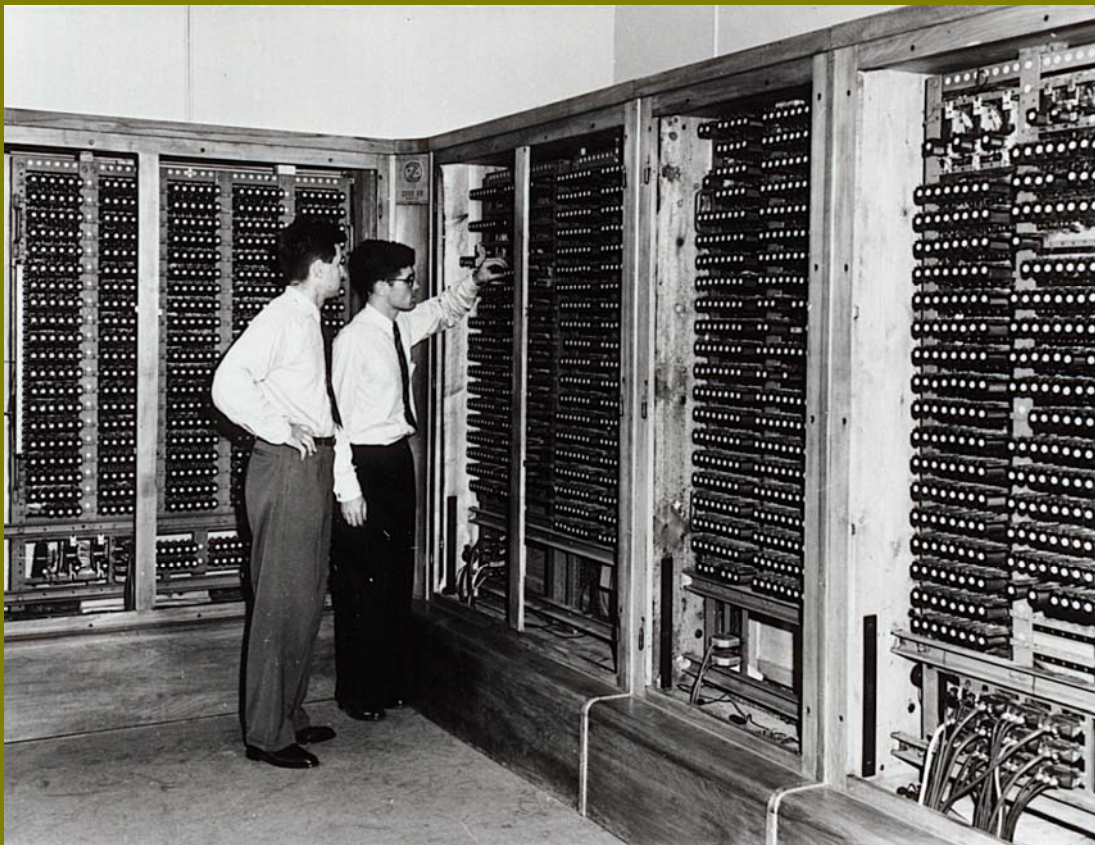


Konrad Zuse und die Schweiz

Relaisrechner Z4 an der ETH Zürich
Rechenlocher M9 für die Schweizer Remington Rand
Eigenbau des Röhrenrechners ERMETH
Zeitzeugenbericht zur Z4
Unbekannte Dokumente zur M9
Ein Beitrag zu den Anfängen der Schweizer Informatikgeschichte

Herbert Bruderer



ETH Zürich
Departement Informatik
Professur für Informationstechnologie und Ausbildung

Zürich, Juli 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)
© Privatarhiv Horst Zuse, Berlin

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

www.abz.inf.ethz.ch

1. Auflage 2011

Redaktionsschluss: Juli 2011

Bezug der Schrift über die E-Collection der ETH Zürich: <http://e-collection.ethbib.ethz.ch>.

Gedruckt mit freundlicher Unterstützung durch die Hasler Stiftung

HASLERSTIFTUNG

© ETH Zürich, Departement Informatik, Zürich 2011

ABZ AUSBILDUNGS- UND BERATUNGSZENTRUM
FÜR INFORMATIKUNTERRICHT

Inhalt

Geleitwort	7
Vorwort	9
Zusammenfassung	11
Zuses Pionierleistung: erste arbeitsfähige programmgesteuerte Rechenmaschine der Welt	11
Plankalkül, erster Ansatz zu einer höheren Programmiersprache	12
Welche Geldgeber hatte Zuse?	12
ETH Zürich mietet den legendären Relaisrechner Z4	13
Wie zuverlässig war die ratternde Z4?	14
Wozu wurde die Z 4 in Zürich gebraucht?	15
Das Schicksal der Z4 und der Zuse KG	16
Merkmale der an der ETH Zürich eingesetzten Z4	17
Die Odyssee der Z4	17
Automatische Rechenplanfertigung	18
Wie kam es zum Zeitzeugenbericht?	18
Ein Zeitzeuge berichtet über seine Erlebnisse mit der Z4	19
Meine ersten Erfahrungen mit programmierbaren Rechenautomaten, insbesondere der Z4	19
Berechnungen rund um die Uhr für die Talsperre Grande Dixence	20
„Ich musste praktisch ständig vor der Maschine stehen und sie bedienen“	20
Zwischenergebnisse müssen wegen Speicherplatzmangels auf Filmstreifen gelocht werden	21
Fehlerhafte warme Telefonrelais und verbogene Speicherbleche stören den Betrieb	21
Die leicht programmierbare Z4 erleichtert langwierige Rechnungen wesentlich	21
Nächtelanger Betrieb der Z4 ohne Überwachung führt zu böser Überraschung	22
Kinostreifen mit alten deutschen Filmen, aber kein Projektor zum Abspielen	22
Z4 hilft bei Flatterrechnungen für das Düsenflugzeug P-16	23
IBM zuverlässiger und schneller als die Z4, aber schwer zu programmieren	23
Zehn Meter langer Filmstreifen steuert die Z4 eine Stunde lang	23
Simulation naturwissenschaftlicher und technischer Prozesse	24
Erste programmierbare Rechenmaschinen nur für einen Teil dieser Aufgaben geeignet	24
Stürmische Entwicklung der Informatik kaum vorausgesehen	25
War es wirklich eine Differenzialgleichung?	26
Prüfbericht zur Z4	26
Eigenbau des Röhrenrechners ERMETH	26
Schweizer Industrie erkennt Bedeutung von angewandter Mathematik und Rechentechnik	28
Wild Heerbrugg war an der Entwicklung des Zeichentischs Z 64 beteiligt	28
Wo stehen wir heute?	29
Meilensteine aus den Anfängen der Informatik an der ETH Zürich	29
Schweizer Remington Rand mit programmgesteuerter Rechenmaschine M9	30
M9 – das Gesellenstück	30
Abgekürztes Rechnen dank Verschlüsselung der Binärzahlen mit 3	31
Wie sah die M9 aus?	32
Zusatzgerät zum Rechenlocher der „Powers M9“ der schweizerischen Remington Rand	32
Wo wurde die M9 verwendet?	34

Z1 bis Z11	34
ETH Zürich wartet vergeblich auf den Rechenlocher M10	35
Geheimnisvolle Mithra	35
Weltweit einzige M9 im Museum für Kommunikation, Bern	36
Videogespräch mit Zeitzeugen	37
Wie kam es zu den Nachforschungen zur M9?	37
Unterlagen zur M9	38
Lochkartentechnik	38
Quellen	69
Elektronische Dokumente	77
Schriften zur M9	77
Webadressen	78
Schulratsprotokolle	78
Dokumente zum Stichwort „Zuse“	78
Dokumente zum Stichwort „Erneth“	79
Museen mit Zuse-Maschinen	80
Zeitzeugen	81
Nachtrag	81
Weshalb wurde der Mietvertrag mit der Zuse KG nicht verlängert?	81
Erläuterungen zum Anhang	82
Personalverzeichnis des Instituts für angewandte Mathematik der ETH Zürich (1948–1964)	82
Liste der mit der Z4 an der ETH Zürich von 1950 bis 1955 durchgeführten Arbeiten	82
Sach-, Namen- und Personenverzeichnis	83
Anhang	86
Personalverzeichnis des Instituts für angewandte Mathematik der ETH Zürich (1948–1964)	86
Liste der an der ETH Zürich von 1950 bis 1955 mit der Z4 ausgeführten Arbeiten	88
Nachwort	91

Tabellen

Zuses Rechenmaschinen Z1–Z4	14
Z4 und ERMETH im Vergleich	27
Binäre Darstellung von Dezimalzahlen	31
Remington Rand, Zürich: Personen	32
Personalverzeichnis des Instituts für angewandte Mathematik der ETH Zürich (1948–1964)	86
Liste der an der ETH Zürich von 1950 bis 1955 mit der Z4 ausgeführten Arbeiten	88

Abbildungen

Konrad Zuse. Porträt	6
Konrad Zuse (1910–1995)	13
Der mechanische Speicher der Z4	15
Relaisschränke der Z4	16
Bau- und Betriebszeit der Z4 und der ERMETH	18
Urs Hochstrasser, 1944	19
Verleihung des Ehrendokortitels 1991 an der ETH Zürich	28
Addition im Drei-Exzess-Code	33
Gespräch mit Zeitzeugen im Depot Schwarzenburg des Berner Museums für Kommunikation	37
Ernst Inauen, ehemaliger Wartungstechniker der Remington Rand, erklärt die Arbeitsweise der Relais	38
Umtauschwerte von Lochkartenmaschinen (Remington Rand)	39
Gesamtansicht der programmgesteuerten Rechenmaschine M9 (Spinnerei & Weberei Dietfurt)	40
Max Forrer von der Spinnerei & Weberei Dietfurt während einer Wartung am Relaisschrank	40
M9 in der Spinnerei & Weberei Dietfurt, Lochkartenstation sowie Rechen- und Speicherwerk	41
Gerät für die Lochkarteneingabe und -ausgabe (Untergestell) in geschlossenem Zustand	41
Auswechselbare, verdrahtete (d.h. gelötete) Schalttafel für die M9	42
M9: Vorderseite der Recheneinheit. Hier wird die austauschbare Schalttafel eingesetzt	42
Gesamtansicht der programmgesteuerten Rechenmaschine M9 (Prospekt Remington Rand)	43
Rechenlocher M9 für die Schweizer Remington Rand (Museum für Kommunikation, Bern)	44
Untergestell der M9 (Lochkarteneinheit)	45
Panneau-Relais-Schrank der M9 (Rechen- und Speicherwerk)	46
Bedienungstafel der M9	47
Schaltwalze der M9	48
Auswechselbare Schalttafel der M9 (Panneau, Panel)	49
Schaltplan der M9	51
Programmkette M9, erster und zweiter Durchlauf bei einer Plankostenrechnung	52
Relaisrahmen mit 242 Relais	53
Gesamtwirkbild der M9	54
Wirkbild des Untergestells der M9 (Lochkarteneinheit)	55
Wirkbild der Division bei der M9	56
Auf- und Abrundung bei der M9	57
Übersicht über den Speicher der M9	58
Speicherbelegungsschaltung der M9	59
Sandwichkontakte der Abfühlbox (Untergestell der M9)	60
Wartungsplan der M9 vom 19. Juni 1958 (Remington Rand)	61
Lagerverwaltung im Toggenburger Textilunternehmen	63
Ermittlung von Nutzeffekt, Stillstandszeit und Dauer der Webstuhlvorbereitung	64
M9 im Verbund mit einer Sortiermaschine und einer Tabelliermaschine (Drucker)	65
Statistische Berechnung mit 90-spaltigen Lochkarten	66
Lohnabrechnung: Karten für Präsenzzeit und Schichtzulage	67
Lohnabrechnung. Karten für Teuerungszulage und Bruttolohn	68

Konrad Zuse als Künstler

Konrad Zuse hat nicht nur Rechenautomaten gebaut. Er hat sich auch – unter dem Namen „Kuno See“ – als Künstler betätigt. Er schuf zahlreiche Zeichnungen, Ölgemälde und Holzschnitte, darunter viele Porträts deutschsprachiger Informatikpioniere. Zuse hat 1981 eine Auswahl seiner Werke im Kuppelraum des Hauptgebäudes der ETH Zürich ausgestellt. Ingrid Zamecnikova aus der Slowakei hat für uns dieses Bild gemalt.



Konrad Zuse. Porträt. © Ingrid Zamecnikova, Bratislava, Juni 2011

Zum Geleit

Der 100. Geburtstag von Konrad Zuse am 22. Juni 2010 bietet den willkommenen Anlass, dieses Informatikpioniers zu gedenken. Zuses Wirkungsfeld war in erster Linie Deutschland, und so wird er naturgemäss vor allem dort gewürdigt. Dass er aber auch am Entstehen einer Informatik-Kultur in der Schweiz wesentlich beteiligt war, darf nicht vergessen werden. So begrüsse ich es sehr, dass Herr Bruderer die Mühe nicht gescheut hat, die verstreuten Dokumente dieses Wirkens zusammenzutragen.

Wenn man von "Konrad Zuse und die Schweiz" spricht, dann geht es ja im Wesentlichen um die ETH Zürich und die dortigen Hauptakteure. Da sind vor allem zwei Namen zu nennen. Der erste ist Prof. Eduard Stiefel, ursprünglich ein sogenannt "reiner" Mathematiker, der 1948 das Institut für Angewandte Mathematik (IAM) der ETH gründete und es in weiser Voraussicht fertigbrachte, 1950 den Relaisrechner Z4 von Zuse an sein Institut zu holen. Die Schilderung der Konsequenzen dieser Tat bilden einen wesentlichen Teil des Inhalts dieser Festschrift.

Der Zweite im Bunde war Prof. Heinz Rutishauser. Er war ein Experte im numerischen Rechnen – heute spricht man oft vom "wissenschaftlichen Rechnen" – und hat dieses mit dem damals noch neuen Ideengut des automatischen Rechnens kombiniert und so späteren Entwicklungen, wie z.B. den Programmiersprachen, vorgegriffen. Rutishauser war es auch, der die wesentlichen mathematischen Konzepte für die ERMETH geschaffen hat. Diese wurden dann durch eine Gruppe von Ingenieuren um Ambros Speiser am Stiefelschen Institut realisiert.

Da in der vorliegenden Schrift Zuse die Hauptperson ist, sei es mir vergönnt, einige eigene Reminiszenzen zur Z4 anzufügen. Während meines Studiums an der Abteilung für Mathematik und Physik der ETH wurde im Vorlesungsverzeichnis ein "Praktikum am Rechenautomaten" angekündigt. In jugendlichem Snobismus hielt ich diese Veranstaltung für uninteressant; ich wollte mich mit höherer Mathematik befassen und nicht mit einer besseren Tischrechenmaschine! Die Bekehrung kam, als ich 1954 mein Studium abgeschlossen hatte und mit 26 Jahren Assistent am IAM wurde. Dort, im 2. Stock des Hauptgebäudes, stand auch die Z4, und ich begann, mich für den Apparat zu interessieren. Selber arbeitete ich bereits in der Schlussphase an dessen Nachfolger mit, der ERMETH. Abends blieb ich manchmal länger und pröbelte an der Z4. Mich faszinierte jetzt, was die Maschine konnte. Anders als die damals gebräuchlichen Tischrechner konnte sie selbstständig Befehle mit wechselnden Zahlen durchführen. Wenn ich spät noch mit dem Computer experimentierte, brauchte ich handwerkliches Geschick: Meine Rechenoperationen liess ich von der Z4 auf ausgediente Filmstreifen lochen, klebte diese eventuell zu einer Schleife und fädelt sie in den Computer ein. Der tastete sie noch mit Stäbchen ab. Meine Kollegen fütterten abends die Z4 mit Filmstreifen, und sie rechnete dann die ganze Nacht. Allerdings mit Betreuung; allzuoft erforderte ein unerwarteter Unterbruch den Neustart.

Ich bin Konrad Zuse einige Male begegnet. Dieser musste vor allem zu Beginn mehrmals aus Deutschland anreisen, weil sein Computer gelegentlich keinen Wank mehr tat. Zudem entwickelte er ihn für die Bedürfnisse der ETH weiter. Ich hatte – sehr subjektiv! – Zuse als wenig zugänglich, als eigenbrötlerischen Tüftler und Bastler in Erinnerung. Gesprochen habe ich kaum mit ihm; als Grünschnabel traute ich mich nicht. Später lernte ich ihn dann zum Glück von einer anderen Seite kennen, als warmherzigen, sympathischen Menschen. Und schliesslich war ich begeistert mit dabei, als Zuse 1991 auf Antrag der Abteilung für Informatik mit dem Ehrendoktorat geehrt wurde.

Peter Läuchli
em. Prof. für Informatik, ETH Zürich

Vorwort

Konrad Zuse hatte eine besonders enge Beziehung zur Schweiz. Die ETH Zürich verschaffte ihm durch die fünfjährige Miete des Relaisrechners Z4 die wissenschaftliche Anerkennung, die ihm lange Zeit anderswo versagt blieb. Und der Auftrag der Schweizer Remington Rand für den Bau des Rechenlochers M9 verhalf ihm zu dringend benötigten Geldmitteln für den Aufbau der Zuse KG. – Anlass für diese Schrift war der 100. Geburtstag des Informatikpioniers Konrad Zuse am 22. Juni 2010. Die Untersuchungen weiteten sich wegen der überraschenden Ergebnisse immer mehr aus. So kamen viele bisher unbekannte Schriftstücke, Zeichnungen und Fotos zum Vorschein, und ein bisher völlig unbeachtetes Gerät, die M9, tauchte wieder auf.

Die Schweiz hat in manchen Bereichen wegweisende Beiträge zum Rechnerbau und zur Informatik geleistet. Dieses Werk 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 dank der Z4 die einzige Universität auf dem europäischen Festland mit einem betriebsfähigen Computer. Zudem baute Zuse im Auftrag der Schweizer Remington Rand in den 1950er Jahren den Rechenlocher M9. 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 runde Geburtstag von Konrad Zuse war ein Beweggrund, 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. In diesem Zusammenhang 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 Rechenmaschinenteknik 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 oder die Siemens AG haben kein solches Gerät. Manche Unternehmen, die ab Mitte der 1950er Jahre diesen Rechenlocher verwendet haben, sind verschwunden oder in weltweit tätige Konzerne einverleibt worden, so dass Erkundigungen schwierig sind.

Hochgeheime Flatterrechnungen für den P-16

Anfänglich habe das Kampfflugzeug P-16 nicht mit Überschallgeschwindigkeit fliegen können, erzählt Hans Rudolf Schwarz. Er hat für die Flug- und Fahrzeugwerke Altenrhein Flatterrechnungen auf der Z4 durchgeführt. Die Flügel seien zwar in Ordnung gewesen, aber das Höhenleitwerk habe ab 0,8 Mach geflattert. Die Ingenieure hätten seinen Berechnungen keinen Glauben geschenkt, der Testpilot habe jedoch seinen Befund bestätigt. Um diese Schwäche zu beheben, sei bei der Vorderkante des Höhenleitwerks Blei eingebaut worden, was 1,4 Mach erlaubt habe. Der Treibstoff sei in den Flügelendtanks auf drei Kammern verteilt worden. Um dem Flattern vorzubeugen, sei zuerst der Treibstoff der hinteren, dann der mittleren und schliesslich der vorderen Kammer verbraucht worden.

Der Speicher der Z4 sei klein gewesen. Daher musste Schwarz für die Schweizerischen Bundesbahnen tage- und nächtelang mit einem Madas-Tischrechner den Eigenwert ermitteln. Bei hoher Geschwindigkeit seien beim Eisenbahnwagen Schwingungen aufgetreten. Die Lösung habe im Einbau eines eisernen T-Balkens im Boden bestanden.

Schwierige Aktenlage

Das Aktenarchiv der Zuse KG gilt als verschollen. Im Historischen Archiv ABB Schweiz, Baden, sind keine Unterlagen vorhanden. BBC (heute ABB) hatte die Zuse KG 1964 übernommen. Das Konzernarchiv der Siemens AG in München, zu der Zuses Unternehmen 1967 kam, hat lediglich ausschnittsweise Akten und einen kleinen Fotobestand. 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.

Nur zwei Originalmaschinen aus der Frühzeit haben überlebt

Von den Modellen Z1 bis Z10 haben nur zwei Originalmaschinen überlebt, die Z4 (Deutsches Museum, München) und die M9 (Museum für Kommunikation, Bern). Dass es in der Schweiz eine M9 gibt, wurde erst im Zusejahr 2010 (öffentlich) bekannt.

Schönfärberei: kein nächtelanger Betrieb der Z4 ohne Aufsicht

Über Konrad Zuse wurde schon viel geschrieben. Dennoch gelang es, neue Erkenntnisse zu gewinnen – etwa zum Einsatz der Z4 in Zürich und zur M9. Die Berichte von Urs Hochstrasser und Heinz Waldburger entlarven die Aussagen von Zuse und Speiser über die Zuverlässigkeit der Z4 als Schönfärberei. Die Suche nach dem fehlenden Relaisgehäuse der Berner M9 und nach weiteren Exemplaren des Rechenlochers blieb erfolglos.

Danksagung

Weil die Pioniere Konrad Zuse, Eduard Stiefel, Heinz Rutishauser und Ambros Speiser und viele weitere Zeitzeugen gestorben sind, waren die Nachforschungen mühsam und äusserst zeitraubend. Hinzu kommt, dass viele Unterlagen verschollen sind oder verloren gingen und die meisten Geräte verschrottet wurden. Die wenigen noch lebenden Beteiligten sind hochbetagt. Ohne die Hilfe unzähliger Fachleute wäre dieses Werk nicht zustande gekommen.

Der Verfasser ist folgenden Personen zu grossem Dank verpflichtet: Urs Hochstrasser, Peter Lächli, Max Engeli, Hans Rudolf Schwarz und Heinz Waldburger (Zeitzeugen der Z4), Max Forrer, Werner Huggler, Ernst Inauen, Hansjürg Stadelmann, Josef Steinmann und Fred Winteler (Zeitzeugen der M9), Walter Gander, Martin Gutknecht, Juraj Hromkovic, Jörg Waldvogel und Carl August Zehnder (ETH Zürich) sowie Beatrice Tobler (Museum für Kommunikation, Bern).

Für ihre Mitarbeit an dieser Schrift möchte der Verfasser allen Mitwirkenden herzlich danken: Richard Adler, Laura Ashby, Alarich Baeumler (†), Alfred Bauder, Nicola Behrens, Marlis Betschart, Stefan Betschon, Marcel Bloch, Alex Bochanek, Corrado Böhm, Isabelle Böhmeler, Ralf Bülow, Rory Cook, Edo Dooijes, Hadwig Dorsch, Hubert Draxler, Peter du Rietz, Erwin Engeler, Markus Forrer, Christoph Frank, Wilhelm Füssli, Beatrice Gander, Hans-Dieter Hellige, Janine Hosp, Wolfgang Karl, Holger Klän, Paul Kleiner, Mathias Knauer, Frank Köpnick, Eva Kudrass, Beate Kuhnt, Emil Lanker, Jan Lichtensteiger, Matthias Meili, Thomas Misa, Otmar Moritsch, Rolf Moser, Hans Neukom, Thomas Neukom, David Pantalony, Hartmut Petzold, Hans Primas, Kristin Qualls, Ute Schiedermeier, Katharina Scholz, Giovanni Serafini, Andreas Stolte, Anja Thiele, Katharina Thiemann, Astrid Tönnies, Marco Wende, Tobias Wildi, Jürgen Winkler, Ingrid Zamecnikova, Heinz Zemanek, Regula Zürcher, Horst Zuse.

Herbert Bruderer

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. Die Erfahrungen mit der Z4 erleichterten den Eigenbau **ERMETH**.

Diese Schrift enthält einen ausführlichen **Zeitzeugenbericht** zur Z4. Der Verfasser, Urs Hochstrasser, ist einer der wichtigsten Nutzer und ein guter Kenner der Z4. Sein Beitrag räumt auf mit dem weit verbreiteten Märchen, dass die Z4 dank ihrer hohen Zuverlässigkeit nächtelang ohne Aufsicht in Betrieb war.

In diesem Werk wird erstmals ein umfassendes Personalverzeichnis (= Liste der Zeitzeugen) des Instituts für angewandte Mathematik der ETH Zürich für die Zeit der Z4 und der ERMETH veröffentlicht. Zudem wird zum ersten Mal eine umfangreiche Übersicht über die mit der Z4 von 1950 bis 1955 ausgeführten Arbeiten allgemein zugänglich gemacht. Der Bericht stellt ferner zahlreiche neu entdeckte, bisher unveröffentlichte Dokumente zur programmgesteuerten Rechenmaschine **M9** vor. Die Zuse KG hatte diesen Rechenlocher in den 1950er Jahren für die Schweizer Remington Rand gebaut. Die Nachforschungen ergaben, dass – nach bisherigem Wissen – weltweit nur ein einziges Exemplar der M9 überlebt hat. Es befindet sich im Berner Museum für Kommunikation. Die ETH Zürich hatte seinerzeit zwei Stück des Nachfolgemodells **M10** bestellt.

Zuses Pionierleistung: erste arbeitsfähige programmgesteuerte Rechenmaschine der Welt

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.

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 Jahren gab es ähnliche Entwicklungen in den USA: Rechenautomaten ABC, BINAC, Complex Number Calculator (=Model 1), CPC, EDVAC, Eniac, Mark 1 (=ASCC), IAS, SSEC u.a. sowie in Grossbritannien: ARC, Colossus, EDSAC, Elliott 152, Mark (Manchester), SSEM. In den 1950er Jahren zogen weitere Länder nach: Australien, China, Dänemark, Frankreich, Israel, Japan, Niederlande, Österreich, Polen, Rumänien, Russland, Schweden, Schweiz, Tschechien, Ukraine. 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.

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.

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 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“ (Autobiografie, Seite 53; uk = Unabkömmlichkeitsstellung).

„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 Versuchs-

anstalt 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 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.

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 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 besuchten Eduard Stiefel und Max Lattmann (vgl. Seite 81) 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 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 später 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. Der Dauerbetrieb begann Anfang August 1950. 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 er-

hebliche 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. – Für den „Abtransport des alten Z4-Automaten“ wurden 309,50 Franken aufgewendet (Tätigkeitsbericht des Instituts für angewandte Mathematik 1955, Seite 8).

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.

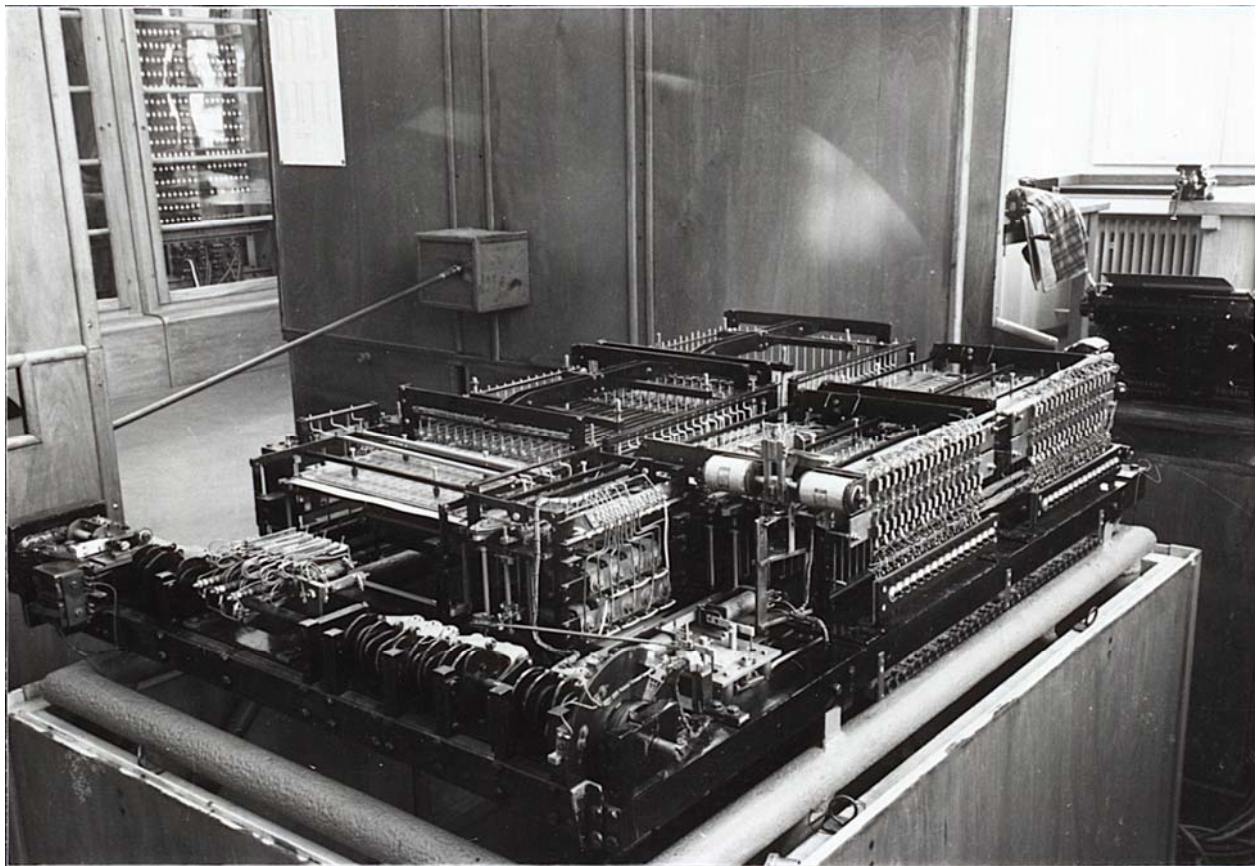
Zuses Rechenmaschinen Z1–Z4				
Name	Jahr	Rechenwerk	Speicherwerk (Datenspeicher)	Bemerkungen
Z1	1938	mechanisch	mechanisch	
Z2	1939	elektromechanisch (Relais)	mechanisch	
Z3	1941	elektromechanisch (Relais)	elektromechanisch (Relais)	erste vollautomatische, programmgesteuerte und frei programmierbare, 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 (Konrad-Zuse-Museum, Hünfeld). 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 2011				

Wie zuverlässig war die ratternde Z4?

Die mit Relais bestückte Z4 war wesentlich weniger störanfällig als modernere amerikanische Maschinen, die elektronischen Bauteile enthielten. Die Z4 war angeblich so zuverlässig, dass sie nachts ohne Aufsicht lief. Diese Behauptung ist allerdings unglaublich: So beklagte sich Eduard Stiefel in einem Brief vom 18. Juni 1951 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.“ Und Max Engeli schreibt, dass er 1955 ziemlich häufig als Nachtoperator die Z4 bedient habe. Er habe „des Öftern mit Ambros Speiser auch den Speicher der Z4 repariert, wenn sich ein Knopf im Sandwich der Glas- und Blechplatten verirrte.“ (Mitteilung vom 27. Juni 2011). Vgl. dazu auch den Zeitzeugenbericht von Urs Hochstrasser (Seiten 20/21).

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.“

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.“



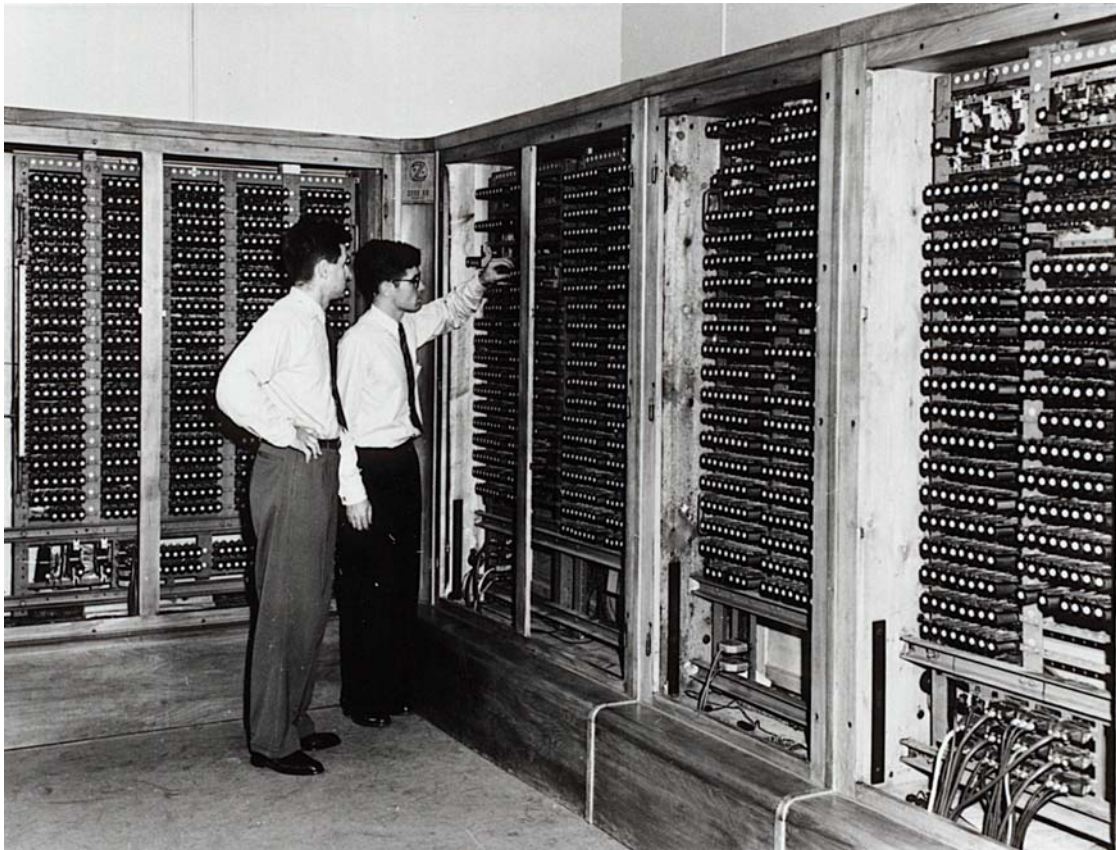
Der mechanische Speicher der Z4. © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv

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 (heute ABB), „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 für die drei Juraseen. Hinzu kamen mathematische Untersuchungen, z.B. zu Bahnstörungen bei den Planeten Jupiter und Saturn. In den fünf

Jahren wurden laut Heinz Rutishauser 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.

Im Anhang (Seiten 88–90) ist eine Liste der von 1950 bis 1955 mit der programmgesteuerten Rechenmaschine Z4 ausgeführten Aufträge und mathematischen Untersuchungen zu finden. Ein wichtiger Benutzer und guter Kenner der Z4 ist Urs Hochstrasser, der an den Aufträgen 1, 11, 26, 37 und 44 beteiligt war, siehe dazu seinen Zeitzeugenbericht (Seiten 19–25).



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 am 23. November 1991 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). Laut der Zuse KG wurde die Z4 1955 verkauft und 1959 zurückgekauft und dem Deutschen Museum in München geschenkt. Später war die Z4 laut Erwin Engeler bei der Electricité de France. 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. Über die Verwendung der Z4 im Elsass waren leider keine Auskünfte erhältlich. Das

ehemalige Laboratoire de Recherches de Saint-Louis war eine militärische Einrichtung und damit Geheimnisträgerin.

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

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 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 1 Tonne

Programmierung

Maschinensprache mit reichhaltigem Befehlsverzeichnis

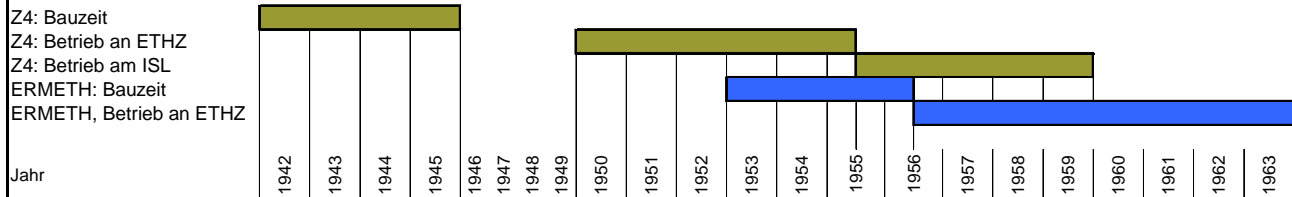
Dokumentation

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.

Die Odyssee der Z4

Die Raum füllende Rechenanlage Z4 war vor 1950 (Beginn der Nutzung in Zürich) und nach 1959 (Ende des Einsatzes in Saint-Louis) oft unterwegs. Es gab bereits im Krieg mehrere Umzüge innerhalb Berlins. Dann kam die Maschine über Göttingen ins Allgäu (Hinterstein, Hopferau) und für die Instandsetzung nach Neukirchen. Ab 1960 befand sich die Z4 u.a. mehrmals in Bad Hersfeld. Vom 17. Juni bis 15. Juli 1981 war sie an der ETH Zürich ausgestellt.

