

Elektronische Rechenautomaten

Autor(en): **Speiser, Ambros P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **68 (1950)**

Heft 34

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-58067>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Elektronische Rechenautomaten

DK 518.5: 621.38

(Schluss von S. 444)

Von AMBROS P. SPEISER, Dipl. El.-Ing., wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Mathematik der ETH

VI. Elektrische Grundelemente

Im folgenden soll beschrieben werden, aus was für Grundelementen sich eine digitale Rechenmaschine aufbaut. Der wesentliche Begriff, der zuerst erläutert werden muss, ist der sogenannte Ja-Nein-Wert.

In Abschnitt 2 wurde dargelegt, dass eine digitale Maschine keine elektrischen Größen mit den verarbeiteten Zahlen in direkte Beziehung bringt. Insbesondere ist es also unnötig, kontinuierlich veränderliche Ströme oder Spannungen zu verwenden. Es erweist sich nun als praktisch und betriebssicher, in jedem Schaltelement überhaupt nur zwei Betriebszustände zuzulassen, also etwa für einen Schalter die Stellungen «ein» und «aus», für eine Röhre die Zustände «leitend» und «gesperrt», für eine Spannung die Eigenschaften «positiv» und «negativ». Solche Alternativen werden Ja-Nein-Werte genannt, weil sie, logisch betrachtet, nur eine Ja-Nein-Entscheidung ausdrücken, ohne irgendwelche weiteren qualitativen Angaben zu vermitteln.

Es taucht nun sofort die Frage auf, wie es denn möglich sei, Zahlen nur unter Verwendung von Ja-Nein-Werten darzustellen und zu verarbeiten. Wir wollen annehmen, die Werte seien durch elektromagnetische Relais repräsentiert; der angezogene Zustand dieser Relais möge den Wert «Ja» bedeuten, der abgefallene den Wert «Nein». Statt «Ja» und «Nein» können wir auch die symbolisch aufzufassenden Zeichen 1 und 0 verwenden, welche einfacher zu notieren sind. Um nun eine dezimale Ziffer, also 0, 1, 2, . . . 9, darzustellen, können zehn Relais vorgesehen werden, die mit diesen zehn Ziffern angeschrieben sind. Soll etwa die Ziffer 6 dargestellt werden, so verbringt man das Relais Nr. 6 in die 1-Stellung und belässt alle übrigen in der 0-Stellung. Im Falle mehrstelliger dezimaler Zahlen wird für jede Stelle eine Gruppe von zehn Relais vorgesehen.

In dieser Anordnung kann, wie ersichtlich, von zehn Relais jeweils nur ein einziges den Wert 1 zeigen, während alle übrigen in der 0-Stellung sind. Dies ist eine gewisse Verschwendung. Wenn man zulässt, dass gleichzeitig beliebig viele Relais 1 enthalten, so genügen zur Darstellung einer einzelnen Ziffer deren vier; mit vier Relais sind nämlich 16 Kombinationen möglich, welche nachfolgend aufgezeichnet sind:

0000	0100	1000	1100
0001	0101	1001	1101
0010	0110	1010	1110
0011	0111	1011	1111

Wir müssen nun lediglich beliebige 10 von diesen 16 möglichen Kombinationen den Ziffern von 0 bis 9 zuordnen. Sechs Kombinationen bleiben dann unbesetzt, was aber nichts schadet. — Zur Darstellung einer vielstelligen dezimalen Zahl sind also jetzt pro Stelle nur noch vier Relais nötig.

Weiterhin erhebt sich die Frage, wie mit Hilfe von Relais Rechenoperationen ausgeführt werden. Es lässt sich beweisen, dass unter Verwendung von drei sogenannten logischen Grundverknüpfungen alle Operationen durchgeführt werden können. Diese Verknüpfungen heissen «und», «oder» und «nicht», und lassen sich leicht durch Relais-Kontakte verwirklichen. Dies ist in Bild 6 gezeigt. Der erste Stromkreis ist dann und nur dann geschlossen, wenn Relais A und B geschlossen sind; im des Fall zweiten Stromkreises genügt es, dass C oder D geschlossen ist, um den Stromdurchgang freizugeben. (Es können auch beide Relais geschlossen sein, ohne dass die Situation geändert wird). Das Relais E endlich bewirkt eine sogenannte Negation; es handelt sich um einen Ruhekontakt, der dann geschlossen ist, wenn das Relais in der Ruhestellung ist, und der sich öffnet, wenn es angezogen wird.

