Zeitschrift: ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift

Herausgeber: Schweizerische Offiziersgesellschaft

Band: 122 (1956)

Heft: 11

Artikel: Rechenautomaten im Dienste der Kriegstechnik

Autor: Stiefel, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-26519

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Rechenautomaten im Dienste der Kriegstechnik

Von Professor Dr. E. Stiefel

Nach dem von der Generalversammlung 1956 der Schweizerischen Kriegstechnischen Gesellschaft am 20. April 1956 in Bern gehaltenen Vortrag.

I. Allgemeines über Rechengeräte

Verschiedene physikalische Einrichtungen können dem Menschen das Rechnen im Kopf oder mit Bleistift und Papier abnehmen. Bei einem Rechenschieber zum Beispiel werden Zahlen durch Längen im logarithmischen Maßstab dargestellt, die durch Zusammenfügen mathematische Multiplikationen ergeben. Elektrische Geräte stellen Zahlgrößen durch Spannungen oder Stromstärken dar. Allgemein verstehen wir unter einem *Analogie-Gerät* ein solches, das Zahlen durch physikalische Größen darstellt wie in den genannten Beispielen und zum Rechnen eben physikalische Gesetze benutzt, die sich mathematisch durch einfache arithmetische Operationen ausdrücken.

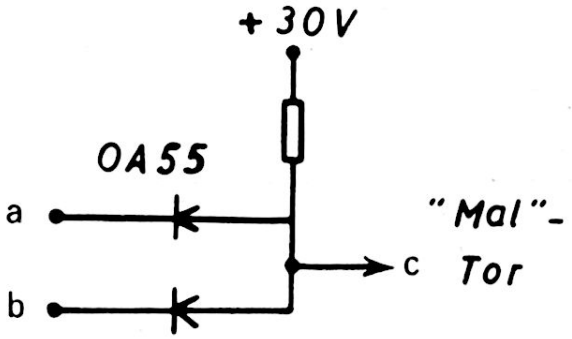
Demgegenüber benutzt eine Tischrechenmaschine die dezimale Darstellung einer Zahl, wobei die Ziffern von 0–9 durch Stellungen von Zahnrädern oder Staffelwalzen repräsentiert sind. Im Gegensatz zu Analogie-Geräten spricht man von *digitalen Maschinen* (engl. digit = Ziffer).

Eine unerwartet weittragende Verallgemeinerung haben die digitalen Einrichtungen durch die Verwendung der elektronischen Impulstechnik erfahren. Es werden die Ziffern 0–9 durch eine zeitliche Folge von Impulsen dargestellt nach Art der Morseschrift. Der Unterschied zwischen der analogen und der digitalen elektronischen Technik wird deutlich, wenn wir hervorheben, daß bei den Analogie-Geräten die Größe einer elektrischen Spannung, gemessen in Volt, das Wesentliche ist, während bei der digitalen Methode es nur darauf ankommt, ob zu der betreffenden Zeit oder an der betreffenden Stelle ein Impuls vorhanden ist oder nicht. Die Stärke dieses Impulses ist für die mathematische Arbeitsweise des Gerätes unwesentlich und spielt nur eine Rolle für die elektronische Schaltungstechnik, welche ihm zugrunde liegt.

Das Grundprinzip des Rechnens mit Impulsen werde auseinandergesetzt am Beispiel einer einfachen elektronischen Schaltung, wie sie im Rechenautomaten «Ermeth» der Eidgenössischen Technischen Hochschule in vielen Exemplaren verwendet wird.

Sie besteht aus zwei Kristalldioden (durch Pfeile markiert), die über einen Widerstand mit einer Spannungsquelle von 30 Volt verbunden sind.

Treffen an den Stellen a, b Impulse ein, das heißt werden dort Spannungen angelegt, so stellt sich der Punkt c offenbar auf die kleinere dieser beiden Spannungen ein (c folgt der kleineren der beiden Spannungen a, b, wobei