Bau- und Betriebszeit der Z4 und der ERMETH**Anmerkungen**

ERMETH = elektronische Rechenmaschine der ETH (Eidgenössische Technische Hochschule)

ETHZ = ETH Zürich

ISL = Deutsch-Französischen Forschungsinstitut Saint-Louis (ehemals Laboratoire de Recherches de Saint-Louis, LRSL).

Z4 = Zuse 4

© Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, ETH Zürich 2011

Wie aus der oben stehenden Abbildung zu entnehmen ist, rechnete die Z4 von 1950 bis 1955 an der ETH Zürich, ihre Nachfolgerin war die Ermeth (1956 bis 1963).

Automatische Rechenplanfertigung

Heinz Rutishauser hat schon Anfang der 1950er Jahre Lehrveranstaltungen zum programmgesteuerten Rechnen angeboten. Er 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 massgeblich an der Entwicklung von Algol beteiligt, dem „Latein“ der modernen Programmiersprachen. Auf der Grundlage von Algol entstanden unzählige höhere Programmiersprachen, u.a. auch Pascal.

Wie kam es zum Zeitzeugenbericht?

Zu Beginn der Nachforschungen war ein einziger, noch lebender Zeitzeuge der Z4 namentlich bekannt. Dank langwieriger Umfragen gelang es nach und nach, einen Überblick über Angehörige der ETH Zürich zu gewinnen, die mit dem Zuse-Rechner zu tun hatten. Auch ein frühes Bild mit Mitarbeitenden des Instituts für angewandte Mathematik half nicht weiter. Über aussen stehende Benutzer gab es kaum Angaben. So hatte der Verfasser keine Kenntnis davon, dass Urs Hochstrasser ein langjähriger Kunde des Rechenzentrums war. Zum Glück ging auf die ihm zugesandte erste Auflage der Zuse-Broschüre eine Zuschrift ein, in der er sich zu Recht beschwerte, dass er übergangen wurde. Weil ohnehin eine zweite, verbesserte und erweiterte Auflage geplant war, bat der Verfasser Urs Hochstrasser um einen Zeitzeugenbericht. Es bot sich eine seltene Gelegenheit, einen Erfahrungsbericht frei von Schonfärberei zu erhalten. Dass Urs Hochstrasser diesem Wunsch in überaus sachkundiger Weise nachkam, ist angesichts seines Alters besonders verdienstvoll.

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 mehrjährigen Erfahrungen mit der Z4. Er war an bedeutenden Vorhaben beteiligt: den Berechnungen für die mit 285 m höchste Gewichtsstaumauer der Welt, Grande Dixence (Bauzeit 1950–1961), und den Flatterrechnungen für das innovative schweizerische Erdkampfflugzeug P-16 (Entwicklung ab 1950, Erstflug 1955, Überschallgeschwindigkeit im Stechflug).

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), anschliessend Beginn der Doktorarbeit und Weiterbildung in theoretischer Physik,
- Assistent am Lehrstuhl für Mechanik bei Prof. Dr. H. Ziegler (ETH Zürich, 1950),
- Assistent am Institut für angewandte Mathematik (ETH Zürich, 1950/1951),
- Stipendiat der Universität von Kalifornien in Los Angeles (1951/1952)
- 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 Unzuläng-

lichkeit 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 Dokortitel 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 programmierbaren 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 Militärinstructors: „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 N-20, 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 53 gewählt) bestimmt werden. Die 106 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 106 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 Zwischenergebnisse 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 Programmbeefehle erfolgten durch 2200 Telefonrelais, die im Betrieb recht warm wurden, sodass hie und da Kontaktstellen zusammenlöteten. Durch Klopfen und anschliessendes Abschmirlgen 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, ob schon 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 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 zuliesse, 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 Heraus-schreiben 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 1 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 Flutterrechnungen für das Düsenflugzeug P-16

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 Zusammenhang mit der Entwicklung eines Erdkampf-Düsenflugzeuges, des P-16, 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 („Flutterrechnungen“). 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.

IBM-Anlagen 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 P-16 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 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 P-16 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 Befehlsabfolge.

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.library.ethz.ch/eserv/eth:33091/eth-33091-02.pdf>, und

„Flutterrechnung 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/14072026387v5v17/>, 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-\(version-f%C3%BCr-156-b%C3%BCrmaschinen\)-expo-1964/](http://www.classissima.com/en/video/rolf-liebermann---symphonie-les-echanges-(version-f%C3%BCr-156-b%C3%BCrmaschinen)-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.

War es wirklich eine Differenzialgleichung?

In seinen Lebenserinnerungen schreibt Konrad Zuse, dass Eduard Stiefel bei seinem Besuch in Hopferau der Z4 die Aufgabe stellte, eine Differenzialgleichung zu lösen. Auch im Film von Matthias Knauer macht Zuse die gleiche Aussage. Die Zeitzeugen Corrado Böhm (Universität Rom) und Urs Hochstrasser nehmen jedoch an, dass das ein Irrtum ist. Böhm glaubt, dass es sich dabei wohl um ein System schlecht konditionierter linearer Gleichungen gehandelt hat. Laut Hochstrasser wird das Problem mit der Differenzialgleichung ungenügend umschrieben. „Es sei eher um die numerische Lösung eines Rand- oder Anfangswertproblems für eine einfache Differenzialgleichung, das durch ein System von Differenzengleichungen approximiert wurde, gegangen, da ja die Z4 keine Differenzialquotienten exakt bilden könne“ (Mitteilung vom 21. Juni 2011).

Prüfbericht zur Z4

Der „Bericht über die Erfahrungen mit der Zuse-Rechenmaschine vom 27. September bis zum 12. Oktober 1949“ vom 17. Oktober 1949 von Corrado Böhm und Harry Laett führt im Abschnitt „Beschreibung der durchgeführten Arbeiten“ aus:

„Es wurden für folgende Rechenprozesse die Befehlsstreifen hergestellt, die Rechnungen ausgeführt und kontrolliert. Die Zeitangaben bedeuten die reine Rechenzeit beim fertigen Befehlsstreifen.

- 1.) $\text{Arc cos } x$ nach der Methode des arithmetisch-geometrischen Mittels (1–2 Minuten).
- 2.) Kubische Wurzel durch Iteration (30–60 Sekunden).
- 3.) Potenzreihe mit 13 Gliedern (1 Minute).
- 4.) Lösung von 4 linearen Gleichungen mit 4 Unbekannten (3 ½ Minuten).
- 5.) Multiplikation von zwei 4reihigen Matrizen (5 Minuten).
- 6.) Inversion von 4reihigen Matrizen (4 ½ Minuten).
- 7.) Sechs-Punkte-Interpolation nach Lagrange (2 ½ Minuten).
- 8.) Berechnung von $\sin x$ oder $\cos x$ mit automatischer Reduktion des Winkels auf den ersten Quadranten (1 Minute).
- 9.) Berechnung von $\sinh x$, $\cosh x$ und e^x .
- 10.) Kettenbruchrechnungen.

Bei Herrn Zuse waren bereits vorhanden Befehlsstreifen für numerische Integration, für die Lösung von Differentialgleichungen nach der Methode von Runge und Kutta. Die zugehörigen Rechnungen wurden von Herrn Zuse demonstriert.

Die Genauigkeit erreichte immer mindestens fünf bedeutende Dezimalen.

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Maschine sei noch erwähnt, dass 6 bis 7 lineare Gleichungen vollautomatisch gelöst werden können.“

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.

Der programmierbare Röhrenrechner ERMETH (*e*lektronische *R*echenmaschine der *ETH*) entstand von 1953 bis 1956 unter der Leitung von Eduard Stiefel. Gemäss Alfred Schau verdankt die ERMETH die mathematischen und organisatorischen Eigenschaften Eduard Stiefel und Heinz Rutis-

hauser sowie den beiden Logikern John Robert Stock und Peter Läuchli. Die technische Leitung hatte Ambros Speiser, die Schaltungen entwarf vor allem Hans Schlaeppi. Heinz Rutishauser war Leiter der mathematischen Gruppe, Ambros Speiser Leiter der technischen Gruppen. Speiser, der spätere Gründungsdirektor des IBM-Forschungslabors in Rüschlikon und des BBC-Forschungszentrums in Baden-Dättwil, betreute 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 theoretischen und experimentellen Voruntersuchungen für den Bau der Ermeth begannen allerdings schon im Studienjahr 1950/51. An der Herstellung waren die Firmen Gfeller, Bümpliz (Kreuzwähler), Hasler, Bern (Elektronik), und Wittwer, Männedorf (Speichertrommel) beteiligt. Den Schluss bildete eine erfolgreiche dreimonatige Feuerprobe, häufig in 24-stündigem Betrieb. Im Unterschied zur Z4 arbeitete die Ermeth im Dezimalsystem. Als Arbeitsspeicher (für Programme *und* Daten) diente eine Magnettrommel. Die Gebrauchsanleitung war das Werk von Heinz Waldburger. Die ETH setzte die Ermeth ab Juli 1956 bis Herbst 1963 für Forschung und Lehre ein.

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 2011		

Rechenwerk und Leitwerk der Ermeth waren im Herbst 1955 fertig. Die Maschine lief erstmals im Juli 1956 mit einem vorläufigen Trommelspeicher (Tätigkeitsbericht des Instituts für angewandte Mathematik 1956, Seite 4), mit der grossen magnetischen Trommel jedoch erst 1957. Die Ermeth wurde zwar 1955 an der Jahrhundertfeier der ETH vorgeführt, die Maschine war aber zu diesem Zeitpunkt noch nicht betriebsbereit. Laut Tätigkeitsbericht des Instituts für angewandte Mathematik 1957 (Seite 2) war 1957 das erste normale Betriebsjahr. Die Maschine wurde am 5. Dezember 1963 abgebrochen (Tätigkeitsbericht des Instituts für angewandte Mathematik 1963, Seite 5). Ende 1958 beliefen sich die Kosten für die Ermeth auf eine Million Franken (1 008 838,70 Fr., Tätigkeitsbericht des Instituts für angewandte Mathematik 1958, Seite 8). Das Ungetüm 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 1604-A 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.

Nach der Gründung des Rechenzentrums (1964) hatte das Institut für angewandte Mathematik keine Maschinen mehr. Die 1964 eingerichtete CDC gehörte dem RZETH.

Schweizer Industrie erkennt Bedeutung von angewandter Mathematik und Rechentechnik

Dem Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1956 (Seite 3) ist zu entnehmen: „Keiner der an der Entwicklung der ERMETH beteiligten Ingenieure konnte eine passende Stelle in der Schweiz finden, was äusserst bedauerlich ist.“ Schon im Jahresbericht 1955 hatte sich Eduard Stiefel beklagt (Seite 3): „Es ist auch heute noch so, dass die Absolventen meines Instituts in der Schweiz kaum interessante Stellen finden, sondern meistens sofort ins Ausland gehen, wo Spezialisten auf dem Gebiet der modernen Rechenmethoden sehr gesucht sind.“



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, Zürich

Wild Heerbrugg war an der Entwicklung des Zeichentischs Z64 beteiligt

Ein weiteres Schweizer Unternehmen war laut Konrad Zuse (Aussage im Film von Mathias Knauer) an seinen Maschinen beteiligt. Der Graphomat Z64, ein beliebter rechengesteuerter Zeichentisch, wurde in Zusammenarbeit mit Wild Heerbrugg (heute Leica Geosystems, Tochter des schwedischen Konzerns Hexagon AB, Stockholm) entwickelt. Er wurde ab 1961 vertrieben. In der Jubiläumsbroschüre zum 75-jährigen Bestehen des Unternehmens (Otto Stockmaier, Erich Mätzler: Leica Heerbrugg im Wandel der Zeit, Leica AG, Heerbrugg 1996, 30 Seiten) fehlt allerdings ein

Hinweis auf dieses Gerät. Darin ist u.a. zu lesen: „1959 erhält das Optische Rechenbüro für wissenschaftliche Aufgaben seinen ersten Elektronenrechner, einen „Zuse Z22.“

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 (Z4 von Konrad Zuse),
- 1951 Erfindung des Compilers: Habilitationsschrift von Heinz Rutishauser: Über automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen,
- 1952 erste Vorlesung zum programmgesteuerten Rechnen (Heinz Rutishauser, Ambros Speiser),
- 1956 Inbetriebnahme des ersten in der Schweiz gebauten programmierbaren Rechners, der ERMETH (Eduard Stiefel, Heinz Rutishauser, Ambros Speiser),
- 1958/60 Programmiersprache Algol (Heinz Rutishauser),
- 1970 Programmiersprache Pascal (Niklaus Wirth),
- 1978 Arbeitsplatzrechner Lilith mit Fenstertechnik, Maus und hoch auflösendem Bildschirm (Niklaus Wirth),
- 1986 Ceres/Oberon (Niklaus Wirth, Jürg Gutknecht).

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 Rechenwerk und einem Kartenleser/Kartenlocher zusammen. Die Aufgabe des Geräts bestand darin, mit Abfühlstiften 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 zu Beginn über eine im gleichen Haus an der Grubenstrasse 11 in Zürich ansässige Tochterfirma (Mithra, daher die Bezeichnung M9) 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 Zettler-Elektro-Apparate (ursprünglich in Mollis, damals in Weesen, heute Näfels; Nachfolgefirma Tyco Integrated Systems) hatte für die Rechenlocher besonders haltbare Relais entwickelt. Dank eines zusätzlichen Abstandstifts aus Nylon liess sich die mechanische Abnutzung weitgehend vermeiden. Dieser wurde später durch die Wartungstechniker montiert. Die M9 gilt als die erste in Serie gefertigte programmgesteuerte Rechenmaschine auf dem europäischen Festland.

Zu den Relais schreibt Hubert Draxler von Zettler electronics GmbH, Puchheim, im Juni 2011: „Der Typ AZ10 ist ein (für heutige Verhältnisse) sehr grosses Relais, das generell seit mindestens 25 Jahren nicht mehr gefertigt wird. Es gibt hierfür auch leider keine technischen Unterlagen oder Datenblätter mehr. Auf jeden Fall ist das angegebene Relais AZ10-795-12 ein kundenspezifischer Sondertyp; darauf deutet auch die Tatsache hin, dass das Relais 4 Spulenwicklungen (I ... IV) aufweist.“

M9 – das Gesellenstück

Alarich Baeumler, Entwicklungsingenieur und später technischer Leiter, war ab dem 1. Juli 1953 für die Zuse KG tätig. Er schreibt im Aufsatz „Mein Weg zum Computer-Entwickler“ (in: Günter Musstopf: Als die Computer Laufen lernten) im Abschnitt *M9 – Das Gesellenstück*: „Die Firma Zuse KG lebte damals vor allem von der Serienfertigung der Rechenanlage M9 für die Schweizer Tochter Mithra der Firma Remington Rand, daher der Buchstabe „M“. Ein- und Ausgabe erfolgten über Lochkarten, die Software wurde je nach Aufgabenstellung über eine Stecktafel programmiert. Wir lieferten die Rechenanlage ohne Ein- und Ausgabe eingebaut in ein Mithra-Gehäuse. Die ganze Angelegenheit war sehr geheim, denn es wäre wohl der Datenverarbeitungsfirma Remington Rand sehr peinlich, wenn bekannt würde, dass der enthaltene Rechner nicht von ihr stammte.

Unser Relaisrechner M9 arbeitete im Festkomma und dezimal, d.h. jeweils 4 Binärstellen (eine Tetrade) bildeten eine dezimale Dekade. Da dummerweise 4 Binärstellen 16 Möglichkeiten bieten, aber für die Dezimalziffern nur 10 benötigt werden, muss nach jeder Rechenoperation eine Korrektur durchgeführt werden. Wir verwendeten den Stibitzcode, d.h. die Binärzahlen 3 bis 12 einer Tetrade bildeten die Werte 0 bis 9 einer Dezimalziffer. Die erforderliche Korrektur bestand in der Addition oder je nach Operation Subtraktion einer 3.

Ich erhielt zur weiteren Einarbeitung die Schaltungsunterlagen der M9. Dabei fiel mir auf, dass im Rechenwerk je Dezimalstelle jeweils 2 Additionsschaltungen hintereinander angeordnet waren, die zweite richtigerweise für die Korrektur. Das war eine logisch hübsche Lösung, aber auch die wirt-

schaftlichste? Ich entwickelte ein logisches Schema für die Kombination beider Schaltungen: Welche Zahlenkombinationen können hineinkommen und welche Resultate sollen herauskommen. Das ergab eine völlig neue Schaltung mit deutlicher Reduzierung des Relaisaufwandes, und da es sich um ein Parallelrechenwerk handelte, vervielfachte sich die Ersparnis. Die M9 käme nun mit 10–15 % weniger Relais aus. Das erfreute den für Produktion und Kalkulation zuständigen Firmenteilhaber Alfred Eckhard sehr, allerdings kam ihm die ganze Angelegenheit etwas suspekt vor. Da kommt so ein junger Spund und will da ein Ei des Columbus gefunden haben, wenn das mal funktioniert! So wurden zunächst eine oder zwei Dezimalstellen mit meiner Schaltung in der Werkstatt zusammengelötet und mit allen erdenklichen Zahlenkombinationen getestet – es funktionierte wirklich. So entschloss man sich, das Risiko zu übernehmen und ab sofort meine neue Schaltung in die laufende Serie einzubauen.“

Dezimal- ziffer	Dualzahl				Stibitzcode			
	Tetrade				Tetrade			
0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	1	0	1
3	0	0	1	1	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	1
5	0	1	0	1	1	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0	0	1
7	0	1	1	1	1	0	1	0
8	1	0	0	0	1	0	1	1
9	1	0	0	1	1	1	0	0

Anmerkung
 Stibitz-Code oder Drei-Exzess-Code oder Exzess-3-Code: Dualzahl +3 (0011).
 Dezimalzahlen, die als Dualzahlen dargestellt sind, werden als Dezimal-Dualzahlen (DD-Zahlen) bezeichnet.
 Stibitz hatte Ende der 1930er Jahre an den Bell (Telephone) Labs in New York den (nicht programmierbaren) Relaisrechner *Complex Number Calculator* (später Model 1 genannt) entwickelt.

Abgekürztes Rechnen dank Verschlüsselung der Binärzahlen mit 3

Der Elektroingenieur *Ernst Inauen* hat 1962 eine sehr aufschlussreiche Diplomarbeit zu einem Relaisrechner mit Lochstreifenneingabe und -ausgabe verfasst, in der u.a. ein geschicktes Verfahren für die Beschleunigung des Rechengangs beschrieben wird: Verschlüsselung der Binärzahlen mit 3 (Drei-Exzess-Code). Das Dualsystem wird dem Dezimalsystem angeglichen, was das Rechnen vereinfacht. Dadurch erfolgt der Übertrag zwischen den beiden Systemen gleichzeitig, im Zehnersystem bei 10, im Zweiersystem bei 16. Bei der Multiplikation addiert die M9 den 1- oder 2-fachen bzw. den 5-fachen Wert, um die Rechenzeit zu kürzen, also für eine 9 zweimal den 2-fachen und einmal den 5-fachen Wert. Bei der Division addiert die Maschine komplementär den 1- oder 2-fachen bzw. den 5-fachen Wert. Intel hat dieses Verfahren erst um 2005 wieder entdeckt und übernommen. Ein vorzügliches Merkmal der M9 war auch das leistungslose Schalten möglichst ohne Funkenbildung und mit Überbrückung der Prellzeiten der Kontakte. Dabei wird zuerst der Kontakt geschlossen, erst dann darf der Strom über den Kontakt fließen. Beim Abschalten wird der Kontakt erst geöffnet, nachdem kein Strom mehr fliesst. Dazu wird ein Impulsgeber (Schaltwalze) verwendet. Zum Einsatz kommen Relais mit einer Ansprech- und einer Haltewicklung.

Remington Rand, Zürich: Personen**Wartungstechniker für die M9 bei der Schweizer Remington Rand**

Name	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Huggler, Werner																
Inauen, Ernst																
Stadelmann, Hansjürg																
Steinmann, Josef																
Winteler, Fred																

Benutzer der M9

Name	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Forrer, Max 1)																
Stadelmann, Hansjürg 2)																

Zeichenerklärung

Tätigkeit für die M9

*Weitere Wartungstechniker bei Remington Rand*

Max Gloor, Ruedi Hofmann, Josef Künzli, Ernst Mettler, Straub, Georges Vörös

Direktor der Schweizer Remington Rand

Oskar Weder

Verwaltungsratspräsident der Schweizer Remington Rand

Rudolf Waltisbühl

Anmerkungen

Die Wartungstechniker betreuten auch andere Maschinen wie die Univac 120.

Hansjürg Stadelmann war ab Herbst 1951 bei Remington Rand angestellt. Anfänglich wurden Rechenmaschinen der Marke Samas aus Paris vertrieben.

1) Spinnerei & Weberei Dietfurt (Bütschwil)

2) Stadtverwaltung Winterthur

© Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, ETH Zürich 2011

Wie sah die M9 aus?

Die programmgesteuerte Rechenanlage M9 setzt sich aus drei Teilen zusammen, einem Rechner, einer Lochkarteneinheit (Lochkartenleser/Lochkartenstanzer) und einem getrennten Gleichrichter (Gerät für die Umwandlung von Wechselspannung in Gleichspannung). Der Rechner besteht aus einem Rechenwerk und einem Speicherwerk, er hiess damals „Panneau-Relais-Schrank“, das Lochkartengerät wurde „Untergestell“ genannt. Der Relaisschrank hatte vier aufklappbare Türen und beherbergte im ganzen vier Relaisrahmen. Auf der Stirnseite der Recheneinheit wurden die Programmschalttafeln eingesetzt (Einschub mit einem Hebel. Bei den ersten Geräten wurden die Schalttafeln mit einem Motor eingezogen). Die Relaismaschine wurde über diese auswechselbaren Stecktafeln gesteuert, auf denen der jeweilige Operationsablauf verdrahtet war. Die M9 konnte alle vier Grundrechenarten ausführen.

Zusatzgerät zum Rechenlocher „Powers M9“ der schweizerischen Remington Rand

In seinen Werken zur Bildgeschichte der Rechentechnik bezeichnet Wilfried de Beauclair den „Panneau-Relais-Schrank“ (Rechner) als „Zuse Z9. Multiplikationswerk zum Rechenlocher M9 (Powers)“ bzw. „Zuse Z9 Relaisrechner-Zusatz für Lochkartenmaschinen der schweizerischen Remington Rand“. Das „Untergestell“ war eine gemeinsame Entwicklung der Remington Rand und der Zuse KG. Schaltwalzen und Abfühlobox mit Sandwichkontakten, die die abgefühlten Lochkartenwerte in elektrische Signale umwandelte, und der Gleichrichter kamen von Zuse. In Zürich wurden die Relaisrahmen in die Relaisschränke eingebaut, verkabelt und erprobt. Die Zeichnung zum „Untergestell“ trägt gleich wie die Abbildung des Relaisschranks das Kürzel des verantwortlichen Zuse-Entwicklungsingenieurs Alarich Baeumler (vgl. Seiten 45–46).

- 21 -

Daher muss die Tetrade (links) durch den Abzug einer 3 korrigiert werden. Bei der Addition zweier Tetraden, deren Ergebnis gleich oder grösser als 10 ist (rechts), beträgt der Übertrag nicht 10 ($= x$), sondern 16 ($= x + 6$). Infolgedessen verbleiben in der Übertragerzeugenden Stelle $t = 2(x+3) - (x+6) = x$. Dieser Tetrade muss daher gemäss den Bedingungen des Dreier-Excess-Codes wiederum eine 3 hinzugefügt werden ($t = x+3$). Dies gilt auch für die übertragempfangende Stelle, soweit in ihr nur der Übertrag erscheint.

Beispiel 2

Operation		Dezimalzahl x	Binäre Tetrade ($x + 3$)
Art d. Übertragerkorrekturen	Tetraden		
	0101 1000 + 0101 1000	25	5/8
	1010 0000	25	5/8
Stellen- Ue.	1		
	1011 0000		11/0
Minus- u. Plus-korrektur	- 0011 +0011		-3/3
	1000 0011	50	8/3

- 20 -

2.3.2 Die Addition im Dreier - Excess - Code

Bei der Addition, auf die in unserem Falle auch die Subtraktion zurückgeführt werden kann, werden alle Ergebnisse (Tetraden), die kleiner als 10 sind, durch den Abzug einer 3, alle Ergebnisse die grösser oder gleich 10 sind durch die Hinzufügung einer 3 in der Übertragerzeugenden Stelle (Tetrade) korrigiert (s. Beisp. 1)

Beispiel 1

Operation		Dezimalzahl x	Binäre Tetrade ($= x + 3$)
Art der Korrektur	Tetrade		
	0101 + 1001	3	6
	1111	6	9
Minuskorr.	- 11		15
	1100	9	- 3
			12

Bei der Addition zweier Tetraden ($t = (x + 3)$) zweier mehrstelliger Summanden, deren Ergebnis kleiner als 10 ist, erhält die Summe ein um 3 höheres dezimales Gewicht, als es nach den Bedingungen des Systems gestattet ist.

Addition im Drei-Excess-Code. Quelle: Ernst Inauen, Diplomarbeit Relaisrechner 1962

Wo wurde die M9 verwendet?

Die Schweizer Remington Rand AG richtete die programmgesteuerte Rechenmaschine M9 in den 1950er Jahren bei zahlreichen Unternehmen ein:

- Aluminium, Chippis (heute Alcan Aluminium Valais, Tochter des australischen Konzerns Rio Tinto, Melbourne),
- ATAG Allgemeine Tabak AG, Reinach AG (heute Villiger Söhne, Pfeffikon),
- Charmilles, Genf (heute Georg Fischer, Schaffhausen),
- Konservenfabrik, St. Gallen-Winkeln (später Tochter von Hero, Lenzburg, aufgelöst),
- Elektrizitätswerk der Stadt Zürich,
- Maschinenfabrik Rieter, Winterthur,
- Remington Rand, Zürich (heute Unisys (Schweiz), Thalwil),
- Spinnerei & Weberei Dietfurt, Bütschwil (aufgelöst),
- Swissair, Zürich (in Liquidation),
- Trüb, Täuber, Hombrechtikon (aufgelöst),
- Von Roll, Klus,

Auch Verwaltung und Forschung nutzten die M9:

- Stadtverwaltung Winterthur,
- Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung (heute Paul Scherrer Institut, Villigen).

In einigen Fällen ist es unsicher, ob die betreffenden Betriebe eine M9 oder eine Univac 120 eingesetzt haben: Alu Menziken, Schweizerische Bundesbahnen (SBB, www.sbb.archiv.ch), Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur (Nachfolgefirmen: Winpro, Stadler Winterthur). Alle erwähnten Betriebe (auch die aufgelösten) und Behörden wurden befragt. Es gibt kaum Angaben über die ab 1953/1954 ausgelieferten ersten Modelle.

Die M9 wurde verkauft (z.B. Bütschwil) oder vermietet (z.B. Winterthur). Zudem bot Remington Rand in ihrem Rechenzentrum in der Zürcher Binz Dienstleistungen an.

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 *Ernst Inauen*, *Josef Steinmann* und *Fred Winteler*, ehemals Wartungstechniker der M9 bei der Schweizer Remington Rand, und *Max Forrer*, dem langjährigen Leiter des Rechenzentrums bei der Spinnerei & Weberei Dietfurt in Bütschwil, für die Bereitstellung von Schriftstücken, Zeichnungen und Fotografien zu grossem Dank verpflichtet. Josef Steinmann hat die Fachwelt auf die in Vergessenheit geratene programmgesteuerte Rechenmaschine M9 aufmerksam gemacht. Die Übergabe der Schriftstücke von Fred Winteler fand am 6. Juni 2011 in Zürich statt. Die Sammlung von Max und Markus Forrer umfasst neben Bauteilen u.a. seltene Bilder zur M9 sowie zahlreiche von Hand gezeichnete grossformatige Originalablaufpläne und eine ausführliche Dokumentation über die für den Betrieb erstellten Lochkarten. Die Unterlagen wurden am 21. Juni 2011 in Bütschwil gesichtet.

Z1 bis Z11

Die Rechenanlagen Z1 bis Z5 waren Einzelanfertigungen. Die Z1 bis Z3 wurden im Krieg zerstört, die Z4 stand von 1950 bis 1955 an der ETH Zürich. Sie befindet sich heute im Deutschen Museum in München. Die Z5, eine Weiterentwicklung der Z4, wurde ab 1950 für die Firma Leitz in Wetzlar gebaut und 1954 ausgeliefert. Später wurde sie verschrottet. 1951 wurden Vorarbeiten zu einer Neukonstruktion, die Z6, aufgenommen, das Projekt wurde wieder fallen gelassen. 1952 wurden die unter der Bezeichnung Z7 und Z8 für die Firma Remington Rand entwickelten Rechenlocher ausgeliefert. In der Schrift „Zuse KG: Zuse. 25 Jahre Entwicklung programmgesteuerter Rechenanlagen,

Bad Hersfeld, 1961“ ist auf Seite 33 zu lesen: „1953. Der Rechenlocher Z 9 – später unter der Bezeichnung M 9 geführt – wird entwickelt und in einer Serie von 25 Stück ausgeliefert.“ 1954 begann die Entwicklung der Z11, sie wurde 1955 in drei Ausfertigungen (für die Vermessungstechnik, die Optik und das Versicherungswesen) weiter entwickelt und ab 1956 ausgeliefert.

Konrad Zuse führt in seinen Lebenserinnerungen die Typen Z6 bis Z10 nicht namentlich auf. Zu den Rechenlochern Z7 und Z8 gibt es nur wenige verlässliche Angaben, auch über die M9 waren bislang nur wenige Schriften bekannt. Der mechanische Rechenlocher (Z7/Z8) wurde laut Zuse nie praktisch eingesetzt. Erfolgreich war hingegen der mit Relais arbeitende Rechenlocher M9. Nur die M9 und die Z11 waren in grösseren Stückzahlen verfügbar.

Die Beziehungen zwischen den Modellen Z7, Z8 und M9 sind unklar. Es gab mehrere Entwicklungsstufen: mechanische Rechenlocher für die amerikanische Remington Rand, eine M9 mit jeweils vier einschiebbaren Relaisrahmen für technische Anwendungen, eine M9 mit eingehängten Relaisrahmen für kaufmännische Anwendungen. Die Schalttafeln waren gelötet. Von der M10 wurde laut Josef Steinmann um 1956/1957 ein Prototyp gebaut. Das Rechenwerk bestand aus Relais, der Speicher aus (Philips)Röhren. Das Vorhaben wurde aber nicht weitergeführt, weil die Univac 120 auf den Markt kam. Laut Max Forrer entwickelte die Firma Mithra die M10 unter grosser Geheimhaltung.

ETH Zürich wartet vergeblich auf den Rechenlocher M10

Im Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1953 (Seite 4) ist zu lesen: „Die Firma Remington Rand ist in ihren Zürcher Laboratorien mit der Entwicklung von Lochkartenvorrichtungen beschäftigt. Diese stehen vor dem Abschluss, und die in der Schweiz hergestellten Einheiten werden voraussichtlich durch uns verwendet werden.“ Am 29. Dezember 1953 wurde für Lochkarteneinrichtungen von Remington ein Kredit von 110 000 Franken beantragt. Drei Jahre später (Tätigkeitsbericht 1956, Seite 5) erfährt man: „Dasselbe (d.h. erhebliche Lieferverzögerung wegen technischer Schwierigkeiten) gilt für die Lochkartengeräte, die als Ein- und Ausgang für die ERMETH geplant waren und die von der Firma MITHRA (Tochtergesellschaft der REMINGTON) bereits im Herbst 1955 hätten abgeliefert werden sollen. Sie sind aber bis heute nicht eingetroffen.“ Eduard Stiefel hält schliesslich im Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1957 auf Seite 3 fest: "Die Firma Remington hat uns mit der Lieferung von 2 M10-Lochkartenanlagen vollständig im Stich gelassen und den diesbezüglichen Lieferungsvertrag gekündigt, da sie sich hinsichtlich der Fertigstellung dieser noch in Entwicklung befindlichen Geräte schwer getäuscht hatte."

Geheimnisvolle Mithra

Zusammenfassend ist festzustellen: Die an der Zürcher Grubenstrasse 11 (Binzhof) ansässige Mithra war laut Zeitzeugen eine Entwicklungsfirma. Die Tochter der Schweizer Remington Rand war Namensgeberein der M9 und der M10. Die M9 wurde von der Zuse KG im Auftrag der Zürcher Remington Rand entwickelt und gebaut und über diese Firma vertrieben. Die von Mithra Mitte der 1950er Jahre entwickelte M10 war ein Misserfolg. Wegen technischer Schwierigkeiten wurde sie nicht vollendet, es gab nur ein Muster. Laut Max Forrer kam das Aus für die M10 von der amerikanischen Muttergesellschaft. Die beiden deutschen Entwicklungsingenieure (einer hiess Flandorfer) seien völlig niedergeschlagen gewesen. Unklar bleibt das Verhältnis zwischen der Zuse KG und der M10.

Nach Auskunft des Staatsarchivs des Kantons Zürich werden im Schweizerischen Handelsamtsblatt (Bern) folgende Firmen in folgenden Zeiträumen erwähnt: Waltisbühl & Co: 1918–1976, Sperry AG: 1925–1958, Remington Rand: 1958–1966, Mithra AG: 1946–1957.

1955 übernahm Sperry die Remington Rand. Das neue Unternehmen hiess Sperry Rand. 1986 schlossen sich Sperry und Burroughs zu Unisys zusammen.

Die Mithra AG war ursprünglich an der Lavaterstrasse 11 (Enge). Ihre Tätigkeit: „Fabrikation und Vertrieb von photographischen und technischen Erzeugnissen aller Art“. Im Firmenverzeichnis des Kantons Zürich (Hrsg: Kantonales Handelsregisteramt, Zürich; Orell Füssli, Zürich) wird 1946 Werner Graf von Bärenswil als Verwaltungsrat aufgeführt, 1955 jedoch Fritz Waltisbühl von Bremgarten AG. 1955 war William Kuhlman, Bürger der USA, Direktor und Chester Grover Ziehm, Bürger der USA in Kilchberg ZH, Präsident. Bei Waltisbühl & Co (Bahnhofstrasse 46, PKZ-Haus) werden 1946 und 1951 u.a. genannt: Fritz Waltisbühl, Zürich, und Hugo Waltisbühl, Basel (beide Bürger von Bremgarten AG), sowie Dr. Rudolf Waltisbühl von Bremgarten AG. 1946 werden Büromaschinen als Zweck bezeichnet, 1951 hingegen Verwaltung von Liegenschaften und Beteiligungen (Mitteilung des Stadtarchivs Zürich).

Weltweit einzige M9 im Museum für Kommunikation, Bern

Das Museum für Kommunikation in Bern konnte im Juni 2010 aus der Sammlung des Winterthurer Technoramas, die aufgelöst wurde, einen Remington-Rechenlocher M9 übernehmen. Die Geräte stammen ursprünglich aus der Stadtverwaltung Winterthur. Die Maschine war ab 1961 etwa 2 bis 3 Jahre beim Finanzamt der Stadtverwaltung Winterthur in Betrieb. Sie stand im 1. Stock des Stadthauses. Die gemietete Maschine wurde für die Rechnungen der städtischen Werke (Strom, Gas und Wasser) verwendet. Leiter der Lochkartenzentrale war *Hansjürg Stadelmann*. Ihm ist zu verdanken, dass die Anlage nicht verschrottet wurde, sondern 1964 ins Winterthurer Technorama (Lager in Bülach) kam. 1963 beschloss der Grosse Gemeinderat von Winterthur die Anschaffung einer Univac 1004. Die M9 wurde laut Stadelmann als vollständige Anlage dem Technorama übergeben, heute fehlt jedoch der Relaisschrank, der offenbar im Technorama verloren ging.

In den meisten Betrieben wurde die M9 für Lohnabrechnungen eingesetzt, ab und zu auch für technische Berechnungen (z.B. Turbinen) sowie für die Vor- und Nachkalkulation. In Dietfurt diente die Maschine für die ganze Buchhaltung (u.a. Lohnabrechnung, Abrechnung für Sozialversicherungen, Fakturierung, Lieferscheine, Verkaufsstatistik), die Lagerverwaltung und auch für die Gemeindeverwaltung von Bütschwil. Max Forrer, von Beruf Elektriker, betreute die M9 von Mitte 1956 bis 1968. Er schrieb rund 1000 Zusatzprogramme für die M9 und die dazu gehörigen Lochkartenmaschinen, die auf Lochkarten gespeichert wurden, je Programm waren es 50 bis 100 Lochkarten. Die M9 wurde in Regel nicht von den Benutzern, sondern von den Wartungstechnikern programmiert. Die Maschine hatte keinen Drucker, die Ergebnisse wurden auf Lochkarten ausgestanzt.

