


Konrad Zuse und die ETH Zürich

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

Report**Author(s):**

Bruderer, Herbert 

Publication date:

2010

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006313025>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

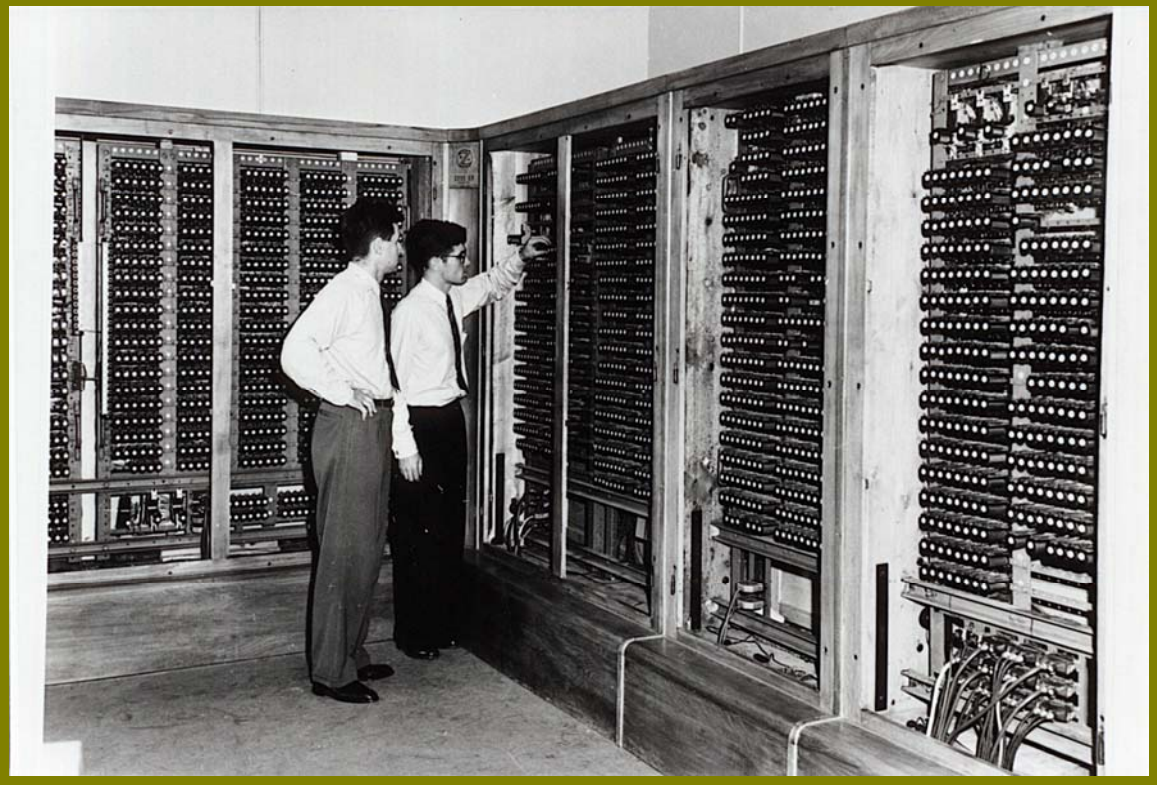
Originally published in:

Technischer Bericht 705

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

Technischer Bericht Nr. 705

Dezember 2010

Titelbild:

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

Herbert Bruderer

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

herbert.bruderer@inf.ethz.ch

© ETH Zürich, Departement Informatik, Zürich 2010

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
Wo stehen wir heute?.....	15
Meilensteine aus den Anfängen der Informatik an der ETH Zürich	16
Quellen	17
Sach- und Personenverzeichnis.....	25

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 Ehrendokortitels 1991 an der ETH Zürich	12
Rechenlocher M9 für die Schweizer Remington Rand.....	15

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 Bruderer¹

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 Hopferrau 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.