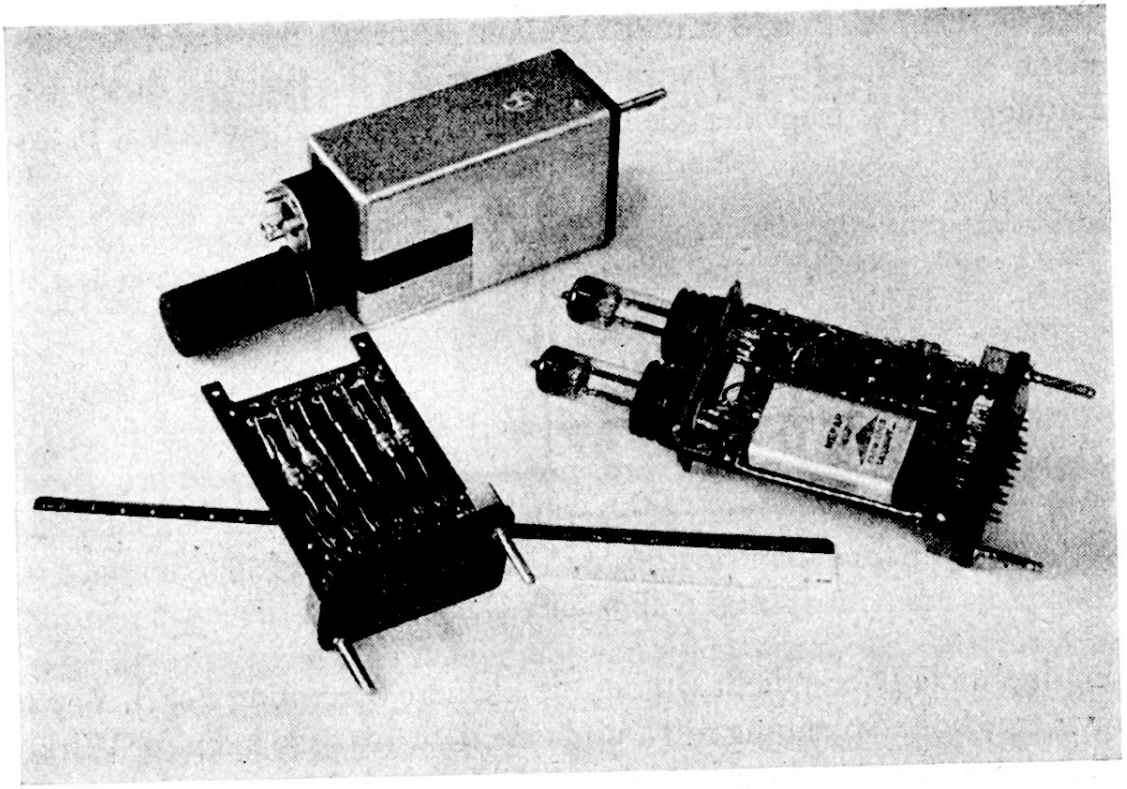
Figur 1

Strom durch die Diode fließt, an der die kleinere Spannung liegt). Bezeichnen wir eine hohe Spannung mit 1 und eine tiefe mit 0, so kann die Wirkung der Schaltung durch folgende kleine Tabelle beschrieben werden:

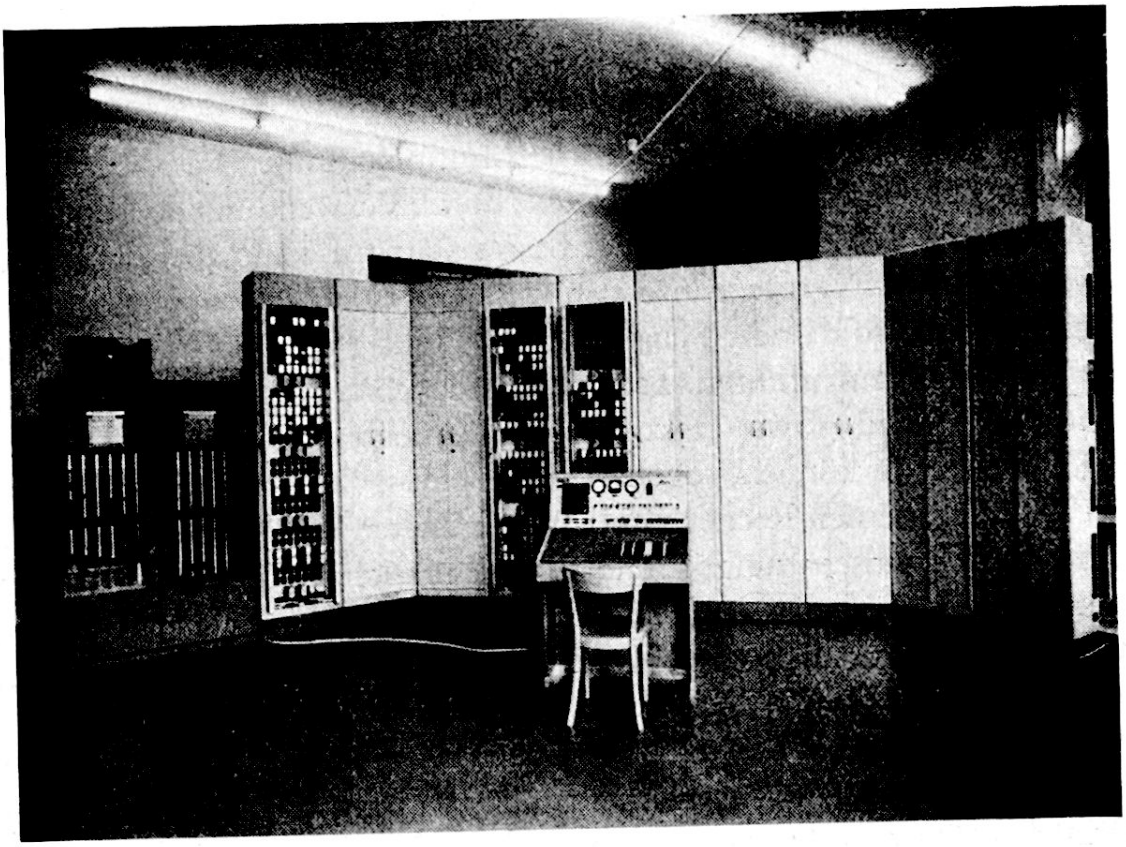
a	b	c
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Dies ist aber bereits die arithmetische Multiplikation $c = a \times b$, falls nur die Zahlen 0 und 1 als Faktoren auftreten; durch Verwendung des sogenannten Dualsystems (Zahlsystem mit der Basis 2 statt 10), kann aber der Mathematiker jede noch so große ganze Zahl aus den beiden Ziffern 0 und 1 allein zusammensetzen, so daß die Schaltung von Figur 1 genügt, um vielstellige Multiplikationen auszuführen. Es treten natürlich analoge Schaltungen für die Addition hinzu, sowie elektronische Elemente, welche Zahlen kurzfristig aufspeichern können, sogenannte flip-flops.