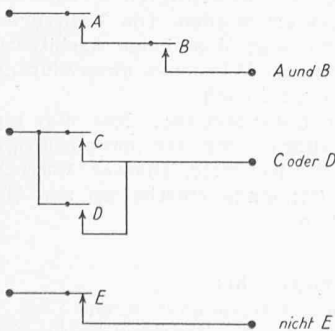


Bild 6. Verwirklichung der Grundverknüpfungen durch Relais-Kontakte

Es wird nun darauf verzichtet, den Aufbau etwa eines Rechenwerkes

aus solchen elementaren Gliedern zu beschreiben, doch sei wiederholt, dass mit ihnen wirklich jede Operation, die in einem Rechenautomaten vorkommt, ausgeführt werden kann.

Freilich ist bei der Verwendung elektromagnetischer Relais die Rechengeschwindigkeit begrenzt, da die Ansprechzeit eines Relais nicht wesentlich unter 1/100 Sekunde reduziert werden kann, falls dieses betriebssicher bleiben soll. Hier springt die Elektronik ein³⁾: Statt Relais können Elektronenröhren verwendet werden, was die Ansprechzeit etwa um einen Faktor 10 000 verkürzt. Erst dadurch wird es möglich, die in Abschnitt 3 erwähnten enormen Rechengeschwindigkeiten zu erzielen. Die Ja-Nein-Werte werden hier nicht mehr durch geöffnete oder geschlossene Schalter dargestellt, sondern durch zwei verschiedene Potentiale auf den elektrischen Leitungen; zum Beispiel kann ein Potential von -20 Volt den Wert 0 und ein solches von +1 Volt den Wert 1 bedeuten. Diese Spannungspegel sind deshalb gewählt, da sie, auf das Gitter einer Röhre mit geerdeter Kathode gegeben, den Anodenstrom zuverlässig blockieren bzw. fliessen lassen. Die Verknüpfung «und» kann nun etwa durch eine Pentode in einfachster Weise verwirklicht werden, was aus Bild 7 ersichtlich ist. Der Anodenstrom kann nur dann fließen, wenn beide Gitter A und B das dem Wert 1 zugeordnete positive Potential haben. Das entspricht genau der Definition dieser Verknüpfung. (Das zweite Gitter ist das sogenannte Schirmgitter und liegt an einer konstanten, positiven Spannung, welche für das richtige Funktionieren der Röhre nötig ist).

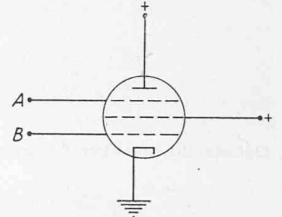


Bild 7. Verwirklichung der Verknüpfung «Und» mittels einer Pentode

In ähnlicher Weise werden die Verknüpfungen «oder» und «nicht» verwirklicht; es würde zu weit führen, alle zugehörigen Schaltungen hier im einzelnen zu besprechen.

Rechenwerk und Leitwerk eines Rechenautomaten bestehen aus Elementen der erwähnten Art; für den Speicher gilt dies aber nicht unbedingt. Zwar ist es auch möglich, mit Hilfe der beschriebenen Schaltungen Ja-Nein-Werte zu speichern; so lässt sich z. B. ein Relais mit Haltekontakt als Speicherzelle verwenden; ebenso lassen sich zwei Röhren kreuzweise so verbinden, dass sie zwei stabile Zustände besitzen und dadurch einen Ja-Nein-Wert speichern können. Es wurde aber eingangs erwähnt, dass es erwünscht ist, einen Speicher mit einer Kapazität

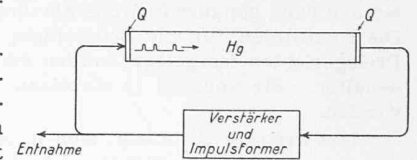


Bild 8. Ultraschall-Leitung. Bei Q befinden sich die Piezo-Quarze. Die in der Flüssigkeit sich fortpflanzenden Druckwellen sind angedeutet

³⁾ Der Ausdruck «Elektronik» wird erst seit relativ kurzer Zeit gebraucht; er umfasst alle Gebiete der Elektrotechnik, in denen freie Elektronen vorkommen. Nebst den üblichen, in der Hochfrequenz- und Nachrichtentechnik verwendeten Röhren fallen also auch Röntgenröhren, Quecksilberdampfrohren, Leuchtröhren und Ähnliches unter diesen Begriff.

