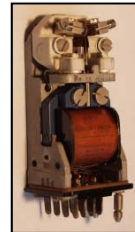


Die Oprema – der Relaisrechner des Zeisswerks Jena*

Jürgen F H Winkler*

Institut für Informatik

Friedrich–Schiller–Universität, Jena, 25. Okt. 2008



*kann auch als “Abtritts”vorlesung angesehen werden

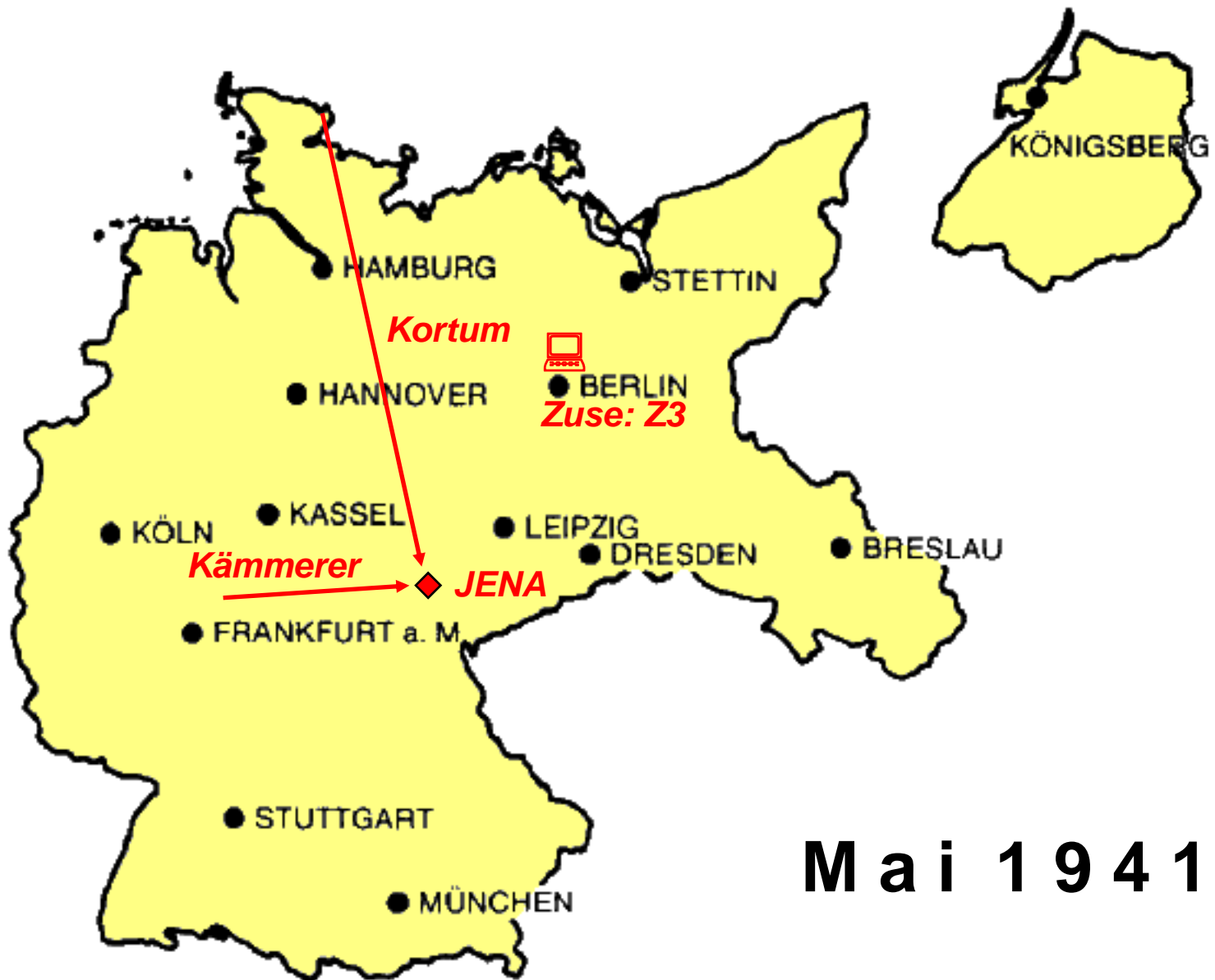
Die Oprema (Optik-Rechenmaschine)

- wurde 1954/55 im Zeisswerk Jena erdacht und gebaut
- kann als eine wesentliche technische Leistung angesehen werden
- gehört zu den bemerkenswerten Gegenständen der Technikgeschichte in Jena
- verdient mehr Aufmerksamkeit als bisher