In einem modernen Rechenautomaten enthalten einzelne steckbare Einheiten diese Grundschaltungen und die wesentlichen Teile der Maschine bestehen aus vielen derartigen Einheiten, die etwa in 6 verschiedene Typen zerfallen. In organisatorischer Hinsicht bestehen die elektronischen Teile eines digitalen Automaten aus dem Rechenwerk und Leitwerk. Die Figur 3 zeigt diese Einheiten an der schweizerischen Maschine «Ermeth». Zur Erklärung der Aufgabe des Leitwerkes muß etwas auf die Organisation des tatsächlichen Durchrechnens eines mathematischen Problems eingegangen werden.

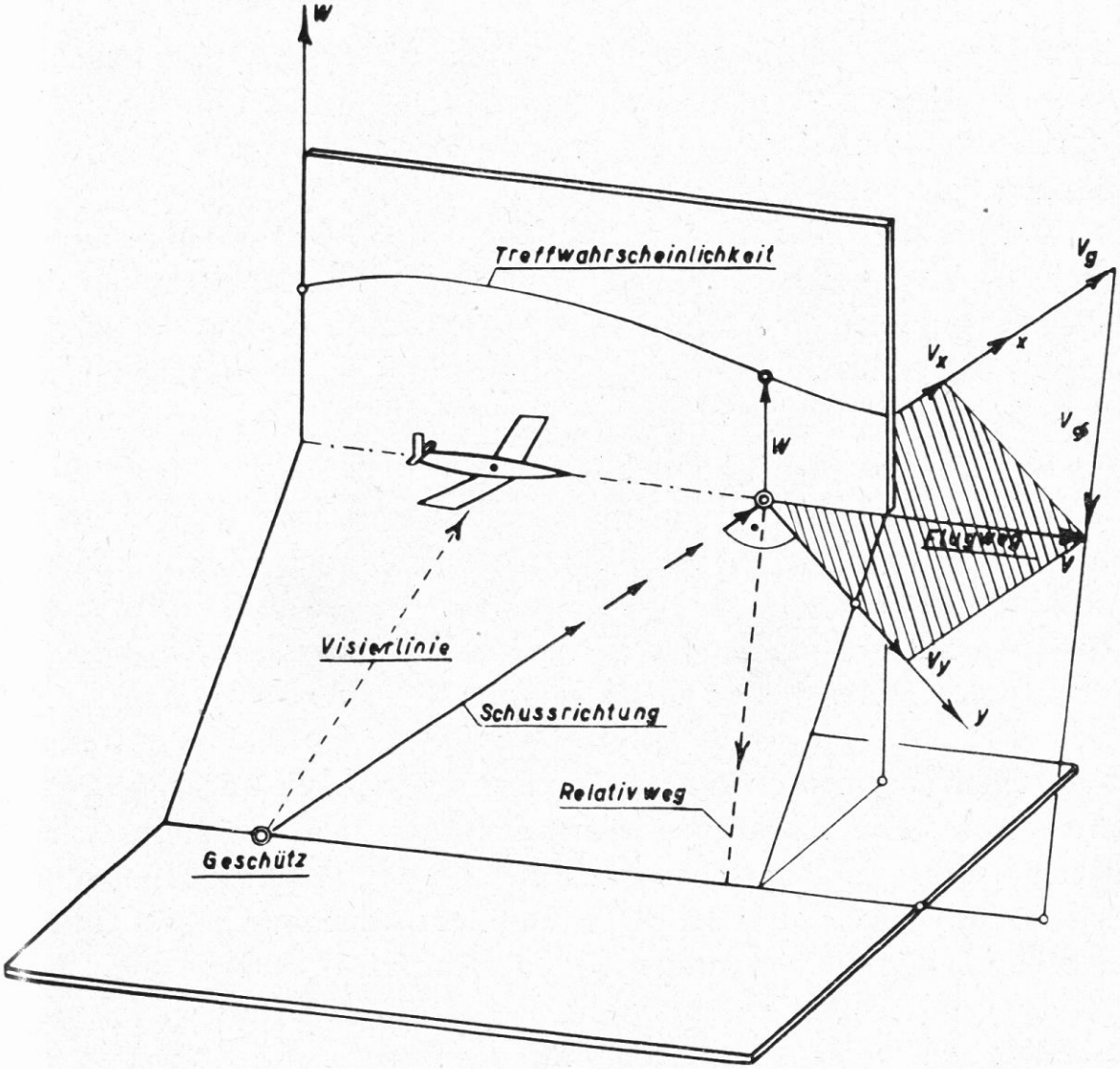


Figur 2. Steckbare Einheiten



Figur 3. Grundschaltungen und wesentliche Teile der Maschine

Nehmen wir etwa – um gleich eine kriegstechnische Anwendung aufzuführen – die Berechnung von Treffwahrscheinlichkeiten beim Flab-Schießen.