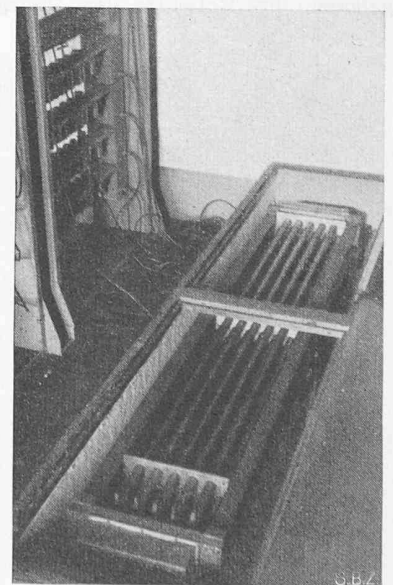


Bild 9. Ultraschall-Leitungen, in einer Batterie vereinigt

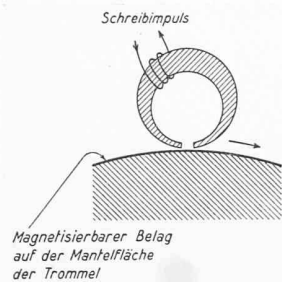


Bild 10. Magnetkopf für den magnetischen Speicher

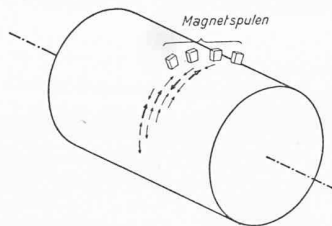


Bild 11. Anordnung der Magnetköpfe entlang der Trommel

von mindestens 1000 Zahlen zu haben. Wenn jede dieser Zahlen 12 Stellen besitzt, so sind dies 48000 Ja-Nein-Werte (da für jede dezimale Ziffer deren 4 nötig sind). Es ist völlig unmöglich, in einem Rechenautomaten Relais oder Röhren in dieser grossen Zahl zu verwenden. Man war daher gezwungen, nach andern Mitteln zur Speicherung Umschau zu halten. Bis heute haben vier von ihnen eine gewisse praktische Bedeutung erlangt; diese sollen nachfolgend kurz beschrieben werden.

a) Die *Ultraschall-Leitung*. Diese besteht aus einem Stahlrohr von beispielsweise 1 cm Durchmesser und 1 m Länge, welches mit einer Flüssigkeit, etwa Quecksilber, gefüllt ist. Das Rohr ist an beiden Enden mit einem Piezo-Quarz abgeschlossen (Bild 8). Ein solcher Quarz hat bekanntlich die Fähigkeit, elektrische Spannungen in mechanische Kräfte umzuwandeln und umgekehrt. An einen Quarz (links) werden die Ja-Nein-Werte in Form von Impulsen angelegt; dadurch werden sie dem Quecksilber als Druckschwankungen aufgezungen, welche sich nun mit der Schallgeschwindigkeit fortzupflanzen beginnen. Diese beträgt in Quecksilber etwa 1500 m pro s; es wird also 1/1500 s dauern, bis die eingegebenen Impulse am Ende angelangt sind und dort auf den zweiten Quarz auftreffen, der sie wieder in elektrische Spannungen umwandelt. Diese werden neu geformt, verstärkt und wieder am Anfang der Leitung eingegeben. Es ist klar, dass hierdurch eine Zirkulation entsteht, welche sich während unbegrenzter Zeit fortsetzt, wodurch eine einmal eingegebene Impulsfolge unverändert beibehalten wird. Wir haben somit einen vollwertigen Speicher vor uns; er kann Impulsfolgen von 1/1500 s oder 667 Mikrosekunden Dauer speichern. Folgen sich die Impulse in Abständen von beispielsweise 1 Mikrosekunde, so lassen sich also 667 Ja-Nein-Werte speichern; das Eintreffen eines Impulses bedeutet 1, das Ausbleiben bedeutet 0. Die Speicherung erfolgt unter Verwendung von nur etwa 10 oder 15 Vakuumröhren, welche den Verstärker bilden. Dieser Speicher ist also bedeutend sparsamer als die bisher beschriebenen Anordnungen.

Die gespeicherten Informationen sind während jedes Umlaufes nur ein einziges Mal verfügbar, nämlich dann, wenn sie den Verstärker durchlaufen; für die Dauer ihrer Fortpflanzung als Schallwellen ist der Zutritt zu ihnen nicht möglich. Soll dem Speicher etwas entnommen werden, so geschieht das an der Leitung, welche vom Verstärker zum Quarz führt, wie in Bild 8 angedeutet ist. Die in Abschnitt 4 definierte Suchzeit ist damit in ungünstigen Fällen gleich der vollen Umlaufzeit; denn es kann sein, dass sich eine Impulsgruppe in dem Moment, da sie benötigt wird, gerade am Anfang der Quecksilbersäule befindet und somit den ganzen Weg durchlaufen muss, bevor sie verfügbar ist.