- Der Weg zur Oprema
- Eigenschaften der Oprema
- Der Nutzen der Oprema

Der Weg zur Oprema

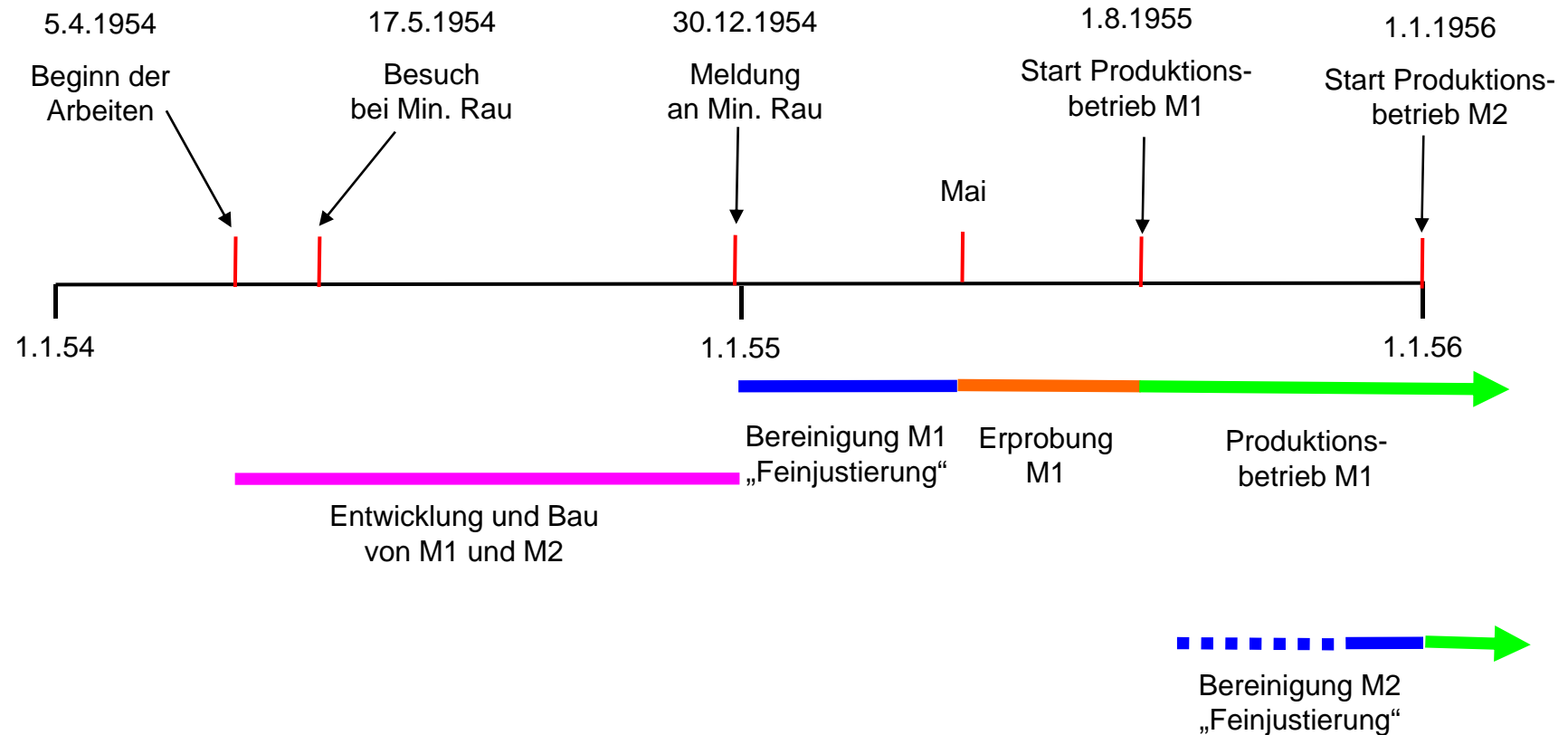
- 1905.07.23** Wilhelm Kämmerer geb. in Büdingen, Hessen
- 1907.09.15** Herbert Kortum geb. in Gelting bei Schleswig
- 1910.06.22 Konrad Zuse geb. in Berlin
- 1934** Kortum wechselt zu Zeiss; erste Aufgabe:
„Entwicklungsarbeiten an **Rechengernäten** für die
Feuerleitung unter Verwendung elektromecha-
nischer **Analogrechenglieder** und Servosysteme“
- 1941** Kämmerer tritt in die Zeiss-Werke ein;
wiss. Mitarbeiter in einem Konstruktionsbüro
- 1941.05.12 Zuse Berlin: Z3
Erster programmgesteuerter Digitalrechner
weltweit.