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 Jahrgabe 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

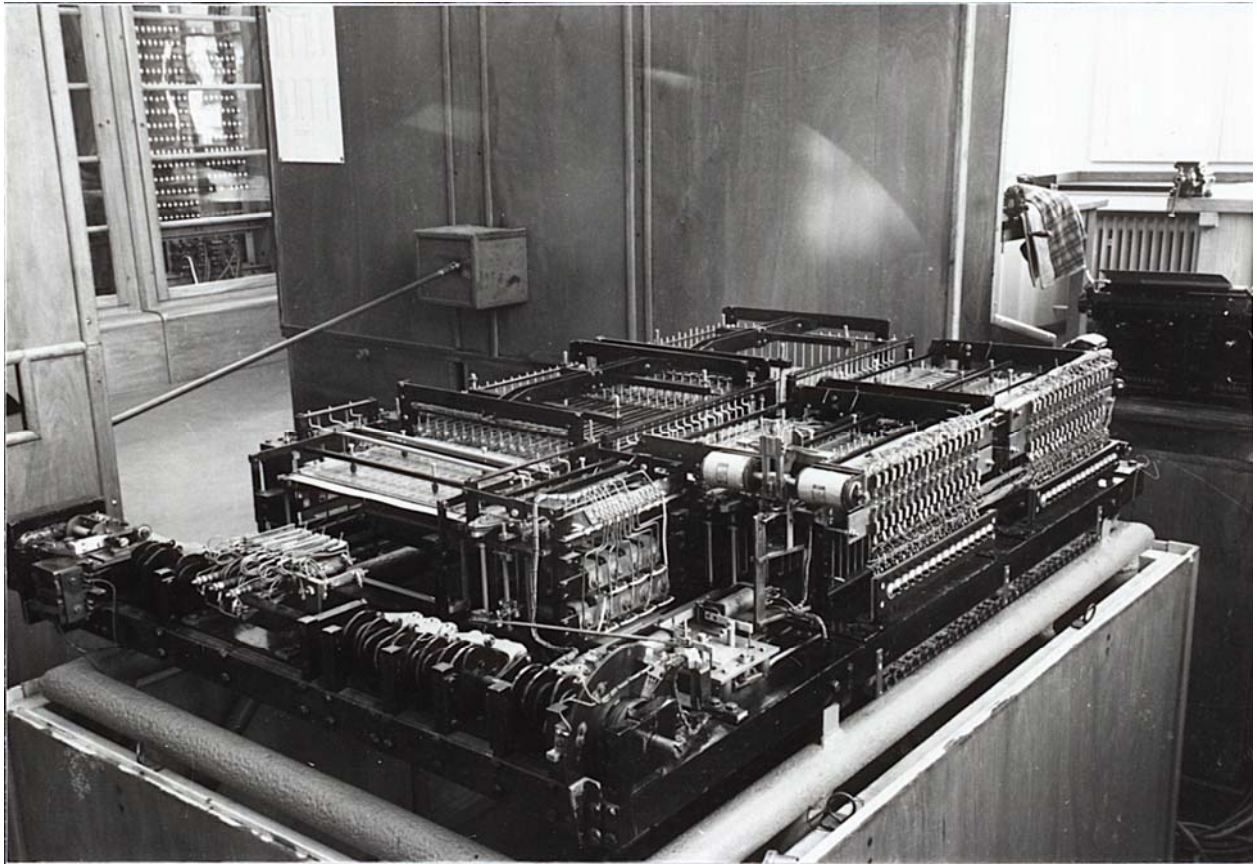
Die ratternde Z4 sorgt für das Zürcher Nachtleben

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 ohne Aufsicht lief.

Im Prüfbericht von Corrado Böhm und H. 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.“