Das Museum für Kommunikation in Bern besitzt eine Sammlung von Bau- und Konstruktionsunterlagen zur M9. Die Urkunden stammen aus den Jahren 1953 und 1954. Sie wurden am 1. Februar 2011 von Hans Neukom und vom Verfasser näher unter die Lupe genommen. Die Geräte wurden spätestens ab 1954 ausgeliefert (vgl. Beleg Rieter, Winterthur, Seite 39). Es ist das Verdienst von *Fred Winteler* sowie von *Max* und *Markus Forrer*, dass heute noch zusätzliche technische Unterlagen zur M9 vorhanden sind. Sie „tauchten“ im Mai/Juni 2011 (wieder) auf. Ausser der M9 gibt es in Bern auch eine Z25. Dieser Transistorrechner wurde ab 1963 ausgeliefert.

Das Berner Museum für Kommunikation ist wohl weltweit das einzige Museum, das einen Rechenlocher M9 der Zuse KG besitzt. Die folgenden Museen haben keine solchen Maschinen: Atheneum, Bonn; Computerschausammlung, Fachhochschule Kiel; Deutsches Museum, München; Deutsches Technikmuseum Berlin; Heinz-Nixdorf-Museumsforum, Paderborn; Konrad-Zuse-Computer-museum, Hoyerswerda; Technisches Museum Wien; Technische Sammlungen der Museen der Stadt Dresden; Zentrum für Kunst und Medientechnologie, Karlsruhe; Konrad-Zuse-Museum, Hünfeld; Museum of the History of Science, Oxford; Science Museum, London; Canada Science and

Technology Museum, Ottawa; Computer History Museum, Mountain View, CA. Nachforschungen zu den Zuse-Maschinen (Rechenautomaten und Rechenlocher) wurden in vielen europäischen Ländern (u.a. Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Österreich, Schweiz) sowie in Nordamerika (Kanada, USA) durchgeführt.

Videogespräch mit Zeitzeugen der M9

Beatrice Tobler vom Museum für Kommunikation in Bern und der Verfasser führten am 19. Mai 2011 im Depot Schwarzenburg bei Bern ein Gespräch mit drei Zeitzeugen der M9 – Werner Huggler, Ernst Inauen und Josef Steinmann – durch. Dabei fertigte die Firma Videocompany.ch (Zofingen) eine Videodokumentation an. Sie ist für die Sammlung bestimmt.



Gespräch mit Zeitzeugen im Depot Schwarzenburg des Berner Museums für Kommunikation (19. Mai 2011). Von links nach rechts: Werner Huggler, Josef Steinmann und Ernst Inauen – drei ehemalige Wartungstechniker der Remington Rand – Herbert Bruderer (ETH Zürich) sowie Beatrice Tobler (Kuratorin des Museums für Kommunikation, Bern). Im Hintergrund, zwischen Steinmann und Inauen, das „Untergestell“ (Lochkartenleser/Lochkartenstanzer) der M9, links davon die Relaisrahmen der M9.

© videocompany.ch, Zofingen

Wie kam es zu den Nachforschungen zur M9?

Dank einer Mitteilung eines damaligen Wartungstechnikers, *Josef Steinmann*, wurde der Verfasser auf den Rechenlocher M9 aufmerksam. Es war ein Leserecho auf einen Jubiläumsbeitrag, der an Zuses 100. Geburtstag (22. Juni 2010) in der auflagenstarken Tageszeitung „Tages-Anzeiger“ (Zü-

rich) erschien. Dann begann eine sehr aufwendige, systematische Suche nach weiteren Zeitzeugen, Nutzern des Rechenlochers, Urkunden zur M9, verbunden mit weltweiten Nachforschungen nach noch vorhandenen Exemplaren der Rechenanlage. Die Verantwortlichen bei der Zürcher Remington Rand sind längst gestorben.

Beim Gespräch mit drei Zeitzeugen im Berner Museum für Kommunikation offenbarte sich, dass eine Maschine, die fälschlicherweise der M9 zugeordnet wurde, eine bislang verschollene Lochkartenstation der Ermeth ist.

Unterlagen zur M9

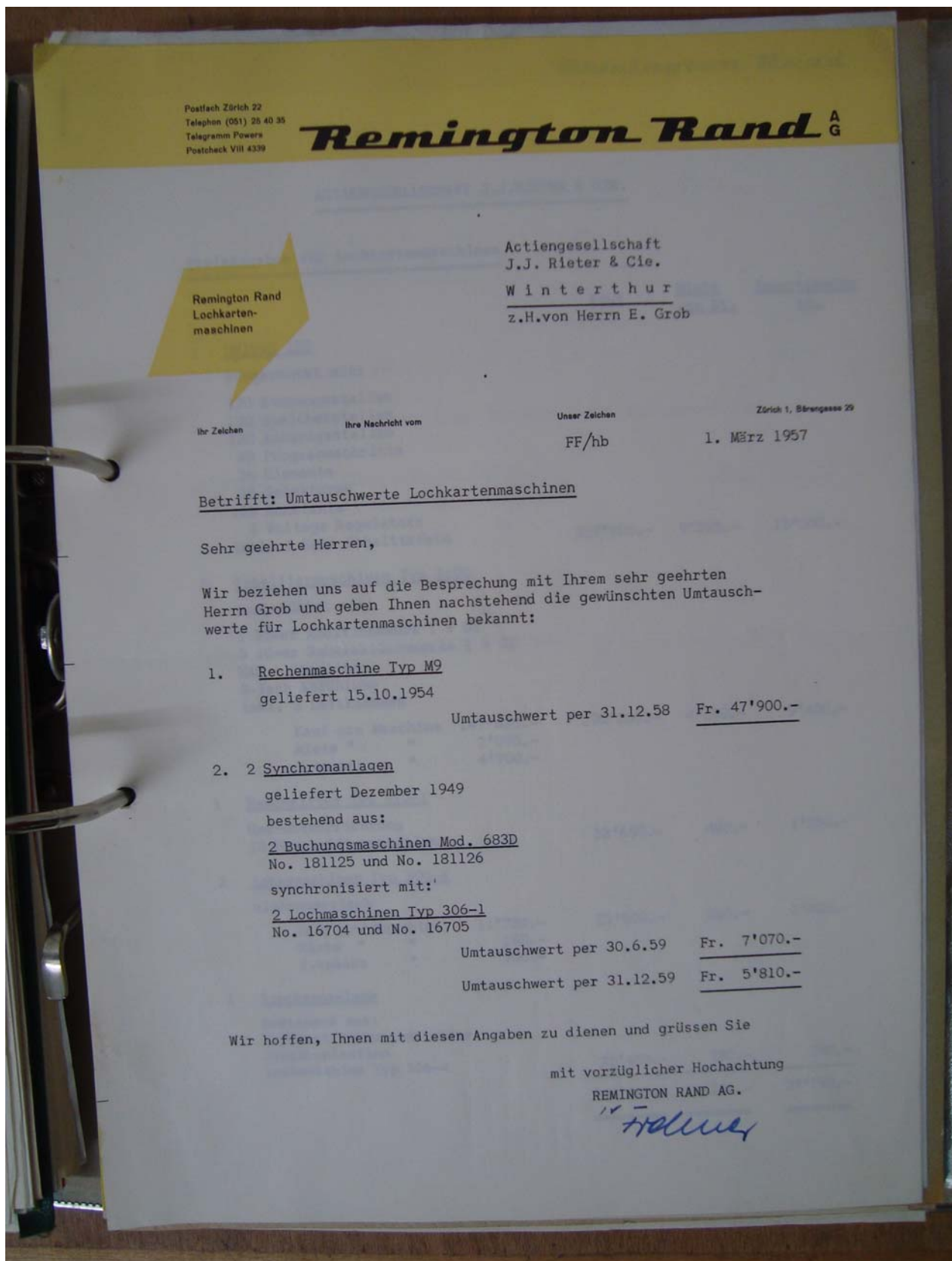
Es folgen ausgewählte, meist erstmals veröffentlichte Unterlagen zum programmgesteuerten Relaisrechner M9. Sie wurden uns in verdankenswerter Weise von ehemaligen Wartungstechnikern der Schweizer Remington Rand und von seinerzeitigen Kunden, d.h. Nutzern der Maschine, zur Verfügung gestellt.



Ernst Inauen, ehemaliger Wartungstechniker der Remington Rand, erklärt die Arbeitsweise der Relais. Relaisrahmen des Rechenlochers M9 (ohne Schrank). Von links nach rechts: Ernst Inauen, Beatrice Tobler (Kuratorin des Museums für Kommunikation, Bern), Josef Steinmann (ehemaliger Wartungstechniker der Remington Rand), Herbert Bruderer (ETH Zürich). © videocompany.ch, Zofingen

Lochkartentechnik

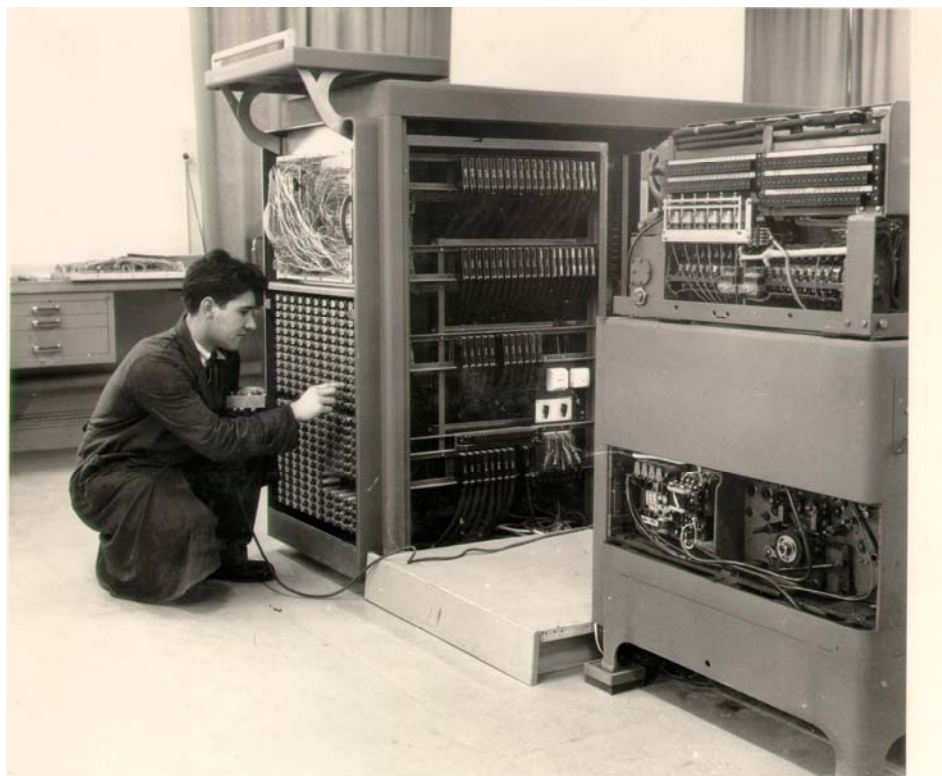
Es gab unterschiedliche Lochkartenmaschinen: Kartenlocher, Kartenstanzer, Kartenleser, Kartendoppler, Kartenprüfer, Kartenmischer, Kartensortierer (Sortiermaschinen). Für Rechenvorgänge dienten Tabelliermaschinen (Drucker) und Rechenlocher (Ausgabe auf Lochkarten). Ein Rechenlocher war eine Zusatzmaschine zu einer Lochkartenanlage. Die M9 hatte 90-spaltige Lochkarten.



Umtauschwerte von Lochkartenmaschinen: Remington Rand lieferte am 15. Oktober 1954 eine Rechenmaschine des Typs M9 an Rieter, Winterthur. © Maschinenfabrik Rieter AG, Winterthur, Historisches Archiv



Gesamtansicht der programmgesteuerten Rechenmaschine M9. Zwölf Jahre lang – von 1956 bis 1968 – stand eine solche Anlage in der Spinnerei & Weberei Dietfurt (Gemeinde Bütschwil) und wurde von Max Forrer gewartet und programmiert. Eine solche Anlage kostete ohne Programme etwa 200 000 Schweizer Franken. Von links nach rechts: Gleichrichter, Recheneinheit (Relaisschrank), Abfühl- und Locheinheit (Untergestell). © Max Forrer, Oberhelfenschwil



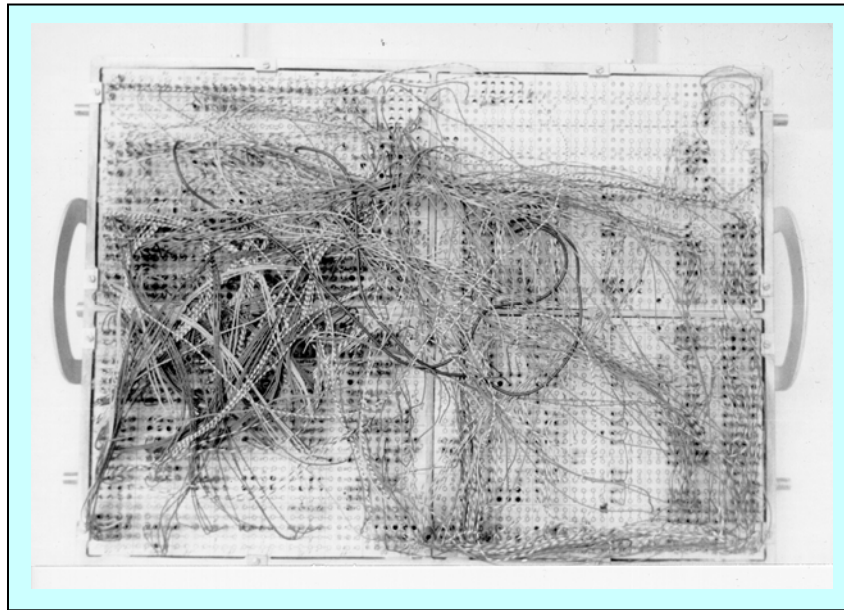
Max Forrer von der Spinnerei & Weberei Dietfurt während einer Wartung am Relaisschrank (Rechner) der M9. Rechts die offene Abfühl- und Locheinheit (Untergestell). © Max Forrer, Oberhelfenschwil



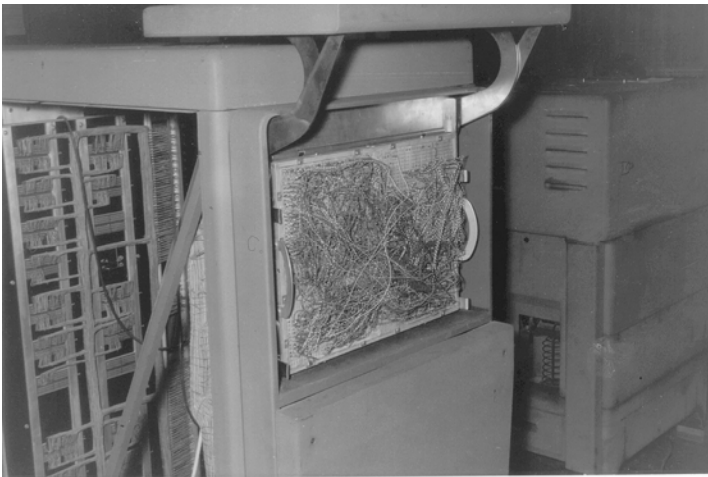
*M9 in der Spinnerei & Weberei Dietfurt, vorn die Lochkartenstation, hinten das Rechen- und Speicherwerk, rechts hinten ein herausgeschwenkter Relaisrahmen. Die Recheneinheit hatte rund 2200 Relais.
 © Max Forrer, Oberhelfenschwil*



*Gerät für die Lochkarteneingabe und -ausgabe (Untergestell) in geschlossenem Zustand.
 © Max Forrer, Oberhelfenschwil*



Auswechselbare, verdrahtete (d.h. gelötete) Schalttafel für die M9. Damit wird der Rechner programmiert. Mit den beidseitigen Griffen wird die Tafel auf der Vorderseite des Relaischranks eingesetzt. Bei den neueren Modellen wie in Dietfurt geschah dies ohne Motor. © Max Forrer, Oberhelfenschwil

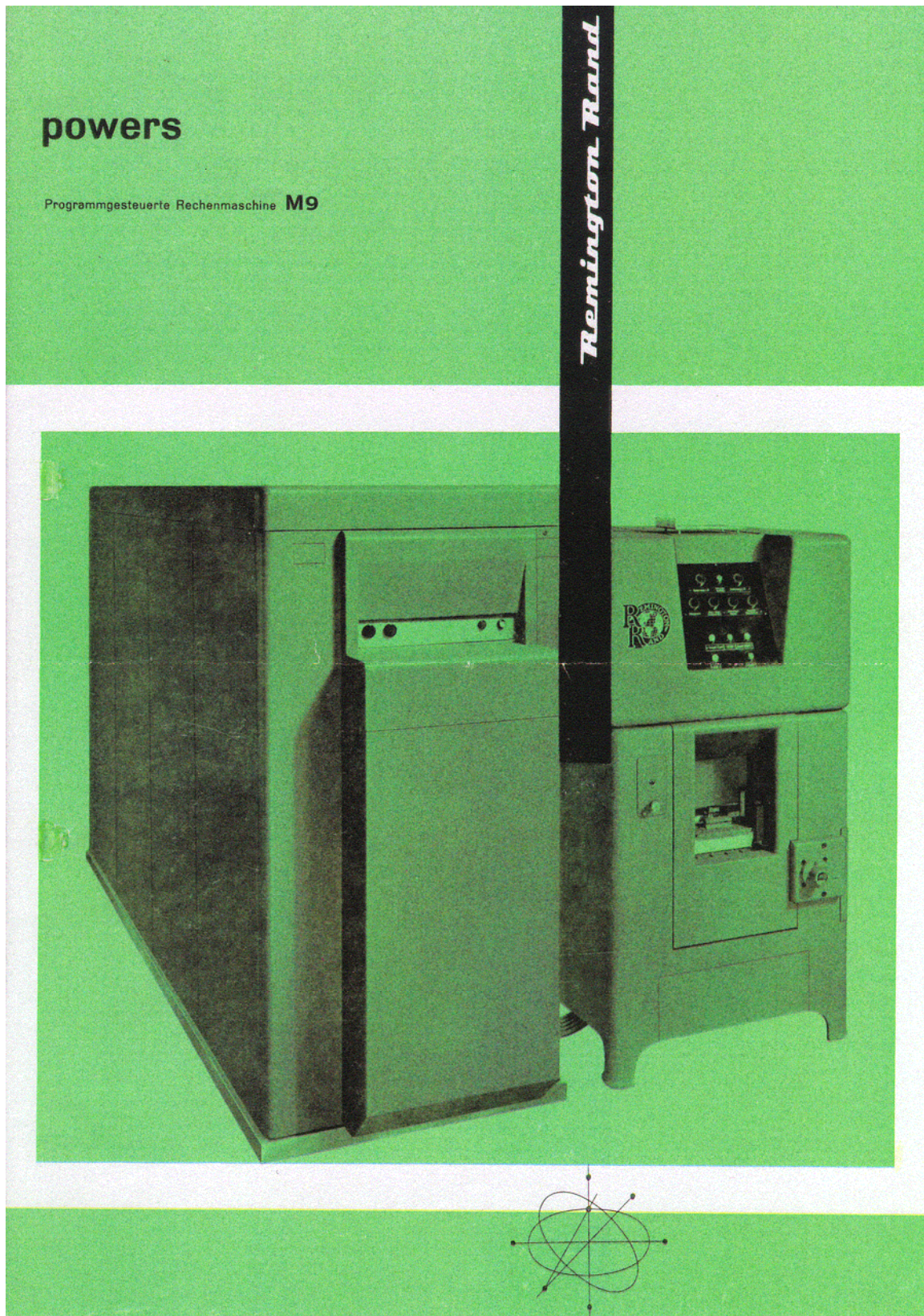


Spinnerei & Weberei Dietfurt AG, Bütschwil (SWD)

Die (störanfällige) M9 war volle zwölf Jahre bei der SWD in Betrieb. Das 1859 gegründete Textilunternehmen hatte zwischen 600 und 700 Beschäftigte und gehörte zu den grössten der Schweiz. Die Produktion wurde um die Jahrtausendwende eingestellt, die Gesellschaft 2005 aufgelöst. Die Weberei war in Bütschwil, die Spinnerei in Dietfurt. Die Firma gehörte seit 1941 zum Oerlikon-Bührle-Konzern und vertrieb ihr Feingewebe weltweit.

M9: Vorderseite der Recheneinheit. Hier wird die austauschbare Schalttafel eingesetzt. Max Forrer, Leiter des Rechenzentrums, Programmierer und Techniker in einer Person, hat rund 30 Stück programmiert. Im Kaufpreis der Gesamtanlage von rund 750 000 Franken war eine halbjährige Ausbildung bei Remington Rand an der Zürcher Grubenstrasse inbegriffen. Die M9 ist ein Parallelrechner. Das Rechenwerk besteht grundsätzlich aus vier Teilen und arbeitet im Parallelbetrieb. Daher werden sämtliche Stellen gleichzeitig addiert. Im Unterschied dazu zählt ein Serienrechenwerk Stelle für Stelle mit den einzelnen Überträgen zusammen. © Max Forrer, Oberhelfenschwil

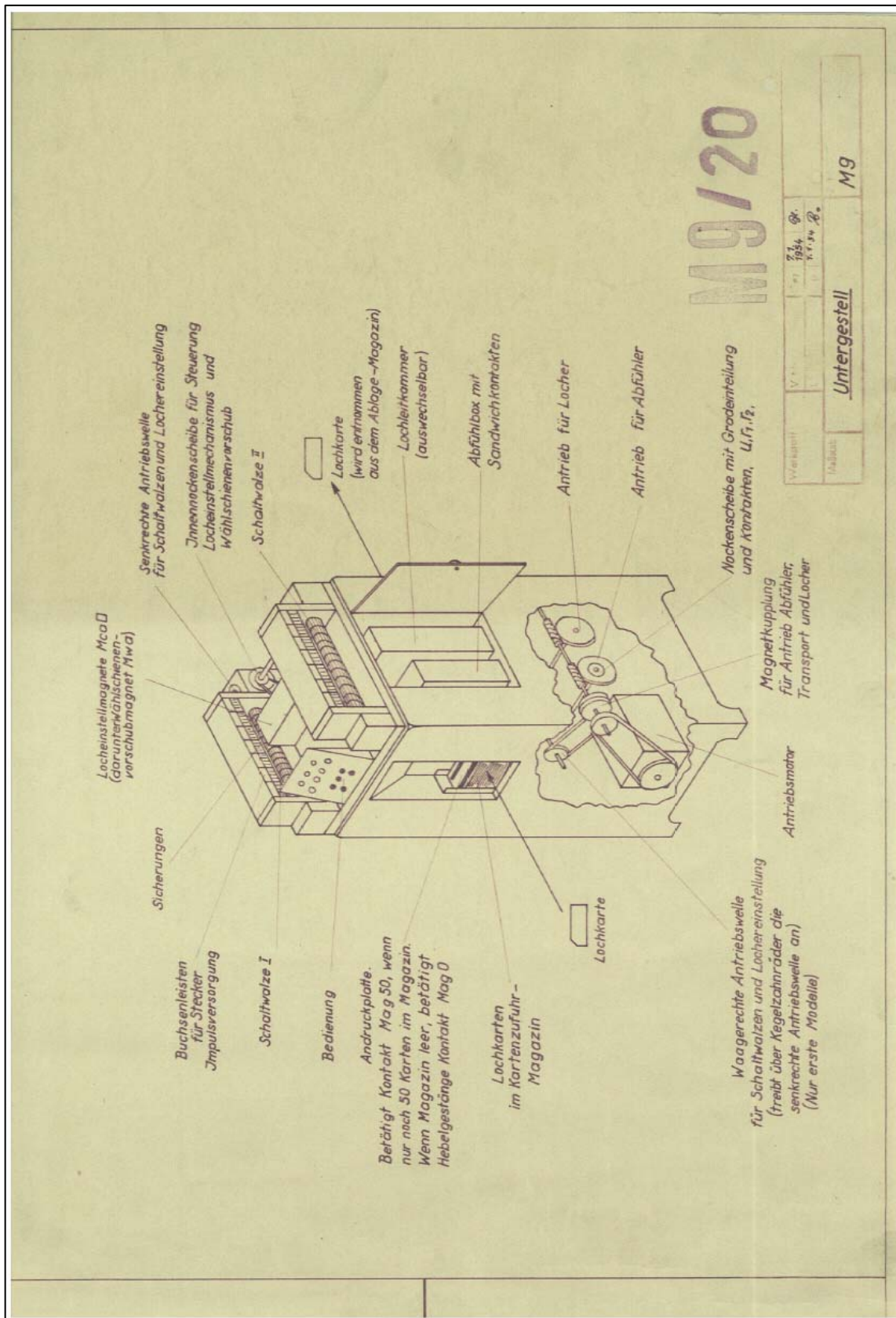




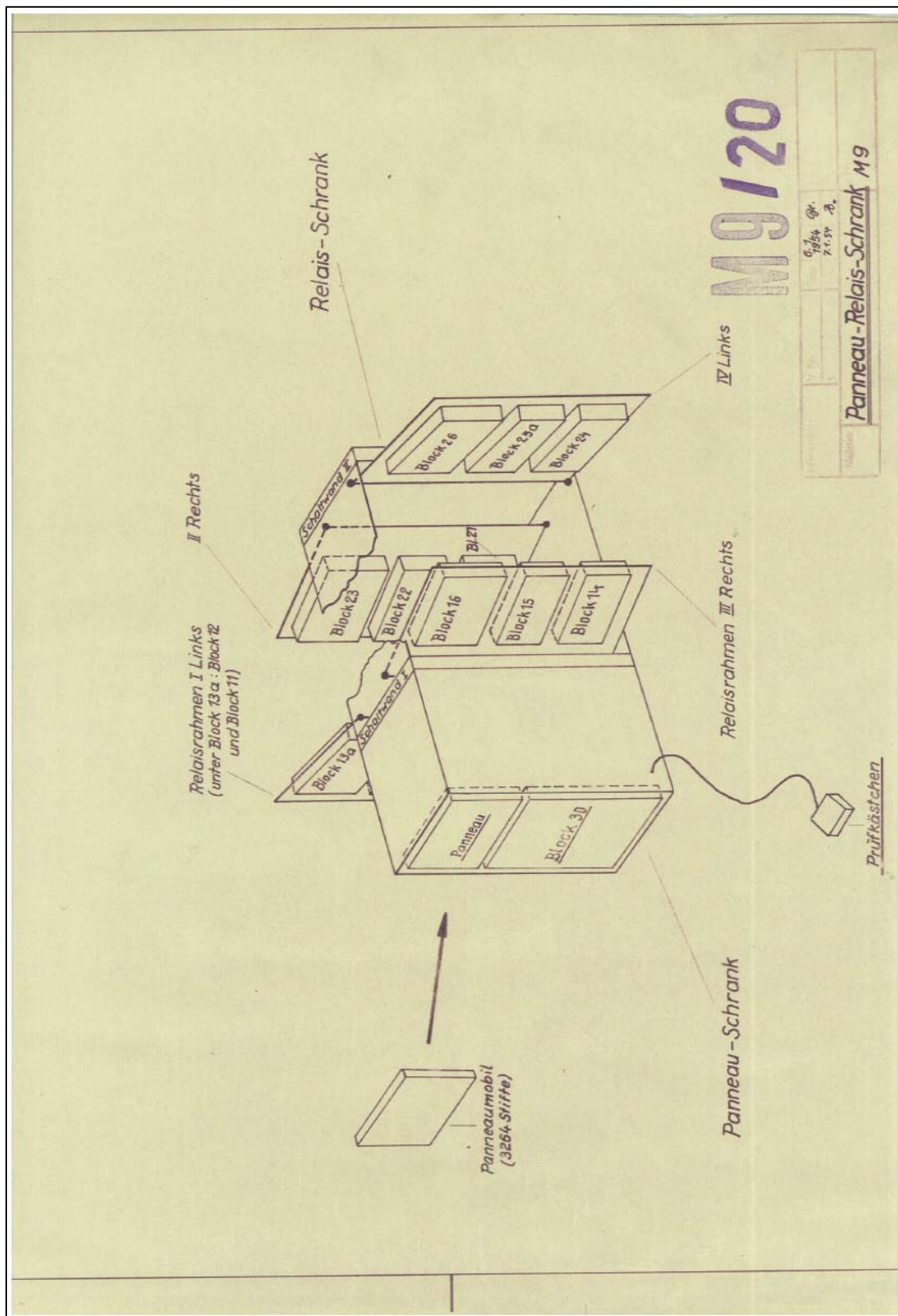
Gesamtansicht der programmgesteuerten Rechenmaschine M9: Schrank mit Relaisrahmen und auswechselbaren Schalttafeln (links) sowie Untergestell (Abfühl- und Locheinheit, mit Abfühlbox mit Sandwichkontakten). Quelle: Prospekt der Remington Rand AG, Lochkartenmaschinen Zürich



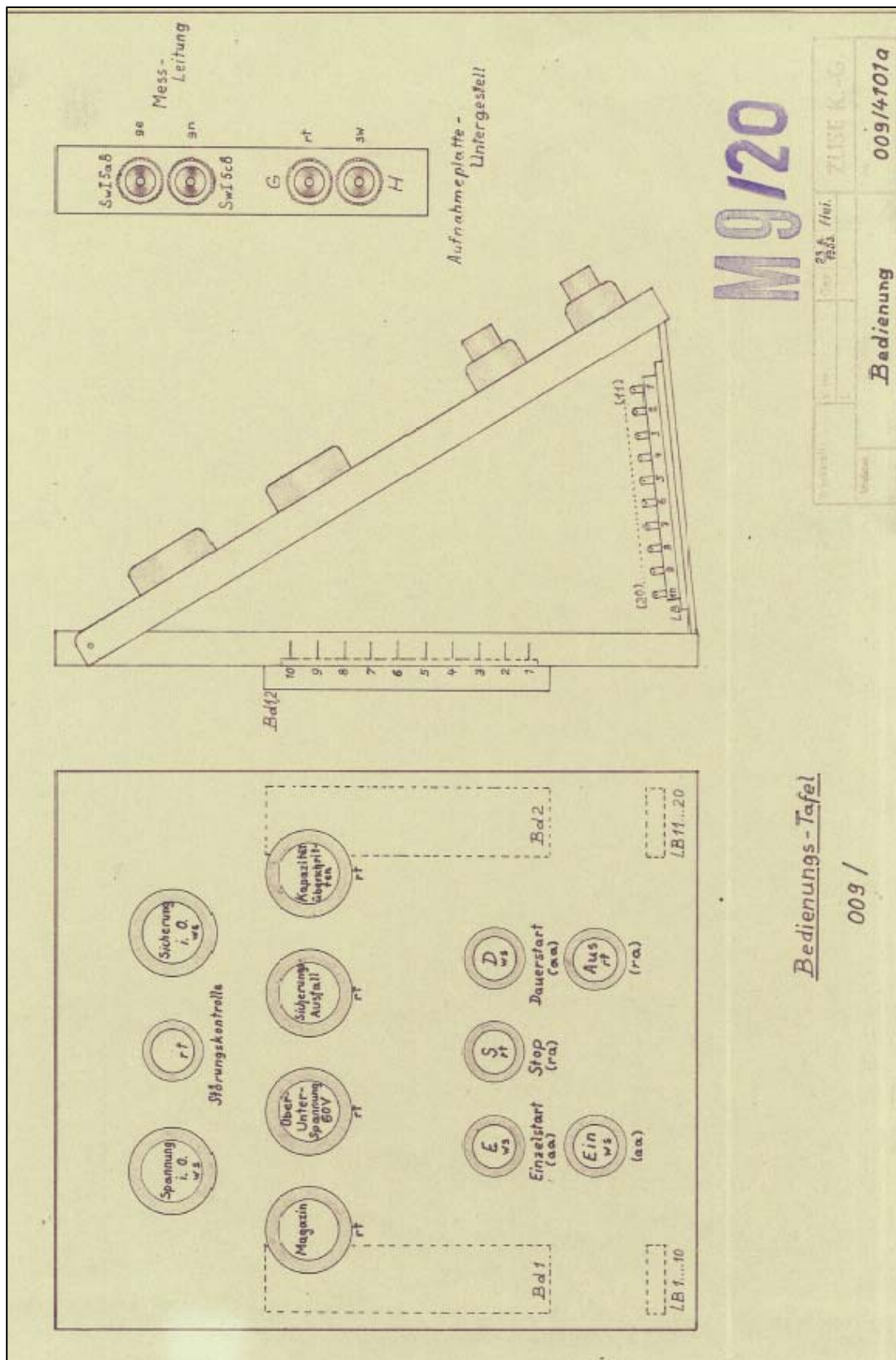
*Rechenlocher M9 für die Schweizer Remington Rand (Lochkarteneinheit).
 © Museum für Kommunikation, Bern*



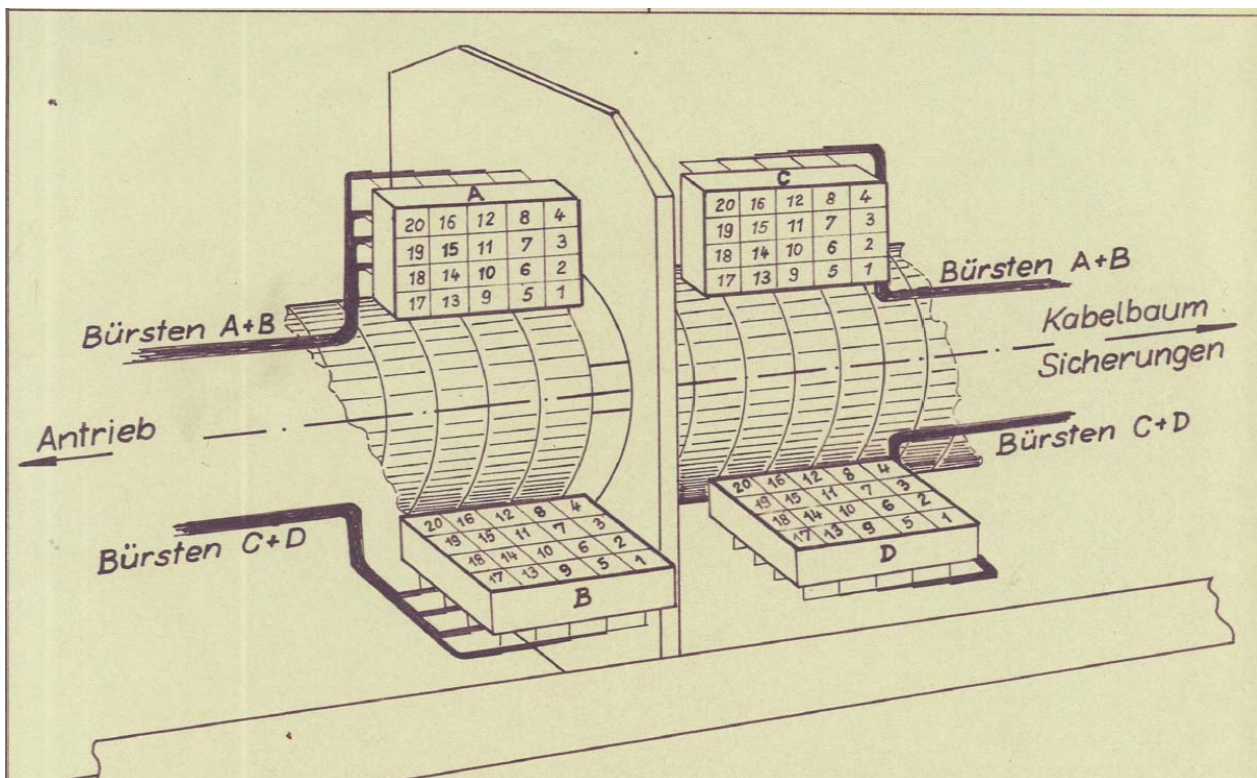
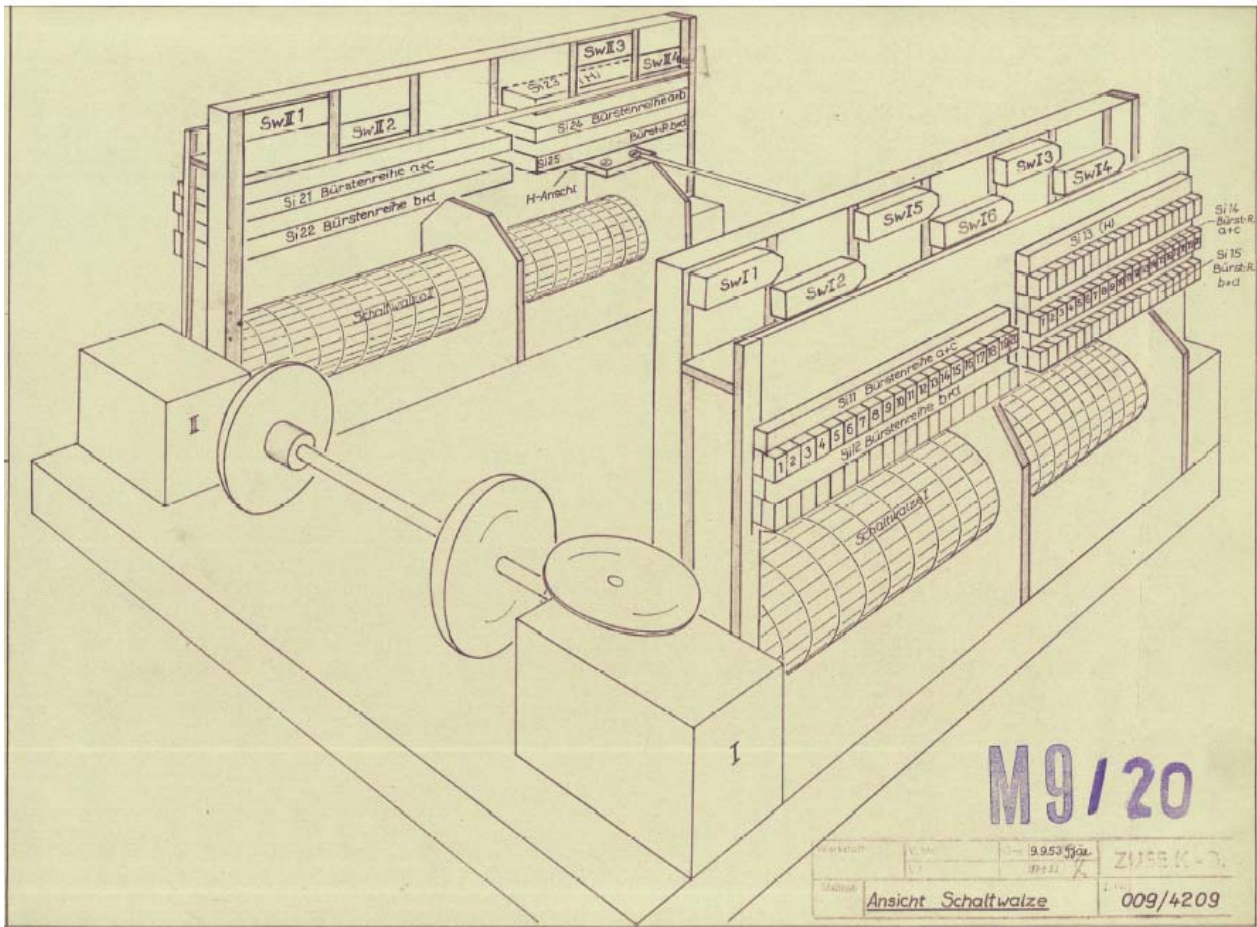
Untergestell der M9 (Lochkarteneinheit). Quelle: Sammlung, Museum für Kommunikation, Bern



