus Aikens Team wieder in ihren zivilen Berufe

zurück. Grace Hopper aber schlägt eine angebotene Professur in Vassar aus, sie befindet sich jetzt in der vordersten Reihe einer neuen und faszinierenden Wissenschaft. Sie will weiterhin in Havard helfen, neue Ideen zu entwickeln und erhält einen Dreijahresvertrag als wissenschaftliche Mitarbeiterin.

Das Kriegsende ermöglicht es, den bis dahin streng geheimgehaltenen Mark I und die Pionierarbeit von Aikens Team der Öffentlichkeit vorzustellen. 1947 organisiert Hopper zusammen mit Aiken in Havard das „Symposium of Large Scale Digital Calculating Machinery“ mit rund 300 Vertretern aus Universitäten, Industrie und Regierung, wo erstmals hochrangige Wissenschaftler wie George Stibitz, Richard Courant und John Mauchly ihre Arbeiten in der Computertechnik vortragen. Dieses Symposium stellt auch die Anerkennung der Arbeiten von Aikens Team durch die akademische Fachwelt dar.

Grace Hopper sieht das Potential des Mark I eindeutig nicht allein bei technischen und wissenschaftlichen Berechnungen, sondern auch bei kommerziellen Anwendungen. 1948 schickt die Prudential Life Insurance Company Mitarbeiter in Aikens Computation Lab, um mit Hilfe von Mark I aus ihren auf Band gespeicherten Kundensätzen Rechnungen zu erstellen. „Das war, soweit mir bekannt ist“, so Hopper, „das allererste Mal, dass ein Programm für Geschäftsdaten geschrieben wurde und auf einem Computer lief.“

Die Univac-Jahre

Am 1. Juni 1949 beginnt Grace Hopper als „senior mathematician“ bei John Mauchlys und Presper Eckerts neuer Computerfirma EMCC. Die beiden Eniac-Pioniere sind überzeugt, dass die Zukunft der Computeranwendungen in Unternehmensbereich, Verwaltung, Militär und Forschung liegt (genau wie Hopper) und wollen für diesen Kundenbereich ihren Universal Automatic Computer (Univac) entwerfen und bauen. Wie viele andere unterschätzen sie den Finanzierungs- und Zeitaufwand, so dass nur eine Übernahme durch Remington Rand es ihnen ermöglicht, den Univac I fertigzustellen. Dessen Konzeption erlaubt endlich eine wesentlich einfachere Eingabe per Schreibmaschinentastatur und seine 5 400 Elektronenröhren machen ihn 1 000 Mal schneller als Mark I.

Hoppers Aufgabe ist es auch, ein Team aufzustellen. Sie überzeugt Havard- und Navy-Leute, ihr zu Remington Rand zu folgen, dabei bevorzugt sie enthusiastische, unabhängige und innovative Leute. Aus Havard bringt sie auch ihre Unterprogrammssammlung mit und kann sich jetzt dem Versuch widmen, ein Verfahren zu finden, das dem Rechner selbst erlaubt, diese Unterprogramme im richtigen Moment und in der richtigen Reihenfolge in den Programmablauf einzubinden.

Der 1. Compiler

Neben der drastischen Reduzierung der manuellen Eingabefehler, ist es ►

Mit Cobol erfüllt sich Grace Hoppers Wunsch nach einer textbasierten Programmiersprache für den Business-Bereich, die auf Computern aller Hersteller lauffähig ist.

(Foto: IBM)



► Hoppers Anliegen, eine Methode zu entwickeln, die es erlauben würde, dass Programme auf unterschiedlichsten Computertypen laufen könnten, was zu dem Zeitpunkt komplett unmöglich ist. So muss z. B. ein Mark I-Programmierer vollständig umgeschult werden, ehe er eine Univac programmieren kann. Hopper erkennt, dass die Softwareerstellung der zukünftige Motor der Computerwelt sein wird und dass die Programmierung ein Flaschenhals ist.

Ab Oktober 1951 schreibt sie jede Programmzeile für ihr Steuerungsprogramm per Hand (Rechnerzugang dafür ist nicht möglich), wobei sie sich an ihrer Erfahrungen mit den damaligen Spielregeln im Frauenbasket orientiert. So findet sie einen Weg, um in einem Programm Vorwärtssprünge in ein Programmteil, der zu dem Zeitpunkt noch nicht existiert, trotzdem zu ermöglichen. Sie sieht im Arbeitsspeicher des Rechners eine „Neutrale Ecke“ vor, in der diese Vorwärtssprünge zeitweise zwischengespeichert sind, bis das benötigte Programmteil erstellt ist.

Im Mai 1952 präsentiert sie bei der „Computing Machinery Conference“ in Pittsburgh ihr Rechner-Steuerungsprogramm, den weltweit ersten „Compiler“, der „A-0“ (A für Algebraisch). Ihr Vortrag „The Education of a Computer“ ist zum Klassiker der Wissenschaftsliteratur geworden. Es ist das erste Werk in Amerika, das ein Kompilierungssystem beschreibt, das Rechner befähigt, ihre eigenen Programme aus den eingegebenen Daten automatisch zu erstellen. Hoppers Argument, weshalb Programmierer ihren Compiler verwenden sollten ist, dass diese dabei fehlerfreie Unterprogramme verwenden, die von einem fehlerfreien Programm automatisch zusammengesetzt werden, so dass logische Fehler die einzigen bleiben, die Programmierer noch machen können und dadurch Zeit sparen. Des Weiteren können Computer den Programmablauf wesentlich besser optimieren. Diese Ideen hatte Alan Turing¹ bereits in seiner berühmten Arbeit von 1936 formuliert, Grace Hopper hat diese dann umgesetzt.

Englisch für Computer

In späteren Interviews betont Grace Hopper immer: „Ich war stets der Meinung, dass man den Leuten das Programmieren so einfach wie möglich machen sollte.“ Denn in den Anfangszeiten gibt es keine Programmiersprachen wie heute, nur Assemblercodes. Ihr Compiler ist ein erster Schritt zur Vereinfachung, für sie muss der Rechner zukünftig Befehle in Textform selbst in den notwendigen Assemblercode übersetzen.

Ihr Vorhaben findet keine Unterstützung bei ihren Vorgesetzten, niemand kann und will sich Programme in Englisch vorstellen. Doch Grace gibt nicht auf. Am 31. Januar 1955 übermittelt sie ihren Bericht „The Preliminary Definition of a Data Processing Compiler“ und demonstriert dem Management an ihrer ersten Version des späteren B-0 Compilers (B für Business) bereits die wesentlich schnellere fehlerfreie Programmierertechnik. Mit ihrem Team entwickelt sie den B-0 zum Flow-Matic weiter. Dies ist ein wichtiger Durchbruch, da jetzt eine zweckmäßige Sprache für Geschäftsdatenverarbeitung verfügbar ist, die einfach zu erlernen und zu handhaben ist. Alle nachfolgenden Compiler befolgen das von Hopper vorgegebene Schema.



Grace Hopper war für die Presseabteilung der Navy in jeder Hinsicht ein Gewinn. Sie gehörte zu den wenigen hochrangigen weiblichen Marineoffizieren, war kommunikativ, schlagfertig und fotogen und stand bis als 80-Jährige in den Diensten der Navy.
(Foto: US-Navy)

Obwohl Hopper nun einen lauffähigen Klartext-Compiler anbietet, wird dieser beharrlich von vielen Programmierern (von Hopper oft als Hophriester bezeichnet) ignoriert. Später bezeichnet sie ihren Job, Flow-Matic an den Mann zu bringen, als eine ihrer größten Herausforderungen. Hopper entwickelt auch die Idee, dass Univac-Computer nicht mehr nur mit Handbuch ausgeliefert werden, sondern mit einer „Babyausstattung“, ihrem Compiler, wenig später wird dafür der Begriff „Software“ üblich.

Cobol

Im wissenschaftlichen Bereich steht mit Fortran ab 1957 eine einheitliche textbasierte Programmiersprache zur Verfügung, nur nicht im kommerziellen Bereich. Wegen der Antitrust-Gesetze kommt aber nur eine Zusammenarbeit der Computerhersteller unter der Obhut eines neutralen Organs in Frage. So kommt es 1958 im Pentagon zum historischen Treffen von Herstellern, Regierungsverwaltungen und wichtigen Kunden. Dies entspricht auch Hoppers lebenslanger Überzeugung, dass nur offene Diskussionen einem Weiterkommen dienlich sind. Vereinbart wird unter Leitung eines Komitees (Codsyl), eine gemeinsame Sprache für Datenverarbeitung in Englisch zu entwickeln. Als Ergebnis wird 1960 die erste Version von Cobol (Common Business Oriented Language) vorgestellt, die vor allem auf Hoppers Flow-Matic basiert. Es ist ein großer Tag für Hopper und ihr Team, als sie ihr erstes Cobol-Programm zuerst auf einer Univac und anschließend auf einem RCA-Computer erfolgreich laufen lassen und damit beweisen, dass eine gemeinsame Sprache auf Maschinen unterschiedlicher Hersteller laufen kann. Dass Cobol bis heute überlebt hat, ist vor allem dem Departement of Defense und der US-Navy zu verdanken, die von ihren Zulieferern verlangen, dass auf deren Computern Cobol-Programme laufen.

1961 wird Grace Hopper zur Leiterin der Forschung für Systeme und Programmierung von Remington Rand befördert, 1964 zum senior staff scientist der Univac Division und vertritt deren

Interessen in den USA, Kanada, Europa und Japan. Sie arbeitet an grundlegenden Theorien der Information, entwickelt neue fortschrittliche Konzepte der Datenverarbeitung in Bereichen wie den medizinischen Wissenschaften, der Sprachübersetzung, den Simulationsprozessen und den Entscheidungs- und Strategietheorien und publiziert diese.

US-Navy, eine fast unendliche Geschichte

Während ihrer Univac-Jahre dient Grace Hopper weiterhin als Freiwillige in der Navy, die sie des Öfteren bei Remington Rand als Beraterin „ausleiht“. Sie spielt somit eine wichtige Rolle bei der Computernutzung der Navy, die vor allem in den Zeiten des Kalten Krieges, des Korea- und des Vietnam-Krieges eine immer größere Expansion erfährt und auch großen Einfluss auf die Kriegsführungskapazitäten hat. Diese Missionen verlangen von ihr, sich in neue Anwendungsgebiete wie Elektronik und Radar, Buchführung und Logistik, aber auch in Sprengstoffe einzuarbeiten. Hoppers Einfluss ist dort am größten, wo sie Programme für Logistik, Personal- und Lagerverwaltung und Bestandskontrolle schreibt. Entsprechend ihren Regeln verabschiedet die Navy am 31. Dezember 1966 nach 23 Dienstjahren die inzwischen 60-jährige Grace Hopper im Rang eines Commanders in den Ruhestand.

Doch bereits am 1. August 1967 wird sie ins Pentagon beordert für einen auf sechs Monate angesetzten Sonderauftrag. Inzwischen besitzen die Navy und das Departement of Defense eine Vielzahl von Computern aus mehreren Generationen, auf denen von den Herstellern oft eigenmächtig „verbesserte“ Versionen von Cobol laufen. Die Programme müssen daher jedes Mal aufwändig für den Einsatz in anderen Rechnern und Nachfolgemodellen überarbeitet werden.

Als Direktorin des Navy Programming Languages Group soll sie mit ihrem Team die Standardisierung der Programmiersprachen in allen Navy-Computern, die nicht zu den Waffensystemen gehören, umsetzen. Um dies zu bewältigen, muss sie zuerst mit Betty Holberton vom National Bureau of Standards geeignete Testprogramme entwickeln. Doch das Volumen der ihr zugeordneten Aufgabe verlangt immer wieder eine Vertragsverlängerung mit der Begründung, „dass keine anderen Offiziere ihre speziellen Qualifikationen besitzen und sie eine anerkannte Expertin für Computertechnologie und eine der landesweit führenden Autoritäten in Computersprachen ist“.

In den folgenden Jahren beschäftigten sie und ihr Team sich u. a. mit der Standardisierung des Navy-Fortran, präsentieren ihre Ergebnisse dem Internationalen Währungsfonds, übertragen erfolgreich Cobol-Compiler auf Schiffs-Minicomputer und mit „Fundamentals of Cobol“ erscheint auch ihr Referenzbuch. 1977 wird die 71-jährige Grace Hopper special advisor to the admiral commanding der neuen Naval Data Automation Command. Am 14. August 1986 verabschiedet die US-Navy die inzwischen 80-jährige Grace Hopper im Rang eines Commodore und als letzte der World War II Waves im Beisein ihrer Familie und Freunde mit allen Ehren in den Ruhestand.

Ein Leben für die Informatik

Hopper führt einen lebenslangen Kampf gegen den offenbar tief verwurzelten menschlichen Widerstand gegen Veränderung. Dies beginnt mit ihrem Compiler in den 50er-Jahren und endet mit dem Ersetzen von Großrechnern durch vernetzte Mini-computer. „Alles, was über ein bestimmtes Stadium der Komplexität hinausgeht, muss zerlegt werden“, beharrt sie, „und zu einem System von Komponenten werden.“ Ein großer Teil ihrer Arbeit bei Univac und der Navy besteht dann auch darin, die Verantwortlichen davon zu überzeugen, die von ihren Teams ausgearbeiteten Ideen und Tools einzusetzen.

Als man sie fragt, auf was sie am meisten stolz in ihrem Leben sei, entgegnet sie meistens, dass dies alle die jungen Leute seien, die sie über die vielen Jahre unterrichtete – das sei ihr wichtiger, als den ersten Compiler geschrieben zu haben. Grace Hopper ist eine leidenschaftliche Lehrerin, der es gelingt, in Abendschulen und in Hunderten von Vorträgen vielen jungen Menschen die neue faszinierende Welt der Informatik erfolgreich zu vermitteln. Das zusammen mit Steven Mandell herausgegebene Lehrbuch „Understanding Computers“ belegt dies. Aber auch die jungen Leute in ihren Teams bei Univac und in der Navy unterweist sie so hervorragend, dass alle später in ihrem Berufsleben erfolgreich sind.

„Wir verbringen einen Großteil unserer Zeit damit, Schülern die technische Sichtweise der Dinge beizubringen“, so Hopper 1985 vor einer Abschlussklasse. „Wie oft muss man daran erinnern, dass wir unsere Schüler so erziehen müssen, dass sie über ein breites Urteilsvermögen verfügen. Sie müssen unsere Geschichte verstehen, sie müssen die Wirtschaft verstehen, sie müssen die Philosophie verstehen, wenn sie auf ihrem Weg in die Zukunft eine sachgemäße Nutzung aller Informationen vornehmen sollen.“ Und dies gilt auch heute noch!

Im Laufe der Jahre häufen sich viele Ehrungen an, wie z. B. als „Woman of the Year“ der Society of Women Engineers oder die National Medal of Technology und sie bringt es auf rund 20 Ehrendoktorwürden. Grace Hopper ist aber nie eine blinde Befürworterin der Computer. „Computer haben nie neue Ideen“, meint sie stets. „Sie haben keine Phantasie. Sie tun nur das, was wir ihnen sagen.“ Oder wie sie es oft kurz und und bündig formuliert: „garbage in, garbage out“. Ein oft von ihr zitiertes Sprichwort ist eine Paraphrase auf Benjamin Franklin und war wohl auch ihr Lebensmotto: „A ship in a port is safe, but that's not what ships are for. DARE and DO“.

¹ Zum 100. Geburtstag von Alan Turing wird das Heinz-Nixdorf-Forum in Paderborn mit Genial & Geheim in zehn Etappen Turings Leistungen bis zum 16. Dezember 2012 würdigen.

Bibliografie:

- Williams, Kathleen Broome: Grace Hopper, Admiral of the Cyber Sea, Naval Institute Press 2003.
- Hopper, Grace Murray, Mandell, Steven L.: Understanding Computers, West Publishing Company 1984.
- Beyer, Kurt: Grace Hopper and the invention of the information age, MIT Press 2009.

Einer der größten Wissenschaftler des 20. Jahrhunderts

Berühmt und doch unbekannt

Zum 100. Geburtstag von Alan Turing

André Schwarz

Die wissenschaftlichen Errungenschaften, die den Namen Turing tragen, zeichnen das Bild eines zweifellos genialen, aber weltfremden Schreibtischgelehrten. Turing ist mittlerweile berühmt, dazu tragen eine Unzahl von Büchern und Artikeln bei, wie auch ein mittelmäßiges Hollywood-Epos über die Enigma. Doch wer ist eigentlich Alan Turing¹?

Ein Kind des Empires

Bei Turings Geburt, 1912 im Londoner Stadtteil Paddington herrscht noch das britische Empire. Eine Weltmacht gekennzeichnet durch Schlachtschiffe und Telegrafenkabeln, die Aufstände im weit verzweigten Weltreich unterwerfen. Turings Vater dient auf zweit-rangigen Verwaltungsposten in Indien, seine Mutter Sara entstammt einer Familie aus lauter Empire-Ingenieuren: Stoneys bauen Dämme am Nil, ziehen Eisenbahnen durch Indien und prägen 1894 sogar das Wort Elektron.

Das Empire geht daran, seine Macht-techniken zu modernisieren: 1904 baut Fleming eine Elektronenröhre, aus der deForest 1906 das erste energielose Steuerelement und in Turings Geburtsjahr auch einen elektronischen Verstärker entwickelt. Doch das Neuland Hochfrequenz erlaubt es Marconi, dem großen Nutznießer fremder Erfindungen Britanniens Machtbasis umzustellen: Dem Kabeltelegrafemonopol folgt die Radiotelefonie.

Wie so viele Kiplings, Turings oder Stoneys wachsen Alan und sein älterer Bruder ohne Eltern in fremder britischer Obhut auf. Es sind die drohenden deutschen Torpedos im Mittelmeer, die seine Mutter 1917 dazu zwingen, in England zu bleiben. Im selben Jahr wird im „Room 40“, der



Alan Turing, von seinen Landsleuten als Homosexueller kriminalisiert, von der Computergeschichte lange Zeit marginalisiert, bleibt einer der einflussreichsten Wissenschaftler des 20. und 21. Jahrhunderts. (Quelle: HNF)

Zentrale des britischen Abhördienstes, das geheime Zimmermann-Telegramm dechiffriert und bewirkt den Kriegseintritt der USA. Das Jahrhundert kriegsentscheidender Kryptoanalysen hat begonnen.

Alan Turing, ein Kind, das die Schule vergeblich versucht zu disziplinieren, konstruiert mit elf Jahren eine erste „ungemein primitive“ Schreibmaschine. Im selben Jahr entsteht auch die „komplizierteste Schreibmaschine“ der Kriegsgeschichte, die ENIGMA und verursacht im Militärfunk dieselbe grundlegende Wende wie Turing später in der Mathematik. Was er weiterhin nicht lernen mag, sind Handschrift, klassische Sprachen und ein Upper-class-Benehmen namens „Lebenskunst“, was er kennenlernt, sind

die zwei großen Bindemittel britischer Elitenzucht: Sport und Homosexualität.

Ein Preisbuchgeschenk führt ihn in Kryptografie ein und begeistert einen Schüler, der nach Lehrerurteil „unter Vernachlässigung seiner elementaren Aufgaben meist höhere Mathematik treibt“. Weshalb das ehrwürdige King's College ihm erst beim zweiten Anlauf die Tore öffnet. 1935, nach einer Promotion über die Gaußsche Fehlerfunktion, ist der Zweiundzwanzigjährige jüngster Dozent im Cambridge Wittgensteins, Moores und all der Intelligenzen, die Göttingen seit der Machtergreifung verloren hat. Während ein radfahrender Turing seine Sommerferien in deutschen Jugendherbergen verbringt, schreibt die Wehrmacht zur informationstechnischen Vorbereitung des Blitzkriegs. Ihr Problem: Es gar nicht erst wieder zu Schützengräben und Stellungskrieg kommen zu lassen. Doch dies setzt Panzerdivisionen mit perfekter Fernsteuerung voraus, die Lösung: UKW-Funk und ENIGMA-Maschinen im ganzen Heer. Mit einer Billion unterschiedlicher Schlüsselstellungen gelten diese als praktisch sicher, bis Turing das Gegenteil beweisen wird.

Die Universale Diskrete Maschine

1935 auf den Wiesen von Grantchester ersonnen, bringt seine „Superschreibmaschine“, wie sie sein Biograf Hodges bezeichnet, obwohl nie gebaut, und doch technisch wie mathematisch revolutionär, seinem Namen den höchsten Erfinderruhm. Dabei ist sein Anliegen, zunächst nur das 1928 von dem deutschen Mathematiker David Hilbert² formulierte Entscheidungsproblem zu lösen – das heißt die Frage zu beantworten, ob sich die Gültigkeit beliebiger logischer Aussagen mit einem mechanischen Verfahren in einer endlichen Zahl von Schritten beweisen lässt. Endlich viele Schritte

sollen eine Analysis ablösen, die seit Leibnitz und Newton unendliche Annäherungen an die Natur gesucht haben. Dazu wählt er die einzige Art von „Computer“, die es in den 1930er-Jahren gibt: einen mit Papier, Bleistift und Instruktionen versehenen Menschen. Dieses Rechnermodell reduziert er formell, indem er alle Spuren von Intelligenz tilgt; zurück bleibt nur die Fähigkeit, Befehle zu befolgen und ein begrenztes Sortiment an Symbolen auf einem beliebig langen Papierstreifen zu lesen und zu schreiben.

Das Ergebnis ist eine mathematische Blackbox, die vorgegebene Instruktionen befolgt. Diese stehen als kodierte Symbole in aneinandergereihten Feldern auf dem Papierstreifen, der zugleich die Eingabedaten aufnimmt. Die jeweils auszuführende Anweisung hängt von dem gerade gelesenen Symbol und dem momentanen internen „Geisteszustand“ der Maschine ab. Sie besteht darin, ein Symbol auf dem aktuellen Feld zu löschen oder zu schreiben, den gegenwärtigen Geisteszustand beizubehalten oder zu ändern und ein Feld nach links oder rechts weiter zu rücken oder – nach dem Ende der Berechnung – anzuhalten. Für eine Turing-Maschine existiert Zeit nicht als Kontinuum, sondern als Folge von Arbeitsschritten. Komplexe Symbole lassen sich letztlich durch zwei einfache Zeichen darstellen – eine Null oder eine Eins. Seitdem gibt es unsere endlosen Bitströme: Computerzahlenreihen, die zugleich Zahlen und Buchstaben, Funktionen und Axiome anschreiben.

Als Zweites weist Turing nach, dass eine solche Maschine theoretisch in der Lage ist, „jede berechenbare Sequenz zu berechnen“. Als „universelle“ Rechenmaschine kann sie beliebig andere Maschinen nachahmen, indem sie eine passende kodierte Beschreibung von deren Arbeitsweise ausführt. Damit schafft Turing das Grundkonzept für die heutige Software. Schließlich löst er Hilberts Rätsel, indem er fragt: Gibt es eine universelle Rechenmaschine, die für jeden beliebigen Automaten, dessen Arbeitsweise sie nachahmt, in einer endlichen Zahl von Schritten herausfindet, ob er mit Sicherheit irgendwann anhält? Turing kann zeigen, dass dies nicht der Fall ist. Damit heißt die Antwort auf das Entscheidungsproblem „Nein“. „Man kann eine Maschine bauen, die alles, was machbar ist, tun kann“, so Turing, „aber man kann keine Maschine bauen, die einem sagt, ob etwas machbar ist.“

Codeknacken für die Alliierten

Am Vorabend des Zweiten Weltkrieges gilt es, jetzt die neue Mathematik auch physikalisch zu implementieren, digitale Algorithmen besetzen jetzt die Labors. Ihre Genauigkeit – im Unterschied zu Analogcomputern, die allemal ans unaufhörliche Rauschen der Natur grenzen – hängt bloß vom Konstruktionsaufwand ab. Nichts aber hat die Elektrotechnik mit ihren Schwingungen und Wellen, ihren Röhren und Spulen auf die Binärzahlen vorbereitet.