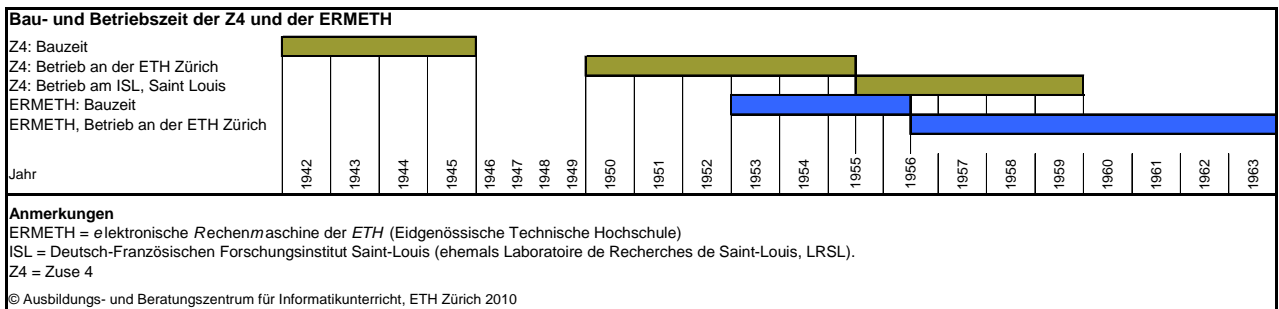
Zuse schreibt in seiner Autobiografie: „Immerhin besass das verschlafene Zürich durch die ratternde Z4 ein, wenn auch bescheidenes, Nachtleben.“ Und Speiser fügt bei: „Durch genaues Zuhören bekam man manche Aufschlüsse über den Programmablauf. Deutlich waren das Ticken des Programmabtasters, das Klappern 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.



Merkmale der an der ETH Zürich eingesetzten Z4

Die Z4 ist ein programmgesteuertes, elektromechanisches Rechenggerät 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 Rechanlage 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 1 Tonne

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, 4., unveränderte Auflage 2007) 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 sollte 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 Relais-technik 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).

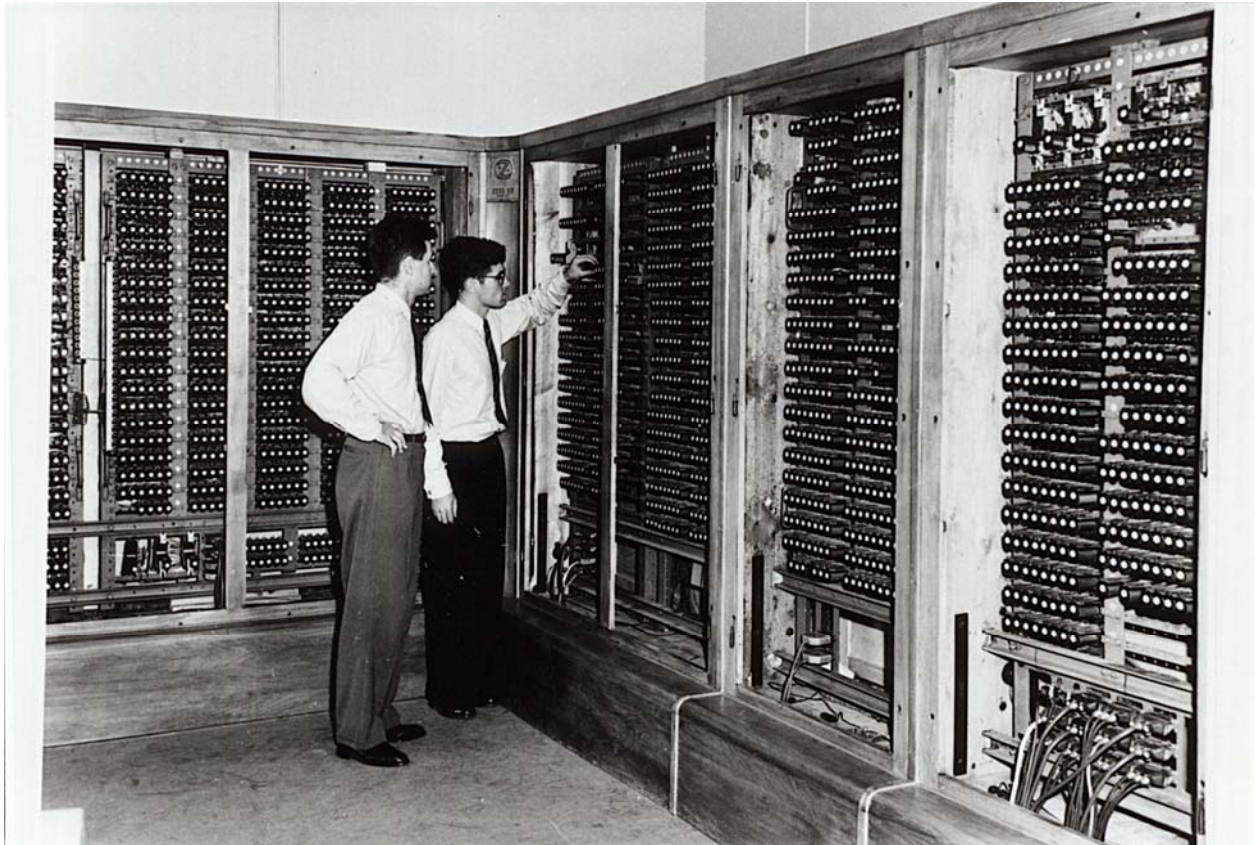
Dazu Friedrich Bauer (Technische Universität München): „Konkrete Berührung hatte Zuse mit dem Machtapparat des Dritten Reiches nur sehr indirekt über seine Tätigkeit für die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL). Seine unmittelbaren Ansprechpartner waren wie Alwin Teichmann Wissenschaftler und 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