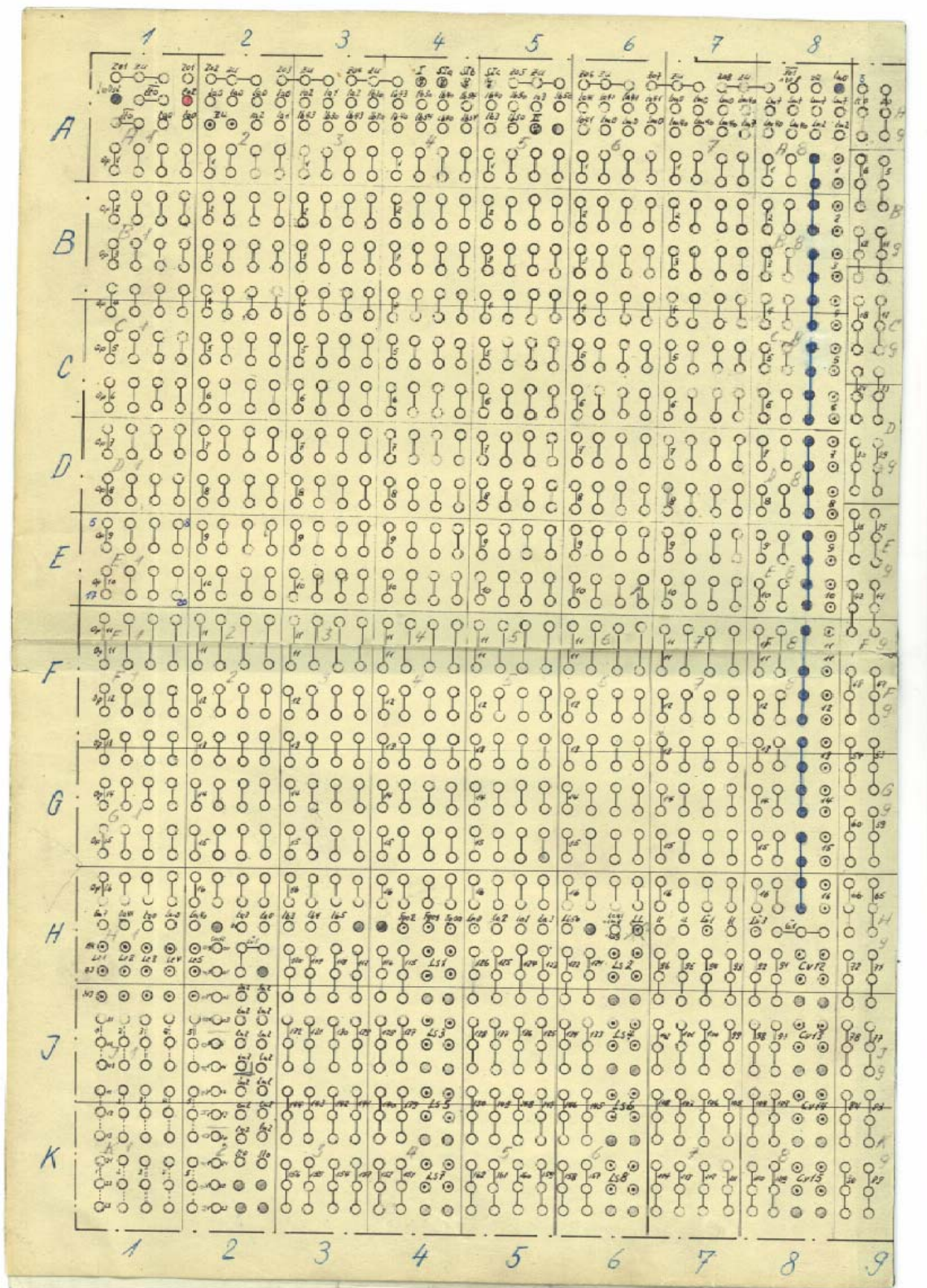
*Panneau-Relais-Schrank der M9 (Rechen- und Speicherwerk).
Quelle: Sammlung, Museum für Kommunikation, Bern*



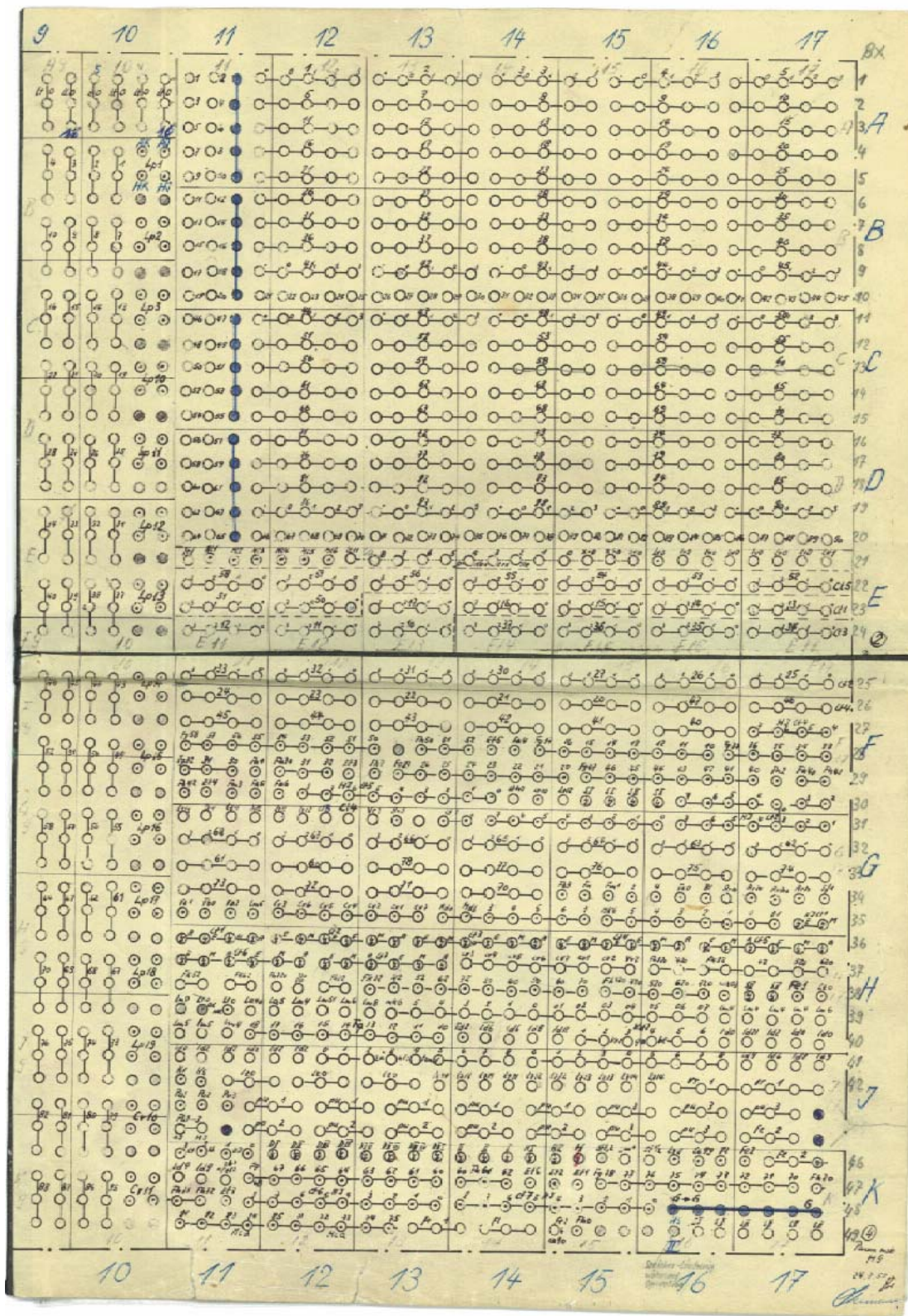
Bedienungstafel der M9. Quelle: Sammlung, Museum für Kommunikation, Bern



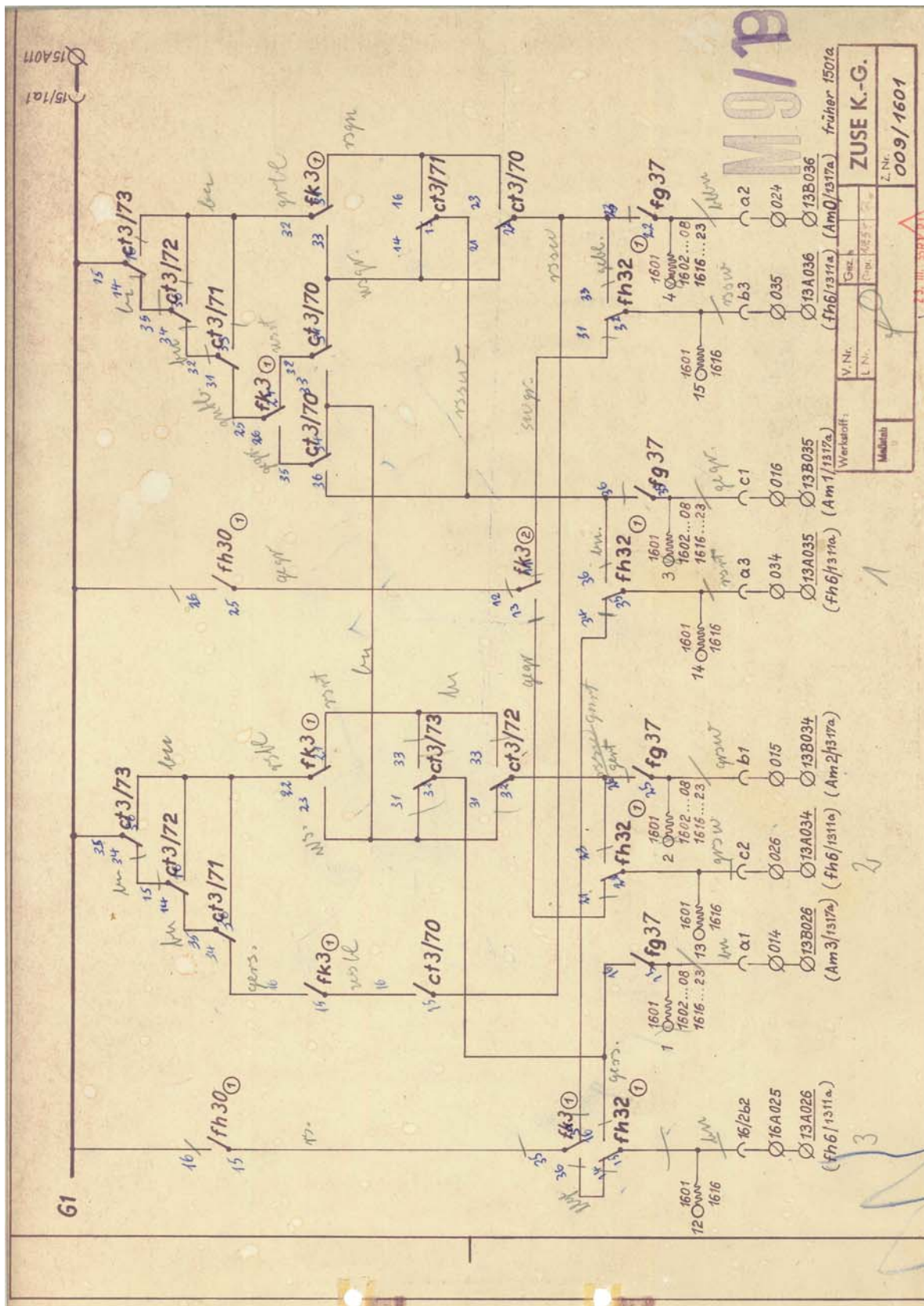
Schaltwalze der M9. Quelle: Sammlung, Museum für Kommunikation, Bern



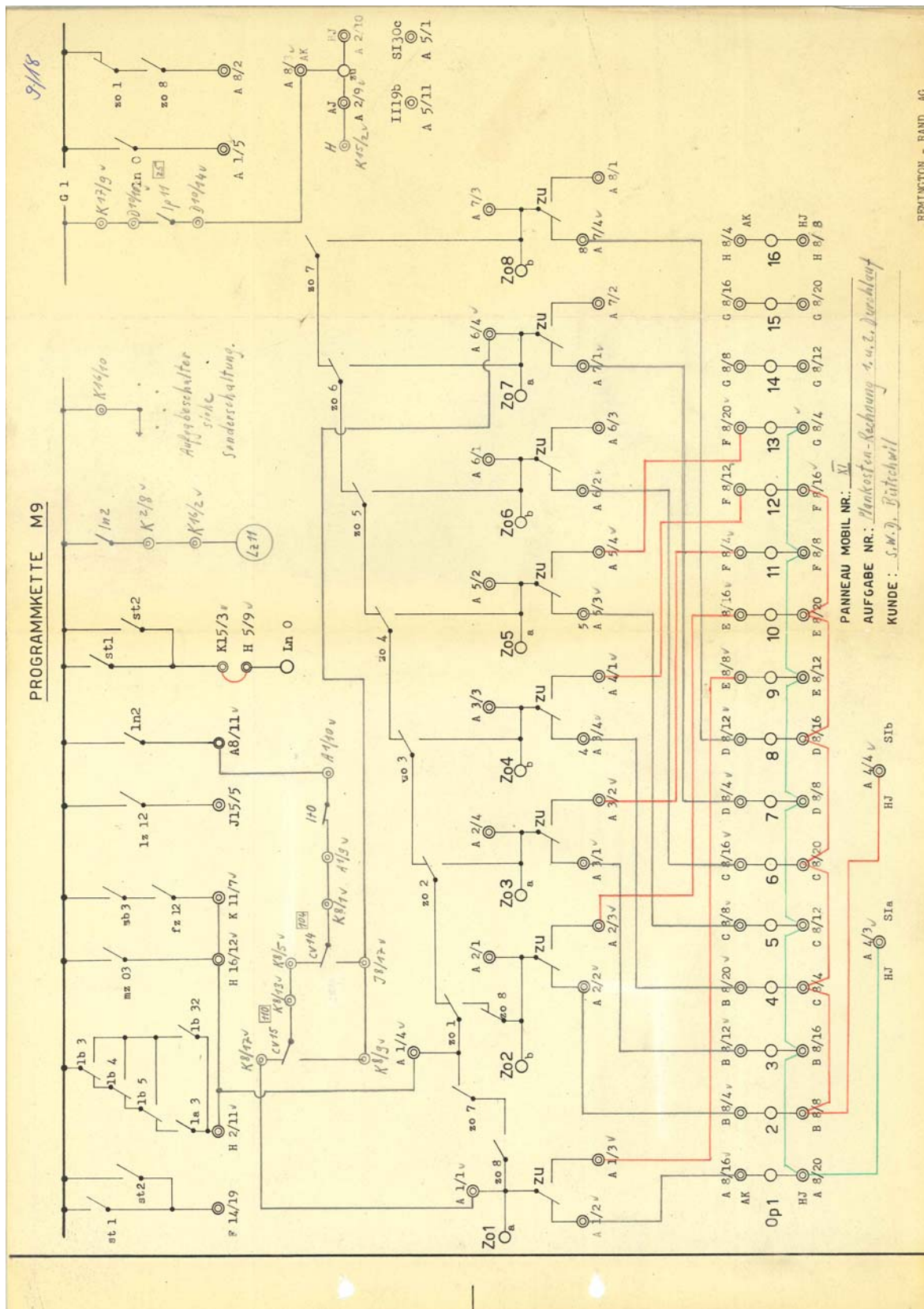
Auswechselbare Schalttafel (Panneau, Panel) der M9. Damit wurde die Maschine programmiert.
Der Ablauf des Rechengvorgangs ist verdrahtet. Quelle: Josef Steinmann, Nottwil



Auswechselbare Schalttafel (Panneau, Panel) der M9. Damit wurde die Maschine gesteuert. Der jeweilige Operationsablauf ist verdrahtet. Quelle: Josef Steinmann, Nottwil



Schaltplan der M9. Rechen- und Speicherwerk bestehen aus Relais. Quelle: Max Forrer, Oberhelfenschwil



Programmkette M9. Bei dieser Zeichnung geht es um den ersten und zweiten Durchlauf bei der Plankostenrechnung. Remington Rand hat diese Schalttafel für die Spinnerei & Weberei Dietfurt, Bütschwil, entwickelt.
Quelle: Max Forrer, Oberhelfenschwil

Buchsenleisten 60 Stück

795/1 = 200
795/2 = 7
795/3 = 35

Relais-Typ: +
Relais-Anzahl: 242

M9/19

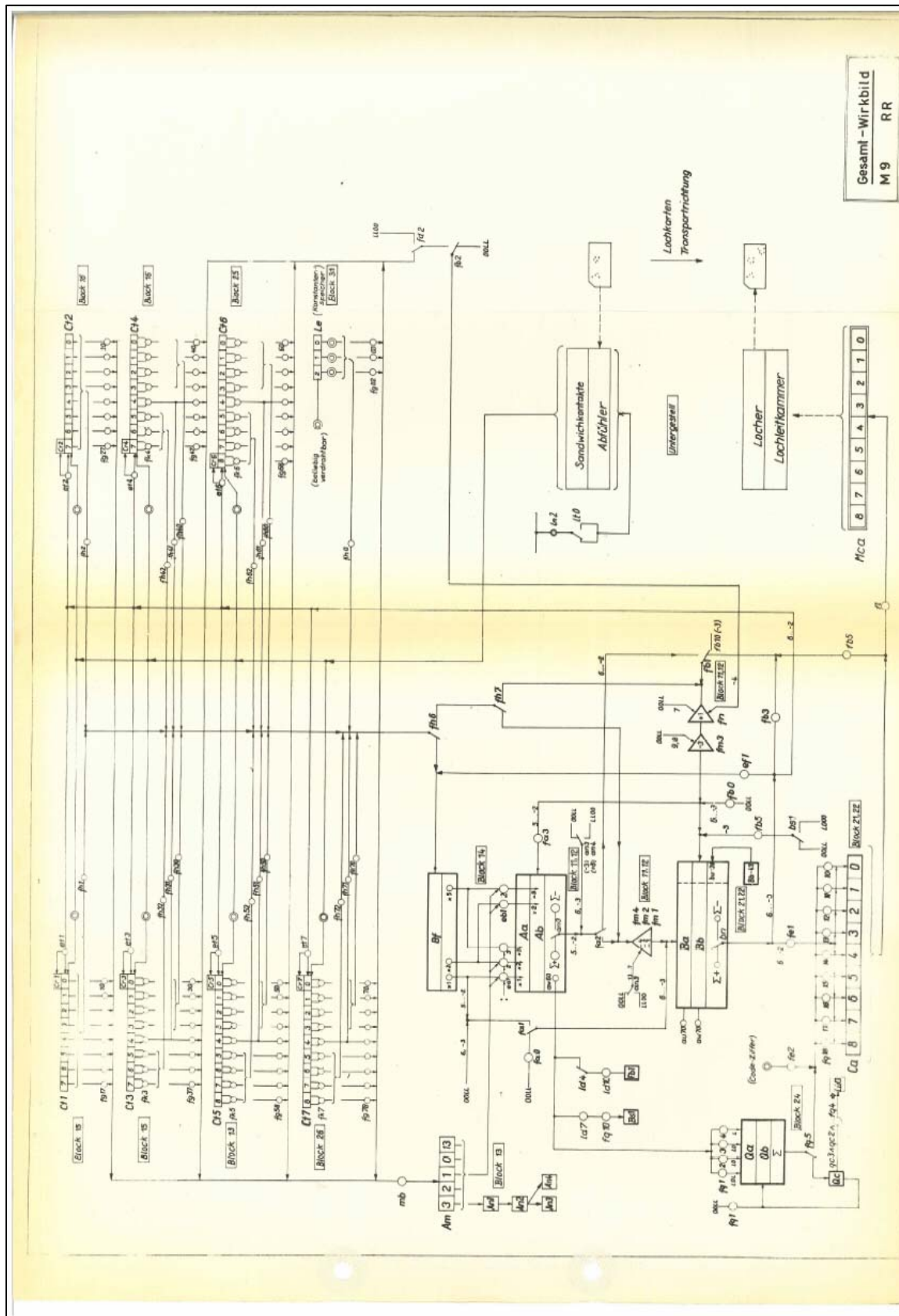
009 / 3000

Z01	Z02	Z03	Z04	Z05	Z06	Z07	Z08	Zu	Zu
Op1	Op1	Op1	Op1	Op1	Op1	Ln2	Ln2	Ln2	Ln0
Op2	Op2	Op2	Op2	Op2	Op2	Lt0	Lt0	Lt0	Ln0
Op3	Op3	Op3	Op3	Op3	Op3	La0	La0	La0	La3
Op4	Op4	Op4	Op4	Op4	Op4	La1	La1	La2	La2
Op5	Op5	Op5	Op5	Op5	Op5	La4	La41	La41	Lb32
Op6	Op6	Op6	Op6	Op6	Op6	Lb30	Lb30	Lb40	Lb40
Op7	Op7	Op7	Op7	Op7	Op7	Lb43	Lb50	Lb50	Lb54
Op8	Op8	Op8	Op8	Op8	Op8	Lm0	Lm0	Lm7	Lm7
Op9	Op9	Op9	Op9	Op9	Op9	Lm40	Lm40	Lm40	Lp1
Op10	Op10	Op10	Op10	Op10	Op10	Lp2	Lp3	Lp10	Lp11
Op11	Op11	Op11	Op11	Op11	Op11	Lp12	Lp13	Lp14	Lp15
Op12	Op12	Op12	Op12	Op12	Op12	Lp16	Lp17	Lp18	Lp19
Op13	Op13	Op13	Op13	Op13	Op13	Cv10	Cv11	Cv12	Cv13
Op14	Op14	Op14	Op14	Op14	Op14	Cv14	Cv15	Ls1	Ls2
Op15	Op15	Op15	Op15	Op15	Op15	Ls3	Ls4	Ls5	Ls6
Op16	Op16	Op16	Op16	Op16	Op16	Ls7	Ls8	Le1	Le1
Fg01	Fg02	Le5	Le5	Le4	Le4	Le3	Le3	Le2	Le2
Fg00	Lb3	Lb4	Lb5	Fe2	Fh0	Fh0	Fh0	Fh0	Fh0
Ll	Lü1	Lü3	Pu3	Pu2	Pu1				
Ph	Pb	Pl	Pf	Pa	Ps				
Px0	Py0	Pz100	Pz100	Pz100	Pz100	Pz100	Pz100	Pw10	Pw11
Px1	Py1	Pz110	Pz110	Pz110	Pz110	Pz110	Pz110	Pz110	Pz110
Px2	Py2	Pz200	Pz200	Pz200	Pz200	Pz200	Pw20	Pw21	Pw22
Px3	Py3	Pz210	Pz210	Pz210	Pz210	Pz210	Pz210	Pz210	Pz210

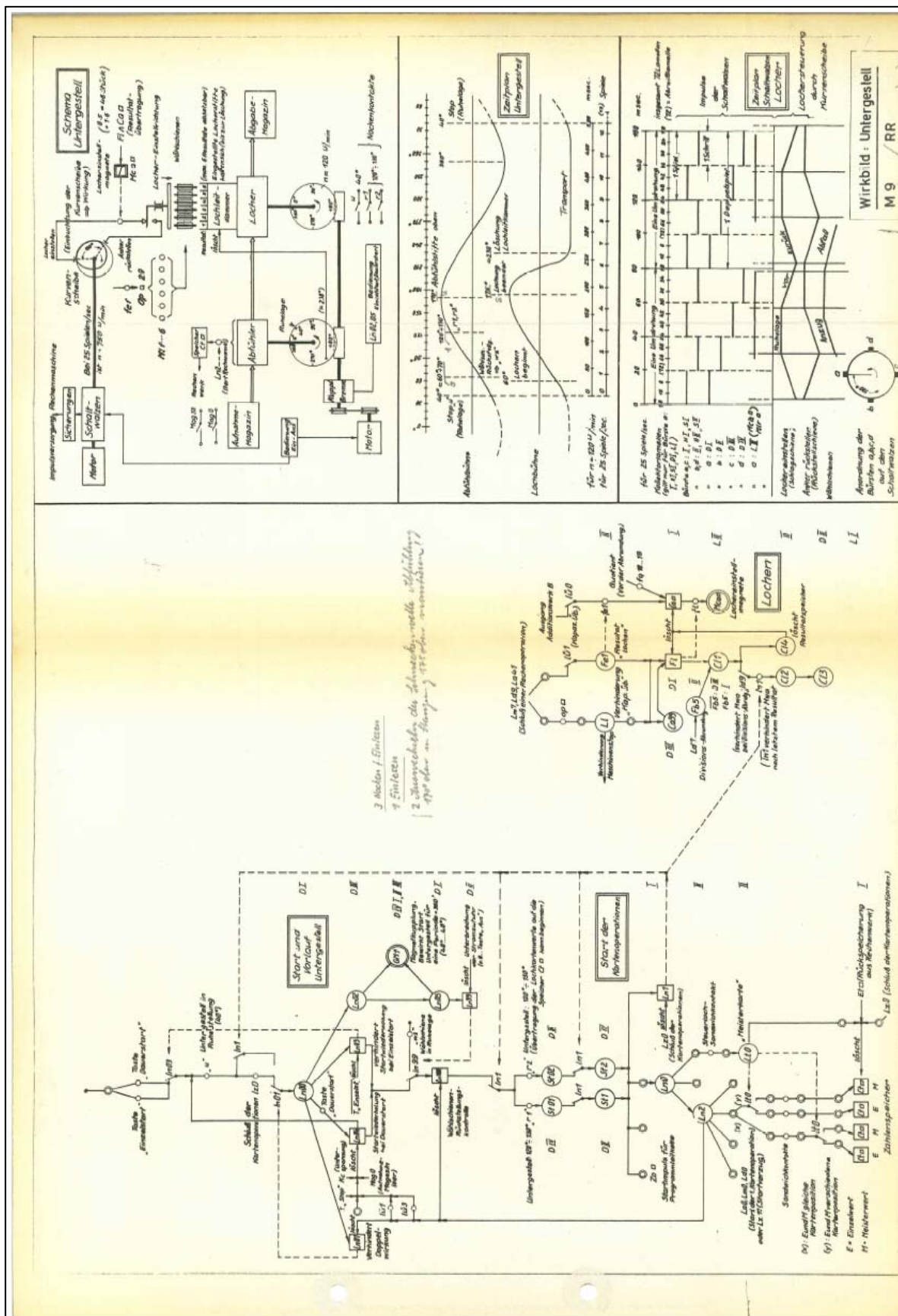
Ansicht von vorn!

Relaisrahmen mit 242 Relais (25 Reihen und 10 Spalten). Funktionen der Relais: Cv = Hilfsrelais, Fg = Speicherabufung (einzeln), Fh = Speicherabufung (Gruppen), La = Teilkette Addition, Lb = Teilkette Addition, Le = Hilfsrelais, Lm = Teilkette Multiplikation, Ln = Start und Stopp Untergestell, Lp = Hilfsrelais, Ls = Hilfsrelais, Lt = Kennzeichen für Meisterkarte, Op = Operationsrelais, Pu = Programmleitketten, Programmschalter, Zo = Programmleitketten, Zu = Programmleitketten. Bedeutung unbekannt: Fe, Ll, Lü, Pa, Pb, Pf, Pl, Ps, Pw, Px, Py, Pz. In Bütschwil stand Nr. 19 der M9. Damit hatte die Spinnerei & Weberei Dietfurt, Bütschwil, nach eigenen Aussagen das neueste Modell.

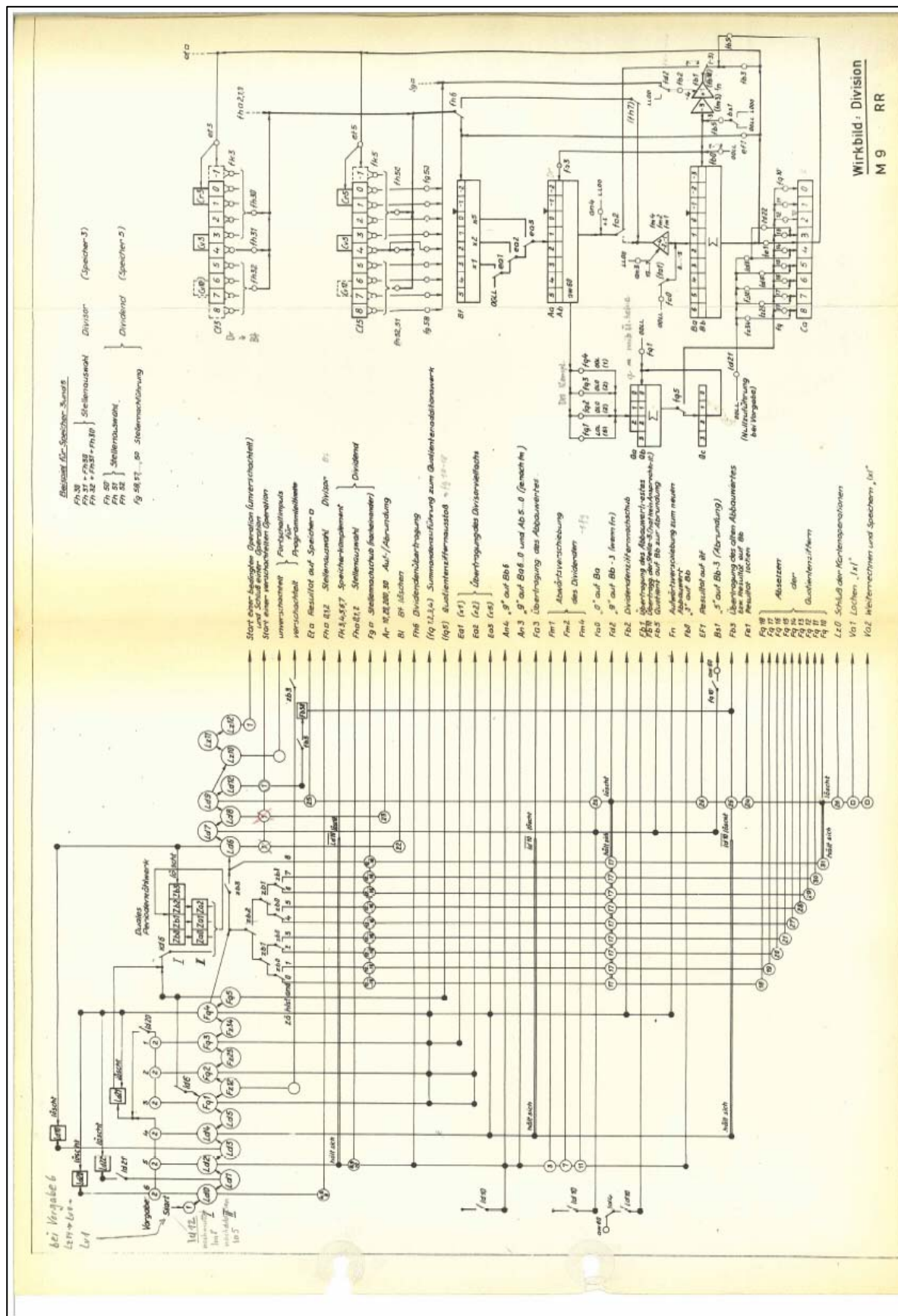
Quelle: Max Forrer, Oberhelfenschwil



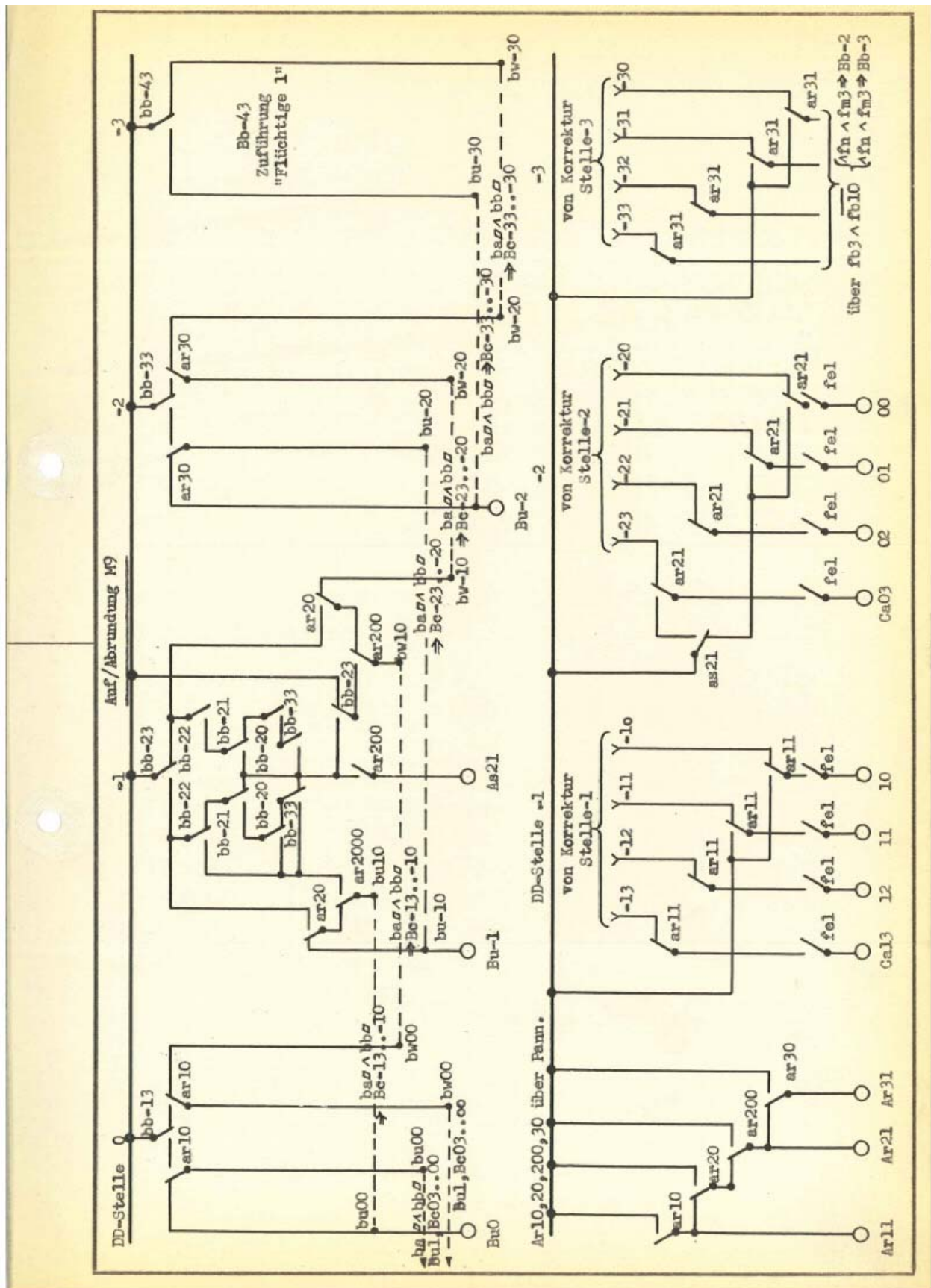
Gesamtwirkbild der M9. Kästchen = Relais, Kreise = Schalter. Die Kästchen sind durch Wirklinien verbunden (Pfeil: Wirkrichtung). Quelle: Fred Winteler, Zürich



