ETH zürich

ETH Library

Konrad Zuse und die ETH Zürich

Zum 100. Geburtstag des Informatikpioniers Konrad Zuse (22. Juni 2010)

Report

Author(s):
Bruderer, Herbert

Publication date:
2011

Permanent link:
https://doi.org/10.3929/ethz-a-006351598

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:
Technischer Bericht / Departement Informatik. Professur für Informationstechnologie und Ausbildung 705 Ed. 2(2)

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

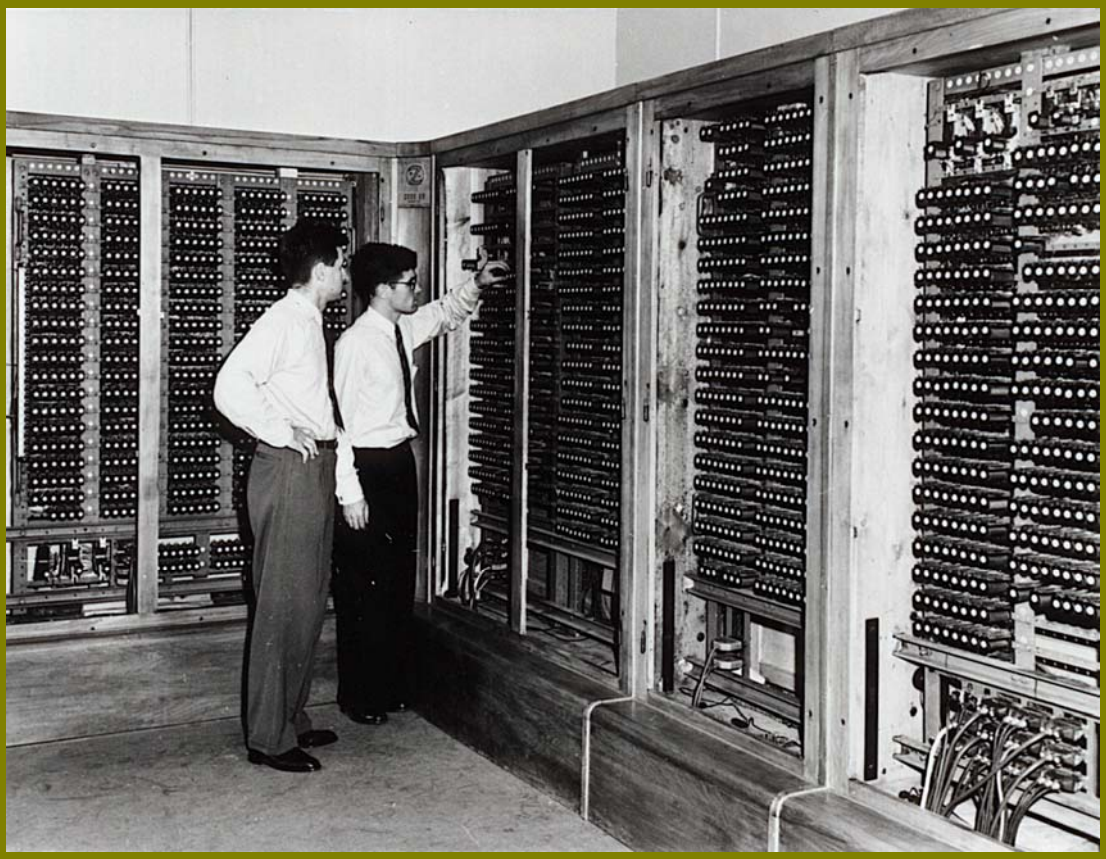
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

inf | Informatik
Computer Science

Konrad Zuse und die ETH Zürich

Zum 100. Geburtstag des Informatikpioniers Konrad Zuse (22. Juni 2010)

Herbert Bruderer



Departement Informatik
Professur für Informationstechnologie und Ausbildung

Festschrift

Februar 2011

Adresse des Verfassers:

Herbert Bruderer
ETH Zürich
Informationstechnologie und Ausbildung
CAB F 14
Universitätsstrasse 6
CH-8092 Zürich
Telefon: +41 44 632 73 83
Telefax: +41 44 632 13 90
herbert.bruderer@inf.ethz.ch
www.ite.ethz.ch

privat:
Herbert Bruderer
Bruderer Informatik
Seehaldenstrasse 26
Postfach 47
CH-9401 Rorschach
Telefon: +41 71 855 77 11
Telefax: +41 71 855 72 11
herbert.bruderer@bluewin.ch

Titelbild:
Relaisschränke der Z4 (links: Heinz Rutishauser, rechts: Ambros Speiser), ETH Zürich 1950,
© ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv

Bild 4. Umschlagseite:
Verabschiedungsrede von Konrad Zuse an der Z4 am 6. Juli 1950 in der Zuse KG in Neukirchen (Kreis Hünfeld)
© Privatarchiv Horst Zuse, Berlin

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Departement Informatik
Professur für Informationstechnologie und Ausbildung
CH-8092 Zürich

www.abz.inf.ethz.ch

Festschrift
Technischer Bericht Nr. 705

2., verbesserte und stark erweiterte Auflage 2011
Redaktionsschluss: Februar 2011

Gedruckt mit freundlicher Unterstützung durch die Hasler Stiftung

HASLERSTIFTUNG

© ETH Zürich, Departement Informatik, Zürich 2011

ABZ AUSBILDUNGS- UND BERATUNGSZENTRUM FÜR INFORMATIKUNTERRICHT

Inhalt

Konrad Zuse und die ETH Zürich 5
Zuses Pionierleistung: erste arbeitsfähige programmgesteuerte Rechenmaschine der Welt 5
ETH Zürich mietet den legendären Relaisrechner Z4 5
Die ratternde Z4 sorgt für das Zürcher Nachtleben 7
Wozu wurde die Z 4 in Zürich gebraucht? 8
Merkmale der an der ETH Zürich eingesetzten Z4 9
Welche Geldgeber hatte Zuse? 9
Das Schicksal der Z4 und der Zuse KG 11
Eigenbau des Röhrenrechners ERMETH 12
Plankalkül, erster Ansatz zu einer höheren Programmiersprache 13
Schweizer Remington Rand mit programmgesteuerter Rechenmaschine M9 14
Unterlagen zur M9 16
Wo stehen wir heute? 19
Meilensteine aus den Anfängen der Informatik an der ETH Zürich 19
Ein Zeitzeuge berichtet über seine Erlebnisse mit der Z4 20
Quellen 27
Sach-, Namen- und Personenverzeichnis 37
Nachwort 39

Tabellen

Zuses Rechenmaschinen Z1–Z4 7
Bau- und Betriebszeit der Z4 und der ERMETH 9
Z4 und ERMETH im Vergleich 13

Bilder

Konrad Zuse (1910–1995) 6
Der mechanische Speicher der Z4 8
Relaisschränke der Z4 11
Verleihung des Ehrendoktortitels 1991 an der ETH Zürich 12
Rechenlocher M9 für die Schweizer Remington Rand 15
Untergestell der M9 16
Panneau-Relais-Schrank der M9 16
Bedienungstafel der M9 17
Schaltwalze der M9 18
Urs Hochstrasser, 1944 20

Konrad Zuse und die ETH Zürich

Zum 100. Geburtstag des Informatikpioniers Konrad Zuse (22. Juni 2010)

Zusammenfassung
Der deutsche Bauingenieur Konrad Zuse (1910–1995) hat 1941 die Z3 vorgeführt, den ersten frei programmierbaren und in binärer Gleitpunktrechnung arbeitenden Rechner der Welt. Zudem entwickelte er mit seinem Plankalkül erste Ideen für eine allgemeine Programmiersprache. Vor 100 Jahren wurde der Informatikpionier in Berlin geboren. Als einzige Universität auf dem europäischen Festland hatte die ETH Zürich 1950 eine betriebsfähige programmgesteuerte Rechenmaschine, die gemietete Z4. Die Z4 ist eine Weiterentwicklung der im Krieg zerstörten Z3. Dank der mit diesem Gerät durchgeführten Forschungsarbeiten wurde das damalige von Eduard Stiefel geleitete Institut für angewandte Mathematik in kurzer Zeit weltberühmt.

Herbert Bruderer[1]

Die Geschichte der Informatik beginnt mit dem seit dem Altertum benutzten Rechenbrett Abakus und der Entstehung der Zahlensysteme. Die heutigen Computer haben zahlreiche Vorläufer. Die ersten funktionsfähigen programmierbaren Rechengeräte wurden jedoch erst gegen Mitte des 20. Jahrhunderts vorgestellt. Der deutsche Bauingenieur Konrad Zuse (22. Juni 1910 – 18. Dezember 1995) ist einer der Väter dieser Universalmaschinen. Er baute in Berlin seit 1936 Rechenanlagen. Nur ein einziges Gerät, die 1945 fertig gestellte Z4, überlebte den zweiten Weltkrieg. Zuse versuchte anschliessend erfolglos, in- und ausländische Universitäten sowie Hersteller von Büromaschinen für seine Entwicklungen zu gewinnen. Damals konnte sich offenbar niemand vorstellen, dass ein programmgesteuertes Rechengerät einer handelsüblichen Rechenmaschine überlegen war.

Zuses Pionierleistung: erste arbeitsfähige programmgesteuerte Rechenmaschine der Welt
Nach Friedrich Bauer von der Technischen Universität München ist Konrad Zuse der „Schöpfer der ersten vollautomatischen, programmgesteuerten und frei programmierbaren, in binärer Gleitpunktrechnung arbeitenden Rechenanlage." Die Z3 war 1941 betriebsfähig, sie wurde am 12. Mai 1941 in Berlin vorgeführt. In den 1940er und Anfang der 1950er Jahre gab es ähnliche Entwicklungen in den USA (Rechenautomaten ABC, Differential Analyzer, EDVAC, Eniac, Harvard Mark, IAS, Model, SSEC, Univac, Whirlwind u.a.) und in Grossbritannien (Colossus, EDSAC, Manchester Mark). Zuses Pionierleistungen in der Rechentechnik und in der Informatik wurden sowohl in Europa als auch in den USA lange Zeit verkannt. Das deutsche Patentamt verweigerte ein Patent für die Z3.

ETH Zürich mietet den legendären Relaisrechner Z4
Der Mathematiker Eduard Stiefel (1909–1978) gründete Anfang Januar 1948 an der ETH Zürich das Institut für angewandte Mathematik. Daraus entwickelte sich 1968 die Fachgruppe für Computerwissenschaften, und schliesslich entstand daraus das heutige Departement Informatik. Damit beginnt die Geschichte der Informatik in der Schweiz. Das Institut für angewandte Mathematik

[1] Der Verfasser dankt den Professoren Walter Gander, Martin Gutknecht und Carl August Zehnder für ihre tatkräftige Unterstützung, die um so wertvoller war, als die drei Pioniere der Gründerzeit, die Professoren Eduard Stiefel, Heinz Rutishauser und Ambros Speiser, gestorben sind und es nur noch wenige Zeitzeugen gibt.

heisst seit 1970 Seminar für angewandte Mathematik. Stiefel erkannte die Bedeutung der Rechenautomaten sehr früh. Er plante den Eigenbau einer solchen Maschine und war, um Zeit zu gewinnen, auf der Suche nach einem fertigen, betriebssicheren Gerät. Es gab einen grossen Bedarf nach umfangreichen numerischen (technischen) Berechnungen, auch für die Zusammenarbeit mit der Schweizer Maschinenindustrie.

Daher besuchte Stiefel am 13. Juli 1949 Konrad Zuse in Hopferau bei Füssen (Ostallgäu). Die Z4 war im Keller des Mehllagers der Bäckerei Martin. Zuse war im März 1945 kurz vor dem Fall Berlins mit der riesigen „Zuse 4“ mit der Bahn nach Göttingen und einige Wochen später mit einem Lastwagen nach Bayern geflohen. Er führte die Z4 in der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen vor. Die von 1942 bis 1945 gebaute Z4 hiess übrigens ursprünglich V4 (Versuchsmodell 4). Der Gleichklang dieser Abkürzung mit dem Kürzel für die so genannten Vergeltungswaffen V1 und V2 hat laut Konrad Zuse dieses Gerät gerettet. Obwohl die elektromechanische Z4 eine schon damals veraltete Technik (Relais statt Elektronenröhren) nutzte, entschied sich Stiefel trotz Warnungen für ihren Einsatz. Für ihn war die Verfügbarkeit von maschineller Rechenleistung wichtiger als die modernste Technik. Dieser mutige Entscheid erwies sich im Nachhinein als wegweisend. Das wissenschaftliche Rechnen mit der Z4 machte sein Institut binnen weniger Jahre weltberühmt.

Konrad Zuse (1910–1995), © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv

Das Institut für angewandte Mathematik mietete die Z4 für fünf Jahre (für insgesamt 30 000 Franken). Sie stand vom 11. Juli 1950 bis April 1955 im zweiten Stock des Hauptgebäudes (Raum G39) der ETH Zürich. Heute befindet sich hier das Forschungsinstitut für Mathematik. Der Mietvertrag wurde am 7. September 1949 in der Gaststätte des Badischen Bahnhofs in Basel unterzeichnet. Vor der Inbetriebnahme wurden an der Maschine erhebliche Erweiterungen (z.B. Gebrauch bedingter Befehle) durchgeführt. Die Z4 war der erste Rechenautomat an der ETH und auf dem europäischen Festland, der dem wissenschaftlichen Rechnen diente. An der ETH konnten so viele Anregungen und Erfahrungen gesammelt werden, die später für den Bau einer eigenen programmgesteuerten Rechenmaschine hilfreich waren. Eduard Stiefel und seine Mitarbeiter Heinz Rutishauser und Ambros Speiser haben dank der Z4 wesentliche Beiträge zur angewandten Mathematik und zur Entwicklung der Rechentechnik (Geräte und Programme) geleistet.

Die Nutzung der Z4 brachte beiden Seiten grosse Vorteile: Zuse konnte mit dem Geld – die gesamte Summe war bei Vertragsabschluss bzw. Abnahme der Maschine fällig – sein 1949 gegründetes Unternehmen Zuse KG aufbauen. Der ETH stand kurzfristig eine erhebliche Rechenleistung zur Verfügung. Sie entsprach einem damaligen Rechenbüro mit etwa 40 mit mechanischen Rechenmaschinen ausgestatteten Personen. Das verhalf der ETH gegenüber anderen Universitäten zu einem wissenschaftlichen Vorsprung.

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Zuses Rechenmaschinen Z1–Z4				
Name	**Jahr**	**Rechenwerk**	**Speicherwerk** (Datenspeicher)	**Bemerkungen**
Z1	1938	mechanisch	mechanisch	
Z2	1939	elektromechanisch (Relais)	mechanisch	
Z3	1941	elektromechanisch (Relais)	elektromechanisch (Relais)	erste vollautomatische, programmgesteuerte und frei programmierbare, in binärer Gleitpunktrechnung arbeitende Rechenanlage der Welt (Friedrich Bauer)
Z4	1945	elektromechanisch (Relais)	mechanisch	erster betriebsfähiger Digitalrechner im wissenschaftlichen Einsatz an einer kontinentaleuropäischen Universität; 1950–1955 in Betrieb an der ETH Zürich

Hinweise
Die Jahrangabe bezieht sich nicht auf die Bauzeit, sondern auf den Zeitpunkt der Vollendung.
Die Z1 bis Z4 verwendeten als Programmspeicher Endloslochstreifen. Daten- und Programmspeicher waren also getrennt.
Die Geräte Z1, Z2 und Z3 wurden im zweiten Weltkrieg zerstört. Die Z4 steht im Deutschen Museum in München.
Ein Nachbau der Z1 (durch Konrad Zuse, 1989) befindet sich im Deutschen Technikmuseum in Berlin.
Ein Nachbau der Z3 (durch Konrad Zuse, 1961) ist im Deutschen Museum, München.
Weitere Nachbauten der Z3 durch Horst Zuse und Raul Rojas, 2001 (Konrad-Zuse-Museum, Hünfeld)
und Horst Zuse, 2010. Die Z1 ist nicht mehr betriebsfähig (verklemmtes mechanisches Schaltglied).
Die Z3-Nachbauten sind arbeitsfähig. Die Z4 ist in Teilen noch funktionsfähig.
Nach der Z4 hat Zuse viele weitere programmierbare Rechner gebaut.

Quellen: www.konrad-zuse.de; Schriften zur Informatikgeschichte; Museumsführer, Deutsches Technikmuseum, Berlin

© Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, ETH Zürich 2010

Hinweis: Der Nachbau 2010 der Z3 durch Horst Zuse steht ab Mai 2011 im Heinz-Nixdorf-Museumsforum in Paderborn.

