

# **Das Leben und Wirken von Prof. N. J. Lehmann**

Zum 90. Geburtstag

Manfred Ludwig  
(TU Dresden, Institut für Wissenschaftliches Rechnen)

Kurzbiographie

Wissenschaftliche Arbeiten zur Mathematik

Beiträge zur Entwicklung digitaler Rechenautomaten

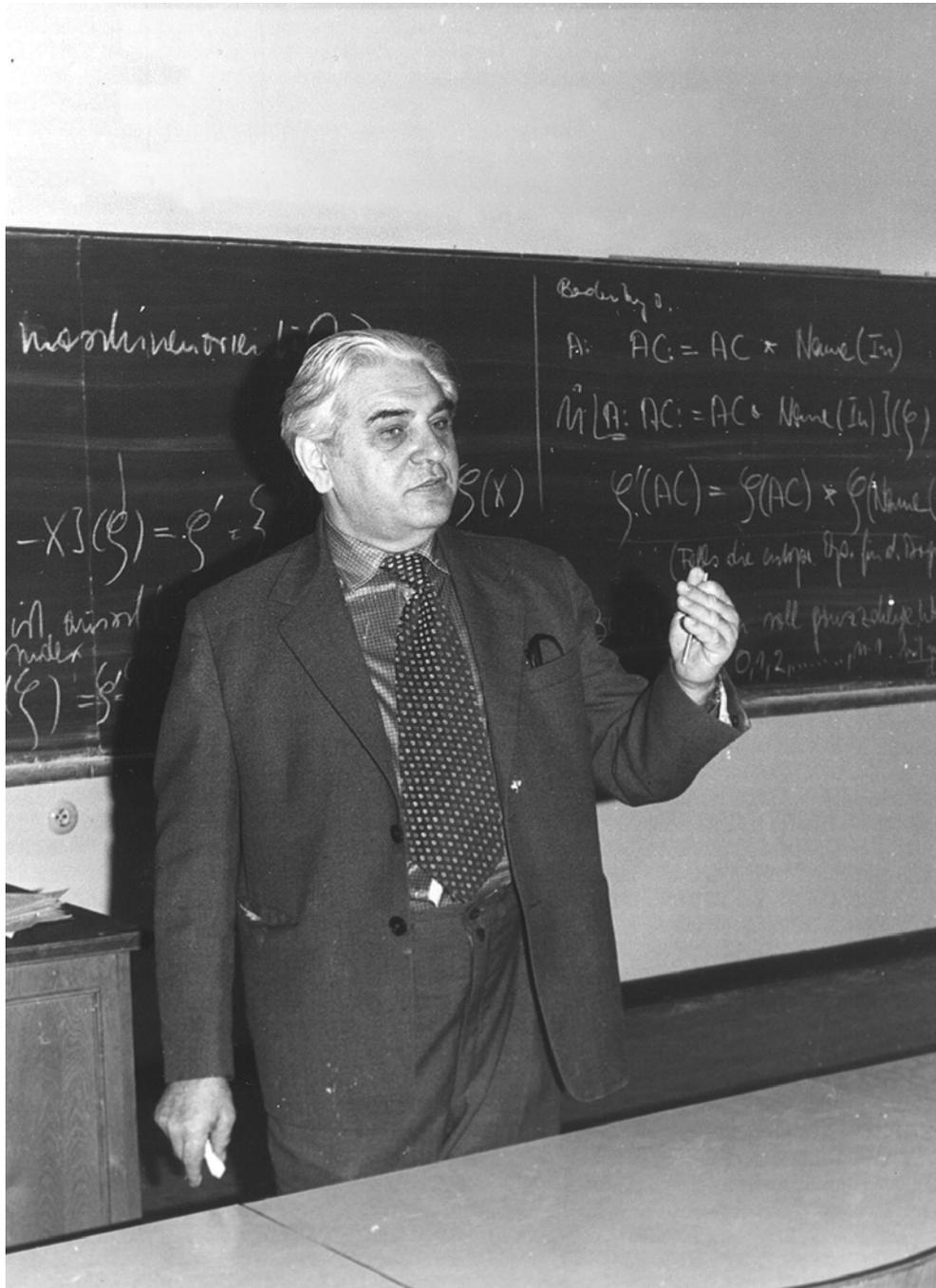
Weitere Rechnerentwicklungen am Institut

Beiträge zur Programmierungstechnologie

Lehmann – Initiator der Sammlung Historische Rechenmaschinen an der  
Fachrichtung Mathematik

Wissenschaftliche Arbeiten zur historischen Rechenmaschine  
von Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)

Das vorliegende Manuskript diente als Vorlage für einen Vortrag, der bereits 2007 zur 12. Informatiklehrerkonferenz in Sachsen gehalten wurde. Wesentliche Teile sind in Postern zusammengefasst, die an der Fachrichtung Mathematik der TU Dresden ausgestellt sind.



**Nikolaus Joachim Lehmann** (15. März 1921 - 27. Juni 1998)

## Kurzbiographie

geb. 1921	in Camina in Sachsen
1939	Abitur an Oberschule in Bautzen
1940 -1945	Physik- und Mathematikstudium an der TH Dresden
1948	Promotion zum Dr.-Ing.: Beiträge zur numerischen Lösung von linearen Eigenwertproblemen
1951	Habilitation: Zusammenhang allgemeiner Randwertaufgaben mit der Integralgleichungstheorie
1952	Berufung zum Dozenten an die TH Dresden
1953	Berufung zum Professor für „Angewandte Mathematik“ an die TH Dresden
1956 -1968	Direktor des „Instituts für Maschinelle Rechentechnik“ an der TH/TU Dresden
1964 -1967	Leitung des Akademieinstituts für Maschinelle Rechentechnik in Dresden
1968 -1986	Leiter des Wissenschaftsbereichs „Mathematische Kybernetik und Rechentechnik“ an der TU Dresden
1986	Emeritierung

## Wissenschaftliche Arbeiten zur Mathematik

Die wissenschaftlichen Arbeiten Lehmans, die langfristig das Profil des von ihm geleiteten Instituts bestimmten, repräsentierten eine auf reichen Erfahrungen in der analytischen und numerischen Mathematik, der Technik und der Physik basierende, langfristig angelegte Arbeitsrichtung. Ihr Ziel bestand in der Bereitstellung geeigneter Rechentechnik und von Hilfsmitteln für deren zweckmäßige Nutzung, die den Möglichkeiten entsprechend optimal an die Denkweise des Menschen angepasst sind.

### Aufgaben des Institutes in Lehre und Forschung

IMR - Institut f. Masch. Rechentechn. an der Techn. Hochschule Dresden (seit 1956)  
Das Inst. f. ... bildet Dipl. Math. aus, die später in RB u. RZ arbeiten sollten und ebenso E-Ing, die als Entw. und Konstr. in der R Ger. Industrie eingesetzt werden.  
Entsprechend der Trad. der Hochschule ist die gesamte Forschungstätigkeit eng mit der Lehre und den Erfordernissen d. Industrie verbunden. In diesem Rahmen bearbeitet auch das Rechenbüro des Institutes wissenschaftl. Aufgaben aus der Praxis. ... (weiter s. Manuskript)

1

IMR = Inst. f. masch. Rechenketten  
 an d. Techn. Hochschule Dresden  
 (seit 1.9.55)

Das Inst. f. .... bildet Dipl. Math. aus, die  
 später in RB u. RZ <sup>arbeiten sollen</sup> eingesetzt werden können,  
 und ebenso E-Dipl., die als Entw. u. Konstr.  
 in der R. Ges. (Mot.) ~~arbeiten~~ eingesetzt werden.

Eutopie d. Förd. der Hochschule ist die gesamte  
 Forschungstätigkeit aus mit der Lehre und  
 den Erfordernissen d. Industrie verbunden.

Z.H. werden im Institut folgende Arbeitsrichtungen  
 speziell u. besonders gepflegt:

(In diesen Reihen bearbeitet auch das Rechenbüro des Instituts  
 wissenschaftl. ~~Probleme~~ <sup>Probleme</sup> aus der Praxis)

1. Numerische Analysis Mathematik - insbesondere  
 im Hinblick auf RA
2. Programmierungstechnik - insbesondere Fragen der  
 automatischen Programmierung
3. Rechenautomatentechnikentwicklung - insbesondere  
 im Hinblick auf RA mit einem gewissen  
 Verhältnis von Leistung ~~zu~~ <sup>zu</sup> Strukturunter
4. ~~Etabliert~~ Förderung der Stochastik algebra
5. Grenzfragen Probleme aus dem Grenzgebiet  
 der Digital- und Analog-Technik

Bild Arbeitsrichtungen des Instituts für Maschinelle Rechentechnik an der TH Dresden  
 (Manuskript))

In seiner Promotions- und Habilitationsschrift befasste er sich mit Problemen der  
 Numerischen Mathematik, die auch in mehreren Veröffentlichungen dokumentiert wurden.

Hervorzuheben sind Arbeiten zu Randwertaufgaben und Integralgleichungen sowie zur  
 numerischen Berechnung optimaler Schranken für allgemeine lineare Eigenwertaufgaben.  
 Ein wichtiges erzieltes Resultat trägt heute den Namen **Lehmann-Maehly-Verfahren**.

Nachdem die notwendigen Voraussetzungen bezüglich der Bereitstellung geeigneter Computertechnik geschaffen wurden, widmete er sich zunehmend der Nutzung dieser Rechentechnik für mathematische Problemstellungen. Besonders zu nennen sind:

- Fehlerschrankenbestimmung für Näherungslösungen allgemeiner Differentialgleichungsprobleme, die vom Computer ausgeführt werden können

Numerische Mathematik 10, 261–288 (1967)

### Fehlerschranken für Näherungslösungen bei Differentialgleichungen\*

N. J. LEHMANN

Eingegangen am 10. Dezember 1966

Ziel der Arbeit ist die Bereitstellung von Hilfsmitteln und Verfahren zur Fehlereingrenzung gegebener Näherungslösungen  $\varphi(x)$  für Differentialgleichungen, die im Eindimensionalen die Gestalt

$$(*) \quad y^{(n)}(x) = r(x, y, y', \dots, y^{(n-1)}), \quad x \in \langle a, b \rangle, \quad a < b$$

mit Anfangs- und Randbedingungen haben sollen. Unter sehr allgemeinen Voraussetzungen ergibt sich mit dem Defekt  $D(\varphi) = \varphi^{(n)} - r(x, \varphi, \varphi', \dots, \varphi^{(n-1)})$  der Näherungslösung als einfachste Abschätzung

$$(**) \quad \begin{aligned} |y^{(v)}(x) - \varphi^{(v)}(x)| &\leq K_v(x) \|D(\varphi)\| \\ x \in \langle a, b \rangle, \quad v &= 0, \dots, n-1, \quad \|D\|^2 = \int_a^b D^2 dx^1. \end{aligned}$$

Die  $K_v(x)$  lassen sich bei entsprechend kleinem Defekt immer mit vertretbarem Aufwand als Näherungen für ein theoretisches Optimum bestimmen. Bei Anfangswertproblemen darf  $\|D\|^2$  sogleich durch  $\int_a^x D^2 dx$  ersetzt werden.