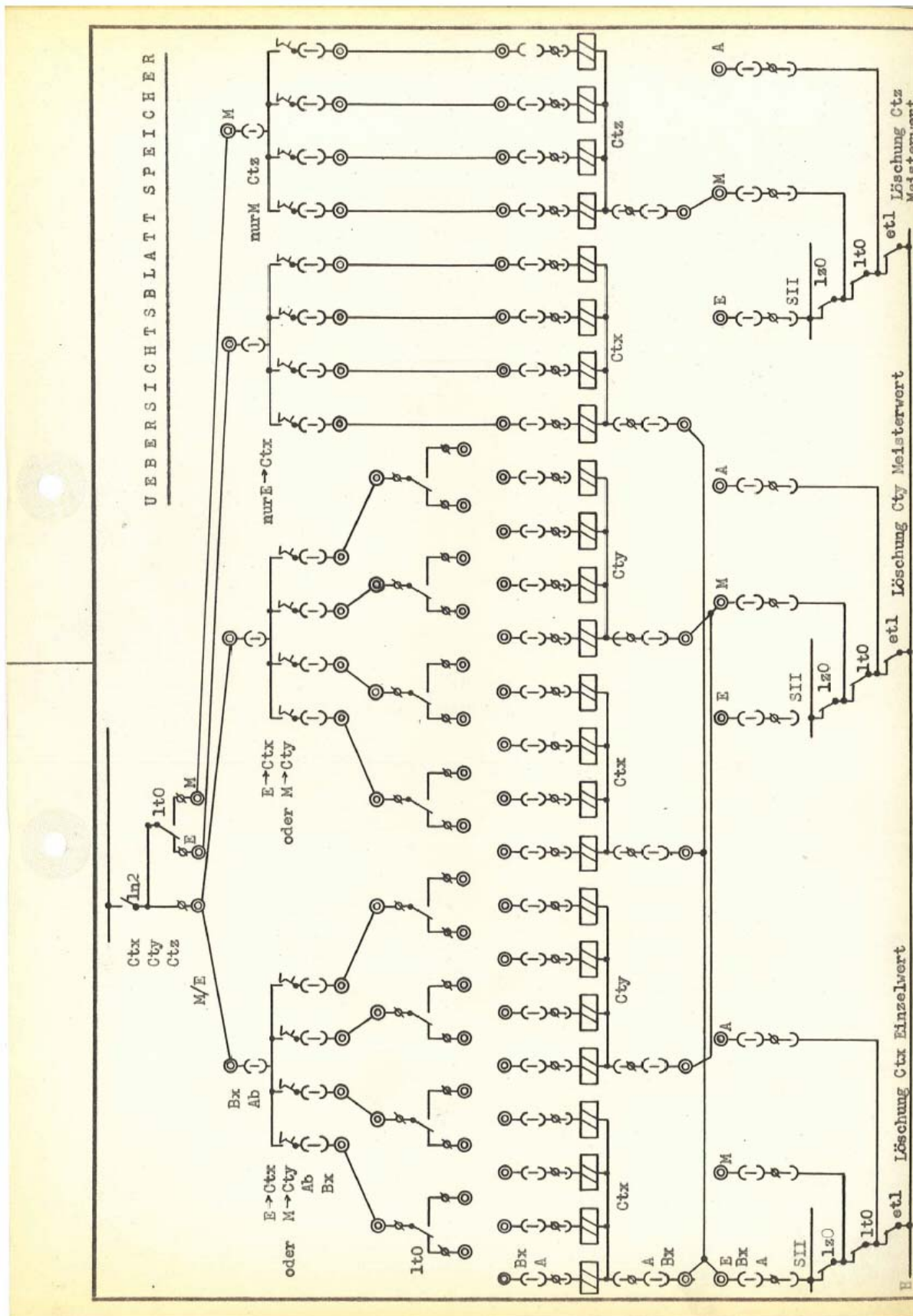
Wirkbild des Untergestells (Lochkarteneinheit) der M9. Quelle: Fred Winteler, Zürich



Wirkbild der Division bei der M9. Quelle: Fred Winteler, Zürich

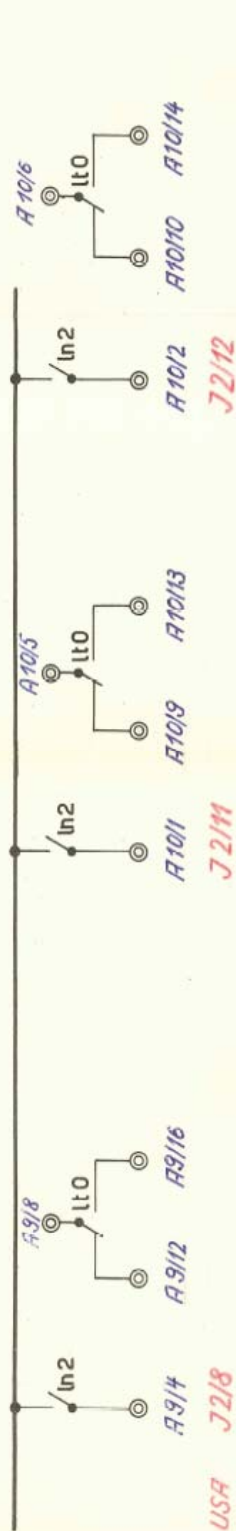


Auf- und Abrundung bei der M9. Quelle: Fred Winteler, Zürich

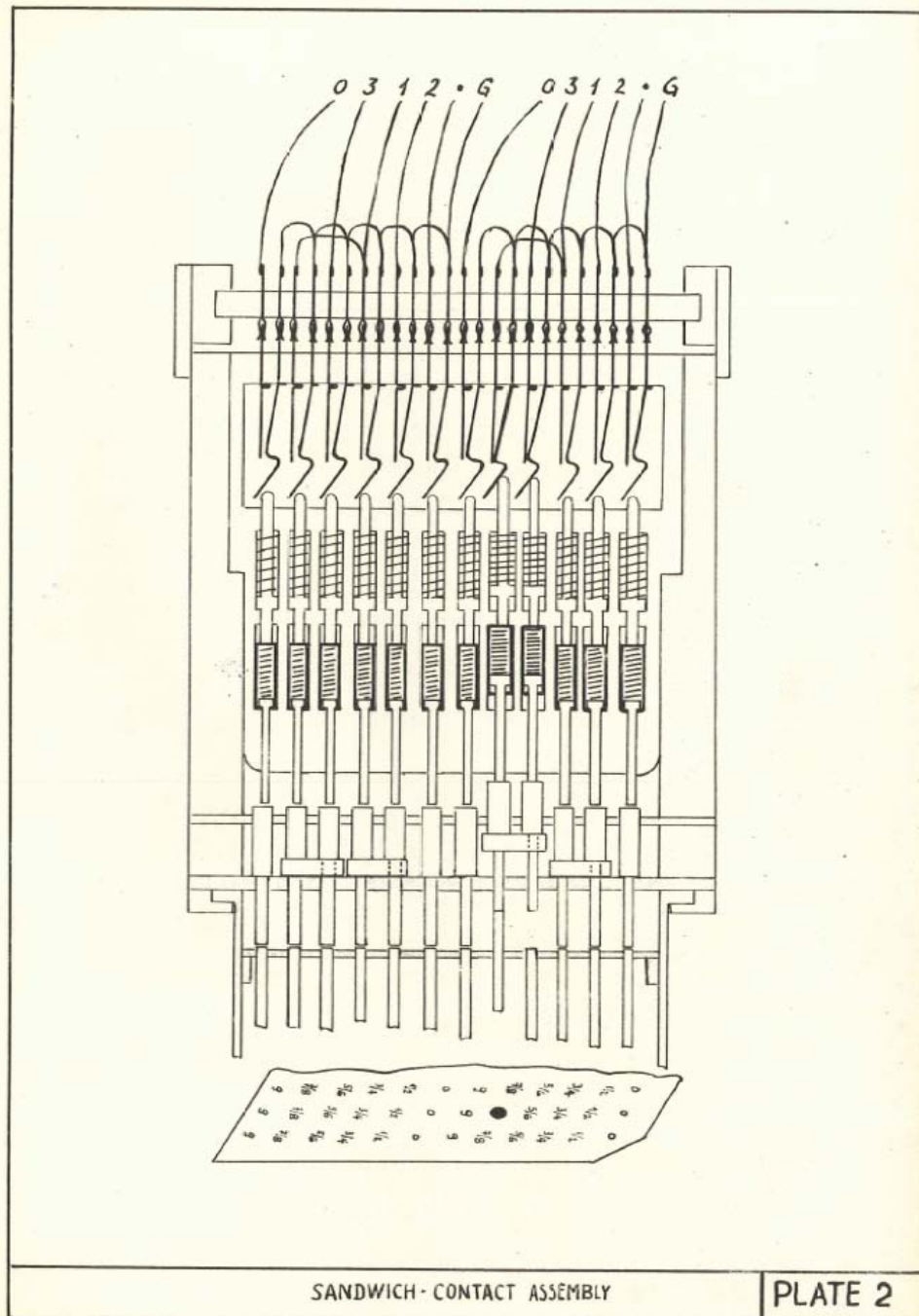


Übersicht über den Speicher der M9. Quelle: Fred Winteler, Zürich

SPEICHER – BELEGUNGS – SCHALTUNG



3	F ¹⁴ ₄	F ¹¹ ₄	F ¹⁵ ₄	F ¹² ₄	F ¹³ ₄	F ¹⁶ ₄	F ¹⁷ ₄	F ¹⁸ ₄	F ¹⁹ ₄	F ²⁰ ₄	F ²¹ ₄	F ²² ₄	F ²³ ₄	F ²⁴ ₄	F ²⁵ ₄	F ²⁶ ₄	F ²⁷ ₄	F ²⁸ ₄	F ²⁹ ₄	F ³⁰ ₄	F ³¹ ₄	F ³² ₄	F ³³ ₄	F ³⁴ ₄	F ³⁵ ₄	F ³⁶ ₄	F ³⁷ ₄	F ³⁸ ₄	F ³⁹ ₄	F ⁴⁰ ₄	F ⁴¹ ₄	F ⁴² ₄	F ⁴³ ₄	F ⁴⁴ ₄	F ⁴⁵ ₄	F ⁴⁶ ₄	F ⁴⁷ ₄	F ⁴⁸ ₄	F ⁴⁹ ₄	F ⁵⁰ ₄	F ⁵¹ ₄	F ⁵² ₄	F ⁵³ ₄	F ⁵⁴ ₄	F ⁵⁵ ₄	F ⁵⁶ ₄	F ⁵⁷ ₄	F ⁵⁸ ₄	F ⁵⁹ ₄	F ⁶⁰ ₄	F ⁶¹ ₄	F ⁶² ₄	F ⁶³ ₄	F ⁶⁴ ₄	F ⁶⁵ ₄	F ⁶⁶ ₄	F ⁶⁷ ₄	F ⁶⁸ ₄	F ⁶⁹ ₄	F ⁷⁰ ₄	F ⁷¹ ₄	F ⁷² ₄	F ⁷³ ₄	F ⁷⁴ ₄	F ⁷⁵ ₄	F ⁷⁶ ₄	F ⁷⁷ ₄	F ⁷⁸ ₄	F ⁷⁹ ₄	F ⁸⁰ ₄	F ⁸¹ ₄	F ⁸² ₄	F ⁸³ ₄	F ⁸⁴ ₄	F ⁸⁵ ₄	F ⁸⁶ ₄	F ⁸⁷ ₄	F ⁸⁸ ₄	F ⁸⁹ ₄	F ⁹⁰ ₄	F ⁹¹ ₄	F ⁹² ₄	F ⁹³ ₄	F ⁹⁴ ₄	F ⁹⁵ ₄	F ⁹⁶ ₄	F ⁹⁷ ₄	F ⁹⁸ ₄	F ⁹⁹ ₄	F ¹⁰⁰ ₄	F ¹⁰¹ ₄	F ¹⁰² ₄	F ¹⁰³ ₄	F ¹⁰⁴ ₄	F ¹⁰⁵ ₄	F ¹⁰⁶ ₄	F ¹⁰⁷ ₄	F ¹⁰⁸ ₄	F ¹⁰⁹ ₄	F ¹¹⁰ ₄	F ¹¹¹ ₄	F ¹¹² ₄	F ¹¹³ ₄	F ¹¹⁴ ₄	F ¹¹⁵ ₄	F ¹¹⁶ ₄	F ¹¹⁷ ₄	F ¹¹⁸ ₄	F ¹¹⁹ ₄	F ¹²⁰ ₄	F ¹²¹ ₄	F ¹²² ₄	F ¹²³ ₄	F ¹²⁴ ₄	F ¹²⁵ ₄	F ¹²⁶ ₄	F ¹²⁷ ₄	F ¹²⁸ ₄	F ¹²⁹ ₄	F ¹³⁰ ₄	F ¹³¹ ₄	F ¹³² ₄	F ¹³³ ₄	F ¹³⁴ ₄	F ¹³⁵ ₄	F ¹³⁶ ₄	F ¹³⁷ ₄	F ¹³⁸ ₄	F ¹³⁹ ₄	F ¹⁴⁰ ₄	F ¹⁴¹ ₄	F ¹⁴² ₄	F ¹⁴³ ₄	F ¹⁴⁴ ₄	F ¹⁴⁵ ₄	F ¹⁴⁶ ₄	F ¹⁴⁷ ₄	F ¹⁴⁸ ₄	F ¹⁴⁹ ₄	F ¹⁵⁰ ₄	F ¹⁵¹ ₄	F ¹⁵² ₄	F ¹⁵³ ₄	F ¹⁵⁴ ₄	F ¹⁵⁵ ₄	F ¹⁵⁶ ₄	F ¹⁵⁷ ₄	F ¹⁵⁸ ₄	F ¹⁵⁹ ₄	F ¹⁶⁰ ₄	F ¹⁶¹ ₄	F ¹⁶² ₄	F ¹⁶³ ₄	F ¹⁶⁴ ₄	F ¹⁶⁵ ₄	F ¹⁶⁶ ₄	F ¹⁶⁷ ₄	F ¹⁶⁸ ₄	F ¹⁶⁹ ₄	F ¹⁷⁰ ₄	F ¹⁷¹ ₄	F ¹⁷² ₄	F ¹⁷³ ₄	F ¹⁷⁴ ₄	F ¹⁷⁵ ₄	F ¹⁷⁶ ₄	F ¹⁷⁷ ₄	F ¹⁷⁸ ₄	F ¹⁷⁹ ₄	F ¹⁸⁰ ₄	F ¹⁸¹ ₄	F ¹⁸² ₄	F ¹⁸³ ₄	F ¹⁸⁴ ₄	F ¹⁸⁵ ₄	F ¹⁸⁶ ₄	F ¹⁸⁷ ₄	F ¹⁸⁸ ₄	F ¹⁸⁹ ₄	F ¹⁹⁰ ₄	F ¹⁹¹ ₄	F ¹⁹² ₄	F ¹⁹³ ₄	F ¹⁹⁴ ₄	F ¹⁹⁵ ₄	F ¹⁹⁶ ₄	F ¹⁹⁷ ₄	F ¹⁹⁸ ₄	F ¹⁹⁹ ₄	F ²⁰⁰ ₄	F ²⁰¹ ₄	F ²⁰² ₄	F ²⁰³ ₄	F ²⁰⁴ ₄	F ²⁰⁵ ₄	F ²⁰⁶ ₄	F ²⁰⁷ ₄	F ²⁰⁸ ₄	F ²⁰⁹ ₄	F ²¹⁰ ₄	F ²¹¹ ₄	F ²¹² ₄	F ²¹³ ₄	F ²¹⁴ ₄	F ²¹⁵ ₄	F ²¹⁶ ₄	F ²¹⁷ ₄	F ²¹⁸ ₄	F ²¹⁹ ₄	F ²²⁰ ₄	F ²²¹ ₄	F ²²² ₄	F ²²³ ₄	F ²²⁴ ₄	F ²²⁵ ₄	F ²²⁶ ₄	F ²²⁷ ₄	F ²²⁸ ₄	F ²²⁹ ₄	F ²³⁰ ₄	F ²³¹ ₄	F ²³² ₄	F ²³³ ₄	F ²³⁴ ₄	F ²³⁵ ₄	F ²³⁶ ₄	F ²³⁷ ₄	F ²³⁸ ₄	F ²³⁹ ₄	F ²⁴⁰ ₄	F ²⁴¹ ₄	F ²⁴² ₄	F ²⁴³ ₄	F ²⁴⁴ ₄	F ²⁴⁵ ₄	F ²⁴⁶ ₄	F ²⁴⁷ ₄	F ²⁴⁸ ₄	F ²⁴⁹ ₄	F ²⁵⁰ ₄	F ²⁵¹ ₄	F ²⁵² ₄	F ²⁵³ ₄	F ²⁵⁴ ₄	F ²⁵⁵ ₄	F ²⁵⁶ ₄	F ²⁵⁷ ₄	F ²⁵⁸ ₄	F ²⁵⁹ ₄	F ²⁶⁰ ₄	F ²⁶¹ ₄	F ²⁶² ₄	F ²⁶³ ₄	F ²⁶⁴ ₄	F ²⁶⁵ ₄	F ²⁶⁶ ₄	F ²⁶⁷ ₄	F ²⁶⁸ ₄	F ²⁶⁹ ₄	F ²⁷⁰ ₄	F ²⁷¹ ₄	F ²⁷² ₄	F ²⁷³ ₄	F ²⁷⁴ ₄	F ²⁷⁵ ₄	F ²⁷⁶ ₄	F ²⁷⁷ ₄	F ²⁷⁸ ₄	F ²⁷⁹ ₄	F ²⁸⁰ ₄	F ²⁸¹ ₄	F ²⁸² ₄	F ²⁸³ ₄	F ²⁸⁴ ₄	F ²⁸⁵ ₄	F ²⁸⁶ ₄	F ²⁸⁷ ₄	F ²⁸⁸ ₄	F ²⁸⁹ ₄	F ²⁹⁰ ₄	F ²⁹¹ ₄	F ²⁹² ₄	F ²⁹³ ₄	F ²⁹⁴ ₄	F ²⁹⁵ ₄	F ²⁹⁶ ₄	F ²⁹⁷ ₄	F ²⁹⁸ ₄	F ²⁹⁹ ₄	F ³⁰⁰ ₄	F ³⁰¹ ₄	F ³⁰² ₄	F ³⁰³ ₄	F ³⁰⁴ ₄	F ³⁰⁵ ₄	F ³⁰⁶ ₄	F ³⁰⁷ ₄	F ³⁰⁸ ₄	F ³⁰⁹ ₄	F ³¹⁰ ₄	F ³¹¹ ₄	F ³¹² ₄	F ³¹³ ₄	F ³¹⁴ ₄	F ³¹⁵ ₄	F ³¹⁶ ₄	F ³¹⁷ ₄	F ³¹⁸ ₄	F ³¹⁹ ₄	F ³²⁰ ₄	F ³²¹ ₄	F ³²² ₄	F ³²³ ₄	F ³²⁴ ₄	F ³²⁵ ₄	F ³²⁶ ₄	F ³²⁷ ₄	F ³²⁸ ₄	F ³²⁹ ₄	F ³³⁰ ₄	F ³³¹ ₄	F ³³² ₄	F ³³³ ₄	F ³³⁴ ₄	F ³³⁵ ₄	F ³³⁶ ₄	F ³³⁷ ₄	F ³³⁸ ₄	F ³³⁹ ₄	F ³⁴⁰ ₄	F ³⁴¹ ₄	F ³⁴² ₄	F ³⁴³ ₄	F ³⁴⁴ ₄	F ³⁴⁵ ₄	F ³⁴⁶ ₄	F ³⁴⁷ ₄	F ³⁴⁸ ₄	F ³⁴⁹ ₄	F ³⁵⁰ ₄	F ³⁵¹ ₄	F ³⁵² ₄	F ³⁵³ ₄	F ³⁵⁴ ₄	F ³⁵⁵ ₄	F ³⁵⁶ ₄	F ³⁵⁷ ₄	F ³⁵⁸ ₄	F ³⁵⁹ ₄	F ³⁶⁰ ₄	F ³⁶¹ ₄	F ³⁶² ₄	F ³⁶³ ₄	F ³⁶⁴ ₄	F ³⁶⁵ ₄	F ³⁶⁶ ₄	F ³⁶⁷ ₄	F ³⁶⁸ ₄	F ³⁶⁹ ₄	F ³⁷⁰ ₄	F ³⁷¹ ₄	F ³⁷² ₄	F ³⁷³ ₄	F ³⁷⁴ ₄	F ³⁷⁵ ₄	F ³⁷⁶ ₄	F ³⁷⁷ ₄	F ³⁷⁸ ₄	F ³⁷⁹ ₄	F ³⁸⁰ ₄	F ³⁸¹ ₄	F ³⁸² ₄	F ³⁸³ ₄	F ³⁸⁴ ₄	F ³⁸⁵ ₄	F ³⁸⁶ ₄	F ³⁸⁷ ₄	F ³⁸⁸ ₄	F ³⁸⁹ ₄	F ³⁹⁰ ₄	F ³⁹¹ ₄	F ³⁹² ₄	F ³⁹³ ₄	F ³⁹⁴ ₄	F ³⁹⁵ ₄	F ³⁹⁶ ₄	F ³⁹⁷ ₄	F ³⁹⁸ ₄	F ³⁹⁹ ₄	F ⁴⁰⁰ ₄	F ⁴⁰¹ ₄	F ⁴⁰² ₄	F ⁴⁰³ ₄	F ⁴⁰⁴ ₄	F ⁴⁰⁵ ₄	F ⁴⁰⁶ ₄	F ⁴⁰⁷ ₄	F ⁴⁰⁸ ₄	F ⁴⁰⁹ ₄	F ⁴¹⁰ ₄	F ⁴¹¹ ₄	F ⁴¹² ₄	F ⁴¹³ ₄	F ⁴¹⁴ ₄	F ⁴¹⁵ ₄	F ⁴¹⁶ ₄	F ⁴¹⁷ ₄	F ⁴¹⁸ ₄	F ⁴¹⁹ ₄	F ⁴²⁰ ₄	F ⁴²¹ ₄	F ⁴²² ₄	F ⁴²³ ₄	F ⁴²⁴ ₄	F ⁴²⁵ ₄	F ⁴²⁶ ₄	F ⁴²⁷ ₄	F ⁴²⁸ ₄	F ⁴²⁹ ₄	F ⁴³⁰ ₄	F ⁴³¹ ₄	F ⁴³² ₄	F ⁴³³ ₄	F ⁴³⁴ ₄	F ⁴³⁵ ₄	F ⁴³⁶ ₄	F ⁴³⁷ ₄	F ⁴³⁸ ₄	F ⁴³⁹ ₄	F ⁴⁴⁰ ₄	F ⁴⁴¹ ₄	F ⁴⁴² ₄	F ⁴⁴³ ₄	F ⁴⁴⁴ ₄	F ⁴⁴⁵ ₄	F ⁴⁴⁶ ₄	F ⁴⁴⁷ ₄	F ⁴⁴⁸ ₄	F ⁴⁴⁹ ₄	F ⁴⁵⁰ ₄	F ⁴⁵¹ ₄	F ⁴⁵² ₄	F ⁴⁵³ ₄	F ⁴⁵⁴ ₄	F ⁴⁵⁵ ₄	F ⁴⁵⁶ ₄	F ⁴⁵⁷ ₄	F ⁴⁵⁸ ₄	F ⁴⁵⁹ ₄	F ⁴⁶⁰ ₄	F ⁴⁶¹ ₄	F ⁴⁶² ₄	F ⁴⁶³ ₄	F ⁴⁶⁴ ₄	F ⁴⁶⁵ ₄	F ⁴⁶⁶ ₄	F ⁴⁶⁷ ₄	F ⁴⁶⁸ ₄	F ⁴⁶⁹ ₄	F ⁴⁷⁰ ₄	F ⁴⁷¹ ₄	F ⁴⁷² ₄	F ⁴⁷³ ₄	F ⁴⁷⁴ ₄	F ⁴⁷⁵ ₄	F ⁴⁷⁶ ₄	F ⁴⁷⁷ ₄	F ⁴⁷⁸ ₄	F ⁴⁷⁹ ₄	F ⁴⁸⁰ ₄	F ⁴⁸¹ ₄	F ⁴⁸² ₄	F ⁴⁸³ ₄	F ⁴⁸⁴ ₄	F ⁴⁸⁵ ₄	F ⁴⁸⁶ ₄	F ⁴⁸⁷ ₄	F ⁴⁸⁸ ₄	F ⁴⁸⁹ ₄	F ⁴⁹⁰ ₄	F ⁴⁹¹ ₄	F ⁴⁹² ₄	F ⁴⁹³ ₄	F ⁴⁹⁴ ₄	F ⁴⁹⁵ ₄	F ⁴⁹⁶ ₄	F ⁴⁹⁷ ₄	F ⁴⁹⁸ ₄	F ⁴⁹⁹ ₄	F ⁵⁰⁰ ₄	F ⁵⁰¹ ₄	F ⁵⁰² ₄	F ⁵⁰³ ₄	F ⁵⁰⁴ ₄	F ⁵⁰⁵ ₄	F ⁵⁰⁶ ₄	F ⁵⁰⁷ ₄	F ⁵⁰⁸ ₄	F ⁵⁰⁹ ₄	F ⁵¹⁰ ₄	F ⁵¹¹ ₄	F ⁵¹² ₄	F ⁵¹³ ₄	F ⁵¹⁴ ₄	F ⁵¹⁵ ₄	F ⁵¹⁶ ₄	F ⁵¹⁷ ₄	F ⁵¹⁸ ₄	F ⁵¹⁹ ₄	F ⁵²⁰ ₄	F ⁵²¹ ₄	F ⁵²² ₄	F ⁵²³ ₄	F ⁵²⁴ ₄	F ⁵²⁵ ₄	F ⁵²⁶ ₄	F ⁵²⁷ ₄	F ⁵²⁸ ₄	F ⁵²⁹ ₄	F ⁵³⁰ ₄	F ⁵³¹ ₄	F ⁵³² ₄	F ⁵³³ ₄	F ⁵³⁴ ₄	F ⁵³⁵ ₄	F ⁵³⁶ ₄	F ⁵³⁷ ₄	F ⁵³⁸ ₄	F ⁵³⁹ ₄	F ⁵⁴⁰ ₄	F ⁵⁴¹ ₄	F ⁵⁴² ₄	F ⁵⁴³ ₄	F ⁵⁴⁴ ₄	F ⁵⁴⁵ ₄	F ⁵⁴⁶ ₄	F ⁵⁴⁷ ₄	F ⁵⁴⁸ ₄	F ⁵⁴⁹ ₄	F ⁵⁵⁰ ₄	F ⁵⁵¹ ₄	F ⁵⁵² ₄	F ⁵⁵³ ₄	F ⁵⁵⁴ ₄	F ⁵⁵⁵ ₄	F ⁵⁵⁶ ₄	F ⁵⁵⁷ ₄	F ⁵⁵⁸ ₄	F ⁵⁵⁹ ₄	F ⁵⁶⁰ ₄	F ⁵⁶¹ ₄	F ⁵⁶² ₄	F ⁵⁶³ ₄	F ⁵⁶⁴ ₄	F ⁵⁶⁵ ₄	F ⁵⁶⁶ ₄	F ⁵⁶⁷ ₄	F ⁵⁶⁸ ₄	F ⁵⁶⁹ ₄	F ⁵⁷⁰ ₄	F ⁵⁷¹ ₄	F ⁵⁷² ₄	F ⁵⁷³ ₄	F ⁵⁷⁴ ₄	F ⁵⁷⁵ ₄	F ⁵⁷⁶ ₄	F ⁵⁷⁷ ₄	F ⁵⁷⁸ ₄	F ⁵⁷⁹ ₄	F ⁵⁸⁰ ₄	F ⁵⁸¹ ₄	F ⁵⁸² ₄	F ⁵⁸³ ₄	F ⁵⁸⁴ ₄	F ⁵⁸⁵ ₄	F ⁵⁸⁶ ₄	F ⁵⁸⁷ ₄	F ⁵⁸⁸ ₄	F ⁵⁸⁹ ₄	F ⁵⁹⁰ ₄	F ⁵⁹¹ ₄	F ⁵⁹² ₄	F ⁵⁹³ ₄	F ⁵⁹⁴ ₄	F ⁵⁹⁵ ₄	F ⁵⁹⁶ ₄	F ⁵⁹⁷ ₄	F ⁵⁹⁸ ₄	F ⁵⁹⁹ ₄	F ⁶⁰⁰ ₄	F ⁶⁰¹ ₄	F ⁶⁰² ₄	F ⁶⁰³ ₄	F ⁶⁰⁴ ₄	F ⁶⁰⁵ ₄	F ⁶⁰⁶ ₄	F ⁶⁰⁷ ₄	F ⁶⁰⁸ ₄	F ⁶⁰⁹ ₄	F ⁶¹⁰ ₄	F ⁶¹¹ ₄	F ⁶¹² ₄	F ⁶¹³ ₄	F ⁶¹⁴ ₄	F ⁶¹⁵ ₄	F ⁶¹⁶ ₄	F ⁶¹⁷ ₄	F ⁶¹⁸ ₄	F ⁶¹⁹ ₄	F ⁶²⁰ ₄	F ⁶²¹ ₄	F ⁶²² ₄	F ⁶²³ ₄	F ⁶²⁴ ₄	F ⁶²⁵ ₄	F ⁶²⁶ ₄	F ⁶²⁷ ₄	F ⁶²⁸ ₄	F ⁶²⁹ ₄	F ⁶³⁰ ₄	F ⁶³¹ ₄	F ⁶³² ₄	F ⁶³³ ₄	F ⁶³⁴ ₄	F ⁶³⁵ ₄	F ⁶³⁶ ₄	F ⁶³⁷ ₄	F ⁶³⁸ ₄	F ⁶³⁹ ₄	F ⁶⁴⁰ ₄	F ⁶⁴¹ ₄	F ⁶⁴² ₄	F ⁶⁴³ ₄	F ⁶⁴⁴ ₄	F ⁶⁴⁵ ₄	F ⁶⁴⁶ ₄	F ⁶⁴⁷ ₄	F ⁶⁴⁸ ₄	F ⁶⁴⁹ ₄	F ⁶⁵⁰ ₄	F ⁶⁵¹ ₄	F ⁶⁵² ₄	F ⁶⁵³ ₄	F ⁶⁵⁴ ₄	F ⁶⁵⁵ ₄	F ⁶⁵⁶ ₄	F ⁶⁵⁷ ₄	F ⁶⁵⁸ ₄	F ⁶⁵⁹ ₄	F ⁶⁶⁰ ₄	F ⁶⁶¹ ₄	F ⁶⁶² ₄	F ⁶⁶³ ₄	F ⁶⁶⁴ ₄	F ⁶⁶⁵ ₄	F ⁶⁶⁶ ₄
---	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------



Sandwichkontakte der Abfühllbox (Untergestell der M9). Quelle: Fred Winteler, Zürich

*Remington Rand*WARTUNGSPLAN M 91. Untergestell

- a) Periodisch fetten der Schnecken und Schneckenräder an den Karten-transportwalzen.
- b) Periodisch kontrollieren (mindestens alle 14 Tage), ob Schneckenwelle, Schnecken und Keile noch festsitzen. Kann mit Hilfe des Handrades und BMC-Zange festgestellt werden. Unterlässt man diese Kontrollen, hat man bald eine grössere Reparatur zu gewärtigen (Zeitaufwand 5 Min.).
- c) Kontrolle des Kupplungszwischenstückes (sehr wichtig), das Magnetkupplung mit Schneckenwelle verbindet. Kann ebenfalls mit Handrad und Halten der Welle mit BMC-Zange geschehen. Zeigt sich Spiel durch hin- und herdrehen, so sind die Grillonscheiben sofort auszuwechseln, da sonst die Kunststoffschneckenräder an den Transportwalzen infolge der Schläge ausbrechen.
- d) Die Rolle (unten, die auf die Kulisse aufläuft) am Abfühlmechanismus sowie die beiden Führungszapfen (Oelrohr) und Bolzen am Exzenter (Oelloch) sind mit Maschinenoel zu schmieren.
- e) Links unten die Schnecken nicht vergessen, ebenso die Kämme.
- f) Am Stanzmechanismus die beiden Führungen, an der Wippe die Vierkant und Bolzen (Drehpunkt) mit Oel, den Exzenter und die Rolle mit Fett.
- g) Die Kartenstop (Ovalisation) sind vom Staub zu reinigen und mit dünnem Oel zu oelen. Gleichzeitig die Gelenke und die Rollen. Rolle und Kamm für die Löschung ebenfalls.

2. Locher

- a) Die Schlagstifte, Rückholbleche und Schlagbleche sind mit ganz dünnem Oel (kein Petrol) und Zerstäuber zu oelen. Dies hat sparsam zu geschehen, und besonders dürfen die Schaltwalzen nicht verschmiert werden.
- b) Die Gelenke in den einzelnen Locherstellen sind gelegentlich einer Reparatur oder Revision mit dünnem Oel zu versehen. Dabei dürfen die Magnete nicht verschmiert werden.
- c) Die vier Lagerstellen an der Rückstellschiene (untere, dicht über der Wahlschiene beachten) mit Maschinenoel. Die übrigen vier Lagerstellen an der Rückstellschiene und Schlagschiene haben Dauerschmierbüchsen, können aber trotzdem geölt werden (insgesamt 8 Lagerstellen).
- d) Die Exzenter auf der hinteren Antriebswelle mit den Kugellagern werden periodisch mit Fett geschmiert.

- 2 -

3. Schaltwalze

- a) Die Schaltwalze muss periodisch alle 14 Tage gereinigt werden, und zwar soll sie trocken mit feinem Glaspapier abgezogen werden. Bei sehr starken Schlaglöchern (Brandstellen) muss die Schaltwalze überdreht werden. Es besteht eine spezielle Vorrichtung dazu, die bei RR Zürich (UNIVAC / M9) aufliegt.
- b) Kohlenhalter, bei denen ein Spannbügel abgebrochen ist, müssen sofort ersetzt werden.
- c) Kohlen, die abgenützt sind, müssen ebenfalls ersetzt werden, und zwar sobald sie bündig sind mit dem Kohlenhalter. Beim Neueinsetzen ist darauf zu achten, dass sie im Halter Spiel aufweisen.

4. Relaischrank

- a) Alle Monate sollen die Relais der beiden Rechenwerke A und B nachjustiert und gereinigt werden. Dabei darf kein flüssiges Reinigungsmittel (X-88) verwendet werden, sondern Kontakt-Feilen, z.B. von Hasler.
- b) Nach 6 Monaten sollen die übrigen Relais auch einer eingehenden Kontrolle unterzogen werden.
- c) Die Panneaux mobil, die frisch verdrahtet worden sind, müssen vor dem Einsetzen in die Maschine mit X-88 oder Tetrachlor Kohlenstoff gereinigt werden. Die Leim- und Papierrückstände werden sonst auf die Kontakte des Panneau fix übertragen und ergeben dann schlechte Kontaktgabe.
- d) Das Panneau fix soll ebenfalls auf verbogene oder schmutzige Kontakte kontrolliert werden.
- e) Die Panneaux mobil sollen ebenfalls vor dem Einsetzen auf eingestossene Kontaktstifte kontrolliert werden.

WICHTIG: Durch fachgemässe Aufbewahrung der Panneaux mobil können viele Fehler vermieden werden.