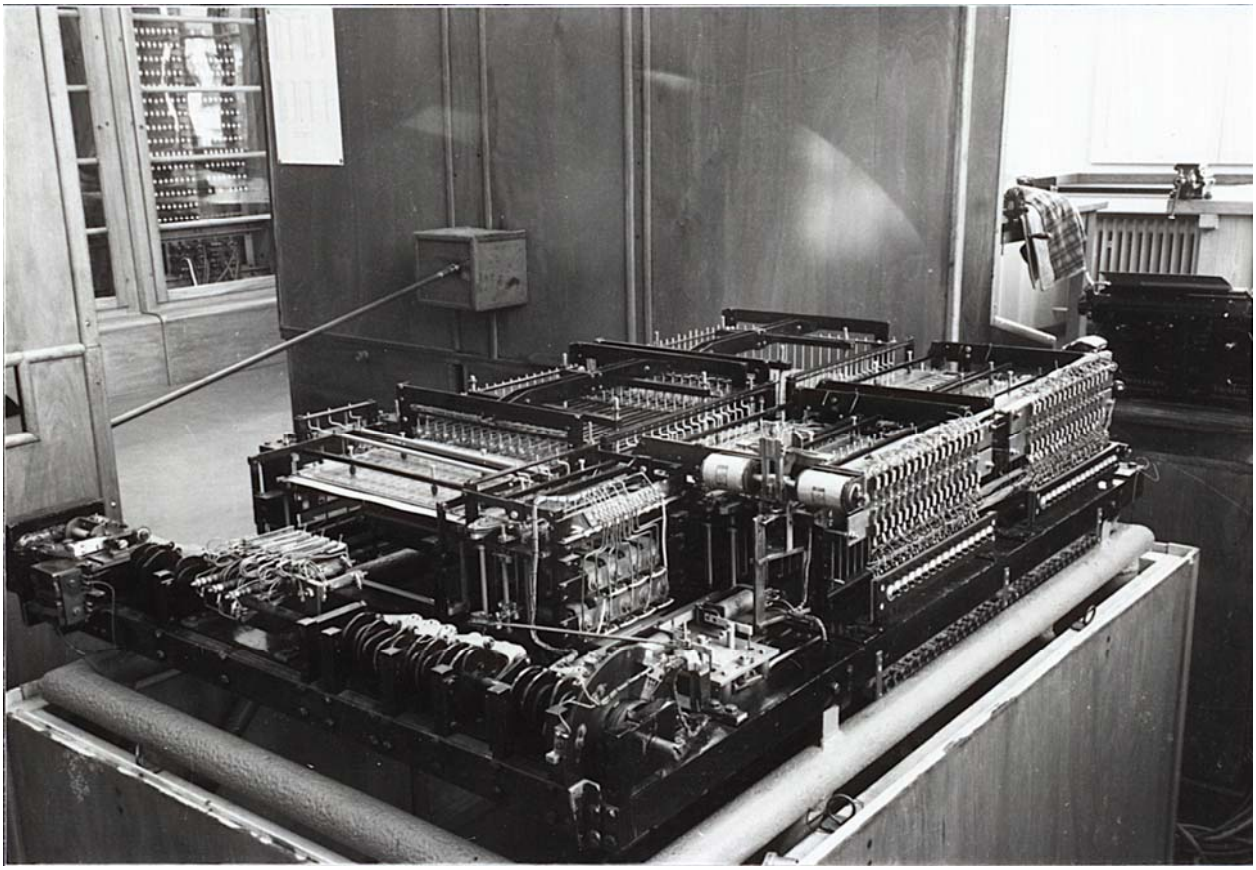
Die ratternde Z4 sorgt für das Zürcher Nachtleben

Die mit Relais bestückte Z4 war wesentlich weniger störanfällig als modernere amerikanische Maschinen, die elektronischen Bauteile enthielten. Die Z4 war so zuverlässig, dass sie nachts (angeblich)ohne Aufsicht lief.

Im Prüfbericht von Corrado Böhm und Harry Laett über die Erfahrungen mit der Zuse-Rechenmaschine vom 17. Oktober 1949 ist zu lesen: „Die Maschine sollte in zwei getrennten Räumlichkeiten untergebracht werden können, um so eine Trennung zwischen Bedienungsaggregaten (Tastaturpult, Abtaster, Locher und Drucker) und den Rechnungs- und Speichereinheiten zu gewährleisten. Auf diese Weise wird auch das Lärmproblem (Antriebsmotor und Speicherwerkantrieb) auf einfache Weise gelöst."

Zur Zuverlässigkeit der Z4 gibt es allerdings auch gegenteilige Aussagen von Zeitzeugen, etwa von Urs Hochstrasser. In einem Brief vom 18. Juni 1951 beklagt sich Eduard Stiefel bei Zuse: „Nach Deiner blitzartigen und für uns etwas unerwarteten Abreise […] hast Du uns mit Deiner absolut nicht betriebsbereiten Maschine allein gelassen. Es dauerte 14 Tage, bis überhaupt eine kleine Rechnung gemacht werden konnte […]. Da wir praktisch seit Beginn des Monats April keine durchgehende Arbeit leisten konnten, mussten wir mehrere Aufträge absagen."

Zuse schreibt in seiner Autobiografie: „Immerhin besass das verschlafene Zürich durch die ratternde Z4 ein, wenn auch bescheidenes, Nachtleben." Und Speiser fügt bei: „Durch genaues Zuhören bekam man manche Aufschlüsse über den Programmablauf. Deutlich waren das Ticken des Programmabtasters, das Klappern der Relais im Rechenwerk und das Klirren der Speicheroperationen zu unterscheiden. Mit einiger Übung konnte man sagen, ob eine Addition, eine Multiplikation oder eine Division im Gang war."

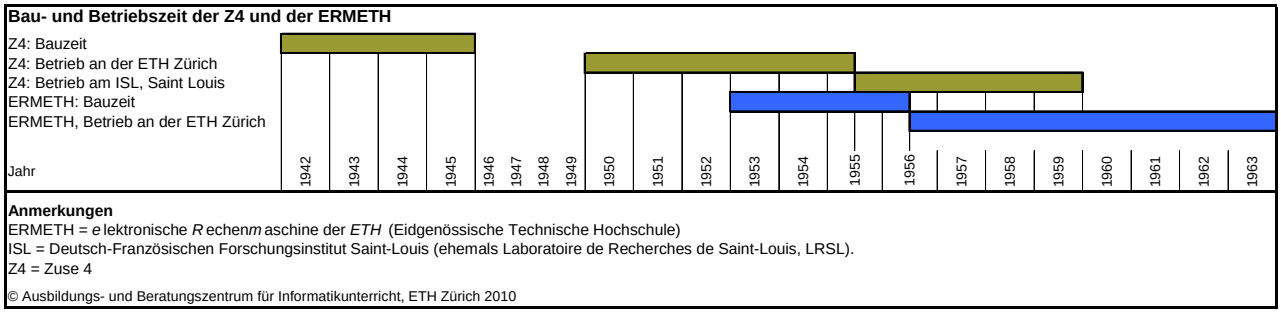


Der mechanische Speicher der Z4, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv

Wozu wurde die Z 4 in Zürich gebraucht?

Die Z4 wurde an der ETH Zürich für Arbeiten auf dem Gebiet der numerischen Mathematik eingesetzt. So wurden beispielsweise für die BBC, Baden, „kritische Tourenzahlen mehrlageriger Wellen“ durch Lösen von linearen Differentialgleichungen 4. Ordnung berechnet. Der Rechenzeitaufwand betrug etwa 100 Stunden. Aus der Industrie gab es manche Aufträge: Berechnung der Spannungen in einer Talsperre (Grande Dixence), Berechnungen zum Raketenflug oder zur Flugbahn von Geschossen, Untersuchungen zu Quantenmechanik, Hochfrequenztechnik und Optik, Schwingungen einer Lokomotive, Abflussregulierung der drei Juraseen. Hinzu kamen mathematische Untersuchungen, z.B. zu Bahnstörungen der Planeten Jupiter und Saturn. In den fünf Jahren wurden etwa 100 verschiedene Probleme mit insgesamt rund 100 000 Z4-Befehlen programmiert. Darunter befinden sich 55 Aufträge und mathematische Untersuchungen. Für Aussenstehende kostete die Z4 zehn Franken je Stunde.

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011



Merkmale der an der ETH Zürich eingesetzten Z4

Die Z4 ist ein programmgesteuertes, elektromechanisches Rechengerät mit 2200 Telefonrelais und 21 Schrittschaltern (elektrische Drehwähler). Sie kann intern nur Zahlen, jedoch keine Befehle speichern. Die Rechenpläne (Programme) werden auf Lochstreifen (gebrauchte 35-mm-Kinofilme) gestanzt. Die mechanischen Schaltglieder bestehen aus Blechstreifen und zylindrischen Steuerstiften. Während die meisten damaligen Rechenmaschinen dezimal arbeiten, verwendet die Z4 bereits das Binärsystem (Dualsystem). Die Z4 ist eine lochstreifengesteuerte Rechenanlage mit einem getrennten Datenspeicher, sie ist also kein speicherprogrammierter Rechner (d. h. kein Von-Neumann-Rechner).

Rechenwerk
5–6 Dezimalstellen, Dualsystem, Gleitkomma
Speicherwerk (nur Datenspeicher)
rein mechanische Schaltglieder mit einem Speichervermögen von 64 Zahlen
Steuerung
automatisch nach Befehlen, die nacheinander auf einem Lochstreifen festgehalten sind (Der Lochstreifen wird für Iterationen zu einer Schleife verklebt. Für die Herstellung der Befehlsstreifen steht ein besonderes Gerät zur Verfügung.)
Rechengeschwindigkeit
ungefähr eine Sekunde pro Befehl und drei Sekunden pro arithmetische Operation
Ausgabe
Zahlenausgabe auf einem Lampenfeld, Schreibmaschine für den Druck der Ergebnisse
Gewicht
etwa 1Tonne
Programmierung
Maschinensprache mit reichhaltigem Befehlsverzeichnis
Dokumentation
sehr ausführliche Dokumentation mit übersichtlichen Schaltplänen

Die Zuse Z4 beherrschte u.a. die vier Grundrechenarten, das Quadrieren und das Wurzelziehen (Quadratwurzel). Hätte Zuse für den Speicher anstatt der mechanischen Schaltelemente Relais verwendet, hätten sich Grösse, Gewicht und Kosten der Anlage mehr als verdoppelt.

Welche Geldgeber hatte Zuse?

Beeindruckend ist, dass Zuse seine Erfindungen zu Beginn weitgehend im Alleingang und ohne finanzielle Unterstützung durch den Staat machte. Die Z1 und die Z2 wurden privat finanziert. Die Z3 wurde durch die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt teilfinanziert. Geldgeber für die Z4 war das Reichsluftfahrtministerium.

Zu Zuses Beziehung zu seinen Geldgebern seien hier einige Zitate aus dem Werk: Konrad Zuse: Der Computer – Mein Lebenswerk (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 5., unveränderte Auflage 2010) angeführt:

„Die Vorführung der Z2 hatte genügt, die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt zu interessieren. Deren technischer Direktor, Professor Bock, hielt mir zwar einen langen Vortrag, ich solle mir nur ja nicht einbilden, dass ich als Erfinder ein reicher Mann werden, ein Schloss am Meer besitzen und im Horch – damals einem der elegantesten Autos – herumfahren würde. Gleichwohl aber einigten wir uns auf einen Vertrag: die schon im Bau befindliche Z3 wurde von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt teilfinanziert. Sie war 1941 fertig gestellt und das erste Gerät, das wirklich voll funktionsfähig alle wichtigen Elemente einer programmgesteuerten Rechenmaschine für wissenschaftliche Zwecke nach dem Stand der Technik enthielt“ (Autobiografie, Seite 55).

„Er [Dr. Funk] liess sich davon nicht beirren, und so schickte ich ihn schliesslich zu den Henschel-Flugzeug-Werken zu Professor Wagner, der meine Aufträge gegenüber dem Reichsluftfahrtministerium betreute“ (Autobiografie, Seite 81).

Zu Zuses Förderern gehörte auch Prof. Teichmann (Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt): „Teichmann hätte am liebsten schon während des Krieges einen Auftrag über ein grosses elektronisches Rechengerät mit zweitausend Röhren befürwortet. Wegen der mangelnden Dringlichkeitsstufe hätten wir aber weder Personal noch ausreichendes Material dafür bekommen. Es war schon schwierig genug, Geräte in der verhältnismässig einfachen und robusten Relaistechnik zu bauen“ (Autobiografie, Seite 70).

„Ich selber lernte in Berlin Professor Herbert Wagner kennen. Er war Leiter der Sonderabteilung F bei den Henschel-Flugzeug-Werken und entwickelte dort ferngesteuerte fliegende Bomben. „Ihre Rechengeräteentwicklung ist sicher sehr interessant, aber dafür kann ich Sie nicht vom Militärdienst befreien. Ich kann aber einen Statiker gebrauchen“, meinte er. Für diese unmittelbar der Waffenentwicklung dienende Tätigkeit wurde ich schliesslich „uk“ gestellt“[2] (Autobiografie, Seite 53).

„Die Z3 wurde während des Krieges mehreren Dienststellen vorgeführt; sie wurde indes nie im Routinebetrieb eingesetzt. Dazu wäre unter anderem meine Unabkömmlichkeitsstellung für diese Aufgabe nötig gewesen. Offiziell aber galt die Z3 nicht als dringlich. Sie wurde mehr oder weniger als Spielerei und als das Privatvergnügen meiner Freunde und mir angesehen. Meine „uk-Stellung“ galt nach wie vor ausschliesslich für meine Tätigkeit als Statiker“ (Autobiografie, Seite 57).

Dazu Friedrich Bauer (Technische Universität München): „Konkrete Berührung hatte Zuse mit dem Machtapparat des Dritten Reiches nur sehr indirekt über seine Tätigkeit für die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL). Seine unmittelbaren Ansprechpartner waren wie Alwin Teichmann Wissenschaftler und wie Herbert Wagner (der die Flügelbomben konstruierte) Ingenieure, keine Parteibonzen. Kurt Pannke, der Rechenmaschinenfabrikant, den Zuse in der Frühzeit kontaktierte und der ihn finanziell unterstützte, ist ebenfalls unverdächtig“ (Raul Rojas (Hrsg.): Die Rechenmaschinen von Konrad Zuse, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1998, Seite 18).

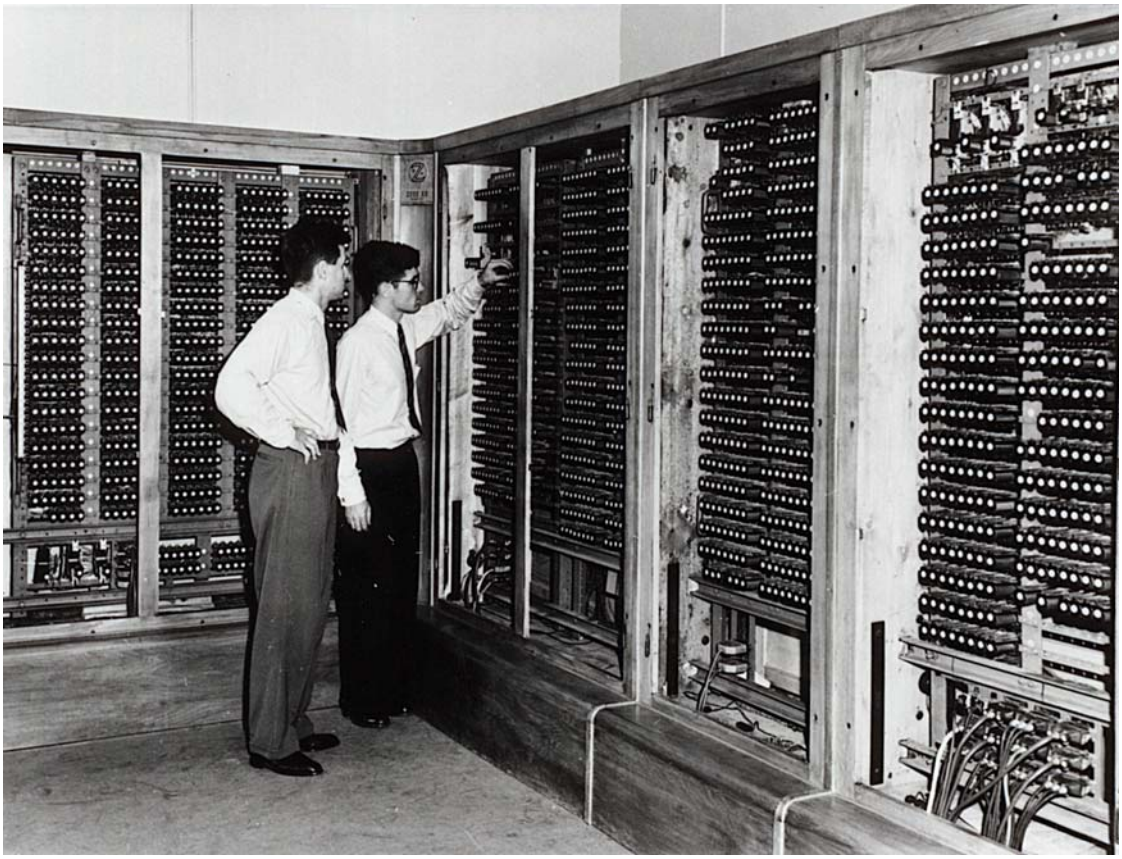
Der Historiker Hartmut Petzold schreibt zu den Kriegsaufträgen: „Die gesellschaftspolitische Situation im Deutschen Reich der 30er Jahre boten für Konrad Zuse keine andere Möglichkeit der Realisierung seiner Pläne als im Schlepptau der Rüstung“ (Hartmut Petzold: Rechnende Maschinen. Eine

[2] uk = Unabkömmlichkeitsstellung

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

historische Untersuchung ihrer Herstellung und Anwendung vom Kaiserreich bis zur Bundesrepublik. VDI-Verlag, Düsseldorf 1985, Seite 510).