$$w = \frac{kQ\,v_\varphi}{106\,v_g\,v_y\sqrt{\sigma^2 e_s^2 + F^2 T^2 v_y^2}}\ \mathrm{erfc}\left(\frac{D^*\,v_y\,v_g}{2\sqrt{\Theta^2 T^2 v_g^2 v_y^2 + \sigma^2 e_s^2 (v_x - v_g)^2}}\right)$$

Figur 4. Treffwahrscheinlichkeiten beim Flab-Schießen

Es sind dort eingezeichnet: Das anfliegende Flugzeug, die vom Geschütz ausgehende Visierlinie unter Berücksichtigung des Vorhalts, und die Zerlegung der Fluggeschwindigkeit in der Geschoßrichtung und quer dazu. Die Wahrscheinlichkeit w (als Kurve eingetragen), das Flugzeug zu treffen, hängt von vielen Parametern ab, von denen nur genannt seien:

v	= Fluggeschwindigkeit	K	= Kadenz
vg	= Geschoßgeschwindigkeit	T	= Geschoß-Flugzeit
Q	= Wirkungsquerschnitt	F	= Schätzungsfehler der Flugrichtung usw.

Die Treffwahrscheinlichkeit w ergibt sich dann aus der der Figur beigefügten Formel, die nur elementare Rechenoperationen enthält, mit Ausnahme der durch das Symbol erfc angedeuteten Berechnung des Wertes der Gauß'schen Fehlerfunktion.

Die Formel muß nun sehr oft für verschiedene Werte der genannten Parameter durchgerechnet werden, um zum Beispiel die Wirksamkeit einer Flab-Waffe beurteilen zu können. Gerade die Notwendigkeit der sehr oft wiederholten Durchrechnung derselben Formel hat in den vierziger Jahren zu der Konstruktion von Automaten in Amerika geführt. Im einzelnen wird nun diese Arbeit in einem mathematischen Institut wie folgt disponiert:

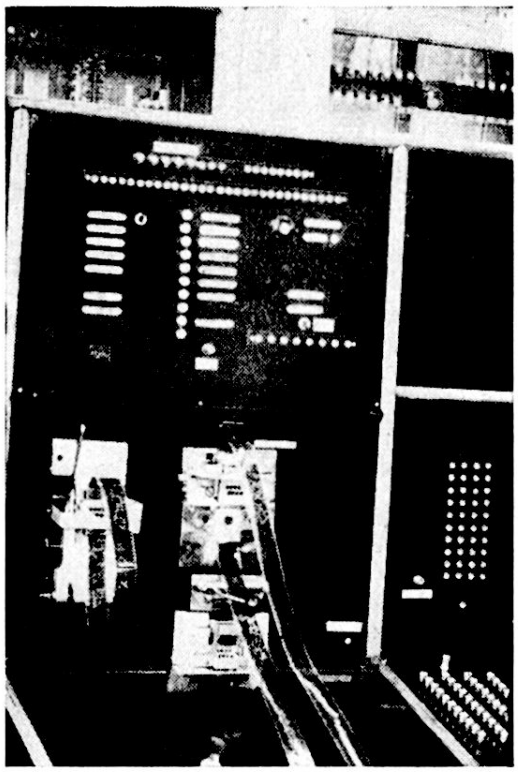
Die Formel wird in ein Rechenprogramm umgeschrieben; welches die Befehle an die Maschine zur Ausführung der einzelnen Multiplikationen und Additionen usw. enthält. Die einzelnen Befehle dieses Programms werden auf Lochkarten oder -Streifen gelocht, oder in anderer Weise im Gedächtnis der Maschine aufbewahrt. Beim eigentlichen Durchrechnen tastet dann die Maschine diese Befehle ab und führt sie aus. Das Resultat wird auf einer automatischen Schreibmaschine gedruckt oder wieder auf Karten gelocht. Die Einführung dieser Technik des Programms schafft eigentlich erst den Automaten und gestattet ein sehr flexibles Arbeiten mit demselben. Im vorliegenden Beispiel besitzt das mathematische Institut eine ganze Bibliothek von Programmen, in welcher zum Beispiel auch ein Programm der Gauß'schen Fehlerfunktion vorhanden ist. Dieses wird einfach an passender Stelle in das Hauptprogramm der Berechnung der Formel von Figur 4 eingefügt.

Figur 5 zeigt zwei Abtaster einer älteren Maschine der Eidgenössischen Technischen Hochschule. Im rechten Abtaster wäre das genannte Hauptprogramm und im linken Abtaster das Unterprogramm zur Berechnung der Fehlerfunktion, das als endloser Lochstreifen ausgebildet ist. Im Moment, wo die Fehlerfunktion berechnet werden muß, stoppt die Maschine automatisch den Hauptstreifen und beginnt den Unterstreifen abzutasten.