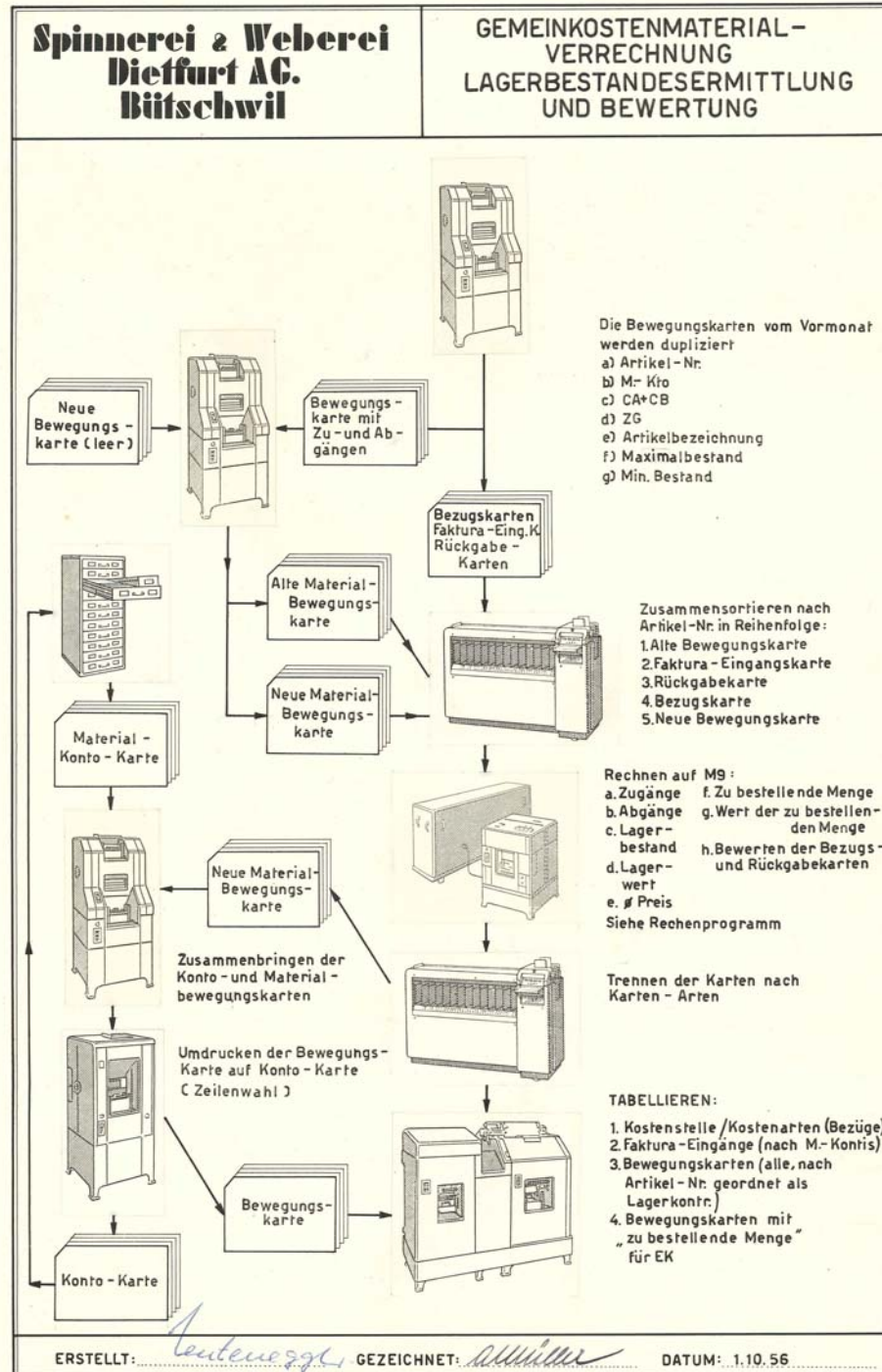
Gründliche Kontrollen und Einhalten obiger Vorschriften garantieren ein einwandfreies Arbeiten der Maschinen.

Nach Möglichkeit sollen vollständige Testspiele für jede vorkommende Arbeit aufliegen, damit man sich vom einwandfreien Funktionieren der Maschine überzeugen kann.

Zürich, 19. Juni 1958.

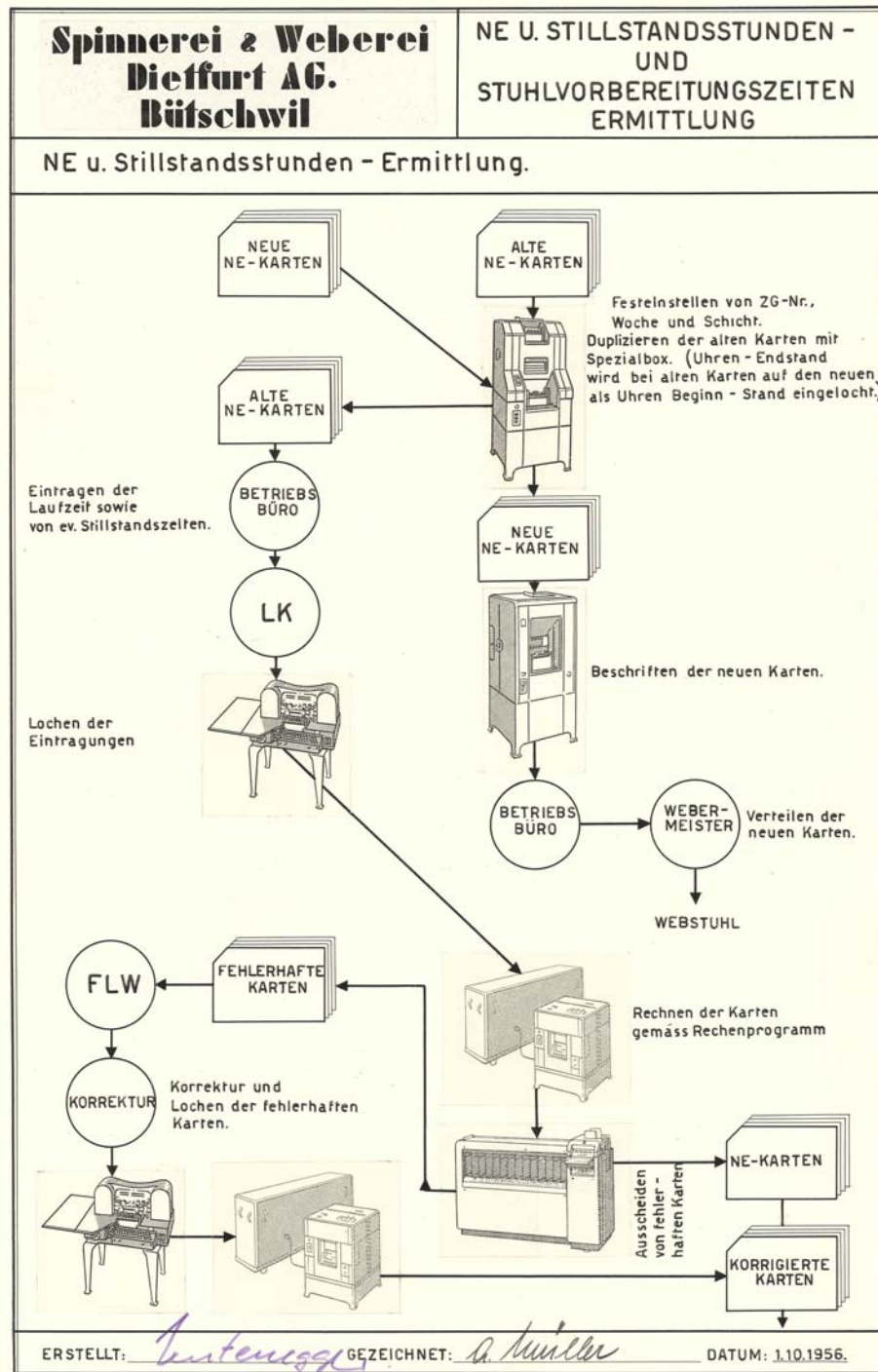
Wartungsplan der M9 vom 19. Juni 1958. Quelle: Fred Winteler, Zürich

2



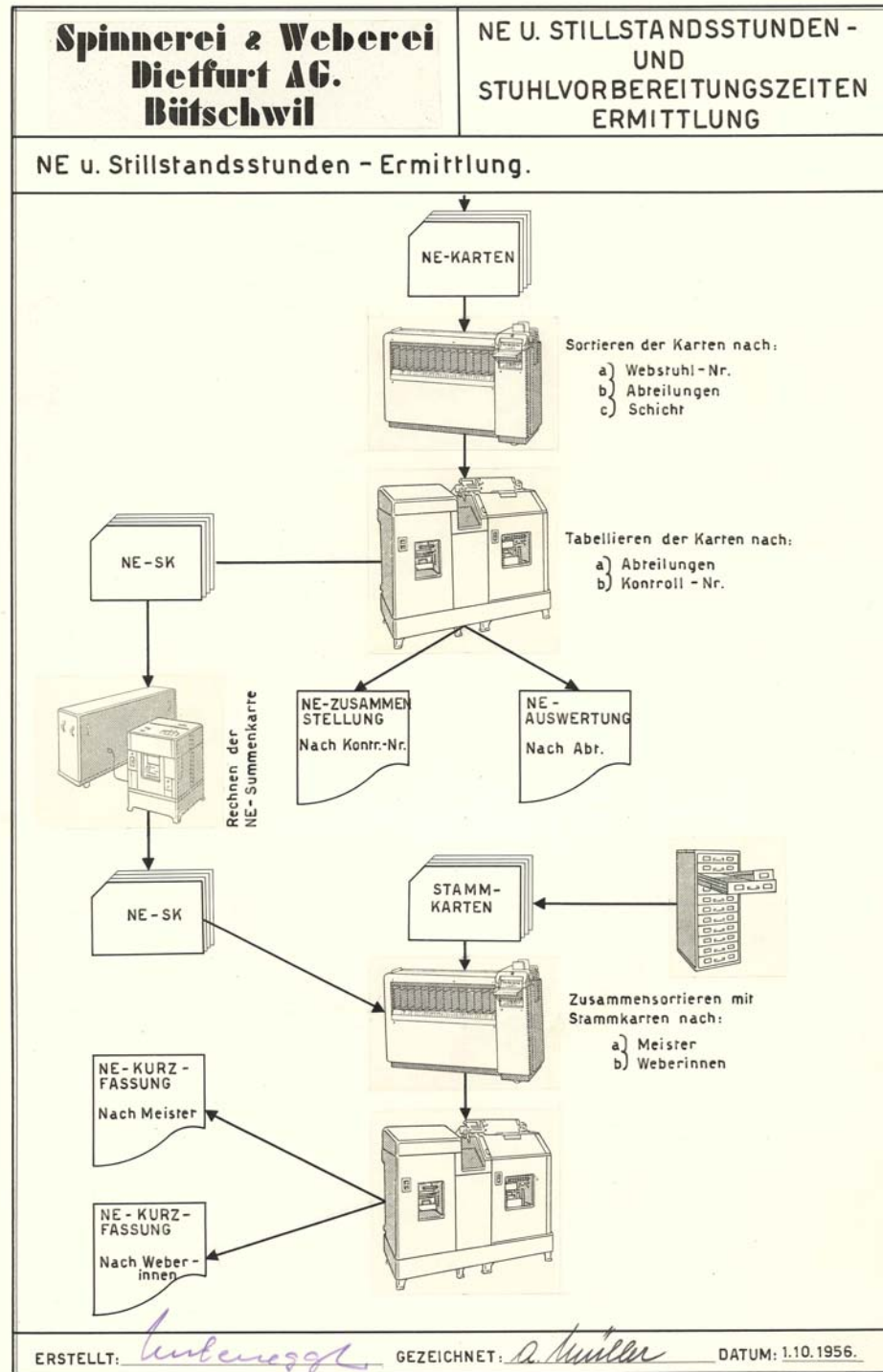
Lagerverwaltung im Toggenburger Textilunternehmen: Die M9 (rechte Spalte, drittunterste Gerätegruppe) im Zusammenspiel mit verschiedenen Lochkartengeräten: Lochkartendoppler, Lochkartenmischer, Sortiermaschine und Tabelliermaschine (Drucker). Handgefertigter Original-Arbeitsablaufplan vom 1. Oktober 1956. © Max Forrer, Oberhelfenschwil

2



Ermittlung von Nutzeffekt (NE), Stillstandszeit und Dauer der Webstuhlvorbereitung. M9 (Relaisschrank und Untergestell, links unten sowie zweitunterste Gerätegruppe rechts) im Zusammenspiel mit Kartenlocher, Kartendoppler und Kartensortierer. Handgefertigter Original-Arbeitsablaufplan vom 1. Oktober 1956. © Max Forrer, Oberhelfenschwil

3



M9 (linke Spalte, oben) im Verbund mit einer Sortiermaschine und einer Tabelliermaschine (Drucker). Entscheidend für den Arbeitsablauf war das einwandfreie Zusammenwirken aller Geräte. NE = Nutzeffekt, Stuhl = Webstuhl. Handgefertigter Original-Arbeitsablaufplan vom 1. Oktober 1956.

© Max Forrer, Oberhelfenschwil

3

Spinnerei & Weberei Dietfurt AG. Büschwil		STATISTIK - BERECHNUNG																	
Verwendete Karten.																			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 0 auto; width: 80%;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"> 13 Ko. F S Ne </div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 5px;"> SWD Fertigungslohn-Karte <small>SPINNEREI - ZWIRNEREI - SENDEWEI</small> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <td style="width: 10%;">R</td> <td style="width: 10%;">Index</td> <td style="width: 10%;">RE</td> <td style="width: 10%;">Spindel-Stk.</td> <td style="width: 10%;">Kp.</td> <td style="width: 10%;">Lauf-Stk.</td> <td style="width: 10%;">Menge</td> <td style="width: 10%;">Betrag</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">RE</td> <td style="text-align: center;">G</td> <td style="text-align: center;">ZG</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td></td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div> <small>Der Meister</small> <small>Datum:</small> <small>Visum:</small> </div> <div> <small>F. L.</small> <small>Datum:</small> <small>Visum:</small> </div> <div> <small>Bemerkungen:</small> </div> </div> </div>				R	Index	RE	Spindel-Stk.	Kp.	Lauf-Stk.	Menge	Betrag	D	RE	G	ZG	E	A	C	
R	Index	RE	Spindel-Stk.	Kp.	Lauf-Stk.	Menge	Betrag												
D	RE	G	ZG	E	A	C													

Konstante F:

11 = 544 12 = 568 21 = 496 22 = 496 31 = 496 40 = 400 41 = 362

RECHNUNGEN:

A. Kostenstelle 206

1. $\frac{C}{Z2} = E$

2. $E \times S = Z3$

3. $Z3 \times \frac{F}{2} = G$

4. $A \times \frac{F}{2} = Z4$

5. $Z4 \times (2 \times 0,4536) = Z5$

6. $\frac{Z5}{Ne} = Z6$

7. $Z6 \times D = RE$

B. Kostenstelle 301

1. $\frac{C}{Z2} = E$

2. $E \times S = Z3$

3. $Z3 \times F = G$

4. $A \times F = Z4$

5. $Z4 \times (2 \times 0,4536) = Z5$

6. $\frac{Z5}{Ne} = Z6$

7. $Z6 \times D = RE$

C. Kostenstellen 300 + 400

1. $\frac{C}{Z2} = E$

2. $A \times D = RE$

14
G

SWD Fertigungslohn-Karte
KITTSPIELEREI

G	Capo-Gew.	Faden-Stk.	RE	Index	Spindelgew.	Tare	Hülsen %	Lauf-Stk.	Nettogewicht	Betrag
L	K	E	H	C						

Der Meister
Datum: Visum:

DM
Datum: Visum:

Kontrolliert
Datum: Visum:

RECHNUNG:

1. $\frac{C}{Z2} = E$

2. $\frac{G}{18.3} = K$

3. $H \times K = L$

ERSTELLT: *Leubener* GEZEICHNET: *A. Müller* DATUM: 1.10.1956.

Statistische Berechnung. Für die Eingabe von Daten und die Zwischenspeicherung von Ergebnissen wurden Lochkarten (Datenträger aus Karton) verwendet. Bei Remington Rand hatten sie 90 Lochspalten. Auf einer Lochkarte konnten somit jeweils 90 Ziffern, Buchstaben oder Sonderzeichen dargestellt werden. In Dietfurt wurden etwa 100 verschiedene Lochkarten verwendet. Die Abbildung zeigt, wie die M9 gerechnet hat. SWD = Spinnerei & Weberei Dietfurt. Handgefertigte Originalzeichnung vom 1. Oktober 1956.

© Max Forrer, Oberhelfenschwil

19

**Spinnerei & Weberei
Dietfurt AG.
Bütschwil****DIE VORBEREITUNG UND
ABRECHNUNG DES LOHNES**

Verwendete Karten.

Karte-Nr.	20-Nr.
SWD Präsenzstunden-Karte	
Stunden	
A 1	

KARTENART : 30Steuerpositionen:

2/0 UAC-Sprung Ring 2
46/1 Sperrt Block 11
46/5 Acc. Release 4

Die Stunden A 1

werden vom Betriebsbüro eingetragen.
Der Wert wird von der M9 gespeichert für:

- 1.) Schichtzulage
- 2.) Haushaltzulage
- 3.) Verdienst - Rechnung
- 4.) DAZ Berechnung
- 5.) Arbeits - Std. - Aufschrieb

Karte-Nr.	20-Nr.	Ka.-Stelle	Ka.-Art	Voll-Tag	Ansatz
SWD Zulagen- und Vergütungs-Karte					
T x 1					
Schichtzulage					
Stunden oder Tage					
A C					

KARTENART : 31Steuerpositionen:

46/3 Verhindert Nullen-nachziehung
46/5 Acc. Release
47/0 Öffnet Block 12

A wird automatisch mit der M9 aus KA 30 übernommen, sofern keine Std.-Zahl in dieser Kolonne steht.

Rechnung:

$A \times B = C$
100
Wenn A=0, dann A1 lochen.

ERSTELLT:

GEZEICHNET:

DATUM: 1.10.1956.

Lohnabrechnung: Karten für Präsenzzeit und Schichtzulage. Die linke obere Ecke der Karte ist abgeschnitten, damit falsch eingelegte Karten in einem Stapel sofort erkennbar sind. SWD = Spinnerei & Weberei Dietfurt, DAZ = Dienstalterszulage. Handgefertigte Originalzeichnung vom 1. Oktober 1956.

© Max Forrer, Oberhelfenschwil

23

**Spinnerei & Weberei
Dietfurt AG.
Bütschwil****DIE VORBEREITUNG UND
ABRECHNUNG DES LOHNES**

Verwendete Karten.

Karte-Nr.	ZG-Nr.	Ka-Stelle	Ka-Art	volle Tage	Ansatz
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42
43	44	45			
SWD Zulagen- und Vergütungs-Karte					
Text				Stunden oder Tage	Betrag
Teuerungszulage 3%				Cx	C
46	47	48	49	50	51
52	53	54	55	56	57
58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69
70	71	72	73	74	75
76	77	78	79	80	81
82	83	84	85	86	87
88	89	90			

KARTENART: 38

Steuerpositionen:

46/1 Sperrt Block 11
46/3 Verh. Nullennachzhg.
46/5 Acc. Release 4
47/0 Öffnet Block 12
47/1 UAC-Sprung
47/9 Öffnet Block 2

Die 3% TZ werden von
der M9 auf die Beträge
der KA 11-15 und 2 ge-
rechnet und abgesetzt.

Cx ist die gleiche \approx
wie C, sie wird für eine
Verdienst-Rechnung
in das Werk von
„HZ+KZ“ gebracht.

Karte-Nr.	ZG-Nr.	ohne Z.	mit Z.	GKA-Std.	FLK-Nr.	Präsenz-Std.	Bruttolohn
1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45			
SWD Bruttolohn - Summen-Karte							
R16		R6		R5		R3	
R2		R1					
46	47	48	49	50	51	52	53
54	55	56	57	58	59	60	61
62	63	64	65	66	67	68	69
70	71	72	73	74	75	76	77
78	79	80	81	82	83	84	85
86	87	88	89	90			

KARTENART: 4

Steuerpositionen:

46/1 Sperrt Block 11
46/5 Acc. Release 4
47/3 Sperrt Block 9+10
Öffnet Block 3
47/5 Tripple Space

Rechnung:

R15 = R16 (R15 = \approx C aus KA 11-15)
R2

R1 = R6 (\approx M = \approx A ex KA 30, 35, 36)
 \approx M

R1 = \approx aller C
R2 = A1 ex KA 30
R5 = \approx K ex KA 15+2
R3 = \approx C ex KA 11-14

ERSTELLT

GEZEICHNET

DATUM: 1.10.1956.

Lohnabrechnung. Karten für Teuerungszulage und Bruttolohn. Es gibt weitere Karten für Überzeitzulage, Haushaltzulage, Kinderzulage, Ferien, Feiertage und Dienstalterszulage. SWD = Spinnerei & Weberei Dietfurt. Handgefertigte Originalzeichnung vom 1. Oktober 1956. © Max Forrer, Oberhelfenschwil

Quellen

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. 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 und die ETH Zürich. Zum 100. Geburtstag des Informatikpioniers Konrad Zuse (22. Juni 2010). Departement Informatik, Professur für Informationstechnologie und Ausbildung. Festschrift, ETH Zürich, 2., verbesserte und stark erweiterte Auflage 2011, 40 Seiten

22. Bruderer, Herbert: Konrad Zuse und die Schweiz. Relaisrechner Z4 an der ETH Zürich. Rechenlocher M9 für die Schweizer Remington Rand. Eigenbau des Röhrenrechners ERMETH. Zeitzeugenbericht zur Z4. Unbekannte Dokumente zur M9. Ein Beitrag zu den Anfängen der Schweizer Informatikgeschichte. Departement Informatik, Professur für Informationstechnologie und Ausbildung, ETH Zürich, 1. Auflage 2011, 92 Seiten
23. Bruderer, Herbert: Konrad Zuse und die ETH Zürich, in: Informatik-Spektrum, demnächst (Springer-Verlag, Heidelberg)
24. Chroust, Gerhard; Zemanek, Heinz (Hrsg.): Die Geschichte der Datenverarbeitung. Bibliographie zur Geschichtswand. R. Oldenbourg Verlag, Wien, München 1995, XVI, 101 Seiten
25. 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
26. Conradi, Walter: Computerwelten. Vom Abakus zum Avatar. Sonderausstellung. Siemens-Forum, München 2002, 73 Seiten
27. Czauderna, Karl-Heinz: Konrad Zuse, der Weg zu seinem Computer Z3, R. Oldenbourg-Verlag, München, Wien 1979, 105 Seiten
28. de Beauclair, Wilfried: Konrad Zuse – sein Beitrag zur Entwicklung programmgesteuerter Rechenanlagen, in: Zuse KG: Zuse. 25 Jahre Entwicklung programmgesteuerter Rechenanlagen, Bad Hersfeld, 1961, Seiten 4–21 (Hrsg.: Presseabteilung)
29. 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
30. de Beauclair, Wilfried: Rechnen mit Maschinen. Eine Bildgeschichte der Rechentechnik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage 2005, XII, 313 Seiten
31. de Beauclair, Wilfried; Genser Friedrich (Hrsg.): Vom Zahnrad zum Chip. Eine Bildgeschichte der Datenverarbeitung. Superbrain-Verlag, Balje 2005, 3 Bände, 841 Seiten
32. Delius, Friedrich Christian: Die Frau, für die ich den Computer erfand. Roman. Rowohlt, Berlin 2009, 283 Seiten
33. 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
34. Dreyer, Andrea: Konrad Zuse – Künstler und Visionär, in: Log in. Informatische Bildung und Computer in der Schule, 2010, Nr. 163/164, Seiten 130–131 (Log in-Verlag, Berlin)
35. Dworatschek, Sebastian: Grundlagen der Datenverarbeitung. de Gruyter, Berlin, New York, 8., durchgesehene Auflage 1989, 607 Seiten (Kapitel „Entwicklung der Datenverarbeitung“, Seiten 21–39)
36. 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
37. Erismann, Theodor; Speiser, Ambrosius P.; Schai, Alfred: Schweizerische mechanische und digitale Rechengeräte. Mathematische Grundlagen für den Einsatz von mechanischen Integrieranlagen bei Regelproblemen. Moderne mechanische Integrieranlagen. Digitale Schaltungen mit Transistoren. Die elektronischen und magnetischen Schaltungen der ERMETH, Schweizerische Gesellschaft für Automatik, Zürich. Sonderdruck aus Scientia electrica, Heft 4, Band 3, 1957, 36 Seiten
38. Eyssell, Manfred: Die Leibniz'sche Rechenmaschine (Teil 1), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 7, 2009 Seiten 12–20 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
39. Eyssell, Manfred: Die Leibniz'sche Rechenmaschine (Teil 2), in: GWDG-Nachrichten, Nr. 8, 2009 Seiten 10–23 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
40. Eyssell, Manfred: Sprossenrad-Rechenmaschinen, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 10, 2009 Seiten 13–27 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)

41. 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)
42. 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)
43. 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)
44. 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)
45. Eyssell, Manfred: Anfänge der wissenschaftlichen Datenverarbeitung in Göttingen, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 6, 2010, Seiten 8–23 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
46. Eyssell, Manfred: Die Rechenanlagen der GWDG – die Univac-Ära, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 8, 2010, Seiten 10–39 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
47. Eyssell, Manfred: Die Rechenanlagen der GWDG – die IBM-Ära, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 9, 2010, Seiten 14–37 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
48. Eyssell, Manfred: Die Rechenanlagen der GWDG – die Neuzeit, in: GWDG-Nachrichten, Nr. 11, 2010, Seiten 19–53 (Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen)
49. Fothe, Michael: Konrad Zuses 100. Geburtstag. Ein vorläufiges Resümee, in: Log in. Informatische Bildung und Computer in der Schule, 2010, Nr. 163/164, Seiten 5–7
50. Fröschl, Karl; Matzl, Siegfried; Werthner, Hannes: Symbolverarbeitende Maschinen. Eine Archäologie. Verein Museum Arbeitswelt, Steyr, 1993, VI, 185 Seiten
51. 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
52. Füssl, Wilhelm (Hrsg.): 100 Jahre Konrad Zuse. Einblicke in den Nachlass. Deutsches Museum, München 2010, 144 Seiten
53. Gander, Walter: Portrait: Prof. Dr. K. Zuse, in: Output, 1992, Nr. 1, Seite 25
54. Gander, Walter (Hrsg.): Zuse, Konrad: Computerarchitektur aus damaliger und heutiger Sicht, ETH Zürich, Departement Informatik, August 1992, 34 Seiten
55. Ganzhorn, Karl: Der Schritt ins Informations-Zeitalter, Zürcher Volkswirtschaftliche Gesellschaft, 1970, 19 Seiten (unveröffentlicht)
56. Giloi, Wolfgang K.: Rechnerarchitektur. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg u.a., 2., vollständig überarbeitete Auflage 1993, XXI, 482 Seiten
57. Giloi, Wolfgang K.: Die Ungnade der frühen Geburt. Vortrag, gehalten am 12.12.1996 in memoriam Konrad Zuse, 12 Seiten (unveröffentlicht)
58. Glauber, Ulrich: Er war seiner Zeit zu weit voraus, in: Die Südostschweiz am Sonntag, 20. Juni 2010
59. Glauber, Ulrich: Als die Computer laufen lernten, in: Zentralschweiz am Sonntag, Nr. 26, 27. Juni 2010, Seite 53
60. Graef, Martin (Hrsg.): 350 Jahre Rechenmaschinen. Carl Hanser-Verlag, München 1973, 124 Seiten
61. Grassmann, Winfried K.: A Computer Built with Relays and a Mechanical Memory Contributed Significantly to the Development of Algol. University of Saskatchewan, Saskatoon SK, Mai 2011, 13 Seiten
62. 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
63. 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

64. Haber, Peter (Hrsg.): Computergeschichte Schweiz. Eine Bestandesaufnahme. Chronos-Verlag, Zürich 2009, 226 Seiten (Geschichte und Informatik, Band 17)
65. Händler, Wolfgang: Rechner von A bis Z – von Antikythera bis Zuse, in: Informatik-Spektrum, 1980, Heft 3, Seiten 105–112 (Springer-Verlag, Heidelberg)
66. Hanhart, Joel: Computer-Pionier in Zürich, in: 20 Minuten, 18. Juni 2010, Seite 20 (Wissen)
67. Hellige, Hans Dieter (Hrsg.): Geschichten der Informatik. Visionen, Paradigmen, Leitmotive. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2004, XII, 514 Seiten
68. Henger, Gregor: Informatik in der Schweiz. Eine Erfolgsgeschichte verpasster Chancen, Verlag Neue Zürcher Zeitung, Zürich 2008, 195 Seiten
69. Herter, David: Der Computergrossvater, in: Landbote, 24. Mai 2011, Seite 12
70. Heyne, Georg; Darius, Frank: The Addition Circuit of Zuse's Z 3 Computer. Der Addierer in Zuses Z3 Rechner, in: Information Technology, 2010, Heft 1, Seiten 23–28 (Oldenbourg-Wissenschaftsverlag, München)
71. Hochstrasser, Urs: Die Anwendung der Methode der konjugierten Gradienten und ihrer Modifikationen auf die Lösung linearer Randwertprobleme. Dissertation, ETH Zürich 1954, 48 Seiten
72. Hochstrasser, Urs: Flatterrechnung mit Hilfe von programmgesteuerten Rechenmaschinen, in: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 6, 1955, Seiten 300–315
73. Hoffmann, Walter (Hrsg.): Digitale Informationswandler. Probleme der Informationsverarbeitung in ausgewählten Beiträgen. Friedrich Vieweg, Braunschweig 1962, XXIII, 740 Seiten
74. Hohmann, Joachim: Eine Untersuchung des Plankalküls im Vergleich mit algorithmischen Sprachen. Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Bericht Nr. 104, Bonn 1975, VIII, 193 Seiten
75. Hosp, Janine: Zürichs erster Computer ratterte wie ein Webstuhl, in: Tages-Anzeiger, Nr.19, 24. Januar 2011, Seite 17 (Zürich)
76. Inauen, Ernst: Relaisrechner mit Lochstreifeneingabe und -ausgabe, Diplom-Arbeit. Sommer 1962, Abendtechnikum Zürich (Hochschule für Technik Zürich), 64 Seiten, 13 Abbildungen (A4), Bezug: <http://e-collection.library.ethz.ch>
77. Jahresbericht des Institutes für angewandte Mathematik für das Studienjahr 1949/50, Zürich, 4. Januar 1951, 3 Seiten
78. Jänike, Johannes; Genser, Friedrich: Gedanken über das Rechnen und Denken: Konrad Zuse., Düsseldorf, Selbstverlag F. Genser 1996, 215 Seiten (Reihe: Die Vergangenheit der Zukunft)
79. Kneubühl, Fritz K: Die Berechnung und Auswertung von Mikrowellen-Rotationsspektren durch ein Programm der elektronischen Rechenmaschine ERMETH, Dissertation. Juris-Verlag, Zürich 1959, 87 Seiten
80. Koeber, Bernhard: Zuses Z4 an der ETH Zürich, in: Log in. Informatische Bildung und Computer in der Schule, 2010, Nr. 166/167, Seite 138 (Log in-Verlag, Berlin)
81. Korte, Bernhard: Zur Geschichte des maschinellen Rechnens. Bouvier-Verlag Herbert Grundmann, Bonn 1981, 80 Seiten
82. Landwehr, Dominik: Die Schweiz – kein technologiefreundliches Milieu, in: Peter Haber Peter (Hrsg.): Computergeschichte Schweiz. Eine Bestandesaufnahme. Chronos-Verlag, Zürich 2009, Seiten 109–121 (Geschichte und Informatik, Band 17),
83. Läuchli, Peter: Berechnung und Drucken einer achtestelligen Logarithmentafel als Beispiel für das Arbeiten eines Rechenautomaten, in: Elemente der Mathematik, Band 11, Heft 6, Birkhäuser-Verlag, Basel 1956, Seiten 130–134
84. Läuchli, Peter: Erinnerungen an die Pionierzeit der Informatik. Presse- und Informationsdienst ETHZ 1993, 20 Seiten (Abschiedsvorlesung 4. Juni 1993, kleine Schriften Nr. 23)
85. Ludwig, Karl-Heinz: Technik und Ingenieure im Dritten Reich. Droste-Verlag, Düsseldorf 1974, 544 Seiten
86. Mons, Wilhelm; Zuse, Horst; Vollmar, Roland: Konrad Zuse. Ernst Freiberger-Stiftung 2005, 168 Seiten (ohne Ortsangabe)

87. Museum für Kommunikation (Hrsg.): Loading History – Computergeschichte(n) aus der Schweiz. Chronos-Verlag Zürich/Editions Payot, Lausanne 2001, 119 Seiten
88. Museumsführer, Heinz-Nixdorf-Museumsforum, Paderborn, 2. Auflage 2000, VI, 180 Seiten, mit Nachtrag (24 Seiten)
89. Musstopf, Günter (Hrsg.): Als die Computer Laufen lernten. Ein amüsanter Rückblick. perComp Verlag, Hamburg 2005, VIII, 180 Seiten
90. Naumann, Friedrich: Vom Abakus zum Internet. Die Geschichte der Informatik. Primus-Verlag, Darmstadt 2001, 287 Seiten
91. Nef, Andreas; Wildi, Tobias: Informatik an der ETH Zürich 1948–1981. Zwischen Wissenschaft und Dienstleistung. ETH Zürich, Departement Informatik, September 2006, 57 Seiten
92. Nef, Andreas; Wildi, Tobias: Informatik an der ETH Zürich 1948–1981. Zwischen Wissenschaft und Dienstleistung. in: Peter Haber Peter (Hrsg.): Computergeschichte Schweiz. Eine Bestandesaufnahme. Chronos-Verlag, Zürich 2009, Seiten 9–58 (Geschichte und Informatik, Band 17)
93. Neukom, Hans: ERMETH: The first Swiss computer, in: IEEE Annals of the History of Computing, Band 27, 2005, Heft 4, Seiten 5–22
94. Niehörster, Thomas: Konrad Zuse. Vater des Computers – seine Zeit in Hinterstein und Hopferau, Hindelanger Hefte, 2007, Nr. 3, 40 Seiten (Ursus-Verlag, Bad Hindelang)
95. 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
96. Petzold, Hartmut: Rechnende Maschinen. Eine historische Untersuchung ihrer Herstellung und Anwendung vom Kaiserreich bis zur Bundesrepublik. VDI-Verlag, Düsseldorf 1985, 579 Seiten
97. Petzold, Hartmut: Moderne Rechenkünstler. Die Industrialisierung der Rechentechnik in Deutschland. Verlag C.H. Beck, München 1992, 319 Seiten
98. Rojas, Raul (Hrsg.): Die Rechenmaschinen von Konrad Zuse, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1998, VII, 221 Seiten
99. 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
100. Rojas, Raul: Konrad Zuse: 1910–2010, in: Information Technology, 2010, Heft 1, Seiten 3–4 (Oldenbourg-Wissenschaftsverlag, München)
101. Rojas-Esponda, Tania: The S1 and S2 Computing Machines – Konrad Zuse’s Work for the German Military 1941–1945. Die Rechenmaschinen S1 und S2 – Konrad Zuses Arbeit für das Deutsche Militär, in: Information Technology, 2010, Heft 1, Seiten 13–22 (Oldenbourg-Wissenschaftsverlag, München)
102. Rutishauser, Heinz: Bericht über die Tätigkeit des Instituts im Studienjahr 1950/51, Zürich, 9. Januar 1952, 3 Seiten
103. Rutishauser, Heinz: Automatische Rechenplanfertigung bei programmgesteuerten Rechenmaschinen. Birkhäuser, Basel 1956, 45 Seiten (Nachdruck)
104. 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
105. Rutishauser, Heinz; Speiser, Ambros; Stiefel, Eduard: Programmgesteuerte digitale Rechengерäte (elektronische Rechenmaschinen). Birkhäuser, Basel 1951, 102 Seiten
106. Samuel, Andreas/koe: Ein Museum zum Mitmachen. Das ZUSEUM in Bautzen, in: Log in, 2010, Nr. 165, Seiten 4–5
107. Schai, Alfred: Die elektronischen und magnetischen Schaltungen der ERMETH, in: Scientia Electrica, Band 3, 1957, Heft 4, Seiten 127–140