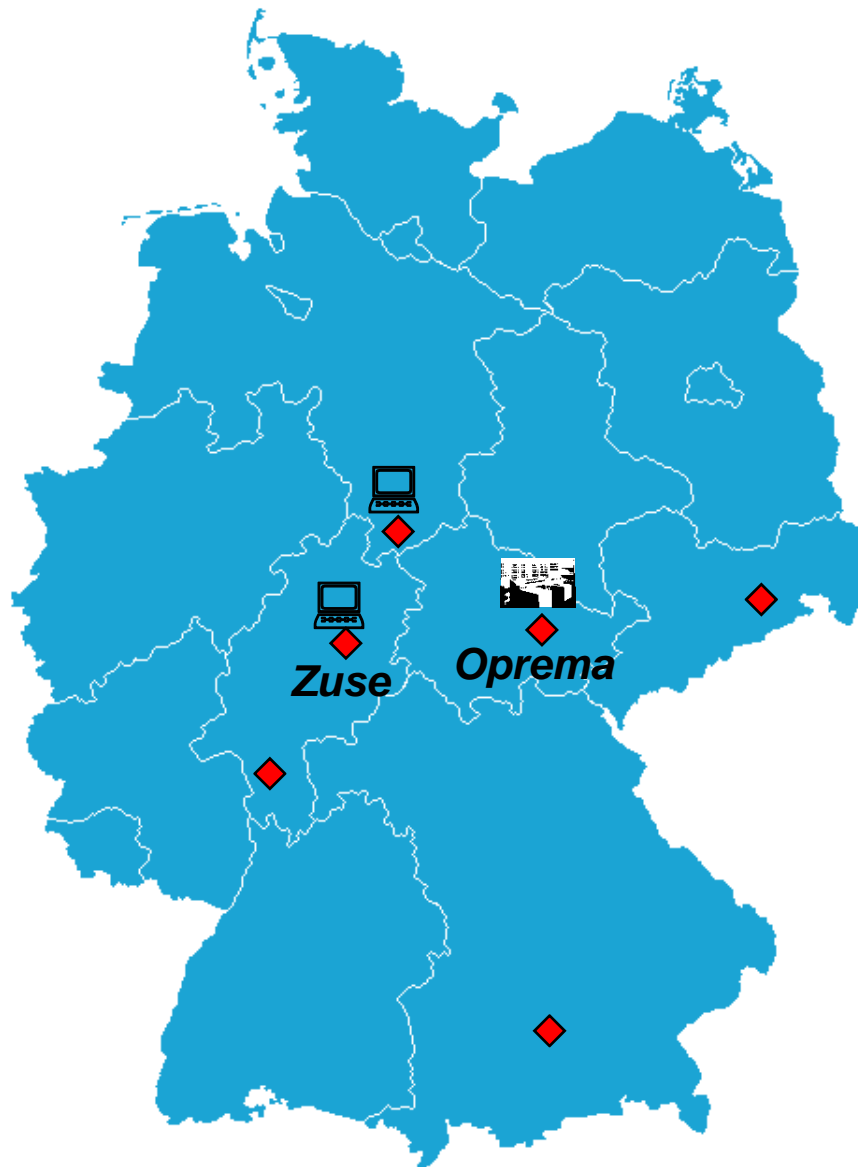


Der Weg zur Oprema

- 1946.08.17 Kortum erwähnt die Idee einer Optik-Rechenmaschine in einer Besprechung
- 1953.Nov Kämmerer und Kortum kehren aus der SU zurück
- 1954.05.17 Schrade und Kortum bei Min. Rau in Berlin**
Kortum thematisiert die Oprema: Hinweis Leitz/Z5 und Fa. Wild/Zürich-Z4 (Objektiv für Luftbildkamera);
Rau stellt spontan 1 Mio DM aus dem Rationalisatorenfond zur Verfügung
Kortum sagt Fertigstellung bis Ende 1954 zu
- 1954.12.30 Fertigstellung der Oprema wird an Min. Rau gemeldet**
- 1955.Mai Versuchsrechenbetrieb Maschine 1 beginnt**
- 1955.08.01 Produktionsrechenbetrieb Maschine 1 beginnt**
- 1956.01.01 Bereinigung von Maschine 2 abgeschlossen.
Maschine 2 in Betrieb genommen.

Entwicklung, Bau und Inbetriebnahme der Oprema





**1. August
1955**

Eigenschaften der Oprema

„Die Funktionsweise der Maschine ist außerordentlich kompliziert und sehr schwer zu erklären.“

[Thür. Landeszeitung 23. 03. 1956]

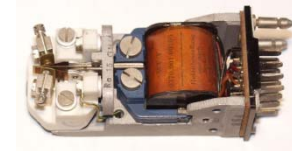
Eigenschaften der Oprema

Relaisrechner (16 626)

Programmierung über Stecktafel (ROM)

Zahleneingabe über Stecktafel (ROM)