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). 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 hineinsteckt 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 Ehrendokortitels 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 IIC (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*echenmaschine der *E*TH). 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

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). Nun waren solche Geräte endlich auf dem Markt erhältlich. 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. 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 Kartenlocher, 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 wird, einen Remington-Rechenlocher M9 mit Kartenstation übernehmen. Die Geräte stammen ursprünglich aus der Stadtverwaltung Winterthur.



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

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) und Smaky von Jean-Daniel Nicoud (ETH Lausanne). 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 Labor 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 ER-METH (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).

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 déchiffrement 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. Technischer Bericht Nr. 705, ETH Zürich, Departement Informatik, Zürich 2011, 20 Seiten
21. Bruderer, Herbert: Konrad Zuse baute für die Schweizer Remington Rand den Rechenlocher M9/Z9 (unveröffentlicht)
22. Bruderer, Herbert: Konrad Zuse und die ETH Zürich, in: Informatik-Spektrum, Heft 2, April 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. 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
29. Dreyer, Andrea: Konrad Zuse – Künstler und Visionär, in: Log in. Informatische Bildung und Computer in der Schule, Nr. 163/164, 2010, Seiten 130–131
30. 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
31. Eyssell, Manfred: Die Leibniz'sche Rechenmaschine (Teil 1), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 7, 2009 Seiten 12–20 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
32. Eyssell, Manfred: Die Leibniz'sche Rechenmaschine (Teil 2), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 8, 2009 Seiten 10–23 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
33. Eyssell, Manfred: Sprossenrad-Rechenmaschinen, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 10, 2009 Seiten 13–27 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
34. 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)
35. 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)
36. 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)