Mit größerem Aufwand läßt sich das Ergebnis auf

$$(***) \quad y^{(v)}(x) - \varphi^{(v)}(x) = h^{(v)}(x) + \vartheta K_v^*(x) \|D(\varphi)\| \quad (v = 0, \dots, n-1; |\vartheta| \leq 1)$$

verschärfen. Zur Berechnung von  $h^{(v)}(x)$  und  $K_v^*(x)$  werden Vorkenntnisse und die Lösung von Nachbarproblemen herangezogen;  $K_v^*$  kann dabei unabhängig vom Defekt beeinflußt werden.

Die Untersuchungen beginnen in den ersten 8 Abschnitten mit der Diskussion linearer Differentialoperatoren. (\*\*) erweist sich als unmittelbare Folgerung einer Normabschätzung für beliebige, auch unsymmetrische Greensche Funktionen. Damit werden frühere Ergebnisse [6] über selbstadjungierte Probleme ergänzt und Zusammenhänge mit reproduzierenden Kernen hergeleitet<sup>2</sup>. Die Faktoren  $K_v(x)$  in (\*\*) lassen sich dabei unabhängig von der Näherung  $\varphi(x)$  ermitteln.

Die Abschnitte 9–12 befassen sich mit dem nichtlinearen Problem. Der zu (\*) gehörende lineare Variationsoperator

$$(***) \quad L_\varphi(y) = y^{(n)} - \sum_{i=0}^{n-1} y^{(i)}(x) \left\{ \frac{\partial r(x, y^{(v)})}{\partial y^{(i)}} \right\}_{y^{(v)} = \varphi^{(v)}}$$

\* Meinem verehrten Freund Professor Dr. Dr. h. c. A. WALTHER zum Gedenken.

<sup>1</sup> Sofern nicht anders vermerkt, sind Integrale immer über das zugehörige Grundgebiet — hier  $\langle a, b \rangle$  — erstreckt.

<sup>2</sup> Diese Resultate besitzen wohl auch unabhängig von der betrachteten Aufgabe Bedeutung.

und als eine der letzten Arbeiten

- Die analytische Maschine - Grundlage einer Computer-Analytik zur Gewinnung formelmäßiger Näherungslösungen mit kontrollierter Genauigkeit für ingenieur- und naturwissenschaftliche Aufgaben (s. Manuskript zu Computer Algebra und Praktische Analysis)

1

Computer Algebra und Praktische Analysis

H. Lehmans Lehmann

Zusammenfassung:

Die Computer Algebra und die symbolische Formelmanipulation haben sich insbesondere bei der Modellierung physikalischer Vorgänge in der Astronomie, Relativitätstheorie, in der Quantenmechanik, aber auch bei einzelnen Aufgaben der Elektrotechnik bewährt. Bei der approximativen Auswertung mathematischer Ansätze, in der Praktischen Analysis dominiert jedoch weiterhin die numerische Methode.

Tatsächlich sind aber auch für approximative Lösungen analytische Darstellungen erwünscht, die einen qualitativen und quantitativen Einblick in die Zusammenhänge und die Auswirkungen auftretender Parameter ermöglichen. Diese geforderte Transparenz ist nur mit kurzen, informativen Formeln erreichbar, deren Genauigkeit sachgerecht bestimmt ist. Interessenten kommen aus allen Bereichen des Computer Aided Engineering, wo sich die Auswirkungen mehrerer Einflußgrößen numerisch und auch graphisch nicht überblicken lassen.

Dieser Beitrag stellt Ergebnisse vor, die helfen können, die o.a. Lücke zwischen Computer Algebra und numerischer Approximation zu schließen. Ihre Realisierung erfolgt aus örtlichen (lokalen) praktischen Gründen mit einem erweiterten FORMAC/PL/1-System, dessen Nachteile dabei in Kauf genommen wurden. Daher

genügt es jedoch nicht, lediglich derzeit in Schrittlängere definierte Methoden des Dualsystems auf dem Rechner zu implementieren, sondern es muß möglich sein, wegen geringerer Kosten, auch die Möglichkeiten der automatisierten Approximationsverfahren zu nutzen, um die

aus diesen Grunde müssen die verschiedensten Hilfsmittel, die zur Lösung mathematischer Probleme durch die mit Transparenz gerechte analytische Lösungswege ungenutzbar werden, dazu seien folgende Prozesse vorzusehen:

- i) elementare Funktionen können vom Automaten ebenso einfach wie arithmetische Operationen gehandhabt werden
- ii) kurze analytische Ausdrücke mit Einflußgrößen

+ die darin liegende Methoden

Lehmann war stets bemüht für moderne mathematische Denkweisen und Problembehandlungen, weitestgehend geeignete rechentechnische Hilfsmittel einzusetzen.

## Beiträge zur Entwicklung digitaler Rechenautomaten

### Zeittafel

- Frühjahr 1948 Als "Protest" zum Rechenriesen ENIAC Konzipierung eines Magnettrommelspeichers und bis 1949 Entwurf eines autonomen Rechenwerkes mit Elektronenröhren (1948 dezimal-, dann dualseriell)
- Ab 1950 Experimentelle Arbeiten gemeinsam mit VEB Funkwerk Dresden (1951 Versuchsrechner), Ausbau des Entwurfs von 1949 an der TH Dresden zum **Rechenautomaten D1**
- Januar 1953 Publikation des kompletten D1- Entwurfs  
Erstmalige Besonderheiten: rudimentärer Kellerspeicher, parallel arbeitende Prozessoren für Arithmetik, Steuer- und Befehlsrechnung, Ein-, Ausgabe mit Zahlenumwandlung, Verarbeitung von Befehlsgruppen aus Steuerprozessor, formelgerechter Befehlsaufbau.

Bereits im Jahre **1948** begann in Dresden **Lehmann** parallel zu seiner Promotion mit dem Entwurf von Rechenwerken und vor allem mit der Umsetzung von Speichereinheiten mittels rotierender Magnetsysteme, um, wie er selbst immer wieder zum Ausdruck brachte, dem „Monster“ ENIAC der USA eine einfachere nicht so voluminöse Lösung entgegen zu setzen.

So wurde bereits **1949** der Entwurf für ein vollständiges Rechen-, Steuer- und Speicherwerk (auf Magnettrommelbasis) fertig gestellt. Betrachtet man die damalige Zeit, ist es nicht verwunderlich, dass Nachrichten über ähnliche Entwicklungen von Zuse und Billing oder gar aus England oder Österreich sehr spärlich und dann noch mit großer Zeitverzögerung nach Dresden gelangten. Zudem kam noch, dass die Wirtschaft am Boden lag und die Mittel, sowohl finanziell als auch materiell für die Umsetzung der Ideen zum Bau einer Rechenmaschine an der damaligen Technischen Hochschule Dresden einfach nicht vorhanden waren. N. J. Lehmann gelang es trotz aller Schwierigkeiten 1950 mit dem damaligen Funkwerk Dresden erste Industriekontakte aufzunehmen. Es dauerte allerdings noch bis **1956**, bis der erste **Rechner D1** (Dresden 1) in zwei Exemplaren betriebsbereit fertig gestellt werden konnte. Ein Exemplar befand sich in den Räumen der TH Dresden, das zweite im Funkwerk Dresden.

Der D1 rechnete mit einer Wortlänge von 72 Bits (etwa 20 Dezimalstellen), benutzte eine rotierende Trommel als Speichermedium mit  $2 \times 1024$  Speicherplätzen. Mit einer Taktfrequenz von 120 kHz realisierte er etwa 100 arithmetische Operationen /sec. Als Bauelemente kamen 760 Röhren (Wehrmachtsbestände), 1000 Selendioden und etwa 100 Relais zum Einsatz. Das Eingabemedium war ein Filmstreifen (ausrangierte alte UFA-Filme) mit einem Lochcode - entsprechend der auszuführenden Befehle und der einzugebenden Daten, das Ausgabemedium eine elektronische Schreibmaschine. Der Rechner nahm die Länge einer Wand von etwa 6m ein.

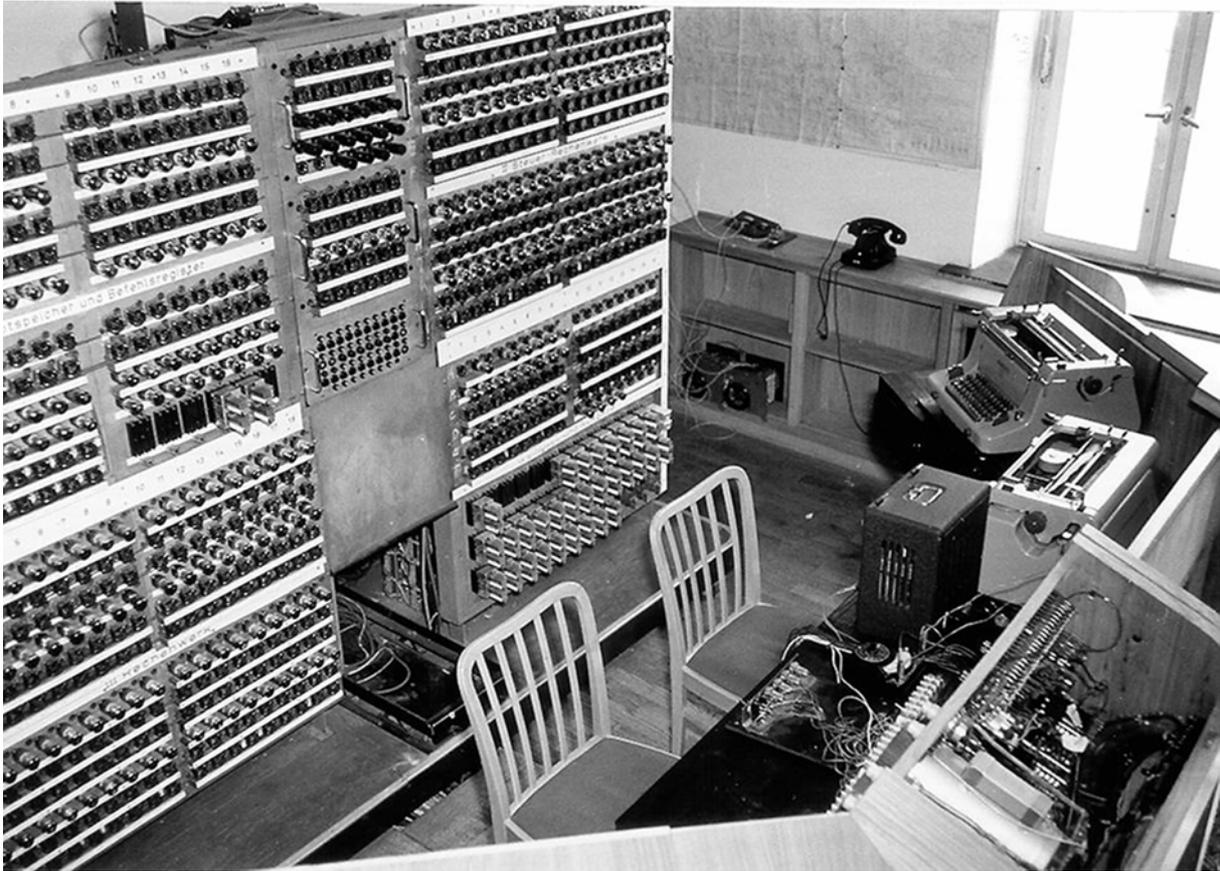


Bild D1 - Gesamtansicht

## Daten zum Rechenautomat D1

Entwurf und Entwicklung (1949/55):