In den Bell Labs erstellt Shannon³ seine Theorie, Zuse⁴ bastelt aus Relais seinen ersten Binärcomputer. ►

Die „Bomben“ in Bletchley Park setzten elektro-mechanisch Turings geniale Idee der Suche nach dem wahrscheinlichsten Wort um. (Quelle: HNF)



► Turing montiert in Princeton, wo er unter emigrierten Mathematikgrößen die Jahre 1936 bis 1938 verbringt, als erste Anwendung seiner Universalmaschine einen binären Multiplizierer. Den schnellen Ruhm einer Assistentenstelle, die John von Neumann⁵ (und damit Amerika) ihm anbietet, schlägt er aus; lieber lernt er, mit Spulen und Relais, Bohrern und LötKolben umzugehen. Turing ist ein einfacher Mensch. Was sein Lehrer in Cambridge als die „Kühnheit“ beschreibt, „Papierbänder mit gestanzten Löchern in die Grundlagen der Mathematik eingeführt zu haben“, lenkt auch Turings Alltag. In Kleidung, Haarschnitt und Benehmen halten ihn Leute noch mit Dreißig für einen Studienanfänger.

Harmlos ist der gebastelte Binärmultiplizierer mitnichten. Im Herbst 1937 rechnet Turing, der noch vier Jahre zuvor gegen britische Aufrüstung protestiert hat, mit Krieg. Folglich soll sein Multiplizierer Geheimnachrichten so verschlüsseln, dass 100 Deutsche an 100 Tischrechnern 100 Jahre zur Lösung brauchen würden. Computer und ihre Vorläufer, die primitiven Relais-schaltungen des Vorkriegs, wurden nicht erfunden, um irgendwelche Geheimnisse einer allemal analogen Natur aufzudecken. Hinter den Nullen und Einsen verstecken sich Befehle, Kommandos und strategische Entscheidungen.

Aus mathematischen Modellmaschinen und Relaisbasteleien wird kriegstechnischer Ernst. Den Verantwortlichen des britischen Geheimdienstes MI6 ist bewusst, dass das von den Polen übernommene Entzifferungsverfahren für die ENIGMA nach einem Verfahrenswechsel völlig wertlos wird (was dann auch zum 1. Mai 1940 eintritt). Turing, Ende 1939 beauftragt, einen Ausweg zu suchen, findet eine Lösung⁶: Die Annahme eines Wortes, das im Klartext wahrscheinlich vorkommt und dessen Stellung ungefähr bekannt ist (eine Methode, der man sich heute noch bedient). Für den Fall, dass diese Methode des wahrscheinlichsten Wortes einmal nicht zum Ziel führt, perfektioniert er die polnische Lochkartenmethode (Banburism) und entwickelt eine kryptologische Bewertung der gefundenen Parallelstellen (weight of evidence). Ab dem 14. Mai 1940 übernehmen dann in Bletchley Park die von ihm entwickelten, von Harold Keen gebauten elektromechanischen „Bomben“ die von den Militärs dringend geforderten Entzifferungen.

Im Auftrag der britischen Regierung beteiligt er sich ab November 1942 in den US-Bell-Labs mit Entwicklungen zum digitalen SIGSALY-Projekt, das zur Sicherung der hoch geheimen Telefongespräche Churchills mit dem US-Präsidenten dienen soll. Es wird das erste betriebssichere digitale Sprachdaten-Übertragungssystem, das nach 1946 zu einem zellularen Verfahren weiterentwickelt wird; unsere heutigen GSM-Netze sind somit ein indirektes Ergebnis der Kryptologie. Aber auch die vom US-Navy-Geheimdienst geplanten schnellen teilelektronischen US-Bomben (gegen die Enigma M4) hätten ohne Turings Mitarbeit kaum den Weg zu einer schnellen Realisierung gefunden.

In den USA noch als „the top cryptanalyst of England“ herumgereicht, muss er bei seiner Rückkehr feststellen, dass er im bürokratisierten Bletchley Park überflüssig geworden ist. Hanslope Park, Forschungszentrum für geheime Nachrichtenübertragungsverfahren des MI6, bietet ihm ab



Turing wird heute vor allem mit dem Brechen der deutschen Enigma-Chiffrierung identifiziert, seine Arbeiten gehen aber weit darüber hinaus. (Quelle: HNF)

Herbst 1943 die Möglichkeit, an der britischen Version einer Sprachverschlüsselung (DELIAH) zu arbeiten. Ab jetzt ohne irgendwelche Priorität benötigt Turing zu viel Zeit, sein System wird erst zum Kriegsende betriebsbereit und kommt nicht mehr zum Einsatz. Eine zivile Anwendung wird abgelehnt und die Geräte geraten in Vergessenheit (über eine spätere geheime Weiterentwicklung kann nur spekuliert werden).

ACE und Manchester Baby

Anfangs 1945 taucht Alan Turing aus dem Nichts auf, ausgestattet mit exzellenten Kenntnissen im Computerbau (die sich niemand traut zu hinterfragen) und wartet auf die Chance, seine Turing-Maschine elektronisch zu realisieren. Diese Chance bietet sich im Sommer, als das National Physical Laboratory (NPL) ihn beauftragt, die sogenannte „Automatic Computing Engine“ (ACE) zu entwickeln.

In seinem detaillierten Bericht „Proposed Electronic Calculator“ geht es ihm vor allem darum, Mittel für den geplanten Rechner zu erhalten und dieser enthält daher die weltweit erste komplette technische Spezifikation eines Computers mit Programmspeicher, im Gegensatz zu John von Neumann's (zu) oft zitiertem (theoretischen) Bericht „First Draft of a Report on the EDVAC“. Dieser stellt sich im heutigen Licht schlussendlich nur als eine (geniale) Zusammenfassung dessen heraus, was von Neumann mit Turing (ab 1935) und Computerpionieren der 40er-Jahre wie Aiken, Mauchly und Eckert zusammen diskutiert hat (und dabei „vergisst“ er seine Quellen zu erwähnen). Es ist ihm aber anzurechnen, dass er seinen Bericht als „open source“ veröffentlicht und somit den weltweiten Computerbau ankurbelt hat (andererseits auch die Patentanwälte auf Jahre hinaus beschäftigt).

Seine weiterentwickelten Überlegungen zum ACE stellt Turing zusammen mit Wilkinson ab Dezember 1946 in den „Turing-Wilkinson-Lecture Series“ vor, hier ragen vor allem seine inzwischen hardwaremäßig angeordnete Realisierung von bedingten Sprungbefehlen sowie eine vereinfachte Kontrolleinheit hervor. Die im Januar 1947 auf dem „Symposium on

Large Scale Digital Calculating Machinery“ an der Harvard Universität vorgestellten US-Rechner beeindruckten ihn nicht sonderlich, für ihn ist sein ACE mindestens gleichwertig. Im Unterschied zu den Briten haben die Amerikaner aber verstanden, dass ein Rechnerbau nur erfolgreich sein kann, wenn Entwicklung und Bau eines Rechners am gleichen Ort erfolgen. Dies hat Turing auch für das NPL im Sinne, doch dieser wichtigen Erkenntnis verschließt man sich.

Turing möchte vor allem mit seinem ACE „Superrechner“ die Technik voll ausreizen und damit seinen lang gehegten Wunsch umsetzen, das menschliche Gehirn „nachzubauen“. Doch seine entworfenen Speicherelemente stecken technisch noch in den Kinderschuhen, und die Entwicklung schreitet ihm zu langsam voran. Seine Wünsche überfordern die Mathematiker, Ingenieure und Manager des NPL, die vorerst an einer wesentlich kleineren Maschine zuerst die technische Machbarkeit ausprobieren möchten. Kompromisse will keiner eingehen und ein zunehmend marginalisierter Turing flüchtet in ein „sabbatical year“ in das ihm vertraute Cambridge, um sein geliebtes Vorkriegsleben wieder aufzunehmen.

Cambridge wird zu einem Wendepunkt in seinem Leben. Hier entsteht sein letzter Bericht an das NPL, das wegweisende Kompendium „Intelligent machinery“, voll innovativer Ideen über Computer, Maschinenintelligenz, Lernprozesse und Erkenntnistheorie. Wichtiger Bestandteil sind dabei seine Überlegungen über „unorganisierte“ Maschinen, also die Idee neuronale Netze mittels Computern zu realisieren. Als ein Ergebnis eines Lernprozesses kann eine solche Maschine für identische Eingaben zu unterschiedlichen Momenten verschiedene Ergebnisse produzieren. Turing betont auch, dass Maschinen Fehler während des Lernprozesses begehen können. Es ist also durchaus möglich für Maschinen, dabei zu versagen eine bereits existierende Lösung zu finden oder aber auch ein falsches Ergebnis zu produzieren. „Wenn eine Maschine absolut fehlerfrei arbeiten soll, kann sie nicht zugleich intelligent sein“, notiert Turing. In seiner Abwesenheit geniert

man sich am NPL dann auch nicht, fast alles was die ACE einzigartig gemacht hätte (also vor allem Turings Ideen) aus dem Entwurf herauszuschmeißen, der ACE wird normalisiert, in Reihe mit den Industriestandards gebracht.

Hier in Cambridge bietet sich ihm die willkommene Gelegenheit, sich mit Psychologie und Physiologie eingehend zu beschäftigen (auch Norbert Wiener⁷ findet sich hier ein, um über die Zukunft intelligenter Maschinen zu diskutieren). Eine zukünftige Arbeit am NPL kann er sich nicht mehr vorstellen, also nimmt er 1948 Max Newmans Angebot an, am Manchester Rechnerprojekt als „Deputy director“ mitzuarbeiten. Am „Manchester Baby“ hat man bereits mittels Kathodenstrahlröhren erfolgreich den ersten RAM-Speicher realisiert. Für eine größere und vielseitigere Maschine schreibt Turing das Programm und entwirft einige technische Verbesserungen. Leider erweist sich die von ihm vorgesehene Programmierung für die anderen als schwierig nachzuvollziehen und wie Maurice Wilkes notiert: „extrem bizarr... [Turing] hatte ein sehr flinkes Gehirn und brauchte so keine Konzessionen an weniger gut Ausgestattete zu machen“. Mit geringen Modifikationen baut dann Ferranti Ltd. nach diesen Vorgaben den Computer Manchester Mark I, den weltweit ersten kommerziell verfügbaren Universalcomputer ab Februar 1951.

Imitation Game

Schon seit den Tagen in Bletchley Park angedacht, veröffentlicht Turing mit „Computing Machinery and Intelligence“ im Oktober 1950 seine kontrovers diskutierte Überlegungen. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten beginnt er hier sofort mit einer Absichtserklärung: „Ich schlage vor die folgende Frage zu überprüfen: „Können Maschinen denken?“ Anstatt Definitionen vorzugeben, reformuliert Turing seine Fragestellung, indem er ein „imitation game“ vorschlägt, heute als Turing-Test bestens bekannt. Diesen entwickelt er nicht, um etwas zu testen. Stattdessen soll dieses Gedankenexperiment klären, wie wir dazu kommen, unseren Mitmenschen eine Eigenschaft zuzuschreiben, die wir von uns selbst nur durch Introspektion kennen: Bewusstsein. Ein Gutachter sitzt vor einem Fernschreibgerät – heute würde man sagen: in einem Chat-Forum im Internet – und tauscht mit einem Unbekannten Fragen und Antworten aus. Angenommen, er kommt nach einem längeren Frage-Antwort-Spiel zu dem Ergebnis, sein Partner sei ein Mensch, es ist aber in Wirklichkeit eine Maschine: Müsste man dieser Maschine dann Bewusstsein, Intelligenz oder ähnliche Qualitäten zuschreiben, die in unserer Vorstellung den Menschen vorbehalten sind? ►

In den berühmten „Huts“ in Bletchley Park, wo Tausende von Menschen die streng geheime Organisation ULTRA bildeten, gelang es Alan Turing und seinen Mitarbeitern, die Vielzahl von Enigma-Chiffrierungen zu brechen. (Quelle: HNF)



Berühmt und doch unbekannt

► Diese Art Fragestellungen sind mehr als nur Seitenhiebe gegen die Engstirnigkeit eines insularen Englands der 50er Jahre. Wissenschaftler und Journalisten die sich einen „gottgegebenen Humanismus“ auf die Fahne schreiben, feinden ihn an und verbreiten Horrordisvisionen und wilde Spekulationen über intelligente Maschinen. Ein von der BBC ausgestrahltes Rundtischgespräch im Januar 1952 zum Thema „Denkende Maschinen“, bei dem Turing wohl zum tausendsten Male seine Ideen gegen alle möglichen Einwände verteidigen muss, erlebt einen müden Turing, der immer wieder in die Defensive getrieben wird.

Watching the daisies grow

Ein Mitschülervers in der Grundschule besagte schon, Turing würde beim obligaten Hockey lieber dem Wachsen der Gänseblümchen zusehen. Heute wissen wir, dass Turings Werk „The Chemical Basis of Morphogenesis“ von 1952 wesentliche Ideen zur biologischen Musterbildung vorweggenommen hat. Die Form der Selbstorganisation ist bis dahin mit den zur Verfügung stehenden Mitteln theoretisch nicht zu erfassen. Was die Mathematiker vor der Erfindung des Computers zu lösen verstehen, sind – von seltenen Ausnahmefäl-



Mit dem innovativen Ferranti Mark 1 Computer von 1953 (rechts im Bild Alan Turing) stand die britische Computerindustrie an vorderster Stelle; sie fiel jedoch schon ab den 60er Jahren den finanzstärkeren US-Firmen zum Opfer. (Quelle: fceit.staffs.ac.uk)

len abgesehen – lineare Differenzialgleichungen, die jedoch können die Entfaltung eines Musters beschreiben, nicht aber seine Entstehung.

Turing zeigt, dass sich ein Muster tatsächlich aus dem Nichts bilden kann. Er betrachtet, wie der Embryo Schritt für Schritt, nur durch chemische Reaktionen und mechanische Kräfte getrieben, Strukturen bildet. Sein Hauptaugenmerk gilt dabei den chemischen Mustern. Er prägt den Begriff „Morphogen“ für eine abstrakte chemische Substanz, die im Stande ist, eine Gewebedifferenzierung auszulösen. Seine revolutionäre Erkenntnis besteht darin, dass die Diffusion im Gegensatz zu ihrer üblichen Wirkung geringe Unterschiede verstärken kann – unter zwei Voraussetzungen: 1. An den chemischen Reaktionen sind mindestens zwei „Morphogene“ mit erheblich verschiedenen Diffusionsraten beteiligt; 2. Die chemischen Reaktionen sind nichtlinear. Unter diesen Bedingungen entstehen aus kleinen Abweichungen von der Homogenität stabile Muster.

Seine Arbeit markiert den Übergang von der analytischen zur berechnenden (numerischen) Mathematik. Sein Beweis ist zwar analytisch; darüber hinaus enthält Turings Arbeit jedoch die erste rechnerische Simulation für Musterentstehung in Gegenwart von stochastischen Fluktuationen und ist wahrscheinlich die erste Arbeit zur experimentellen Mathematik. Turings hypothetisches System mit zwei Substanzen ist zwar eine Vereinfachung, verdient aber Anerkennung dafür, eine neue Sicht auf die Entwicklungsbiologie eröffnet zu haben, die direkt den chemischen Reaktionen und mechanischen Kräften gilt, mit denen der Embryo seinen Körper aus einer einzelnen Zelle heraus selbst organisiert und ist seiner Zeit voraus. Mit diesem Zugang erforschen Biologen noch heute, wie Moleküle und Kräfte zwischen Zellen die embryonale Entwicklung steuern.

Sowohl Turing als auch von Neumann sind sich der Verarbeitungsfehler ihrer Maschinen bewusst. In den ersten nicht sehr einfachen Computer-codes lässt sich noch jeder „Bug“ aufspüren. Die Hardware arbeitet noch nicht zuverlässig, was zu inkonsistenten Ergebnissen führt. Seitdem hat sich das Problem umgekehrt. Beide Computerpioniere wissen, dass die Biologie auf statistischen, fehlertoleranten Methoden der Informationsverarbeitung

basiert. Ihrer Überzeugung nach bleibt der Technik keine Wahl, als denselben Weg einzuschlagen. „Müsste jeder Fehler gefunden, verstanden und korrigiert werden, könnte ein System von der Komplexität lebender Organismen nicht eine Millisekunde lang funktionieren“, erklärt von Neumann.

Konfrontation

Sein Umzug nach Manchester 1948 kennzeichnet eine erneute Wende in seinem Leben. In Cheshire kauft er sein erstes und einziges Haus, geht regelmäßig zur Arbeit, beschäftigt sogar eine Haushälterin und unterhält einen festen Freundeskreis. Im Frühjahr 1951 wird Alan Turing zum Mitglied der Royal Society gewählt. Reisen nach Frankreich erlauben ihm im Gegensatz zu seinem Heimatland, seine gleichgeschlechtlichen Beziehungen auszuüben. Eine Beziehung, die er 1952 eingeht, führt schlussendlich zur Konfrontation mit einer intoleranten britischen Gesetzgebung. Einer Inhaftierung kann er nur entgehen, indem er sich einer menschenverachtenden Hormonbehandlung unterzieht, um ihn von seiner „Krankheit“ zu heilen. Der athletische Langläufer wird fett, es folgt ein Abstieg in Trauer und Verwirrtheit.

Mit dem Bündnisschutz hat Großbritannien auch die Verpflichtung übernommen, in allen Sicherheitsfragen amerikanische Standards zu befolgen. Seit 1950 läuft McCarthys Kampagne gegen homosexuelle Risikoprofile in State Department, CIA und NSA. Da Turing nicht die erwartete „Reue“ zeigt, wird schnell klar, dass kryptologische Projekte für die Regierung nicht mehr in Frage kommen. Turing wird zum Sicherheitsrisiko. Die Polizei überwacht ihn und verweigert ihm, England zu verlassen. Nachdem sie ihn chemisch entmannt haben, entmannten sie ihn jetzt auch moralisch.

Am 7. Juni 1954 beendet er sein Leben selbst. Premierminister Gordon Brown spricht zwar 2009 eine offizielle Entschuldigung für die Untaten aus, die ihm die britische Justiz angetan hat, zu einer angefragten Begnadigung kommt es aber nicht. Sein Biograf Andrew Hodges meint, dass die Frage nicht sei, ob die Regierung Turing hätte begnadigen sollen, sondern wie Turing der Regierung jemals hätte verzeihen können. ■

Genial & Geheim

Alan Turing im Heinz-Nixdorf-Forum in Paderborn



Mit bedeutenden und begehrten Leihgaben aus dem In- und Ausland wie vom US-Geheimdienst NSA, aus dem Science Museum in London, aus Bletchley Park oder von IBM, sowie innovativen und künstlerischen Installationen präsentiert das HNF mit „Genial & Geheim - Alan Turing in zehn Etappen“ in einer Sonderausstellung Turings herausragende Leistungen. Die Ausstellung konzentriert sich auf die Leistungen Turings bei der Enigma-Entschlüsselung und seine grundlegenden Arbeiten als Computerpionier, beleuchtet aber auch seine Ausführungen zur Künstlichen Intelligenz und zur Musterbildung in der Natur sowie die Tragödie seines Todes und seinen Nachruhm.

In monatlich aufeinanderfolgenden Inszenierungen werden die zehn Themen dargestellt. Ausstellungseröffnung war am 10. Januar 2012 mit dem Themenbereich „Enigma und die Atlantikschlacht“. Bis zum 8. Juli dreht sich mit „Können Maschinen denken“ alles um Alan Turings provokante Frage „Can machines think?“ Danach stehen bis zum 16. Dezember noch u.a. der Turing-Test, Musterbildung in der Natur und der ACE-Computer an.

Heinz Nixdorf Museums Forum, Fürstenallee 7, D-33102 Paderborn, Telefon 0049-5251/3066-00, (www.hnf.de). Geöffnet dienstags bis freitags 9-18 Uhr, samstags und sonntags 10-18 Uhr. Schulklassen haben nach Anmeldung freien Eintritt.

¹ Ein Unbekannter, Unsterblicher, in DIE WARTE vom 7. Juni 2007.

² Als David Hilberts Traum wie eine Seifenblase zerplatzt, in DIE WARTE vom 4. Mai 2006.

³ Information – Ein merkwürdiger Stoff, in DIE WARTE vom 30. November 2008.

⁴ Der Computer – sein Lebenswerk, in DIE WARTE vom 17. Juni 2010.

⁵ Innovate or Die, in DIE WARTE vom 8. März 2007.

⁶ Eine geheimnisvolle unbekannte Maschine, in DIE WARTE vom 7. Juni 2012.

⁷ Revolutionäre Bedeutung, in DIE WARTE vom 29. Januar 2009.

Bibliografie: Dotzler, Bernd et al.: A. M. Turing Intelligence Service, Brinkmann u. Bose; Reinitz, John: Musterentstehung, Dyson, George: Der geistige Vater des Computers, in Spektrum der Wissenschaft 06/12; Präse, Michael: Chiffriermaschinen und Entzifferungsgeräte im 2. WK, mpress 2006; Copeland, Alan: Alan Turing's Automatic Computing Engine, Oxford Univ. Press; Leavitt, David: The man who knew too much, Norton 2006.

Der Mann, der einen Computer befehligte

Der Beginn des Computerzeitalters

Zum 40. Todestag von Howard Aiken

André Schwarz

Am 6. August 1946 trifft IBM-Präsident Thomas J. Watson im Hauptbahnhof von Boston ein. Watson ist mit seiner Frau zu den Übergabefeierlichkeiten des von IBM gebauten und der Harvard-Universität gestifteten ASSC/Mark I-Großrechners angereist. Doch die von ihm erwarteten Würdenträger einschließlich offizieller Limousine sind nicht zu ihrem Empfang angetreten.

Statt dessen holt der Bostoner IBM-Mann Frank McCabe beide mit seinem alten zweitürigen Chevrolet ab, in dem Watsons Frau bei starken Regenfällen nur mühsam auf der Rückbank Platz nehmen kann. Als der sichtlich irritierte Watson dann die Zeitungen sieht, die die vom Harvard News Office veröffentlichte Pressemeldung über die geplanten Feierlichkeiten aufgreifen, explodiert der förmlich. Schlagzeilen wie „Navy Man Inventor of World's Greatest Calculator“, „Aiken's calculator“, „Lazy Ex-Professor Builds World's Fastest Calculator“ dominieren und stellen Howard Aiken, Harvard-Professor, als den „Erfinder“ dar, während IBMs Rolle beim Entwurf, der Konstruktion und Finanzierung überhaupt nicht oder nur nebensächlich erwähnt ist. Vom Hotel aus droht Watson die Feierlichkeiten zu boykottieren und lanciert wütende Tiraden gegen Aiken und Harvard.

Auch in der gegenwärtigen Literatur wird vor allem Howard Aiken mit dem Mark-I-Rechner in Verbindung gebracht und weniger IBM. Doch wer war Howard Aiken überhaupt und was hat ihn damals veranlasst, einen neuartigen vollautomatischen Rechner zu entwickeln und in Auftrag zu geben?

In einem Interview kurz vor seinem Tod 1973 beantwortet er dies folgendermaßen: „Nun das Thema meiner Promotionsarbeit [in Harvard] drehte um Raumladungen“, so Aiken, „ein Gebiet, wo man schnell auf das Lösen von Differentialgleichungen in Zylinderkoordinaten trifft. Damit verlagerte sich der Schwerpunkt meiner Arbeiten zu einem Großteil in das Lösen von nichtlinearen Differentialgleichungen.“ Die einzigen damals verfügbaren Methoden für numerische Lösungen solcher Probleme sind manuell ausgeführte Berechnungen mittels Tabellen und elektro-mechanischen Tischrechenmaschinen, die sich als sehr zeitaufwendig erweisen. „Mir wurde klar, dass diese ganze Rechenarbeit mechanisiert und automatisch ablaufen sollte“, so Aiken.

Ende der 30er-Jahre gibt es aber in den USA nur eine Einrichtung, die umfangreiche Berechnungen durchführen kann: Das „Computation Center“ der Columbia University, wo unter der Leitung von Wallace Eckert verschiedene teils modifizierte IBM-Tabelliermaschinen eingesetzt werden. In England ist L.J. Comrie für die Anpassung von Business Machines zu wissenschaftlichen Zwecken bekannt. Dass zeitgleich in Deutschland Konrad Zuse seine ersten Schritte im Rechnerbau macht, wird



Howard Aiken war ein selbstbewusster Einzelgänger, der es schaffte, trotz mancher Widerstände seine Traummaschine bauen zu lassen und als Navy-Kommandant einen Computer zu befehligen.