Das Leitwerk hat nun die Aufgabe, die einzelnen Befehle zu entschlüsseln und die rechnenden Organismen auszulösen. Es regelt ferner das Abtasten, das Drucken und andere mehr nebensächliche Tätigkeiten der Maschine.

Größere elektronische Maschinen besitzen weiter noch ein spezielles Speicherwerk, in welchem Anfangsdaten, Zwischenresultate, Hilfswerte und

Befehle, d. h. kurz alle Informationen, welche die Maschine für ihre Tätigkeit braucht, aufbewahrt werden. Das Fassungsvermögen beträgt heute etwa 10 000–20 000 Zahlen. Das Speicherwerk der «ERMETH» speziell



Figur 5. Zwei Abtaster einer älteren Maschine der ETH

besteht aus einem rasch rotierenden Zylinder mit magnetisierbarer Oberfläche, auf welcher durch Schreibknöpfe die Impulsfolgen als magnetische Dipole festgehalten werden. Diese Technik beruht auf demselben Prinzip wie das Aufschreiben von Musik auf einem magnetisierbaren Stahlband. Neben dem Drucken von Resultaten kann die Maschine auch Ergebnisse in Lochkarten lochen oder Werte aus Lochkarten abtasten. Es liegt nach dieser Beschreibung auf der Hand, daß ein digitaler Automat nur die elementarsten Rechenoperationen, wie Addition und Multiplikation, selbständig ausführen kann. Jede höhere mathematische Operation, wie z. B. die Integration einer Funktion, muß durch ein Rechenprogramm in solche elementare Schritte aufgelöst werden.

Demgegenüber können Analogie-Geräte z. B. Integrationen direkt ausführen und ein heute hoch entwickelter Typus von solchen Geräten wird direkt als Integrier-Anlage bezeichnet. Eine solche Anlage besteht aus zahlreichen Integratoren, die zusammengeschaltet mit Multiplikatoren und Addiergliedern komplizierte Differentialgleichungen lösen können.

Als Beispiel sei die vor kurzem fertig entwickelte elektronische Integrier-Anlage der Contraves AG. genannt. Dieser Vorteil der Analogie-Technik wird teilweise dadurch kompensiert, daß einerseits Analogie-Geräte nur mit beschränkter Genauigkeit rechnen können und anderseits meistens nur spezielle Sorten von Problemen (wie z. B. das Lösen von Differentialgleichungen) bearbeiten können. Digitale Geräte und Analogie-Geräte konkurrenzieren sich selten, sondern arbeiten Hand in Hand: Tritt ein mathematisches Problem sehr häufig auf, so wird man eben vielleicht ein spezielles Analogie-Gerät bauen. Beispiele dieser Art werden uns weiter unten noch begegnen.

II. Bedeutung des automatischen Rechnens für die Kriegstechnik

Die kriegstechnische Bedeutung der Rechenautomaten geht in verschiedene Richtungen, die im folgenden kurz beschrieben werden sollen:

1. Konstruktion und Untersuchung von Waffen

Wie jede technische Planung, so verlangt auch die Konstruktion einer Waffe die Lösung mathematischer Probleme. Für den Bau von Geschützen und Geschossen z. B. müssen schwierige Festigkeitsberechnungen durchgeführt werden, und die Flugbahn eines Geschosses unterliegt komplizierten Strömungsgesetzen der Gas-Dynamik. Als weiteres Beispiel denke man etwa an die Geräte der Übermittlungstruppen zur drahtlosen Nachrichten-Übermittlung, für welche die mathematische Berechnung elektrischer Schwingungskreise eingesetzt werden muß. Im Flugzeugbau braucht man mathematische Methoden zur Abklärung der unerwünschten Erscheinung des Flatterns von Tragflächen und Leitwerk.

An allen diesen willkürlich herausgegriffenen Beispielen ist charakteristisch, daß der Einsatz von Rechenhilfsmitteln eine feinere Berechnung der physikalischen Erscheinungen erlaubt, und so gestattet, Material- und Modellversuche zu sparen.

2. Simulatoren

Das Verhalten eines physikalischen Systems unter äußeren Einflüssen kann mathematisch vorausberechnet werden. Nehmen wir etwa als Beispiel eine Flab-Rakete, welche durch eine in ihr eingebaute Radar-Einrichtung automatisch auf ein Luftziel zusteuert. Man kann diesen Vorgang nun entweder studieren auf kostspielige Weise, indem man Versuchsraketen baut und diese abschießt, oder man kann ein Analogie-Rechengerät bauen, welches die Rakete simuliert. Im Eingang dieses Rechengerätes kann der Anflugweg des zu beschießenden Flugzeuges eingestellt werden, sowie an-

dere Parameter wie Abschußrichtung der Rakete, Fluggeschwindigkeit derselben usw. und endlich Störungen wie etwa der Wind. Im Ausgang des Rechengerätes erscheint dann die Bahn der Rakete auf einem Kathodenstrahl-Oszillographen. Mit einem solchen Apparat können zahlreiche Flugversuche in kurzer Zeit simuliert werden ohne wesentliche Kosten.