Prof. N. J. Lehmann, TH Dresden, Institut für Maschinelle Rechentechnik;

Fertigstellung 1956

Fertigung: Mitarbeiter und Werkstatt des Institutes und des VEB Funkwerk Dresden



Bild Kontrollkonsole D1

## Informationsdarstellung

Wortlänge intern: 72 Dualstellen

Zahlenlänge intern: 68 Dualstellen; extern: 20 Dezimalstellen

## Numerische Daten

Zahlensystem: dual

Verschlüsselung: dual

Zahlenbereich (dual): Festkomma  $(-2^{20} \leq Z \leq 2^{20} - 2^{-48})$

Zahlenbereich (dezimal):  $|z| < 10^7$ . Festes Komma hinter der 6. Dezimalstelle

## Befehle

System: Einadressbefehle

Länge: 24 Bits (3 Befehle je Wort)

Aufbau: 4 Bits Indexteil, 8 Bits Operationsteil einschließlich Registerwahl (1. Operand),  
12 Bits Adressteil (2. Operand)

Rechenwerk-Operationen: +, -, ×, :, ±, ↘, ↗

Steuerrechenwerk-Operationen: +, -, ∧, ∨, ↙, ↘, ↗

## Arbeitsweise

Serienrechner

Taktfrequenz: 120 kHz

Steuerrechenwerk mit Befehlsgruppenspeicher, 3 Indexregister und Pufferspeicher,  
Kennzeichen an Zahlen

Eingabe- und Ausgabepufferspeicher mit verdrahteter Zahlenkonvertierung

Magnettrommel mit 2 Magnetkopfschlitten

## Rechenzeiten mit (ohne) Zugriffszeit

Addition: 6 ms (0,7 ms)

Multiplikation: 22 ms

Division: 42 ms

Multiplikation durch gleichzeitiges Verarbeiten zweier Multiplikatorstellen

## Speicher

Magnettrommel: 6000 U/min;

Kapazität: 2048 Wörter auf 128 Spuren

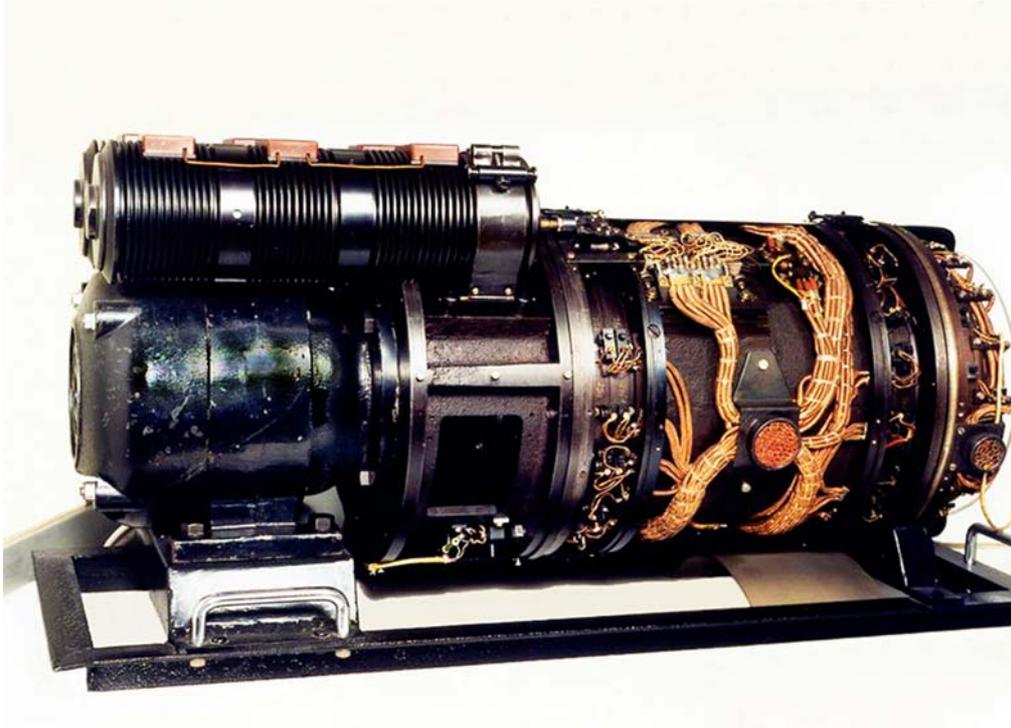


Bild Magnetspeichertrommel

### Logische aktive Elemente

etwa 760 Röhren, etwa 1000 Gleichrichter, etwa 100 Relais

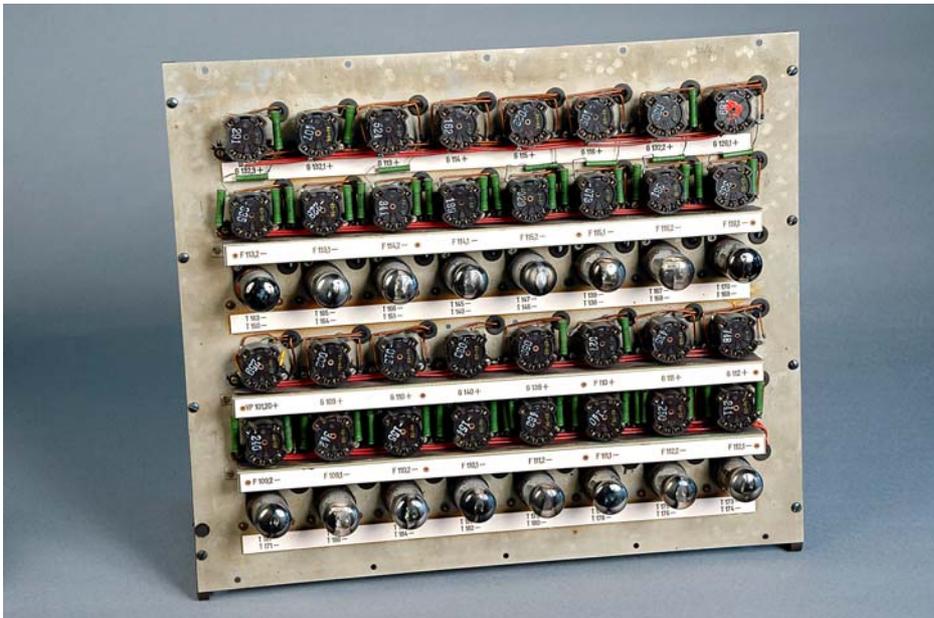


Bild Elektronikfeld D1

## Ein- und Ausgabe

Filmlochstreifen

Eingabe: 20 Zeichen/s

Ausgabe: 5 Zeichen/s

Blattschreiber (elektronische Schreibmaschine): 10 Zeichen/s



Bild Filmlocher D1

## Zeittafel

- 1956 Gründung des Instituts für Maschinelle Rechentechnik (Direktor Prof. N.J. Lehmann); Fertigstellung des D1
- Beginn des Entwurfs und Aufbau des **Rechenautomaten D2** in eigener Werkstatt
- Besonderheiten des D2: ausgebaute Arbeitsprinzipien des D1 und zusätzlich: Befehlsgebung auch relativ zum Befehlszählerstand, Gleitkomma, Schnellspeicher mit Wortgruppenübertragung und autonomer Steuerung, Speichertrommel mit 18000 U/min.
- 1958 Speicher vom D2 ging in Produktion für ersten in der DDR serienmäßig gefertigten Rechenautomaten ZRA 1 (VEB Carl Zeiss Jena).
- 1959 Konzept für **Kleinstrechner** und Angebot an Industrie (N.J. Lehmann)
- Grundprinzip: Nur Addition / Subtraktion und Verschiebung im Einwortregister verdrahtet; Einzelbefehl steuert Operandenfolgen aus dem und in den Speicher; Fertigstellung und Inbetriebnahme des D2.

Der D1 wurde in Dresden am damaligen Institut für Maschinelle Rechentechnik durch Lehmann weiterentwickelt. Das Nachfolgemodell unter der Bezeichnung **D2** konnte **1959** fertig gestellt werden. Mit etwa doppeltem Aufwand gegenüber dem D1 wurde die Rechenleistung verzehnfacht.

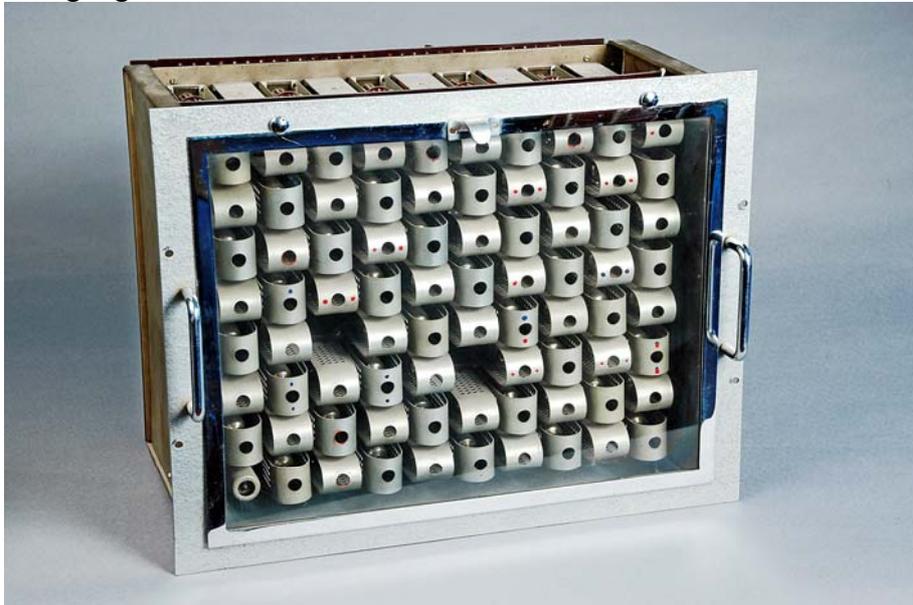
## Daten zum Rechenautomat D2

Entwurf und Entwicklung (1955/57):

Prof. N. J. Lehmann, TH Dresden, Institut für Maschinelle Rechentechnik;