(Foto über www.sis.pitt.edu)

erst nach 1945 bekannt. Keine dieser verfügbaren Maschinen ist in der Lage, die Lösung von Aikens nichtlinearen Differentialgleichungen in einem überschaubaren Zeitrahmen durchzuführen.

Erste Überlegungen

Im Lauf des Jahres 1936 verlagert sich der primäre Fokus von Aikens Promotionsarbeit immer mehr auf den möglichen Bau eines automatisierten Großrechners. In Diskussionen mit Harry Mimno kristallisiert sich Aikens Gedanke heraus, eine solch große Maschine aus handelsüblichen oder modifizierten Rechenmaschinen zusammenzubauen, wobei deren Zusammenwirken durch ein Lochband gesteuert wird. Aiken stellt sich also eindeutig ein automatisiertes Rechensystem vor, das programmiert bzw. kontrolliert eine Reihenfolge von Operationen sequentiell durchführen kann. Sein Wissen über digitale Rechner entnimmt er hauptsächlich zwei Werken: „Modern Instruments and Methods of Calculation“ von E.M. Horsburgh (1914) und „Calculating Machines and Instruments“ von D. Baxandall (1926).

Leider sind seine allerersten Überlegungen zur konkreten Ausführung seines geplanten Großrechners nicht überliefert. Die Unterlagen dazu gehen während des Krieges verloren, und das Interview von 1973 wird wegen Aikens Tod nicht beendet werden. Gewusst ist aber, dass spätestens am 22. April 1937 Aiken in seinen Überlegungen und dem Entwurf so weit gekommen ist, dass er sein Projekt der Monroe Calculating Company, die in mechanischen und elektromechanischen Tischrechengeräten spezialisiert ist, vorlegen kann. Dabei scheint klar zu sein, dass er in dieser Entwurfsphase vor allem die Logik der Maschine, die mathematischen Operationen und die generelle Architektur ausgearbeitet hat, während die konkrete technische Umsetzung für ihn noch zweitrangig ist. Monroes Forschungsdi-

rektor George C. Chase erinnert sich, dass Aiken ihm sein Konzept skizzierte und ihm erklärte, was man damit alles im Bereich der Mathematik, Wissenschaft und Soziologie bewerkstelligen könnte. Für Aiken hätten auch bestimmte Wissenschaftszweige inzwischen eine Hürde erreicht, die nur zu überwinden wäre, wenn geeignetere Mittel gefunden wären, um die mathematischen Probleme zu lösen. Obwohl Chase von Aikens Idee überzeugt ist, stimmt das Monroe-Management einer Umsetzung nicht zu.

IBM

Auf Anraten von Chase wendet sich Aiken an Theodore Brown und Harlow Shapley, Harvard-Professoren, deren Beziehungen ihm den Kontakt zum IBM-Chefentwickler James Bryce ermöglichen. In einem Memorandum an IBM erläutert Aiken auf 23 beidseitig beschriebenen Seiten zuerst die vier wesentlichen Merkmale, die IBM-Buchhaltungsmaschinen von seinem geplanten Rechner für wissenschaftliche Zwecke unterscheiden. So verlangt er, dass die Funktionalelemente digital sein müssen, dass sie die vier arithmetischen Grundoperationen beherrschen; weiterhin so verbunden und kontrolliert werden, dass sie in einem vorgegebenen Ablauf ihre Operationen durchführen, Zahlen speichern (Konstanten bzw. Zwischenergebnisse) und diese zu einem vorgegebenen Zeitpunkt in die automatisch ablaufende Sequenz einfügen und die Endresultate in Tabellenform ausdrucken.

Durch einen repetitiven Prozess dieser Grundoperationen sollen, neben den vier arithmetischen Grundoperationen, folgende mathematische Operationen numerisch lösbar sein: Klammeroperationen, ganzzahlige und gebrochene Potenzen, logarithmische (Basis 10 und andere), trigonometrische und hyperbolische Funktionen (sowie die jeweiligen inversen Funktionen) und höhere transzendente Funktionen. Dies erlaubt der Maschine Gleichungen auszuwerten und Resultate zu tabellieren, Reihen zu berechnen, gewöhnliche Differentialgleichungen 1. und 2. Ordnung zu lösen, sowie numerische Integration und Differentiation durchzuführen. Weiterhin beschreibt er die Anwendung des Rechners bei der Bearbeitung von Problemen aus Physik und Mathematik, für die er Methoden von Maclaurin, Adam, Runge-Kutta, Simpson, Gauss, Weddle oder anderen anwenden möchte.

Laut Aiken genügt es, all dies durch einfachen Umbau der IBM-Buchhaltungsmaschinen zu erreichen. Aus heutiger Sicht ist es schwierig zu sagen, ob man Aikens optimistische Sichtweise als ein Merkmal einer gewissen technischen Ignoranz bewerten soll. Denn hierfür steht seine Aussage, dass er sich nie in seinem Leben mit einer bestimmten Technologie näher befasst hat. Oder vielleicht will er den Entwurf und die Konstruktion bewusst einfach darstellen um die IBM-Führungskräfte von der Machbarkeit seines Projektes zu überzeugen?

Eine Frage, die auch heute noch im Raum steht, ist warum Aiken eine elektro-mechanische Ausführung seines Rechners in Betracht zieht und nicht die

neuartigen wesentlich schnelleren Elektronenröhren. Dies vor allem, weil Aiken ein erfahrener Elektroingenieur ist und seine Promotionsarbeit sich mit elektrischen Raumladungen beschäftigt. Im Interview von 1973 gibt er folgende Antwort: „Es lag am Geld! Es erwies sich, dass das Ganze viel Geld kosten würde. Natürlich lag es auf der Hand, diese neue Technik zu verwenden. Schlussendlich kam es aber darauf an wer die Rechnung bezahlen wollte: Wenn Monroe diese zahlen sollte, dann würde der Rechner aus mechanischen Teilen bestehen. Wenn RCA interessiert gewesen wäre, dann wäre er elektronisch geworden. Und er wurde aus Tabelliermaschinen zusammengebaut, weil IBM gewillt war zu zahlen.“ Wie er weiter zugibt, ist er nicht an technologischen Innovationen interessiert, so dass es ihm am vernünftigsten erscheint, eine Maschine aus bereits existierenden Teilen zu bauen als Teile zu erfinden oder selbst zu konstruieren. Eine weitere Ursache scheint jedoch darin zu liegen, dass Aiken die zum elektrischen Schaltungsentwurf eines Großrechners erforderlichen Kenntnisse fehlen.

Aus der heutigen Sicht scheint es schon erstaunlich, dass die Wahl, wie der Rechner aufgebaut werden soll, einzig und allein von finanziellen Überlegungen bestimmt ist, abhängig von der Bereitschaft der einen oder anderen Firma, Geld zur Verfügung zu stellen. Man kann Aikens Aussagen dann auch so verstehen, dass sein primäres Ziel war, seine „Traummaschine“ zu bauen und dafür über irgendwelche Betrachtungen von technologischen Details hinwegzusah.

Thomas J. Watson

IBM-Präsident Watsons Unterstützung für Aikens Projekt beruht auf seiner Bereitwilligkeit, Beziehungen mit den Wissenschafts- und Bildungsfakultäten zu schmieden. Weiterhin ist beabsichtigt, dass IBM die Maschine kontinuierlich aufrüsten würde, um sich so eine Testumgebung für neue Geräte und Rechenverfahren zu schaffen. Da IBM keinerlei Kompetenz in Elektronik hat, hofft man, durch diese Zusammenarbeit von den Diensten eines Harvard-Professors dieser neuen Wissenschaft profitieren zu können. Doch wenn kalkulierende Geschäftsleute auf Universitätsgelehrte treffen, kommt vieles ganz anders!

Da IBM-Komponenten im Rechner verwendet werden, beschließt IBM-Chefentwickler Bryce, dass Aiken an IBM-Schulungen teilnimmt. Als man im Januar 1938 nachfragt, ob man Aiken den faktoriellen Multiplizierer für die Divisionseinheit erklären soll, antwortet Bryce: „Sie können Aiken sagen, dass die Divisionseinheit in Konstruktion ist, aber erzählen sie ihm keine Details.“ Doch diese Meinung über die eigene Kompetenz scheint etwas hoch gegriffen, da laut Aiken IBM größere Probleme bei der Umsetzung von numerischen Operationen (außer der Addition) hat. Jedenfalls arbeitet ihm der IBM-Dividierer zu langsam, so dass er diesen wie auch den Multiplizierer bald nach der Inbetriebnahme des Rechners durch eine Eigenentwicklung ersetzt. Im Interview von 1973 kommentiert er dies folgendermaßen: „Sie sagten sie ►

► könnten addieren und subtrahieren. Sie konnten nicht subtrahieren! Die Fähigkeit zu ‚subtrahieren‘ war nicht „notwendig“, da es eine großartige Erfindung von Crompton gab.“ (Anm.: Subtraktion mittels Addition und Komplementbildung). Dies ist Aikens erste Begegnung mit der Sorge um Patente wie mit Problemen der Geheimhaltung und Enthüllung.

Die Arbeitsteilung bei IBM sieht vor, dass Lake die Leitung des Projektes hat, während Hamilton als Ingenieur vor allem für den tatsächlichen Entwurf und die Konstruktion der Maschine verantwortlich ist. Durfee ist mit der Anfertigung der Schaltkreise und dem Zusammenbau der Einzelteile beauftragt. Doch die Arbeitsteilung, die zwischen Aiken und den IBM-Leuten vorgesehen ist, wird in der Folge zu größeren Missverständnissen und Spannungen führen. Aiken ist der Meinung, dass er die Anregungen zu jedem Teil der Maschine initiiert hat und damit zu der Maschine als Ganzes. Er ist davon überzeugt, „der Erfinder“ zu sein.

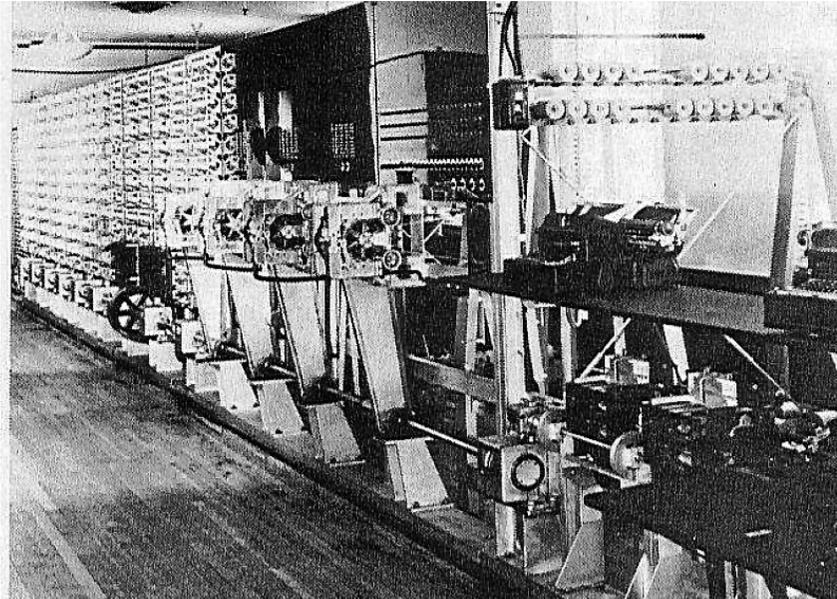
Aiken hat in der Tat den IBM-Ingenieuren seine Bedürfnisse mitgeteilt und diese haben die operationellen Einheiten entwickelt, um Aikens eher abstrakt formulierte Ziele zu erreichen. Von ihrem Gesichtspunkt aus haben sie tatsächlich eine Maschine erfunden und gebaut, um die von Aiken spezifizierten Operationen auszuführen. Ohne ihre Erfahrung und erfinderische Tätigkeit wären Aikens Ideen niemals in ein Arbeitsgerät umgesetzt worden. Dabei eliminieren sie aber eine Reihe von Merkmalen aus Aikens Konzept, um die Kosten zu minimieren, der Rechner hätte sonst die dreifache Größe erreicht.

Zu Beginn ist vorgesehen, dass IBM das Wissen und die Teile liefert, dass Verdrahtung und Zusammenbau jedoch in Harvard erfolgen sollen. Doch im März 1938 empfehlen die IBM-Leute den Zusammenbau in Endicott. Damit steigen die zu übernehmenden Kosten für IBM jedoch von ursprünglichen 15.000 in Richtung 100.000 Dollar, die Konstruktionszeit wird auf zwei Jahre veranschlagt. Am 31. März 1939 wird der Vertrag unterschrieben, in dem explizit festgehalten wird, dass IBM sich dadurch öffentliche Anerkennung für diese großzügige Geste erwartet.

Ein wenig populäres Projekt

Trotz der anfänglichen Begeisterung seitens IBM kommt die Realisierung nur langsam voran. Entwurf und Konstruktion starten im Mai 1939, betriebsbereit ist der Rechner aber erst im Januar 1943. Woran liegt dies? Kurz nach Baubeginn bricht der Krieg aus. In IBMs Werkstätten werden jetzt Maschinengewehre produziert oder IBM-Tischrechner zu Army-Zwecken umgebaut, so z. B. für das Manhattan-Projekt, das Army-Waffentestzentrum in Maryland und den Eniac. Der wichtigste Grund ist wohl der, dass der Rechner keine neue IBM-Produktionslinie einleiten wird. Arbeiten an diesem Projekt ist demnach nicht die Art von Aktivität, die jemanden eine höhere Position, einen Bonus oder eine Gehaltsaufbesserung verspricht, so dass das Projekt wenig populär ist. Andererseits haben die IBM-Leute noch immer kein richtiges Verständnis entwickelt, wofür die Maschine überhaupt entworfen ist, sonst wäre es ihnen wohl in den Sinn gekommen, dass diese wichtig für den Kriegsdienst sei.

Im April 1941 wird Aiken als Navy-Reserveoffizier in den aktiven Dienst nach Yorktown versetzt. Er engagiert deswegen Robert Campell, Harvard-Student, der bereits über ein großes Physik-



Im Mark-I-Rechner waren 765 200 Teile verbaut, darunter 3 300 neu entwickelte Relais, 2 200 Zählerräder und 850 km Kabel. Numerische Eingaben erfolgten durch Schalter bzw. durch Lochbänder oder -karten, Ausgaben waren in Form von maschinengeschriebenen Tabellen oder gestapelten Lochkarten möglich.

(Foto: IBM-Archiv)

Fachwissen verfügt und geschickt in numerischer Mathematik ist, als seinen Stellvertreter. Während der nächsten zwei Jahre pendelt Campell zwischen Harvard und Endicott, um den Zusammenbau zu überwachen. Seine Hauptaufgaben sind, auftauchende Fragen zu beantworten, neue Komponenten vor dem Einbau zu testen, die Schaltkreise zu überprüfen, die ersten Programme zu erstellen und laufen zu lassen, sowie dafür zu sorgen dass alle anfänglichen Fehler und Zuverlässigkeitsprobleme beseitigt werden.

Am 1. Januar 1943 löst der Rechner seine erste konkrete Aufgabe: „Rechnerische und graphische Darstellung der benötigten Zeit, um den Strom in einem induktiven Kreis aufzubauen.“ Es dauert aber bis Dezember 1943, bis der Rechner den Harvard-Verantwortlichen vorgeführt wird. Warum der fertige Rechner fast ein Jahr unbenutzt in Endicott herumsteht, ist heute nur teilweise nachzuvollziehen. Eine der Ursachen liegt wohl darin, dass die Maschine zuerst auf patentierbare Innovationen geprüft wird. Erst am 4. Oktober adressiert sich IBM-Präsident Watson an Harvard-Präsident Conant. Dieser solle mit einer Delegation am 18. Oktober einer Vorführung beiwohnen. Dies ist der Anfang einer Reihe von Missverständnissen und Spannungen zwischen Harvard, Aiken und Watson.

Watson ignoriert, dass Conant durch seine Verpflichtungen als Vorsitzender des Nationalen Verteidigungsforschungsrates und als Verantwortlicher für das Manhattan-Projekt viel beschäftigt ist. Weiterhin trifft der geschäftsmäßige Ton des Schreibens an den Vertreter einer 300-jährigen Institution wie Harvard hier auf wenig Verständnis, man betrachtet sich nie als Kunde von IBM. Watson ist aber in Erwartung einer Belohnung für den beträchtlichen Aufwand bei der Konstruktion der Maschine: einer vorteilhaften Werbung für IBM und dem Ausdruck einer wahren Dankbarkeit seitens Harvards, dies durch die Teilnahme von hochrangigen Harvard-Wissenschaftlern an IBM-Schulungen und durch einen persönlichen Besuch des Harvard-Präsidenten und anderen Würdenträgern in Endicott.

Kommandant eines Computers

Am 27. April 1944 sendet Aiken ein Telegramm an Campell: „Habe die Papiere bis bald“. Es ist ihm endlich gelungen, die Navy zu überzeugen, dass diese den Betrieb des Rechners und die Betriebskosten übernimmt, sowie zusätzlich Personal zu dessen Bedienung abstellt. Dies erlaubt Aiken endlich, von Yorktown nach Harvard zurückzukehren und als erster Schiffsoffizier der Geschichte der Kommandant eines Computers zu werden. Der Rechner, der inzwischen von Endicott nach Harvard transferiert ist, hat alle Testläufe erfolgreich absolviert und wartet auf seinen Einsatz.

Die Übergabefierlichkeiten des Rechners an Harvard führen – wie eingangs schon erwähnt – zu den nächsten Unstimmigkeiten. Conant und Aiken können Watson aber beruhigen, so dass die Übergabe im Beisein vieler Würdenträger stattfinden kann. Was auch im Sinne von Harvard ist, denn Watson hat zusätzlich einen 100.000-Dollar-Scheck als Überraschung mitgebracht. In seiner Festrede präsentiert Aiken dann eine faire Darstellung der Entwicklung des Rechners und damit den geschuldeten Verdienst der IBM-Ingenieure. Watson besichtigt das neue Harvard Computer Laboratory, lässt sich mit seinen Ingenieuren vor „ihrer Maschine“ fotografieren und nimmt nach der Schecküberreichung die erwarteten Ehrungen entgegen.

Das Mark-I-Team

Aikens Rechner – von ihm als Mark I bezeichnet (von IBM als ASSC) – ist das bis dahin größte und komplexeste elektromagnetische Gerät, das je gebaut wurde. Zur Programmierung und Bedienung des 17 Meter langen und fünf Tonnen schweren Mark I, der vor allem zur Tabellierung von Funktionen sowie zur Lösung von partiellen Differentialgleichungen und von linearen Gleichungssystemen eingesetzt wird¹, bedarf es einer ganzen Mannschaft. Dies vor allem, da Mark I im 24-Stunden-Betrieb läuft, womit laut Aiken „dieser an einem Tag soviel ‚produziert‘ wozu ein menschlicher ‚Computer‘ sechs Monate gebraucht hätte“. Im April wird das Team von Dick Bloch und im Juli von Grace Hopper ergänzt; zur Bedienung und Wartung von Mark I werden von der Navy vier in der Bedienung von IBM-Maschinen geschulte „Specialists First Class“ abgestellt.

In diesen Anfangstagen ist die Zusammenarbeit eher informeller Art, jeder erledigt eine Vielzahl von Aufgaben und hilft dort, wo Probleme auftauchen, wobei Aiken sich als praktisch

veranlagter Manager erweist. Bloch programmiert z. B. im August 1944 John von Neumanns² nichtlineare partielle Differentialgleichungen für das Manhattan Projekt. Grace Hopper³ wird zum wichtigsten Mitglied in Aikens Team. Mit einem brillanten Intellekt ausgestattet, lernt sie schnell die Programmierkunst, verfasst das Mark-I-Bedienungshandbuch, wird in der Folge den ersten Compiler entwerfen und mit Cobol die erste Programmiersprache für kommerzielle Anwendungen schaffen. In den folgenden Jahren wird Mark I vor allem zur Erstellung von Funktionstabellen verwendet, wie z. B. die Hankel-Funktionen und eine zwölbändige Ausgabe von Besselfunktionen. Der Bedarf an solchen Tabellen ist einer der Hauptgründe der von der Navy gewährten Unterstützung.

Aiken als Lehrer

Aiken beginnt als Assistent in Harvard im akademischen Jahr 1935-36 während er an seiner Promotionsarbeit mit dem Titel „Theoretical Investigation of Space Charge laws“ arbeitet, wobei er verschiedene Laborkurse in Physik betreut und Sprechstunden für Studenten abhält. Nach seiner Promotion 1939 führt das Vorlesungsverzeichnis ihn als Dozent für Angewandte Mathematik auf. Eine Vorstellung über Aikens Haltung gegenüber seinen Studenten geben die Erinnerungen seines ehemaligen Studenten James R. Hopper. In Aikens Kurs über Elektrizität und Magnetismus sollen die Teilnehmer die magnetische Hysteresekurve aufnehmen und deren Energieinhalt mit Hilfe eines speziellen Messinstrumentes, einem Planimeter, bestimmen. Dabei wird der eine Instrumentenschenkel festgehalten, während das andere rollbare Ende entlang der Kurve geführt wird, das Ergebnis, den Flächeninhalt, kann man auf einer Scheibe ablesen.

Hopper ist neugierig, wie dieses wundersame Instrument arbeitet, und bittet Aiken, ihm die Arbeitsweise zu erklären. Aiken hat genau wie Hopper auch keine weiteren Kenntnisse darüber. Er nimmt sich ein Blatt Papier und nach ein paar Ansätzen arbeitet er darauf die Funktionsweise aus. Was Hopper dabei besonders beeindruckt, ist nicht, dass Aiken herausfindet, wie das Planimeter in der Lage ist die Fläche zu bestimmen, sondern wie er das Problem ausgehend von einfachsten Grundlagen und mittels logischen Folgerungen lösen kann. „Es war das erste Mal“, erinnert sich Hopper später, „dass ich tatsächlich jemandem zusehen konnte, wie er Physik von Grund auf entwickelte, im Unterschied dazu wie dies in Lehrbüchern oder Vorlesungen vermittelt wird.“ ►



James J. Watson, IBM-Präsident und seit einer der reichsten Männer der Welt, wollte neue Beziehungen zu der Welt der Wissenschaft und Bildung knüpfen und war sichtlich irritiert durch die Vorgehensweise der Harvard-Verantwortlichen. (Foto: IBM-Archiv)

Der Beginn des Computerzeitalters

► Als erfolgreicher Lehrer und hervorragender junger Wissenschaftler beginnt Aiken, in Harvard Karriere zu machen. Doch im Frühjahr 1941 wird Aiken zusätzlich der Naval Mine Warfare School in Yorktown zugeteilt, um hier im Rang eines Kommandanten den angehenden Leutnanten zur See die notwendigen Mathematikkenntnisse beizubringen, sowie die Schule zu leiten. Im September 1941 wird er Associate Professor of Applied Mathematics in Harvard genannt, doch trotz ständiger Versuche gelingt es ihm nicht, die ungeliebte Tätigkeit in Yorktown loszuwerden, denn während dieser Zeit befindet sich auch der Zusammenbau seines Rechners bei IBM in Endicott im Endstadium.

Computerwissenschaften

Eine weitere Pionierleistung Aikens ist das Einrichten eines Studienganges in Computer-Wissenschaften in Harvard. „Es wird zunehmend klar, dass wir ein Schulungsprogramm starten müssen“, so Aiken und warnt aber zugleich: „Wir sollten uns aber stets bewusst sein, dass unsere Schulen vorrangig Einrichtungen zur Bildung von Menschen sind und nicht zum Bau von Maschinen.“ Ab Herbst 1947 bietet Harvard daher einen einjährigen Studiengang an, der zu einem „Master of Science degree in applied mathematics with special reference to computing machinery“ führt, der in den folgenden Jahren durch weitere Angebote ausgeweitet wird.