Hinweis: Hans Dieter Hellige von der Universität Bremen leitet eine "Fachgruppe Informatik und Zeitgeschichte", die sich u.a. mit Zuse befasst.



Relaisschränke der Z4 (links: Heinz Rutishauser, rechts: Ambros Speiser), ETH Zürich 1950, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv

Das Schicksal der Z4 und der Zuse KG

Konrad Zuse weilte für Wartungsarbeiten oft in Zürich und hielt auch Vorträge. Die ETH berief ihn nicht als Dozenten, verlieh ihm aber 1991 doch noch die Ehrendoktorwürde. Seine Firma Zuse KG geriet in den 1960er Jahren in finanzielle Schwierigkeiten und wurde 1964 von BBC (Mannheim) und schliesslich 1967 von Siemens übernommen. Bis 1969 wurden rund 250 Maschinen (Relais-, Röhren- und Transistorrechner) gebaut. Die Z4 wurde von 1955 bis 1959 vom Deutsch-Französischen Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL) im elsässischen St. Louis eingesetzt. Damals hiess es Laboratoire de Recherches de Saint-Louis (LRSL). Anschliessend war die Z4 bei der Electricité de France im Elsass. Die Technische Universität Berlin hatte sich vergeblich darum bemüht, die Z4 bekommen. Die Maschine kam erstmals 1960 ins Deutsche Museum nach München, wo sie seit 1988 ausgestellt ist. Sie ist heute noch in Teilen arbeitsfähig.

Dazu Zuse: „Es war nun abzusehen, dass weitere erhebliche Millionenbeträge in die Firma hineingesteckt werden mussten, so dass auch nur eine geringe Beteiligung meinerseits sinnlos wurde. Schliesslich musste ich froh sein, jemanden zu finden, der bereit war, die Schulden zu übernehmen. 1964 übernahm die Firma Brown, Boveri & Cie. AG, Mannheim, hundert Prozent Kapitalanteile; ich selber blieb Komplementär. Die Kapitalanteile wurden später von der Firma Siemens über-

nommen. Ich selbst schied bald aus der Firma aus, blieb aber weiter beratend tätig. Seit 1967 gehört die Firma zur Siemens AG“ (Autobiografie, Seite 137).

Verleihung des Ehrendoktortitels 1991 an der ETH Zürich, von links nach rechts: Frederick P. Brooks (Universität North Carolina, Chapel Hill, Erfinder des Grossrechners IBM 360), Walter Gander, Vorsteher der Abteilung IIIC (Informatik) der ETH Zürich, und Konrad Zuse, einer der Väter des Computers, © Stefan Bondeli

Eigenbau des Röhrenrechners ERMETH

Die Miete der Z4 war als Übergangslösung gedacht. Um 1950 gab es keine programmierbaren Rechner zu kaufen, und Stiefel war sich bewusst, dass der vorgesehene Eigenbau mehrere Jahre beanspruchen würde. Er hielt sich vom Oktober 1948 bis März 1949 in den USA auf, um sich einen Überblick über den Stand der Forschung zu verschaffen. Zwei seiner Mitarbeiter, der Elektroingenieur Ambros Speiser (1922–2003) und der Mathematiker Heinz Rutishauser (1918–1970), verbrachten das Jahr 1949 in den USA (u.a. bei John von Neumann, Princeton, und bei Howard Aiken, Harvard). Sie sollten sich das Wissen für den Bau moderner Rechenmaschinen aneignen.

Von 1953 bis 1956 entstand der programmierbare Röhrenrechner ERMETH (*e*lektronische *R*echen*m*aschine der *ETH*). Ambros Speiser, der spätere Gründungsdirektor des IBM-Forschungslabors in Rüschlikon und des BBC-Forschungszentrums in Baden-Dättwil, leitete den Bau von 1953 bis 1955 (Planung und Entwicklung der Grundlagen). 1956 vollendete Alfred Schai das Werk (endgültiger Aufbau und Durchprüfung), denn Speiser hatte 1955 zur IBM gewechselt. Die Entwurfphase begann allerdings schon 1950. Beteiligt waren die Firmen Gfeller, Bümpliz (Kreuzwähler), Hasler, Bern (Elektronik), und Wittwer, Männedorf (Speichertrommel). Den

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Schluss bildete eine erfolgreiche dreimonatige Feuerprobe, häufig in 24stündigem Betrieb. Im Unterschied zur Z4 arbeitete die ERMETH im Dezimalsystem. Als Arbeitsspeicher (für Programme *und* Daten) diente eine Magnettrommel. Die ETH setzte die ERMETH ab Juli 1956 bis Oktober 1963 für Forschung und Lehre ein Die ERMETH lief erstmals im Juli 1956 mit einem vorläufigen Trommelspeicher, mit dem grossen 10 000-Wort-Trommelspeicher jedoch erst 1957. Ende 1958 beliefen sich die Kosten für die ERMETH auf eine Million Franken. Der Koloss stand bis 2004 im Winterthurer Technorama und befindet sich heute im Museum für Kommunikation in Bern. Nachfolger der ERMETH war ab April 1964 ein Transistorrechner CDC 1604A der amerikanischen Firma Control Data. Er verwendete einen Magnetkernspeicher (Arbeitsspeicher) und Magnetbänder (Massenspeicher). Die ERMETH arbeitete 100x schneller als die Z4, die CDC 400x schneller als die ERMETH.

Z4 und ERMETH im Vergleich

Merkmal	Rechenautomat	
	Z4	ERMETH
Digitalrechner	■	■
Rechenwerk: elektromechanisch (Relais)	■	❑
Rechenwerk: elektronisch (Röhren)	❑	■
Zehnersystem (Dezimalsystem)	❑	■
Zweiersystem (Dualsystem)	■	❑
Zahlendarstellung: Gleitkomma	■	■
Betrieb: programmgesteuert	■	■
Betrieb: vollautomatisch	■	■
Steuerung: Lochstreifen	■	❑
Steuerung: Speicherprogramm	❑	■
Nutzung: (frei) programmierbar	■	■
Universalrechner	■	■
Von-Neumann-Rechner	❑	■
Zustand: voll betriebsfähig	■	■
Hersteller	Konrad Zuse	ETH Zürich
Bauzeit	1942–1945	1953–1956
Betrieb an der ETH Zürich	1950–1955	1956–1963

Zeichenerklärung
■ ja
❑ nein

© Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, ETH Zürich 2010

Plankalkül, erster Ansatz zu einer höheren Programmiersprache

Konrad Zuse war nicht nur ein Meister im Rechnerbau, sondern auch in der Entwicklung einer Programmiersprache. Er erfand eine formale, algorithmische Sprache, in der sich Lösungsverfahren für beliebige Probleme beschreiben lassen. Sein 1945 im Allgäuer Bergdorf Hinterstein aufgesetzter Plankalkül gilt als Vorläufer der höheren Programmiersprachen. Er wurde erst 1972 (vollständig) veröffentlicht, und im Jahr 2000 wurde dafür erstmals ein lauffähiges Übersetzungsprogramm entwickelt.

Heinz Rutishauser machte in seiner Habilitationsschrift 1951 Vorschläge zur automatischen Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen. Die Idee, solche Anlagen nicht nur zum Rechnen, sondern auch zum Erstellen von Programmen zu verwenden, ist grundlegend für den Bau von Übersetzern (Compiler). Erst dadurch konnten Algorithmen in höheren Programmiersprachen (Quellcode) formuliert und dann automatisch in Maschinensprache (Objektcode) übersetzt werden. Rutishauser war einer der Väter von Algol, dem „Latein“ der modernen Programmiersprachen. Auf der Grundlage von Algol entstanden unzählige höhere Programmiersprachen, u.a. auch Pascal.

Schweizer Remington Rand mit programmgesteuerter Rechenmaschine M9

Die Zuse KG baute für die Schweizer Remington Rand AG in Zürich eine Serie von Rechenlochern, die nicht mehr rein mechanisch, sondern mit elektromagnetischen Relais arbeiteten. Sie setzten sich aus einem Kartenleser, einem Rechenwerk und einem Kartenlocher zusammen. Die Aufgabe des Geräts bestand darin, mehrere Werte aus der Karte abzugreifen, sie in einem kleinen Programm zu verarbeiten und die Ergebniswerte wieder auf dieselbe Karte zu lochen. Die Geschäfte mit der Schweizer Remington Rand wurden über eine im gleichen Haus in Zürich ansässige Zwischenfirma (Mitra, daher die Bezeichnung M9 statt Z9) abgewickelt. Denn Zuse musste seine eigenen Patente umgehen, weil er sie zeitweise an die Frankfurter Remington-Niederlassung (Powers) übertragen hatte.

Zuse hielt in seinen Lebenserinnerungen fest: „Etwa dreissig Geräte konnten wir in die Schweiz liefern; mit den Erträgen war der Aufbau unserer Firma so gut wie gesichert. Es ist deshalb nur billig des Mannes zu gedenken, der daran den grössten Anteil hatte: des leider früh verstorbenen Oskar Weder. Oskar Weder war Angehöriger der Schweizer Remington-Rand und der eigentliche Initiator unserer Zusammenarbeit. Er hat sich seinen Vorgesetzten gegenüber stark exponieren müssen, um die Vergabe eines so umfangreichen Auftrages an eine kleine, kapitallose deutsche Firma zu rechtfertigen.“ Die Firma Alois Zettler hatte für die Rechenlocher besonders haltbare Relais entwickelt. Dank eines zusätzlichen Abstandstifts aus Nylon liess sich die mechanische Abnutzung weitgehend vermeiden.

Die Schweizer Remington Rand AG richtete die programmgesteuerte Rechenmaschine M9 in den 1950er Jahren bei zahlreichen Unternehmen (z.B. Aluminium, Chippis: Charmilles, Genf; Remington Rand, Zürich; Spinnerei & Weberei, Dietfurt; Swissair, Zürich; Trüb, Täuber, Hombrechtikon; Von Roll, Klus) ein. Sie wurde auch von der Stadtverwaltung Winterthur und vom Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung (heute Paul Scherrer Institut, Villigen) genutzt. Die Relaismaschine wurde über eine auswechselbare Schalttafel gesteuert, auf der der jeweilige Operationsablauf verdrahtet war. Sie kann alle vier Grundrechenarten ausführen. Laut Wilhelm Füssl vom Deutschen Museum in München, das Zuses Nachlass verwaltet, sind für den Rechenlocher, den Zuse für die Firma Remington Rand anfertigte, alle Unterlagen bis auf wenige Reste verschollen. Der Verfasser ist daher *Josef Steinmann*, dem damaligen Wartungstechniker der M9 bei der Schweizer Remington Rand, für die Zustellung von Originaldokumenten zu grossem Dank verpflichtet.

Das Museum für Kommunikation in Bern konnte im Juni 2010 aus der Sammlung des Winterthurer Technoramas, die aufgelöst wurde, einen Remington-Rechenlocher M9 mit Kartenstation übernehmen. Die Geräte stammen ursprünglich aus der Stadtverwaltung Winterthur. Die M9 wurde vermutlich 1953 gebaut.

Hinweis
Das Museum für Kommunikation in Bern besitzt eine Sammlung von Bau- und Konstruktionsunterlagen zur M9. Die Urkunden stammen aus den Jahren 1953 und 1954.

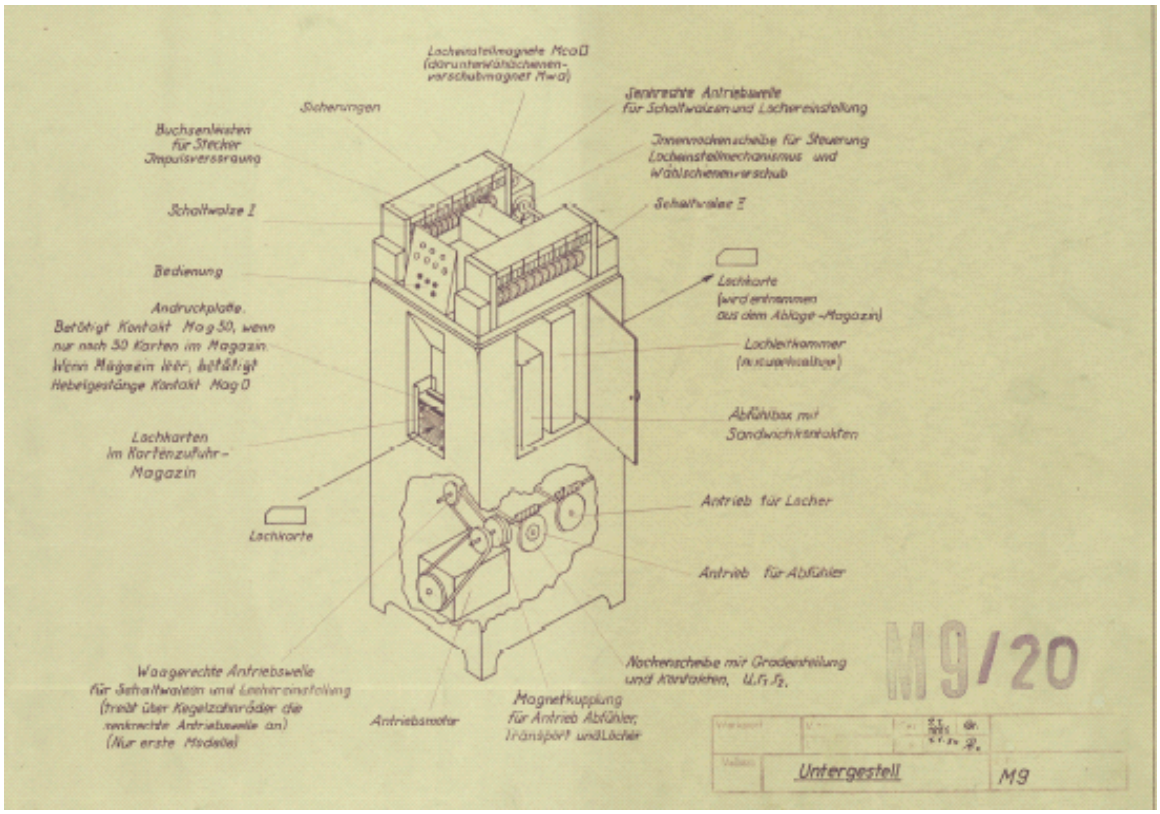
 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Rechenlocher M9 für die Schweizer Remington Rand, © Museum für Kommunikation, Bern

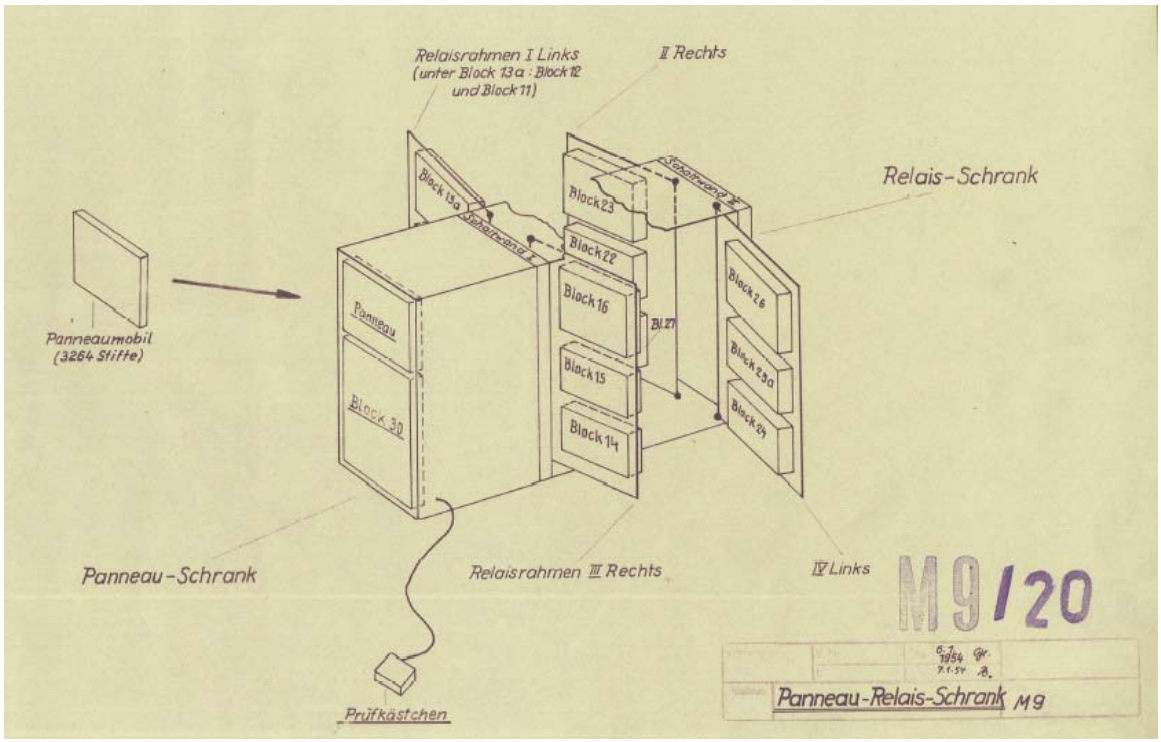
Das Museum für Kommunikation in Bern ist wohl weltweit das einzige Museum, das einen Rechenlocher M9/Z9 der Zuse KG besitzt. Das Deutsche Museum in München, das Deutsche Technikmuseum Berlin und das Heinz-Nixdorf-Museumsforum in Paderborn haben keine solchen Geräte.