Bild 9 zeigt die Ausführung solcher Leitungen. In einem Gehäuse befinden sich 16 Röhren dieser Art; ganz im Vordergrund erkennt man die kleinen Einfüllstutzen für die Flüssigkeit. Das Gehäuse ist normalerweise verschlossen und in seiner Temperatur reguliert. Links ist ein Teil der zugehörigen Verstärkerschaltungen nebst den abgeschirmten Zuleitungen ersichtlich.

b) Die *magnetische Trommel*. Darunter versteht man rotierende zylinderförmige Gebilde mit einer magnetisierbaren Oberfläche, wo die Ja-Nein-Werte in Form von magnetischen Dipolen durch einen Magnetkopf, der der Oberfläche sehr nahe kommt, aufgezeichnet werden. Ein Dipol in der einen Richtung bedeutet dabei eine 1, ein entgegengesetzter eine 0. Die Form des Magnetkopfes ist in Bild 10 gezeigt; es ist ersichtlich, dass die Dipole tangentielle Richtung haben müssen. Der

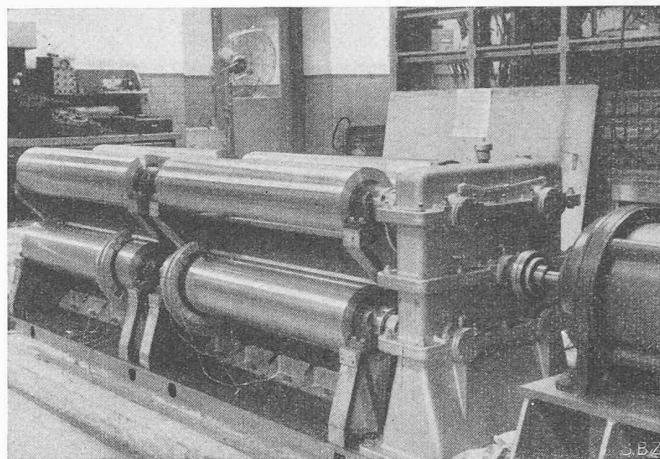


Bild 12. Aggregat mit 8 magnetischen Trommeln. Ihr Durchmesser beträgt 20 cm, ihre Länge 1 m

magnetische Belag (pulverisiertes Eisenoxyd oder metallisches Nickel) ist ausserordentlich dünn und kann keine wesentliche radiale Magnetisierungskomponente aufnehmen. Bild 11 veranschaulicht die Anordnung der Magnetköpfe auf der Trommel. Sie sind gestaffelt, damit die magnetisierten Bänder hinreichend nahe aneinandergebracht werden können. — Zur Ablesung benützt man den Umstand, dass der Dipol beim Passieren eines ebensolchen Magnetkopfes in dessen Wicklung eine Spannung induziert, deren Vorzeichen von der Richtung des Dipols abhängt. Diese Spannung kann verstärkt und weiter verwendet werden. Mit diesem Verfahren können pro cm² Trommeloberfläche 100 oder mehr Ja-Nein-Werte aufgezeichnet werden; es ist daher ein Leichtes, einen Speicher für 5000 Zahlen (250 000 Ja-Nein-Werte) herzustellen. Elektronenröhren werden überhaupt nur für die Magnetisierung und für die Ablesung gebraucht, nicht aber für die Speicherung selbst.

Ein bedeutender Nachteil dieses Speichers ist die lange Suchzeit; die Ablesung kann erst erfolgen, wenn die gesuchten Dipole am Magnetkopf vorbeikommen. Da nun die Trommel nicht wesentlich schneller als etwa mit 100 Umdrehungen pro Sekunde rotieren kann, beträgt die Suchzeit bis zu 1/100 s. Man sucht dem gelegentlich abzuhelfen, indem man entlang eines und desselben Umfangs mehrere Magnetköpfe anbringt, doch ist dies mit vielerlei Nachteilen verbunden.

Dagegen weisen die magnetischen Trommeln den enormen Vorteil auf, dass die Speicherung unabhängig von der Stromzuführung erhalten bleibt. Eine Maschine kann also nach Arbeitsschluss oder bei der Ausführung von Reparaturen vollständig ausgeschaltet werden, ohne dass die gespeicherten Zwischenergebnisse verloren gehen. Dies ist bei den Ultraschall-Leitungen nicht der Fall: Diese werden gelöscht, wenn die Stromzufuhr nur für einen Sekundenbruchteil unterbleibt.

Bild 12 zeigt einen Speicher mit acht Trommeln, welche unter Zwischenschaltung eines Getriebes durch einen Elektromotor mit einer Umdrehungszahl von 7200 pro Minute angetrieben werden. Die in den rotierenden Trommeln, welche aus massivem Aluminium bestehen, aufgespeicherte kinetische Energie ist enorm; um die Anlaufzeit auf ein vernünftiges Mass zu reduzieren, ist ein Motor mit der hohen Leistung von 15 PS vorgesehen. Jede dieser Trommeln ist von etwa 500 Magnetköpfen umgeben; im Bild sind diese entfernt, doch sind unten zwei der gusseisernen Bügel zu ihrer Montage sichtbar. — Es sei nochmals betont, dass die Köpfe die Trommeln nicht berühren, sondern lediglich diesen sehr nahe kommen. Der Motor muss also nur die Luftreibung überwinden und die Verluste in Getriebe und Lagern decken.