Die Erinnerungen seiner früheren Studenten lassen ihnen stets als einen hervorragenden Lehrer erscheinen. Während seiner Vorlesungen, die sich durch einen klaren und sachlichen Ablauf auszeichnen, verwendet er nie die mitgebrachten Unterlagen. Aiken diskutiert täglich mit seinen Doktoranden über ihre Arbeiten. Diese intensive Betreuung hat zur Folge, dass die Arbeiten rasch voranschreiten. Eine von Aikens Eigenschaften ist, dass er ihre Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Texte stets respektiert. Legendar ist die tägliche Kaffeerunde am Nachmittag. Hier versammeln sich Aiken und seine Mitarbeiter; hier entstehen lebhaft Diskussionen, die Aiken nutzt, um Strategien zu diskutieren, Ideen für neue Promotionsarbeiten zu entwickeln, die Geschichte des Harvard-Computerlaboratoriums zu vermitteln und zukünftige Entwicklungen aufzuzeigen. In diesem Kreis diskutiert er über seine Philosophie, über Menschen, Maschinen und Organisation, etwas was ihn positiv von vielen seiner Kollegen und Mitbewerbern unterscheidet. Hier ist ein Lehrer im wahrsten Sinne des Wortes. Seine Doktoranden sind sein ganzer Stolz, wie er im Interview von 1973 betont. Viele von ihnen schreiben Computer-geschichte wie z. B. An Wang, der 1948 in Harvard das Prinzip der magnetischen Kernspeicherung entdeckt und mit den Wang Laboratories Berühmtheit erlangen wird.

Moore School und Harvard

Einen ersten Einblick in sein Schaffen gibt Aiken 1946 anlässlich der berühmten „Moore School lectures“ an der Universität von Pennsylvania am 16. Juli mit „The Automatic Sequence Controlled Calculator“ und am 17. Juli mit „Electro-Mechanical Tables of the Elementary Functions“. Angespornt durch diese erfolgreiche Veran-



Grace Hopper konnte sich in der neuen Wissenschaft der Computer entfalten und selbst verwirklichen und bleibt als eine der großen Computer-Pionierinnen in Erinnerung. (Foto: IBM-Archiv)

staltung organisiert Aiken im Januar 1947 in Harvard die weltweit erste Computer-Konferenz „Symposium on Large-Scale Digital Calculating Machinery“. Auf Einladung von Aiken nimmt Richard H. Babbage, Urenkel von Charles Babbage, teil. Durch diese Präsenz will Aiken seine intellektuelle Verbindung mit Babbage deutlich machen und sich damit in die Nachfolge von Babbage einreihen. Es scheint aber heute klar zu sein, dass Aiken 1937 beim Entwurf von Mark I nur triviale Kenntnisse über Babbages Werk besitzt. Es bleibt etwas rätselhaft, was Aiken hiermit bezweckt, eventuell will er sich damit einen Platz in der Geschichte sichern oder sieht in Babbage einen Ersatz für seinen allzu früh verstorbenen Vater. Dem ersten Symposium folgt 1949 noch ein zweites mit 700 Teilnehmern sowie großer internationaler Beteiligung. Aikens bevorzugtes Gebiet ist die digitale Schaltungstheorie – für ihn die bevorzugte Möglichkeit, Computer verständlich zu machen. 1959 und 1961 organisiert er zwei wichtige Symposien zu diesem Themengebiet.

Aikens Platz in der Geschichte

Aiken's Architekturideen sind nie so weit beeinflussend wie die der Eniac-Leute Eckert und Mauchly oder wie jene von John von Neumann. In einem gewissen Sinne liegen seine Maschinenarchitektur und -implementation außerhalb seiner Zeit. Daten und Befehle zu vermischen,

ist laut Aiken eine grundlegende schlechte Idee (die von von Neumann stammt) und das betont er stets deutlich. Heutzutage vermischen niemand mehr Befehle und Daten. Er ist stets unnachgiebig beim Schutz von bewährtem Programmcode. Nachdem ein Programm auf der Magnettrommel (die er erfunden hat, aber nie patentieren lässt, da dieses Wissen der Allgemeinheit zu Verfügung stehen soll) gespeichert ist, entfernt er sofort die Schreibleitungen, so dass es keine Möglichkeit mehr gibt, die Befehle zu verändern, ein früher Vorläufer der Nurlese-Speicher (ROM). Dass seinen Ideen nicht in dem gleichen Maße wie die von John von Neumann's gehuldigt werden, kümmert Aiken nicht. Es ist ihm nicht wichtig, zum „Klub“ zu gehören wie er seine Disziplin charakterisiert. Vielmehr ist es ihm wichtiger, seine eigene Unabhängigkeit des Denkens zu behaupten.

Bereits ab 1950 spielt Aiken keine herausragende Rolle mehr in der Computerentwicklung in den USA. Er entwickelt noch die Nachfolger Mark II, III und IV, wobei Mark IV sein erster vollelektronischer Rechner ist. Obwohl Mark III und IV wertvolle Arbeit während ihrer Laufzeit leisten, sind sie weit entfernt von einer „state-of-the-art“ Maschine wie Mark I von 1944. Denn als Nachfolger von Eniac übernehmen in den USA ab Ende der 40er-Jahre die Edvac- und Edsac-Rechner, die das von Aiken abgelehnte Konzept des „stored program“ (das heute Standard ist) implementieren, und werden so (neben Zuses⁴ und Turings⁵ Rechnern) zu den Wegbereitern des heutigen Computers, was Aiken mit Mark I nicht gelingen soll.

Das Comp Lab erinnert zu Aikens Zeit stark an ein Renaissance-Atelier, in dem der Meister wirkt und Lehrlinge und bewährte Handwerker mit-

einander arbeiten, ein Zentrum für Studenten, die ihr Handwerk nicht nur durch formalen Meisterunterricht erlernen, sondern durch gegenseitigen Austausch mit anderen Handwerkern und Besuchern, wozu auch Besucher aus Europa zählen.

In Europa ist Aiken während der 50er-Jahre weiterhin der große amerikanische Namen in Sachen Computer, während in den USA Zentren wie MIT, Stanford und Carnegie Mellon die Führung übernehmen. Es sind vor allem die Karrieren seiner ehemaligen Studenten, die seine Reputation weiterhin ausmachen, darunter zwei der Hauptarchitekten des IBM System/360. Nach seinem Abschied von Harvard 1961 ist er als Firmengründer und als Berater tätig. Bei Monsanto ist er an der Entwicklung neuer Speichertechnologien beteiligt und bei Lockheed für die Missiles and Space Division tätig. Daneben arbeitet er ein ausgeklügeltes kryptologisches Verfahren aus, das aber vom US Department of Defense sofort als geheim eingestuft und konfiziert wird.

In den Anfangszeiten des Computerbaus wird die heute übliche Unterscheidung zwischen Architektur, Implementation und Realisation von Computern noch nicht so aufgefasst. Vom heutigen Standpunkt aus hat Aiken die Architektur und einen Großteil der Implementation des ASCC/Mark I entworfen. Der Rest und die gesamte Realisation wurden von den IBM-Ingenieuren ausgeführt. „Hätte man damals bei der Übergabe,“ so der ehemalige Aiken-Student Frederick Brooks, „diese Differenzierung auch so verstanden, hätten lange Jahre der gegenseitigen bitteren und feindlichen Gefühle zwischen Aiken und IBM vermieden werden können“.

Aiken macht gerne Voraussagen, wobei seine Zuhörer sich nicht immer sicher sind, wie seriös diese zu nehmen sind. Während des Interviews von 1973 nimmt Aiken einen der damals neuen elektronischen Taschenrechner in die Hand und behauptet, dass es „eine Zeit geben wird, wo ein Gerät dieser Größe leistungsfähiger sein wird als die derzeitigen Großrechner“ und weiter: „Es wird die Zeit kommen, wenn Hersteller ihre Computer verschenken werden, um so ihre Software verkaufen zu können!“ An einem 14. März heute vor 40 Jahren stirbt der 73-jährige „Commander“ Howard Aiken, der Mann, der das Computerzeitalter eingeläutet hat und dessen Namen auch zukünftigen Studenten durch seinen „Aiken-Code“ bekannt sein wird, überraschend an einem Herzinfarkt. ■

¹ Eine detaillierte Beschreibung von Mark I ist einem weiteren Artikel vorbehalten.

² Innovate or Die, in Die Warte vom 7. Juni 2007.

³ Compiler und Cobol, in Die Warte vom 26. Januar 2012.

⁴ Der Computer – sein Lebenswerk, in Die Warte vom 17. Juni 2010.

⁵ Berühmt und doch unbekannt, in Die Warte vom 21. Juni 2012.

Bibliografie: Cohen, Bernard: Howard Aiken: Portrait of a Computer Pioneer, MIT Press; Cohen, Bernard, Welch, Gregory: Makin' Numbers, MIT Press 1999; Wang, An: Mut zum Risiko, Orell Füssli 1987.

Das Schicksal eines begnadeten Erfinders

Kein Geschenk für den Führer

Zum 25. Todestag von Curt Herzstark

André Schwarz

August 1950. Im „Lycée de garçons“ in Esch/Alzette preisen Werbeanzeigen in der Ausstellung „Le Luxembourg au travail“ am Messestand des Fürstentums Liechtenstein eine neuartige mechanische Rechenmaschine, die Curta, als wahres Wunderwerk an: „Klein genug für Ihre Hand und groß genug für jede Rechenaufgabe“.

Mit seiner Leistung kann das Gerät, das wie eine Pfeffermühle aussieht, heutzutage kaum mit einem Taschenrechner für zehn Euro mithalten. Doch in den 50er-Jahren sind die rechnerischen Fähigkeiten des nur 230 Gramm schweren und kaum neun Zentimeter hohen tragbaren Rechners eine Sensation! Speziell an dieser Maschine ist, dass sie nicht nur die kleinste mechanische Rechenmaschine ist, die je in Serie gefertigt wurde, sondern auch eine besondere Entstehungsgeschichte hat. Dieses technische Wunderwerk entstand an einem Ort, an dem jede Zivilisation zunichtegemacht wurde, im Konzentrationslager Buchenwald!

Die Herzstarks

Am Messestand steht der Erfinder der Curta selbst: Curt Herzstark. Am 26. Januar 1902 in Wien geboren, wächst er mit Rechenmaschinen auf. 1905 gründet sein Vater die erste österreichische Rechenmaschinenfabrik. Bereits in jungen Jahren begleitet Curt ihn auf Messen, wo er nebenbei auch praktischen Verkaufsunterricht erhält. Er beginnt im elterlichen Betrieb eine



Curt Herzstark durfte als „Politischer Schutzhäftling“ die Idee seines Wunderwerkes der Feinmechanik im „Vorhof zur Hölle“, dem Konzentrationslager Buchenwald, zu Papier bringen. Sein nur 85 Millimeter hoher und 230 g schwerer mechanischer Taschenrechner wurde allerdings nie ein Geschenk für den Führer.

(Foto: vcalc.net)

Lehre als Werkzeug- und Feinmechaniker, besucht ab 1918 die höhere Staatsgewerbeschule, die er mit der Matura abschließt. Zur Perfektionierung seiner Ausbildung in der Fertigungstechnik volontiert Curt anschließend bei den Astra- und den Wanderer-Werken.

Im elterlichen Betrieb sieht es nach dem Ende des Ersten Weltkrieges schlecht aus: Die Maschinen sind durch die Herstellung von Zündern herabgewirtschaftet, die Inflation vernichtet das Firmkapital. Seinem Vater gelingt es mit viel Optimismus, den Betrieb wieder aufzubauen, Curt übernimmt erfolgreich die Verkaufsorganisation für Astra- und Herzstark-Maschinen in der Tschechoslowakei und in Ungarn. Die Firma ist in dieser Zeit sehr erfolgreich, denn die Kunden erkennen: Die Herzstarks sind Mechaniker, die auch im Störfall schnell helfen. Viele Konkurrenten sind dagegen nur einfache Händler.

Denken, Skizzieren, Konstruieren

Curt hat für Kundenwünsche stets ein offenes Ohr. Buchungsmaschinen drucken die Zwischenergebnisse in Spalten. Die Summen dieser Spalten müssen wiederum mühsam durch Eingabe der Zwischenergebnisse ermittelt werden. Ein sehnlicher Wunsch ist daher eine Maschine, die in einem Arbeitsgang automatisch Waagrecht- und Senkrechtspalten addieren kann. Nach wochenlangen Denken, Skizzieren und Konstruieren findet Curt eine Lösung, den Herzstark-Multisummatör. Dass ein kleiner Wiener Betrieb aus einer Astra-Buchungsmaschine einen Rechenautomaten entwickelt hat, der eingetippte Beträge in bis zu 30 Kolonnen speichert, horizontal und vertikal nach Bedarf addiert oder subtrahiert, mit einem einzigen Tastendruck an beliebiger Stelle die Zwischensummen oder am Ende eines Formulars sämtliche Endsummen

dem Daumen zu verschieben sein sollten. Um Preis und Gewicht niedrig zu halten, soll ein einziges Getriebe alle Stellen nacheinander bedienen können. Auf diese Weise ergibt sich ganz selbstverständlich, dass Ergebnisanzeige und Kurbel für das Getriebe auf der Oberseite Platz finden.

Im Jahr 1937 hat Herzstark das Prinzip des Rechnens mit einer einzigen rotierenden Staffelwalze so weit entwickelt, dass er damit addieren und multiplizieren kann. Nur Subtraktionen und Divisionen lassen sich noch nicht bewerkstelligen. Man kann nämlich Zahlen nicht voneinander abziehen, in dem man die Kurbel einfach rückwärts dreht. Nie um einen Einfall verlegen, wird ihm klar, dass man das Ergebnis einer Subtraktion doch schlicht durch die Addition des Komplementes erhält. Es müsste also möglich sein, die Staffelwalze so anzulegen, dass sie in einer Stellung die normale Rechenleistung durchführt, in einer zweiten durch Axialverschiebung die Komplementärzahlen dazuzählt, die dann als Subtraktions- bzw. Divisionsergebnis erscheinen. „Aber Herr Curt“, meinen seine Werkstattmeister skeptisch, „die Amerikaner haben so etwas bisher nicht fertiggebracht, und Sie wollen das machen?“ Darauf lässt er eine ganz primitive Maschine in einem größeren Maßstab anfertigen, um zu beweisen, dass das Prinzip mit der Komplementäraddition funktioniert. Und es funktioniert!

Jedem das Seine

Der deutsche Einmarsch bringt den Sohn einer katholischen Mutter und eines jüdischen Vaters, der im Oktober 1937 verstorben ist, in Gefahr. „Die ersten Wochen waren schrecklich für uns. Der Mob, Judenhasser und viele schreckliche Dinge“, erinnert sich Herzstark später in einem Interview. Doch statt ihn zu verhaften, verlangen deutsche Offiziere nach ziemlich einseitigen Verhandlungen statt Rechenmaschinen nun die Lieferung von Distanzlehren und Panzer-Kaliber. Herzstark versucht, möglichst unauffällig zu bleiben und sich aus allem, was nicht mit seiner Arbeit zu tun hat, herauszuhalten. Fünf Jahre kann er sich auf diese Weise durchlaviern. Doch als er bei der Gestapo zugunsten von zwei verhafteten Mitarbeitern interveniert, bringt ihm dies seine eigene Verhaftung ein. Anhand einer konstruierten Anklage wird er verurteilt und im November 1943 als „Politischer Schutzhäftling“ Nr. 30359 zur Zwangsarbeit in der Gärtnerei des KZ Buchenwald eingeliefert.

Vollkommen erschöpft von der schweren Arbeit, dem Ausbringen der Jauche und seelisch auf dem Nullpunkt, wird er in die Kommandatur bestellt. Dort sitzt ein über seine Fähigkeiten bestens unterrichteter SS-Offizier und gibt ihm zu verstehen, wenn er seine Befehle gehorsam ausführe, dann würde für ihn das Leben im Lager erträglich werden. Herzstark wird in das angeschlossene Gustloff-Werk, in dem vorwiegend feinmechanische Bestandteile für alle Waffengattungen, auch für V-Waffen produziert werden, abkommandiert. ▶

Trotz der Unstimmigkeiten mit der Contina AG war Curt Herzstark mit seiner Curta auf den Messeständen des Fürstentums Liechtenstein präsent, wie 1950 in Esch/Alzette.



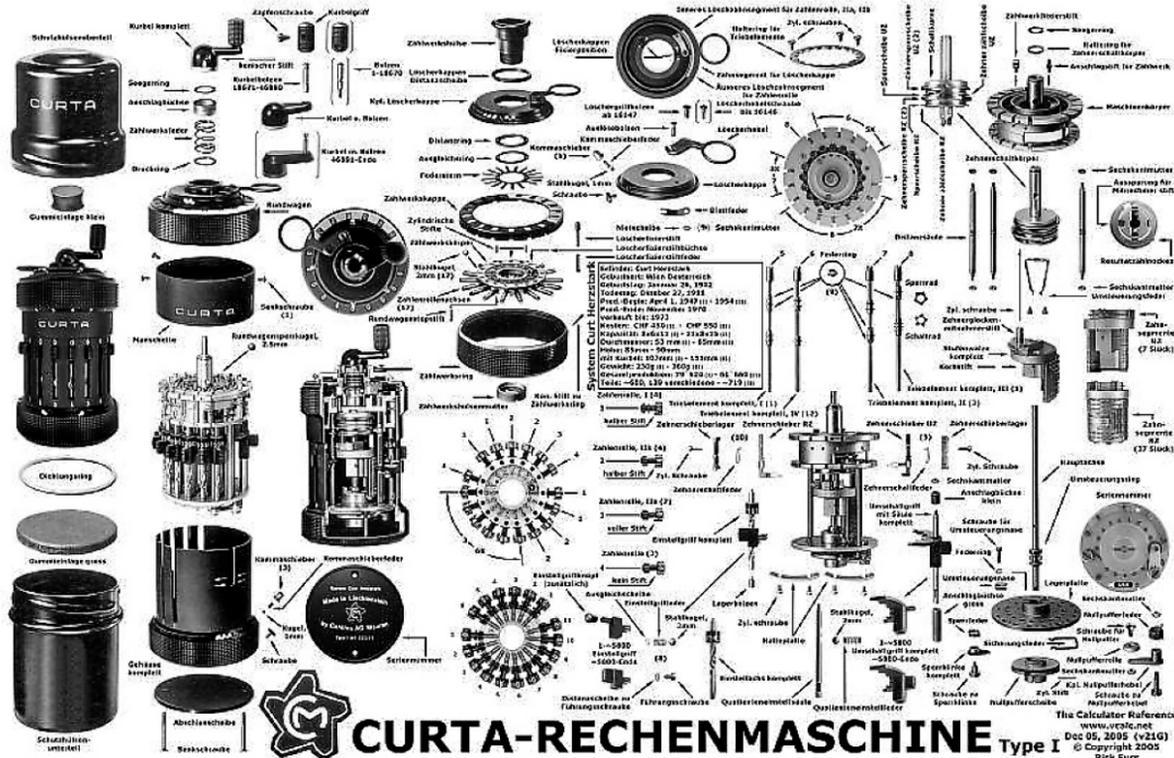
► In seinem neuen Block in Buchenwald befinden sich auch Luxemburger, wobei er sich vor allem mit Robert Schaffner anfreundet. Als Bevollmächtigter der Arbeitsvorbereitung ist er überall in der Fabrik tätig. Schnell merken die Zwangsarbeiter, dass er kein Informant ist, und bitten ihn, den einen oder anderen Neuankömmling in der Fabrik unterzubringen, bevor er bei Schwerstarbeit im Steinbruch oder sonstwo zugrunde geht. Herzstark meldet, dass er für da und dort zusätzliches Personal benötigt, so dass auch Rechtsanwälte und Apotheker zu Feinmechanikexperten avancieren, was ihnen eventuell das Leben retten kann.

Bald wird Herzstark von seinem Vorgesetzten angesprochen: „Herzstark, Sie haben doch an einer neuen Sache gearbeitet, einer kleinen Rechenmaschine. Wir erlauben Ihnen, daran weiterzuarbeiten. Sie können die Zeichnungen machen, und wenn die Maschine wirklich funktioniert, werden wir sie nach dem Endsieg dem Führer zum Geschenk machen.“ „Mein Gott“, denkt sich Herzstark, „mit der Maschine kannst du dein Leben strecken. Und da habe ich angefangen, sie so zu zeichnen, wie ich sie mir immer vorgestellt hatte.“ In seiner freien Zeit darf er sich seiner Rechenmaschine widmen und bringt mit seinem Bleistift die Maschine zu Papier – ganz präzise, mit allen Maßen und Toleranzen.

Der Erfolg lässt auf sich warten

Am 11. April 1945 befreien Einheiten der dritten US-Armee das Lager, Herzstark ist frei. Seine Zeichnungen haben sowohl die Lagerbombardierung, die Auslagerung nach Billroda, wohin er sie mitnimmt, als auch die Befreiung überstanden. Doch an eine baldige Rückkehr nach Wien ist nicht zu denken. Auf seinen Ausflügen ins nahe gelegene Weimar besucht er einen Bekannten, der seine Maschine für so interessant hält, dass er ihm einen Kontakt zu Rheinmetall vermittelt. Diese zeigen sich hoch interessiert an einer Zusammenarbeit. Ab Juli 1945 wird das Gebiet um Weimar zur russischen Zone. Als Fachmann mit „weißer Weste“ wird Herzstark im August mit der treuhänderischen Leitung von Rheinmetall als technischer Direktor betraut, verfügt über ein angemessenes Einkommen und bezieht eine Werkwohnung. Er trotz aller Bemühungen, sich zum Kommunismus bekehren zu lassen, so dass bald die Gefahr einer Deportation nach der Krim droht. Heimlich bereitet er seine Flucht vor. Er nimmt dabei auch die Prototypen seiner Taschenrechenmaschine mit, die er in weiser Voraussicht von seinem Gehalt bezahlt hat, um alle Eigentumschwierigkeiten auszuschließen. In Prag ist jedoch bereits Schluss. Einer der Vizebürgermeister, auch Häftling in Buchenwald, kann ihm jedoch weiter bis zur österreichischen Grenze helfen. Ein Vorrat an Zigaretten verhilft ihm zur Mitfahrt im Bremserhäuschen eines Kohlenzuges bis zum Wiener Nordbahnhof. Am 4. Dezember 1945 steht er nach fast zweieinhalbjähriger Odyssee wieder vor seiner Haustür.

Es zeigen sich aber familiäre Probleme: Er soll seinen Bruder, der sich nie um die Firma kümmerte, an der Erfindung teilhaben lassen. Dafür hat er – nach allem, was er mitgemacht hat – überhaupt kein Verständnis. Weiterhin scheint es unmöglich, in einem in Schutt und Asche liegenden Europa Investoren zu finden. Herzstark denkt ans Auswandern. Doch unerwartet nehmen die Dinge zunächst einen guten



Ein Blick ins Innere der Curta zeigt, was schon in der Gebrauchsanweisung stand: „Die Curta-Rechenmaschine ist ein feinmechanisches Präzisionswerk.“ (Foto: vcalc.net, dort kann man das Foto in Postergöße beziehen)

Verlauf. Liechtenstein soll modernisiert werden, und so bittet Fürst Franz Josef II. höchstpersönlich um eine Vorführung der inzwischen patentierten Prototypen. Es wird die „Contina Bureaux“- und Rechenmaschinenfabrik AG gegründet; im angemieteten Ballsaal eines Hotels entstehen die ersten 500 Rechenmaschinen. Auf der Basler Mustermesse 1949 wird die Curta erstmals präsentiert. Die Nachfrage steigt und die Contina bezieht bald ihre eigene Fabrik.

Ein Schuldiger muss her

Es gibt nur einen Verlierer: Curt Herzstark. 1946 bei der Firmengründung bemängelt er das viel zu niedrig angesetzte Startkapital, doch seine Einwände werden abgewürgt: „Das Geld wird schon da sein. Entweder Sie unterschreiben oder es tut uns leid.“ Herzstark, nach schwerer Krankheit rekonvaleszent, mittel- und hilflos, unterschreibt. Mit der Zeit muss er erkennen,

dass alle wichtigen Entscheidungen von den Liechtensteiner Geldgebern getroffen werden: Herzstark, der Direktor ohne Kompetenz. Auf der Generalversammlung 1950 wird klar: Fehlentscheidungen des Aufsichtsrates und ein unfähiges Verkaufsmanagement haben zu einer beträchtlichen Schuldenlast geführt. Es wird eine neue Gesellschaft gegründet. Das versprochene Aktienpaket, das er nie bekommen hat, ist nun völlig wertlos.