37. 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)
38. Eyssell, Manfred: Anfänge der wissenschaftlichen Datenverarbeitung in Göttingen, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 6, 2010, Seiten 8–23 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
39. Eyssell, Manfred: Die Rechenanlagen der GWDG – die Univac-Ära, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 8, 2010, Seiten 10–39 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
40. Eyssell, Manfred: Die Rechenanlagen der GWDG – die IBM-Ära, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 9, 2010, Seiten 14–37 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
41. Eyssell, Manfred: Die Rechenanlagen der GWDG – die Neuzeit, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 11, 2010, Seiten 19–53 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
42. 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
43. Fröschl, Karl; Mattl, Siegfried; Werthner, Hannes: Symbolverarbeitende Maschinen. Eine Archäologie. Verein Museum Arbeitswelt, Steyr, 1993, VI, 185 Seiten
44. Füssl, Wilhelm (Hrsg.): 100 Jahre Konrad Zuse. Einblicke in den Nachlass. Deutsches Museum, München 2010, 144 Seiten
45. Gander, Walter: Portrait: Prof. Dr. K. Zuse, in: Output, 1992, Nr. 1, Seite 25
46. Gander, Walter (Hrsg.): Zuse, Konrad: Computerarchitektur aus damaliger und heutiger Sicht, ETH Zürich, Departement Informatik, August 1992, 34 Seiten
47. Ganzhorn, Karl: Der Schritt ins Informations-Zeitalter, Zürcher Volkswirtschaftliche Gesellschaft, 1970, 19 Seiten (unveröffentlicht)
48. Giloi, Wolfgang K.: Rechnerarchitektur. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg u.a., 2., vollständig überarbeitete Auflage 1993, XXI, 482 Seiten
49. Giloi, Wolfgang K.: Die Ungnade der frühen Geburt. Vortrag, gehalten am 12.12.1996 in memoriam Konrad Zuse, 12 Seiten (unveröffentlicht)
50. Glauber, Ulrich: Er war seiner Zeit zu weit voraus, in: Die Südostschweiz am Sonntag, 20. Juni 2010
51. Glauber, Ulrich: Als die Computer laufen lernten, in: Zentralschweiz am Sonntag, Nr. 26, 27. Juni 2010, Seite 53
52. Graef, Martin (Hrsg.): 350 Jahre Rechenmaschinen. Carl Hanser-Verlag, München 1973, 124 Seiten
53. 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
54. 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
55. Händler, Wolfgang: Rechner von A bis Z – von Antikythera bis Zuse, in: Informatik-Spektrum, 1980, Heft 3, Seiten 105–112
56. Hanhart, Joel: Computer-Pionier in Zürich, in: 20 Minuten, 18. Juni 2010, Seite 20 (Wissen)
57. Hellige, Hans Dieter (Hrsg.): Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen, Leitmotive. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2004, XII, 514 Seiten

58. Hochstrasser, Urs: Flatterrechnung mit Hilfe von programmgesteuerten Rechenmaschinen, in: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 6, 1955, Seiten 300–315
59. Hoffmann, Walter (Hrsg.): Digitale Informationswandler. Probleme der Informationsverarbeitung in ausgewählten Beiträgen. Friedrich Vieweg, Braunschweig 1962, XXIII, 740 Seiten
60. Hohmann, Joachim: Eine Untersuchung des Plankalküls im Vergleich mit algorithmischen Sprachen. Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Bericht Nr. 104, Bonn 1975, VIII, 193 Seiten
61. Jänike, Johannes; Genser, Friedrich: Gedanken über das Rechnen und Denken: Konrad Zuse., Düsseldorf, Selbstverlag F. Genser 1996, 215 Seiten (Reihe: Die Vergangenheit der Zukunft)
62. Kneubühl, Fritz K: Die Berechnung und Auswertung von Mikrowellen-Rotationspektren durch ein Programm der elektronischen Rechenmaschine ERMETH, Dissertation. Juris-Verlag, Zürich 1959, 87 Seiten
63. Korte, Bernhard: Zur Geschichte des maschinellen Rechnens. Bouvier-Verlag Herbert Grundmann, Bonn 1981, 80 Seiten
64. 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
65. Läuchli, Peter: Erinnerungen an die Pionierzeit der Informatik. Presse- und Informationsdienst ETHZ 1993, 20 Seiten (Abschiedsvorlesung 4. Juni 1993, kleine Schriften Nr. 23)
66. Ludwig, Karl-Heinz: Technik und Ingenieure im Dritten Reich. Droste-Verlag, Düsseldorf 1974, 544 Seiten
67. Mons, Wilhelm; Zuse, Horst; Vollmar, Roland: Konrad Zuse. Ernst Freiberger-Stiftung 2005, 168 Seiten (ohne Ortsangabe)
68. Museum für Kommunikation (Hrsg.): Loading History – Computergeschichte(n) aus der Schweiz. Chronos-Verlag Zürich/Editions Payot, Lausanne 2001, 119 Seiten
69. Museumsführer, Heinz-Nixdorf-Museumsforum, Paderborn, 2. Auflage 2000, VI, 180 Seiten, mit Nachtrag (24 Seiten)
70. Musstopf, Günter (Hrsg.): Als die Computer Laufen lernten. Ein amüsanter Rückblick. per-Comp Verlag, Hamburg 2005, VIII, 180 Seiten
71. Naumann, Friedrich: Vom Abakus zum Internet. Die Geschichte der Informatik. Primus-Verlag, Darmstadt 2001, 287 Seiten
72. Nef, Andreas; Wildi, Tobias: Informatik an der ETH Zürich 1948–1981. Zwischen Wissenschaft und Dienstleistung. ETH Zürich, Departement Informatik, September 2006, 57 Seiten
73. Neukom, Hans: ERMETH: The first Swiss computer, in: IEEE Annals of the History of Computing, Band 27, 2005, Heft 4, Seiten 5–22
74. Niehörster, Thomas: Konrad Zuse. Vater des Computers – seine Zeit in Hinterstein und Hopferau, Hindelanger Hefte, 2007, Nr. 3, 40 Seiten (Ursus-Verlag, Bad Hindelang)
75. 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
76. Petzold, Hartmut: Rechnende Maschinen. Eine historische Untersuchung ihrer Herstellung und Anwendung vom Kaiserreich bis zur Bundesrepublik. VDI-Verlag, Düsseldorf 1985, 579 Seiten
77. Petzold, Hartmut: Moderne Rechenkünstler. Die Industrialisierung der Rechentechnik in Deutschland. Verlag C.H. Beck, München 1992, 319 Seiten