Fertigstellung 1959

Fertigung: Mitarbeiter und Werkstatt des Institutes



Einschub D2

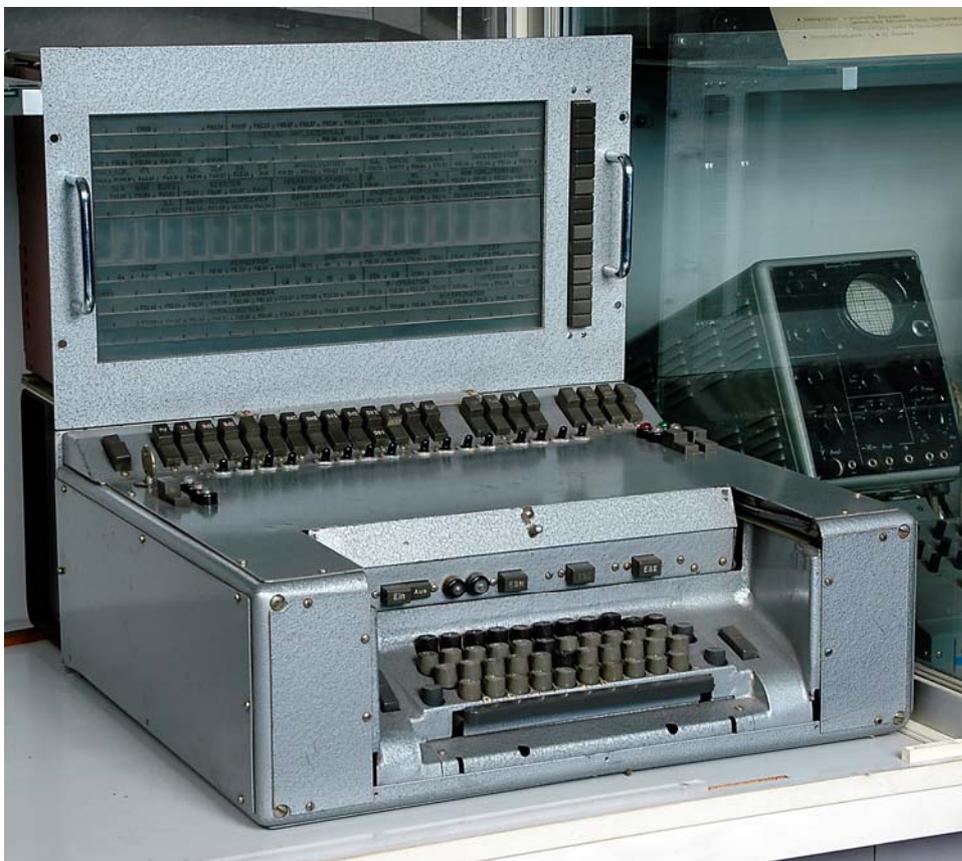


Bild Bedienpult

## Informationsdarstellung

Wortlänge intern: 56 Dualstellen

Zahlenlänge intern: 50 Dualstellen, extern: 14 Dezimalstellen

## Numerische Daten

Zahlensystem: dual

Verschlüsselung: dual

Interner Zahlenbereich:  $\pm 128^{-64} \leq Z \leq 128^{+63}$  bei gleitendem Komma. Mantisse: 42 Stellen.

Festes Komma vor der 1. Dualziffer

Ein- und Ausgabe im Dezimalsystem

## Befehle

System: Einadressbefehle

Länge: 28 Bits (2 Befehle je Wort)

Aufbau: 3 Bits (1. Operand), 5 Bits Operationen, 12 Bits Adresse (2. Operand), 3 Bits Index- und Schrittregister, 5 Bits Sonderzeichen

Rechenwerk-Operationen: +, -, ×, :, ±, =, ↘, ↗

Steuerrechenwerk-Operationen: +, -, ∧, ∨, n, ↙, ↘, ↗

## Arbeitsweise

Serienrechner

Taktfrequenz: 270 kHz

Rechenwerk mit fester und Gleitkommaoperation, bei Multiplikation gleichzeitige Verarbeitung von 7 Multiplikatorstellen, 2 interne Pufferregister (zur Behandlung von Rechenkettens), Kurzmultiplikatoren

Steuerrechenwerk mit Zähler, Befehlsgruppenspeicher, 3 Indexregister und 3 Schrittregister

Eingabe- und Ausgabepufferspeicher mit verdrahteter Zahlenkonvertierung

Magnettrommel mit speziellem Schnellspeicherteil

## Rechenzeiten mit (ohne) Zugriffszeit

Addition (Gleit- und Festkomma): (0,45 ms)

Logische Operationen: (0,23 ms)

Multiplikation: (0,45 ms) bis 1,57 ms (bei Festkomma immer 1,57 ms)

Kurzmultiplikation mit 7-stelligem Faktor: wie Addition

Division: 4,7 ms (bei Festkomma 5,6 ms)

## Speicher

Magnettrommel: 18000 Umdrehungen pro Minute

Kapazität: 2048 (später 4096) Wörter auf 128 (256) Spuren

320 Schnellspeicher mit 0,34 ms mittlerer Wartezeit (parallel zur Rechnung ist der Transport von Zahlengruppen aus dem Schnellspeicher zum Hauptspeicher und zurück möglich)

11 Register ohne Wartezeit

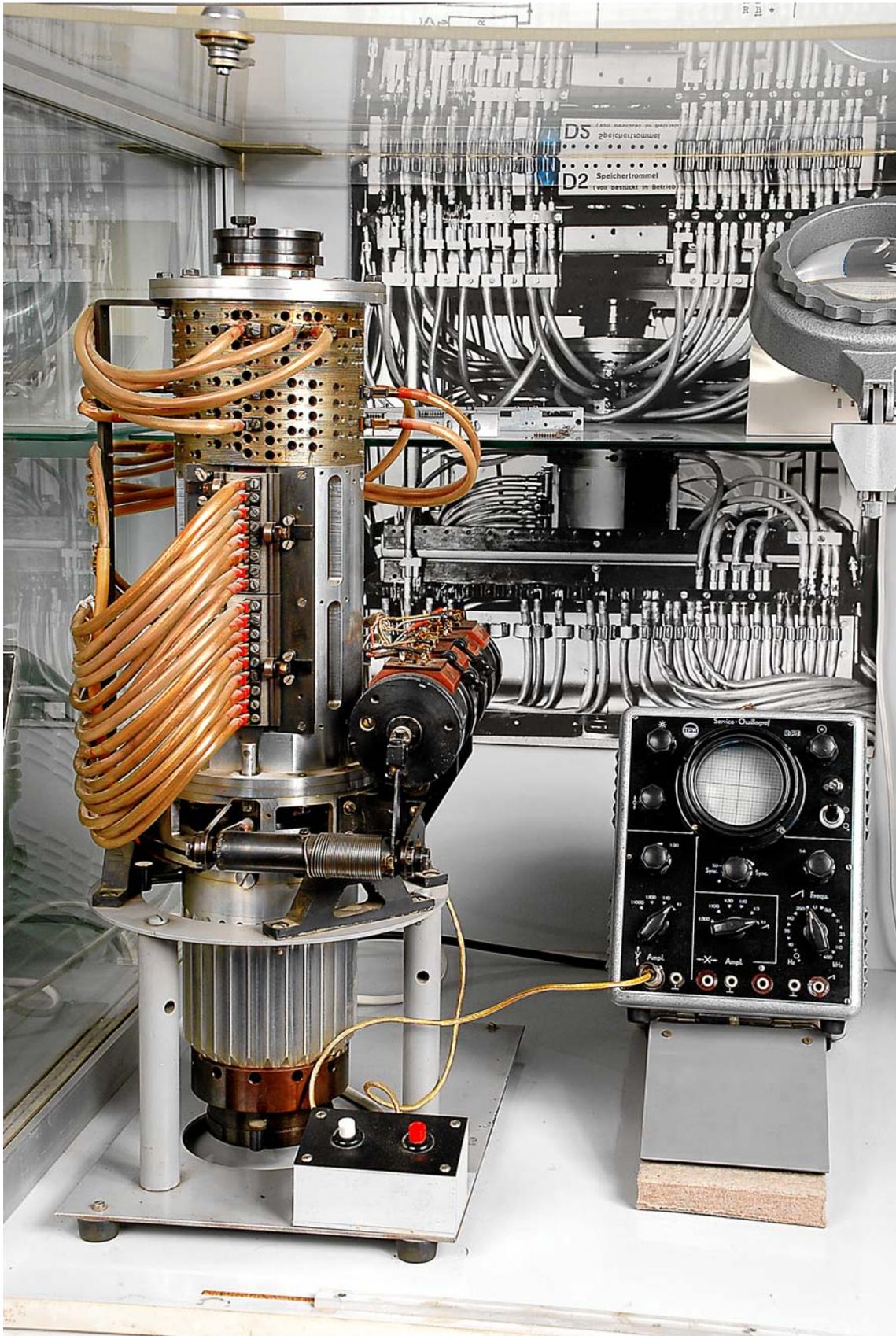


Bild Magnetentrommel D2

## Logische aktive Elemente

etwa 1400 Langlebenszeitröhren, etwa 2000 Dioden, etwa 100 Relais

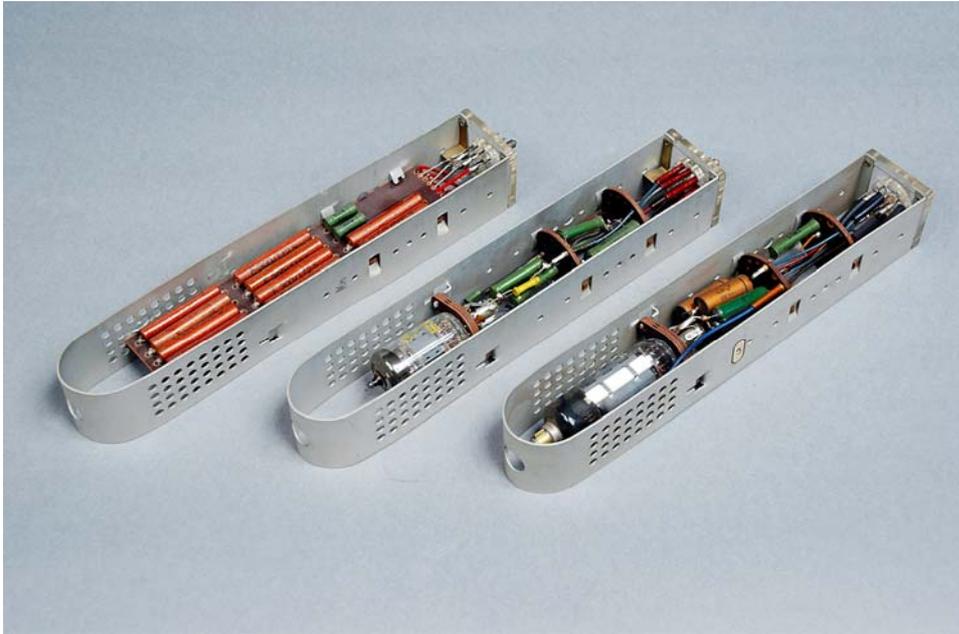


Bild Logikelemente D2

## Ein- und Ausgabe

Lochstreifenabtaster/-stanzer:

Eingabe: 400 bis 1000 Zeichen/sec.

Ausgabe: 10 bis 25 Zeichen/sec.

Blattschreiber (elektronische Schreibmaschine): 10 Zeichen/sec.

Tabellendruck: 25 Zeilen/sec.

## Allgemeine Daten

Modulbauweise

## Bemerkungen

Das Steuerrechenwerk ist zur Durchführung aller organisatorischen Aufgaben im Programmablauf eingerichtet und führt seine Arbeiten automatisch solange parallel mit den anderen Teilen des Rechenautomaten aus, wie es die logischen Zusammenhänge im Programm gestatten. Neben Index- existieren auch Schrittregister.