Unterlagen zur M9
Quelle: Sammlung, Museum für Kommunikation, Bern

Untergestell der M9

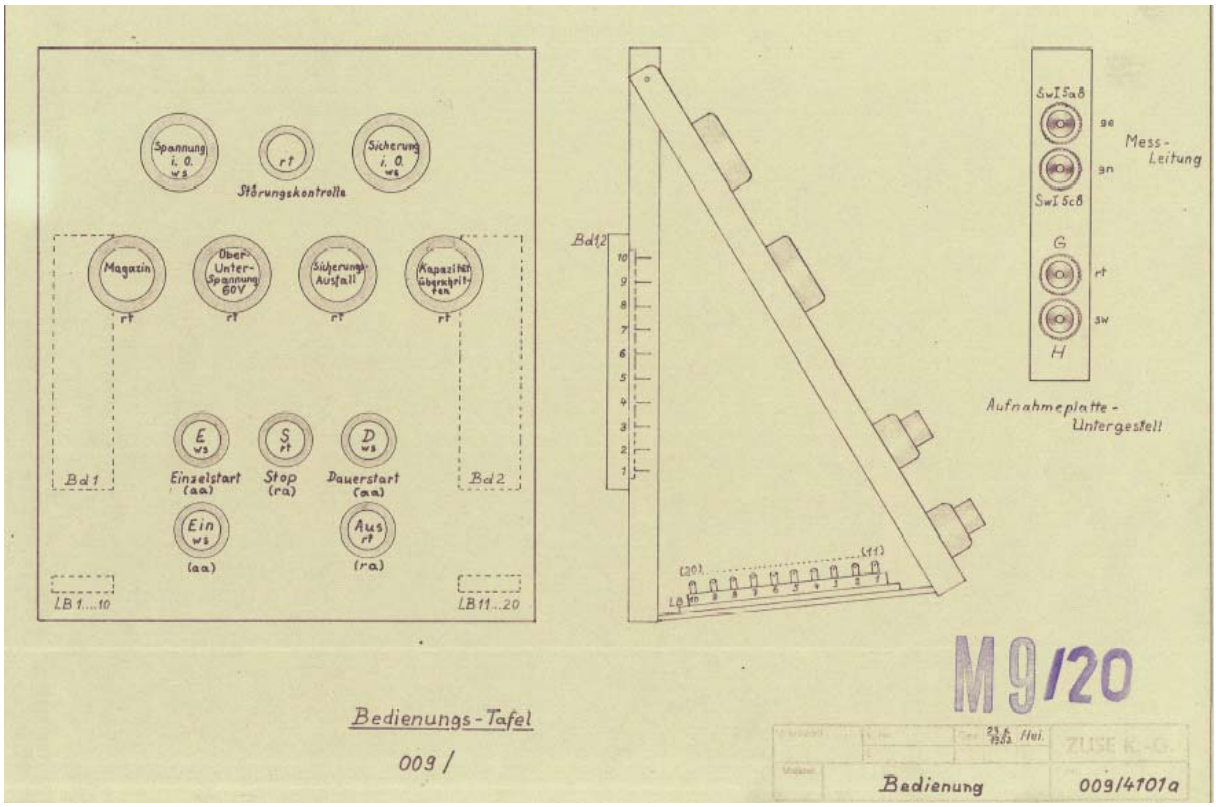


Panneau-Relais-Schrank der M9

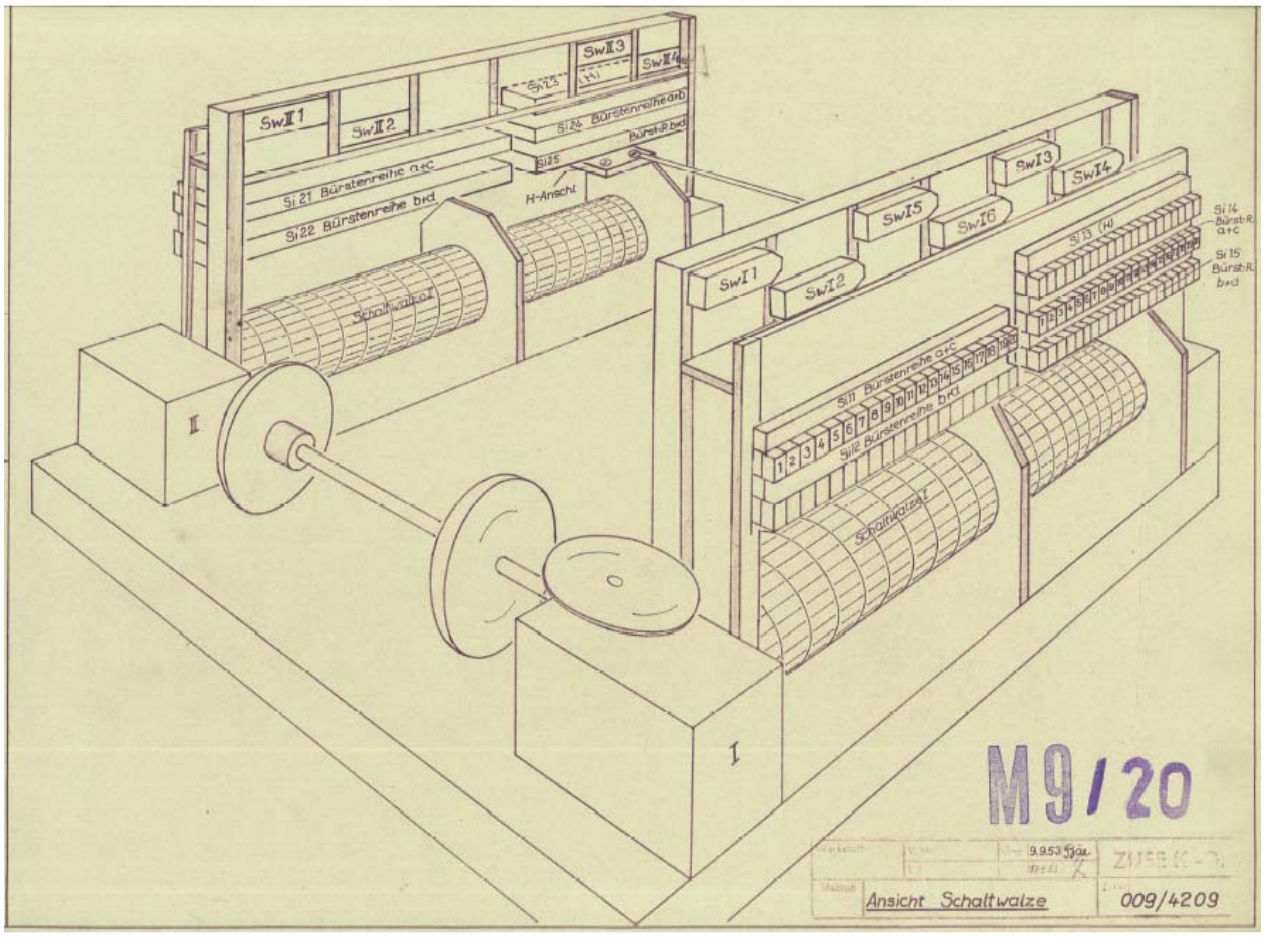


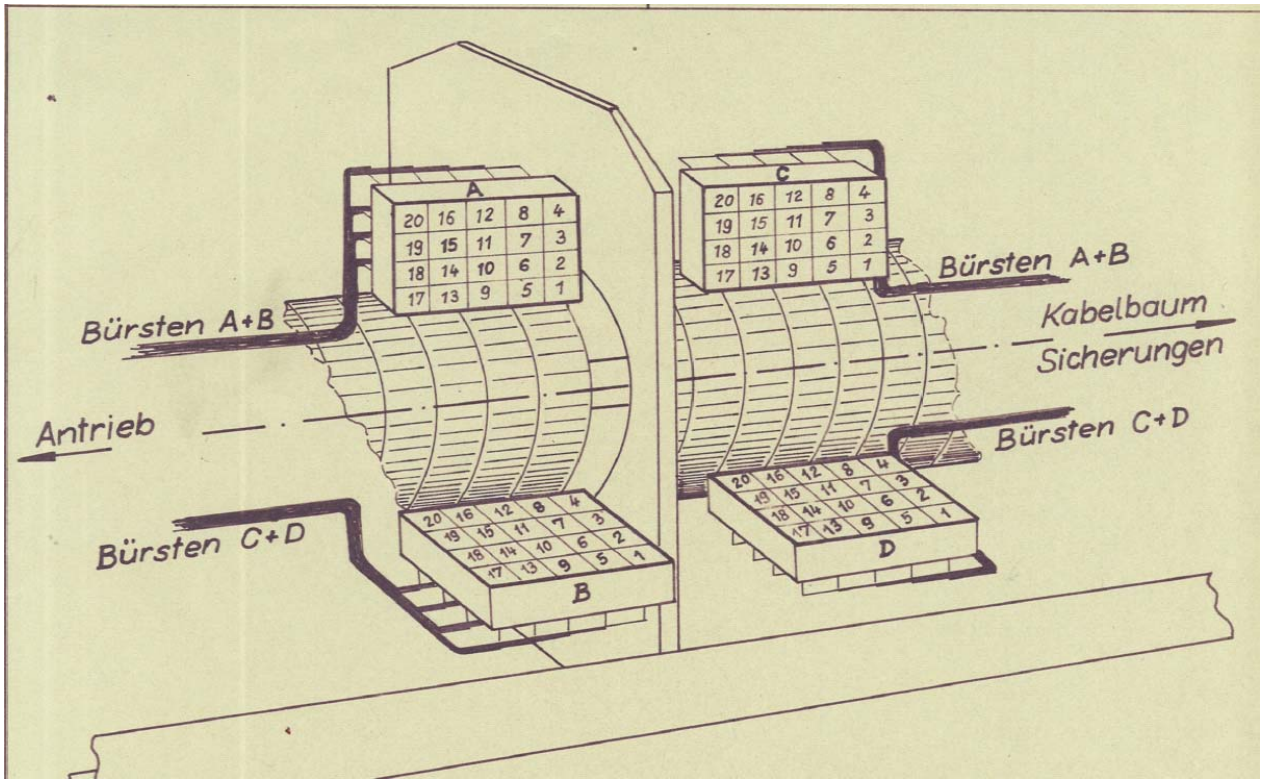
 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Bedienungstafel der M9



Schaltwalze der M9





 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Wo stehen wir heute?

In der Schweiz gab es auch später bahnbrechende Entwicklungen von Rechnern, so die Arbeitsplatzrechner Lilith und Ceres von Niklaus Wirth (ETH Zürich) sowie Smaky und Scrib von Jean-Daniel Nicoud (ETH Lausanne), ferner die Maus von Jean-Daniel Nicoud und André Guignard. Niklaus Wirth, der bisher einzige deutschsprachige Träger des Turingpreises („Nobelpreis" für Informatik), erfand wegweisende Programmiersprachen wie Algol-W, Pascal, Modula und Oberon. Unser Land hatte also gute Voraussetzungen für ein eigenes „Silicon Valley". Doch daraus wurde bekanntlich nichts. Denn es gelang leider nicht, die in der Schweiz gebauten Geräte erfolgreich zu vermarkten. Die einzige bedeutende Herstellerin von Zubehör ist die im Raum Lausanne ansässige Logitech. Trotzdem haben nach IBM in den letzten Jahren weitere namhafte Unternehmen wie Cisco, Disney, Google, Microsoft und Nokia Forschungsstätten in der Schweiz errichtet, und das World Wide Web wurde am Europäischen Laboratorium für Elementarteilchenphysik (Cern) in Genf erfunden.

Meilensteine aus den Anfängen der Informatik an der ETH Zürich

1948	Gründung des Instituts für angewandte Mathematik (Eduard Stiefel),
1950	Inbetriebnahme des ersten programmierbaren Rechners an einer Universität des europäischen Festlandes (Z 4 von Konrad Zuse),
1951	Erfindung des Compilers: Habilitationsschrift von Heinz Rutishauser: Über automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen,
1956	Inbetriebnahme des ersten in der Schweiz gebauten programmierbaren Rechners, der ERMETH (Ambros Speiser),
1958/60	höhere Programmiersprache Algol (Heinz Rutishauser, einer der Väter dieser Sprache),
1970	Programmiersprache Pascal (Niklaus Wirth),
1978	Arbeitsplatzrechner Lilith mit Fenstertechnik, Maus und hoch auflösendem Bildschirm (Niklaus Wirth).

Ein Zeitzeuge berichtet über seine Erlebnisse mit der Z4
Urs Hochstrasser war einer der wichtigsten Nutzer der Zuse-Maschine. Im Folgenden berichtet er über seine Erfahrungen mit der Z4.

Prof. Dr. Dr. h.c. Urs Hochstrasser, 3074 Muri bei Bern

Urs Hochstrasser, 1944

- * am 12. Januar 1926 in Zürich,
- Diplom in theoretischer Physik bei Prof. Dr. Wolfgang Pauli (ETH Zürich, 1948),
- Assistent am Lehrstuhl für Mechanik bei Prof. Dr. H. Ziegler (ETH Zürich, 1949–1950),
- Assistent am Institut für angewandte Mathematik (ETH Zürich, 1950–1951),
- angewandter Mathematiker bei den Flug- und Fahrzeugwerken Altenrhein (1952–1954): Durchführung der Flatterrechnungen für das Düsen-Jagdflugzeug P-16 mit der Z4,
- Dissertation in numerischer Mathematik bei Prof. Dr. Eduard Stiefel (ETH Zürich, 1954),
- Assistant Professor an der American University, Washington, D.C., and Guest Worker am National Bureau of Standards, Washington, D.C. (1955−1957),
- Direktor des Rechenzentrums und Associate Professor der Universität Kansas, Lawrence (1957–1960),
- Wissenschaftsrat an den schweizerische Botschaften in Washington, D.C., und Ottawa (1958−1961),
- Delegierter des Schweizerischen Bundesrates für Fragen der Atomenergie (1961–1969),
- Titularprofessor der ETHZ und Honorarprofessor der Universität Bern,
- Direktor des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft (heute Staatssekretariat für Bildung und Forschung, 1969–1989)

Meine ersten Erfahrungen mit programmierbaren Rechenautomaten, insbesondere der Z4
Nachdem ich 1948 an der ETH Zürich in Physik mit einer theoretischen Untersuchung beim Nobelpreisträger Prof. Dr. Wolfgang Pauli diplomiert hatte, begann ich bei ihm auch noch eine Doktorarbeit. Das von ihm dafür vorgeschlagene Thema betraf ein theoretisches Modell, dessen Unzulänglichkeit bereits erkannt worden war. Seine Bearbeitung erforderte komplizierte, langwierige mathematische Umformungen. Darauf mehrere Jahre aufzuwenden, erwies sich nach ersten Bemühungen wenig attraktiv, sodass ich nach einer andern Möglichkeit, einen Doktortitel in einem für mich interessanteren Wissensgebiet zu erwerben, Umschau hielt. Prof. Dr. Eduard Stiefel, der Direktor des in meinem Diplomjahr gegründeten ETH-Instituts für angewandte Mathematik (IAM), bot mir an, bei ihm in numerischer Analysis, einem im Zusammenhang mit der Entwicklung von program-

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

mierbaren Computern damals rasch aufblühenden mathematischen Spezialbereich, zu doktorieren. Ich hatte ihn schon während meiner Studienzeit schätzen gelernt und nahm deshalb sein Angebot gerne an.

Berechnungen rund um die Uhr für die Talsperre Grande Dixence

Zu meiner Einführung in das neue Tätigkeitsfeld musste ich mich an einer Berechnung der Verformung der Grande-Dixence-Staumauer durch den Druck des Stausees beteiligen. Vor der Inbetriebnahme der Z4 standen dafür nur elektromechanische Schweizer Tischrechner Madas zur Verfügung, um eine angenäherte numerische Lösung dieses Problems zu finden. Um die umfangreichen Rechnungen rasch voranzutreiben, veranstaltete mein Doktorvater in spe mit mir und IAM-Mitarbeitern ganze Nächte andauernde „Rechenmarathonläufe". Ich vermute, dass er als Oberst der Artillerie so die Forderung eines schweizerischen Militärinstruktors: „Wenn die 24 Stunden des Tages zur Aufgabenbewältigung nicht ausreichen, so muss dafür eben die Nacht in Anspruch genommen werden" berücksichtigt hat. Diese strapaziöse Arbeit war sicher ein starker Ansporn, einerseits bessere Rechenmethoden für die Lösung der umfangreichen mathematischen Beziehungen (Systeme mit einer hohen Zahl von linearen Gleichungen), aus denen die Verformungen angenähert berechnet werden konnten, zu entwickeln und andererseits einen Computer zu beschaffen, der einen viel grösseren Teil der erforderlichen Rechenarbeit rasch und möglichst zuverlässig zu übernehmen vermochte.

Prof. Stiefel lieferte zur Erfüllung dieser Wünsche persönlich insbesondere zwei wesentliche Beiträge:

1. die Methode der konjugierten Gradienten zur raschen Berechnung einer guten approximativen Lösung der vorher genannten Gleichungssysteme,
2. die mehrjährige Miete der Z4, die Anfang der Fünfzigerjahre auf dem europäischen Kontinent der einzige funktionsfähige programmierbare Computer war.