In seinen Erinnerungen schildert Curt Herzstark, wie er im August 1950 zu seiner Überraschung in Esch/Alzette seine ehemaligen luxemburgischen KZ-Kameraden wiedersieht: Robert Schaffner, inzwischen Arbeitsminister, und Léon Bartimes, Bürgermeister von Belfort. Als sie von seinen Differenzen mit der Contina und dem ungewissen Ausgang hören, stellen sie Kontakte zum Abgeordneten Alphonse Schiltges her. Dieser ist als Wiltzer Stadtrat an einer Industriensiedlung interessiert. Es wird eine Firmenneugründung zur Erzeugung der Curta in Luxemburg erwogen. Patentrechtliche, finanzielle Probleme, letztlich politische Umschichtungen, so Herzstark, lassen das Projekt schließlich einschlafen. Die Mühe aber, die sich seine Luxemburger Freunde geben, ihm in der Not zu helfen, berührt ihn sehr.

Doch das Blatt wendet sich. Die Liechtensteiner Geldgeber haben bei der Firmengründung absichtlich auf eine Umschreibung der Patente verzichtet, damit im Falle einer Anfechtung alle Ansprüche allein gegen Herzstark gerichtet würden. Doch nun hat die Contina keinerlei Patentrechte und muss ihm diese abkaufen, so dass diese ihrem Erfinder schlussendlich aber etwas Geld einbringen. Herzstark scheidet schon Anfang der 1950er-Jahre als technischer Direktor aus; in Betrieb ist er unerwünscht. Mit dem Fürsten kommt er nur noch ein einziges Mal zusammen. „Ich hatte den Eindruck, zum alleinigen Sündenbock gestempelt zu werden. Wir trennten uns unversöhnlich“, so Curt Herzstark. Er bleibt als Berater für technische Fragen noch einige Jahre für die Contina tätig, aber auch für andere Büromaschinenhersteller und lebt in einer bescheidenen Liechtensteiner Wohnung.

Eine besondere Beziehung

Die Maschine ist von Anfang an perfekt und erfreut sich in den 50er- und 60er-

Jahren stetiger Nachfrage – „eine leistungsfähige Universalrechenmaschine im Taschenformat“. Mit der Curta werden Bilanzen erstellt, Landkarten vermessen und Satellitenbahnen errechnet. Ganz besonderer Gunst erfreute sich die Maschine übrigens bei Rallyefahrern. Der Beifahrer konnte rasend schnell Geschwindigkeiten und Strecken kalkulieren, ohne den Blick von der Piste zu wenden. Aber schließlich graben die elektronischen Taschenrechner auch diesem Wunderwerk der Mechanik das Wasser ab. Anfang der 1970er-Jahre verlassen die letzten der insgesamt rund 150 000 Curtas das Werk in Liechtenstein.

Viele verbindet auch heute noch mit ihrer Curta eine besondere Beziehung, wie z.B. der Planetenforscher Clifford Stoll: „Wenn ich Herzstarks kleine Maschine in den Händen halte – mein Astronomieprofessor hat sie mir vermacht – dann wird mir klar: Diese Curta hat ihren Besitzer überlebt und wird sicher auch ihren zweiten überleben. In meiner Hand halte ich einen direkten Abkömmling der allerersten Rechenmaschinen überhaupt; ein Glanzstück mechanischer Handwerkskunst und zugleich Zeugnis der Lebensleistung eines einzelnen Mannes, der sie unter den traurigsten Umständen und im Angesicht des Todes erbracht hat.“

An einem 27. Oktober 1988 vor 25 Jahren stirbt Curt Herzstark im Alter von 86 Jahren. Ein großes Erfinderverleben geht zu Ende. Curt Herzstark ist weder berühmt noch reich geworden. Nur ein kleiner Kreis von Wissenschaftlern, Technikern und Sammlern hält das Andenken an ihn hoch: den Mann, der die letzte große Erfindung auf dem Gebiet der mechanischen Rechenmaschinen machte!

Bibliografie: Stoll, Clifford: Rechnen mit der Kurbel, Spektrum der Wissenschaft, April 1984, Catalogue officiel, exposition générale „Le Luxembourg au travail“ Esch/Alzette 12.-27.8.1950; Holub C. u.a.: Curt Herzstark. Kein Geschenk für den Führer. Books on demand 2005; Curt Herzstark, OH 140. Oral history interview by Erwin Tomash, 10 September 1987, Nendeln, Liechtenstein. Charles Babbage Institute, University of Minnesota, Minneapolis. <http://purl.umn.edu/107359>, www.vcalc.net

Der erste Taschenrechner war mechanisch, rechnete auf 15 Stellen genau und erlaubte neben den vier Grundrechenarten auch das Ziehen der Quadratwurzel. Seine Funktion erschließt sich am besten beim Rechnen mit dem Simulator auf der Webseite von Jan Meyer (www.curta.de). (Foto: Jan Braun/Heinz Nixdorf MuseumsForum Paderborn)



Er begründete die digitale Welt von heute

Die Schönheit der Logik

Zum 200. Geburtstag des Mathematikers George Boole

von André Schwarz

New Mexiko, Trinity-Testgelände, 16. Juli 1945. Unter den Augenzeugen dieses historischen Ereignisses befinden sich Geoffrey I. Taylor als Experte für Schockwellen und Joan Hinton als Assistentin von Enrico Fermi. Wie der Zufall es will, sind beide Nachfahren von George Boole, mit der Berechnung von Zufällen bestens vertraut. Ihm ist als Erster die Analogie zwischen Wahrscheinlichkeit und Logik aufgefallen. Weltberühmt macht ihn aber die Logik. „The Laws of Thought“, sein Buch von 1854, provoziert den Urknall der logischen Algebra. Und liefert die Grundlagen, die rund 80 Jahre später Leute wie Turing, Stibitz, Zuse oder Atanasoff benötigen, um das Zeitalter der PCs und Smartphones einzuläuten.

George Boole hat sich fast alles selbst beigebracht. Seine mathematische Bildung, erworben abseits der universitären Pfade, die Leuten seines Standes in England verwehrt sind, verhindert nicht (ermöglicht eigentlich) seinen Aufstieg zu einem der brilliantesten Mathematiker seines Jahrhunderts. Geliehene Werke von Lacroix, Leibnitz oder Laplace, die er ohne jeden Beistand so lange durchnimmt bis er sie perfekt beherrscht, erschließen ihm die Welt der höheren Mathematik. Auch die neuesten Werke vom Kontinent sind ihm zugänglich, er hat sich Deutsch, Französisch und Italienisch selbst beigebracht und ist somit den meisten englischen Mathematikern stets voraus.

Religiosität

Von frühester Jugend an ist Boole tief religiös. Er glaubt sich berufen, durch sein Wirken in Logik, Philosophie und Mathematik die Wege Gottes zum Menschen aufzuzeigen. Allerdings findet er die christlichen Doktrinen überhaupt nicht logisch. Logischerweise führt dies zum Ausschluss des Pfarrerberufes aus der Menge möglicher Berufe. Dazu beigetragen hat auch der Niedergang des väterlichen Geschäftes. Als Alleinversorger der Familie beginnt der 16-jährige George 1831 seine Laufbahn im Lehrerberuf. Religiös betrachtet er sich mittlerweile dem Glauben der Unitarier nahestehend. Worauf seine Schüler von ihren methodistischen Eltern angewiesen werden, für George's „Bekehrung“ zu beten. Dies und seine Vorliebe, während des Gottesdienstes seine geliebte Mathematik zu betreiben, beenden sein erstes Engagement kurzfristig. Nichtsdestotrotz wächst seine Reputation als Lehrer, er gründet in seiner Heimatstadt Lincoln eine eigene Schule und entwickelt pädagogische Konzepte, die heute noch aktuell sind.

Wendepunkte

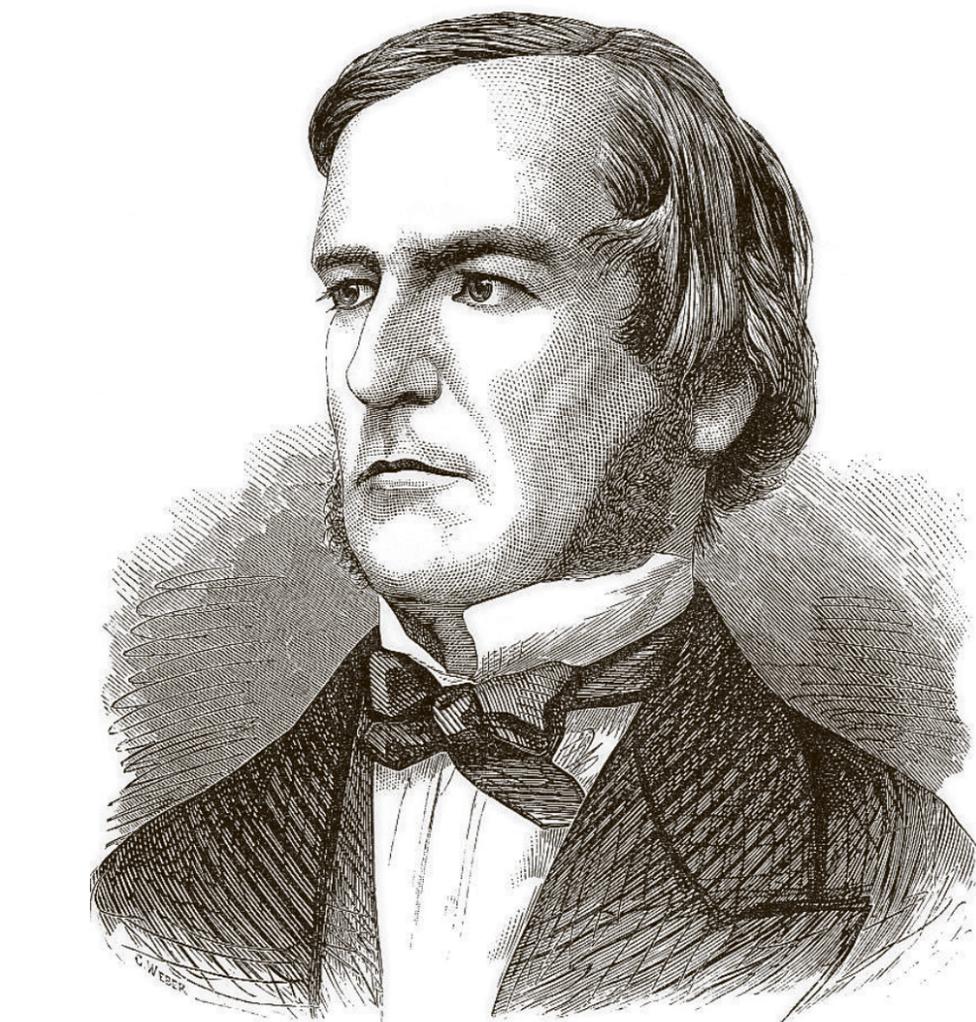
Boole ist sich der wissenschaftlichen Isolierung in der Provinz bewusst, sucht Kontakte und findet in

Duncan Gregory einen Freund und die Möglichkeit, in dessen Cambridge Mathematical Journal zu publizieren. Die Verleihung der Goldmedaille für seinen Beitrag „On a General Method on Analysis“ durch die Royal Society bringt ihm öffentliche Anerkennung. Die Fachwelt wird auf ihn aufmerksam, prominente Mathematiker wie Augustus De Morgan scheuen sich nicht, mit dem „selfmade“-Mathematiker zu korrespondieren. Dies stärkt George's Selbstvertrauen. Seine lebenslange Freundschaft mit dem Physiker William Thomson (später Lord Kelvin) regt ihn an, weiterhin zu publizieren.

Mit dieser Rückendeckung versehen, bewirbt er sich erfolgreich um eine Professur im neu gegründeten Queens College in Cork. Kurz vor seinen 34. Geburtstag segelt er 1839 nach Irland über, nimmt seine Lehrtätigkeit auf und arbeitet gewissenhaft u. a. als Dekan an der Entwicklung der neuen Fakultät mit. Eine nähere Bekanntschaft mit Mary Everest, die ihren Onkel John Ryall am College besucht (George Everest, ihr anderer Onkel erforscht derweil Indien), endet 1855 für den 40-jährigen George mit der Heirat der 23-jährigen Mary.

Das Meisterwerk

Boole ist nie zufrieden gewesen mit seinem 1847 hastig geschriebenen Werk „The Mathematical Analysis of Logic“. Um dies wettzumachen und da es in Cork für ihn außer seiner Lehrtätigkeit nur wenig Ablenkung gibt, nimmt er den Gedanken (logische Beziehungen in symbolische oder algebraische Form zu bringen) der ihm einst als 18-Jähriger bei einem Spaziergang durch ein Feld aufkam, wieder auf. Sein Werk „The Laws of Thoughts“ steht auch heute noch als ein Monument seiner Kreativität, Ingeniosität und großen Intellektualität dar. In den folgenden Jahrzehnten entwickeln Wissenschaftler wie Venn, Pierce, Schröder, Peano, Frege, Russell und Whitehead sein Werk zur Booleschen Algebra weiter, so wie wir sie heute verwenden. Diese vereint solche Themen und Konzepte wie



George Boole (1815-1864). Seine Haltung als Mathematiker stimmte überein mit seiner religiösen Gesinnung. In der Mathematik war Boole ein Innovator, der bestehende und bis dahin sakrosankte Regeln und Vorschriften hinterfragte. (British Museum; J.R. Freeman & Co. Ltd.)

Mengen, Binärzahlen, Wahrheitstabellen, Wahrscheinlichkeitsräume, Syllogismen, binäre Systeme, elektronische Schaltkreise und Computertechnologie.

Boole's Schaffen umfasst viel mehr als nur Logik, er begründet die Theorie der Invarianz, liefert wesentliche Beiträge zur Wahrscheinlichkeitstheorie, Differenzialrechnung und zur Algebra, sein Werk über Differenzen wird zum Wegbereiter der numerischen Mathematik, mit der heute Computer rechnen. George's Vater John war ein ferverter Teleskopbastler und vermittelte seinem Sohn die Begeisterung für die Himmelsbeobachtung. Als Erwachsener brachte George wiederholt Fremde, die er im Zug an-

traf, mit nach Hause (seine Frau war darüber nicht gerade „amused“) und ließ sie durch von ihm angefertigte Teleskope den Nachthimmel bewundern. Heutzutage sind es Weltraumteleskope und Sonden auf fernen Planeten, die ihre Bilder, mittels der Grundlagen, die George Boole einst formulierte, durch unendliche Ströme aus 0- und 1-Symbolen zur Erde senden. ■

Hinweis: Unter dem Motto „Celebrating George Boole's Bicentenary“ feiert die University College Cork ihren berühmten Lehrer: www.georgeboole.com
Bibliografie: MacHale, Desmond: The Life and Work of George Boole, A Prelude to the Digitale Age, Cork University Press 2014.

Leben im Schatten eines großen Geheimnisses

Bletchley Park – streng geheim

Erinnerungen an die britische „Codebreaking Factory“

von André Schwarz

Mit seinem Film *The Imitation Game* hat Regisseur Morten Tyldum trotz einiger historischer Ungereimtheiten den Frauen und Männern in Bletchley Park ihre längst verdiente Anerkennung verschafft. Heute ist gewusst, dass ohne Bletchley Park und die damit verbundene weltweit einzigartige und größte „intelligence“-Organisation ULTRA der Krieg nicht 1945 geendet hätte, sondern zwei bis drei Jahre später.

Es wären noch Abertausende auf den Schlachtfeldern und in den Konzentrationslagern Opfer eines sich dahinziehenden Krieges geworden. Mit Bletchley Park untrennbar verbunden ist auch Alan Turings¹ Name, eines der brilliantesten Mathematiker des 20. Jahrhunderts.

„Codebreaking Factory“

In Bletchley Park (BP) entstand ab 1939 die weltweit erste „Produktionslinie zur militärischen Informationsgewinnung“ und stellt, so der amerikanische Philosoph George Steiner, den wohl wichtigsten britischen Beitrag des Zweiten Weltkrieges, wenn nicht sogar des gesamten 20. Jahrhunderts dar. Um die kriegsentscheidenden Informationen zu gewinnen, wurden die zu dechiffrierenden Meldungen von den einzelnen längs der englischen Küsten befindlichen Abhörstationen mittels Motorrakurieren nach BP gebracht. Dort versuchte man, die Meldungen zu dechiffrieren, anfangs noch manuell, ab Kriegsbeginn maschinell mittels von Turing und Welchmann entwickelten elektromechanischen „BOMBEN“ und ab 1944 mittels Flowers² elektronischem „COLOSSUS“.

Das Bedienen der „BOMBEN“ (meistens durch Wrens³) während der Achtstundenschichten war psychologisch sehr anstrengend, besonders in den Nachtschichten, wie Ruth Bourne es selbst erlebte: „Ich erinnere mich, als ich zum ersten Mal hinging, sah ich alle diese beängstigend blass aussehenden Frauen aus ihren Hütten kommen, und ich dachte ‚Oh mein Gott‘, und Bourne weiter: „Man musste als Operateur sehr präzise sein, sonst gab es direkt einen Kurzschluss. Und dann gab es den fortwährenden Lärm und es roch übel.“ Gearbeitet wurde in schlecht gelüfteten und nur sporadisch geheizten Holzhütten („huts“), wobei die einzelnen „huts“ hermetisch abgeschottet waren. Jeglicher Austausch war verboten, so dass alle Mitteilungen zwischen den Huts mittels Tunnels oder Kurier weitergegeben wurden.

Jedes Mal, wenn eine der „BOMBEN“ eine mögliche Dechiffrierung fand, wurde diese auf einer britischen Typex ausprobiert, um zu sehen, ob ein deutscher Text er-

schien, den die Übersetzer in „hut 3“ dann interpretierten und übersetzten. Im anschließenden „cross-referenced“-Kartensystem wurden Informationen über Personen, ihren militärischen Rang, ihre Stationierungsorte und -verlegungen systematisch gesammelt und ausgewertet: Neben taktischen Informationen für den U-Boot-Krieg ermöglichten diese vor militärischen Ereignissen, das Führungsverhalten der dabei kommandierenden deutschen Offiziere meist richtig zu prognostizieren, weil deren Persönlichkeitsprofile erarbeitet worden waren.

Da die Kryptologen sich nicht untereinander über ihre Arbeit austauschen durften, hatte diese oft einen sehr abstrakten Charakter. „Was man nicht wusste, war die Auswirkung von all dem auf den Kriegsverlauf“, so Oliver Lawan. „Das einzige Mal, wo ich tatsächlich realisierte, was wir taten, war, als man mir ein Notizbuch übergab“, erinnerte sich Gwen Watkins. „Es war gerade aus einem abgestürzten Flugzeug geborgen und eilends nach BP zum Dekodieren gebracht worden. Ich war entsetzt, als ich den riesigen noch feuchten Blutfleck darauf entdeckte. Dies bringt einem den Krieg sehr, sehr nahe.“

BP besaß trotz der streng geheimen Arbeiten nie eine militärisch organisierte Struktur. Hier herrschte eher die Atmosphäre eines Universitätscampus mit einem reichen kulturellen Leben, was auch der experimentellen Natur der Arbeit, die Dechiffrierungsprobleme auf unterschiedlichste Art und Weise anzugehen, förderlich war. Das Personal in BP bestand anfangs vor allem aus Mathematikern und Linguisten, die aber rasch durch Wrens³, Navy- und Air-Force-Angehörige und ab 1941 durch Amerikaner unterstützt wurden.

„Act this day“

Der Befehl Churchills „Act this day“ kennzeichnet seine besondere Beziehung zu BP. Nach seinem Besuch im September 1941, der der Belegschaft den moralisch wichtigen Rückhalt gab, ersuchte u.a. Alan Turing in einem persönlichen Schreiben an Churchill um eine dringende Rekrutierung von Mitarbeitern, die ihnen die Bürokratie in White Hall verwehrte. Churchill sagte sofort zu. Am D-Day der ohne BP nie erfolg-



In Bletchley Park entstand kurzzeitig eine abgeschiedene Welt, eine Welt, die auch Platz für Alan Turing bot, ehe ihn die engstirnige, repressive Kultur der Nachkriegsjahre einholte und zu seinem frühen Tod führte. Tyldums Film „Imitation Game“ hat das Verdienst, dazu beizutragen, dass Turings Name, der bis heute oft gebraucht wurde, ohne zu wissen, was er war und wie er lebte, den verdienten Platz in der Geschichte erhält.

reich verlaufen wäre, informierte Churchill sich persönlich in BP, da diese dank COLOSSUS den deutschen Funkverkehr in weniger als 30 Minuten dechiffrieren konnten.

Absolute Schweigepflicht

Die ab 1940 um das Hauptgebäude angelegten „huts“, in denen in drei Schichten jeweils über 1000 Mitarbeiter tätig waren, wirkten gewollt so unscheinbar, dass die deutsche Luftaufklärung nie den Verdacht hegte, dass hier das Zentrum der britischen Kryptoanalyse angesiedelt war. Auf britischer Seite wussten auch nur sehr wenige, dass fast alle kriegswichtigen Informationen aus BP stammten. Doch konnten die entschlüsselten Meldungen nicht immer verwendet werden. So wird im Film „Imitation Game“ der kurz bevorstehende Angriff deutscher U-Boote auf einen alliierten Schiffskonvoi, in dem sich der Bruder eines von Turings Mitarbeitern aus „Hut 8“ befindet, ausgemacht. Doch Turings Entscheidung, den Konvoi nicht zu warnen, da eine solch kurzfristige Kursänderung die Deutschen auf eine mögliche Entschlüsselung ihres Funkverkehrs hingewiesen hätte, führt dann zum heftigen Konflikt zwischen den beiden.

Als BP 1941 die Bismarck ortet, mussten RAF-Flugzeuge das Schiff für die Deutschen nochmals „entdecken“, ehe es die britische Mari-

ne versenken konnte. „hut 6“ konnte ab April 1940 die Enigma der Luftwaffe entschlüsseln und so auch die Koordinaten des Leitstrahls, denen die deutschen Bomber auf dem Weg zu ihrem Ziel folgten, ermitteln. Diesen versuchten die Briten dann so abzulenken, dass die tödliche Fracht möglichst auf freies Feld landen sollte. Dies durfte aber erst erfolgen, wenn die Bomber in Küstennähe waren, um keinen Verdacht aufkommen zu lassen. Alle Mitarbeiter in BP mussten den „Official Secret Act“, der eine lebenslange Schweigepflicht vorsah, unterzeichnen. „Vergessen Sie alles, was wir hier getan haben, niemand wird das je erfahren“, so verabschiedet BP-Chef Denniston im Film „Imitation Game“ Turing und seine Mitarbeiter aus „hut 8“. Wie selbstdiszipliniert die einstigen BP-Mitarbeiter dies taten, zeigt die Erinnerung eines BP-Veteran: „Als viele Jahre später mein Vater im Sterben lag, haderte er mit mir, dass ich im Krieg nichts fertiggebracht hatte, doch selbst in diesem Moment konnte ich mich ihm nicht anvertrauen.“

¹ Berühmt und doch unbekannt, in Die Warte vom 21. Juni 2012

² Eine geheime unbekannt Maschine, in Die Warte vom 7. Juni 2012

³ Woman Royal Navy Service

Bibliografie: McKay, Sinclair: The Secret Life of Bletchley Park, Aurum Press 2011.

Er begründete die algebraische Codierungstheorie

Die Kunst der Codierung

Zum 100. Geburtstag von Richard W. Hamming

von André Schwarz

Im April 1945 sitzt Richard Hamming im Rechnerraum in Los Alamos, New Mexiko, als einer der dort beschäftigten Physiker den Raum betritt. Hamming ist als Mathematiker seit kurzem engagiert, um für die Physiker, die unter dem Codenamen Manhattan Projekt die Atombombe bauen, auf den elektromechanischen IBM-Rechnern deren physikalischen Gleichungen zu programmieren. Als der Physiker ihn bittet, seine Berechnungen zu überprüfen, hat Hamming eigentlich vor, dies zu delegieren, fragt aber aus Interesse, wozu diese Gleichungen denn dienen sollen.

Oh, es ist die Berechnung der Wahrscheinlichkeit, dass die Explosion der Bombe die ganze Erdatmosphäre entzünden könnte“, antwortet ihm dieser, worauf Hamming beschließt, die Berechnung doch lieber selbst vorzunehmen. „Die Arithmetik ist offensichtlich korrekt, aber ich kann nichts über den Eingangsquerschnitt von Sauerstoff und Stickstoff aussagen – denn nach allem, kann man nicht die sonst üblichen vorausgehenden Experimente auf dem zu erwartenden Energieniveau [Anm.: dem einer Atombombenexplosion] vornehmen“, argumentiert Hamming gegenüber dem Physiker, der ihm entgegnet, dass Hamming nur die Arithmetik überprüfen und ihm die Physik überlassen solle. „Was hast du nur getan, Hamming, du bist jetzt darin verstrickt, alles Leben, was im Universum bekannt ist, zu riskieren, und du weißt nicht ausreichend Bescheid über diesen essenziellen Punkt?“, fragt Hamming sich selbst. Dies war ungewohnt für jemanden, der sich bereits in seiner Schulzeit, ähnlich wie Alan Turing I, als ein fähigerer Mathematiker als seine Lehrer erwiesen hat.