Zahlenausgabe über elektrische Schreibmaschine

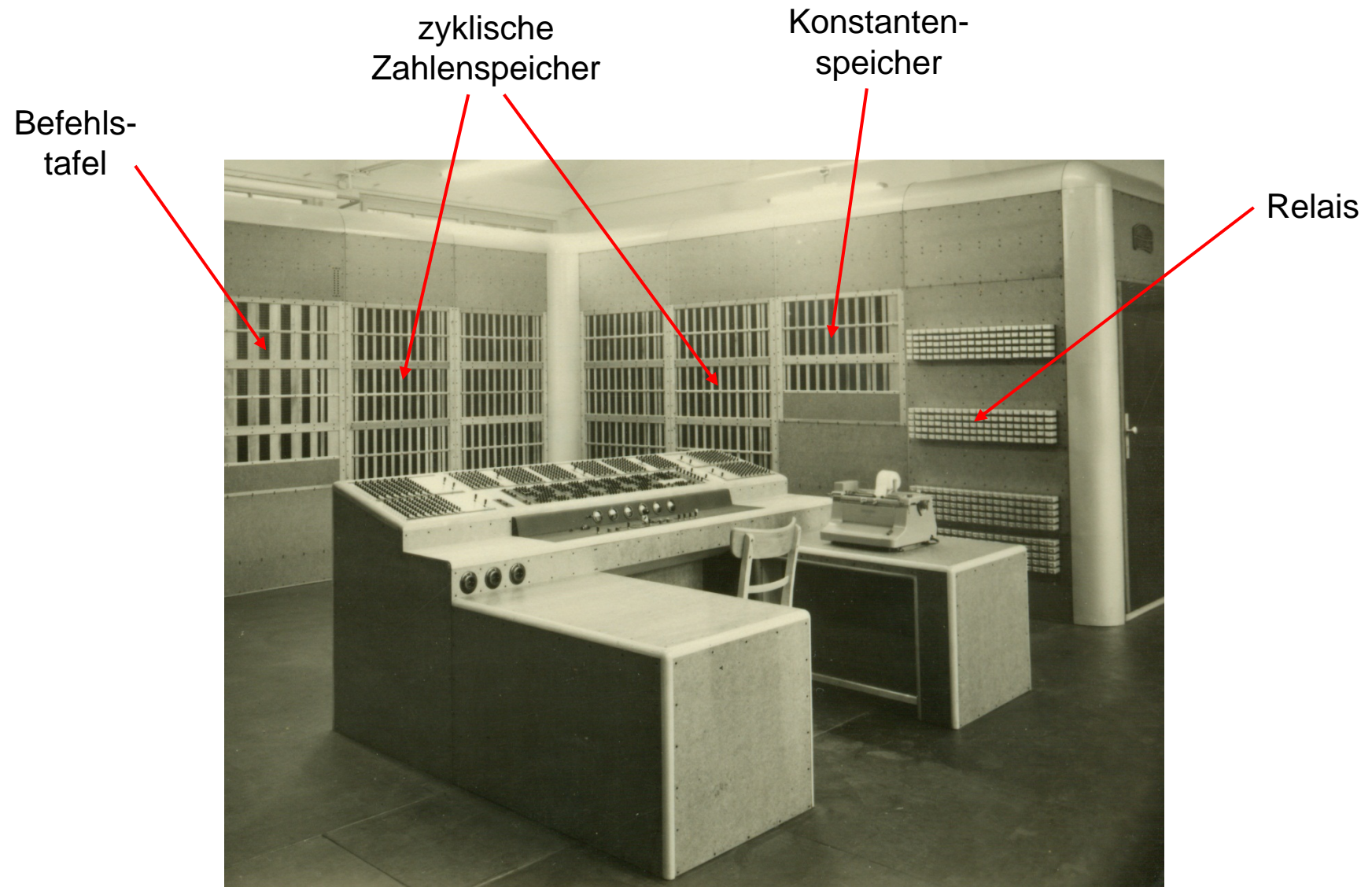


Interne Arbeitsweise

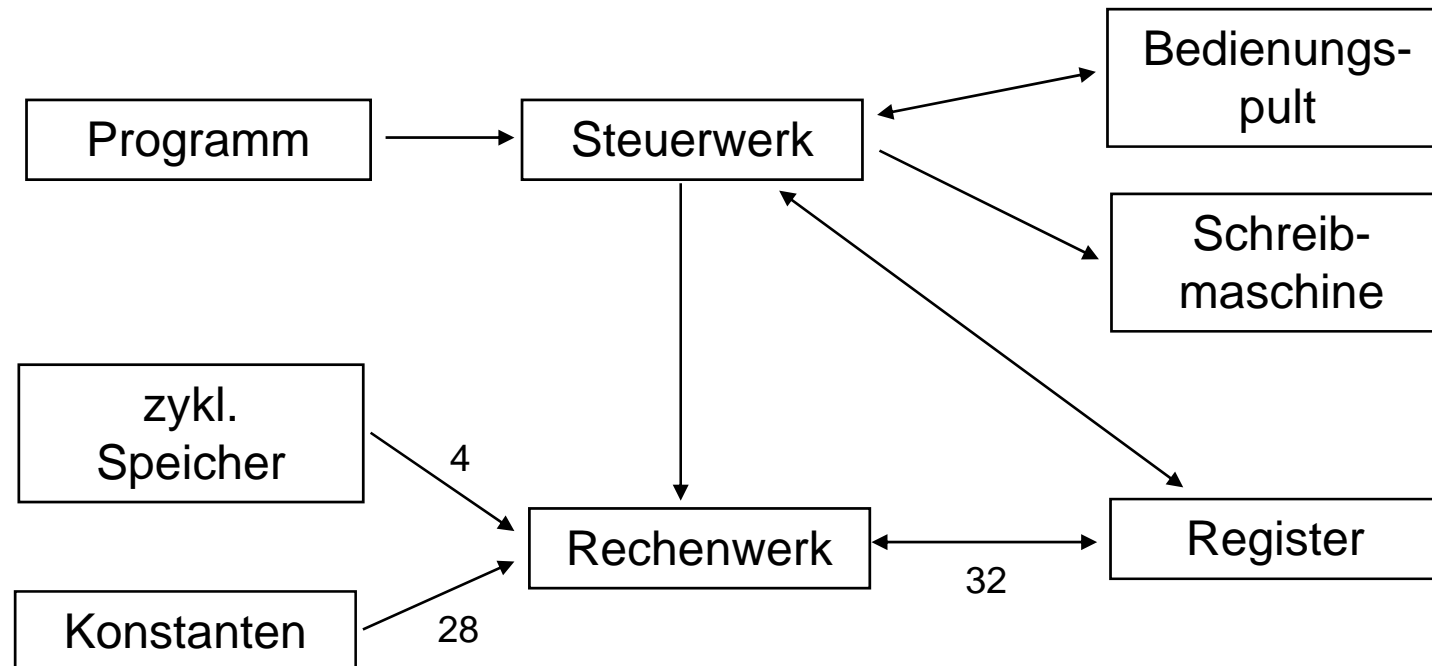
Addition als arithmetische Basisoperation (parallel)	120 ms
darauf aufbauend Multiplikation	800 ms
Division	800 ms
Quadratwurzel	1200 ms