„Ich musste praktisch ständig vor der Maschine stehen und sie bedienen"

In meiner Dissertation wendete ich sein neues Verfahren, das allerdings praktisch gleichzeitig in den USA von Prof. Dr. Magnus Hestenes entdeckt worden war, zur Berechnung der Verformung eines Flugzeugflügels an. Die Eidgenössischen Flugzeugwerke Emmen benötigten diese Information für das Düsenflugzeug N20, eine originelle, aber nicht zu Ende geführte Entwicklung für die Schweizer Armee. Es ist unmöglich, die Verschiebung eines beliebigen Punkts der zweidimensionalen Scheibe, die als Approximation des Flügels benutzt wurde, direkt mit einer einfachen mathematischen Formel auszurechnen. Vielmehr kann diese, d.h. ihre zwei Koordinaten, nicht in jedem beliebigen Punkt, sondern nur in einer endlichen Zahl von Punkten (in diesem Fall wurden 52 gewählt) bestimmt werden. Die 104 unbekannten Koordinaten sind die Lösung von ebenso vielen Gleichungen, die aus der physikalischen Theorie für einen solchen Körper abgeleitet werden können.

Stiefels Methode führte, ausgehend von beliebig festgelegten Ausgangswerten für diese Koordinaten, in 104 Schritten zu einer Lösung des Gleichungssystems, wobei diese in der Praxis nicht genau sein konnte, da im Computer jede Zahl nur mit einer endlichen Anzahl von Stellen dargestellt wird. Die Methode besitzt den Vorteil, dass die Werte sich in jedem Schritt der Lösung annähern, sodass ich nur 90 Schritte durchführen musste, um akzeptable Näherungswerte zu erhalten. Oft stand mir die Z4 bloss während der Nacht zur Verfügung. Aus zwei Hauptgründen musste ich praktisch ständig vor der Maschine stehen und sie bedienen:

Zwischenergebnisse müssen wegen Speicherplatzmangels auf Filmstreifen gelocht werden

Die Z4 besass nur 64 Speicherzellen, in die Dualzahlen, die nicht ganz siebenstellige Gleitkomma-Dezimalzahlen darstellten, aufgenommen werden konnten. Das reichte nicht aus, um die Zwischen-

resultate der einzelnen Schritte zu speichern. Deshalb mussten diese auf Filmstreifen herausgelocht und im folgenden Schritt wieder eingelesen werden. Auch die Steuerung der Z4, deren Befehle in einer Vorbereitungsphase auf Filmstreifen gelocht wurden, konnte nicht maschinenintern entsprechend dem Fortschritt der Rechnungen durch Änderung der Befehle an eine neue Situation angepasst werden. Dies hatte der Benutzer von Hand durch Einlegen neuer gelochter Filmstreifen zu bewerkstelligen. Die Z4 musste also laufend überwacht werden, und im richtigen Zeitpunkt musste der richtige Filmstreifen in eine der beiden Ablesestationen eingelegt oder aus ihr herausgenommen werden.

Fehlerhafte warme Telefonrelais und verbogene Speicherbleche stören den Betrieb

Die Z4 verwendete, wie bereits erwähnt, intern Dualzahlen, d.h. jede davon bestand aus einer Anordnung von Einsen und Nullen. Im Rechenwerk wurden diese durch offene bzw. geschlossene Stromkreise dargestellt. Deren Öffnung oder Schliessung sowie die Ausführung der Programmbefehle erfolgten durch etwa 2500 Telefonrelais, die im Betrieb recht warm wurden, sodass hie und da Kontaktstellen zusammenlöteten. Durch Klopfen und anschliessendes Abschmirgeln der Kontakte konnte dieser Fehler behoben werden. Dies erforderte eine Kenntnis des Schaltschemas des Rechenwerks, dessen Relais in mehreren Schränken installiert waren. Nur so gelang es, rasch den richtigen Schrank zu öffnen und das defekte Relais zu finden. Immerhin vermochte dies auch ein nicht entsprechend technisch ausgebildeter Benutzer vorzunehmen. Ausserdem versagten aber auch einzelne der durch sechs Transporte und zugehörige Montagen und Demontagen strapazierten Relais so vollständig, dass sie ausgewechselt werden mussten.

Ein weiterer störungsanfälliger Teil der Z4 war der schon erwähnte Speicher, in dem Blechplatten Eisenzapfen in zwei der 1 bzw. der 0 entsprechende Stellungen gemäss der darzustellenden Zahl zu positionieren hatten. Diese Bleche verbogen sich ab und zu, sodass die Positionierung beim Speichern und die Ablesung nicht mehr richtig erfolgten. Die Auswechslung der Relais wie auch die Reparatur des Speichers (Glättung der Bleche) blieben ausschliesslich dem entsprechend technisch ausgebildeten Personal, das gleichzeitig auch den Eigenentwurf des IAM, den Computer ERMETH, zu konstruieren hatte, vorbehalten. Das war mit ein Grund, warum schwerer wiegende Fehler nicht immer in kurzer Zeit behoben werden konnten.

Die leicht programmierbare Z4 erleichtert langwierige Rechnungen wesentlich

Die geschilderten Berechnungen vermochte ich in etwas mehr als einem Jahr zu bewältigen, obschon die Z4 nicht selten Fehler produzierte oder ganz ausfiel. Diesen raschen Fortgang meiner Arbeit habe ich vor allem dem unermüdlichen und verständnisvollen Einsatz von Herrn Prof. Dr. Ambros Speiser, der zu meiner Zeit für den Unterhalt der Z4 verantwortlich war, zu verdanken. Im Vergleich mit der mühseligen Handrechnung für das Grande-Dixence-Projekt erlaubte die Z4 bei langwierigen komplizierteren Rechnungen schon eine wesentliche Entlastung.

Die Z4 war im Vergleich zu andern damaligen Rechenautomaten leicht zu programmieren. Sie arbeitete jedoch noch verhältnismässig langsam (Speiser schätzte, dass sie etwa 1000 Operationen/Stunde leistete). Letztere Aussage findet sich schon im Abschlussbericht der von Stiefel mit der Abnahmeprüfung 1949 am Standort in Hopferau (Deutschland) beauftragten Corrado Böhm und Harry Laett:

„Die Maschine Z4 arbeitet etwa 100-mal langsamer als eine betriebssichere amerikanische Maschine. Dieser Nachteil fällt aber nur ins Gewicht, wenn sehr viele Rechnungen mit demselben Streifen nacheinander ausgeführt werden."

Nächtelanger Betrieb der Z4 ohne Überwachung führt zu böser Überraschung

Die rechenintensive Lösung komplexer Probleme mit der Z4 erforderte aber noch wegen ihrer Störanfälligkeit zusätzliche Zeit, da selbst Zwischenresultate laufend mit geeigneten mathematischen

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Methoden überprüft werden mussten. Wer dies nicht einprogrammierte und sogar die Z4 ohne Überwachung, sofern das die Komplexität des auszuführenden Programms und die Menge der in die Rechnung eingehenden Zahlen überhaupt zuliessen, ganze Nächte laufen liess, konnte böse Überraschungen erleben. Der leider früh verstorbene Prof. Dr. Heinz Rutishauser, einer der führenden schweizerischen Pioniere der Computerwissenschaften, entdeckte einmal bei seiner morgendlichen Inspektion des Maschinenraums einen langen Papierstreifen, den die Z4 in der vorhergehenden Nacht mit immer der gleichen Zahl bedruckt hatte. Er schrieb dann darauf die Frage: „Ist das ein neuer Code für „Om mani padme hum?“ (ein Mantra, das auf tibetanischen Gebetsmühlen repetiert wird).
Meine etwas negative Beurteilung der Zuverlässigkeit der Z4 widerspricht positiven Äusserungen zu diesem Thema von Zuse und Speiser. Deren Meinung gründete auf der wohl richtigen Feststellung, dass die in der Z4 verwendeten Relais zuverlässiger und dauerhafter waren, als die kurzlebigen Elektronenröhren, die in die während des Zweiten Weltkrieges hergestellten ersten amerikanischen Computer eingebaut wurden. Nach diesem Weltkonflikt sind dann aber schon in den mit immer rascherer Kadenz entwickelten neuen Computern wesentlich bessere Elektronenröhren verwendet worden. Relativ bald wurden diese durch sehr viel zuverlässigere Festkörperkomponenten (Dioden, Transistoren, integrierte Schaltungen) ersetzt.

Kinostreifen mit alten deutschen Filmen, aber kein Projektor zum Abspielen

In einem anderen Punkt weicht meine Beurteilung von den in Zuses Lebenserinnerungen nachzulesenden Meinungen ab. Dort beklagt er sich über das langweilige Zürcher Nachtleben, das wenigstens mit der nächtlich arbeitenden Z4 eine gewisse Attraktion erhalten habe. Prof. Speiser beschrieb deren akustische Komponente mit den Worten: „Deutlich waren das Ticken des Programmabtasters, das Klappern der Relais im Rechenwerk und das Klirren der Speicheroperationen.“ Zu dieser Aufzählung sind die Geräusche hinzuzufügen, welche der zweite, meistens auch benutzte Abtaster, der Programm und Zahlen von Filmstreifen ablas, und die elektrische Schreibmaschine beim Herausschreiben von Resultaten produzierten. Für den zu Recht stolzen Schöpfer der Z4 mag das eine erfreuliche Unterhaltung gewesen sein, wenn er ihr nachts um zehn Uhr mangels anderer attraktiver Veranstaltungen einen nicht allzu langen Besuch abstattete. Rückblickend muss ich gestehen, dass mir, der zur rechtzeitigen Bedienung der Maschine ganze Nächte um sie herumturnen musste, die Z4 am Morgen um drei Uhr nicht gerade einen Ohrenschmaus, sondern schon eher eine Kakophonie, d.h. eine Kollektion von unangenehmen harten und schrillen Geräuschen, produzierte. Auf jeden Fall gefiel mir die mit ähnlichen Geräuschen arbeitende Sinfonie "Les Echanges", ein Stück für 16 Schreibmaschinen (Hermes-Electric), 18 Rechenmaschinen (Madas und Precisa)), 8 Buchungsautomaten (Ruf-Intro-mat), 12 Streifenlocher, 10 Registrierkassen (Hasler), 8 Klebstreifenbefeuchter, 8 Fernschreiber, 2 Klassentaktgeber, 4 Bahn-Signalglocken, 2 Tür-Gongs, 10 Hupen, 16 Telefonapparate, 40 Empfänger einer Suchanlage, 1 Vervielfältiger und l Hubstapler, die der Schweizer Komponist Rolf Liebermann (1910–1999) für die Landesausstellung 1964 (Lausanne) geschrieben hatte, wesentlich besser.
Zum optischen Unterhaltungswert der Z4 haben in Zuses Augen vermutlich das Blinken der Lämpchen, die das Funktionieren der Z4 anzeigten und zu ihrer Bedienung aufforderten, sowie die für die Speicherung von Programmen und Zahlen verwendeten Zelluloidrollen, auf denen alte deutsche Filme zu sehen waren, beigetragen. Allerdings stand im Maschinenraum kein Projektor zur Verfügung, sodass mir die mühselige Durchsicht der Streifen von Hand wenig unterhaltsam schien.

Z4 hilft bei Flatterrechnungen für das Düsenflugzeug P16

Die Z4 leistete mir nicht nur bei meiner Doktorarbeit grosse Dienste, sondern auch bei anspruchsvollen Rechenaufgaben, die ich in meiner Stellung als angewandter Mathematiker der Flug- und Fahrzeugwerke Altenrhein FFA (Kanton St. Gallen) vom Herbst 1952 bis Ende 1954 im Zusam-

menhang mit der Entwicklung eines Erdkampf-Düsenflugzeuges, des P16, für die Schweizer Flugwaffe zu lösen hatte. Vor allem ging es darum, die kritische Geschwindigkeit zu bestimmen, oberhalb derer die von der Umströmung der Luft verursachten Schwingungen des Flugkörpers nicht mehr gedämpft, sondern verstärkt werden („Flatterrechnungen"). Im Zweiten Weltkrieg waren schweizerische propellergetriebene Mehrzweckflugzeuge abgestürzt, weil die Piloten in Unkenntnis dieser Grösse ihre Maschine erheblich zu schnell geflogen hatten. Wegen fehlender Anzeichen realisierten sie das Überschreiten dieser kritischen Geschwindigkeit nicht, und das Flugzeug vibrierte rasch so stark, dass es fast explosionsartig auseinander gerissen wurde. Um solche Katastrophen zu vermeiden, wurden darauf Geschwindigkeitsbeschränkungen eingeführt, für deren Festlegung die Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit wesentlich war.

Zuverlässiger und schneller als die Z4, aber schwer zu programmieren

Die Berechnung der kritischen Geschwindigkeit erwies sich als noch umfangreicher als die beschriebene Ermittlung der Deformation eines Flügels. Angesichts der rasch wachsenden Zahl von Interessenten für die Benutzung der Z4 musste ich nach anderen in Zürich vorhandenen Rechenkapazitäten Ausschau halten. Ich fand diese im dortigen Rechenzentrum der International Business Machines Corp. (IBM), wo man Lochkartenmaschinen stundenweise mieten konnte. Das Zentrum besass ausser den üblichen Maschinen für die Bearbeitung von Lochkarten und Tabulatoren für das Drucken der in sie gelochten Informationen auch schon zwei allerdings nur beschränkt programmierbare Rechner, die Relaismaschine 602A und den Rechenlocher 604, der Elektronenröhren verwendete. Auf den beiden Rechnern konnten im beschränkten Masse arithmetische Operationen (Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division) zu einem kleinen Rechenprogramm kombiniert werden, das mit Hilfe von Kabeln auf auswechselbaren Schaltbrettern gesteckt wurde. Die Rechengeschwindigkeit der 602A lag im Mittel leicht über derjenigen der Z4. Bei der elektronischen 604 hingegen war diese intern so gross, dass deren stündliche Gesamtleistung nur von der Arbeitsgeschwindigkeit der Ablese- und Locheinheit (6000 Karten/Stunde) bestimmt wurde. Die überwiegend erst vor kurzem neu angeschafften Maschinen des Rechenzentrums arbeiteten zuverlässiger als die Z4. Hinderlich erwiesen sich die beschränkten und umständlichen Programmiermöglichkeiten, sodass ich den komplexeren Teil der Berechnungen auf der Z4 erledigte.

Zehn Meter langer Filmstreifen steuert die Z4 eine Stunde lang

Zu meiner Entlastung und zur rascheren Ermittlung der kritischen Geschwindigkeit ermöglichte mir die FFA, einen Assistenten an der ETH anzustellen. Nacheinander haben dipl. Ing. ETH Heinz Waldburger (1953 bis 1959 Assistent von Rutishauser und Stiefel, Verfasser der Gebrauchsanleitung für die ERMETH. Später weiterhin mit Erfolg im Computerbereich in der Privatindustrie und an Hochschulen tätig) und dipl. Math. ETH Hans Rudolf Schwarz (später Professor für numerische und angewandte Mathematik an der Universität Zürich) diesen Posten übernommen und mir initiativ, zuverlässig und effizient bei der Bewältigung der schwierigen und umfangreichen Rechnungen für den P16 geholfen. Nach meinem Ausscheiden aus der FFA, weil ich mich neuen Aufgaben in den USA widmen wollte, übernahm letzterer meine Nachfolge. Er fasste die vielen Filmabschnitte mit meinen gelochten Programmen für die Flatterrechnung in einem einzigen, über zehn Meter langen Filmstreifen zusammen, der dann an je zwei Rollen am Boden und an der Decke des Maschinenraums geführt die Z4 während etwa einer Stunde steuerte.

Simulation naturwissenschaftlicher und technischer Prozesse

Dies ist ein kleines Beispiel für einen wichtigen Prozess, der in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts dank der enormen Fortschritte in der Elektronik, die den Bau immer leistungsfähigerer, aber auch billigerer Computer erlaubte, stattfand und auch heute noch im Gange ist. Zu seinem Verständnis wird nachfolgend analysiert, welche Aufgaben für das Verstehen und die Nutzung von

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

natürlichen und technischen Vorgängen zu bewältigen sind. In der Vergangenheit hat der Mensch dafür Theorien und Experimente entwickelt. In neuerer Zeit steht ihm zusätzlich die Simulation, die auf Computern realisiert wird, zur Verfügung. In fast allen Naturwissenschaften entstand deshalb ein neues Teilgebiet, die computergestützte Physik, die computergestützte Biologie usw. Es befasst sich mit der Computersimulation naturwissenschaftlicher und technischer Prozesse. Die geschilderten beiden Arbeiten auf der Z4 können auch als Simulationen betrachtet werden:
In meiner Dissertation habe ich simuliert, wie ein Flugzeugflügel deformiert wird, wenn eine Kraft auf ihn wirkt. Mit der Flatterrechnung für den P16 habe ich im Prinzip das Gleiche getan, nämlich untersucht, wie sich bei den vorgegebenen Geschwindigkeiten die Schwingungen des Flugkörpers verhalten, die durch die umfliessende Luftströmung angeregt werden.
Wesentlich für die eingetretene enorme Ausbreitung der Simulation war, dass der Computer dem Menschen zunehmend einen immer grösseren Teil der Arbeit für die Lösung von meist sehr komplexen Simulationsaufgaben abzunehmen vermochte.
Dabei geht es konkret um die folgenden Aufgaben:

1. Es muss eine Theorie mit dem zugehörigen mathematischen Modell gefunden oder entwickelt werden, die den zu untersuchenden Prozess zu beschreiben erlaubt. Es geht dabei um die Definition von mathematischen Beziehungen, welche die Zusammenhänge zwischen den bekannten Eigenschaften und den zu bestimmenden Resultaten von Einwirkungen gemäss den Naturgesetzen möglichst wirklichkeitsgetreu beschreiben.
2. Wahl der numerischen Verfahren oder, falls noch nicht vorhanden, Entwicklung von Methoden zur wenigstens angenäherten Bestimmung der in diesen mathematischen Beziehungen auftretenden Unbekannten.
3. Detaillierte Festlegung der Abfolge der einzelnen Operationen, welche der Computer auszuführen hat, um – meistens schrittweise – die gesuchten Grössen zu finden.
4. Auf dieser Basis kann dann das eigentliche Computerprogramm erstellt werden, das die Eingabe der Zahlen, welche die Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes quantifizieren, und die Ausgabe der Resultate sowie die genaue Befehlsabfolge zur Steuerung des Rechenwerks im Computer und die Zuteilung der verfügbaren internen und externen Zahlenspeicherzellen organisiert.
5. Mit diesen Programmen und Zahlen sind nun mit dem Computer die Unbekannten zu berechnen.
6. Schliesslich muss noch überprüft werden, ob die vom Computer errechneten Resultate die gesuchten Lösungen tatsächlich ausreichend approximieren.