Ein neues Forschungsgebiet

Eigentlich wollte Hamming Ingenieur werden, doch er erhält ein Stipendium für ein Mathematikstudium, das er 1942 erfolgreich mit einer Doktorarbeit über lineare Differentialgleichungen an der Univer-

sität von Illinois abschließt. Nach kurzer Lehrtätigkeit bewirbt er sich auf Bitten eines Freundes in Los Alamos, um anschließend in die Bell Telephone Laboratories zu wechseln. Hier teilt er sich ab 1946 zeitweilig mit Claude Shannon ein Büro. „Wir taten unkonventionelle Sachen auf unkonventionelle Art und Weise und erhielten dennoch nützliche Ergebnisse. Deshalb tolerierte das Management dies und ließ uns die meiste Zeit in Ruhe.“ erinnert sich Hamming. Während Shannon seine Informationstheorie ausarbeitet, soll Hamming sich mit der Elastizitätstheorie beschäftigen, doch die neuartigen elektronischen Rechner faszinieren ihn wesentlich mehr. Bereits während seines Studiums haben ihn die Ideen in George Boole's Buch „An investigation of the Laws of Thought“ geprägt, was sich im folgenden als höchst bedeutsam für ihn erweisen soll.

An einem Freitag im Jahre 1947 startet er die Rechner, um langwierige und komplexe Berechnungen über das Wochenende auszuführen. Bei seiner Rückkehr am Montag stellt er fest, dass die Berechnungen bereits frühzeitig abgebrochen waren. Ausgelöst war dies durch ein Kontroll-Bit (Paritäts-Bit), das feststellt, ob innerhalb einer Gruppe von Bits (z.B. 8 Bit) während der Verarbeitung, Speicherung oder Übertragung ein Bit verfälscht worden ist. „Wenn der Computer einem mitteilen kann, dass ein Fehler aufgetreten ist,“ überlegt Hamming, „dann

muss es sicher auch einen Weg geben zu ermitteln, wo der Fehler aufgetreten ist, so dass der Computer selbst den Fehler korrigieren kann.“ Jedes Bit kann nur Null oder Eins sein, wenn man weiß, welches Bit falsch ist, kann es einfach korrigiert werden

Er erkennt, dass diese Fähigkeit weitreichende Konsequenzen hätte und löst dieses Problem selbst: Mit seiner wegweisenden Arbeit „Error detection and error correcting codes“, die im April 1950 im „Bell System Technical Journal“ erscheint, schafft er ein ganz neues Studiengebiet innerhalb der Informationstheorie, die Codierungstheorie. Er führt ein Konzept ein, das die Anzahl der Bitstellen feststellt die in zwei Codewörter (z.B. jeweils eine Gruppe von 8 Bit) verschieden sind und wie viele Veränderungen notwendig sind um ein Codewort in das andere überzuführen, heutzutage als Hamming-Distanz bezeichnet. Weiterhin entwirft er damit eine Familie von mathematischen fehlerkorrigierenden Codes, die man Hamming-Codes nennt. Mittels der Hamming-Grenze kann man die Effizienz eines fehlerkorrigierenden Codes feststellen. Mit dieser mathematisch höchst anspruchsvollen Theorie der Fehler korrigierenden Codierung können viele der Probleme, die üblicherweise in Telekommunikationsanlagen, mobilen Telefonnetzen, Festplatten, CD-Spielern, Flash-Speichern, dem Internet, wie auch in der für die „künstliche Intelligenz“ typischen Aufgabe der Gesichtserkennung auftreten, gelöst werden.

Publizist und Mahner

Während der 50er Jahre programmiert er einen der ersten kommerziellen amerikanischen Computer, den IBM 650, und mit Ruth A. Weis entwickelte er 1956 mit Bell2 eine der frühen Programmiersprachen. Hamming ist auch publizistisch sehr aktiv: Neun Fachbücher, darunter das sehr weit verbreitete „Numerical Methods for Scientists and Engineers“, „Digital Filters“ und „Information and Coding Theory“, rund 75 technische Publikationen, wie auch Herausgeber

zahlreicher Fachzeitschriften der Informatik, Mathematik und Ingenieurwissenschaften. Stets ist er bemüht, den Wissenschaftlern zu verstehen zu geben, dass ihre Berechnungen auch Konsequenzen haben, wie auch seine Auffassung über wissenschaftliches Rechnen zu vermitteln: „The purpose of computing is insight, not numbers.“

Charakteristisch für Hamming ist dann auch seine Gewohnheit, in den Bell Labs sich stets an einen anderen Mittagstisch zu gesellen, um so intellektuelle Anregungen zu suchen und gleichzeitig seine Arbeitskollegen herauszufordern: Eines Tages fragt er die Chemiker, welche wichtigen Probleme es in der Chemie noch zu lösen gäbe. Bei der nächsten Gelegenheit erkundigt er sich, ob sie diese denn inzwischen bearbeiten würden, was sie verneinen. „Wenn das, was ihr macht, nicht wichtig ist und wenn ihr nicht glaubt, dass es zu etwas Wichtigem führen wird,“ entgegnet er ihnen, „warum arbeitet ihr überhaupt daran?“ Er sah sich gezwungen, daraufhin einen anderen Mittagstisch zu suchen.

Nach seinem Ausscheiden 1976 aus den Bell Labs, wo er sich vor allem mit numerischer Analyse und Entwicklung von digitalen Filtern („Hamming-Fenster“) beschäftigt hat, unterrichtet er Computerwissenschaften an der Naval Postgraduate School in Monterey, Kalifornien. Im Dezember 1997 hält er seine letzte Vorlesung, nur wenige Wochen vor seinem Tod am 7. Januar 1998. Im Rückblick meint sein dortiger Kollege Richard Franke: „Er wird noch lange für seine tiefgründigen Einblicke in die vielen Facetten von Wissenschaft und Computerberechnungen in Erinnerung bleiben. Ich selbst werde mich noch lange an seinen Schottenmuster-Sakko und seine ungezogenen Scherze erinnern.“

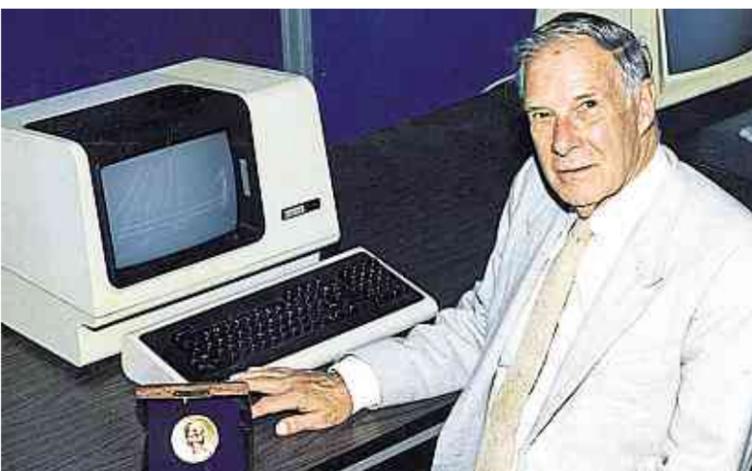
1 Berühmt und doch unbekannt, in Die Warte vom 21. Juni 2012

2 Information – ein merkwürdiger Stoff, in Die Warte vom 30. Oktober 2008

Bibliografie: wikipedia; Lüke, H.D. über eduard-rhein-stiftung.de;

Robertson, Edmund: Richard W. Hamming.

Richard Hamming begründete 1958 die „Association for Computing Machinery“ mit, die als Ehrung für seine maßgeblichen Beiträge zur Informatik die „IEEE Richard W. Hamming Medal“ schuf.



Ein Pionier der Computerwissenschaften

Computer sind immer logisch

Zum 20. Todestag des Mathematikers George R. Stibitz

von André Schwarz

Eigentlich müsste George Stibitz sehr zufrieden sein. Vor einigen Tagen hat er mit seinen Kollegen der Bell Labs die weltweit erste Fernbedienung eines Computers erfolgreich vorgeführt. Dieser Computer schlägt allerdings mit rund 20 000 Dollar zu Buche und damit hat das Management der Bell Labs trotz dieser historischen Tat ein entscheidendes Problem: Stibitz wird für die Bell Labs keine weiteren Computer mehr bauen. Eine aus heutiger Sicht wenig weitsichtige Entscheidung.

Denn in jenen Jahren liegt die Entwicklung dieser neuartigen binären Rechner förmlich in der Luft. Neben Pionieren wie Howard Aiken¹ John Atanoff, Claude Shannon² oder Konrad Zuse³ interessiert sich auch der in den Bell Labs beschäftigte Mathematiker George Stibitz dafür wie man mathematische Probleme mit Hilfe der von George Boole begründeten binären Logik und entsprechenden Maschinen lösen kann. Stibitz Rechner-Ideen beginnen sich Ende 1937 zu konkretisieren, als er das Design von Telefonrelais überarbeitet.

K-Modell

Geniale Ideen entstehen oft an ungewöhnlichen Orten, für Stibitz ist dies sein Küchentisch. An einem Novemberabend im Jahre 1937 überlegt er, einen binären Addierer mittels Relais aufzubauen. Auf einem Sperrholzbrett montiert und verdrahtet er Relais, als Eingabe dienen Metallstreifen aus Kaffeedosen und Blitzlampen dienen als Ausgabe. Als er Batterien anschließt, macht sein ‚K-Modell‘ genau das, was es tun soll, mit Hilfe von Relais Zahlen addieren. Sein binärer Addierer sieht allerdings eher aus wie eine Schülerbastelarbeit als der Beginn des Computerzeitalters.

Bei seinem Vorschlag, einen kompletten Rechner mittels Relais zu realisieren, winken seine Kollegen amüsiert ab, vor allem die verwendete binäre Logik erscheint ihnen veraltet. „So gab es leider kein Feuerwerk, keinen Champagner,“ wie

Stibitz sich später erinnerte. Doch er lässt sich nicht beirren. Indirekt zur Hilfe kommt ihm dabei, dass die Bell Labs einen enormen Bedarf an langwierigen und präzisen Berechnungen mittels komplexer Zahlen haben. Die Idee, mechanische Tischrechner so zu koppeln, dass ein ‚Superrechner‘ entsteht, wird angesichts der zu erwartenden Komplexität schnell verworfen. So dass Anfang 1938 Stibitz's Vorgesetzter nachfragt, ob der kleine Rechner denn auch mit komplexen Zahlen umgehen könnte.

Complex Calculator

Zu diesem Zeitpunkt hat Stibitz sich bereits den Aufbau eines solchen ‚Complex Calculator‘ ausgedacht. Zusammen mit Samuel Williams beginnt das Design von ‚Modell I‘. Schnell stellt sich eine wesentliche Frage: Wie gestaltet man das Mensch-Maschine-Interface? Eine binäre Eingabe wäre naheliegend, was jedoch ungewohnt und wahrscheinlich äußerst fehlerbehaftet wäre. Also übernimmt eine Schaltung die Umsetzung der manuellen dezimalen Eingabe in die binäre Maschinenlogik. ‚Modell I‘ besteht aus 440 Relais, deren zeitliche Abstimmung sich als äußerst langwierig erweist. Eine Einheit berechnet den Realteil, die andere den Imaginärteil der komplexen Zahlen. Besuchern, denen man letztere zeigt und erzählt, dass diese imaginäre Zahlen verarbeitet, äußern oft erstaunt: „Oh die sieht aber sehr real aus!“

Die Fähigkeiten von ‚Modell I‘ sprechen sich rasch herum. Da auch an-

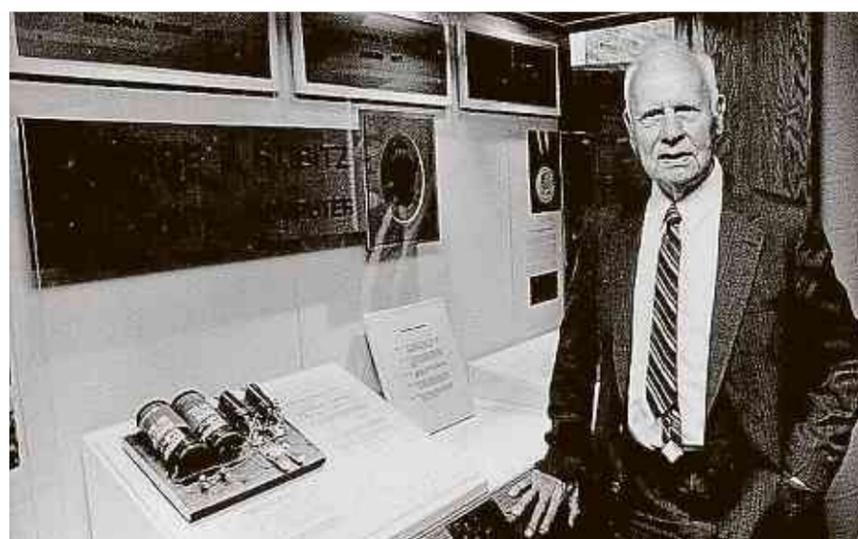
dere darauf zugreifen möchten, werden in den Bell Labs drei Fernschreiber installiert und ‚Modell I‘ wird zum wahrscheinlich 1. ‚Time-sharing‘-Computer der Welt. Am 11. September 1940 führen Stibitz und seine Mitarbeiter ihren Rechner der in New York steht, der ‚American Mathematical Society‘ im Dartmouth College in Hanover, New Hampshire vor. Über eine Fernschreiberverbindung können die Konferenzteilnehmer selbst Berechnungen vornehmen, darunter prominente Wissenschaftler wie Nobert Wiener⁴, John von Neumann⁵ und John Mauchly, der spätere ENIAC-Designer.

Stibitz-Computer

Für Stibitz endet der Bau von Computern hiermit aber nicht. Duncan Stewart vom ‚National Defense Research Committee‘ gelingt es Stibitz, der Regierungsbehörden eher kritisch gegenübersteht, davon zu überzeugen ab 1941 bei der Entwicklung von Flugzeugabwehrsystemen mitzuarbeiten. Anfangs noch analog wechseln diese dank Stibitz rasch in die digitale Welt. Ende 1943 nimmt der digitale ‚Relay Interpolator‘ in den Bell Labs (finanziert vom NDRC!), der zur Interpolation von Flugzeugbahnen verwendet wird, seinen Dienst auf. Es folgen noch der ‚Ballistic Computer‘ und der ‚Error Detector Mark 22‘. ‚Modell V‘ wird 1946 der größte Computer den Stibitz für das Militär baut, ein Exemplar davon ist für die NACA (spätere NASA). Mit über 9 000 Relais und zehn Tonnen Gewicht besitzt dieser als Erster ein Betriebssystem, um den Datenfluss zu steuern und zu überwachen. Wie alle Stibitz-Computer zeichnet er sich durch

eine außerordentliche Zuverlässigkeit aus.

Ab 1946 ist Stibitz als Berater für Behörden und Industriekonzerne tätig. Dabei geht es z.B. um Analysen von Flugzeugpropellervibrationen, numerische Werkzeugmaschinen oder Feuerleitanlagen. Er macht sich auch einen Namen als Patentexperte und ist in Patentstreitigkeiten tätig. Dem Dekan der ‚Dartmouth Medical School‘ Marsh Tenney wird frühzeitig klar, dass die Medizin ein wichtiges zukünftiges Feld für Computeranwendungen sein wird, und so lädt er 1964 den 60-jährigen Mathematiker George Stibitz ein, eine Professur für Physiologie zu übernehmen. In den folgenden Jahren untersucht Stibitz zusammen mit seinen neuen Mitarbeitern, in wie weit ihre medizinischen Problemstellungen mittels Computer zu lösen sind. Seine Erkenntnisse publiziert er in ‚Mathematics in Medicine and Life Sciences‘ und leistet so wertvolle Pionierarbeit für die heutige computerunterstützte Medizin. ■



George Stibitz neben einem Nachbau seines legendären ‚K-Modells‘.



Stibitz kreierte Computergrafiken (hier sein Werk ‚Barberry‘) mit einem Amiga PC in den 1980er Jahren.

¹ Der Beginn des Computerzeitalters, in Die Warte vom 14. März 2013

² Information – Ein merkwürdiger Stoff, in Die Warte vom 30. Oktober 2008

³ Der Computer – sein Lebenswerk, in Die Warte vom 17. Juni 2010

⁴ „Revolutionäre Bedeutung“, in Die Warte vom 29. Januar 2009

⁵ „Innovate or die“, in Die Warte vom 8. März 2007

Bibliografie: www.ead.dartmouth.edu, <http://ed.thelen.org>, <http://stibitz.denison.edu>, history-computer.com, Ritchie, David: The Computer Pioneers, Simon & Schuster 1986.

Einer der großen Pioniere der Computertechnik

Sozial und innovativ

Mehr Unternehmer als Erfinder: Heinz Nixdorf

Von André Schwarz

Das deutsche „Wirtschaftswunder“. Dafür steht Heinz Nixdorf. 1952 beschafft sich der 27-jährige Physikstudent, überzeugt davon, dass den elektronischen Rechnern die Zukunft gehört, Startkapital und Entwicklungsauftrag von der RWE, bricht das Studium ab und gründet in Essen sein Labor für Impulstechnik. Nixdorf sieht in den gemeinsam mit seinem ersten Mitarbeiter Alfred Wierzoch entwickelten Rechenwerken die Möglichkeit, mittelständige Unternehmen mit Buchungs- und Rechenmaschinen zu unterstützen. Es gelingt ihm, trotz häufig auftretenden finanziellen Engpässe, sich als Zulieferer für renommierte Hersteller am Markt zu etablieren.

Technische Revolution

Das junge Unternehmen entwickelt sich in großen Schritten, zieht in Nixdorfs Heimatstadt Paderborn um und umfasst bald 50 Mitarbeiter. Um die wirtschaftliche Abhängigkeit als Zulieferer loszuwerden, braucht er neue Produkte und neue Kunden. Trotz eigener Patente ist Heinz Nixdorf nicht der typische Erfinder. Er ist eher der unternehmerische Gestalter von zweckmäßigen technischen Lösungen, Herstellungsmethoden und Vertriebsabläufen. Der vom Ingenieur Otto Müller nach dem Baukastenprinzip entwickelte, auf Halbleitern basierende Tischrechner wird 1965 zur technischen Revolution. Ab 1967 zum Universalcomputer weiterentwickelt, besitzt dieser einen Magnetkernspeicher, eine integrierte Tastatur und eine Schreibmaschine zur Datenausgabe. Er ist frei programmierbar und begründet Nixdorfs Ruf als Pionier der dezentralen elektronischen Datenverarbeitung. Er hat seine Marktlücke gefunden und etabliert sich als eigenständiger Produzent von Rechenmaschinen.

Wirtschaftliche Erfolge

In den USA entdeckt Nixdorf einen Markt für elektronische Mini-Rechner beim Einsatz in Banken, Supermärkten, Industriebetrieben und Krankenkassen. Ein Marktsegment, das amerikanische Computerhersteller nicht beachten. Der neu entwickelte schreibmaschinengroße Rechenautomat, den er an das US-Unternehmen Victor Comptometer liefert, spiegelt seine Auffassung wider: „Computer müssen so klein sein, dass sie in die linke untere Schublade eines Buchhalter-Schreibtisches passen.“ Mit der Übernahme von Victor Comptometer, gelingt es Nixdorf, trotz der Marktübermacht der amerikanischen Computerhersteller, dort Fuß



Sowohl Konrad Zuses Computerfirma als auch Heinz Nixdorfs (r.) Unternehmen konnten trotz Fleiß, Leistungswillen und Pioniergeist ihrer Gründer, ihre Selbstständigkeit nicht bewahren und damit ging die Hoffnung unter, dass deutsche Computerunternehmen es auf dem Weltmarkt mit den amerikanischen Branchenriesen aufnehmen könnten.

zu fassen. Bald ist Nixdorf in 22 Ländern vertreten, viertgrößter Computerhersteller in Europa, und erschließt mit elektronischen Kassensystemen, Bankterminals und Datenerfassungssystemen neue Marktsektoren. 1978 beschäftigt Nixdorf über 10 000 Mitarbeiter, der Gesamtumsatz übersteigt erstmals die Milliarden-Mark-Grenze, wozu auch sein außergewöhnlicher Sachverstand im finanziellen Bereich beiträgt.

Arbeitgeber und Förderer

Heinz Nixdorf fühlt stets die soziale Verantwortung des Unternehmers, für möglichst viele Menschen Arbeitsplätze zu schaffen und junge Leute zu Computerfachleuten auszubilden. Als Arbeitgeber wird Heinz Nixdorf als ein außergewöhnlicher Motivator geschildert. Er gilt allerdings nicht als ein bequemer Chef. So wie er selbst vollen Einsatz zeigt, verlangt er Leistungsbereitschaft und Disziplin auch von jedem seiner Mitarbeiter. Andererseits gründet er über das übliche Maß weit hinaus soziale Einrichtungen für seine Mitarbeiter. Persönlich ist er ein bescheidener und disziplinierter Mensch. Von Publicity um seine Person hält er wenig, und selten nimmt er ein Blatt vor den Mund. Als Unternehmer bleibt er ein ehrgeiziger Sportler, nimmt an großen Segelregatten teil und fördert den gemeinnützigen Bereich des Paderborner Sports.

Nach seinem plötzlichen Tod während der CeBIT 1986 sieht es zunächst so aus, als ob die Nixdorf AG weiter wachsen könnte wie bisher. Mit fast 30 000 Mitarbeitern weltweit und fünf Milliarden DM Jah-

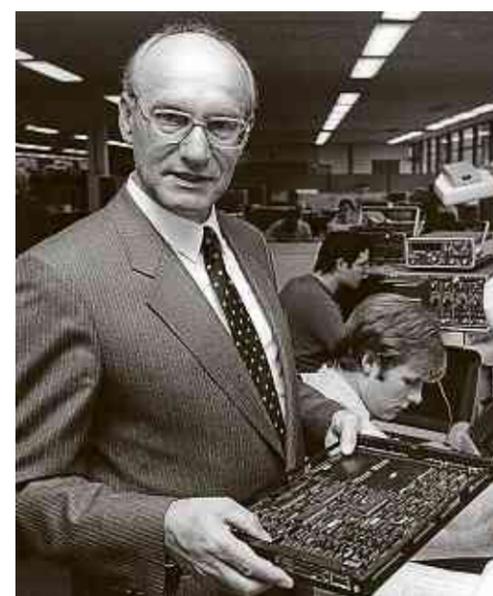
resumsatz hat Heinz Nixdorf das drittgrößte Computerunternehmen in Europa aufgebaut. Doch dann zeigt sich, dass Nixdorf die Entwicklung auf dem Markt verpasst hat. Computer mit universeller Software sind die neue Technik in der Datenverarbeitung. „Wir bauen keine Goggomobile“, so Nixdorfs Kommentar, der eine Zusammenarbeit mit Apple in den Wind schlägt. Das Unternehmen gerät durch den plötzlichen Tod Nixdorfs in eine Nachfolgekrise, die riesigen Verluste im operativen Geschäft wegen veralteter Technik zwingen die Eigentümer das Unternehmen 1990 an Siemens zu veräußern.

Bei der Verleihung der Ludwig-Erhard-Medaille im Jahre 1983, die Heinz Nixdorf als erster Unternehmer für seine Verdienste um die Soziale Marktwirtschaft erhält, bezeichnet ihn Bundespräsident Richard von Weizsäcker als „erfolgreichsten deutschen Unternehmer der Nachkriegszeit.“ Dieser Weg war ihm nie vorgezeichnet, denn den Besuch eines Gymnasiums für ihren ältesten Sohnes konnte sich die vielköpfige Familie wirtschaftlich nicht leisten. Erst nach Kriegsende, im Sommer 1946, holt Heinz Nixdorf das Abitur nach, ein Stipendium erlaubt ihm, Physik und BWL zu studieren. Diese Kindheitserfahrungen werden für ihn zu einer der stärksten Triebfedern, den Menschen seiner Region nicht nur Arbeit zu geben, sondern – durch zahlreiche Dotationen im sozialen, sportlichen und kulturellen Bereich – ihnen auch ein besonderes Maß an Lebensqualität zu ermöglichen, gemäß seiner Lebensdevise: „Vor dem Himmel kommt das Leben auf Erden, und da gilt es, eine soziale Ge-

sellschaft aufzubauen, in der jeder Arbeit hat.