c) Das *Selectron*. Hiermit wird eine von der Radio Corporation of America entwickelte Vakuumröhre bezeichnet, in welcher für jeden zu speichernden Ja-Nein-Wert eine besondere Zelle in Form einer Art Metall-Perle vorgesehen ist. Diese Perle kann zwei verschiedene stabile Potentiale annehmen, welche durch gewisse Sekundäremissions-Eigenschaften bestimmt sind. Eine Röhre enthält etwa 250 solcher Zellen. Durch Anwendung eines geeigneten Verfahrens kann das Potential einer beliebigen Perle in kurzer Zeit festgestellt, d. h. abgelesen, und im Bedarfsfall auch geändert werden. Die

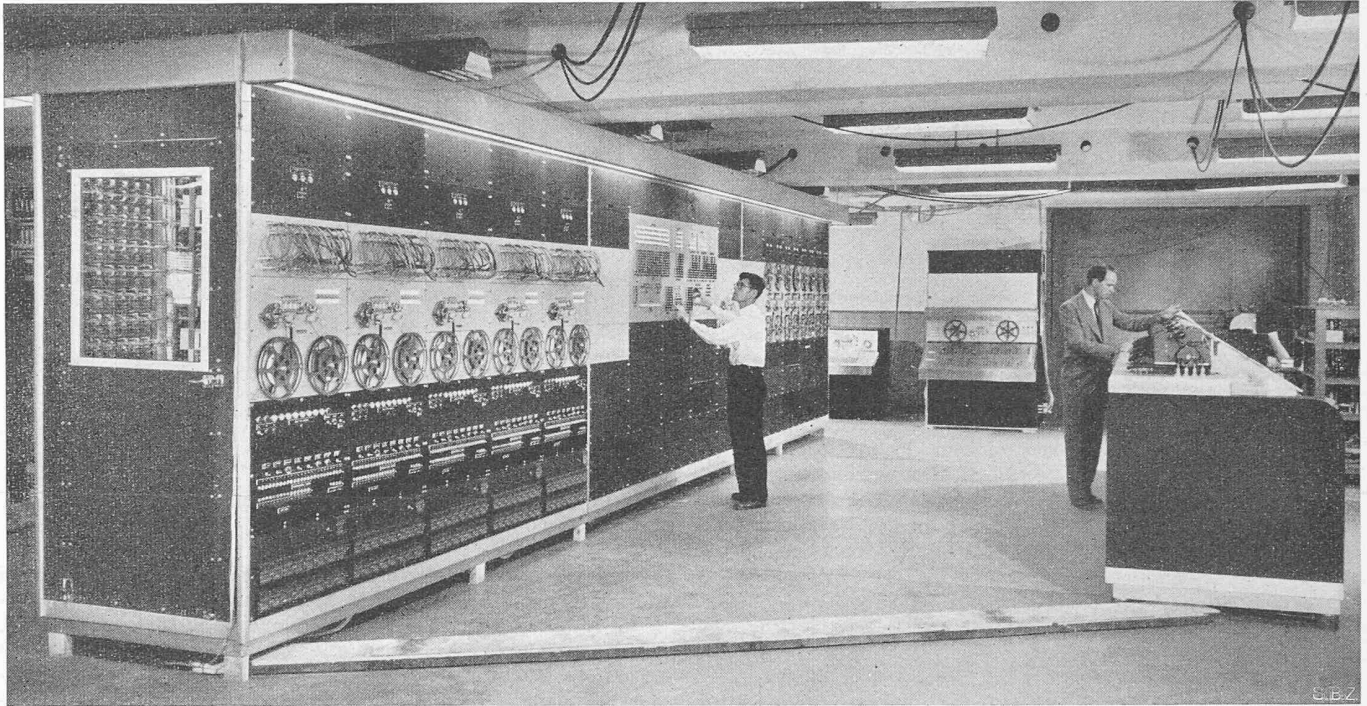


Bild 13. Mark III Calculator. An der Frontplatte der Verfasser

Suchzeit ist sehr kurz; sie beträgt nur wenige Mikrosekunden. — Dieser Speicher ist teuer und erfordert bedeutende schaltungstechnische Erfahrung, wenn er betriebssicher arbeiten soll.

d) Die Kathodenstrahlröhre. Denkt man sich die Perlen des Selectrons zu einer einzigen homogenen Schicht verschmolzen, so gelangt man zur gewöhnlichen Kathodenstrahl-(Fernseh-)Röhre, deren Leuchtschirm ebenfalls als Speicher Verwendung finden kann. Das Verfahren, das auf der Tatsache beruht, dass die Ladungen auf dem isolierenden Leuchtschirm einige Zeit erhalten bleiben, soll hier nicht näher beschrieben werden. Auf dem Leuchtschirm lassen sich etwa 1000 Ja-Nein-Werte speichern. Um einen solchen Wert abzulesen, genügt es, den Kathodenstrahl an die betreffende Stelle hinzulenken; die Suchzeit ist daher ausserordentlich kurz. Es scheint, dass dieser Speicher für die Zukunft von erheblicher Bedeutung ist.