## Zeittafel

1959 Konzept für Kleinstrechner

1960 Patentanmeldungen für o.a. Kleinstrechner (N.J. Lehmann);

Parallel zur Entwicklung des Rechners D2 entwarf **Lehmann** bereits 1959 einen **Kleinrechenautomaten**, der auf einem Tisch Platz hatte (60 cm x 45 cm x 40 cm). Nach

seinen Vorstellungen sollte er vom Nutzer direkt bedient werden können und nicht nur von Spezialisten in Rechenzentren. **1963** wurde das erste Exemplar mit der Bezeichnung **D4a** an unserem Institut fertig gestellt. Er war einer der ersten Rechenautomaten nach dem PC-Prinzip. Damit stand ein programmierbarer Rechenautomat zur Verfügung, der mit relativ kleinem Aufwand (etwa 200 Transistoren in Modulbauweise, Trommelspeicher mit 4000 Speicherplätzen, Tastatur- und Lochstreifeneingabe, Streifendruckerausgabe) etwa 150 Gleitkommaoperationen /sec. (2000 Elementaroperationen./sec) ausführen konnte.

- 1961-63 Entwicklung und Aufbau des o.a. Kleinstrechners als "Rechenautomaten auf dem Tisch" mit der Bezeichnung D4a (neuartig im internationalen Maßstab)
- 1964 Übergabe des D4a zur Produktion an VEB Büromaschinenwerke Zella Mehlis (Serienherstellung als Cellatron 820x - etwa 3000 Rechner)
- 1964-65 Anschluss von leistungsfähigeren Speichern und Ein-, Ausgabeeinrichtungen an D4a

## Daten zum Rechenautomat D4a

Entwurf und Entwicklung (1959/62)

Fertigstellung 1963

Fertigung: Mitarbeiter und Werkstatt des Institutes

Serienfertigung ab 1966 als Cellatron C 8201 bis Cellatron C 8005 in Zella-Mehlis in Form einer Bürotischverkleidung (etwa 3000 Rechner)





Bild Rechenautomat D4a, unten links im aufgeklappten Zustand

## Informationsdarstellung

Wortlänge: 33 Dualstellen

Zahlenlänge intern: 33 Dualstellen, extern: 8 Dezimalstellen

## Numerische Daten

Zahlensystem: dual

Verschlüsselung: dual

Interner Zahlenbereich:  $-1 \leq Z \leq 1 - 2^{-32}$ . Festes Komma vor der 1. Dualziffer

Ein- und Ausgabe im Dezimalsystem:  $\pm 0.(7, \dots, 8 \text{ Dezimalzahlen}) \cdot 10^{(-10, \dots, +10)}$

## Befehle

System: Einadressbefehle

Länge: 20 Bits

12 Bits für Speicheradressen, 8 Bits für Operationsteil

Rechenwerk-Operationen: +, -, ^

Steuerrechenwerk-Operationen: +, -, ^, v, ↖, ↘, ↗

## Arbeitsweise

Serienrechner

Taktfrequenz: 316 kHz

Steuerung erfolgt im Zusammenhang mit einem Befehlszähler (1. Register) in einem Vierer-Zyklus (Vorbereitung und Durchführung der nächsten Befehlsentnahme, Vorbereitung und Ausführung dieses Befehls). Im Rechenwerk sind im Zusammenhang mit einem Akkumulator (2. Register) nur elementare Befehle verdrahtet, die analytisch miteinander verkoppelt und ohne neue Befehlsaufstellung auch zyklisch wiederholt werden können. Keine Indexregister, dafür Sprungbefehle (darunter Rufbefehle mit Adressenspeicherung) zum Teil mit arithmetischen Operationen gekoppelt.

## Rechenzeiten

Gleitkommaoperationen:

Addition, Subtraktion (Gleitkomma): 33 ms

Multiplikation: 13 ms + Zugriffszeit

Mittlere Zugriffszeit: 1,65 ms

Mittlere Rechengeschwindigkeit: 7 ms/OP. (etwa 1000 Operationen /s)

## Speicher

Magnettrommel: 18000 Umdrehungen pro Minute

Kapazität: 4096 Worte, 128 Bahnen mit je 32 Worten

Mittlere Zugriffszeit: 1,65 ms

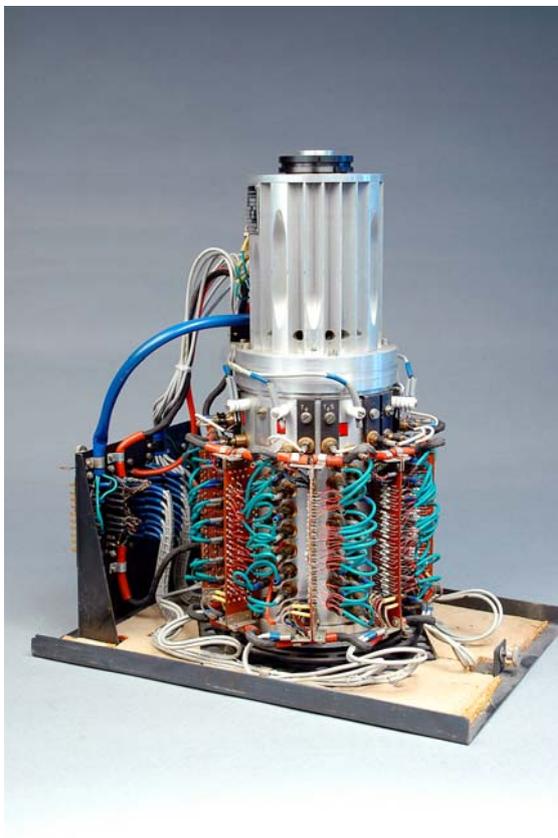


Bild Magnettrommel D4a

## Logische aktive Elemente

211 Transistoren, etwa 1800 Dioden in 750 Kompaktbausteinen auf 22 gedruckten Steckkarten



Bild Logiksteckkarte

### Ein-Ausgabe

Im Rechner integriert:

Lochstreifenleser: 100-150 Zeichen/s

Lochstreifenstanzer: 100-150 Zeichen/s

Externe Ein-Ausgabe:

Elektrische Schreibmaschine

Fernschreiber und Stanzer

Magnetband

### Allgemeine Daten

Modulbauweise, Prinzip der Steckkarte

Abmessungen: 60 cm x 45 cm x 40 cm

Gewicht: 71,5 kg

### Bemerkungen

Damit stand ein „Rechner auf dem Tisch“ für individuelle Nutzung zur Verfügung.

## Weitere Rechnerentwicklungen am „Lehmann-Institut“

### Entwicklung analoger Rechengерäte

Parallel zum Entwurf und Bau programmierbarer Digitalrechner wurden in den fünfziger Jahren von Lehmann unterstützt am Institut analoge Rechengерäte konzipiert und gebaut.

### Polynomgerät

Spezial(analog)rechner zur Nullstellenbestimmung von Polynomen

Entwicklung: 1955/56 H. Adler, TH Dresden, Institut für Maschinelles Rechnen

Fertigstellung: 1957

Aufgabenklasse: Bestimmung der reellen und konjugiert komplexen Nullstellen von Polynomen mit reellen Koeffizienten bis zum 8. Grad

Arbeitsprinzip: Nutzung von angezapften Transformatoren

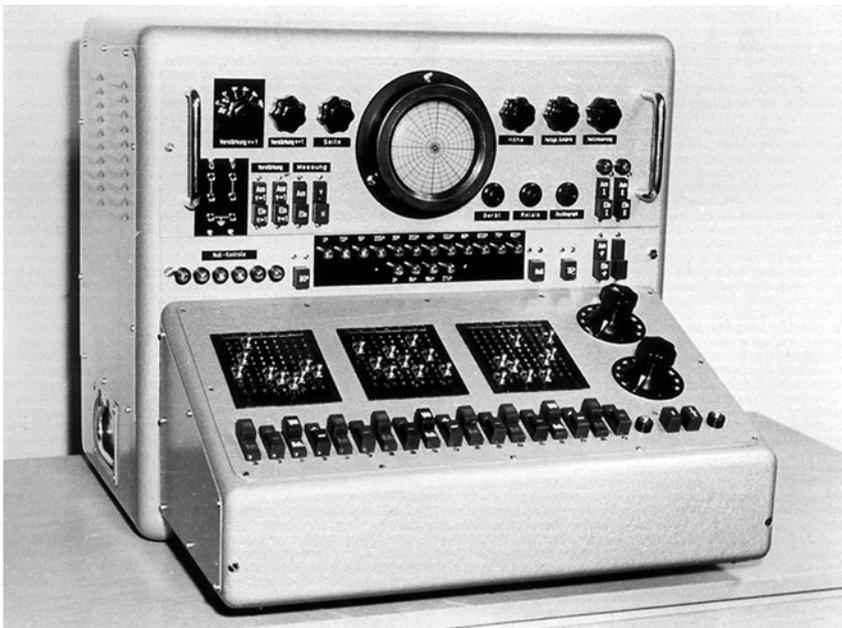


Bild Polynomgerät

## Gleichungslöser

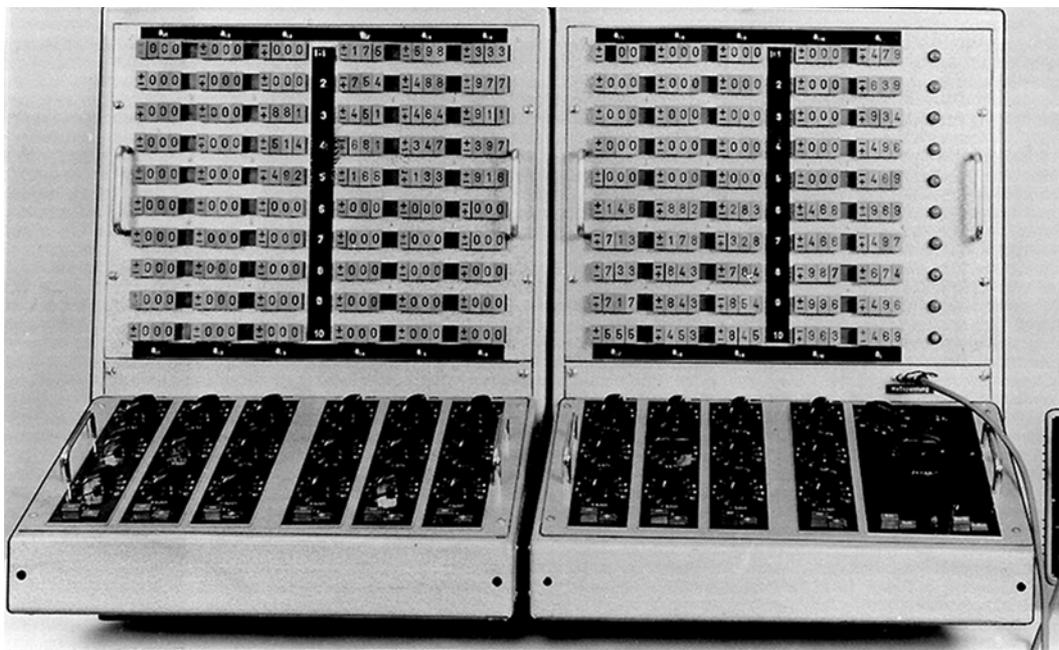
Spezial(analog)gerät zur Lösung linearer Gleichungssysteme

Entwicklung: 1957/58, G. Neidhold, TH Dresden, Institut für Maschinelles Rechnen

Fertigstellung: 1958

Aufgabenklasse: Bestimmung aller Lösungen von linearen Gleichungssystemen mit maximal 10 Gleichungen und 10 Unbekannten

Arbeitsprinzip: Nutzung von angezapften Transformatoren



## „Modellrechner“

Anfänglich wurden die ersten Programme zur Bearbeitung in einem programmgesteuerten Rechner direkt in dem jeweiligen Code für Zahlen und Befehle verschlüsselt eingegeben. Der Rechner besaß als „Betriebssystem lediglich ein Programm zum Einlesen von Codes und zur Ausgabe von Dezimalzahlen.