Dem Andenken Heinz Nixdorfs dient das Heinz Nixdorf MuseumsForum in Paderborn, das weltweit größte Computermuseum. In dessen Forumsbereich werden Vorträge, Symposien und Workshops zu Themen unserer Zeit veranstaltet: www.hnf.de

Bibliografie: Heinz Nixdorf – Lebensbilder, Heinz Nixdorf Stiftung München 1984; Lütge Gunhild: Seine Kunden liebten ihn; Zeit-Online vom 3. Juli 2003



Heinz Nixdorf schätzte insbesondere seine Betriebsmeister und Facharbeiter in der Produktion wegen ihrer Arbeitsgüte, ihrer hohen Einsatzbereitschaft und eines Verantwortungsbewusstseins, das dem Ganzen galt; und er setzte auf junge Menschen. (Fotos: HNF)

Einer der Großen des 20. Jahrhunderts

Er erfand den elektronischen Computer

Zum 20. Todestag des Mathematikers und Physikers John V. Atanasoff

von André Schwarz

Ich habe ihren Mann“, begrüßt Howard Anderson seinen Kollegen John Atanasoff, als beide sich auf dem Campus des Iowa State College begegnen. „Clifford Berry.“ Berry, ein begabter Elektroingenieurstudent, ist sofort begeistert, als Atanasoff ihm sein Projekt erläutert: der Bau eines elektronischen digitalen Computers.

Der Mathematiker und Physiker John Atanasoff hat sich wie viele andere Wissenschaftler mit dem zeitaufwendigen Lösen von Differentialgleichungen mittels elektromechanischen Tischrechnern herumgeregert. Ansätze gibt es inzwischen mehrere: Stibitz¹ wandelt Telefonrelais in elektromechanische Rechner um, Aiken² baut elektromechanische IBM-Rechenwerke zu seinem Mark I zusammen, Zuse³ baut seine Z2 mit Relais und rein mechanischem Speicher.

Während Stibitz seinen Geistesblitz für sein K-Modell am Küchentisch hat, braucht Atanasoff 1937 eine ausgedehnte Irrfahrt mit seinem Ford V8 durch das nächtliche Illinois, inklusiv eines Barbesuchs: Sein Rechner wird elektronisch sein, einen Speicher aus elektrischen Kondensatoren besitzen und eine binäre Logik verwenden. Ihm ist klar, dass die Stärke von solchen Rechnern darin liegt, dass diese komplizierten Gleichungen mittels einfacher repetitiver Operationen blitzschnell ausführen können. Um diese iterative Arithmetik zu handhaben, entwirft er einen logischen Schaltkreis, von ihm als Addier-Subtrahier-Mechanismus bezeichnet. Dieser führt die vier Grundrechenoperationen aus und verwendet elektronische Vakuumröhren. Die Daten werden in einen Kondensator-Speicher geschrieben. Im Frühjahr 1939 möchte er mit dem Rechnerbau beginnen, seine beruflichen Verpflichtungen erfordern aber einen Assistenten.

Ein Meilenstein
der Computertechnik

Kurz vor Weihnachten haben Atanasoff und Berry einen ersten Prototypen im Keller des Physikgebäudes betriebsbereit. Innovativ ist vor allem der Aufbau des elektrischen Speichers. Die Kondensatoren sind wie die Gondeln eines Riesenrades an einer Scheibe angeordnet, von einem Elektromotor angetrieben. Während der Scheibendrehung ist es möglich, mit Hilfe von kleinen Bürsten die Kondensatoren zu laden bzw. zu entladen und so eine 25-stellige Binärzahl abzuspeichern. Ein Kondensatorsatz übernimmt die Rolle des Keyboards (keyboard abacus) und tauscht mit einem zweiten Satz (counter abacus) die Gleichungskoeffizienten aus. Atanasoff bezeichnet dies als „jogging“, es wird sich später als eines der nützlichsten Konzepte der Computergeschichte herausstellen. Der Prototyp zeigt, dass ein digitaler elektronischer Rechner, der binäre Arithmetik und Kondensator-Speicher verwendet, machbar ist.

Als nächstes beginnen beide mit dem Bau des Atanasoff-Berry-Computer („ABC“), der 30 Gleichungen mit 30 Unbekannten lösen kann. Die beträchtlichen Unkosten für die benötigten 210 Röhren werden durch die preiswerten Kondensatoren wettgemacht. Wie alle Computerpioniere kämpfen sie mit dem Problem, dass eine Eingabe mittels Binärzahlen zu fehlerträchtig ist. Sie entwerfen ein Interface für eine Dezimaleingabe/-ausgabe mittels Lochkarten und Konvertierungstrommel, wobei die Karten zwischen zwei Elektroden elektrisch gelocht werden. Leider funktioniert diese Methode nie fehlerfrei, so dass der ABC hinter ihren Erwartungen zurückbleibt. Der ABC bleibt unvollendet, denn beide werden schon bald in kriegswichtigen For-

Der Mathematiker und Physiker John Atanasoff (1903-1995) wurde zum Computerpionier, da er nach schnelleren Rechenmethoden zur Lösung wissenschaftlicher Probleme suchte.



schungsarbeiten eingespannt. 1946 wird der ABC wegen Platzmangels und aus Unkenntnis verschrottet.

John Mauchly
und der Eniac

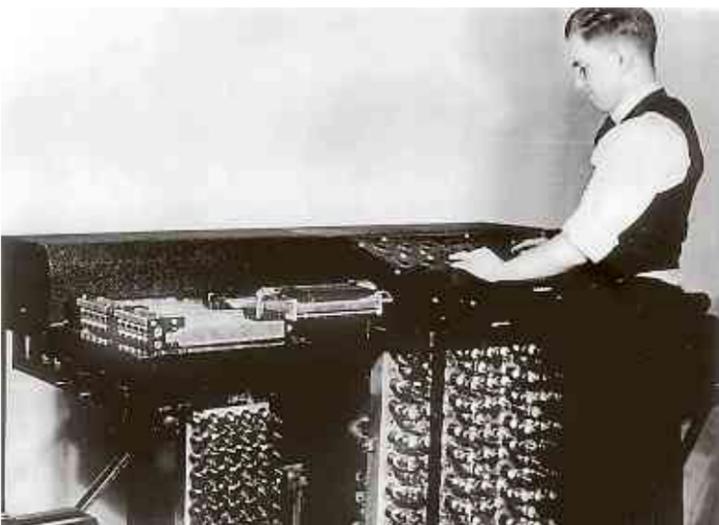
Unerwartet schreibt der ABC 30 Jahre später wiederum Geschichte. Während 135 Tagen prozessieren die Anwälte von Honeywell gegen die von Sperry Rand um die Patentrechte am elektronischen Computer. Wie kam es dazu? Im Mittelpunkt des Prozesses steht der Meteorologe und Hobbyelektroniker John Mauchly, der sich Ende der 30er-Jahre intensiv mit der automatisierten Auswertung meteorologischer Daten beschäftigt hat. Seine Ideen dazu stellt er im Dezember 1940 auf einem Kongress vor, dem auch Atanasoff beiwohnt. Aus einem kurzen Gespräch beider ergibt sich im Juni 1941 ein Arbeitsbesuch, wobei Mauchly den ABC genau unter die Lupe nimmt und Atanasoff ihm ausführlich Rede und Antwort steht.

Zusammen mit J. Presper Eckert überzeugt Mauchly 1942 das US-Militär, den bis dahin größten Rechner auf Röhrenbasis, den Eniac, der vor allem ballistische Berechnungen durchführen soll, zu finanzieren. Wiederum greift Mauchly auf Atanasoffs Wissen zurück. Dabei stellt er ihm sein Eniac-Projekt als einen völlig neuen Ansatz dar, teilt ihm aber aus „Geheimhaltungsgründen“ keine Details mit. Diese finden sich in den Eniac-Patenten von Sperry Rand wieder. Atanasoff geht davon aus, dass diese nicht den ABC betreffen, weiß allerdings nicht, dass das Iowa State College es unterlassen hat, den ABC als Patent anzumelden. In der Zwischenzeit hat er, nachdem ein Computerprojekt für

das Militär nicht umgesetzt wurde, sein Fachgebiet auf die Entwicklung spezialisierter Seismographen und Mikrobarographen für die Detektion von (Atombomben-) Explosionen aus größerer Entfernung verlagert.

Späte Anerkennung

Die Verhandlung, in der über 30 000 Objekte begutachtet und über 70 Zeugen befragt werden, endet 1973 mit der Feststellung: „Eckert und Mauchly haben nicht selbst als Erste den automatischen elektronischen digitalen Computer erfunden, sondern den Gegenstand von einem des Dr. John V. Atanasoff abgeleitet.“ Mauchly der seine anfangs „lückenhaften Erinnerungen“ nur mit richterlichem Nachdruck auffrischen will, kommt glimpflich davon. Mehrere Ehrendokortitel und Auszeichnungen, wie auch die Verleihung der prestigösen United States National Medal of Technology würdigen in den folgenden Jahren Atanasoffs Pionierarbeit. Die gerichtliche Entscheidung bringt keine finanziellen Vorteile für Atanasoff und den inzwischen verstorbenen Berry. Es bleibt aber die große Genugtuung einer formellen Anerkennung als Väter einer der wichtigsten Erfindungen des 20. Jahrhunderts. ■



Der Atanasoff-Berry-Computer von 1940, hier von Clifford Berry bedient, verwendete einen regenerativen kapazitiven Speicher, das Prinzip hiervon findet sich in den heutigen DRAM-Speichern wieder.

¹ Computer sind immer logisch, in Die Warte vom 2. Juli 2015

² Der Beginn des Computerzeitalters, in Die Warte vom 14. März 2013

³ Der Computer – sein Lebenswerk, in Die Warte vom 17. Juni 2010

Bibliografie: Ritchie David: The Computer Pioneers, Simon and Schuster 1986, Mollenhoff, Clark: Atanasoff, Forgotten Father of the Computer, Iowa State University 1988.

Ein Pionier der Informatik

Die Demokratisierung
des Computers

Zum 90. Geburtstag des Mathematikers John G. Kemeny

von André Schwarz

In Computern stecken außergewöhnliche Potenziale, auch wenn Computer nur gewöhnliche algebraische Operationen ausführen. Die heutigen PCs, Tablets oder Smartphones bezeugen dies. Damit es so weit kommen konnte, bedurfte es visionärer Menschen wie John Kemeny.

Bis Anfang der 1960er-Jahre sind Computer nur einem kleinen Kreis von Eingeweihten zugänglich, die aufwendig zu lernende Programmiersprachen wie Fortran oder Algol beherrschen; die dazu notwendigen Compiler sind zudem teuer. Doch dies muss sich ändern. Diese Ansicht vertritt John Kemeny. Seine Studenten brauchen eine einfach zu erlernende und frei verfügbare Programmiersprache. Dies ist die Geburtsstunde von BASIC.

Los Alamos und Einstein

Dass es überhaupt dazu kommt, verdankt der aus Budapest stammende John seinem Vater, der seine Familie 1940 vor den Nazis nach New York in Sicherheit bringt. Hier zeigen sich bereits Johns bemerkenswerte Fähigkeiten. Innerhalb kurzer Zeit erlernt der 14-Jährige die englische Sprache, besucht die Highschool und studiert bereits als 19-Jähriger in Princeton Mathematik und Philosophie. Doch Los Alamos braucht dringend begabte Mathematiker. John unterbricht sein Studium, um hier unter Leitung von Richard Feynman am Manhattan Project mitzuarbeiten, wo auch sein Landsmann John von Neumann mitwirkt.

Noch Student im Bachelorstudium, arbeitet er bereits ab 1946 in Princeton als Assistent in Forschung und Lehre und promoviert 1949 unter Alonzo Church mit „Type-Theory vs. Set-Theory“. Während dieser Zeit wird er Albert Einstein als mathematischer Assistent zugeteilt. „Die Leute fragten mich erstaunt: Wusstest du soviel Physik, um Einstein zu helfen?“, so Kemeny. „Meine Standardantwort war: Einstein brauchte keine Nachhilfe in Physik. Entgegen der allgemeinen Auffassung, brauchte Einstein Hilfe in Mathematik. Damit meine ich nicht, dass er nicht gut in Mathematik war. Er war sehr gut, aber er stand nicht mehr in vorderster Linie der mathematischen Forschung. Daher benötigte er Assistenten und, offen gesagt, ich war aktueller in Mathematik als er“.

Eine akademische Karriere in Princeton reizt ihn nicht, er zieht es

vor, ein neues Mathematik-Department in Dartmouth in New Hampshire aufzubauen. Hier entdeckt er seine Liebe zum Lehren. Er weiß seinen Studenten zuzuhören und auf sie einzugehen. „Professor Kemeny war bemerkenswert in seiner Fähigkeit zu begreifen, was ein Student nicht verstanden hatte, und es ihm erneut zu erläutern“, so ein früherer Student. Egal wie dicht sein Terminkalender in seiner Zeit als Fakultätsdekan oder als Präsident gefüllt ist, er findet immer Zeit zu unterrichten. Heute sind Logik, Wahrscheinlichkeitstheorie und Lineare Algebra feste Bestandteile der Ingenieurausbildung. Dies verdanken wir John Kemeny; seine Forschungsarbeiten fließen in insgesamt 13 Bücher über Mathematik und Philosophie ein. In seiner Zeit als Präsident von Dartmouth setzt er sich ein, vermehrt Studenten aus Minoritäten ein Studium zu ermöglichen, entsprechend dem Gründungsgedanken von Dartmouth, das 1769 als Schule für Indianer gegründet worden war.

Computer für alle

Innovativ ist auch die Idee, Computer nicht nur in der Forschung, sondern auch in der Lehre zu verwenden. Um dies zu ermöglichen, entwickelt er zusammen mit seinem Kollegen Thomas Kurtz das Dartmouth Time Sharing System, das es mehreren Studenten erlaubt, gleichzeitig an einem der Großrechner zu arbeiten. Es fehlt jetzt noch eine einfache Programmiersprache, die es auch Studenten mit geringeren mathematischen Kenntnissen erlaubt, Computerprogramme zu schreiben. Am 1. Mai 1964 läuft in Dartmouth ihr erstes „Beginner's All-Purpose Symbolic Instruction Code“-Programm (BASIC). Es ist entsprechend dem Wunsch „seiner“ beiden Väter lizenzgebührenfrei.

Einige der mit BASIC vertrauten Studenten machen es in den 1980er-Jahren in der Bastelcomputer-Szene bekannt. Seinen Höhepunkt erlebt BASIC Jahre später, als nahezu alle Benutzeroberflächen und Programmierumgebungen der neuen PCs einen BASIC-Interpreter besitzen. BASIC ist Microsofts erstes und in den frühen Jahren wichtigstes Pro-

dukt, bevor MS-DOS auf den Markt kommt. Im Gegensatz zum gut standardisierten C entstehen von BASIC Hunderte inkompatible Dialekte, so dass es nie eine plattformunabhängige Programmiersprache wird. Zwischenzeitlich gerät BASIC fast in Vergessenheit, da ein immer größerer Anteil der Anwender überwiegend Programme für Textverarbeitung, Tabellenkalkulation und Datenbanken nutzt, anstatt die erforderliche Software mit einer Programmiersprache wie BASIC selbst zu entwickeln. Bis Microsoft sich seiner Tradition besinnt und das kommerzielle Visual Basic für die Entwicklung von Windowsbasierten Anwendungen einführt.

John Kemeny entspricht ziemlich genau dem Bild, das wir von genialen, oft zerstreut wirkenden Wissenschaftlern haben; seiner Zeit als Präsident von Dartmouth entstammen entsprechende Anekdoten. Vor allem bleibt er in Dartmouth durch seine Kompetenz und Integrität in Erinnerung. Diese scheint auch US-Präsident Jimmy Carter zu schätzen, als er ihn 1979 als Vorsitzender

der Untersuchungskommission für die nukleare Reaktorkatastrophe in Three Mile Island einsetzt. Am zweiten Weihnachtsfeiertag 1992 stirbt John Kemeny überraschend, er wird nur 66 Jahre alt. „John und ich waren zwei Kulturen, zwei Länder – ein Yankee aus Maine und ein Jude aus Budapest – aber“, so seine Frau Jean, die ihm 42 Jahre lang zur Seite steht, „es funktionierte.“

Die letzte Abschlussfeier, der er in Dartmouth vorsteht, schließt er mit folgenden Worten: „The most dangerous voice you will hear is the evil voice of prejudice that divides black from white, man from woman, Jew from gentile. Listen to the voice that says man can live in harmony. Use your considerable talents to make the world better. Women and men of Dartmouth, all mankind is your brother – and you are your brother's keeper.“

Bibliografie: O'Connor, J. U., Robertson E. in www.history.mcs.st-andrews.ac.uk; Campion, Nardi Reeder: True Basic, Dartmouth Alumni Magazine 2001.



Das von Thomas Kurtz und John Kemeny entwickelte BASIC ermöglichte jedem ohne großen Aufwand, eigene Computerprogramme zu schreiben, aber es waren vor allem Bücher wie „101 BASIC Computer Games“, die BASIC weltweit populär machten. (Foto: dtc-wsuv.org)

Er war dem Denken seiner Zeit weit voraus

Der Herr der Netze

Zur Erinnerung an den Mathematiker Carl Adam Petri

von André Schwarz

Die Ehrung, die Carl Adam Petri persönlich am meisten bewegt hat, ist unzweifelhaft die Verleihung des Werner-von-Siemens-Rings 1997, eine Auszeichnung, die er mit Wernher von Braun, Walter Bruch, Artur Fischer und Konrad Zuse teilt. Als er den ebenfalls anwesenden Bundespräsidenten Herzog darauf hinweist, dass er seine Petri-Netze bereits für die Analyse parlamentarischer Debatten und Gerichtsprozesse verwendet hat, meint dieser: „Da hätten sie was Besseres tun können.“ Herzog ist sich wie Petris Zeitgenossen von 1962 nicht der großen Tragweite von Petris damaliger Dissertation „Kommunikation mit Automaten“ bewusst.

Dies hat wohl damit zu tun, dass seine Arbeit keine klassische Dissertation darstellt, sondern eher ein Programm für die damals noch junge Informatik. Diese entwickelt sich in jenen Jahren stürmisch und ungeplant, getrieben von ihrem technischen und ökonomischen Potenzial. Die Zielsetzung von Petris Dissertation, langfristig eine neue und bessere Modellierungstechnik für die Informatik einzuführen, interessiert seine Zeitgenossen zunächst nur wenig.

Seine neue Modellierung möchte Petri im Einklang mit der Physik sehen. Dazu gehört für ihn insbesondere, die Fiktion der bis dahin favorisierten globalen Zustände aufzugeben: So macht es wenig Sinn, z.B. den Rechenschritt eines im Internet eingebundenen PCs als Änderung eines globalen Zustandes des gesamten Internets zu beschreiben. Statt Aktionen wie bis dahin in einer rein zeitlichen Abfolge zu ordnen, schlägt Petri vor, sie nach ihrer Ursache-Wirkung-Zusammenhängen zu ordnen. Weiterhin soll die Modellierung in der Tradition naturwissenschaftlicher Theoriebildung stehen. Petri meint damit: Naturwissenschaftliche Theorie basiert auf Invarianten (z.B. Stoffgleichungen in der Chemie, Energieerhaltung in der Physik). Auch die elementaren diskreten Aktionen in der Informatik sollten einer entsprechenden Invarianz genügen. Schließlich soll die Modellierung die Kommunikation zwischen Menschen und Automaten, wie auch die Kommunikation zwischen Menschen mit Hilfe von Automaten beschreiben.

Neue Modellierungswerkzeuge

Um die Vorteile seiner Modellierungstechnik zu illustrieren, greift er ein ganz konkretes Problem auf: Bei der maschinellen Berechnung



Carl Adam Petri (1926-2010) war ein Quer- und Weiterdenker zwischen Mathematik und Theoretischer Informatik, der dafür 2009 mit dem renommierten „IEEE Computer Pioneer Award“ geehrt wurde. (Foto: Fraunhofer SCAI)

rekursiver Funktionen weiß man nie, ob der Speicherplatz für die Berechnungen reicht. Wenn nicht, muss man mit einem größeren System die Berechnungen wieder neu starten. Petri möchte dies vermeiden. Er zeigt, dass asynchron arbeitende Systeme ohne Neustart ihre Ressourcen ergänzen und damit weiter rechnen können. Für seine Modellierungstechnik, die sich auch auf solche asynchrone Systeme anwenden lässt, führt er u.a. die neuen, grundlegenden Begriffe der „Stelle“ (zur Beschreibung lokaler Zustände) und der „Transition“ (für lokal wirkende Aktionen, Ereignisse etc.) ein.

Petri-Netze

Von der zunächst geringen Resonanz lässt Petri sich jedoch nicht irritieren. In den USA wird seine neue Modellierungstechnik bereits 1964 in den Bell Telephone Labs als sogenanntes „Petri Net“ verwendet, wie Software-Pionier Tom DeMarco sich erinnert: „Among ... was a giant diagram that Ms. Hoover called a Petri Net. It portrayed the system being simulated as a net net-

work of sub-component nodes with information flows connecting the nodes. In a rather elegant trick, some of the sub-component nodes were themselves portrayed as Petri Nets ...“. Ein erster Durchbruch im Bereich der Theorie kommt Ende der 1960er Jahre mit der Beachtung von Petris Arbeit in einem MIT-Projekt. Ab 1963 als Leiter des Rechenzentrums der Universität Bonn und ab 1968 der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung baut er mit seinen Mitarbeitern und vielen Besuchern (er wird als wunderbarer Gesprächspartner geschildert) seine Vorstellungen aus. Er publiziert nicht sehr viele Arbeiten, aber was er veröffentlicht, hat einen großen Einfluss auf die Entwicklung der Informatik – und wird ihn weiter haben.

Mit Beginn der 1980er Jahre steigt die Zahl der theoretischen und praktischen Arbeiten zu Petrinetzen sprunghaft an. Es werden Konferenzreihen organisiert, insbesondere die jährliche „International Conference on Applications and Theory of Petri Nets“. Petri-Netze sind heute ein weltweit in vielen

Anwendungsgebieten anzutreffendes Modell verteilter Systeme, so im Bankwesen, in Ökonomie, Workflow-Management, Konfliktlösung, Biochemie und System-Biologie. Auch im Bereich der Telekommunikation und Prozess-Steuerung werden diese geschätzt, wie Petri selbst hervorhebt: „Bei den Ingenieuren führten Petri-Netze zu einem Durchbruch in der Behandlung diskret gesteuerter Systeme ...“, was Konrad Zuse zu seinem Buch „Petri-Netze aus der Sicht des Ingenieurs“ anregt.

Denn die Grundidee der Petrinetze ist sehr einfach: Ein Netz besteht aus Stellen (dargestellt durch Kreise), auf denen durch Markierung ein möglicher Zustand als vorliegend angezeigt werden kann, und durch Transitionen (dargestellt durch Kästchen), die eine Veränderung des Zustands erlauben. Als Fundamentalsituationen können in Petri-Netzen drei Beziehungen zwischen Transitionen auftreten: Sequenz, Nebenläufigkeit und Konflikt. Durch diese äußerst einfachen Grundsätze und ihre grafische Ausdrucksweise machen sie komplizierte Zusammenhänge auch dem Nicht-Fachmann zugänglich und bieten zugleich tief gehende mathematische Analysemethoden an.