108. 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
109. Scharrer, Matthias: Ein Zimmer genügte nicht für die Z4, in: Landbote, 17. Januar 2011, Seite 25
110. Schlaeppli, H.: Entwicklung einer programmgesteuerten elektronischen Rechanlage am Institut für angewandte Mathematik der ETH, in: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 5, 1954, Seiten 435–436
111. Schmundt, Hilmar: Rassenforschung am Rechner, in: Der Spiegel, Nr. 24, 14. Juni 2010, Seiten 118–119
112. 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
113. 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
114. 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)
115. 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)
116. 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)
117. 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
118. Speiser, Ambros P.: Eingangs- und Ausgangsorgane sowie Schaltpulse der ERMETH, in: J. Wosnik (Hrsg.): Elektronische Rechenmaschinen und Informationsverarbeitung. Nachrichtentechnische Fachberichte. Beihefte der NTZ, Band 4, 1956, Seiten 87–89
119. 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
120. 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
121. Speiser, Ambros P.: Digitale Rechenanlagen. Grundlagen/Schaltungstechnik/Arbeitsweise, Betriebssicherheit. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2. neu bearbeitete Auflage 1967, XVI, 454 Seiten
122. 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
123. 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)
124. Speiser, Ambros P.: 95 Semester ETH – der Weg zur Informatik. Presse- und Informationsdienst ETHZ 1992, 17 Seiten (Abschiedsvorlesung)
125. 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)

126. 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
127. Speiser, Ambros P.: Episoden aus den Anfängen der Informatik an der ETH, in: Informatik-Spektrum, 2008, Heft 6, Seiten 600–612 (Springer-Verlag, Heidelberg)
128. Steinbuch, Karl: Die informierte Gesellschaft. Geschichte und Zukunft der Nachrichtentechnik. Rowohlt, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 1966, 249 Seiten
129. Steinbuch, Karl (Hrsg.): Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung. Springer-Verlag, Berlin, 2. überarbeitete Auflage 1967, XXIII, 1468 Seiten
130. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts im Studienjahr 1951/52, Zürich, 31. Dezember 1952, 6 Seiten
131. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1953, Zürich, 9. Januar 1954, 7 Seiten
132. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1954, Zürich, 7. Januar 1955, 11 Seiten
133. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1955, Zürich, 4. Januar 1956, 10 Seiten
134. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1956, Zürich, 20. Dezember 1956, 11 Seiten
135. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1957, Zürich, 20. Dezember 1957, 8 Seiten
136. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1958, Zürich, 20. Dezember 1958, 10 Seiten
137. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1959, Zürich, 21. Dezember 1959, 9 Seiten
138. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1960, Zürich, 20. Dezember 1960, 9 Seiten
139. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1961, Zürich, 20. Dezember 1961, 10 Seiten
140. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1962, Zürich, 21. Dezember 1962, 12 Seiten
141. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1963, Zürich, 21. Dezember 1963, 9 Seiten
142. Stiefel, Eduard: Bericht über die Tätigkeit des Instituts für angewandte Mathematik im Jahre 1964, Zürich, 15. Dezember 1964, 7 Seiten
143. Stiefel, Eduard: Elektronische Rechenmaschinen, in: Neue Zürcher Zeitung, 18. Oktober 1948, Mittagsausgabe, Nr. 2140 (60), Blatt 2 (Technik)
144. 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
145. 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
146. Stiefel, Eduard: Elektronische Rechenautomaten als Beispiel zur allgemeinen Kybernetik, in: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Kommissionsverlag H.R. Sauerländer, Aarau 1955, Seiten 53–62
147. Stiefel, Eduard: Einsatz der Rechenautomaten in der Technik, in: Bulletin des SEV (Schweizerischer Elektrotechnischer Verein), 1957, Heft 11, Sonderdruck, 7 Seiten

148. 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)
149. Stiller, Andreas: Verkehrter von Neumann, in: Magazin für Computertechnik, c't, 2010, Heft 15, 5. Juli 2010, Seite 12 (Heise-Verlag, Hannover)
150. Stock, John Robert: Die mathematischen Grundlagen für die Organisation der elektronischen Rechenmaschine der Eidgenössischen Technischen Hochschule. Dissertation, ETH Zürich 1956, 73 Seiten
151. Tiburski, Jens: Die Erfindung des Computers. Zuses Z3, in: Log in. Informatische Bildung und Computer in der Schule, 2010, Nr. 163/164, Seiten 104–107 (Log in-Verlag, Berlin)
152. 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
153. Tobler, Beatrice: Geräte und Geschichten. Computer im Museum, in: Peter Haber Peter (Hrsg.): Computergeschichte Schweiz. Eine Bestandesaufnahme. Chronos-Verlag, Zürich 2009, Seiten 207–222 (Geschichte und Informatik, Band 17)
154. Tomaszewski, Dolores: GMD erstellt dokumentarische Auswertung der persönlichen Unterlagen von Konrad Zuse, in: Der GMD-Spiegel, September 1979, Heft 3, Seiten 40–53
155. Venetz, Louis A.: „Wer immer strebend sich bemüht, den können wir erlösen“. Gespräch mit Konrad Zuse, in: Output, 1992, Nr. 1, Seiten 24–28
156. Vorndran, Edgar P.: Entwicklungsgeschichte des Computers. Eine kurzgefasste Geschichte der Rechen- und Datentechnik. VDE-Verlag, Berlin, Offenbach, 2. überarbeitete Auflage 1986, 164 Seiten
157. Waldburger, Heinz, Gebrauchsanleitung für die ERMETH (Elektronische Rechenmaschine der ETH), Institut für angewandte Mathematik, ETH Zürich 1960
158. Wieland, H.R.: Computergeschichte(n) – nicht nur für Geeks. Von Antikythera zur Cloud. Galileo Press, Bonn 2011, 605 Seiten (mit DVD)
159. Winkler, Jürgen F.H.: Konrad Zuse und die Optik-Rechenmaschine in Jena, in: Log in. Informatische Bildung und Computer in der Schule, 2010, Nr. 166/167, Seiten 132–136 (Log in-Verlag, Berlin)
160. Winkler, Jürgen F.H.: Konrad Zuse and Switzerland. Physik-Anekdoten (11), in: SPG-Mitteilungen, Mai 2011, Nr. 34, Seiten 42–44 (Schweizerische Physikalische Gesellschaft)
161. Wittmann, Armin: Dr. h.c. 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
162. Wüthrich, Urs: Ein Oldtimer verblüfft die Fachwelt, in: Berner Zeitung, 4. Juni 2011, Seite 3
163. 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
164. Zemanek, Heinz: Das geistige Umfeld der Informationstechnik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1992, IX, 303 Seiten (Kapitel: Geschichte der Informationsverarbeitung, Seiten 25–50)
165. 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)
166. Zoppke, Till: Konrad Zuse und seine Rechenmaschinen, in: Information Technology, 2010, Heft 1, Seiten 5–11 (Oldenbourg-Wissenschaftsverlag, München)
167. Zuse, Horst: Geschichte der Programmiersprachen. Technische Universität Berlin, Forschungsberichte des Fachbereichs Informatik, Bericht 1999-1, Berlin 1999, 69 Seiten
168. Zuse, Horst: Die heutige Dokumentierung von Konrad Zuses Pionierleistung für die Informatik, Vortrag an der ETH Zürich, Juni 2000, 9 Seiten (unveröffentlicht)
169. Zuse, Horst: Konrad Zuses Werk. März 2010, 124 Seiten (unveröffentlicht)
170. 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)

171. Zuse, Konrad: Über sich selbst reproduzierende Systeme, in: Elektronische Rechenanlagen, Band 9, April 1967, Heft 2, Seiten 57–64
172. Zuse, Konrad: Die ersten programmgesteuerten Relais-Rechenmaschinen, in: Martin Graef (Hrsg.): 350 Jahre Rechenmaschinen. Carl Hanser-Verlag, München 1973, Seiten 51–56
173. Zuse, Konrad: Gesichtspunkte zur Beurteilung algorithmischer Sprachen. Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Abteilung für Informationswesen. St. Augustin 1975 Nr. 105, 156 Seiten
174. 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)
175. Zuse, Konrad: Rechnender Raum, in: Spektrum der Wissenschaft Spezial, 2007, Heft 3, Seiten 6–15
176. 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
177. Zuse KG: Programmgesteuerte Rechenanlage Typ Z 5, Neukirchen, Kreis Hünfeld, 1953, 30 Seiten
178. Zuse KG: Zuse. 25 Jahre Entwicklung programmgesteuerter Rechenanlagen, Bad Hersfeld, 1961, 34 Seiten (Hrsg.: Presseabteilung)

Ceruzzi, Paul E.: Sammlung von Zuse-Unterlagen am Charles-Babbage-Institut der Universität Minnesota, Minneapolis: <http://purl.umn.edu/60298>

Elektronische Dokumente

- 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
- Tobler, Beatrice; Bruderer, Herbert: Videointerview mit Zeitzeugen der M9, Museum für Kommunikation, Bern, Mai 2011 (DVD, videocompany.ch, Zofingen)
- Zuse, Horst: Konrad Zuses Werk. DVD, 2010 (www.zuse.de)

Schriften zur M9

Powers: Programmgesteuerte Rechenmaschine M9. Technische Daten (Prospekt), 4 Seiten, sowie Programmschalttafel, 4 Seiten. Remington Rand AG, Lochkartenmaschinen Zürich, o.J.

Rechnen mit Dezimalzahlen in Ja-Nein-Wert-Verschlüsselung. Dipl.-Ing. K. Zuse, Ingenieurbüro und Apparatebau, Berlin, 16. Januar 1950, 14 Seiten (theoretische Grundlagen des Rechenlochers)

Rechenlocher-Funktionsmodell. Dipl.-Ing. K. Zuse, Ingenieurbüro und Apparatebau, Berlin, Januar 1950, 16 Seiten, sowie Änderungsvorschlag Additionswerk 1:1, 17. Februar 1950, 1 Seite

Remington Rand: M9. Panneau-Punkte. Programmierungsunterlagen. Relais-Liste, Zürich, o.J.

Remington Rand. Dokumentation zur M9. Sammlung Fred Winteler, Zürich 1955–1958

Zuse KG: Bau- und Konstruktionsunterlagen zur M9. 1953/1954. Museum für Kommunikation, Bern

Sammlungen von Fred Winteler, Zürich (im Museum für Kommunikation, Bern), sowie von Max und Markus Forrer, Bütschwil/Oberhelfenschwil

vgl. auch Inauen, Ernst: Relaisrechner mit Lochstreifeneingabe und -ausgabe, Zürich 1962

Plakat

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

Weitere Quellen

Staats-, Stadt- und Unternehmensarchive, ETH-Archiv, Handelsregisterämter, Museen

Webadressen

- <http://datenbanksammlungen.mfk.ch/eMuseumPlus> (Objektdatenbank, Museum für Kommunikation)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite> (Nachschlagewerk, Stichworte: Ermeth, Remington Rand, Heinz Rutishauser; Ambros Speiser, Eduard Stiefel, Z4, Konrad Zuse, Zuse KG),
- <http://konrad-zuse-gesellschaft.gi-ev.de> (Konrad-Zuse-Gesellschaft),
- <http://konrad-zuse-gesellschaft.gi-ev.de/zuse-jahr-2010.html> (Zuse-Jahr),
- <http://www.deutsches-museum.de/archiv> (Archiv Deutsches Museum),
- <http://www.ethistory.ethz.ch/besichtigungen/objekte/lilith> (Lilith),
- <http://www.ethistory.ethz.ch/rueckblicke/departemente/dinfk> (Geschichte der ETH Zürich),
- http://www.ethistory.ethz.ch/rueckblicke/departemente/dinfk/weitere_seiten/angewandte_mathematik/index_DE/popupfriendly (Institut für angewandte Mathematik),
- http://www.ethistory.ethz.ch/rueckblicke/departemente/dinfk/weitere_seiten/angewandte_mathematik/material_dokumente/1949_vertrag-z4.pdf (Mietvertrag Z4),
- http://www.ethistory.ethz.ch/rueckblicke/departemente/dinfk/weitere_seiten/angewandte_mathematik/material_dokumente/bibliografie_DE/popupfriendly#angewandte_mathematik (Schriftenverzeichnis),
- <http://www.ethz.ch/libraries/collections/pictures> (Bildarchiv der ETH-Bibliothek),
- <http://www.hagley.org/library/collections/searchguide.html> (Sperry-Konzernarchiv),
- <http://www.hnf.de/interaktiv/links.asp> (Computer- und Technikmuseen im Internet),
- http://www.inf.ethz.ch/about/history/tvbroadcast/index_DE (Geschichte der ETH Zürich),
- <http://www.konrad-zuse.de> (Konrad Zuse),
- <http://www.library.ethz.ch/de/Ressourcen/Bilder> (Bildarchiv der ETH-Bibliothek),
- <http://www.library.ethz.ch/de/Ressourcen/Digitale-Kollektionen> (digitale Bibliothek),
- http://www.siemens.com/history/de/siemens_corporate_archives/profil.htm (Siemens-Konzernarchiv),
- <http://www.sr.ethbib.ethz.ch/digbib/home> (Schulratsprotokolle der ETH Zürich),
- <http://www.zib.de/zuse/home.php> (Konrad-Zuse-Internetarchiv),
- <http://www.zuse.de> (Horst Zuse),
- <http://www.zuse-jahr-2010.de>.

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 50-jährigen 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

Museen mit Zuse-Maschinen

Die Museen haben meist eine oder mehrere der späteren Maschinen, vor allem die Geräte Z11, Z22, Z23, Z25 und Z64 (Graphomat). Die im Krieg zerstörten Modelle Z1 und Z3 gibt es nur als Nachbauten. Die Z4 und die M9 sind als Originale vorhanden. Von der Z4 wurde nur ein Stück gebaut, von der M9 hat soweit bekannt nur eine Anlage überlebt. Von den Geräten Z1 bis Z10 (=M10) existieren nur noch zwei Originalmaschinen: Z4 (München) und M9 (Bern). Hinzu kommen vier Nachbauten: Z1 (Berlin), Z3 (München, Hünfeld, Paderborn). Ab der Z11 sind noch grössere Stückzahlen verfügbar. Ältere Maschinen sind insbesondere in München, Berlin und Bern zu finden. Die umfangreichsten Bestände stehen in Berlin, Hoyerswerda, Hünfeld, Kassel, Kiel, München und Paderborn.

- | | |
|--|--|
| • Arithmeum, Bonn | http://www.arithmeum.uni-bonn.de |
| • Computer History Museum, Mountain View, CA | http://www.computerhistory.org |
| • Computerschauammlung der Fachhochschule Kiel | http://www.fh-kiel.de/index.php?id=186 und
http://www.mediendom.de |
| • Deutsches Museum, München | http://www.deutsches-museum.de |
| • Deutsches Technikmuseum Berlin | http://www.sdtb.de |
| • Fachhochschule Suderburg | http://www.ostfalia.de |
| • Heinz-Nixdorf-Museumsforum, Paderborn | http://www.hnf.de |
| • Konrad-Zuse-Computermuseum, Hoyerswerda | http://www.konrad-zuse-computermuseum.de |
| • Konrad-Zuse-Museum, Hünfeld | http://www.zuse-museum-huenfeld.de |
| • Museum für Kommunikation, Bern | http://www.mfk.ch |
| • Staatliche Museen, Kassel (Astronomisch-Physikalisches Kabinett, Mathematik und Informationstechnik) | http://www.museum-kassel.de/index_navi.php?parent=1416 |
| • Technische Sammlungen, Dresden | http://www.tsd.de |
| • Technisches Museum Wien | http://www.tmw.at |
| • Zentrum für Kunst und Medientechnologie, Karlsruhe | http://www.zkm.de |
| • Zuseum, Bautzen | http://www.zuseum.de |

Weitere bedeutende technische Museen (Auswahl)

- | | |
|---|---|
| • Canada Science and Technology Museum, Ottawa | http://www.sciencetech.technomuses.ca |
| • Museum of the History of Science, Oxford, UK | http://www.mhs.ox.ac.uk |
| • Science Museum, London, UK | http://www.sciencemuseum.org.uk |
| • The National Museum of Computing, Milton Keynes, UK | http://www.tnmoc.org |

Weitere Computermuseen in der Schweiz

- | | |
|---|---|
| • Computermuseum im Gymnasium Bäumlhof, Basel | http://cmgb.blogspot.com |
| • Computermuseum Schweiz (Männedorf) | http://www.computermuseum.ch |
| • Computissimo (zurzeit nur im Netz) | http://www.computissimo.ch |
| • ENTER-Museum (Solothurn) | http://www.pcmuseum.ch (http://www.enter-online.ch) |
| • Musée Bolo (ETH Lausanne) | http://www.bolo.ch (http://www.smaky.ch ;
http://www.memoires-informatiques.org ;)) |
| • Siemens Forum (Zürich) | http://w5.siemens.ch/siemensforum |

Vereinigungen zur Informatikgeschichte

- | | |
|---|---|
| • Arbeitsgemeinschaft Geschichte und EDV (D) | http://www.age-net.de |
| • Britische Gesellschaft für Computergeschichte | http://www.computerconservationsociety.org |
| • Konrad-Zuse-Gesellschaft (D) | http://konrad-zuse-gesellschaft.gi-ev.de/ |
| • Österreichische Gesellschaft für Informatikgeschichte | http://www.oegig.at |
| • Verein Geschichte und Informatik (CH) | http://www.ahc.-ch.ch |

Zeitschrift zur Geschichte der Informatik

- IEEE Annals of the History of Computing (IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA)

Die folgende Übersicht umfasst die noch lebenden, bekannten Zeitzeugen. Es wurden noch weitere Zeitzeugen ermittelt. In diesen Fällen konnte entweder keine Anschrift ausfindig gemacht werden, oder es kam weder ein mündlicher noch ein schriftlicher Gedankenaustausch zustande. Mit allen unten erwähnten Zeitzeugen wurden Gespräche geführt, meist telefonisch, in drei Fällen schriftlich (Alarich Baeumler †, Deutschland; Corrado Böhm, Italien; Alfred Ganz, USA). Fast alle Zeitzeugen sind über 80-jährig und z.T. über 90-jährig. Leider liess sich nur ein Zeitzeuge der Z4 für einen längeren schriftlichen Bericht gewinnen: Urs Hochstrasser. In seinen äusserst wertvollen und sehr ausführlichen Beitrag sind auch Erfahrungen anderer Zeitzeugen der Z4 eingeflossen. Hochstrasser beseitigt die Legende vom (fast) einwandfreien und aufsichtlosen Betrieb der Z4.

Zeitzeugen*Zeitzeugen der Z4*

Bloch, Marcel; Böhm, Corrado; Engeli, Max; Hochstrasser, Urs; Lanker, Emil; Läuchli, Peter; Primas, Hans; Schwarz, Hans-Rudolf; Waldburger, Heinz

Zeitzeugen der Ermeth

Bauder, Alfred; Engeli, Max; Ganz Alfred; Läuchli, Peter; Schwarz, Hans-Rudolf; Streckeisen, Paul; Waldburger, Heinz; Waldvogel Jörg; Zehnder Carl August

Zeitzeugen der M9

Baeumler, Alarich; Forrer, Max; Huggler, Werner; Inauen, Ernst; Stadelmann, Hansjürg; Steinmann, Josef; Winteler, Fred

Zeitzeugen sowohl der Z4 wie auch der Ermeth

Engeli, Max; Läuchli, Peter; Schwarz, Hans-Rudolf; Waldburger, Heinz

Im Mai 2011 starben zwei Zeitzeugen: *Alarich Baeumler*, technischer Leiter der Zuse KG, und (über 100-jährig) *Max Lattmann*. Lattmann war technischer Direktor der Contraves, Zürich, und Mitglied der im Dezember 1947 eingesetzten Forschungskommission für die Konstruktion von Rechengeräten (Vorsitz: Eduard Stiefel). Im Schulratsprotokoll vom 6. Oktober 1949 (Seite 268) ist zu lesen: „Im Juli 1949 erfuhr die Kommission von einer Rechenmaschine des deutschen Ingenieurs Zuse, die von der ETH zu aussergewöhnlich günstigen Bedingungen übernommen werden könnte. Prof. Stiefel und Dr. Lattmann besichtigten die Apparatur. Sie rühmten besonders deren mathematische Disposition und erklärten, dass die Maschine mit relativ geringen Mitteln weiter ausgebaut werden könne.“

Nachtrag**Weshalb wurde der Mietvertrag mit der Zuse KG nicht verlängert?**

Dem Schulratsprotokoll vom 12. Juli 1952 (Seiten 326–327) ist zu entnehmen:

„Das Institut für angewandte Mathematik erachtet den Bau einer neuen, leistungsfähigeren und rascheren Maschine als notwendig. Es nennt hierfür folgende Gründe:

1. Der Mietvertrag für die Z4 läuft im Juli 1955 ab. Die Maschine, die ununterbrochen im Betrieb steht, wird bis dahin einen Grad der Abnutzung erreicht haben, der kaum mehr einen rationellen Weiterbetrieb gestatten wird. Wir erachten es deshalb nicht als tunlich, den Vertrag über diesen Termin hinaus zu verlängern.

2. Das Volumen an mathematischen Arbeiten, das unser Institut bewältigen könnte, übersteigt die Leistungsfähigkeit der Z4 bei weitem: da die Maschine auf Monate hinaus besetzt ist, musste immer ein Teil der Aufträge zurückgewiesen werden. Eine neue Maschine würde bedeutend schneller rechnen und damit wesentlich mehr Möglichkeiten geben; damit wäre der schweizerischen Industrie und Wissenschaft ganz erheblich gedient.

3. Die Technik macht schnelle Fortschritte, und die Z4 ist bei Ablauf des Mietvertrags als veraltet zu betrachten. Es werden in vielen europäischen Ländern neue Maschinen gebaut, nämlich in Frankreich, Holland, Belgien; Deutschland hat bisher zwei, Schweden drei unabhängige Zentren für die Entwicklung moderner Rechengерäte. Es kann dem wissenschaftlichen Ansehen der Schweiz nur nützen, wenn sie hier nicht zurücksteht.“

Günstige Übernahmebedingungen

Im obigen Protokoll werden die Übernahmebedingungen der Z4 als „günstig“ bezeichnet. Ferner.

Dauerbetrieb ohne Aufsicht

„Die neue Maschine (d.h. die ERMETH) ist für vollautomatischen Betrieb geplant; sie wird unbeaufsichtigt arbeiten können und einen zwanzigstündigen statt wie bisher einen achtstündigen Betrieb pro Tag gestatten.“

Erläuterungen zum Anhang

Personalverzeichnis des Instituts für angewandte Mathematik der ETH Zürich (1948–1964)

Die nicht allgemein zugänglichen Tätigkeitsberichte des Instituts für angewandte Mathematik (IAM) der ETH Zürich sind eine Fundgrube für Auskünfte über die Verwendung der Z4 an der ETH Zürich. Verfasser ist mit einer Ausnahme (Heinz Rutishauser) stets Eduard Stiefel. Die Berichte sind allerdings lückenhaft und nicht immer eindeutig. Anhand dieser Unterlagen wurde versucht, ein Verzeichnis des Institutspersonals für die Jahre 1948 bis 1964 anzufertigen, also eine Liste von Zeitzeugen während der Pionierzeit. In den meisten Fällen gelang es, die Vornamen ausfindig zu machen. Die Angaben zur Anstellungsdauer sind manchmal unsicher. Ergänzt wurde das Erscheinungsjahr einer etwaigen Dissertation. Die Übersicht wurde mit Hilfe der noch lebenden Zeitzeugen vervollständigt. Über die damaligen Mitarbeitenden des IAM gibt es, von den Schulratsprotokollen abgesehen, keine Unterlagen mehr. Die ETH Zürich archiviert laut Auskunft der Personalabteilung Personaldossiers über einen Zeitraum von 25 Jahren, was weit über die gesetzliche Vorgabe von 10 Jahren hinausgeht.

Bezug: <http://e-collection.library.ethz.ch>

Liste der mit der Z4 an der ETH Zürich von 1950 bis 1955 durchgeführten Arbeiten

Es gibt ein nicht öffentlich verfügbares Verzeichnis des Instituts für angewandte Mathematik (IAM) der ETH Zürich aus dem Jahr 1955. Es beschreibt 55 Aufträge und Untersuchungen, die von 1950 bis 1955 mit der Z4 erledigt wurden. Wer das Schriftstück verfasst hat, ist unbekannt. Die Liste ist nicht vollständig, denn Heinz Rutishauser spricht von etwa 100 ausgeführten Arbeiten. Sie dürfte aber die massgeblichen Arbeiten berücksichtigen. Es fehlen jedoch oft (nähere) Angaben zu den Auftraggebern, häufig heisst es bloss „Industrie“. Anhand des Verzeichnisses wurde versucht, eine Tabelle mit zusätzlichen Angaben zu erstellen: In vielen Fällen konnten die Namen der Unternehmen ausfindig gemacht werden. Ergänzt wurden wenn möglich auch die Namen der Beteiligten, und auch der Zeitraum wurde erfasst. Diese Übersicht wurde den noch lebenden Zeitzeugen zur Durchsicht vorgelegt, sie mögen sich aber nur noch teilweise an die damaligen Ereignisse erinnern.

Bezug: <http://e-collection.library.ethz.ch>

Sach-, Namen- und Personenverzeichnis

Abakus.....	11	Deutsch-Französisches Forschungsinstitut, Saint-Louis (Elsass)	16
ABB.....	10, 15	Dezimal-Dualzahlen.....	31
ABC (Rechenautomat)	11	Dezimalsystem	27, 31
Abfühlbox.....	32, 43, 60	Differenzialgleichung.....	15, 26 , 88–91
Abtaster	15, 22	Dioden	22
Aerodynamische Versuchsanstalt, Göttingen.....	13	Drei-Exzess-Code	31
Aiken, Howard	26	Dualsystem.....	17, 31
Algol.....	18, 25, 29, 91	EDSAC (Rechenautomat)	11
Algorithmen.....	12, 18	EDVAC (Rechenautomat)	11
Anfangswertproblem	26	Electricité de France.....	16
Ansprechwicklung.....	32	Elektronenröhren.....	13, 22–23
Arbeitsablaufplan	63–65	Elliott 152 (Rechenautomat)	11
Arbeitsspeicher	27	Engeli, Max.....	10, 14, 81, 86
ARC (Rechenautomat)	11	Eniac (Rechenautomat)	11
Arithmeum, Bonn	80	ERMETH	7, 11, 18 , 21, 23, 26–2935, 38, 79, 81–82, 86–87 , 90–91
ASCC (Rechenautomat)	11	ETH Lausanne.....	29, 80
Auf- und Abrundung	57	Europäisches Laboratorium für Elementarteilchenphysik, Genf.....	29, 89
Bad Hersfeld.....	18, 35	Exzess-3-Code	36, 80
Baeumler, Alarich.....	10, 30 , 32, 81	Fenstertechnik	29
Bauer, Friedrich.....	11, 13	Festkomma	30
BBC, Baden.....	10 , 15, 26, 88–89	FFA, Altenrhein	23, 89
BBC, Mannheim.....	16–17	Filmstreifen	7, 21–24, 91
Befehlstreifen	26	Flutterrechnung	9, 19, 23–25 , 87 , 89
Bell (Telephone) Labs	31	Flug- und Fahrzeugwerke Altenrhein	9, 19, 23, 87, 89–90
BINAC (Rechenautomat)	11	Forrer Markus	10, 34, 36, 77
Binärstellen.....	30	Forrer Max	10, 32, 34–36, 40, 42, 77, 81
Binärsystem	17	Funkenbildung	32
Binärzahlen.....	30–31	Gander, Walter	10, 28
Böhm, Corrado	10, 15, 22, 26, 81	Geldgeber	12
Brown, Boveri, Baden	88–89	Gfeller, Bümpliz.....	27
Brown, Boveri, Mannheim	17	Gleichrichter.....	32, 40
Burroughs	36	Gleitkomma.....	17, 21, 27
CDC.....	27–28, 86–87	Gleitpunktrechnung.....	11, 14
Ceres	29	Grande Dixence (Staumauer)	15, 19–21 , 88
Cern, Genf	29, 89	Graphomat (Z64).....	28, 80
Colossus (Rechenautomat)	11	Grundrechenarten.....	17, 32
Compiler (Übersetzer)	18, 29	Guignard, André.....	29
Complex Number Calculator (Rechenautomat)	11, 31	Gutknecht, Jürg	29, 91
Computer History Museum, Mountain View	37, 80	Gutknecht, Martin	10, 87, 90
Computermuseen.....	80	Hagley-Museum, Wilmington.....	10
Computerschausammlung Fachhochschule Kiel	36, 80	Haltewicklung	32
Control Data Corporation	27	Hasler, Bern	22, 27 , 89–90
CPC (Rechenautomat)	11	Heinz-Nixdorf-Museumsforum, Paderborn	9, 14 , 36, 80
Datenspeicher	14, 17	Henschel-Flugzeug-Werke.....	12
DD-Zahlen.....	31	Hexagon AB, Stockholm	28
Dekade.....	30	Hinterstein (Allgäu)	12, 17
Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt.....	12–13	Hochstrasser, Urs	10, 14, 16, 18–19 , 26, 81, 86, 88–89 , 91
Deutsches Museum, München	9–10, 14 , 16 , 34, 36, 80		
Deutsches Technikmuseum Berlin	9, 14 , 36, 80		

Hopferau (Allgäu)	13, 17, 22, 26
Huggler, Werner	10, 32, 37, 81
Hünfeld	14, 36, 80
IAM	20–21, 82, 86–87
IAS (Rechenautomat)	11
IBM	23, 27–29, 87
IBM-Forschungslabor, Rüschlikon	26, 87
Inauen, Ernst	10, 31–34, 37–38, 81
Institut für angewandte Mathematik (ETH Zürich)	7, 9, 11, 13–14, 18–20, 23, 25 27–29, 35, 81–82, 86–91
integrierte Schaltungen	22
International Business Machines Corporation	23
Kartendoppler	38, 63–64
Kartenleser	30, 32, 38
Kartenlocher	30, 38, 64
Kartenmischer	38, 63
Kartenprüfer	38
Kartensortierer	38, 64
Kartenstanzer	32, 38
Kartenstation	41
Kinofilm	17
konjugierte Gradienten	20, 25, 88–89
Konrad-Zuse-Computermuseum, Hoyerswerda	36, 80
Konrad-Zuse-Gesellschaft	80
Konrad-Zuse-Museum, Hünfeld	14, 36, 80
Kreuzwähler	27
Kriegsaufträge	13
Laett, Harry	15, 22, 26, 87
Lattmann, Max	13, 81
Läuchli, Peter	7, 10, 27, 81, 86
Leica Geosystems, Heerbrugg	28
Leitwerk	27
Leitz, Wetzlar	34, 88
Lilith	29
Liste der Aufträge (Z4)	11, 82
Lochkarten	23, 30, 34, 36, 38, 66
Lochkartenanlage	35, 38
Lochkartendoppler	63
Lochkarteneinheit	32, 44–45, 55
Lochkartengerät	32, 35, 63
Lochkartenleser	32
Lochkartenmaschinen	23, 32, 36, 38–39, 43
Lochkartenmischer	63
Lochkartenstanzer	32
Lochkartenstation	41
Lochkartentechnik	38
Lochkartenzentrale	36
Lochspalte	66
Lochstreifen	14, 17, 27, 31
Logitech	29
Lohnabrechnung	36, 67–68
M9 (=Z9)	9–11, 30–32, 34–68, 77, 80–81
M10 (=Z10)	11, 35, 80
Madas (Tischrechner)	10, 20, 22

Magnetbänder	27
Magnetkernspeicher	27
Magnettrommel	27
Mark (Harvard, Rechenautomat)	11
Mark (Manchester, Rechenautomat)	11
Massenspeicher	27
Maus	29
Mietvertrag (Z4)	13, 78, 81–82
Mithra, Zürich	30, 35–36
Model (Rechenautomat)	11, 31
Modula	29, 91
Museen der Stadt Dresden	36, 80
Museum für Kommunikation, Bern	9–11, 25, 27, 36–38, 44–48, 77, 80
N-20 (Düsenflugzeug)	20
Nachbauten (Z1, Z3)	14, 80
Nachtleben (Zürich)	15, 22
Neukirchen	17, 92
Neukom, Hans	10, 36
Neumann, John von	17, 26–27
Nicoud, Jean-Daniel	29
Oberon	29, 91
Objektcode	18
P-16 (Düsenflugzeug)	9, 19, 23–24, 87, 91
Panel (Schalttafel)	49–50
Panneau (Schalttafel)	32, 46, 49–50, 77
Panneau-Relais-Schrank (Rechner)	32, 46
Parallelrechenwerk, -rechner	31, 43
Pascal	18, 25, 29, 91
Patentamt	11
Pionierzeit	82
Plankalkül	11–12
Powers, Frankfurt	30, 32
Prellzeit	31
Programmiersprache	7, 11–12, 18, 29, 91
Programmkette	52
Programmspeicher	14
Prüfbericht (Z4)	15, 26
Quellcode	18
Quellen	69
Randwertproblem	25, 88–89
Rechenlocher	9–11, 23, 30, 32, 34–38, 44, 77
Rechenpläne	17
Rechenplanfertigung	18, 29, 90
Rechentechnik	11, 14, 28, 32
Rechenwerk	14–15, 17, 21–22, 24, 27, 30, 32, 35
Rechenzentrum	18–19, 23, 28, 34, 42
Rechnerbau	9, 12
Reichsluftfahrtministerium	12
Relais9, 13–17, 21–22, 27, 30–32, 35, 38, 41, 51, 53
Relaisrahmen	32, 35, 37–38, 41, 43, 53
Relaisrechner	7, 9, 13, 30–33, 38
Relaisschrank	32, 36, 40, 42, 64
Relaistechnik	12
Remington Rand, Zürich	9–10, 30, 32, 34–39, 42–44, 52, 66, 77

Rieter, Winterthur	34, 36, 39	Transistoren	22
Röhren	12, 27, 35	Transistorrechner	16, 27, 36
Röhrenrechner	16, 26	Trommelspeicher	27
Rutishauser, Heinz		Turingpreis	29
. 7, 10, 14, 16, 18 , 22–23, 26–27 , 29, 82, 86, 88–91		Übersetzungsprogramm	12
RZETH	28	Unisys	10, 34, 36
Saint-Louis (LRSL)	16–18	Univac (Rechenautomat)	32, 34–36
Sandwichkontakte	32, 43, 60	Universalmaschine	11
Schai, Alfred	27, 87	Universalrechner	27
Schaltbrett	23	Untergestell (Lochkartengerät)	
Schaltglieder	14, 17 32, 37, 40–41 , 43, 45 , 53, 55, 60, 64	
Schaltplan	51	V4	13
Schalttafel	32, 35, 42–43, 49–50 , 52	Versuchsmodell	13
Schaltwalze	32, 48	Videodokumentation	37
Schrittschalter	17	Von-Neumann-Rechner	17, 27
Schulratsprotokolle	78–79	Waldburger, Heinz	10, 23, 27, 81, 87, 89, 91
Schlaepfi, Hans	27	Waldvogel, Jörg	10, 81, 87
Schwarz, Hans-Rudolf	9–10 , 23, 81, 87, 89	Waltisbühl, Rudolf	32, 36
Scrib.	29	Wartungsplan (M9)	61–62
Seminar für angewandte Mathematik		Webadressen	78
(ETH Zürich)	13	Weder, Oskar	30, 32
Siemens	9–10, 16–17, 80, 90	Wild Heerbrugg	28
Simulation	24	Winteler, Fred	10, 32, 34, 36, 54–62 , 81
Smaky	29	Wirkbild	54–56
Sortiermaschine	38, 63, 65	Wirth, Niklaus	29, 91
Speicherbelegung	59	Wittwer, Männedorf	27
Speicherplatzmangel	21	World Wide Web	29
Speicherprogramm	27	Z1	10, 12, 14, 34 , 80
Speichertrommel	27	Z2	12, 14
Speicherwerk	14, 17, 32, 41, 46, 51	Z3	11–12, 14 , 34, 80
Speiser, Ambros		Z4	7, 9–27 , 29, 34, 80–82, 86–91
..... 7, 10, 14–16 , 21–22, 26–27 , 29, 86–87, 90–91		Z5	34
Sperry	35–36	Z6	34
Sperry Corporation	10	Z7	34–35
Sperry Rand	36	Z8	34–35
Spinnerei & Weberei Dietfurt, Bütschwil		Z9 (=M9)	32
..... 32, 34, 36, 40–42 , 52–53, 66–68		Z10 (=M10)	10, 35, 80
SSEC (Rechenautomat)	11	Z11	34, 35, 80
SSEM (Rechenautomat)	11	Z22	29, 80
Stadelmann, Hansjürg	10, 32, 36 , 81	Z23	80
Stadtverwaltung Winterthur	32, 34, 36	Z25	36, 80
Stecktafel (Schalttafel)	30, 32	Z64 (Graphomat)	28, 80
Steinmann, Josef .. 10, 32, 34–35, 37–38 , 49–50, 81		Zahlensystem	11
Steuerstift	17	Zehnder, Carl August	10, 81, 87
Stibitzcode	30–31, 33	Zehnersystem	27, 31
Stiefel, Eduard	7, 10–11, 13–14 , 19–21, 23	Zeichentisch (Graphomat)	28
..... 26, 28–29 , 35, 81–82, 86, 88–91		Zeitzeugen .. 9–11, 14, 18–19, 26, 35, 37–38, 81–82	
Stock, Robert	27	Zeitzeugenbericht	11, 16, 18–25 , 87
Tabelliermaschine (Tabulator)	38, 63, 65	Zentrum für Kunst und Medientechnologie,	
Tabulator (Tabelliermaschine)	23	Karlsruhe	36, 80
Tätigkeitsberichte (IAM)	82, 87	Zettler electronics	30
Technische Sammlungen (Dresden)	36, 80	Zettler-Elektro-Apparate	30
Technisches Museum Wien	36, 80	Zuse KG	9–11, 14, 16, 30 , 32, 34–36
Technorama, Winterthur	27, 36	Zuse-Museen	80
Telefonrelais	17, 21	Zuverlässigkeit (Z4)	11, 14, 22
Tetrade	30–31	Zweiersystem	27, 31
Tobler, Beatrice	10, 37–38		