Ein „**Modellrechner**“, gebaut etwa 1958 in Dresden, der die Funktionsweise eigentlich auch der heutigen PCs mit Hilfe von „Lämpchen“ verdeutlicht, wurde auf diese Weise programmiert. Er befindet sich als Dauerleihgabe in den Technischen Sammlungen Dresden.

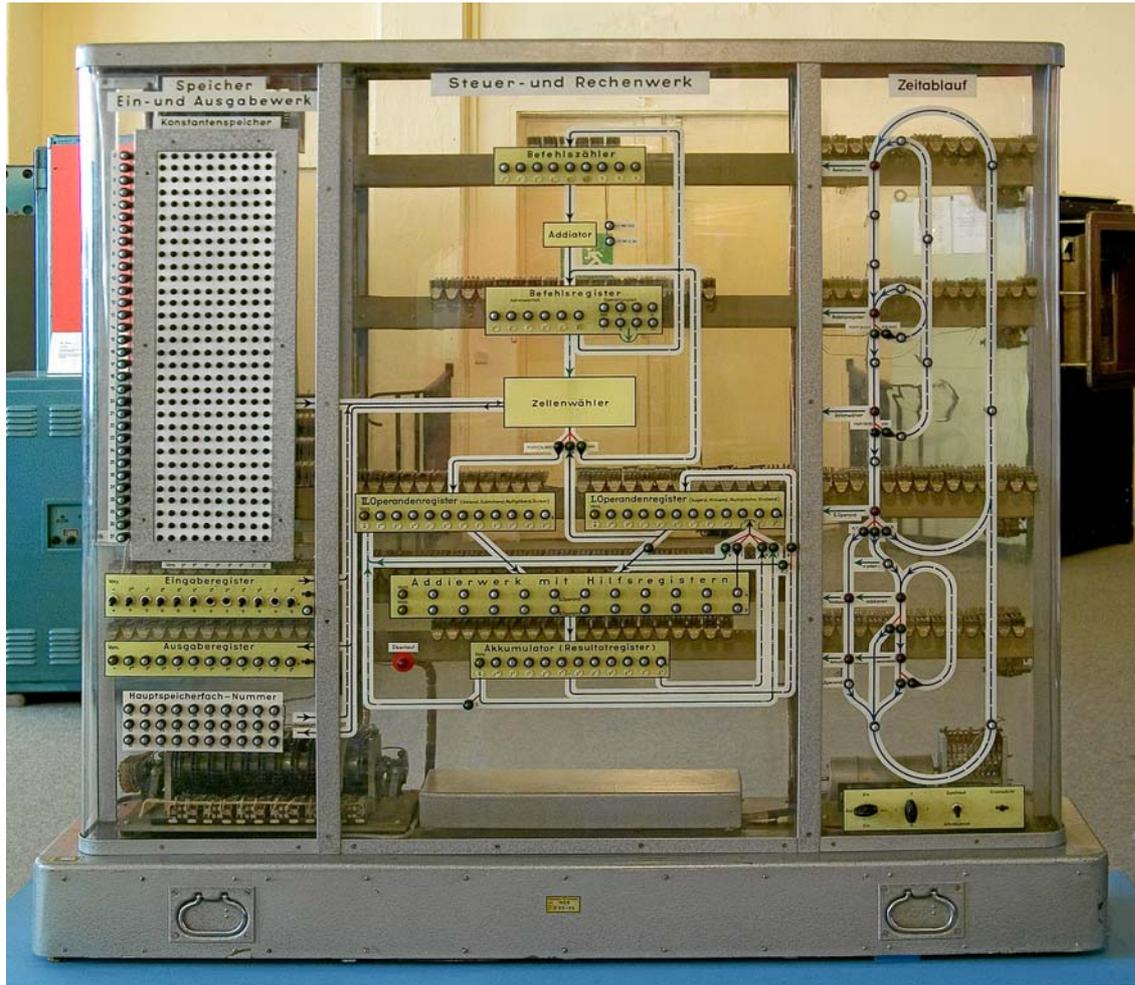
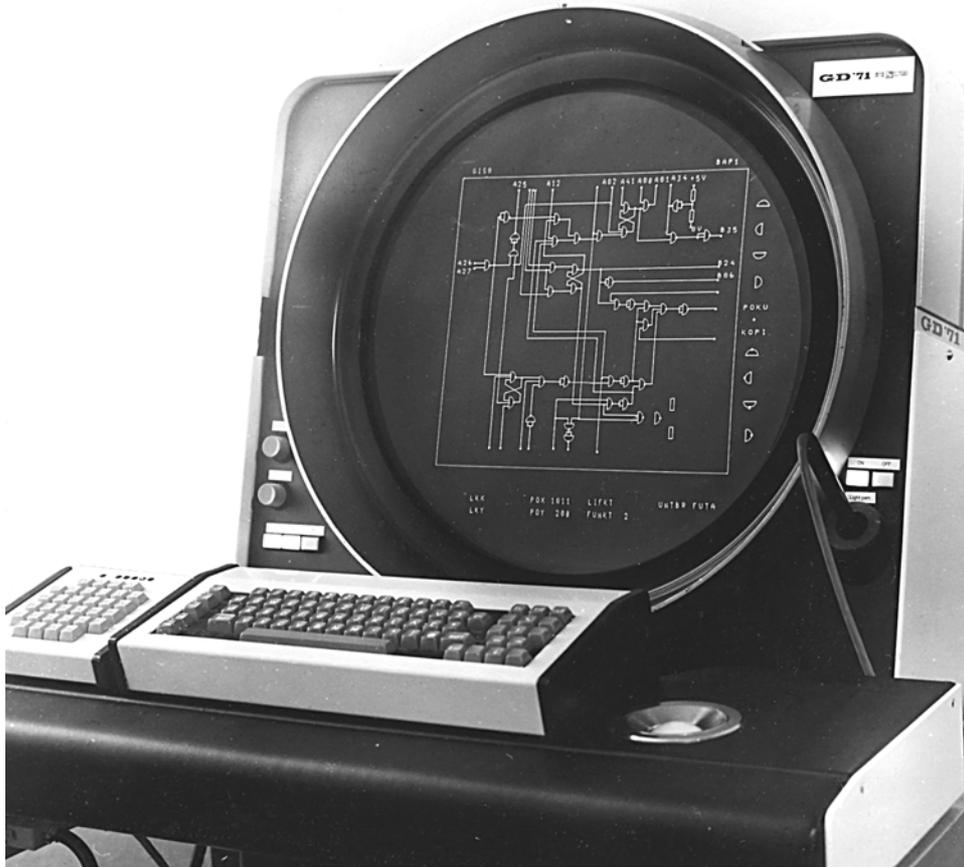


Bild Modellrechner 1

## Digitalgrafischer Arbeitsplatz GD'71 - KRS 4201

In der Zeit von 1976-78 wurde auf Anregung und mit Unterstützung von Lehmann von einer Forschungsgruppe seines Institutes (M. Ludwig, R. Ortleb, D. Monjau, W. Franke, R. Großmann) auf der Grundlage eines ungarischen interaktiven grafischen Bildschirmgerätes GD'71 und des DDR-Kleinrechnersystems KRS 4201 ein digitalgraphischer Arbeitsplatz – koppelbar mit ESER-Rechnern - entworfen und gebaut.

Mit diesem Arbeitsplatz sollten vor allem geometrieorientierte Aufgabenstellungen bearbeitet werden. Nach Fertigstellung wurde er vor allem für das Rechnergestütztes Konstruieren in verschiedenen Industriezweigen eingesetzt.



Bestandteile des graphischen Terminals

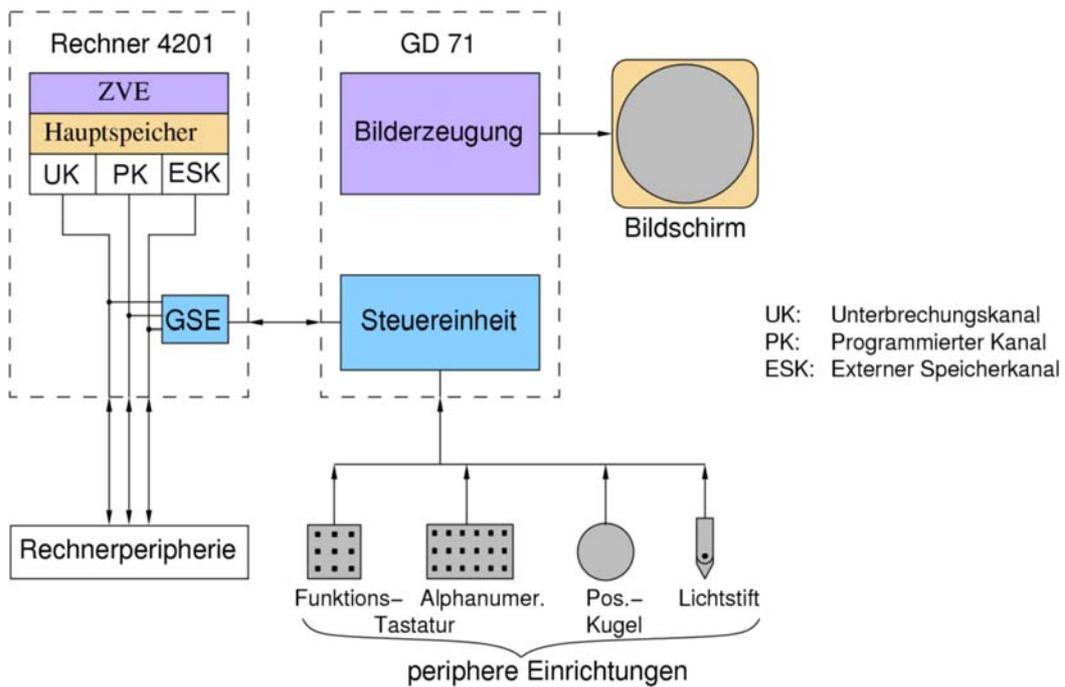


Bild Bildschirm (oben) und schematischer Aufbau des graphischen Terminals (unten)

## Beiträge zur Programmierungstechnologie

Der sich auftuende Widerspruch zwischen der Herangehensweise des Informatikers und der Betrachtungsweise eines Anwenders wurde in einer Arbeit von N.J. Lehmann wie folgt charakterisiert: „Die Entwicklung der Assemblertechnik und auch der universellen Programmierungssprachen war fast ausschließlich der Fixierung von Algorithmen und Steuerungsprozessen angepasst und imperativ, auf Anweisungen orientiert. ... Diese auf lange Ketten recht elementar aufgebauter Kommandos ausgerichtete Denk- und Handlungsweise unterscheidet sich entsprechend vom Vorgehen des Nutzers der Rechentechnik in der Ebene der Anwendungen. Dieser formuliert seine Aufgaben in intelligenteren Aussageformen, in der Gestalt von Beziehungen und Bedingungen mit seiner **Fachsprache**, die außerordentlich problemorientiert ist. Dabei wird implizit auf einen riesigen Erfahrungsschatz seines Arbeitsgebietes Bezug genommen, der sich in (Gedanken-) Modellen und Theorien manifestiert.“ Derartige Fachsprachprogramme werden mittels eines Transformationsprogramms in Standardprogramme für optimierte Compiler übersetzt.