3. Aufklärung

Man stellt heute den Standort feindlicher Geschütze fest, indem man die von ihnen abgefeuerten Geschosse auf ihrer Flugbahn durch Radar vermißt und dann durch Zurückgehen auf dieser Flugbahn den Standort des Geschützes rechnerisch ermittelt. Um das Geschütz wirksam durch die eigene Artillerie oder Flugwaffe bekämpfen zu können, muß diese Auswertung schnell vor sich gehen und daher kann ein schnell arbeitendes Rechengerät eingesetzt werden. Der Wunsch nach Schnelligkeit in der Auswertung wird noch dringlicher, wenn eine anfliegende Rakete noch auf ihrer eigenen Flugbahn bekämpft werden soll, bevor sie das Ziel erreicht, oder wenigstens ihr auf derselben Flugbahn nachfolgende Raketen vernichtet werden sollen. Es werden dann also einige frühe Punkte auf der Flugbahn durch Radar erkundet und die Rakete wird in einem späteren berechneten Punkt derselben Flugbahn bekämpft.

4. Steuerautomaten

Die in manchen taktischen Problemen auftretende – und in den obigen Beispielen schon deutlich gemachte – Zeitknappheit bringt es mit sich, daß in der Kriegstechnik die Ergebnisse eines Rechengerätes nicht vom Menschen in der Form von Tabellen oder Kurven entgegengenommen werden, sondern auf rein elektrischem Wege einem Steuerautomaten zugeführt werden. Um an das letzte Beispiel anzuknüpfen, würde also das Rechengerät, das die Flugbahn der feindlichen Rakete extrapoliert, seine Ergebnisse direkt auf das Kommandogerät der eigenen Flab-Batterie übertragen.

Im weiteren Sinne ist so schließlich jeder Steuerautomat, der auf servotechnischem Wege Informationen in Reaktionen verwandelt, ein automatisches Rechengerät.

Bei einem ferngelenkten Geschoß kann dieses Rechengerät in das Geschoß selbst eingebaut sein (wie z. B. bei der Leitstrahl-Rakete der Firma Bührle & Co.), oder es kann standortfest in der Abflugbasis aufgestellt werden. Das Geschoß meldet dann auf drahtlosem Weg seinen Standort, und was es sieht, zurück. Diese Information wird vom Rechengerät in Steuer-Impulse umgerechnet, welche dem Geschoß nachgeschickt werden.

5. Führungstechnische Aufgabe

Im englischen Sprachgebiet versteht man unter «Operational Research» die Aufstellung von Methoden, um eine gegebene führungstechnische oder organisatorische Aufgabe mit einem Minimum an Aufwand zu lösen. Typisch für diesen Aufgabenkreis ist das folgende sogenannte Transportproblem: Es sollen vor einigen Zeughäusern Materialdepots an gegebenen Stellen in Frontnähe errichtet werden. Nehmen wir an, es handle sich nur um eine einzige Sorte Material, etwa um Munition bestimmten Kalibers. Gegeben seien die Vorräte der einzelnen Zeughäuser, die in den einzelnen Depots niederzulegenden Mengen und die Menge Treibstoff, die beim Motortransport zwischen jedem Zeughaus und jedem Depot pro transportierte Granate verbraucht wird. Es soll der ganze Transport so organisiert werden, daß der totale Treibstoffverbrauch möglichst gering wird. Das Problem läßt sich in mathematische Formeln kleiden und auf einem Rechenautomaten lösen.

III. Beispiele aus dem Institut für angewandte Mathematik der Eidgenössischen Technischen Hochschule

Während in den bisherigen Abschnitten die Rechenautomaten und ihr Einsatz unter allgemeinen Gesichtspunkten besprochen wurden und gelegentlich auch etwas Zukunftsmusik gemacht wurde, sollen jetzt noch Arbeiten besprochen werden, die mit der Kriegstechnik Berührung haben und im Institut für angewandte Mathematik der Eidgenössischen Technischen Hochschule auf digitalen Automaten in den Jahren 1950–55 ausgeführt worden sind. Es handelt sich um folgende Problemkreise:

1. Ballistik

Hier ist in erster Linie die Berechnung der Flugbahn von Geschossen aus gegebenem Luftwiderstandsgesetz zu nennen. Mathematisch läuft dies auf die Lösung eines Systems von Differentialgleichungen hinaus; speziell bei Untersuchungen der Störung von Flugbahnen durch äußere Einflüsse (Wind, Luftgewichtsänderung) ist hohe Genauigkeit erforderlich, die nach den digitalen Automaten verlangt. Prof. R. Sänger und Dr. W. Roth haben zahlreiche Flab-Flugbahnen auf der Maschine der Eidgenössischen Technischen Hochschule gerechnet.

Die Flugbahn-Berechnung kann aber auch durch spezielle Analogie-Geräte erledigt werden, wenn nicht ganz besondere Genauigkeit verlangt wird.

Figur 6 zeigt den von der Firma Amsler, Schaffhausen, konstruierten Flugbahn-Integraphen, den die Sektion für Schießversuche in Thun benutzt.