78. Rojas, Raul (Hrsg.): Die Rechenmaschinen von Konrad Zuse, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1998, VII, 221 Seiten
79. 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
80. Rutishauser, Heinz: Automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen. Birkhäuser, Basel 1956, 45 Seiten (Nachdruck)
81. 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
82. Rutishauser, Heinz; Speiser, Ambros; Stiefel, Eduard: Programmgesteuerte digitale Rechenge­räte (elektronische Rechenmaschinen). Birkhäuser, Basel 1951, 102 Seiten
83. Schai, Alfred: Die elektronischen und magnetischen Schaltungen der ERMETH, in: Scientia Electrica, Band 3, 1957, Heft 4, Seiten 127–140
84. Schlaeppli, 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
85. Schmundt, Hilmar: Rassenforschung am Rechner, in: Der Spiegel, Nr. 24, 14. Juni 2010, Seiten 118–119
86. 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
87. 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
88. 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)
89. Speiser, Ambros 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)
90. 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
91. 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
92. 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
93. 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

94. Speiser, Ambros P.: Digitale Rechenanlagen. Grundlagen/Schaltungstechnik/Arbeitsweise, Betriebssicherheit. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2. neu bearbeitete Auflage 1967, XVI, 454 Seiten
95. 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
96. 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)
97. Speiser, Ambros P.: 95 Semester ETH – der Weg zur Informatik. Presse- und Informationsdienst ETHZ 1992, 17 Seiten (Abschiedsvorlesung)
98. 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)
99. 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
100. Speiser, Ambros P.: Episoden aus den Anfängen der Informatik an der ETH, in: Informatik-Spektrum, 2008, Heft 6, Seiten 600–612
101. Steinbuch, Karl: Die informierte Gesellschaft. Geschichte und Zukunft der Nachrichtentechnik. Rowohlt, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1966, 249 Seiten
102. Steinbuch, Karl (Hrsg.): Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung. Springer-Verlag, Berlin, 2. überarbeitete Auflage 1967, XXIII, 1468 Seiten
103. Stiefel, Eduard: Elektronische Rechenmaschinen, in: Neue Zürcher Zeitung, 18. Oktober 1948, Mittagsausgabe, Nr. 2140 (60), Blatt 2 (Technik)
104. 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
105. 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
106. Stiefel, Eduard: Elektronische Rechenautomaten als Beispiel zur allgemeinen Kybernetik, in: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Kommissionsverlag H.R. Sauerländer, Aarau 1955, Seiten 53–62
107. Stiefel, Eduard: Einsatz der Rechenautomaten in der Technik, in: Bulletin des SEV (Schweizerischer Elektrotechnischer Verein), 1957, Heft 11, Sonderdruck, 7 Seiten
108. 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)
109. Stiller, Andreas: Verkehrter von Neumann, in: Magazin für Computertechnik, c’t, 2010, Heft 15, 5. Juli 2010, Seite 12 (Heise-Verlag, Hannover)
110. Stock, John Robert: Die mathematischen Grundlagen für die Organisation der elektronischen Rechenmaschine der Eidgenössischen Technischen Hochschule. Dissertation, ETH Zürich 1956, 73 Seiten