Unter seiner Federführung entstand so das Sprachtransformationssystem **DEPOT**, eine Fachsprach-orientierte Programmierungstechnologie einschließlich zugehöriger Werkzeuge zur Syntax- und Semantik-Beschreibung von zu definierenden Programmiersprachen und Transformationsprogrammen in definierte Zielsprachen.

DEPOT wurde für viele spezielle Anwendungen eingesetzt, z.B. für die Erstellung von Datenbanken, zur Beschreibung von Produktionsabläufen in der Energietechnik und in verschiedenen Bereichen der verarbeitenden Industrie.

## Lehmann – Initiator der Sammlung Historische Rechenmaschinen an der Fachrichtung Mathematik

Die Sammlung wurde 1978 anlässlich 150 Jahre TH/TU Dresden und 100 Jahre Deutsche Rechenmaschinenproduktion zusammengestellt.

(1878 - Erste Rechenmaschinenfabrik in Deutschland (Glashütte (Sachs)), Burkhardt)

Bestandteile dieser Sammlung sind:

- Mechanische Rechenmaschinen vorwiegend aus Glashütte
- Entwicklung von programmierbaren Rechenautomaten an der TH/TU Dresden
- Mechanische Recheninstrumente und Analogrechner

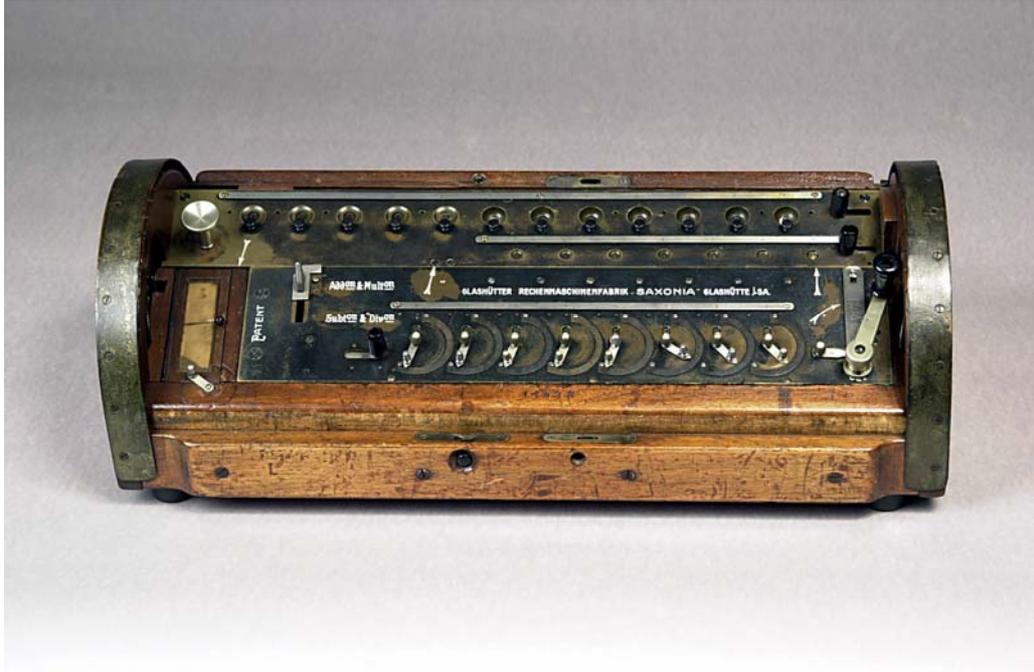
Anmerkung: Die Sammlung kann auch heute noch besichtigt werden (Voranmeldung erforderlich).

Als Beispiele werden einige mechanische Rechenmaschinen aus Glashütte (Sachs) angeführt.

## Saxonia

Baujahr: 1895

Übereinstimmung bis in Einzelteile mit dem Burkhardtschen Vorbild



## Burkhardt-Arithmometer Modell H

Baujahr: etwa 1900 (Modell)

Gegenüber dem Thomas'schen Prototyp wird eine verbesserte Löscheinrichtung und eine Überlaufanzeige (Klingel) verwendet.



## Archimedes Modell Junior

Baujahr: 1921

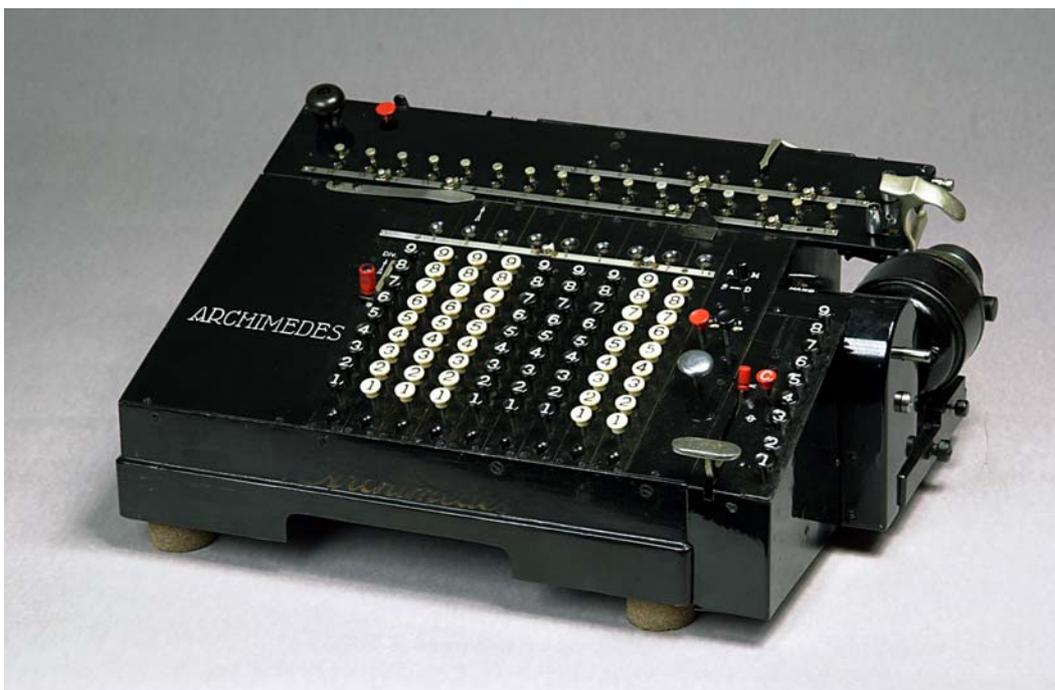
Kleinste Staffelwalzenmaschine zur damaligen Zeit; wegen ihrer Größe wurde sie auch Aktentaschenmaschine genannt.



## Archimedes Modell Dead

Baujahr: 1927

Vollautomatische Vier-Spezies-Maschine, elektrischer Antrieb



## Archimedes Modell PEM 15

Baujahr: 1960

letzte Entwicklung in Glashütte,  
Schnellautomat mit 500 Umdrehungen pro Minute



## Wissenschaftliche Arbeiten zur historischen Rechenmaschine von Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716)

Eine Rechenmaschine zur Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division benötigt im Wesentlichen folgende Baugruppen

### Baugruppen

- "Zählrädchen" mit 10 "Rasträdchen" für die Zifferndarstellungen 0, ... , 9 und deren Zusammenfassung zu "Zahlenwerken" (Zahlenspeichern) für jeweils eine mehrstellige Zahl
- "Schaltwerk" (Einstellwerk), aus dem ein Summand wiederholt in ein Resultatwerk hineinaddiert werden kann
- "Resultatwerk" (Addierwerk), in das Summanden unter Berücksichtigung der auftretenden Überträge hinzuaddiert werden
- "Verschiebeschlitten", der eine Versetzung des Schaltwerkes (Multiplikand) gegenüber dem Resultatwerk und damit eine stellenrichtige Abarbeitung der Ziffern eines Multiplikators ermöglicht
- "Zähler" zur Kontrolle der Anzahl der Additionen, die bei der Abarbeitung einer einzelnen Faktorstelle ausgeführt werden

Leibniz gab erstmals für jede Baugruppe gültige Lösungen an und erprobte sie an mehreren Maschinenmodellen. Ein Problem bereitete der „Zehnerübertrag“ über mehrere Stellen.

### Historischer Überblick der Arbeiten von Leibniz zur Entwicklung mechanischer Rechenmaschinen

- 1673 Realisierung der Subtraktion durch eine zur Addition umgekehrten Drehung des Antriebes  
Prinzip des Sprossenrades zur Einstellung der Zahlen im Einstellwerk
- 1673 Fertigstellung und Vorführung seiner (ersten) Rechenmaschine vor der Royal Society in London, die mit großer Wahrscheinlichkeit Sprossenräder benutzte.
- 1682 Zweistufige Lösung für den „Zehnerübertrag“
- 1700 -1716 Aufbau der letzten nicht gänzlich vollendeten Rechenmaschine. Das Einstellwerk wurde mit Staffelwalzen aufgebaut.  
Das sind Walzen mit neun Zahnrippen gestaffelter Länge, so dass ein passend eingestelltes Abtriebszahnrad soviel Schritte mitgedreht wird, wie es der gewünschten Ziffer entspricht.

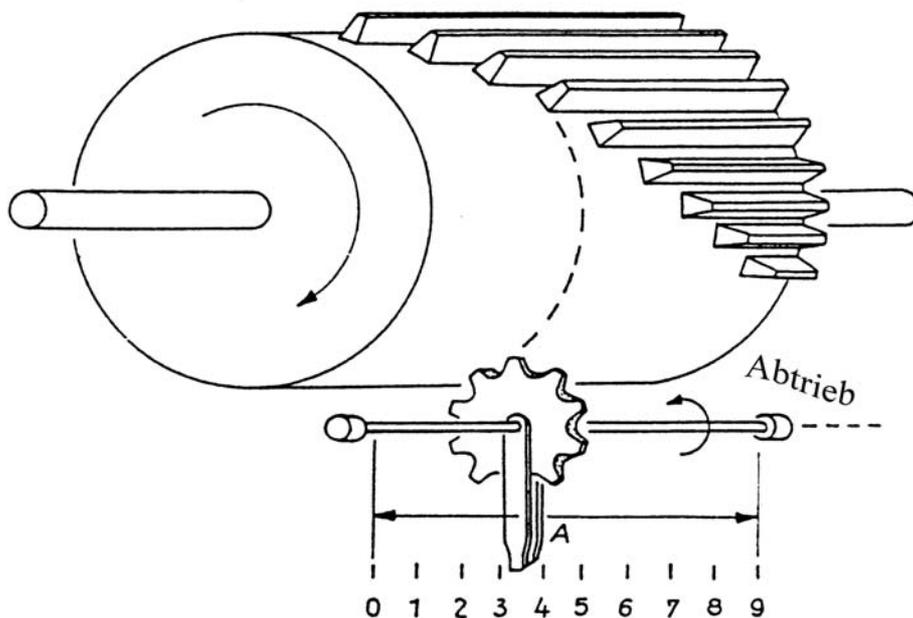


Bild Staffelwalze

Einige geschichtliche Fakten zur letzten von Leibniz erfundenen und unter seiner Anleitung gebauten Rechenmaschine

Bis 1775 Bestandteil des Leibniz-Nachlasses in Hannover

1876	Wiederauffindung der Rechenmaschine in der Modellkammer der Göttinger Universität (Sie war 1775 zur „Reparatur“ nach Göttingen geschickt und dort vergessen worden.)
1880	Rückkehr nach Hannover
1894-1896	Restaurierung der Maschine in Glashütte (Sachs.) von Arthur Burkhardt, dem Begründer der ersten Rechenmaschinenfabrik in Deutschland (Bewegungsfähigkeit wurde wieder hergestellt.)
Seit 1896	Leibniz-Archiv der Niedersächsischen Landesbibliothek in Hannover

### **Aussagen zur Funktionsfähigkeit der Maschine**

Bei originaler Leibniz-Rechenmaschine funktionierten bereits die Addition und Subtraktion getriebemäßig nicht einwandfrei.