VII. Mark III Calculator

Unter den vielen Rechenautomaten, die heute im Betrieb oder im Bau sind, soll nun einer herausgegriffen und in ganz groben Zügen beschrieben werden. Es handelt sich um den Mark III Calculator, der zu Anfang dieses Jahres von Prof. H. H. Aiken am Computation Laboratory der Harvard University, Cambridge (USA) fertiggestellt worden ist.

Bild 13 zeigt die Gesamtansicht. Links ist die eigentliche Maschine zu erkennen. Befehle und Zahlen werden mit Hilfe magnetisierter Streifen eingegeben: diese werden auf dem sogenannten Planwerk (im Hintergrund) vorbereitet, das von der eigentlichen Maschine unabhängig ist. Die Maschine registriert ihre Resultate ebenfalls auf solche Streifen. Es sind insgesamt 14 Spulenpaare vorhanden, die die Streifen zur Ablesung und Registrierung enthalten. Bild 14 zeigt die Einzelheiten einer Ablese- oder Schreib-Apparatur für solche Bänder. Die gut sichtbaren vier Magnetköpfe sind ebenfalls nach dem Prinzip von Bild 10 gebaut.

Zur Niederschrift in Tabellenform werden die Resultatstreifen nochmals abgelesen und dem Druckwerk (rechts in Bild 13) zugeführt; dieses enthält insgesamt fünf automatische Schreibmaschinen und ist dementsprechend in der Lage, bis zu 50 Ziffern pro Sekunde zu drucken.

Die Maschine enthält 4500 Elektronenröhren und etwa 2000 Relais. Eine Addition dauert 4 Millisekunden, eine Multiplikation 12 Millisekunden. Die Speicherung der Zahlen erfolgt auf magnetischen Trommeln; das in Bild 12 gezeigte Aggregat gehört zu dieser Maschine. Befehle und Zahlen werden getrennt gespeichert; es werden bis zu 4000 16-stel-

lige Zahlen und 4000 Befehle aufgenommen. Bei Bedarf kann eine Rechengenauigkeit von 32 Stellen zur Verwendung gelangen, indem jeweils zwei 16-stellige Speicherzellen gewissermassen zusammengekuppelt werden.

Neben Addition und Multiplikation rechnet die Maschine auf einen einzigen Befehl hin die folgenden Funktionen automatisch aus, wenn das Argument x gegeben ist: $1/x$; $1/\sqrt{x}$; 10^x ; $\log x$; $\cos x$; $\arctg x$.

Von Interesse ist die in der Mitte der Maschine sichtbare Frontplatte; Bild 15 zeigt davon eine vergrösserte Ansicht. Normalerweise werden, wie erwähnt, alle Befehle und Zahlen durch Streifen zugeführt. Im Falle eines Defektes ist es jedoch wünschenswert, auf direktem Wege Befehle einzugeben und Aufschluss über den Betriebszustand der Maschine zu erhalten. Die Frontplatte ermöglicht es nun, manuell den Inhalt einer beliebigen Speicherzelle auf das Feld der Signallampen zu geben und sie dadurch abzulesen; ferner ist es möglich, zu Kontrollzwecken beliebige Zahlen einzugeben und mit ihnen Operationen auszuführen. Schliesslich kann man im Verlaufe einer normalen Rechnung stets Aufschluss erhalten, wie weit der Rechenprozess fortgeschritten ist und wie die Zwischenresultate lauten. — Die sorgfältige Durcharbeitung dieser Frontplatte erhöht die Flexibilität und Nützlichkeit der Maschine ganz bedeutend.

Die erwähnten 4500 Vakuumröhren sind auf etwa 100 einzelne Chassis verteilt. Bild 16 zeigt ein solches Chassis.