111. 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
112. 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
113. Tomaszewski, Dolores: GMD erstellt dokumentarische Auswertung der persönlichen Unterlagen von Konrad Zuse, in: Der GMD-Spiegel, September 1979, Heft 3, Seiten 40–53
114. Venetz, Louis A.: „Wer immer strebend sich bemüht, den können wir erlösen“. Gespräch mit Konrad Zuse, in: Output, 1992, Nr. 1, Seiten 24–28
115. Vorndran, Edgar P.: Entwicklungsgeschichte des Computers. Eine kurzgefasste Geschichte der Rechen- und Datentechnik. VDE-Verlag, Berlin, Offenbach, 2. überarbeitete Auflage 1986, 164 Seiten
116. Waldburger, Heinz, Gebrauchsanleitung für die ERMETH (Elektronische Rechenmaschine der ETH), Institut für angewandte Mathematik, ETH Zürich 1960
117. 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
118. 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
119. 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)
120. Zuse, Horst: Geschichte der Programmiersprachen. Technische Universität Berlin, Forschungsberichte des Fachbereichs Informatik, Bericht 1999-1, Berlin 1999, 69 Seiten
121. Zuse, Horst: Die heutige Dokumentierung von Konrad Zuses Pionierleistung für die Informatik, Vortrag an der ETH Zürich, Juni 2000, 9 Seiten (unveröffentlicht)
122. Zuse, Horst: Konrad Zuses Werk. März 2010, 124 Seiten (unveröffentlicht)
123. Zuse, Konrad: Über sich selbst reproduzierende Systeme, in: Elektronische Rechenanlagen, Band 9, April 1967, Heft 2, Seiten 57–64
124. Zuse, Konrad: Die ersten programmgesteuerten Relais-Rechenmaschinen, in: Martin Graef (Hrsg.): 350 Jahre Rechenmaschinen. Carl Hanser-Verlag, München 1973, Seiten 51–56
125. Zuse, Konrad: Gesichtspunkte zur Beurteilung algorithmischer Sprachen. Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Abteilung für Informationswesen. St. Augustin 1975 Nr. 105, 156 Seiten
126. 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)
127. Zuse, Konrad: Rechnender Raum, in: Spektrum der Wissenschaft Spezial, 2007, Heft 3, Seiten 6–15
128. 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

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>

Redaktionsschluss: 22. Dezember 2010

Sach- und Personenverzeichnis

Algol.....	13, 14, 15, 16
Bauer, Friedrich.....	5, 10
BBC.....	8, 11, 12
Ceres.....	15
Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt.....	9, 10
Deutsches Museum, München.....	11, 14
Deutsch-Französisches Forschungsinstitut, Saint-Louis.....	11
Elektronenröhren.....	6
ERMETH.....	9, 12, 13, 16
Gander, Walter.....	12
Henschel-Flugzeug-Werke.....	10
Hochstrasser, Urs.....	7
Lilith.....	15, 16
Lochstreifen.....	9
Logitech.....	15
M9.....	14, 15
Mietvertrag.....	6
Mitra.....	14
Museum für Kommunikation, Bern.....	13, 14, 15
Nicoud, Jean-Daniel.....	15
Pascal.....	14, 15, 16
Plankalkül.....	5, 13
Rechenplan.....	9
Rechenplanfertigung.....	13, 16
Reichsluftfahrtministerium.....	9, 10
Relais.....	5, 6, 7, 9, 10, 11, 14
Remington Rand.....	14, 15
Rutishauser, Heinz.....	6, 11, 12, 13, 16
Schai, Alfred.....	12
Siemens.....	11, 12
Smaky.....	15
Speiser, Ambros.....	6, 7, 11, 12, 16
Steinmann, Josef.....	14
Stiefel, Eduard.....	5, 6, 7, 12, 16
Technorama, Winterthur.....	13, 14
Wirth, Niklaus.....	15, 16
Z3.....	5, 7, 9, 10
Z4.....	5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13
Z9.....	14
Zuse KG.....	6, 11, 14