Als Doppelrechner konzipiert (Zuverlässigkeit)

Maschine 1 erwies sich als so zuverlässig, dass der Doppelbetrieb nicht erforderlich war



Blockschaltbild der Oprema



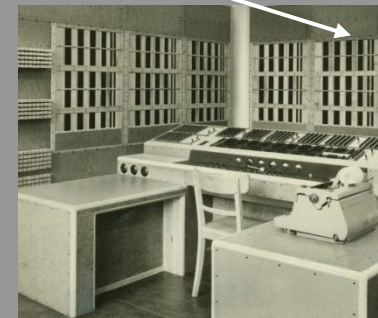
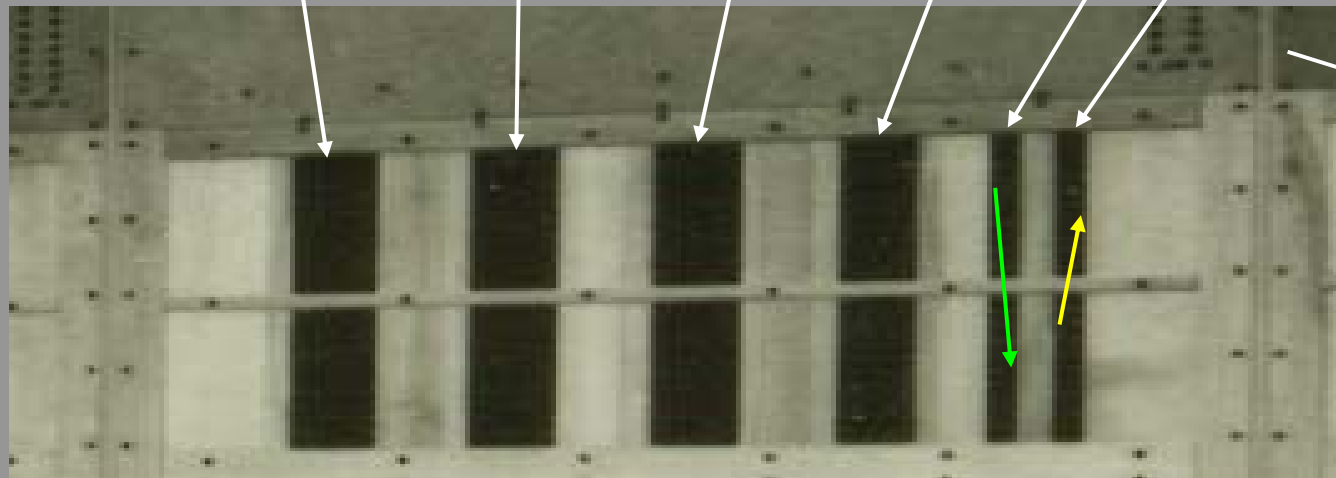
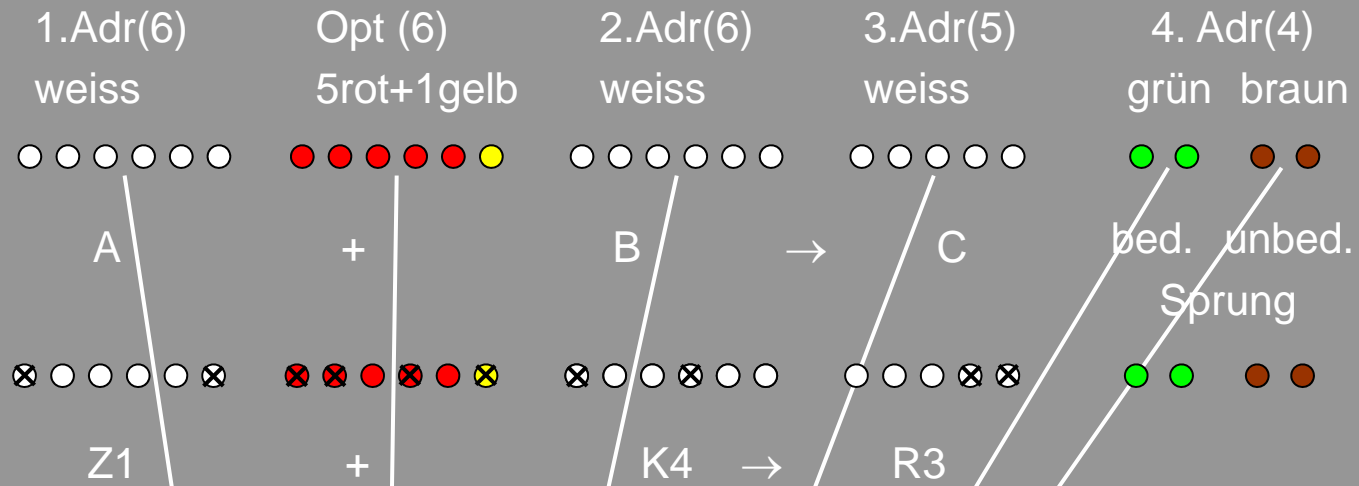
64 Leseadressen: 6 Bit (1. und 2. Adresse)