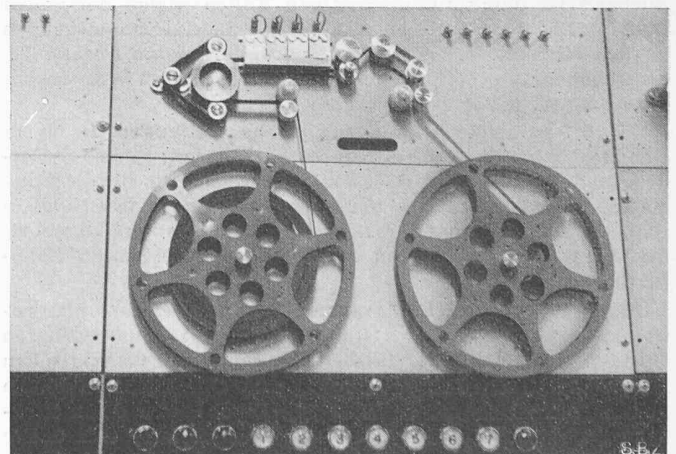


Bild 14. Ablese- und Schreibwerk für Tonbänder

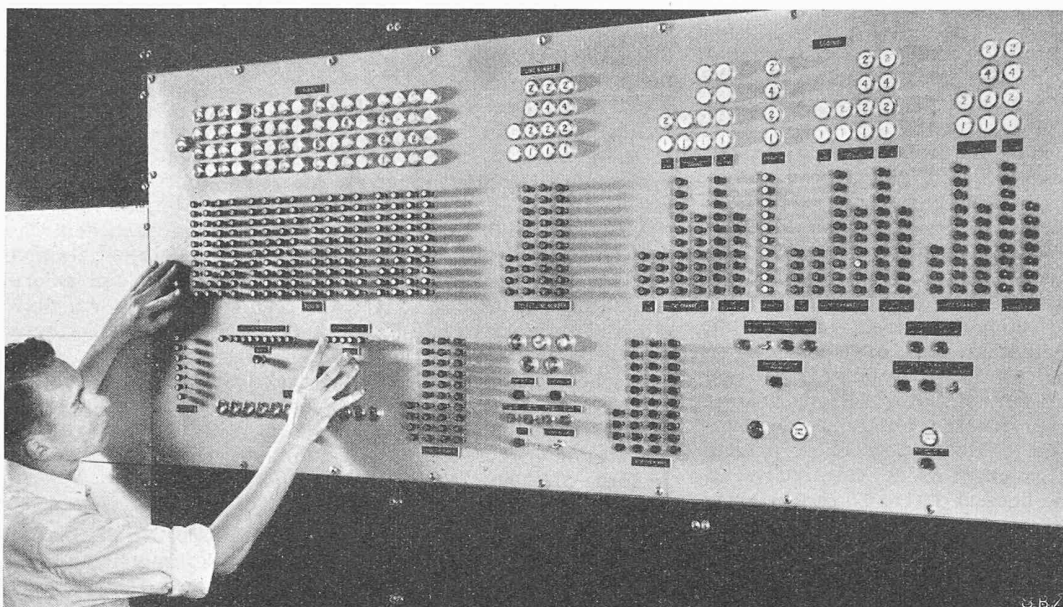


Bild 15. Frontplatte von Mark III Calculator

Die zylindrischen Becher sind auswechselbare Behälter für Widerstände und Kondensatoren; dazwischen sind einige der Röhren (es handelt sich um sogenannte Miniaturröhren) sichtbar. Die rund 80 Stecker zum Anschluss der abgeschirmten Zuführungskabel sind deutlich zu erkennen. Diese ermöglichen ein einfaches Auswechseln der Chassis

Die Herstellungskosten dieser Maschine betragen etwa 500 000 Dollar.

VIII. Allgemeine Bedeutung von Rechenautomaten

Nachdem in den vorhergehenden Kapiteln die technische Seite der Rechenautomaten beschrieben worden ist, soll nun noch kurz von ihrem mutmasslichen Einfluss auf die Entwicklung von Industrie und Wissenschaft die Rede sein. Es wird vielfach, besonders in populären Artikeln, die Ansicht vertreten, dass Rechenautomaten kulturell und wirtschaftlich eine immer grössere Rolle spielen werden; dass sie mehr und mehr menschliche Arbeitskraft werden ersetzen können; dass ganze automatengesteuerte Fabrikbetriebe auftauchen werden, die Tag und Nacht ohne menschliche Mithilfe betrieben und geleitet werden, und dass schliesslich auch politische und ökonomische Probleme mit Automaten gelöst werden. Solche Voraussagen sind zweifellos übertrieben. Gewiss werden Rechenautomaten in Gebiete Eingang finden, die man heute noch nicht vermutet oder voraussieht; doch liegt ihre Nützlichkeit in erster Linie in Problemen, die aus dem Gebiete der Mathematik oder Physik stammen. Immerhin ist es möglich, dass Fabrikationsprozesse von solchen Automaten gesteuert werden: so könnte z. B. die Fortführung oder der Abbruch eines