Voll- und teilzeitlich angestelltes Personal in den Jahren 1948 bis 1964																							
		Beginn		Zuse Z4												ERMETH				CDC			
Name		1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	Bemerkungen	Dissertation			
Stiefel, Eduard; Prof.																			Leitung Institut	1935			
Rutishauser, Heinz; Prof.																			Chefmathematiker	1950			
Speiser, Ambrosius P.; Prof.																			Chefingenieur	1950			
Abdel-Messih, Moheb Aziz																			Doktorand	1954			
Amer, Roshdi Abdel-Rahmann																			Doktorand	1964			
Ammann, Hans																			Techniker (ERMETH)				
Appenzeller, Hans Rudolf																			Ingenieur (ERMETH)				
Arbenz, Kurt; Prof.																			Assistent, Mathematiker	1958			
Baumgartner, Otto																			Assistent, Mathematiker				
Bendel, Hermann																			Doktorand	1962			
Bielek, Edmund																			Ingenieur (ERMETH)				
Bodmer, René																			Assistent				
Böhm, Corrado; Prof. 1)																			Assistent, Mathematiker	1954			
Boutros, Youssef																			Assistent	1964			
Brauchli, Urs																			Assistent				
Burdet, Claude-Alain; Prof.																			Assistent	1968			
Bürki, Willi																			Mechaniker (ERMETH)				
Chytil, Paul																			Assistent				
de Fries, J. 2)																			Ingenieur (ERMETH)				
Descoux, Jean; Prof.																			Doktorand	1960			
Dracos, Themistocles; Prof.																			Doktorand	1963			
Eder, Monica																			Operatorin/Programmiererin				
Engel, Emil																			Mechaniker (ERMETH)				
Engeli, Max E.; Prof. 3)																			Assistent/Doktorand	1962			
Flühler, Hugo																			Assistent	1967			
Furrer, D.																			Sekretärin (ERMETH)				
Gantenbein, Peter																			Betriebsassistent				
Ganz, Alfred																			Assistent				
Ginsburg, Theo; PD																			wiss. Mitarbeiter, Mathematiker	1956			
Graf, Hans Rudolf																			Ingenieur				
Henrici, Peter; Prof.																			Doktorand	1953			
Hochstrasser, Urs; Prof. 4)																			Lehrbeauftragter, Berater des IAM	1954			
Huber, Pia																			Operatorin				
Hug, Ronald																			Ingenieur				
Hürlimann, Annemarie																			Sekretärin (ERMETH)				
Kepler, Harald																			Assistent				
Kocherhans, J.																			Mechaniker (ERMETH)				
Koutroufiotis, Dimitri																			Assistent				
Krantz, Friedrich (Dr.)																			Assistent				
Laett, Harry 5)																			Assistent				
Läuchli, Peter; Prof.																			Assistent, Ingenieur				
Mähly, Hans Jakob; Prof.																			Assistent, Doktorand (ERMETH)	1959			
Mathys, Helmuth																			Assistent, Mathematiker	1951			
Matzinger, Heinrich; Prof.																			Mechaniker (ERMETH)				
Meier, Annemarie																			Assistent, Mathematiker	1963			
Messerli, Rudolf																			Sekretärin				
Müller, Eugen																			Mechaniker (ERMETH)				
Pfiffner, Dorothee 6)																			Mechaniker (ERMETH)				
Rössler, Max; (Assistenz-)Prof.																			Assistentin, Mathematik				
Röthlisberger, Ingo																			Assistent	1966			
Rüttimann, Georg																			Ingenieur (ERMETH)				
Scarpellini, Bruno; Prof.																			Mechaniker (ERMETH)	1962			

Liste der 1950 bis 1955 mit der programmgesteuerten Rechenmaschine Z4 ausgeführten Aufträge und mathematischen Untersuchungen

Edgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für angewandte Mathematik

A. Aufträge						
Nr.	Thema	Auftraggeber	Bemerkungen	Beteiligte	Zeitaufwand	Zeitraum
1	Berechnung der Spannungen in einer Talsperre (Gewichtstaumauer Grande Dixence)	Institut für Baustatik der ETH/Kommission für die Probleme der Talsperren	angenäherte Lösung eines Randwertproblems mit partieller Differenzialgleichung 4. Ordnung unter Benutzung des Punktelaxationsverfahrens von R. Southwell	Eduard Stiefel, Heinz Rutishauser, Urs Hochstrasser, F. Krantz	rd. 150 Std. Z4	1950
2	numerische Auswertung einer neuen Knickspannungs-hypothese bei Backsteinmauern	Empa, Zürich	Bestimmung der Maxima bei einer 4-parametrigen Schar von Funktionen		rd. 100 Std. Z4	1950
3	Berechnungen zum Raketenflug	Werkzeugmaschinenfabrik, Oerlikon, Bührle	Integration eines Systems von 8 gewöhnlichen linearen Differenzialgleichungen 1. Ordnung. Für diesen Auftrag wurde eine spezielle numerische Methode entwickelt.		rd. 50 Std. Z4	1950/51
4	quantenmechanische Untersuchungen an Naphthalinmolekülen	privat	Bestimmung von Eigenwerten einer 8-reihigen symmetrischen Matrix mit Hilfe der Methode der gebrochenen Integration. Diese Methode erwies sich dabei als sehr vorteilhaft für die Trennung von nahe beieinander liegenden Eigenwerten.		rd. 15 Std. Z4	
5	Funktionsauswertung für die Hochfrequenztechnik	Institut für Hochfrequenztechnik der ETH Zürich	gekoppelte Schwingungskreise: Auflösung eines Systems quadratischer Gleichungen		rd. 30 Std. Z4	1950
6	Strahlendurchgang durch ein optisches System	Ernst Leitz, Wetzlar	k.A.		rd. 15 Std. Z4	1950
7	Interpolationsausgleich photographischer Streifenaufnahmen (Interpolation in 2 Variablen)	Institut für Photogrammetrie der ETH Zürich	Auswertung eines 12-gliedrigen Ausdrucks in 2 Variablen für ca. 2000 Wertepaare x, y		rd. 90 Std. Z4	1950/51
8	Untersuchungen über die Stabilität eines Systems von 6 linearen Differenzialgleichungen von zusammen 10. Ordnung	Industrie	Anwendung des Hilbert-Routhschen Stabilitätskriteriums. Die Koeffizienten der Gleichungen waren so lange zu variieren, bis das System stabil wurde. Dabei erwies sich der Routhsche Algorithmus in seiner ursprünglichen Form als sehr geeignet für das programmgesteuerte Rechnen.		rd. 25 Std. Z4	
9	Berechnungen über Schwingungen einer vierachsigen Lokomotive	Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur	Lösung eines Systems von 4 Differenzialgleichungen 2. Ordnung		rd. 25 Std. Z4	
10	harmonische Analyse von Tangentialkraftkomponenten (Tangentialdruckfunktionen bei Dieselmotoren) (nach Runge-Terebesi, aber mit 48 Stützstellen)	Maschinenfabrik Gebrüder Sulzer, Winterthur	Insgesamt wurden 121 solche Analysen durchgeführt.		rd. 130 Std. Z4	1950/51, 1951/52, 1955
11	Berechnung der Deformation und der Spannungen in einer parallelogrammförmigen Platte (Flugzeugflügel) unter dem Einfluss einer Einzelkraft	Eidg. Flugzeugwerke, Emmen	System von 2 partiellen Differenzialgleichungen 2. Ordnung. Durch Differenzenmethoden auf die Auflösung von 106 Gleichungen mit 106 Unbekannten zurückgeführt. Deren Auflösung mit dem Verfahren der konjugierten Gradienten (siehe Nr. 44), vgl. auch U. Hochstrasser: Die Anwendung der Methode der konjugierten Gradienten und ihrer Modifikationen auf die Lösung linearer Randwertprobleme. Dissertation, ETH Zürich 1954, 48 Seiten (http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:33091/eth-33091-02.pdf)	Urs Hochstrasser	rd. 500 Std. Z4	1950/51
12	Berechnung der Flugbahnen von Raketen	Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon, Bührle	Untersuchung zum Einschwingen einer Rakete auf ihren Leitstrahl		rd. 30 Std. Z4	1950
13	Berechnungen zu einem geometrischen Extremumsproblem	privat	Tabellierung gewisser Funktionen von 2 Variablen		rd. 22 Std. Z4	
14	Berechnung von Strahlendurchgängen durch ein optisches System	Ernst Leitz, Wetzlar	k.A.		k.A.	
15	Bestimmung der kritischen Drehzahlen eines Turbinenaggregats	Brown, Boveri, Baden	An diesem Problem wurde das Verfahren von Lanczos erprobt, wobei wertvolle Erfahrungen gesammelt werden konnten. Insgesamt wurden drei verschiedene Turbinenaggregate auf diese Weise behandelt.	Heinz Rutishauser	rd. 420 Std. Z4	1951/52
16	Ablussregulierung für die drei Juraseen	Eidg. Wasserwirtschaftsamt, Bern	Nach einigen Berechnungen auf der Z4 zeigte es sich, dass dieses Problem ca. 2000 Stunden auf der Z4 benötigen würde. Wir zogen es deshalb vor, ein spezielles Gerät für diese Aufgabe zu konstruieren. Siehe auch Nr. 46	Emil Lanker	k.A.	
17	Berechnungen zu einem mehrstufigen Verdichter	Maschinenfabrik Gebrüder Sulzer, Winterthur	Dieser Auftrag wurde im Lauf der Zeit mit verschiedenen Ausgangswerten mehrmals durchgeführt.		rd. 250 Std. Z4	1951/52, 1954
18	Integration eines Systems von 6 linearen Differenzialgleichungen	Industrie	Numerische Integration zuerst nach dem Verfahren von Adams (Interpolation), in einem späteren Auftrag derselben Art nach Quade-Hermite, was sich als vorteilhafter erwies.		rd. 160 Std. Z4	
19	Untersuchungen über die numerische Integration von Differenzialgleichungen	Industrie	Es wurden einige Methoden zur numerischen Integration von Differenzialgleichungen erprobt. Diese Untersuchung wurde später von uns weitergeführt (siehe unter Nr. 43).		rd. 30 Std. Z4	
20	Lösung einer partiellen Differenzialgleichung	Industrie	zusätzlich umfangreiche mathematische Untersuchungen		wenige Std. Z4	
21	Berechnungen für ein Linsensystem	Rodenstock, München	k.A.		rd. 200 Std. Z4	1951/52
22	Untersuchungen über Systeme von 4 simultanen nichtlinearen Gleichungen mit 4 Unbekannten	Maschinenfabrik Gebrüder Bührle, Uzwil	Berechnungen zur pneumatischen Förderung von Getreide		rd. 15 Std. Z4	1951/52
23	Lösung von linearen Gleichungssystemen (4 von 8 Unbekannten)	Industrie	k.A.		rd. 25 Std. Z4	
24	Berechnungen einer belasteten schiefen Platte mit freien und eingespannten Rändern und einer Unterstützung in der Mitte (Brücke Altmatt bei Liestal)	Schweizerische Bundesbahnen	partielle Differenzialgleichung 4. Ordnung. Der Auftrag wurde mit dem Ritzschen Verfahren (21 Koordinatenfunktionen!) gelöst.	Hans Jakob Mähly	rd. 200 Std. Z4	1951/52

Nr.	Thema	Auftraggeber	Bemerkungen	Beteiligte	Zeitaufwand	Zeitraum
25	Bestimmung der kritischen Drehzahlen einer mehrlagerigen Welle durch Störungsrechnung aus den kritischen Drehzahlen einer bereits gerechneten Welle	Brown, Boveri, Baden	lineare Differenzialgleichung 4. Ordnung (Randwertproblem); gelöst mit Lanczos-Verfahren. Ergänzung zu Auftrag Nr. 15	Heinz Rutishauser	rd. 100 Std. Z4	1953
26	Berechnung der kritischen Geschwindigkeit bei Flatterschwingungen; Bestimmung von Eigenwerten von 3- bis 6-reihigen komplexen Matrizen	Flug- und Fahrzeugwerke Allentheim	siehe U. Hochstrasser: Flatterrechnung mit Hilfe von programmgesteuerten Rechenmaschinen, Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 6, 1955	Urs Hochstrasser, Heinz Waldburger, Hans-Rudolf Schwarz	rd. 800 Std. Z4	1953–1955
27	Berechnung des Spannungsverlaufs bei der Entladung eines Kondensators über RL- und RC-Glieder	Industrie	k.A.		rd. 5 Std. Z4	
28	Berechnungen zur Einstellung der Drehstäbe bei der Bearbeitung von Werkstücken auf der Drehbank	Industrie	k.A.		rd. 10 Std. Z4	
29	Berechnungen von Geschossflugbahnen	Flab-Artillerie/ kriegstechnische Abteilung; Prof. Sängner und Dr. Roth	k.A.		rd. 900 Std. Z4	1953, 1955
30	Berechnungen zum Sturzflug eines Flugzeugs (mit besonderer Berücksichtigung des Aufklappens)	Flug- und Fahrzeugwerke Allentheim	k.A.	Hans-Rudolf Schwarz	rd. 120 Std. Z4	
31	Berechnung der Tabelle einer Funktion von 2 Variablen	Organisch-chemisches Laboratorium, ETH Zürich	vgl. Primas & Günthard, Helvetica chimica acta, Band 37, 1954	Hans-Heinrich Günthard, Hans Primas	rd. 60 Std. Z4	1953, 1955
32	Berechnungen zum Grenzschichtproblem in der Hydrodynamik	Universität Freiburg i. Br.	Anregung von Prof. Görtler		rd. 90 Std. Z4	1954
33	quantenmechanische Berechnungen bei aromatischen Verbindungen (Nullstellen von Polynomen)	Organisch-chemisches Laboratorium der ETH Zürich	vgl. Schmid & Heilbronner, Helvetica chimica acta, Band 37, 1954, Seiten 1453–1466	Edgar Heilbronner, Rudolf Schmid, Hans Jakob Mähly	rd. 50 Std. Z4	1953, 1954
34	Hilfsrechnungen für die Herstellung eines Analogrechengeralts (Balwi-Gerät)	kriegstechnische Abteilung	k.A.		rd. 60 Std. Z4	1954
35	Hilfsrechnungen für die Bogenstauraumauer Zervrella (21 lineare Gleichungen mit 21 Unbekannten)	Motor-Columbus, Baden	Auflösung mit dem Gaußsschen Algorithmus		rd. 50 Std. Z4	1953
36	Aufladung eines Kondensators über nichtlineare Widerstandselemente (numerische Integration einer gewöhnlichen Differenzialgleichung)	Spannungs-Laboratorium der ETH Zürich	k.A.		rd. 60 Std. Z4	
37	Berechnung der Eigenschwingungen gewundener Stäbe (Bestimmung der Nullstellen von 8-reihigen Determinanten)	Institut für Mechanik der ETH Zürich	Die Berechnungen wurden durch das Personal des Instituts für Mechanik der ETH Zürich vorbereitet und auf der Z4 durchgeführt. Vgl. Troesch, Anliker, Ziegler, Quarterly Applied Mathematics, Band 12, 1954, Seiten 163–173	Urs Hochstrasser, Max Anliker, Beat Andreas Troesch, Hans Ziegler	rd. 430 Std. Z4	1950, 1953, 1954
38	Hilfsrechnungen für das Europäische Laboratorium für Elementarteilchenphysik (Cern) in Genf	Cern, Genf	Auswertung mathematischer Formeln		rd. 130 Std. Z4	1954, 1955
39	Tabelle einer algebraischen Funktion	Empa, Zürich	k.A.		rd. 10 Std. Z4	1955
40	Tabelle einer Funktion von 2 Variablen	Hasler, Bern	k.A.		rd. 25 Std. Z4	1955
41	geophysikalische Hilfsrechnungen	Geophysikalisches Institut der ETH Zürich	Auswertung von Formeln		rd. 10 Std. Z4	1955
B. Mathematische Untersuchungen						
Nr.	Thema	Auftraggeber	Bemerkungen	Beteiligte	Zeitaufwand	Zeitraum
42	Inversion von Matrizen	k.A.	Es wurde eine Methode entwickelt, um diese Aufgabe auf der Z4 vollautomatisch zu lösen. Sie wurde durch Prof. Dr. H. Rutishauser an der Tagung der Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik am 29.3.1951 in Freiburg im Breisgau vorgetragen; vgl. auch Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 3, 1952, Seiten 312–313, wo dieses Verfahren als Beispiel zitiert ist.	Heinz Rutishauser	rd. 50 Std. Z4	
43	Integration von Differenzialgleichungen	k.A.	Eine längere Untersuchung wurde durchgeführt, um unter den vielen Verfahren zur Integration von Differenzialgleichungen ein möglichst rationelles herauszufinden. Vgl. H. Rutishauser: Bemerkungen zur numerischen Integration gewöhnlicher Differentialgleichungen n-ter Ordnung, in: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 6, 1955, Seiten 497–498 (ausführlichere, überarbeitete Version in: Numerische Mathematik, Band 2, 1960, Seiten 263–279)	Heinz Rutishauser	rd. 150 Std. Z4	
44	Relaxationsverfahren (Verfahren der konjugierten Gradienten)	Industrie	Von Prof. Dr. E. Stiefel wurde ein spezielles Relaxationsverfahren entwickelt zur Lösung partieller Differenzialgleichungen (das sog. n-Schrittverfahren oder Verfahren der konjugierten Gradienten). Dieses eignet sich sehr gut für programmgesteuerte Rechenmaschinen. Vgl. E. Stiefel: Über einige Methoden der Relaxationsrechnung, Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 3, 1952, Seiten 1–33, sowie Hestenes & Stiefel: Method of Conjugates Gradients for Solving Linear Systems, Journal of Research of the National Bureau of Standards, Band 49, 1952, Seiten 409–436. Das Verfahren kam erstmals im Zusammenhang mit einem Industrieauftrag zur Anwendung. Die Rechnung wurde mit der Z4 durchgeführt (vgl. Nr. 11).	Eduard Stiefel, Urs Hochstrasser	k.A.	

Nr.	Thema	Auftraggeber	Bemerkungen	Beteiligte	Zeitaufwand	Zeitraum
45	Instabilität von Lösungsmethoden	k.A.	Prof. Dr. H. Rutishauser führte mit der Z4 Untersuchungen über die Instabilität durch. Hierüber ist bis jetzt noch sehr wenig bekannt. Vgl. H. Rutishauser: Über die Instabilität von Lösungsmethoden zur Integration gewöhnlicher Differenzialgleichungen, Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 3, 1952, Seiten 65–74	Heinz Rutishauser	rd. 15 Std. Z4	
46	Berechnung gewisser elektrischer Netzwerke mit linearen Potentiometern (vgl. auch Nummern 16 und 34)	k.A.	Bei der Entwicklung zweier Analogrechengeräte mussten gegebene Kurven durch Potentiometerschaltungen dargestellt werden. Mit Hilfe der Z4 wurden verschiedene hierzu geeignete Verfahren geprüft. Anschließend wurden gewisse rationale Funktionen tabelliert, welche zur Anfertigung von Hilfskurvenblättern benötigt wurden. Vgl. A. P. Speiser: Über die Konstruktion von Rechengaräten mit linearen Potentiometern sowie die mathematischen Grundlagen der zugehörigen Kurvenanpassungen, der ETH eingereichte Habilitationsschrift, vgl. ferner Moheb Aziz Abdel Messih: Tabellen zur Erzeugung von Funktionen einer und zweier Variablen mit linearen Potentiometern. Mitteilungen Nr. 5 aus dem Institut für angewandte Mathematik, ETH Zürich 1954	Ambros Speiser, Moheb Aziz Abdel Messih	rd. 130 Std. Z4	
47	Praktische Berechnungen zum Lanczossschen Verfahren	k.A.	zur Eigenwertbestimmung und zum cg-Verfahren von E. Prof. Stiefel. Vgl. H. Rutishauser: Beiträge zur Kenntnis der Lanczossschen Bloorthogonalisierungsalgorithmus, Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 4, 1953, Seiten 35–56	Heinz Rutishauser	rd. 20 Std. Z4	
48	Untersuchungen über die Auflösung algebraischer Gleichungen	k.A.	Von Dr. H. : Mähly wurde für die Auflösung algebraischer Gleichungen ein neues Verfahren entwickelt und auf der Z4 erprobt. Vgl. Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 5, 1954, Seiten 260–263	Hans Jakob Mähly	rd. 170 Std. Z4	1953
49	Untersuchungen zum Quotienten-Differenzen-Algorithmus	k.A.	Vgl. H. Rutishauser: a) Der Quotienten-Differenzen-Algorithmus, Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 5, 1954, Seiten 233–251; b) Anwendungen des Quotienten-Differenzen-Algorithmus, Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 5, 1954, Seiten 496–507; c) Bestimmung der Eigenwerte und Eigenvektoren einer Matrix mit Hilfe des Quotienten-Differenzen-Algorithmus, Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, Band 6, 1955, Seiten 387–401	Heinz Rutishauser	rd. 200 Std. Z4	
50	Berechnungen zur gegenseitigen Störung der Planeten Jupiter und Saturn	k.A.	Es wurde eine neue, auf Rechenautomaten zugeschnittene Methode der Berechnung solcher Störungen entwickelt und ausprobiert. Vgl. E. Stiefel: Ermittlung von allgemeinen Störungen einer Planetenbewegung, Archiv der Mathematik, Band 5, 1954, Seiten 347–354	Eduard Stiefel	rd. 140 Std. Z4	
51	Numerische Versuche mit einem neuen Relaxationsverfahren	k.A.	Vgl. E. Stiefel: Relaxationsmethoden bester Strategie zur Lösung linearer Gleichungssysteme, Commentarii mathematici helvetici, Band 29, 1955, Seiten 157–179	Eduard Stiefel	rd. 70 Std. Z4	
52	Numerische Versuche zur LR-Transformation	k.A.	Es wurde ein neues Verfahren zur Bestimmung der Eigenwerte und Eigenvektoren einer Matrix entwickelt und ausprobiert. Vgl. H. Rutishauser: Une méthode pour la détermination des valeurs propres d'une matrice, Comptes rendus de séances de l'académie, Paris, Band 240, 1955, Seite 34	Heinz Rutishauser	rd. 50 Std. Z4	
53	Untersuchungen zum Untermatrizenverfahren zum Auflösen grosser Gleichungssysteme	k.A.	k.A.		rd. 40 Std. Z4	
54	Differenziation von Funktionen	k.A.	Es wurde mit Erfolg versucht, die Rechenmaschinen auch zu nicht typisch numerischen Arbeiten heranzuziehen, z.B. zum Differenzieren von ganz rationalen Ausdrücken in $x, y, y \dots y^{(n)}$, z.B. also von $f(x,y) = xy + y^2 + y^3$. Es wurde eine Methode entwickelt, welche gestattet, mit der Z4 einen solchen Ausdruck beliebig oft nach x zu differenzieren		k.A.	
55	Automatische Rechenplanfertigung	k.A.	Einige Rechenprogramme (insbesondere für die Aufträge Nr. 15 und 24) waren derart lang (bis zu 6000 Befehlen), dass Prof. H. Rutishauser eine Methode entwickelte, um diese Programme durch die Maschine "berechnen" und lochen zu können. Es wurde für diesen Zweck ein neuer Befehl "Loche einen Befehl" in die Z4 eingebaut, worauf zahlreiche Programme auf diese Weise hergestellt werden konnten. Das Verfahren stellte einen Vorläufer der für die ERMETH entwickelten Methode dar. Vgl. H. Rutishauser: Automatische Rechenplanfertigung, Mitteilungen Nr. 3 aus dem Institut für angewandte Mathematik, Birkhäuser, Basel 1952	Heinz Rutishauser	k.A.	
Anmerkungen				Gesamt	rd. 6427 Std. Z4	
<p>1950 wurden Berechnungen für Contraves, Zürich, durchgeführt</p> <p>1951/52 wurden für die Firmen Maschinenfabrik Gebrüder Sulzer, Winterthur, Micali, Zürich (heute ABB Schweiz), und Siemens-Schuckert, Erlangen, verschiedene Untersuchungen über Differenzialgleichungen durchgeführt; für Contraves, Zürich, wurde ein System von 12 simultanen (z.T. nicht-linearen) Differenzialgleichungen gelöst.</p> <p>1953 benutzten die Flug- und Fahrzeugwerke Altenrhein "die Z4 mit eigenem Personal in grösstem Massstab für die Untersuchung von Flattererscheinungen bei ihren Flugzeugtypen" (Jahresbericht 1953). Weitere Arbeiten wurden für die Firmen Gebrüder Sulzer AG, Winterthur, Micali, Zürich (heute ABB Schweiz), Motor-Columbus, Baden (heute Atel), und Contraves, Zürich, sowie für das Institut für theoretische Physik der ETH Zürich (Prof. Pauli) durchgeführt.</p> <p>1954 wurde für Ernst Trümpy (Laboratorium für Hochspannungstechnik der ETH Zürich) eine elektronische Schaltung berechnet. Für Contraves, Zürich, wurde ein Einschwingvorgang einer Servosteuerung berechnet. Dr. Schultze, Hasler, Bern, berechnete ballistische Widerstandsfunktionen.</p> <p>Quellen: Liste der 1950 bis 1955 mit der programmgesteuerten Rechenmaschine Z4 ausgeführten Aufträge und mathematischen Untersuchungen, Institut für angewandte Mathematik, ETH Zürich, 11. Juli 1955 Tätigkeitsberichte des Instituts für angewandte Mathematik, ETH Zürich, 1950–1955, Auskünfte von Zeitzeugen, Martin Gutknecht Verfasser: Herbert Bruderer</p> <p>© Ausbildungs- und Beratungszentrum für Informatikunterricht, Departement Informatik, ETH Zürich 2011</p>						
					Angaben ohne Gewähr	

Nachwort

ZA-Praktikum nur für Genies?

Im ETH-Vorlesungsverzeichnis des Sommersemesters 1952 wurde angekündigt: „Praktikum an der programmgesteuerten Rechenmaschine ZA (Zuse) am Institut für Angewandte Mathematik. Prof. Stiefel, Dr. Rutishauser, Dr. Speiser“. Rutishauser, mein Mathematiklehrer am Gymnasium, hatte mir „die Maschine“ kurz nach ihrer Installation einmal gezeigt. Daher war mein Interesse geweckt. Bei der Ankündigung der Lehrveranstaltung tauchte die Frage auf: „Ist das für normale Leute oder muss man da ein Genie sein?“ Seine Antwort: „Komm nur“. Wir waren wenige Hörer, vielleicht ein Dutzend Mathematiker aus der Industrie: BBC, Sulzer usw., Max Anliker, Assistent bei Prof. Hans Ziegler; Heinz Waldburger, Bauingenieur-Student und Militärpatient, der sich langsam von Bandscheibenvorfall-Operationen in den Vorjahren erholte.

Meine Vorlesungsnotizen zeigen, dass Stiefel nicht in Erscheinung trat. Rutishausers 56 Seiten betrafen folgende Themen: Struktur einer programmgesteuerten Rechenmaschine, externes Rechenprogramm, Rechenbefehle, Flussdiagramm, numerische Anwendungen, sauber strukturiertes Programmieren, Rechnen mit Befehlen. Hinzu kamen die 16 Seiten der „Bedienungsanweisung Z 4“, die er gewiss verbessert hatte, und das kurze „Reglement für die Bedienung der programmgesteuerten Rechenmaschine“ vom 20. September 1950. Die 20 Seiten Notizen zu Speisers Vorträgen erklärten das Funktionieren von elektrischen und elektronischen digitalen Schaltungen und deren Kombinationen für die Rechen- und Datenübertragungsfunktionen.

Die Anstellung

1953 begann die Arbeit für den Eigenbau der Elektronischen Rechenmaschine der ETH. Der hervorragende Professor Stiefel, Mathematiker und Computer-vordenker, hatte dazu schon vorher mit sicherer Hand die besten Mitarbeiter für sein ERMETH-Projekt gewählt: als Chef-Mathematiker den genialen Dr. Rutishauser und als Chef-Ingenieur den fachlich souveränen und industrieverbundenen Dr. Speiser. Alle brauchten Assistenten und technische Mitarbeiter. So bekam ich ab Januar 1953 zunächst eine Halbassistentz: Student ohne Diplom, etwa 210.- Franken im Monat, welch ein Glück! Die erste Arbeit: Korrekturlesen für die Habilitationsschrift von Rutishauser. Dabei ging es um die rechnergesteuerte Übersetzung von Programmen.

Hammer und Meissel verwandeln eine digitale 1 in eine 0

Besonders lehrreich war es, Urs Hochstrasser, der schon zwei Jahre Erfahrung mit der Zusemaschine hatte, als Rechenknecht und Nachtoperator zu helfen. Im Maschinenraum stand ja auch ein einfaches Feldbett für die kurzen nächtlichen Zeitabschnitte, in denen die grüne Kontrolllampe der ZA „rechnet“ meldete, was mit erheblichem Getöse verbunden war. Leuchtete hingegen die (rote) Anzeige „wartet“, wurde es still, und – verkehrte Welt – der verantwortliche Benutzer hatte zu erwachen. Für die Korrektur von Filmstreifen standen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung: ein kleiner Holzblock, ein kleiner Hammer und ein Lochmeissel, und schon wurde aus der digitalen „1“ eine „0“; ein handfester Editor!

Sturzflug: 50 Stunden Rechenzeit für 2,4 Sekunden Flug

Es gab zeitraubende Rechnungen, etwa für den Sturzflug des Düsenflugzeugs P-16: Von Freitagabend bis Sonntagabend. Differenzialgleichungen mit variablen Koeffizienten zur Darstellung der Steuerbewegung des Piloten, der aus 30° Neigung die Horizontale erreichen will; Flugzeit: 2,4 Sekunden, Rechenzeit: 50 Stunden. Nach der ersten Nacht war auf meinem Millimeterpapier immer noch eine gerade Linie zu sehen.

Rutishausers Vorlesungen und Algol

1954 trug Rutishausers Vorlesung die Überschrift „Programmgesteuertes Rechnen“. Er verfeinerte diese Einführung in die Praxis der Programmierung schrittweise. Sie war schon ganz auf die ERMETH ausgerichtet. Zur Vorlesung habe ich eine gekürzte Autographie geschrieben. Diese erschien 1959 in meiner „Gebrauchsanleitung für die ERMETH“, die vom Institut für Angewandte Mathematik herausgegeben wurde. Somit waren alle für die Anwender erforderlichen Programmier-, Software- und Hardwarekenntnisse festgeschrieben.

Das Wechselbad von Theorie und Praxis an der ETH war äusserst anregend. Rutishauser war dabei ein echter Meister, zurückhaltend, zusammenführend, stets hilfsbereit. Zuses geniale Erfindungen und sein einzigartiger Rechenautomat liessen an der ETH dank Stiefel, Rutishauser und Speiser eine eigenständige schweizerische Informatikkultur wachsen. Nicht die beim Bau von Prozessoren und Magnetspeichern erworbenen technischen Kenntnisse überlebten, sondern Rutishausers Programmiergrundsätze. Sie flossen in die von ihm geschaffene Programmiersprache Algol ein, die leider industriell zu spät kam. Sie bildet aber unbestritten den Ursprung der ETH-Informatiktechnologie mit den Programmiersprachen Pascal (erfolgreich dank ausländischen Partnern), Modula, Oberon und Zonnon von Niklaus Wirth und Jürg Gutknecht.

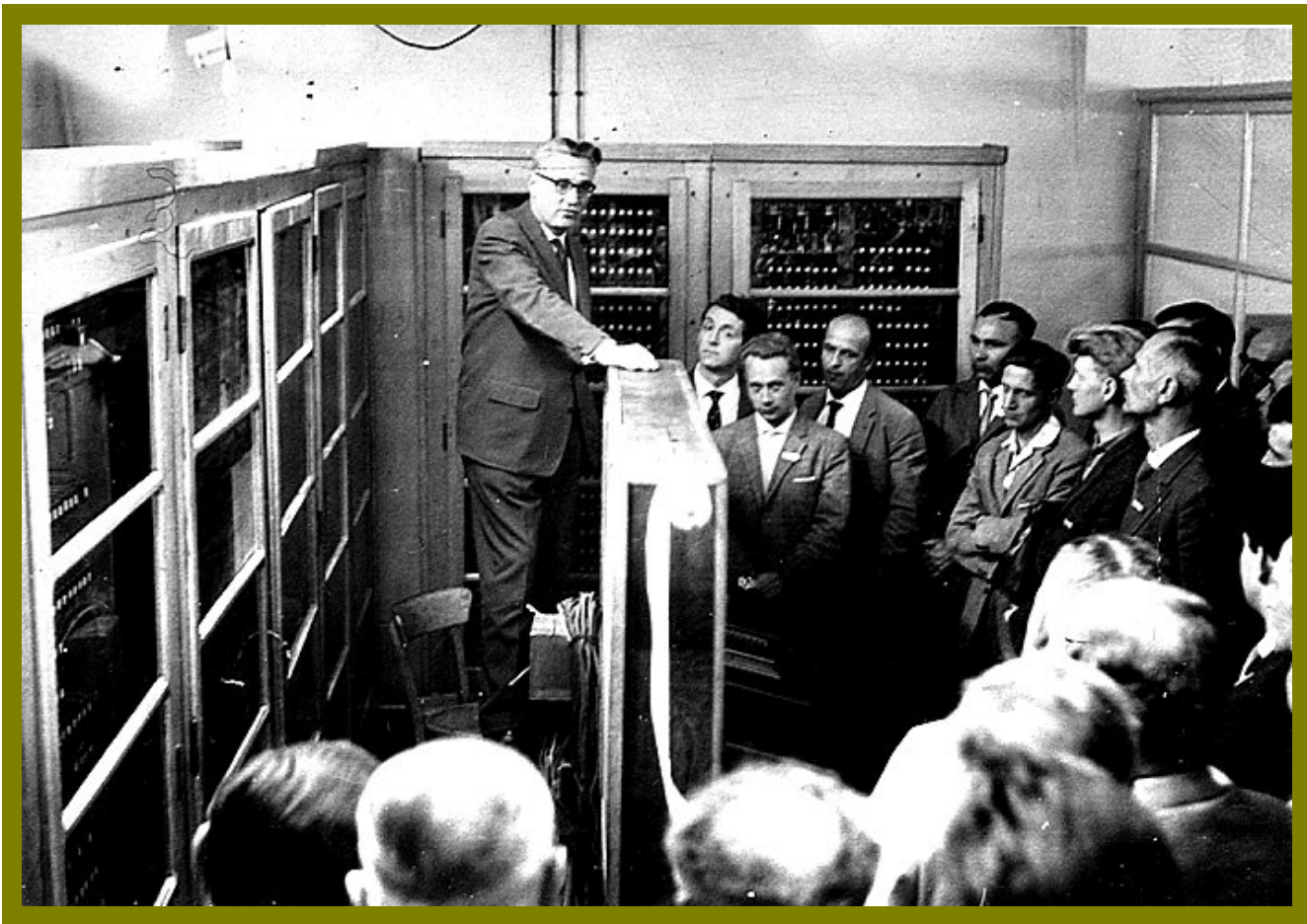
Kein Silicon Valley

Dass in der Schweiz kein Silicon Valley entstand, muss wohl ähnlichen Widerständen angelastet werden, wie Zuse sie erlebte. Er erzählte, dass er für die Vorführung seiner Maschine vor einer militärischen Delegation als Anwendung eine Matrizeninversion wählte. Der General fragte seinen Adjutanten, was diese Maschine denn könne. „Herr Jeneral, der Inschenör Zuse hat ne Maschine erfunden, wo Matrizen invertieren kann“. Zuse bekam die erhoffte finanzielle Unterstützung nicht; die Berechnung einer Geschossflugbahn hätte sie gewiss gebracht.

Erste Informatikvorlesung auf dem europäischen Festland

Die Studierenden in den ersten ZA- und ERMETH-Jahren waren sich wohl nicht bewusst, dass 1952 in Zürich meines Wissens die erste Informatikvorlesung auf dem europäischen Kontinent stattfand. Und vermutlich ahnte niemand, dass wir dank Zuse und dank des Triumvirats unserer Lehrer an der weltweiten Entwicklung der Informationstechnologie teilnahmen.

Heinz Waldburger



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