32 Schreibadressen: 5 Bit (3. Adresse)

Kapazität der Oprema

Programm:	max. 300 Befehle (6 Tafeln à 50) 1 Befehl = 27 Bit	8 100 Bit
Konstanten:	max. 28 Zahlen à 39 Bit	1 092 Bit
zykl. Speicher:	max. 320 Zahlen (4×2 Tafeln à 80) 1 Zahl = 41 Bit	13 120 Bit
Register:	32 Register à 39 Bit	1 248 Bit
	Zusammen	23 560 Bit 2 945 Byte ≈ 3 kB

Befehlsformat



Programmierung der Oprema

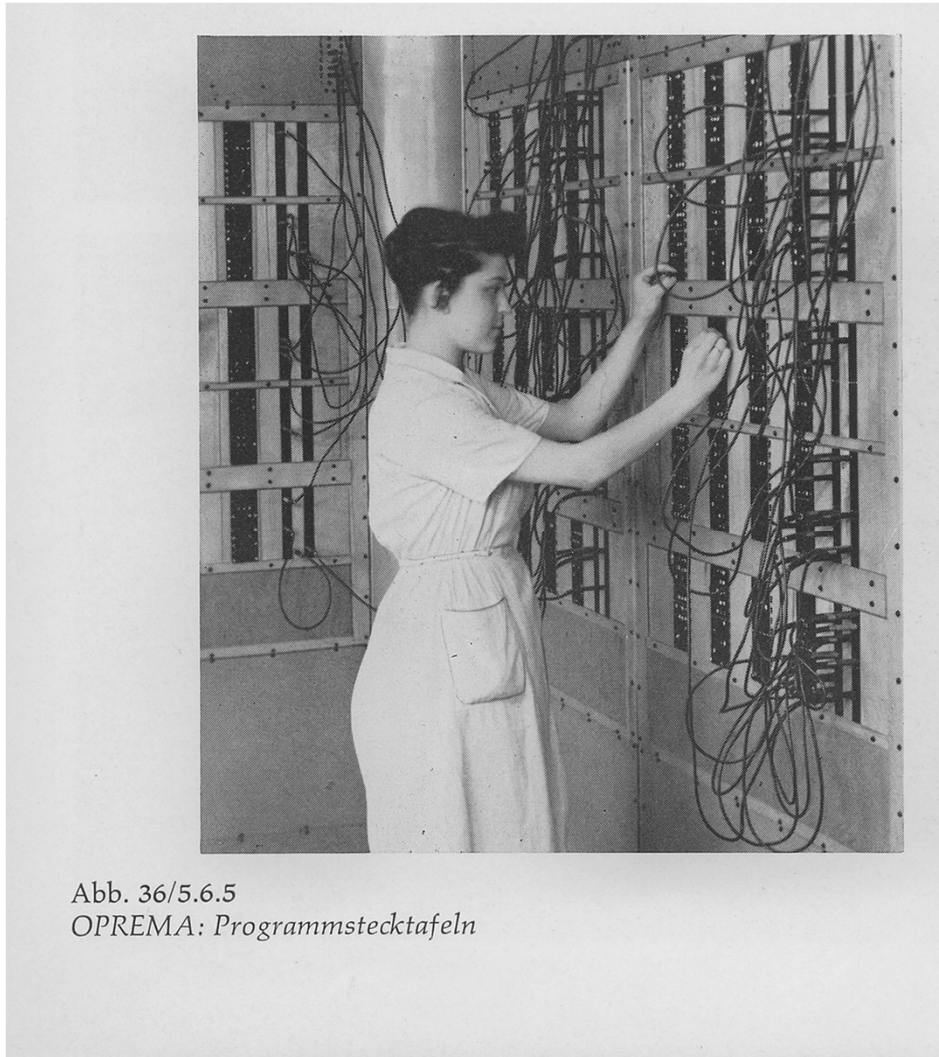


Abb. 36/5.6.5
OPREMA: Programmstecktafeln

Quelle: de Beauclair

Nutzen der Oprema

- Berechnungen sind eine der wesentlichen Grundlagen der Entwicklung optischer Systeme
- Bei der Entwicklung eines optischen Systems sind **sehr viele Berechnungen** erforderlich
- Rechenautomaten rechnen **schneller und richtiger als menschliche Rechner**

Informatik = Automatisierung
= Befreiung des Menschen von Routinearbeit

"Denn es ist ausgezeichnete Menschen unwürdig,
gleich Sklaven Stunden zu verlieren mit Berechnungen." G.W. Leibniz

"Denn es ist ausgezeichneten Menschen unwürdig,
gleich Sklaven Stunden zu verlieren mit Berechnungen." G.W. Leibniz