Erste programmierbare Rechenmaschinen nur für einen Teil dieser Aufgaben geeignet

Die ersten wirklich funktionierenden programmierbaren Computer konnten nur in einigen der beschriebenen Aufgaben mitwirken, die Z4 bei den Punkten 4 bis 6. Dank der enormen Fortschritte in der Computertechnik vermag heute sogar ein einfaches Notebook, das unter 1000 Franken kostet und zu dessen Aufbewahrung eine Mappe ausreicht, nicht bloss die von der Z4 in vielmonatigen Rechnungen produzierten Resultate in Stunden und mit wesentlich grösserer Genauigkeit zu finden, sondern auch die Herstellung der Computerprogramme (Punkt 4) wesentlich zu vereinfachen. Mit Hilfe einer problemorientierten formalen Sprache (z.B. Algol, Fortran, Pascal, C++) wird die Aufgabe 4 unabhängig von dem für die Programmausführung bestimmten Computertyp realisiert. Der Computer übersetzt das dann selbstständig in eine ihm unmittelbar verständliche Befehls~~ab~~folge.
Neue Soft- und Hardware, die dem Computer die Fähigkeit gaben, nicht bloss mit Zahlen, sondern auch mit nichtnumerischen Informationen (zunächst Buchstaben, dann aber auch Bilder und Töne) effizient zu arbeiten, ermöglichten diesen erweiterten Computereinsatz und erlaubten seine hilfreiche Verwendung bei den ersten drei Aufgaben. Die gewaltigen Fortschritte in der Computertechnik der letzten Jahrzehnte führten zudem zu einer engen Verbindung zwischen ihr und der ebenfalls hoch entwickelten Kommunikationstechnik. Als eines der wesentlichsten Produkte davon sei hier

der Aufbau des Internets, eines weltumspannenden Computernetzwerks, genannt. Dieser Fortschritt trug in hohem Masse dazu bei, dass der Computer auch bei der Lösung der ersten drei Aufgaben den Menschen wirksam zu entlasten vermochte.

Stürmische Entwicklung der Informatik kaum vorausgesehen

Um eine kleine Illustration dafür zu geben, sei darauf hingewiesen, dass ich zur Auffrischung meiner Erinnerungen an die Z4 die zwei Berichte, in denen ich das Vorgehen zur Lösung der vorstehend beschriebenen Probleme für die Fachwelt dargestellt habe, nämlich

„Die Anwendung der Methode der konjugierten Gradienten und ihrer Modifikationen auf die Lösung linearer Randwertprobleme." Dissertation, zu finden über die Webadresse: http://e-collection.ethbib.ethz.ch/eserv/eth:33091/eth-33091-02.pdf#search=%22(author:Urs Hochstrasser)%22, und

„Flatterrechnung mit Hilfe von programmgesteuerten Rechenmaschinen", publiziert in der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band VI, 1955, Seiten 300–315, zu finden über die Webadresse http://www.springerlink.com/content/l4072026387v5v17/, in wenigen Minuten vom Internet auf meinen Computer daheim heruntergeladen habe. Nachher vermochte ich in den so zugänglichen digitalisierten Texten mit Stichworten die für diesen Bericht interessierenden Stellen rasch aufzufinden und herauszukopieren. Ich habe auch eine Wiedergabe der erwähnten Sinfonie von Rolf Liebermann von der Webseite „http://www.classissima.com/en/video/rolf-liebermann---symphonie-les-echanges-(version-f%C3%BCr-156-b%C3%BCromaschinen)-expo-1964/" auf meinen Computer übertragen und abspielen können, um mich mit wenig Zeitaufwand zu überzeugen, dass sie mir auch heute noch eine lustige Unterhaltung bietet.

Abschliessend gestehe ich offen, dass ich, wie übrigens auch alle mir bekannten ZeitgenossInnen, nicht schon, als ich mit der Z4 arbeitete, erahnt habe, dass der Computer eine solch zentrale Rolle in unserem beruflichen und auch im täglichen Leben erfolgreich spielen wird. Nach gewissen Äusserungen in Zuses Tagebüchern zu schliessen, trifft diese Feststellung für ihn nicht zu. Gesamthaft betrachtet hat mir die damalige Zeit gleichwohl manch positive Erfahrungen gebracht.

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Quellen (ausgewertete Schriften)

1. Alex, Jürgen: Wege und Irrwege des Konrad Zuse, in: Spektrum der Wissenschaft, Januar 1997, Heft 1, Seiten 78–90
2. Alex, Jürgen: Zur Entstehung des Computers. Von Alfred Tarski zu Konrad Zuse. Zum Einfluss elementarer Sätze der mathematischen Logik bei Alfred Tarski auf die Entstehung der drei Computerkonzepte des Konrad Zuse. Technikgeschichte in Einzeldarstellungen. VDI-Verlag, Düsseldorf 2007, XV, 377 Seiten
3. Alex, Jürgen; Flessner, Hermann; Mons, Wilhelm; Pauli, Kurt; Zuse, Horst: Konrad Zuse. Der Vater des Computers, Verlag Parzeller, Fulda 2000, 263 Seiten
4. Bauer, Friedrich L.: Between Zuse and Rutishauser. The early development of digital computing in Central Europe, Technische Universität München, Institut für Informatik, Bericht Nr. 7629, 1976, 41 Seiten
5. Bauer, Friedrich L.: Kurze Geschichte der Informatik. Wilhelm Fink-Verlag, München 2007, VIII, 131 Seiten
6. Bauer, Friedrich L: Historische Notizen zur Informatik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2009, X, 454 Seiten
7. Bauer, Friedrich L.; Heinhold, Josef; Samelson, Klaus; Sauer Robert: Moderne Rechenanlagen. Eine Einführung. B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1964, 357 Seiten (Leitfäden der angewandten Mathematik und Mechanik, Band 5)
8. Bauer, Friedrich L.; Wössner, Herbert: Zuses „Plankalkül“, ein Vorläufer der Programmiersprachen – gesehen vom Jahre 1972, in: Elektronische Rechenanlagen, Band 14, Juni 1972, Heft 3, Seiten 111–118
9. Berkholz, Stefan: Tüfteln für den Endsieg, in: Die Zeit, Nr. 25, 17. Juni 2010, Seite 36
10. Betschon, Stefan: Als die Computer rattern lernten. Konrad Zuse, Erfinder des Computers, wurde vor 100 Jahren geboren, in: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 136, 16. Juni 2010, Seite 61 (Forschung und Technik)
11. Betschon, Stefan: Zuse in Zürich. Zeitgenossen erinnern sich, in: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 142, 23. Juni 2010, Seite 63 (Forschung und Technik)
12. Böhm, Corrado: Calculatrices digitales du déchiffrage de formules logico-mathématiques par la machine même dans la conception du programme, Dissertation, ETH Zürich 1954, 51 Seiten
13. Bruderer, Herbert: Zuses legendäre Rechenmaschine, in: Tages-Anzeiger, Nr.141, 22. Juni 2010, Seite 46 (Wissen)
14. Bruderer, Herbert: Bill Gates der Kriegszeit, in: St. Galler Tagblatt, Nr. 144, 24. Juni 2010, Seite 10 (Focus)
15. Bruderer, Herbert: Zuses Rechner an der ETH Zürich. Zürich besass dank Z4 ein Nachtleben, in: Zentralschweiz am Sonntag, Nr. 26, 27. Juni 2010, Seite 53
16. Bruderer, Herbert: Konrad Zuse und die ETH Zürich, in: Swiss IT Magazine, Nr. 7/8, Juli/August 2010, Seiten 28–29
17. Bruderer, Herbert: Vor 100 Jahren, in: Switch Journal, Oktober 2010, Seite 49
18. Bruderer, Herbert: Innovative Investitionen. Aus Zürich stammt einer der ersten in Serie gefertigten Computer, in: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 281, 2. Dezember 2010, Seite 62 (Mobil . Digital)
19. Bruderer, Herbert: Innovative Investitionen. Aus Zürich stammt einer der ersten in Serie gefertigten Computer, in: NZZ online, 2. Dezember 2010

20. Bruderer, Herbert: Konrad Zuse und die ETH Zürich. Zum 100. Geburtstag des Informatikpioniers Konrad Zuse (22. Juni 2010). Departement Informatik, Professur für Informationstechnologie und Ausbildung. Technischer Bericht Nr. 705, ETH Zürich, Departement Informatik, Zürich, 1. Auflage 2010, 25 Seiten
21. Bruderer, Herbert: Konrad Zuse baute für die Schweizer Remington Rand den Rechenlocher M9/Z9, Dezember 2010, 2 Seiten (unveröffentlicht)
22. Bruderer, Herbert: Konrad Zuse und die ETH Zürich, in: Informatik-Spektrum, demnächst (voraussichtlich in Heft 3, Juni 2011)
23. Colloques internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, Nr. 37 (Les machines à calculer et la pensée humaine, Paris, 8-13 janvier 1951). Editions du CNRS, Paris 1953, Seiten XIX, 570 Seiten
24. Conradi, Walter: Computerwelten. Vom Abakus zum Avatar. Sonderausstellung. Siemens-Forum, München 2002, 73 Seiten
25. Czauderna, Karl-Heinz: Konrad Zuse, der Weg zu seinem Computer Z3, R. Oldenbourg-Verlag, München, Wien 1979, 105 Seiten
26. de Beauclair, Wilfried: Allgemeine Grundlagen. Geschichtliche Entwicklung, in: Karl Steinbuch (Hrsg.): Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2. überarbeitete Auflage 1967, Seiten 1–39
27. de Beauclair, Wilfried: Rechnen mit Maschinen. Eine Bildgeschichte der Rechentechnik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage 2005, XII, 313 Seiten
28. Delius, Friedrich Christian: Die Frau, für die ich den Computer erfand. Roman. Rowohlt, Berlin 2009, 283 Seiten
29. Dorsch, Hadwig: Der 1. Computer. Konrad Zuses Z1 − Berlin 1936. Beginn und Entwicklung einer technischen Revolution. Museum für Verkehr und Technik, Berlin 1989. 56 Seiten
30. Dreyer, Andrea: Konrad Zuse – Künstler und Visionär, in: Log in. Informatische Bildung und Computer in der Schule, Nr. 163/164, 2010, Seiten 130–131
31. Dworatschek, Sebastian: Grundlagen der Datenverarbeitung. de Gruyter, Berlin, New York, 8., durchgesehene Auflage 1989, 607 Seiten (Kapitel „Entwicklung der Datenverarbeitung“, Seiten 21–39)
32. Engeler, Erwin (Hrsg.): Konrad Zuse und die Frühzeit des wissenschaftlichen Rechnens an der ETH. Dokumentation zu einer Ausstellung um die Z4 – den ersten an der ETH eingesetzten Computer (1950–1955), (ETH Zürich, 17. Juni bis 15. Juli 1981). Diese Dokumentation enthält die in der Ausstellung dargestellten historischen und technischen Erklärungen und Vergleiche, Fotos und Kopien von Original-Dokumenten. ETH Zürich, Mathematisches Seminar, 1981, 109 Seiten
33. Eyssell, Manfred: Die Leibniz’sche Rechenmaschine (Teil 1), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 7, 2009 Seiten 12–20 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
34. Eyssell, Manfred: Die Leibniz’sche Rechenmaschine (Teil 2), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 8, 2009 Seiten 10–23 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
35. Eyssell, Manfred: Sprossenrad-Rechenmaschinen, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 10, 2009 Seiten 13–27 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
36. Eyssell, Manfred: Der Erfinder des Computers: Konrad Zuse (Teil 1), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 1, 2010, Seiten 6–20 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

37. Eyssell, Manfred: Der Erfinder des Computers: Konrad Zuse (Teil 2), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 2, 2010, Seiten 9–28 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
38. Eyssell, Manfred: Heinz Billing – der Erbauer der ersten deutschen Elektronenrechner (Teil 1), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 4, 2010, Seiten 9–36 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
39. Eyssell, Manfred: Heinz Billing – der Erbauer der ersten deutschen Elektronenrechner (Teil 2), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 5, 2010, Seiten 10–29 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
40. Eyssell, Manfred: Anfänge der wissenschaftlichen Datenverarbeitung in Göttingen, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 6, 2010, Seiten 8–23 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
41. Eyssell, Manfred: Die Rechenanlagen der GWDG – die Univac-Ära, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 8, 2010, Seiten 10–39 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
42. Eyssell, Manfred: Die Rechenanlagen der GWDG – die IBM-Ära, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 9, 2010, Seiten 14–37 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
43. Eyssell, Manfred: Die Rechenanlagen der GWDG – die Neuzeit, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 11, 2010, Seiten 19–53 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
44. Fothe, Michael: Konrad Zuses 100. Geburtstag. Ein vorläufiges Resümee, in: Log in. Informatische Bildung und Computer in der Schule, Nr. 163/164, 2010, Seiten 5–7
45. Fröschl, Karl; Mattl, Siegfried; Werthner, Hannes: Symbolverarbeitende Maschinen. Eine Archäologie. Verein Museum Arbeitswelt, Steyr, 1993, VI, 185 Seiten
46. Furger, Franco: Informatik-Innovationen aus der Schweiz? Lilith/Diser und Oberon. Die Workstation Lilith und das Oberon-Betriebssystem, Verlagsgemeinschaft Technopark, Zürich, Jacques Bollmann AG 1993, 109 Seiten
47. Füssl, Wilhelm (Hrsg.): 100 Jahre Konrad Zuse. Einblicke in den Nachlass. Deutsches Museum, München 2010, 144 Seiten
48. Gander, Walter: Portrait: Prof. Dr. K. Zuse, in: Output, 1992, Nr. 1, Seite 25
49. Gander, Walter (Hrsg.): Zuse, Konrad: Computerarchitektur aus damaliger und heutiger Sicht, ETH Zürich, Departement Informatik, August 1992, 34 Seiten
50. Ganzhorn, Karl: Der Schritt ins Informations-Zeitalter, Zürcher Volkswirtschaftliche Gesellschaft, 1970, 19 Seiten (unveröffentlicht)
51. Giloi, Wolfgang K.: Rechnerarchitektur. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg u.a., 2., vollständig überarbeitete Auflage 1993, XXI, 482 Seiten
52. Giloi, Wolfgang K.: Die Ungnade der frühen Geburt. Vortrag, gehalten am 12.12.1996 in memoriam Konrad Zuse, 12 Seiten (unveröffentlicht)
53. Glauber, Ulrich: Er war seiner Zeit zu weit voraus, in: Die Südostschweiz am Sonntag, 20. Juni 2010
54. Glauber, Ulrich: Als die Computer laufen lernten, in: Zentralschweiz am Sonntag, Nr. 26, 27. Juni 2010, Seite 53
55. Graef, Martin (Hrsg.): 350 Jahre Rechenmaschinen. Carl Hanser-Verlag, München 1973, 124 Seiten