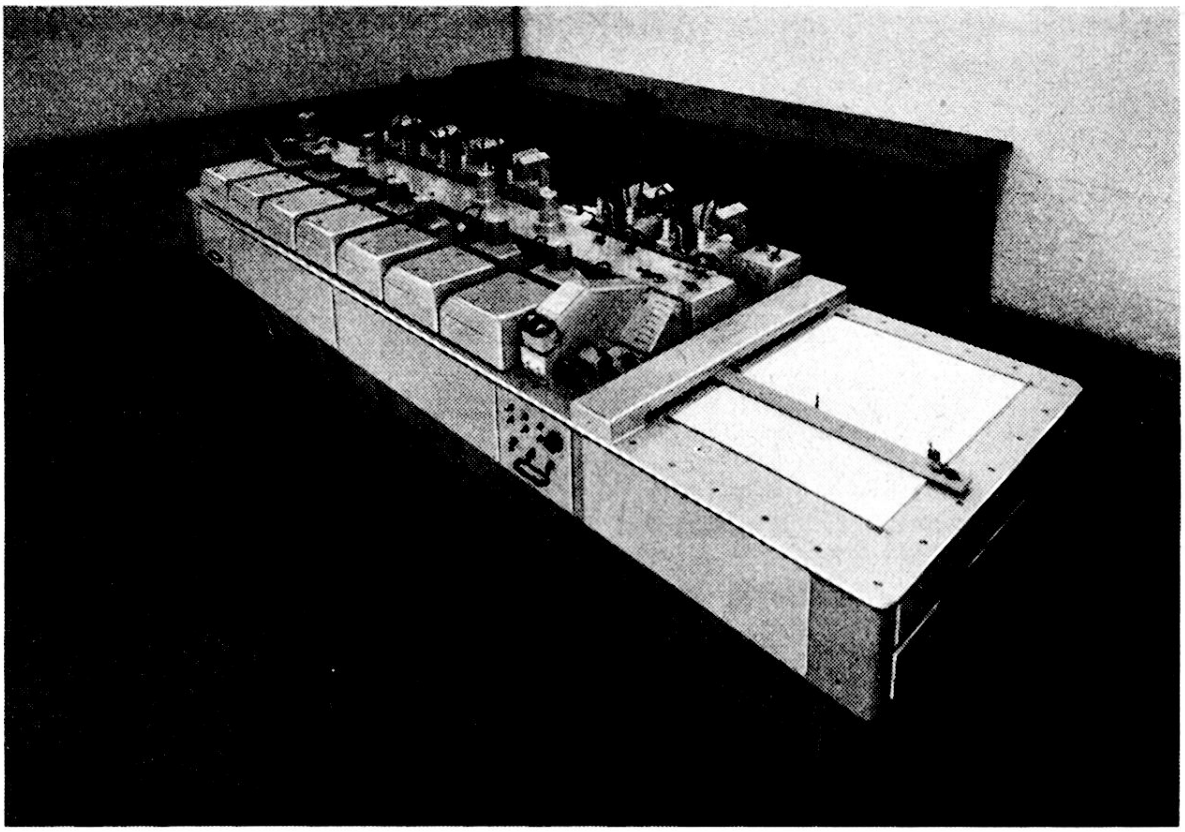


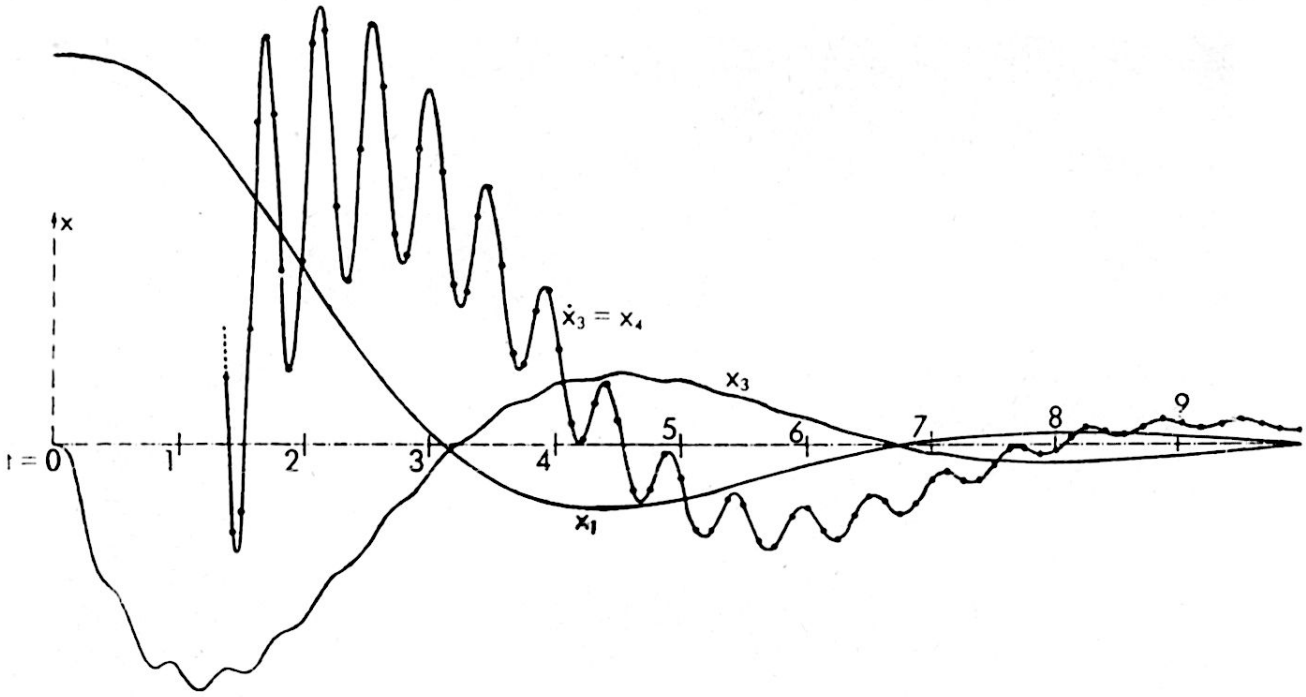
Fig. 6. Flugbahnintegraph

Man erkennt an der Längsseite vorn die Integratoren in ihren Gehäusen, hinten die Kurvenabtaster und rechts das Schreibgerät zum Aufzeichnen der ermittelten Flugbahnen.

2. Stabilität von Steuerungen (Servotechnik)

Eine der wichtigsten Fragen bei der Konstruktion eines Steuerautomaten ist jeweilen die Untersuchung der Stabilität. Allgemein ausgedrückt bedeutet ja die Tätigkeit eines Steuerautomaten die Herstellung eines verlorengegangenen Gleichgewichts. Es ist wichtig, daß das physikalische System gedämpft mit immer kleiner werdenden Ausschlägen in diese Gleichgewichtslage zurückschwingt und nicht etwa das Herumpendeln um die Gleichgewichtslage in aufgeschaukelter Schwingung erfolgt, die zu immer größeren Ausschlägen führt.

Figur 7 ist die Auswertung des Zurückschwingens einer Leitstrahlrakete in den Leitstrahl, wenn sie diesen infolge Störungen verlassen hat. In Figur 7 sind die Ausschläge von 3 Steuerorganen der Rakete als Funktionen der Zeit aufgetragen und es ist ersichtlich, daß diese Steuerorgane mit wachsender Zeit stabil in ihre Ruhelage zurückkehren.



Figur 7. Auswertung des Zurückschwingens einer Leitstrahlrakete in den Leitstrahl

3. Schwingungsforschung

Schon in der Einleitung wurde auf das Flattern der Tragflächen eines Flugzeuges hingewiesen. Bei gewissen kritischen Fluggeschwindigkeiten regen die Luftkräfte die Tragflächen zu mechanischen Schwingungen an, die unter Umständen aufgeschaukelt werden und zum Bruch überlasteter Teile führen können. Die Flugzeugwerke Altenrhein haben auf dem Rechenautomaten der Eidgenössischen Technischen Hochschule die Flatterrechnungen für das Düsenflugzeug P 16 in monatelanger Arbeit erledigt, wobei Methoden zur Anwendung kamen, die von den Herren Dr. Gruschwitz und Dr. Hochstraßer entwickelt worden waren.