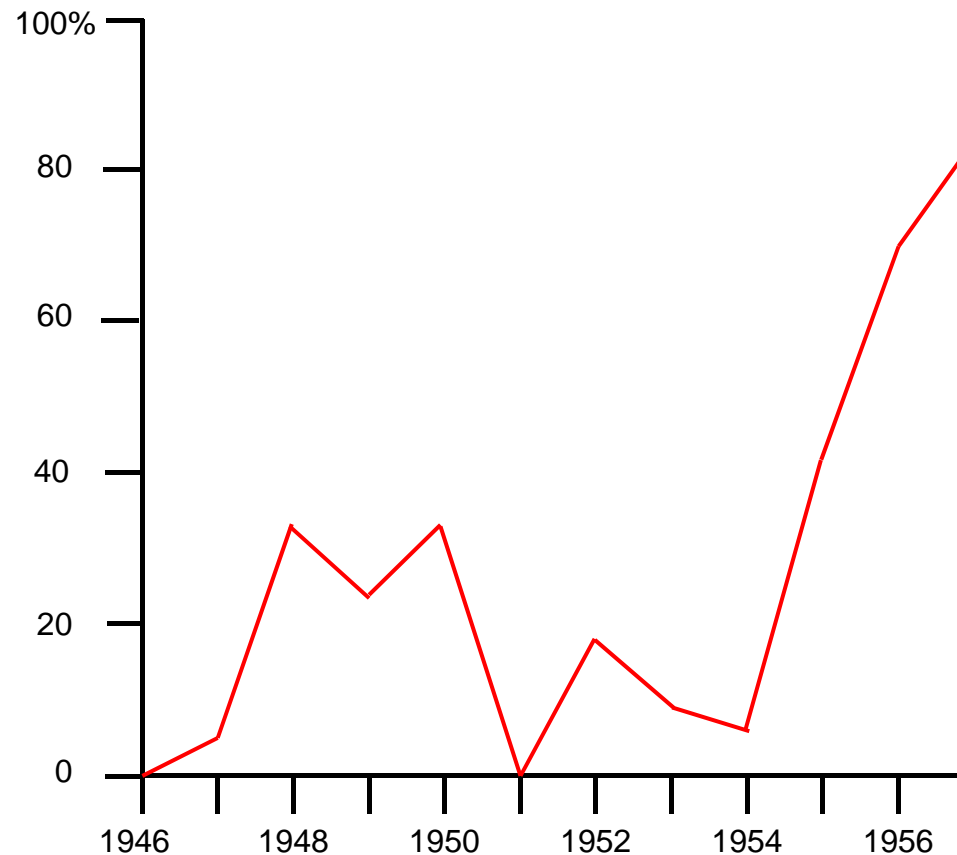
Fig. 1. The Computing Floor of the Mathematical Tables Project.

Photo courtesy of the National Archives and Records Administration

Nutzen der Oprema: Objektiventwicklung

Statistik von WOPho: Prozentanteil der fertigungsreifen Objektivmuster zur Gesamtzahl der angefertigten Muster 1946–57

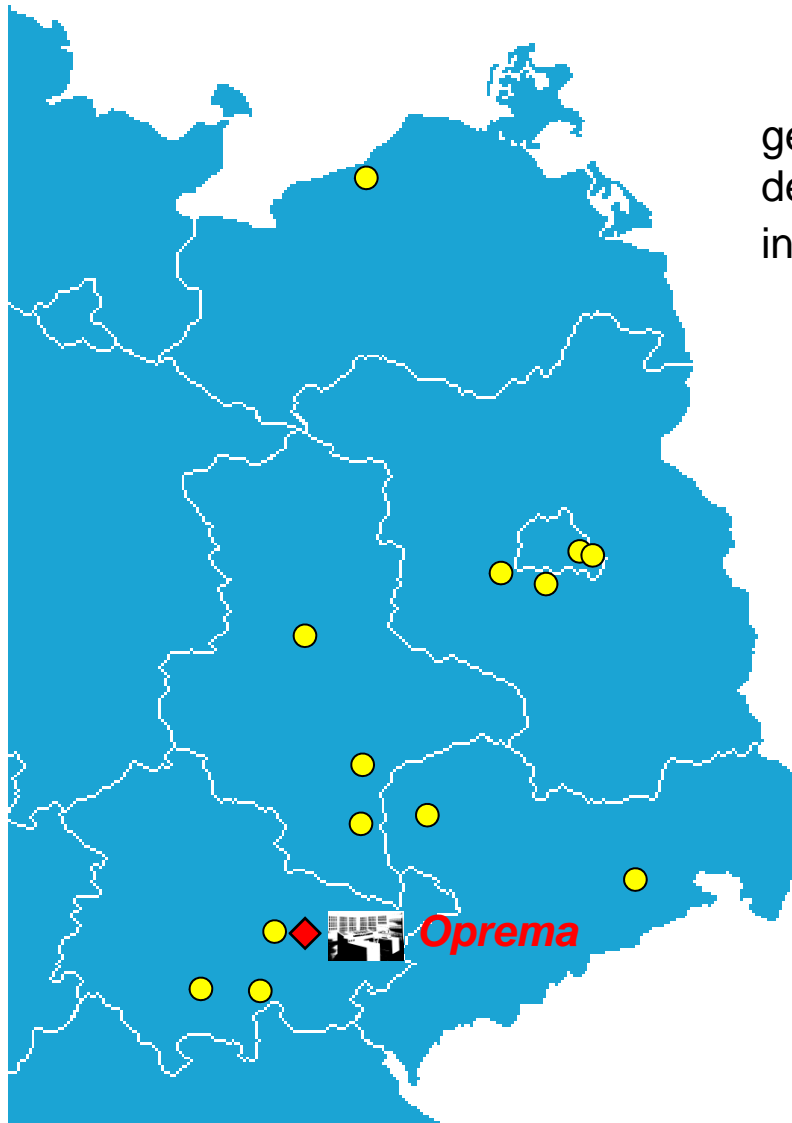
	V	F	%
1946	2	-	-
47	20	1	5
48	24	8	33
49	22	5	23
50	15	5	33
51	16	-	-
52	22	4	18
53	22	2	9
54	29	2	7
55	17	7	41
56	23	16	70
57	18	15	83