56. Gutknecht, Martin H.: The pioneer days of scientific computing in Switzerland, in: A history of scientific computing (Princeton New Jersey, 1987), ACM Press, New York 1990, Seiten 301–313
57. Gutknecht, Martin H.: Numerical analysis in Zurich – 50 years ago, in: Colbois, Bruno; Riedtmann, Christine; Schroeder, Viktor (Hrsg): Schweizerische Mathematische Gesellschaft 1910–2010, European Mathematical Society, Zürich 2010, Seiten 279–290
58. Händler, Wolfgang: Rechner von A bis Z – von Antikythera bis Zuse, in: Informatik-Spektrum, 1980, Heft 3, Seiten 105–112
59. Hanhart, Joel: Computer-Pionier in Zürich, in: 20 Minuten, 18. Juni 2010, Seite 20 (Wissen)
60. Hellige, Hans Dieter (Hrsg.): Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen, Leitmotive. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2004, XII, 514 Seiten
61. Henger, Gregor: Informatik in der Schweiz. Eine Erfolgsgeschichte verpasster Chancen, Verlag Neue Zürcher Zeitung, Zürich 2008, 195 Seiten
62. Hochstrasser, Urs: Die Anwendung der Methode der konjugierten Gradienten und ihrer Modifikationen auf die Lösung linearer Randwertprobleme. Dissertation, ETH Zürich 1954, 48 Seiten
63. Hochstrasser, Urs: Flatterrechnung mit Hilfe von programmgesteuerten Rechenmaschinen, in: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik**,** Band 6, 1955, Seiten 300–315
64. Hoffmann, Walter (Hrsg.): Digitale Informationswandler. Probleme der Informationsverarbeitung in ausgewählten Beiträgen. Friedrich Vieweg, Braunschweig 1962, XXIII, 740 Seiten
65. Hohmann, Joachim: Eine Untersuchung des Plankalküls im Vergleich mit algorithmischen Sprachen. Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Bericht Nr. 104, Bonn 1975, VIII, 193 Seiten
66. Hosp, Janine: Zürichs erster Computer ratterte wie ein Webstuhl, in: Tages-Anzeiger, Nr.19, 24. Januar 2011, Seite 17 (Zürich)
67. Jänike, Johannes; Genser, Friedrich: Gedanken über das Rechnen und Denken: Konrad Zuse,. Düsseldorf, Selbstverlag F. Genser 1996, 215 Seiten (Reihe: Die Vergangenheit der Zukunft)
68. Kneubühl, Fritz K: Die Berechnung und Auswertung von Mikrowellen-Rotationsspektren durch ein Programm der elektronischen Rechenmaschine ERMETH, Dissertation. Juris-Verlag, Zürich 1959, 87 Seiten
69. Korte, Bernhard: Zur Geschichte des maschinellen Rechnens. Bouvier-Verlag Herbert Grundmann, Bonn 1981, 80 Seiten
70. Läuchli, Peter: Berechnung und Drucken einer achtstelligen Logarithmentafel als Beispiel für das Arbeiten eines Rechenautomaten, in: Elemente der Mathematik, Band 11, Heft 6, Birkhäuser-Verlag, Basel 1956, Seiten 130–134
71. Läuchli, Peter: Erinnerungen an die Pionierzeit der Informatik. Presse- und Informationsdienst ETHZ 1993, 20 Seiten (Abschiedsvorlesung 4. Juni 1993, kleine Schriften Nr. 23)
72. Ludwig, Karl-Heinz: Technik und Ingenieure im Dritten Reich. Droste-Verlag, Düsseldorf 1974, 544 Seiten
73. Mons, Wilhelm; Zuse, Horst; Vollmar, Roland: Konrad Zuse. Ernst Freiberger-Stiftung 2005, 168 Seiten (ohne Ortsangabe)
74. Museum für Kommunikation (Hrsg.): Loading History – Computergeschichte(n) aus der Schweiz. Chronos-Verlag Zürich/Editions Payot, Lausanne 2001, 119 Seiten
75. Museumsführer, Heinz-Nixdorf-Museumsforum, Paderborn, 2. Auflage 2000, VI, 180 Seiten, mit Nachtrag (24 Seiten)

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

76. Musstopf, Günter (Hrsg.): Als die Computer Laufen lernten. Ein amüsanter Rückblick. per-Comp Verlag, Hamburg 2005, VIII, 180 Seiten
77. Naumann, Friedrich: Vom Abakus zum Internet. Die Geschichte der Informatik. Primus-Verlag, Darmstadt 2001, 287 Seiten
78. Nef, Andreas; Wildi, Tobias: Informatik an der ETH Zürich 1948–1981. Zwischen Wissenschaft und Dienstleistung. ETH Zürich, Departement Informatik, September 2006, 57 Seiten
79. Neukom, Hans: ERMETH: The first Swiss computer, in: IEEE Annals of the History of Computing, Band 27, 2005, Heft 4, Seiten 5–22
80. Niehörster, Thomas: Konrad Zuse. Vater des Computers – seine Zeit in Hinterstein und Hopferau, Hindelanger Hefte, 2007, Nr. 3, 40 Seiten (Ursus-Verlag, Bad Hindelang)
81. Oechtering, Veronika/Universität Bremen (Hrsg.): www.frauen-informatik-geschichte.de. Frauen in der Geschichte der Informationstechnik. Kompetenzzentrum Frauen in Informationsgesellschaft und Technologie, Bielefeld, 2001, 79 Seiten
82. Petzold, Hartmut: Rechnende Maschinen. Eine historische Untersuchung ihrer Herstellung und Anwendung vom Kaiserreich bis zur Bundesrepublik. VDI-Verlag, Düsseldorf 1985, 579 Seiten
83. Petzold, Hartmut: Moderne Rechenkünstler. Die Industrialisierung der Rechentechnik in Deutschland. Verlag C.H. Beck, München 1992, 319 Seiten
84. Rojas, Raul (Hrsg.): Die Rechenmaschinen von Konrad Zuse, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1998, VII, 221 Seiten
85. Rojas, Raul, u.a.: Konrad Zuses Plankalkül – Seine Genese und eine moderne Implementierung, in: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.): Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen, Leitmotive, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2004, Seiten 215–235
86. Rutishauser, Heinz: Automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen. Birkhäuser, Basel 1956, 45 Seiten (Nachdruck)
87. Rutishauser, Heinz: Massnahmen zur Vereinfachung des Programmierens (Bericht über die in 5-jähriger Programmierungsarbeit mit der Z4 gewonnenen Erfahrungen), in: J. Wosnik (Hrsg.): Elektronische Rechenmaschinen und Informationsverarbeitung. Nachrichtentechnische Fachberichte. Beihefte der NTZ, Band 4, 1956, Seiten 26–30
88. Rutishauser, Heinz; Speiser, Ambros; Stiefel, Eduard: Programmgesteuerte digitale Rechengeräte (elektronische Rechenmaschinen). Birkhäuser, Basel 1951, 102 Seiten
89. Samuel, Andreas/koe: Ein Museum zum Mitmachen. Das ZUSEUM in Bautzen, in: Log in, Nr. 165, 2010, Seiten 4–5
90. Schai, Alfred: Die elektronischen und magnetischen Schaltungen der ERMETH, in: Scientia Electrica, Band 3, 1957, Heft 4, Seiten 127–140
91. Scharrer, Matthias: Wie der erste Compi an die ETH kam. Technologie. Am Anfang der Informatik in der Schweiz stand eine Maschine aus Nazi-Deutschland, in: Aargauer Zeitung, 11. Januar 2011, Seite 12
92. Scharrer, Matthias: Ein Zimmer genügte nicht für die Z4, in: Landbote, 17. Januar 2011, Seite 25
93. Schlaeppi, H.: Entwicklung einer programmgesteuerten elektronischen Rechenanlage am Institut für angewandte Mathematik der ETH, in: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 5, 1954, Seiten 435–436
94. Schmundt, Hilmar: Rassenforschung am Rechner, in: Der Spiegel, Nr. 24, 14. Juni 2010, Seiten 118–119

95. Schunke, Katja: Zur Rezeption des Plankalküls von Konrad Zuse. Die Einordnung in die Programmiersprachenkonzepte zur Zeit seiner Veröffentlichung. Technische Universität Berlin, Forschungsberichte des Fachbereichs Informatik, Bericht 2000-5, Berlin 2000, 93 Seiten
96. Schwarz, Hans-Rudolf**:** The early years of computing in Switzerland, in: Annals of the History of Computing, Band 3, April 1981, Heft 2, Seiten 121–132
97. Schweier, Ursula; Saupe, Dietmar: Funktions- und Konstruktionsprinzipien der programmgesteuerten mechanischen Rechenmaschine "Z1". Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH, St. Augustin, August 1988, VII, 151 Seiten und 37 Seiten Anhang (Arbeitspapiere der GMD, Nr. 321)
98. Speiser, Ambros P: Das programmgesteuerte Rechengerät an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, in: Neue Zürcher Zeitung, 30. August 1950, Mittagsausgabe, Nr. 1796 (50), Blatt 5 (Technik)
99. Speiser, Ambos P.: „ERMETH", Projekt einer elektronischen Rechenmaschine an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich und bisherige Entwicklungsergebnisse, in: Neue Zürcher Zeitung, 4. August 1954, Mittagsausgabe, Nr. 1903 (79), Blatt 6 (Technik)
100. Speiser, Ambros P.: Projekt einer elektronischen Rechenmaschine an der E.T.H. (ERMETH), in: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, Band 34, August/September 1954, Heft 8/9, Seiten 311–312
101. Speiser, Ambros P: Eingangs- und Ausgangsorgane sowie Schaltpulte der ERMETH, in: J. Wosnik (Hrsg.): Elektronische Rechenmaschinen und Informationsverarbeitung. Nachrichtentechnische Fachberichte. Beihefte der NTZ, Band 4, 1956, Seiten 87–89
102. Speiser, Ambros P.: Entwurf eines elektronischen Rechengerätes unter besonderer Berücksichtigung der Erfordernis eines minimalen Materialaufwandes bei gegebener mathematischer Leistungsfähigkeit. Birkhäuser, Basel, Stuttgart, 3. unveränderte Auflage 1957, IV, 54 Seiten, 13 Seiten Anhang
103. Speiser, Ambros P.: Neue Technische Entwicklungen, in: Walter Hoffmann (Hrsg.): Digitale Informationswandler. Probleme der Informationsverarbeitung in ausgewählten Beiträgen. Friedrich Vieweg, Braunschweig 1962, Seiten 67–109
104. Speiser, Ambros P: Digitale Rechenanlagen. Grundlagen/Schaltungstechnik/Arbeitsweise, Betriebssicherheit. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2. neu bearbeitete Auflage 1967, XVI, 454 Seiten
105. Speiser, Ambros P.: Die Z4 an der ETH Zürich. Ein Stück Technik- und Mathematikgeschichte, in: Elemente der Mathematik, Band 36, 1981, Heft 6, Seiten 145–153
106. Speiser, Ambros P.: Die Zukunft der Computer aus der Sicht des Jahres 1950. Rückblick auf ein Stück „Technological Forecasting", in: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 127, 5. Juni 1985, Seite 71 (Forschung und Technik)
107. Speiser, Ambros P.: 95 Semester ETH – der Weg zur Informatik. Presse- und Informationsdienst ETHZ 1992, 17 Seiten (Abschiedsvorlesung)
108. Speiser, Ambros P.: Ein Apparat, dicht bepackt mit Hebeln, Blechen, Federn, Stahlstiften. Wie Konrad Zuses Z4-Computer 1950 nach Zürich gelangte, in: Neue Zürcher Zeitung, Nr. 112, 16. Mai 2003, Seite 75 (Medien und Informatik)
109. Speiser, Ambros P.: Konrad Zuses Z4 und die ERMETH: Ein weltweiter Architektur-Vergleich, in: Hellige, Hans Dieter (Hrsg.): Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen, Leitmotive. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2004, Seiten 171–194
110. Speiser, Ambros P.: Episoden aus den Anfängen der Informatik an der ETH, in: Informatik-Spektrum, 2008, Heft 6, Seiten 600–612

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

111. Steinbuch, Karl: Die informierte Gesellschaft. Geschichte und Zukunft der Nachrichtentechnik. Rowohlt, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1966, 249 Seiten
112. Steinbuch, Karl (Hrsg.): Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung. Springer-Verlag, Berlin, 2. überarbeitete Auflage 1967, XXIII, 1468 Seiten
113. Stiefel, Eduard: Elektronische Rechenmaschinen, in: Neue Zürcher Zeitung, 18. Oktober 1948, Mittagsausgabe, Nr. 2140 (60), Blatt 2 (Technik)
114. Stiefel, Eduard: La machine à calculer arithmétique „Z4“ de l'Ecole Polytechnique fédérale à Zurich (Suisse) et son application à la résolution d'une équation aux dérivées partielles du type elliptique, in: Colloques internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, Nr. 37 (Les machines à calculer et la pensée humaine, Paris, 8-13 janvier 1951). Editions du CNRS, Paris 1953, Seiten 33-40
115. Stiefel, Eduard: Rechenautomaten im Dienste der Technik. Erfahrungen mit dem Zuse-Rechenautomaten Z4, in: Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 45. Westdeutscher Verlag, Köln, Opladen 1954, Seiten 29–65
116. Stiefel, Eduard: Elektronische Rechenautomaten als Beispiel zur allgemeinen Kybernetik, in: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Kommissionsverlag H.R. Sauerländer, Aarau 1955, Seiten 53–62
117. Stiefel, Eduard: Einsatz der Rechenautomaten in der Technik, in: Bulletin des SEV (Schweizerischer Elektrotechnischer Verein), 1957, Heft 11, Sonderdruck, 7 Seiten
118. Stiller, Andreas: Der Rechenplaner. Zum hundertsten Geburtstag von Konrad Zuse, in: Magazin für Computertechnik, c't, 2010, Heft 14, 21. Juni 2010, Seiten 26–27 (Heise-Verlag, Hannover)
119. Stiller, Andreas: Verkehrter von Neumann, in: Magazin für Computertechnik, c't, 2010, Heft 15, 5. Juli 2010, Seite 12 (Heise-Verlag, Hannover)
120. Stock, John Robert: Die mathematischen Grundlagen für die Organisation der elektronischen Rechenmaschine der Eidgenössischen Technischen Hochschule. Dissertation, ETH Zürich 1956, 73 Seiten
121. Tiburski, Jens: Die Erfindung des Computers. Zuses Z3, in: Log in. Informatische Bildung und Computer in der Schule, Nr. 163/164, 2010, Seiten 104–107
122. Tobler, Beatrice: Z4 und ERMETH: Maschinen im Dienste des wissenschaftlichen Rechnens, in: Museum für Kommunikation (Hrsg.): Loading History – Computergeschichte(n) aus der Schweiz. Chronos-Verlag Zürich/Editions Payot, Lausanne 2001, Seiten 12–21
123. Tomasczewski, Dolores: GMD erstellt dokumentarische Auswertung der persönlichen Unterlagen von Konrad Zuse, in: Der GMD-Spiegel, September 1979, Heft 3, Seiten 40–53
124. Venetz, Louis A.: „Wer immer strebend sich bemüht, den können wir erlösen“. Gespräch mit Konrad Zuse, in: Output, 1992, Nr. 1, Seiten 24–28
125. Vorndran, Edgar P.: Entwicklungsgeschichte des Computers. Eine kurzgefasste Geschichte der Rechen- und Datentechnik. VDE-Verlag, Berlin, Offenbach, 2. überarbeitete Auflage 1986, 164 Seiten
126. Waldburger, Heinz, Gebrauchsanleitung für die ERMETH (Elektronische Rechenmaschine der ETH), Institut für angewandte Mathematik, ETH Zürich 1960
127. Wieland, H.R.: Computergeschichte(n) – nicht nur für Geeks. Von Antikythera zur Cloud. Galileo Press, Bonn 2011, 605 Seiten (mit DVD)

128. Wittmann, Armin: Dr. hc. ETH Konrad Zuse. Geschichte der Computer weltweit. Entwicklung der Computer an der ETH Zürich, Seminararbeit, Institut für Verhaltensforschung der ETH Zürich, Zürich 1994, 22 Seiten
129. Zellmer, Rolf: Die Entstehung der deutschen Computerindustrie. Von den Pionierleistungen Konrad Zuses und Gerhard Dirks' bis zu den ersten Serienprodukten der 50er und 60er Jahre. Dissertation, Universität Köln 1990, XI, 403 Seiten
130. Zobel, Carsten; Amler, Volker: Am Anfang war das Blech. Das Werk des Computerpioniers Konrad Zuse, in: Magazin für Computertechnik c't, 1989, Heft 3, Seiten 232–250 (Heise-Verlag, Hannover)
131. Zuse, Horst: Geschichte der Programmiersprachen. Technische Universität Berlin, Forschungsberichte des Fachbereichs Informatik, Bericht 1999-1, Berlin 1999, 69 Seiten
132. Zuse, Horst: Die heutige Dokumentierung von Konrad Zuses Pionierleistung für die Informatik, Vortrag an der ETH Zürich, Juni 2000, 9 Seiten (unveröffentlicht)
133. Zuse, Horst: Konrad Zuses Werk. März 2010, 124 Seiten (unveröffentlicht)
134. Zuse Horst: Nachbau der Zuse Z3 zu Konrad Zuses hundertstem Geburtstag im Jahr 2010. Präsentation auf der Ausstellung „Weltwissen" im Gropiusbau Berlin, 23. September 2010 bis 9. Januar 2011, 7 Seiten (unveröffentlicht)
135. Zuse, Konrad: Über sich selbst reproduzierende Systeme, in: Elektronische Rechenanlagen, Band 9, April 1967, Heft 2, Seiten 57–64
136. Zuse, Konrad: Die ersten programmgesteuerten Relais-Rechenmaschinen, in: Martin Graef (Hrsg.): 350 Jahre Rechenmaschinen. Carl Hanser-Verlag, München 1973, Seiten 51–56
137. Zuse, Konrad: Gesichtspunkte zur Beurteilung algorithmischer Sprachen. Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Abteilung für Informationswesen. St. Augustin 1975 Nr. 105, 156 Seiten
138. Zuse, Konrad: Der Plankül, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Bericht Nr. 63. Bonn 1972, XVI, 353 Seiten (Nachdruck: GMD Research Series, Nr. 25, GMD − Forschungszentrum für Informationstechnik, Sankt Augustin 2001, XVIII, 353 Seiten)
139. Zuse, Konrad: Rechnender Raum, in: Spektrum der Wissenschaft Spezial, 2007, Heft 3, Seiten 6–15
140. Zuse, Konrad: Der Computer – Mein Lebenswerk. Mit Geleitworten von Friedrich L. Bauer und Heinz Zemanek. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 5., unveränderte Auflage 2010, XV, 218 Seiten

Knauer, Mathias: Konrad Zuse. Porträt des Computerpioniers und seiner Maschinen. Film. Kamera: Rob Gnant. 72 Minuten.. Begleitbroschüre, 42 Seiten. attacca Filmproduktion, Zürich 1990

Knauer, Mathias: Konrad Zuse. Ein Filmporträt des Computerpioniers und seiner Maschinen. Kamera: Rob Gnant. 72 Minuten. DVD. Begleitbroschüre, 42 Seiten , attacca Filmproduktion, Zürich 1990/2010

Zuse, Horst: Konrad Zuses Werk. DVD, 2010 (www.zuse.de)

Weiss, Robert und Micha: Meilensteine der Computer-, Elektronik- und Telekommunikations-Revolution: Die wichtigsten Produkte, Firmen, Ereignisse und Entwicklungen, die in den letzten Jahren Computer-, Elektronik- und Telekommunikationsgeschichte schrieben, Plakat, 2009, www.computerposter.ch

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Webseiten

www.konrad-zuse.de, www.zuse.de. www.zuse-jahr-2010.de ; www.zib.de/zuse
http://www.ethistory.ethz.ch/rueckblicke/departemente/dinfk

Schulratsprotokolle

Die Protokolle des Schulrats der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich sind im Netz unter http://www.sr.ethbib.ethz.ch/digbib/home verfügbar. Diese Urkunden stellen eine zuverlässige Quelle zur Geschichte der ETH Zürich dar. Sie liegen seit der Gründung 1854/55 bis zur Bildung des ETH-Bereichs im Jahre 1968 vor. Ein Jahrgang umfasst jeweils die Protokolle des Schweizerischen Schulrates, die Verfügungen des Präsidenten (auch Präsidialprotokolle genannt), den gemeinsamen Anhang und ein gemeinsames Register. Schutzfrist**:** Aus Gründen des Persönlichkeitsschutzes unterliegen die Schulratsprotokolle einer 50jährigen Schutzfrist.