4. Statik

In denselben Problemkreis gehören die Berechnungen der Flugzeugstatik, die vor Jahren von den Flugzeugwerken Emmen dem Institut aufgetragen worden sind. Es handelte sich um die Berechnung der Deformation einer Tragfläche und der elastischen Spannungen in derselben unter dem Einfluß gegebener Belastungen.

5. Bau von Klein-Rechengeräten

Figur 8 ist die äußere Ansicht eines in Entwicklung begriffenen Rechengerätes zur Ermittlung der atmosphärischen Störungen einer Geschoß-Flugbahn. Es können an einzelnen Skalen der Wind, die Luftgewichtsänderung

usw. eingestellt und dann sofort an anderen Skalen die nötigen Änderungen der Schießelemente abgelesen werden, damit das Geschoß sein Ziel trotzdem erreicht.

Figur 8. Rechengerät zur Ermittlung der atmosphärischen Störungen einer Geschoß-Flugbahn

Was wir dazu sagen

Die Aufgabe des Infanterie-Feldweibels im Gefecht

Von Hptm. Rolf Hausamann

Immer wieder kann festgestellt werden, daß über die Aufgabe des Feldweibels während des Gefechts Unklarheiten bestehen, sowohl auf Seiten der Kp.Kdt. als auch auf Seiten der Feldweibel selbst. Wir finden die Feldweibel in allen möglichen Funktionen eingesetzt, z.B. als Aufklärungs-Gruppenführer oder Chef der Verbindungsgruppe. Diese Verwendungsart mag in Manöververhältnissen ganz interessant sein, sie verträgt sich jedoch schlecht mit der tatsächlichen Aufgabe des Feldweibels. Dieser ist bekanntlich Nach- und Rückschubchef seiner Einheit. Ihn als Gruppenführer einzusetzen und zu riskieren, daß dadurch der geregelte Nach- und Rückschub der Einheit