Ein neuer Begriff von „Information“

Seit seiner Begegnung mit den Werken Einsteins als Gymnasiast in Leipzig ist Petri fasziniert von Einsteins radikaler Infragestellung vermeintlicher offensichtlicher Wahrheiten. Er liebt es, die Physik als das Gebiet zu betrachten, mit dem sich die Informatik zu vergleichen hat. Die Idee der Reversibilität von Berechnungen führt ihn in seinen späten Jahren zu der Suche nach einem Gesetz der „Erhaltung der Information“. Als Naturgesetz könnte es die Entdeckung neuer Formen von Information ermöglichen und klarmachen, was Information eigentlich ist. Für ihn ist es etwas, das mit Begriffen der Physik erklärt werden könnte, aber nicht notwendigerweise mit Begriffen der bereits vorhandenen Physik. Es war sehr typisch für Carl Adam Petri, großartige Ziele in der fernen Zukunft klar zu sehen und die derzeitigen Ergebnisse als nur winzige Schritte dorthin anzusehen. ■

Bibliografie: Bauer, Wilfried, Reisig, Wolfgang: *Carl Adam Petri und die „Petrinetze“*, in Informatik Spektrum 29, Oktober 2006; Smith, Einar: *Carl Adam Petri*, Springer 2014; Rozenberg, Grzegorz: *Carl Adam Petri und die Informatik*, Universität Hamburg 1991.

Eine weibliche Symbolfigur der Informatik

Der Wille zum Wissen

Leben und Werk von Ada Lovelace

von André Schwarz

Augusta Ada Byron, später bekannt als Ada Lovelace, hatte ein kurzes, aber bewegtes Leben. Sie ist auch heute noch eine rätselhafte Erscheinung. Mit ihrem Memorandum von 1843 über einen nie gebauten Computer – die von Charles Babbage entworfene „Analytical Engine“ – stellt sie das etablierte Bild der Geschichte des Computers in Frage. Sie ragt aus ihrer Zeit heraus, steht quer zu ihr und passt in kein historisches Schema, was ihre Bedeutung und ihre Faszination bis heute ausmacht.

Ada Lovelace begegnet dem Mathematiker Charles Babbage erstmals bei einer seiner Abendveranstaltungen in London am 5. Juni 1833 und ist fortan fasziniert von seinen Erfindungen. Besonders beeindruckt ist die 18-Jährige von der Funktionalität der „Difference Engine No1“. Zu Babbages weiteren Gästen zählen die Mathematikerin Mary Somerville, wie auch Charles Dickens und Charles Darwin, deren Schriften Ada kennt und teilweise bewundert.

Pionierin der Programmierung

Für Babbage sind die Mechanisierung und Automatisierung aufwendiger und fehleranfälliger Berechnungen astronomischer und nautischer Tafelwerke der Hintergrund seiner Arbeit an einer von ihm geplanten neuartigen universellen Rechenmaschine – der „Analytical Engine“. An der Academy of Sciences in Turin stellt er seine Ideen vor, die der Mathematiker Meneabra dokumentiert – allerdings auf Französisch – und Babbage 1842 zusendet. Zunächst ohne Babbages Wissen übersetzt die 27-jährige Ada das Memorandum und ergänzt, im Austausch mit Babbage, die Übersetzung mit eigenen Notizen, die dreimal länger sind und u.a. einen umfangreichen Algorithmus für die Berechnung der Bernoulli-Zahlen mit der „Analytical Engine“ enthalten, eine Berechnungsanweisung, die ihr retrospektiv den Titel „Erste Programmiererin“ einbringt. Dass ihre Kommentare schließlich sogar wichtiger als Babbages Vortrag werden, liegt nicht zuletzt daran, dass sie im Laufe ihrer Auseinandersetzung mit der „Analytical Engine“ Anwendungsmöglichkeiten ersinnt, die weit über Babbages Anliegen der automatisierten Berechnung hinausreichen. Sie erkennt bereits 1842 die Idee eines universellen Computers und ihre Vision, dass die Maschine so Komplexes wie Sprache und Musik verarbeiten könne, wird sich erst Ende des 20. Jahrhunderts bewahrheiten.

Der Wille zum Wissen

Für Frauen ist damals der Zutritt zu Universitäten, Akademien und deren Bibliotheken nur sehr einge-

schränkt oder völlig untersagt. Doch die mütterlicherseits initiierte Ausbildung bringt Ada schon früh in Kontakt mit namhaften Gelehrten der damaligen Zeit, sie wird in Mathematik, Geografie und Astronomie unterrichtet und lernt zudem verschiedene Sprachen wie Französisch, Deutsch und Latein. Auch der aristokratische Hintergrund – ihr Vater ist der Dichter Lord Byron, ihre Mutter die Aristokratin Anne Isabella Milbank – und Adas eigener Wille zum Wissen öffnen ihr die Tür in die Wissenschaft.

Eine 15-monatige Bildungsreise durch Europa inspiriert die 12-Jährige zur Konzeption eines Flugapparats der mit Dampfkraft angetrieben den Menschen das Fliegen ermöglicht, einige Jahre vor Lilienthal. Adas Vision wird jedoch schnell von der Mutter unterdrückt. Denn aus Angst, ihre Tochter würde den träumerischen Veranlagungen ihres Vaters erliegen, von dem sie sich kurz nach Adas Geburt scheiden lässt – Lord Byron hat Geldprobleme, die ihn zu Wutanfällen treiben und die er durch Alkohol und Affären kompensiert – will sie alles Leidenschaftliche und Adas sichtbares Interesse für Musik und Literatur austreiben, sie verbietet ihrer Tochter, die Werke des Vaters zu lesen. Diese ständige Kontrolle der Mutter bewirkt, dass sie sehr häufig psychisch und körperlich erkrankt. Wenig erstaunlich ist es daher, dass Ada einen starken Freiheitsdrang entwickelt.

Ada nutzt die auch Frauen offenstehenden Möglichkeiten intensiv. Sie besucht technische Ausstellungen und geht zu öffentlichen Vorträgen. Neben einer Literatur, die sich besonders an Frauen wendet, gibt es eine gegenseitige Unterstützung unter Frauen. Ihre Mutter beauftragt William Friend, bei der Bildung ihrer Tochter zu helfen, doch noch fast intensiver tauscht sich Ada mit dessen Tochter Sophia aus. Aus eigener Initiative beginnt Ada 1834, Lady Gosfords Töchter in Mathematik zu unterrichten. Mathematische und technische Sachverhalte versucht sie als Lehrerin metaphorisch zu vermitteln und greifbar zu machen. Sie nutzt und baut dreidimensionale Modelle zur Anschauung und unterstützt das visuelle



Ada Lovelace (1815-1852)
(Aquarell von A.E. Chalons (1780-1860)?, [um 1840], 25 cm x 18,3 cm.; Foto: Science Museum/HNF)

Begreifen durch detailverliebte, großflächige Zeichnungen.

Auch als erwachsene Frau kann Ada nicht so frei agieren, wie ihr lieb ist. 1835 wird die 19-jährige Ada mit dem zehn Jahre älteren Earl of Lovelace verheiratet. Von ihrem Wissensdrang lässt sie sich nie abbringen. Nach der Geburt ihrer drei Kinder gelingt es ihr ab Sommer 1940, intensiv mit dem Londoner Mathematik-Professor Augustus De Morgan zu korrespondieren, um ihr Wissen zu erweitern. Dieser unterrichtet sie, zweifelt aber bisweilen aufgrund ihres Geschlechts an ihren Kapazitäten und dämpft ihren Enthusiasmus. Gleichwohl erkennt er ihre Brillanz und nimmt an, dass sie die Möglichkeit hätte „an original mathematical investigator, perhaps of first-rate eminence“ zu werden – wäre sie nur ein Mann!

Die Rolle der Frau in der Wissenschaft

Die Rollen und Tätigkeiten von Frauen in den Wissenschaften wirft die bis heute aktuelle Frage nach der

Bewertung von Leistungen auf. Wird etwa die Frau als Helferin, Begleiterin, Vermittlerin für ihre spezifischen Beiträge besonders gewürdigt – oder wird ihre Leistung als minderwertig oder unwesentlich klassifiziert? Am Fall Lovelace lässt sich zeigen, wie willkürlich eine solche Bewertung oft ist. Einige Autoren haben sehr gerungen, ob man ihre Schrift über die „Analytical Engine“ von 1843 als eigenständigen Beitrag werten und würdigen, ob sie zu recht als Schöpferin des ersten Computerprogramms gelten darf. Hintergrund ist offenbar, dass sich Lovelace über ihre Arbeit mit Babbage austauscht und sich von ihm insbesondere die Formel zur Berechnung der Bernoulli-Zahlen schicken ließ. Sie hätte gewissermaßen also „nur“ die Idee eines großen Mannes entfaltet. Die Geschichtsschreibung über Leben und Werk von Ada Lovelace zeigt auch eine dunkle Seite aus Alkohol- und Drogenkosum, Spielsucht, Schulden und Liebesaffären. Bei einem ihrer männlichen Kollegen wäre dies sicher als Zeichen seiner spannenden Persönlichkeit glorifiziert worden. ...

WER IST GEMEINT?

Mond und
Schnee

von Christian Schnitzler

Dem Mann, der uns in den folgenden Zeilen beschäftigen soll, sind in Enzyklopädien gleich mehrere Einträge gewidmet. Natürlich werden da die relevanten biografischen Fakten ausbreitet – darüber hinaus geht es in den Darstellungen um Rechenformeln, astronomische und optische Themen; starke Beachtung wird gemeinhin den von ihm beschriebenen Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich der Bewegung von Himmelskörpern geschenkt.

Zur Welt kam der nunmehr zu Enträtselnde am 27. Dezember 1571. In Kindheitstagen infizierte er sich mit Pocken, seine Augen blieben dauerhaft geschädigt. Ungeachtet materiell schwieriger Umstände erlangte der außergewöhnlich Begabte eine recht solide schulische Bildung; zuletzt besuchte er das Gymnasium in der ehemaligen Zisterziensersabtei Maulbronn.

Anschließende Studien der evangelischen Theologie in Tübingen führten nicht zu einem kirchlichen Beruf, vielmehr arbeitete der diesmal Erfragte als Mathematik-Dozent. Die Hochzeit mit Barbara fand 1597 statt, das Paar hatte Kinder. Graz musste die Familie wegen der Gegenreformation verlassen. Dann in Prag fungierte er unter anderem als Assistent Tycho Brahes.

Was den wissenschaftlichen Gehalt angeht: Der heute Gesuchte bewirkte deutliche Erkenntnisfortschritte. Unter den von ihm vorgelegten Schriften gab es Titel wie „Harmonices mundi“ und „Astronomia nova“, aber etwa auch eine Abhandlung über Schneeflocken. Sein Denken vollzog sich schon in kopernikanischen Kategorien, er korrespondierte mit Galileo Galilei.

Der hier konturierte Gelehrte verschied wenige Wochen vor Vollendung seines 59. Lebensjahrs in Regensburg. Für unsere Gegenwart ist er in diversen Zusammenhängen zum Namensgeber geworden: Beispielsweise heißen eine Universität, ein Asteroid sowie ein Mondkrater nach ihm. Sein zum Museum ausgebauter Geburtshaus steht im baden-württembergischen Weil der Stadt. – Um wen handelt es sich? ■

Auflösung:
Von Johannes Kepler ist die Rede.
Hinzugefügt sei, dass er am 15.
November 1630 starb.

Zwischen Mathematik
und Poesie

Ist Ada zunächst noch sehr zurückhaltend, fast ehrfürchtig gegenüber dem angesehenen Charles Babbage, so entwickelt sie im Laufe ihrer Freundschaft und Zusammenarbeit ein hohes Selbstbewusstsein. Dies zeigt sich auch bei ihrem Versuch den Physiker Michel Faraday als Lehrer zu gewinnen. Die frühe Bildung und das hohe Faktenwissen sind eine gute Basis, doch erst gepaart mit ihrer kritischen, kreativen Auffassungsgabe entstehen

daraus ihr eigenes Wissenschaftsverständnis sowie ihrer Visionen für die Zukunft. Das künstlerisch-kreative, melancholisch-morbide, das Emotionale und Traumhafte bilden für sie keinen Widerspruch zu den rationalen, technischen Wissenschaften. Das Wissenschaftsverständnis von Ada Lovelace ist nicht nur aus Sicht der Informatik überaus vorausschauend und gegen den Tunnelblick der Wissenschaft gerichtet, denn sie dachte und handelte – wie man heute sagen würde – interdisziplinär.

Lord Byron verlässt England 1816 nach der Trennung und kehrt bis zu seinem Tod nicht wieder zurück. Ada Lovelace lernt ihren ebenso berühmten wie berüchtigten Vater nie persönlich kennen. Auf ihren eigenen Wunsch hin lässt sich 1852 die 36-Jährige nach ihrem vergeblichen Kampf gegen einen Gebärmutterhalskrebs neben ihrem Vater in der Church of St. Mary Magdalene in Hucknall, Nottingham beisetzen. ■

Bibliografie: Krämer, Sybille (Hg.): Ada Lovelace, W. Fink Verlag 2015.

Sonderausstellung im Heinz Nixdorf
MuseumsForum in PaderbornAm Anfang war Ada. Frauen
in der Computergeschichte

von André Schwarz

Mit ihrem Kampf gegen Konventionen, ihren wegweisenden Überlegungen zur Programmierung und den visionären Ideen einer universell einsetzbaren Rechenmaschine steht Ada Lovelace im Mittelpunkt der aktuellen Sonderausstellung wie auch stellvertretend für viele Frauen, denen eine gleichwertige Anerkennung in wissenschaftlichen Bereichen mit ihren männlichen Kollegen bisher versagt blieb und oft noch bleibt. Seit den ersten Computern, die in den 1940er-Jahren in Europa und den USA gebaut wurden, waren Frauen maßgeblich an deren Entwicklung beteiligt, eine Tatsache die von der Öffentlichkeit oft ignoriert wird. Sodass neben Ada Lovelace noch sechs weitere Pionierinnen vorgestellt werden, die bis heute die Entwicklung der Informationstechnik wesentlich vorgebracht haben.

Der Ausstellungsbereich, der drei Pionierinnen der Software gewidmet ist, beginnt mit Grace Hopper, der sicher bekanntesten und legendärsten Frau aus der Frühzeit des Computers. Sie hat sich vor allem als Entwicklerin des ersten Compilers und als Mitautorin von COBOL einen Namen gemacht. Mary Allen Wilkes gilt als erste Nutzerin eines Personal-Homecomputers. Beim heutigen Computer ist die grafische Benutzeroberfläche selbstverständlich, zu der Adele Goldberg im Xerox-PARC Wesentliches beigetragen hat.

Drei weitere Frauen stehen für die globalen und digitalen Fortschritt



Foto: HNF-Ausstellung.jpg

te der letzten Jahrzehnte: Christiane Floyd war 1978 die erste Informatik-Professorin in Deutschland an der TU Berlin. Nadia Magnenat-Thalmann war eine der ersten, die Mitte der 1980er-Jahre für einen computeranimierten Film, „virtuelle Menschen“ in Gestalt von Marilyn Monroe und Humphrey Bogart entwickelte. Die aktuelle Generation repräsentiert die MIT-Absolventin Limor Fried, die vor allem in der aktuellen Maker- und Open-Source-Szene aktiv ist und 2011 als einflussreichste Frau in der Technologiebranche ausgezeichnet wurde.

Verbunden werden die verschiedenen Bereiche durch spannende Einblicke in das Frauenbild und den Wertewandel der letzten 150

Jahre, die es dem Besucher ermöglichen die Lebensgeschichten der Pionierinnen in die gesellschaftlichen und sozialhistorischen Hintergründe einzuordnen. Vergessen werden aber auch nicht die oft namenlosen Frauen, die in Deutschland, England und den USA während des Zweiten Weltkriegs maßgeblich an mathematischen Berechnungen und Entschlüsselungsarbeiten beteiligt waren, wie z.B. für die Programmierung von ENIAC in Philadelphia oder von COLOSSUS in Bletchley Park. ■

Die Sonderausstellung ist noch bis zum 10. Juli 2016 im Paderborner Heinz Nixdorf MuseumsForum zu sehen.

www.hnf.de/adalovelace

Er war seiner Zeit um 100 Jahre voraus

Der Urvater des Computers

Zum 225. Geburtstag von Charles Babbage

von André Schwarz

Wir schreiben das Jahr 1855. Für Charles Babbage scheint das Leben nur noch wenig übrig zu haben: Ehefrau und Tochter sind früh verstorben, seine drei Söhne, die sich im Fernen Osten aufhalten, wird er kaum noch einmal wiedersehen und seine hochgeschätzte Muse Ada Lovelace ist qualvoll gestorben. Der 65-jährige Charles lässt sich jedoch nicht unterkriegen. Mit der für ihn lebenslang typischen Tatkraft stürzt er sich jetzt in ein neues Projekt. Nach einem Jahrzehnt Ruhepause beschäftigt er sich wieder intensiv mit seiner „Analytical Engine“: eine mechanische „automatische Rechenmaschine“, die mit Rechenwerk, Speicher, Ein- und Ausgabe ausgestattet und deren Rechenabläufe mit Lochkarten gesteuert werden sollen.

Babbages England

Doch das viktorianische England, in dem Babbage lebt, bringt seinen Rechenmaschinen wenig Verständnis entgegen und wird seinen, wie wir heute wissen, realistischen Traum einer „Analytical Engine“ schlussendlich zunichte machen. Denn merkwürdigerweise stehen die herrschenden Klassen ihren Fabriken und Hüttenwerken, denen sie einen wachsenden Wohlstand und die Ausbreitung des britischen Weltreiches verdanken, mit einzigartiger Gleichgültigkeit und geringschätziger Haltung gegenüber. Dabei fängt es 1823 für ihn gut an. Er kann die Regierung überzeugen, dass sich die aufwendigen und fehlerträchtigen Berechnungen von mathematischen Tafelwerken mit maschineller Hilfe durch wiederholtes Aufaddieren von Differenzen automatisch und fehlerfrei durchführen lassen. Für den Bau einer solchen „Difference Engine“ macht

Babbage ausführlichste Untersuchungen über alle Herstellungstechniken und -verfahren sowohl in England als auch während einer Rundreise durch Frankreich, Italien, Österreich und Deutschland. Zehn Jahre kann er am staatlich geförderten Bau seiner „Difference Engine“ arbeiten. Der Erfolg ist zum Greifen nahe, ein damals fertiggestelltes Teil funktioniert noch heute fehlerfrei, da werden ihm die Geldmittel für die Weiterführung verweigert. Für Premierminister Peel ist eine solche Maschine wissenschaftlich wertlos. Er will diese, obwohl sie schon mehr als 20 Dampflokomotiven gekostet hat, schleunigst loswerden. Doch Babbage belässt sie im Besitz des Staates, für ihn ist sie Vergangenheit. Seine Interessen liegen inzwischen bei der neuen „Analytical Engine“.

Ursprünglich als Mathematiker in Cambridge ausgebildet, erweist er sich als „Universalgenie“ seiner Zeit: Neben den neuartigen Rechenmaschinen und den dafür notwendigen innovativen Fertigungsverfahren, entwickelt er elektrische Signalanlagen für die Marine und zusammen mit Faraday neuartige Gasbeleuchtungen fürs Theater. Er beschäftigt sich mit Eisenbahnspurweiten, wird zum Experten in Geheimschriften und betätigt sich als Versicherungsstatistiker. Politisch interessiert, organisiert er Wahlkämpfe und ist selbst Kandidat. Seine Stellung als renommierter politischer Ökonom begründet er mit seinem 1832 publizierten Buch „On the Economy of Machinery and Manufactures“. Sein Ansatz ist dabei bemerkenswert: systematische Entwicklung der industriellen Technik, Operationsforschung, rationale Kostenkalkulation, Pläne zum Leistungsanreiz durch Gewinnbeteiligung, ökonomische Theorie unter Verwendung leis-

tungsfähiger Techniken und auf Basis umfassenden statistischen Materials. Babbages Einfluss, insbesondere der auf John Stuart Mill und Karl Marx, ist gut belegt. Theologisch versiert zeigt er sich in seinem „Ninth Bridgewater Treatise“ von 1845. Mittels Rückgriff auf seine Erfahrung mit den Rechenmaschinen, entwirft er ein neuartiges Bild von einem Gott, dessen unabänderliche Gesetze zugleich vereinbar sind mit einer Abfolge besonderer Schöpfungsakte und mit dem Wirken von Wundern. Ein Wunder ist dementsprechend einfach ein aus dem göttlichen Speicher abgerufenes Unterprogramm. Dies ist Babbages einzigartige Vorstellung von Schöpfung, es lässt die Kontroverse um die Evolutionslehre vorausahnen.

Unbeeinträchtigt von den Schwierigkeiten, die er mit den Rechenmaschinen hat, führt Babbage ein reges gesellschaftliches Leben. Sein Freundeskreis begreift Persönlichkeiten wie Laplace, Fourier, Dalton, Stephenson, Herschel, Brunel, Faraday, Dickens, de Morgan, die Bonapartes oder Menabra. Er wird in die Royal Society und als Lucasianischer Professor in Cambridge gewählt, ist im In- und Ausland ein überaus geschätzter Kongressredner, wird mit akademischen Ehrungen überhäuft und findet Aufnahme in den intellektuellen Zirkel um den Herzog von Somerset. Seine gesellschaftliche Stellung verschafft ihm Kontakte, die einzigartig sind: Er hat die Möglichkeit, führende Leute sowohl in Großbritannien als auch im Ausland auf einer persönlichen Ebene anzusprechen, die in keiner Weise von irgendeiner offiziellen Position abhängig ist.

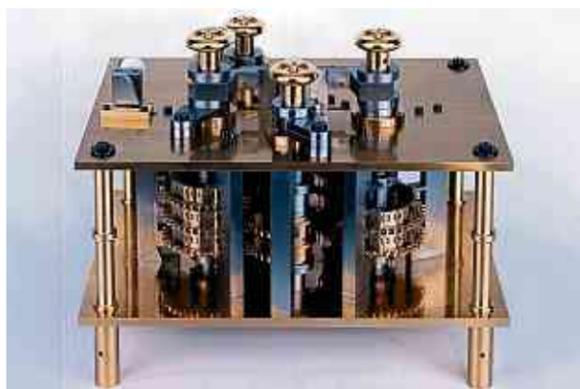
Charles Babbage hat es wohl vorausgesehen. 1841, 30 Jahre vor sei-

nem Ableben, schreibt er an seinen Freund Alexander von Humboldt: „Es besteht keine Aussicht, dass die [Analytische] Maschine zu meinen Lebzeiten jemals gebaut werden wird ...“ Er sollte leider Recht behalten. Seine Maschine hätte dazu beigetragen, die eigentümliche Schwäche Großbritanniens in den neuen, naturwissenschaftlich fundierten Industrien – die im 20. Jahrhundert böse Folgen haben wird – zu verhindern, die Konsequenz politischer Kurzsichtigkeit. Ada Lovelace hat ihr Buch über die „Analytical Engine“ nie geschrieben. Es hätte dazu beitragen, schon wesentlich früher zu klären, dass es sich bei Babbages „Analytical Engine“ nicht, wie lange angenommen, um eine einzelne Maschine handelt, sondern, wie beim heutigen „Computer“, um eine ganze Klasse von Maschinen.

Wo die Wegbereiter des modernen Computers in Teams arbeiten können und Teil einer umfassenden Bewegung sind, ist Babbage, abgesehen von der Unterstützung durch seine Gehilfen und gelegentlicher Hilfe seiner Söhne, in seiner Arbeit auf sich gestellt. Alles muss er selbst entwickeln: die Werkzeuge zur Fertigung der Maschinenteile, die Mathematik, eine neue Schreibweise, die Anfänge der Mikroprogrammierung und des Kodierens – und überhaupt einmal auf die Idee kommen. Die detailliert ausgearbeiteten Entwürfe aus seinen letzten Lebensjahren kommen dem heutigen Computer am nächsten und werden später Computerpioniere wie Alan Turing oder Howard Aiken inspirieren. Dem zeitgenössischen Bewusstsein weit voraus, rennt er vergeblich gegen Engstirnigkeit und Fantasielosigkeit an. Bis heute steht Charles Babbage in einsamer Größe da. ■



Neben Persönlichkeiten wie Leibniz, Turing, Zuse oder Neumann beansprucht Charles Babbage zu Recht seinen Platz in der „Galerie der Pioniere“ im Heinz-Nixdorf-MuseumsForum in Paderborn.



Dieser Teil des Rechenmechanismus wurde 1996 vom Science Museum in London hergestellt, um für den Nachbau der Difference Engine No. 2 den grundlegenden Addiermechanismus zu testen.
(Fotos: Jan Braun, Heinz-Nixdorf-MuseumsForum Paderborn)