Quelle: Kortum 1958

Oprema

geografische Verteilung
der externen Auftraggeber
in den ersten 5 Jahren



Auslastung durch Carl Zeiss

	%
1956	95
1957	90
1958	77
1959	75

Nutzen der Oprema: Zuverlässigkeit

Experiment als Teil des Versuchsbetriebs 1955:

Vergleich menschliche Rechner (EBoTh) vs Oprema

- tabellarische Berechnung eines Polynoms 5. Grades
 - für **151** Abszissenwerte nach dem Hornerschema
 - **mit 8-stelliger Mercedes-Euklid-Rechenmaschine**
 - Koeffizienten durch einfache algebraische Beziehung zu ermitteln
 - Abszissenwerte durch alternierende geometrische Reihe zu berechnen
-
- 2 bewährte Rechner von EBoTh arbeiteten unabhängig
 - **sollten ihre Rechnung selbst überprüfen**

Polynomberechnung: quantitative Ergebnisse

	Oprema	1. Rechner	2. Rechner
a) Vorbereitungszeit	Programmbildung 10 Programmeingabe 20	100	100 min.
b) Rechenzeit	31	1100 Darin 80 min. Nach- rechnen von 15 selbstgefundenen Fehlstellen	790 Darin 30 min. Nach- rechnen von 15 selbstgefundenen Fehlstellen
c) Zahl der erst beim Abschlussvergleich gefundenen Fehler	0	19 im Mittel fast 10% unbeachtete Fehler	9
d) Zuschlag für Fehlersuche und Beseitigung (200% je Fehler)	0	266	90
e) Zeit für Schreibmaschinen- niederschrift und deren Kontrolle	–	90	90
f) Faktor der reinen Rechenzeiten einschl. Fehlersuche (b+d)	1	41	28

Polynomberechnung: Resümee

„Beachtenswert ist die Tatsache, daß im Mittel 10 % aller Werte [der menschlichen Rechner; JW] fehlerhaft blieben, obwohl der Gang der Werte eine gute Kontrollmöglichkeit bot.“

„Vergleich der Werte der Rechner mit den Werten der Oprema; falls beide von Oprema abweichen Überprüfung durch eine dritte Stelle:

=> die Oprema hat immer richtig gerechnet“

Quelle: Kämmerer 1956

=> Rechenautomaten rechnen schneller und besser / zuverlässiger

Das ist z.B. besonders wichtig bei Programmen zur Steuerung von Herzschrittmachern oder Flugzeugen

Die Entwicklung ging weiter

Die weitere Rechnerentwicklung verlief dann sehr rasant

Geschwindigkeit (Milliarden Befehle pro sec)

Speicherkapazität (500 GByte Platte im PC)

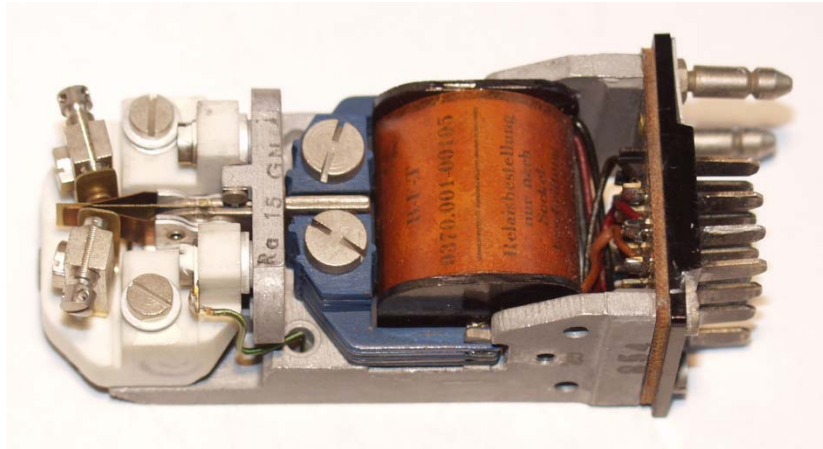
haben sich vervielfacht

Anlass zur Entwicklung eines neuen Faches

der Informatik

welche alle unsere Lebensbereiche in nützlicher Art durchdringt

Speicher damals und heute



Oprema Relais: **1 Bit**

$27.2 \times 38.0 \times 90.0 \text{ mm}^3 \approx 93.0 \text{ cm}^3$



USB-Stick: \approx **6.5×10^{10} Bit**

$9.4 \times 17.5 \times 64.2 \text{ mm}^3 \approx 10.6 \text{ cm}^3$

Für wertvolle Unterstützung bedanke ich mich bei

Dr. Eberhard Dietzsch

Dr. Georg Elsner

Prof. Dr. Johannes Jänike

Dr. Helga Kämmerer

Dr. Wolfgang Koch

Klaus Lösche

Dr. Mathias Richter

Manfred Tettweiler

Dr. Wolfgang Wimmer

Und bei Ihnen

bedanke ich mich

für Ihre Aufmerksamkeit

*Für weitere Hinweise
und Material zur Oprema
bin ich ebenfalls dankbar*