Dokumente zum Stichwort „Zuse“

Schulratsprotokolle 1949
Sitzung Nr. 6 vom 08.10.1949, Seiten 268−271

Präsidialverfügungen 1949
Präsidialverfügung Nr. 1341 vom 26.09.1949, Seite 1341
Präsidialverfügung Nr. 1499 vom 15.10.1949, Seite 1499
Präsidialverfügung Nr. 1500 vom 15.10.1949, Seite 1500
Präsidialverfügung Nr. 1501 vom 15.10.1949, Seite 1501

Präsidialverfügungen 1950
Präsidialverfügung Nr. 48 vom 12.01.1950, Seite 48
Präsidialverfügung Nr. 1880 vom 30.12.1950, Seite 1880

Schulratsprotokolle 1951
Sitzung Nr. 2 vom 21.04.1951, Seite 128

Schulratsprotokolle 1952
Sitzung Nr. 4 vom 12.07.1952, Seiten 325 und 327

Präsidialverfügungen 1952
Präsidialverfügung Nr. 1885 vom 23.12.1952, Seite 1885

Schulratsprotokolle 1953
Sitzung Nr. 2 vom 25.04.1953, Seite 143

Schulratsprotokolle 1954
Sitzung Nr. 6 vom 20.11.1954, Seite 429

Präsidialverfügungen 1955

Präsidialverfügung Nr. 284 vom 16.02.1955, Seite 284

Schulratsprotokolle 1957
Sitzung Nr. 6 vom 09.11.1957, Seite 559

Dokumente zum Stichwort „Ermeth“

Schulratsprotokolle 1954
Sitzung Nr. 6 vom 20.11.1954, Seite 429
Sitzung Nr. 7 vom 20.12.1954, Seite 530

Präsidialverfügungen 1955
Präsidialverfügung Nr. 2072 vom 02.12.1955, Seite 2072

Schulratsprotokolle 1956
Sitzung Nr. 4 vom 11.06.1956, Seite 265

Präsidialverfügungen 1956
Präsidialverfügung Nr. 1923 vom 13.10.1956, Seite 1923

Schulratsprotokolle 1957
Sitzung Nr. 6 vom 09.11.1957, Traktandenliste und Seite 559

Präsidialverfügungen 1957
Präsidialverfügung Nr. 473 vom 07.03.1957, Seite 473
Präsidialverfügung Nr. 1416 vom 15.07.1957, Seite 1416
Präsidialverfügung Nr. 2203 vom 30.10.1957, Seite 2203
Präsidialverfügung Nr. 2253 vom 05.11.1957, Seite 2253

Anhang 1957

Anhang

Präsidialverfügungen 1958
Präsidialverfügung Nr. 337 vom 11.02.1958, Seite 337

Schulratsprotokolle 1959
Sitzung Nr. 2 vom 02.05.1959, Seiten 207 und 223

Präsidialverfügungen 1959
Präsidialverfügung Nr. 12 vom 06.01.1959 , Seite 12

Anhang 1959

Anhang, Seite 614

Schulratsprotokolle 1960
Sitzung Nr. 3 vom 07.05.1960, Seite 313

Präsidialverfügungen 1960
Präsidialverfügung Nr. 102 vom 12.01.1960, Seite 102

Gespräche mit Zeitzeugen

Zeitzeugen der Z4
Bloch, Marcel; Engeli, Max; Hochstrasser, Urs; Lanker, Emil; Läuchli, Peter; Schwarz, Hansruedi; Waldburger, Heinz

Zeitzeugen der Ermeth
Engeli, Max; Ganz Alfred; Läuchli, Peter; Schwarz, Hansruedi; Streckeisen, Paul; Waldburger, Heinz; Waldvogel Jörg; Zehnder Carl August

Zeitzeugen der M9/Z9
Huggler, Werner; Steinmann, Josef

Zeitzeugen sowohl der Z4 wie auch der Ermeth
Engeli, Max; Läuchli, Peter; Schwarz, Hansruedi; Waldburger, Heinz

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Sach-, Namen- und Personenverzeichnis

ABB 39
ABC (Rechenautomat) 5
Aiken, Howard 12
Algol 13, 19, 26
Algorithmen 13
Arbeitsspeicher 13
Bauer, Friedrich 5–6, 10
BBC, Baden 8, 12
BBC, Mannheim 11
Binärsystem 9
Blechstreifen 9
Bloch, Marcel 36
Böhm, Corrado 7, 22
Brown, Boveri Cie. AG, Mannheim 11
CDC 13
Ceres 19
Cern, Genf 19
Colossus (Rechenautomat) 5
Compiler 13, 19
Control Data Corporation 13
Datenspeicher 7, 9
Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt 9, 10
Deutsches Museum, München 11, 14–15, 39
Deutsches Technikmuseum Berlin 7, 15, 39
Deutsch-Französisches Forschungsinstitut, Saint-Louis 9, 11
Dezimalsystem 13
Differential Analyzer (Rechenautomat) 5
Dioden 23
Dualsystem 9, 13
EDSAC (Rechenautomat) 5
EDVAC (Rechenautomat) 5
Electricité de France 11
Elektronenröhren 6, 23–24
Engeli, Max 36
Eniac (Rechenautomat) 5
ERMETH 9, 12–13, 22, 24, 40
ETH Lausanne 19
Fenstertechnik 19
FFA, Altenrhein 23–24
Filmstreifen 21–24
Flatterrechnung 20, 23–26
Flug- und Fahrzeugwerke Altenrhein 20, 23
Gander, Walter 5, 12
Ganz, Alfred 36
Gfeller, Bümpliz 12
Gleitkomma 9, 13
Gleitpunktrechnung 5, 7
Grande Dixence (Talsperre) 8, 21–22
Guignard, André 19
Gutknecht, Martin 5
Harvard Mark (Rechenautomat) 5
Hasler, Bern 2, 12, 23
Heinz-Nixdorf-Museumsforum, Paderborn 7, 39
Henschel-Flugzeug-Werke 10
Hinterstein (Allgäu) 13
Hochstrasser, Urs 7, 20, 36, 39
Hopferau (Allgäu) 6, 22
Huggler, Werner 36
Hünfeld 7, 40
IAS (Rechenautomat) 5
IBM 12, 19, 24
IBM-Forschungslabor, Rüschlikon 12
Institut für angewandte Mathematik (ETH Zürich) 5–6, 20, 39
integrierte Schaltungen 23
International Business Machines Corporation 24
Kartenleser 14
Kartenlocher 14
Kinofilm 9
Konrad-Zuse-Museum, Hünfeld 7
Kriegsaufträge 10
Laett, Harry 7, 22
Lanker, Emil 36
Läuchli, Peter 36
Lilith 19, 40
Lochkarten 24
Lochstreifen 7, 9, 13
Logitech 19
M9 (Rechenlocher) 14–16, 39–40
Magnetbänder 13
Magnetkernspeicher 13
Magnettrommel 13
Manchester Mark (Rechenautomat) 5
Massenspeicher 13
Maus 19
Mietvertrag 6
Mitra 14
Model (Rechenautomat) 5
Museum für Kommunikation, Bern 13–16, 39–40
Nachbauten (Z1, Z3) 7
Neukirchen 40
Neumann, John von 12
Nicoud, Jean-Daniel 19
Objektcode 13
P16 (Düsenflugzeug) 23–25
Pannke, Kurt 10
Pascal 13, 19, 25
Plankalkül 5, 13
Powers 14
Programmiersprache 13, 19
Programmspeicher 7
Quellcode 13
Rechenlocher 14–15, 24, 39
Rechenplan 9
Rechenplanfertigung 13, 19

Rechenwerk 7, 9, 13–14, 22–23, 25
Reichsluftfahrtministerium 9, 10
Relais 5–7, 9–11, 13–14, 16, 22–24, 39
Relaisrechner 5, 11
Remington Rand 14–15, 39
Röhren 10, 13
Röhrenrechner 12
Rutishauser, Heinz 5–6, 11–13, 19, 23–24
Schai, Alfred 12
Schaltglieder 9
Schrittschalter 9
Schwarz, Hans Rudolf 24, 36
Scrib 19
Seminar für angewandte Mathematik
(ETH Zürich) 6
Siemens 11–12
Smaky 19, 40
Speicherprogramm 9, 13
Speichertrommel 12
Speicherwerk 7, 9
Speiser, Ambros 5–7, 11–12, 19, 22–23
SSEC (Rechenautomat) 5
Steinmann, Josef 14, 36
Steuerstift 9
Stiefel, Eduard 5–7, 12, 19–22, 24
Streckeisen, Paul 36
Technorama, Winterthur 13–14
Teichmann, Alwin 10
Telefonrelais 9, 22
Transistoren 23
Transistorrechner 11, 13
Trommelspeicher 13
Unisys 39
Univac (Rechenautomat) 5
Universalmaschine 5
Universalrechner 13
V4 6
Versuchsmodell 6
Von-Neumann-Rechner 9, 13
Wagner, Herbert 10
Waldburger, Heinz 24, 36
Waldvogel, Jörg 36
Weder, Oskar 14
Whirlwind (Rechenautomat) 5
Wirth, Niklaus 19
Wittwer, Männedorf 12
Z1 ..... 7, 9
Z2 ..... 7, 9–10
Z3 ..... 5, 7, 9–10
Z4 ..... 5–9, 11–13, 20–26, 39–40
Z9 ..... 14–15, 39–40
Zehnder, Carl August 5, 36
Zehnersystem 13
Zeitzeugen 5, 7, 36
Zettler, Alois 14
Zuse KG 6, 11, 14–15, 39–40
Zweiersystem 13

 © ETH Zürich, Departement Informatik, Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Zürich 2011

Nachwort

Die Schweiz hat in manchen Bereichen wegweisende Beiträge zum Rechnerbau und zur Informatik geleistet. Diese Festschrift zum 100. Geburtstag des Informatikpioniers Konrad Zuse beleuchtet die Anfänge der Informatik in der Schweiz. Die Frühzeit des automatischen Rechnens an der ETH Zürich ist eng verknüpft mit dem legendären Rechenautomaten „Zuse 4". Die Nutzung der Z4 ist auch ein Meilenstein in der europäischen Informatikgeschichte, denn 1950 war die ETH Zürich mit der Z4 die einzige Universität auf dem europäischen Festland mit einem funktionsfähigen Computer. Zudem baute Zuse im Auftrag der Schweizer Remington Rand 1953 den Rechenlocher M9 (=Z9). Die fünfjährige Miete (1950–1955) der Z4 durch die ETH Zürich und der Folgeauftrag für die M9 bildeten die wirtschaftliche Grundlage für Zuses Firma.
Der 100. Geburtstag von Konrad Zuse hat uns veranlasst, die damaligen Ereignisse nachzuzeichnen. Da die drei Pioniere aus der Gründerzeit des Instituts für angewandte Mathematik und viele Zeitzeugen gestorben sind und weil bereits in frühen Veröffentlichungen Fehler und Widersprüche auszumachen sind, waren die Nachforschungen für dieses Werk sehr langwierig.

Der Rechenlocher M9 geriet über die Jahre selbst bei Fachleuten in Vergessenheit

Der geschichtlich bedeutsame Rechenlocher M9 der Zuse KG, der in der Schweiz vertrieben wurde, geriet in Vergessenheit. Dazu schreibt Konrad Zuse in seinen Lebenserinnerungen (Seiten 108–109): „Die Aufstellung der Z4 in Zürich führte bald zu weiteren wichtigen Geschäftsverbindungen. In der Folge bauten wir für die Schweizer Remington-Rand eine Serie von Rechenlochern, die nicht mehr rein mechanisch, sondern mit elektromagnetischen Relais arbeiteten. Vor den Computern im heutigen Sinne stellten diese Rechenlocher wohl die höchste Stufe der Rechenmaschinentechnik dar". Unseres Wissens gibt es weltweit nur noch einen einzigen Rechenlocher M9. Er befindet sich im Museum für Kommunikation in Bern. Die Bedeutung dieser Maschine wurde jahrzehntelang völlig verkannt. Grosse deutsche Museen wie das Deutsche Museum in München, das Deutsche Technikmuseum Berlin und das Heinz-Nixdorf-Museumsforum in Paderborn haben kein solches Gerät. Manche Schweizer Unternehmen, die Mitte der 1950er Jahre diesen Rechenlocher verwendet haben, sind verschwunden, heissen heute anders, wurden aufgekauft oder in weltweit tätige Konzerne einverleibt, so dass die Erkundigungen schwierig sind. Das Textarchiv der Zuse KG gilt als verschollen. Bei der BBC (heute ABB), die die Zuse KG 1964 übernommen hatte, sind keine Unterlagen vorhanden. Unisys unterhält kein eigenes Archiv. Das Hagley-Museum in Wilmington, Delaware (USA), beherbergt u.a. die Archive der Sperry Corporation, welche Material über Remington Rand enthalten (Datenbank: www.hagley.org/library/collections/searchguide.html).

Zeitzeugenbericht zu den Erfahrungen mit der Z4 und neue Zeichnungen zur M9

Diese zweite, überarbeitete und ergänzte Auflage enthält u.a. einen ausführlichen Zeitzeugenbericht aus der Feder von Prof. Urs Hochstrasser, einem der wichtigsten Nutzer der Z4. Der Beitrag schildert die Stärken und Schwächen der Z4. Zudem werden erstmals fünf Zeichnungen zum Rechenlocher M9 veröffentlicht. Mit allen bekannten, noch lebenden Zeitzeugen wurden Gespräche geführt.

Dank

Der Verfasser möchte allen genannten und ungenannten Beteiligten ganz herzlich für ihre Mitarbeit an der Broschüre danken. Ohne ihre Hilfe wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen: Alarich Baeumler, Stefan Betschon, Marcel Bloch, Ralf Bülow, Erwin Engeler, Max Engeli, Wilhelm Füssl, Beatrice Gander, Walter Gander, Martin Gutknecht, Hans-Dieter Hellige, Urs Hochstrasser, Janine Hosp, Juraj Hromkovic, Werner Huggler, Paul Kleiner, Mathias Knauer, Eva Kudrass, Beate Kuhnt, Emil Lanker, Peter Läuchli, Matthias Meili, Hans Neukom, Hartmut Petzold, Hansruedi Schwarz, Katharina Schulz, Josef Steinmann, Andreas Stolte, Katharina Thiemann, Beatrice Tobler, Heinz Waldburger, Jörg Waldvogel, Carl August Zehnder, Horst Zuse. *Herbert Bruderer*

Verabschiedungsrede von Konrad Zuse an der Z4 am 6. Juli 1950 in der Zuse KG in Neukirchen (Kreis Hünfeld), © Privatarchiv Horst Zuse, Berlin

Abenteuer Kommunikation

Das Museum für Kommunikation ist das einzige Museum in der Schweiz, das sich exklusiv der zwischenmenschlichen Verständigung widmet. Der Bogen reicht von der Körpersprache über den Dialog der Kulturen bis zum Austausch von Informationen über alte und neue Medien. In der Dauerausstellung «As Time Goes Byte: Computer und digitale Kultur» sind die in dieser Schrift erwähnten Maschinen Ermeth, Lilith und Smaky zu besichtigen. Die M9/Z9 ist in der Sammlung des Museums verwahrt.

Museum für Kommunikation Helvetiastrasse 16 3005 Bern www.mfk.ch Dienstag bis Sonntag 10 bis 17 Uhr

Museum für Kommunikation
Musée de la communication