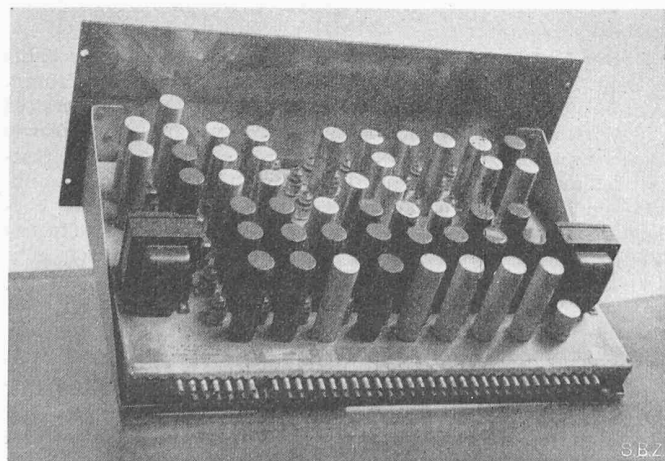


Bild 16. Chassis mit Elektronenröhren und Behältern für die Widerstände und Kondensatoren

chemischen Prozesses von einem Kriterium abhängig sein, welches die Temperatur an verschiedenen Stellen, den Druck und den pH-Wert des Fabrikationsgutes enthält; und die Funktion dieser Variablen kann so kompliziert sein, dass nur ein Rechenautomat sie hinreichend schnell berechnen kann.

Immer wieder wird auch die Aehnlichkeit von Rechenautomaten mit dem menschlichen Zentralnervensystem betont; ja, viele populäre Autoren gehen so weit, die Automaten als «Hirn» zu bezeichnen. Tatsächlich bestehen denn auch bedeutsame Analogien. Die Nervenzellen sind ebenfalls eine Art Ja-Nein-Elemente, d. h. Geräte, deren Zu- und Weg-

leitungen nur zwei wesentlich verschiedene Betriebszustände annehmen können. Ferner finden wir im Gedächtnis (d. h. in unserer Fähigkeit, Tatsachen zu memorieren) eine vollkommenes Analogon zum Speicher. Diese Aehnlichkeiten sind aber rein äusserlich, und das Zentralnervensystem hat dem Automaten eine Anzahl prinzipieller Eigenschaften voraus, welche sich in die beiden Begriffe «Entschlusskraft» und «Phantasie» zusammenfassen lassen. Es ist schwer zu sagen, welcher Tatsache oder welchem Bauelement das menschliche Hirn diesen immensen Vorsprung zu verdanken hat; vielleicht befinden sich irgendwo doch noch andere Zonen als solche, die nur durch elementare Aneinanderreihung von Ja-Nein-Zellen entstehen; vielleicht aber ist es nur der Grössenunterschied (der immerhin mindestens einen Faktor 10^6 ausmacht), welcher für das verschiedene Verhalten verantwortlich zu machen ist.

IX. Die schweizerischen Verhältnisse

Es ist klar, dass sich die Schweiz angesichts solcher Entwicklungen nicht untätig verhalten kann. Allerdings wäre es wegen der hohen Kosten nicht möglich, an mehreren Orten (z. B. in Industriebetrieben) grosse Rechenautomaten in Betrieb zu nehmen. Dazu besteht aber auch gar keine Notwendigkeit, da die Gesamtzahl der anfallenden Probleme zu klein wäre, um diese Automaten voll zu beschäftigen. Vielmehr kann an einer einzigen, zentralen Stelle eine Rechenmaschine betrieben werden, welche allen interessierten Kreisen zur Verwendung offen steht. Diese Stelle hat einen entsprechend geschulten Stab von Mathematikern zur Verfügung, der den Interessenten die Vorbereitung der Probleme, welche einige Erfahrung erfordert, abnimmt.

Das im Jahre 1948 gegründete Institut für angewandte Mathematik an der ETH, welches unter der Leitung von Professor Dr. E. Stiefel steht, hat im Juli dieses Jahres einen Rechenautomaten in Betrieb genommen, der mit 2200 Relais arbeitet und eine Multiplikationszeit von 2,5 s aufweist. Dieser Automat dient in erster Linie dem Institut für Forschung auf dem Gebiete des Maschinenrechnens; er soll dem Personal ermöglichen, Erfahrungen für den eventuellen späteren Betrieb einer noch leistungsfähigeren Anlage zu sammeln. Ausserdem kann er aber auch der Industrie für Berechnungen zur Verfügung gestellt werden. — Bereits sind einige Probleme erfolgreich behandelt worden, und eine ganze Anzahl weiterer Aufgaben harret der Erledigung.

Interessierte finden eine vollständige wissenschaftliche Abhandlung über programmgesteuerte Rechenmaschinen in dem demnächst in der «Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik» erscheinenden Aufsatz «Programmgesteuerte digitale Rechengeräte» von H. Rutishauser, A. Speiser und E. Stiefel.