Überträge über mehrere Ziffernstellen erforderten manuelle Nachhilfe. Dies setzte sich bei Multiplikation und Division fort.

Zitat von Burkhardt aus dem Bericht über seine Restaurierungsarbeiten: es wird festgestellt, „dass die hier vorliegende Leibniz’sche Maschine auf ein Element sehr genial konstruiert und ausgeführt worden ist“, andererseits infolge eines Dimensionierungsfehlers jedoch „die hier vorliegende Maschine niemals gegangen sein kann“<sup>1</sup>

<sup>1</sup> A. Burkhardt: Die Leibniz’sche Rechenmaschine, in: Zeitschrift für Vermessungswesen 26(1897), S. 392-398.

### **Geschichte und Vorarbeiten zum Nachbau der Leibniz-Rechenmaschine unter wissenschaftlicher Anleitung von N.J. Lehmann in Dresden**

Auf Anregung der Akademie der Wissenschaften wurde zur Ehrung ihres Gründers, Gottfried Wilhelm Leibniz, ab 1985 unter Anleitung von N.J. Lehmann die „letzte“ Leibniz’sche Rechenmaschine nachgebaut.

Die Herstellung der Einzelteile für den Dresdner Nachbau erfolgte mit modernen Maschinen nach den aktuellen Fertigungstechnologien. Damit konnten die bei der handwerklichen Herstellung der Originalmaschine vor fast 300 Jahren auftretenden „Anpassungsmerkmale“ für die Nachbauten vernachlässigt werden.

Beim genaueren Studium der Funktionsweise wurde erkannt, dass die Grundabmessungen und die Anordnung der Teile eigentlich auch die von Leibniz gewünschte vollautomatische Übertragsausführung zulassen sollten.

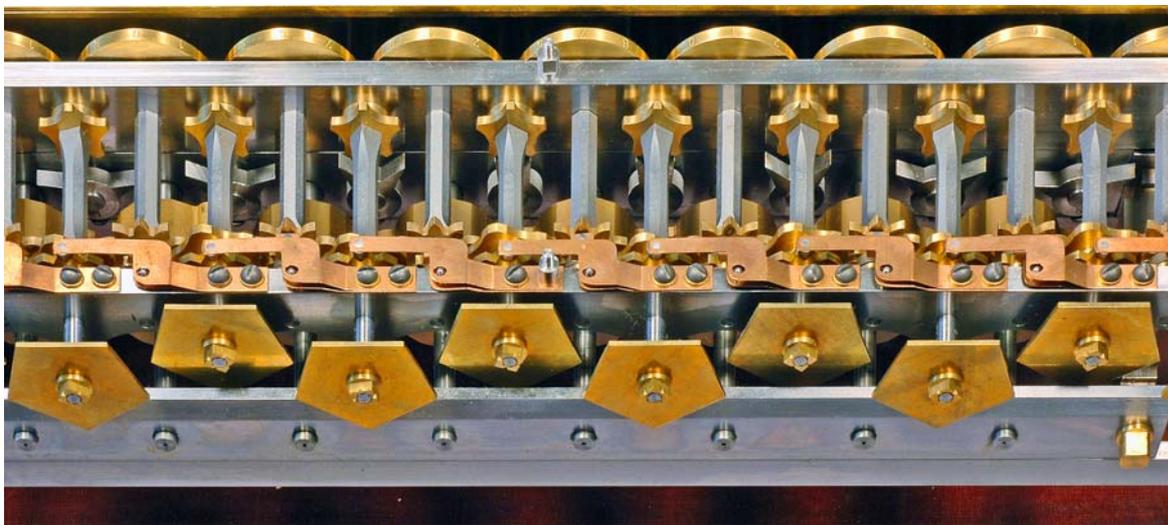
A. Burkhardt hatte bei seinen Restaurierungsarbeiten 1894/1896 eine Theorie verfolgt<sup>1</sup>, die offensichtlich auf einer falschen Grundannahme basierte. Danach hatte er die Maschine schließlich „justiert“, die Bewegungsfähigkeit zwar wieder hergestellt, aber nicht die volle Funktionsfähigkeit bezüglich der Überträge.

Genauere Studie an der Originalmaschine in Hannover und des „Restaurierungsprotokolls“<sup>1</sup> lassen Schlussfolgerungen zu, dass Leibniz gedanklich näher an der Lösung des Zehnerübertrages war als Burkhardt mit seiner „Theorie“.

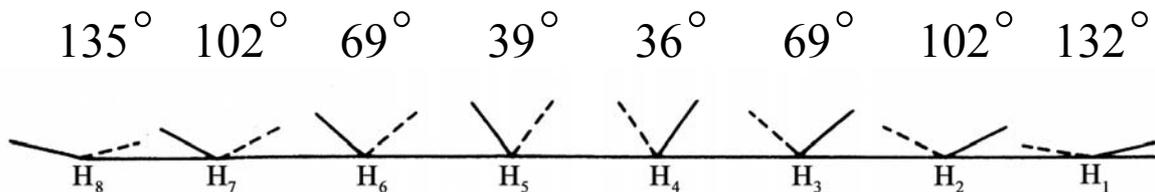
Unter Berücksichtigung all dieser Erkenntnisse wurde nach „Durchrechnen“ aller mechanischen Bewegungsabläufe von N. J. Lehmann für den Dresdner Nachbau der Leibniz'schen Rechenmaschine ein neuer Winkel für die maximale Staffelung der Antriebshebel gewählt.

Mit dieser Einstellung arbeitet der Dresdner Nachbau der Leibniz'schen Rechenmaschine bei allen vier arithmetischen Grundoperationen einwandfrei mit einer vollautomatischen Übertragsausführung über alle dafür vorgesehenen acht Dezimalstellen.

**Änderungen am Dresdner Nachbau gegenüber der restaurierten Originalmaschine:**  
**Neudimensionierung** der Spreizwinkel der Antriebshebel, der so genannten *Zweihörner*



**Teil des Zweihorns:** *durchgezogen:* für Addition, *gestrichelt:* für Subtraktion



**Nachbau der Leibniz-Rechenmaschine nach Plänen von N.J. Lehmann an der TU Dresden**

Mit Genehmigung der Niedersächsischen Landesbibliothek in Hannover wurde die Leibniz'sche Rechenmaschine unter der wissenschaftlichen Anleitung von N. J. Lehmann an der Fachrichtung Mathematik der Technischen Universität Dresden dreimal nachgebaut.

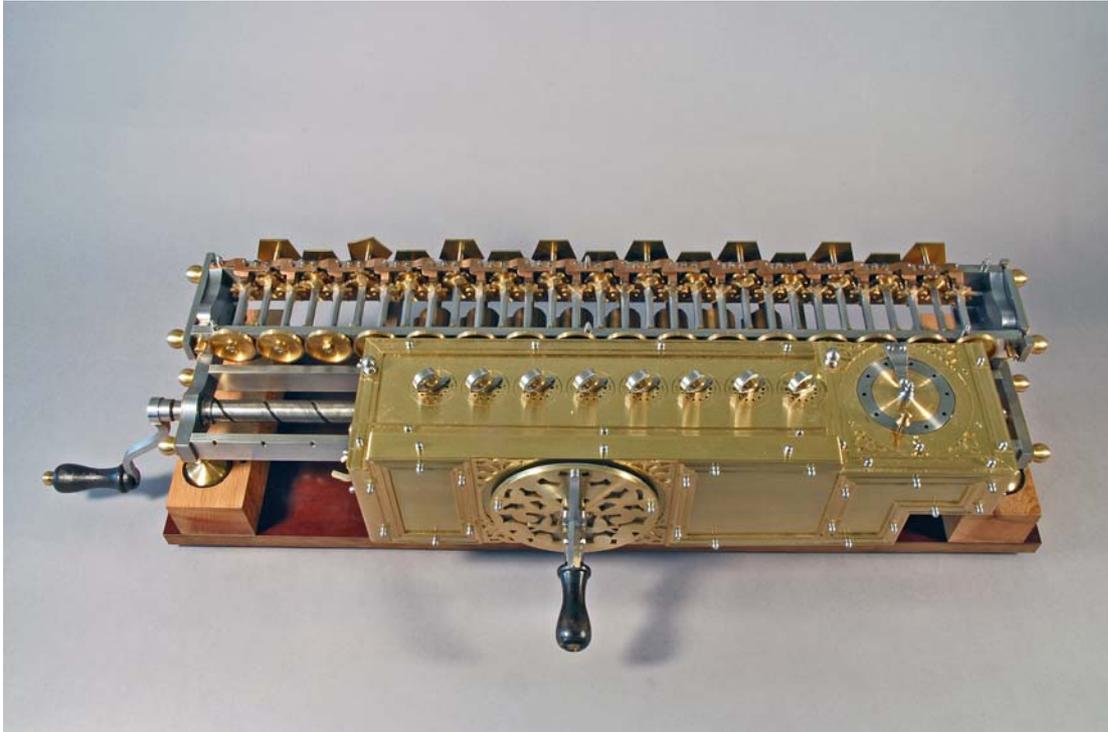


Bild Leibniz-Rechenmaschine - Dresdner Nachbau

1. Nachbau

Auftraggeber: Akademie der Wissenschaften der DDR  
Jahr der Fertigstellung: 1988  
Standort: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften  
Berlin

2. Nachbau

Auftraggeber: Museum für Verkehr und Technik Berlin  
Jahr der Fertigstellung: 1992  
Standort: Deutsches Technikmuseum Berlin

3. Nachbau

Auftraggeber: TU Dresden  
Jahr der Fertigstellung: 2001  
Standort: TU Dresden, Sammlungen "Historische Rechenmaschinen" Fachrichtung Mathematik  
(zeitweilig in: Technische Sammlungen der Stadt Dresden)

Jede der drei nachgebauten Maschinen ist voll funktionsfähig.  
Der Zehnerübertragsmechanismus wurde von Lehmann neu berechnet und dimensioniert.