



<http://zuse.zib.de>

Title: Bericht über meine Rechengeräte
Author(s): Konrad Zuse
Date: 1945
Published by: Konrad Zuse Internet Archive
Source: Document - ZIA ID: 0341

The Konrad Zuse Internet Archive preserves and offers free access to the digitized original documents of Konrad Zuse's private papers and to other related sources.

The Konrad Zuse Internet Archive is a nonprofit service that helps scholars, researchers, students and other interested parties discover, use and build upon a wide range of content in a digital archive. For more information about the Konrad Zuse Internet Archive, please contact zusearchive@zib.de.

Your use of the Konrad Zuse Internet Archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use (<http://zuse.zib.de/tou>) including the following license agreement. If you do not accept the Terms & Conditions of Use you are not permitted to use the material.

This work by Konrad Zuse Internet Archive is licensed under a
Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>).

Based on a work at <http://zuse.zib.de>



Attribution (BY) - You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that suggests that they endorse you or your use of the work). Attribute with "Konrad Zuse Internet Archive (<http://zuse.zib.de>)".

Noncommercial (NC) - You may not use this work for commercial purposes.

Share Alike (SA) - If you alter, transform, or build upon this work, you may distribute the resulting work only under the same or similar license to this one.

The usage of this document requires the consideration of possible third party copyrights, and might necessitate obtaining the consent of the copyright holder. The Konrad Zuse Internet Archive assumes no liability with respect to the rights of third parties. The Konrad Zuse Internet Archive is not responsible for the claims of any third party resulting from any infringement of copyright laws.

Bericht über meine Rechengерäte*

Dipl.-Ing. Konrad Zuse

ca. 1945

Im folgenden will ich einen Bericht über meine Rechengерäte geben, wobei das z.Zt. in Hopferau aufgestellte Gerät besonders berücksichtigt werden wird¹.

Vor etwas 12 Jahren, während meines Studiums als Bauingenieur, waren umfangreiche Rechnungen besonders auf dem Gebiete der Statik der Anlaß, eine Rechenmaschine zu konstruieren, die längere schematische Rechnungen automatisch ausführt und die den speziellen Bedürfnissen des Ingenieurs und Wissenschaftlers angepaßt ist.

Ich erkannte, daß sämtliche numerische Rechnungen selbst sehr komplizierten Aufbaus auf eine spezielle mathematische Form gebracht werden können, die ich „Rechenplan“ nenne. Diese Rechenpläne eignen sich besonders zur Steuerung von Rechenmaschinen.

Der Rechenplan wird so hergestellt, daß ich, ausgehend von der expliziten Form eines in Frage stehenden Problems, zunächst sämtliche Variablen einschließlich der Zwischenwerte fortlaufend nummeriere. Der Rechenplan besteht dann in einer Folge von Rechenplangleichungen, deren eine Seite aus der Rechenoperation mit ein oder zwei Operanden, und deren andere Seite aus einem Zwischen- oder Resultatswert gebildet wird. Auf diese Weise können nicht nur beliebig komplizierte einzelne Formeln, sondern ganze Rechnungen, wie z.B. Systeme linearer Gleichungen in Rechenpläne aufgelöst werden. Die zu behandelnden Aufgaben müssen lediglich folgende Bedingungen erfüllen:

1. Sie müssen in die elementaren Grundoperationen auflösbar sein.
2. Sie müssen explizit entwickelt sein.

Die Lösung von Rechnungen, die in dieser Form vorliegen, wird mit folgender Apparatur erzielt.

*ZIA 0341. ZuP 010/010. Version 1, alle Fußnoten stammen vom Herausgeber. Durchgesehen von R. Rojas, G. Wagner, L. Scharf

¹Die spätere Z4

1. Ein Rechenwerk dient der Ausführung der eigentlichen Rechenoperationen. Es entspricht einer vollautomatischen Rechenmaschine, die nach Einstellung zweier Operanden eine der Grundoperationen damit ausführt.
2. Ein Speicherwerk nimmt die Ausgangs- und Zwischenwerte einer Rechnung auf. Es besteht aus hunderten von Zellen und kann je Zelle eine Zahl aufnehmen. Jede Zelle kann jederzeit mit dem Rechenwerk verbunden werden, um Zahlen gegenseitig zu übertragen.
3. Ein Planwerk, welches die Gesamtanlage steuert. Der Rechenplan wird auf einen Lochstreifen übertragen. In einem Abtastgerät werden die auf dem Lochstreifen enthaltenen Befehle zur Durchführung der Rechnung abgetastet und an die einzelnen Teile des Gerätes geleitet.
4. Eine Kommando- und Ablesevorrichtung, die dem Bedienenden die Steuerung der Anlage ermöglicht.

Bei umfangreichen Rechnungen bleiben die meisten Werte in der Maschine, ohne nach außen in Erscheinung zu treten. Nur die Ausgangs- und Resultatwerte müssen in einer dem Menschen verständlichen Form erscheinen. Daher sind wir nicht auf das Dezimal-Zahlensystem angewiesen, sondern können dasjenige System auswählen, welches vom konstruktiven Standpunkt das günstigste ist.

Das vom mathematischen und konstruktiven Standpunkt einfachste Zahlensystem ist das Dualsystem. Als Konstruktionselemente können einfache Teile, wie Hebel, Schalter und insbesondere Relais dienen, welche nur zwei Stellungen einnehmen brauchen (z.B. „An“ oder „Aus“, Relaisanker „angezogen“ oder „abgefallen“).

Wegen der Einfachheit der Bauelemente habe ich meine Geräte so gebaut, daß alle Rechenoperationen und Speicherungen im Dualsystem erfolgen. Die Übersetzung und Rückübersetzung vom Dezimal- in das Dualsystem erfolgt automatisch und wird von dem Bedienenden nicht bemerkt.

Ein weiteres Problem entsteht bei wissenschaftlichen und technischen Rechnungen. Im Gegensatz zu kommerziellen Rechnungen kann die Größenordnung der in einem Problem vorkommenden Größen beträchtlich schwanken. Z.B. können in der gleichen Formel der Elastizitätsmodul $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$ und der Wärmeausdehnungskoeffizient $\varepsilon = 0,000012$ auftreten. Sind dergleichen Größen noch durch Multiplikationen miteinander verknüpft, kann die Größenordnung der auftretenden Zahlen in noch größerem Maße schwanken.

Der Rechenmaschinenbau beschritt bisher zwei Wege: Entweder man baute die Geräte für große Stellenzahl und hat dann einen großen konstruktiven Aufwand, besonders im Hinblick auf die Speicherwerke zu tragen, während nur ein kleiner Teil der Stellen für die mathematische Genauigkeit des Gerätes ausgenutzt wird.

Oder man hat vor jeder Rechnung genau zu untersuchen, welche Größenordnung die einzelnen Werte annehmen können. Die Ausgangswerte müssen dann mit geeigneten Potenzen von 10 multipliziert werden, um innerhalb des Stellenbereiches der Maschine zu bleiben. Das bedeutet praktisch, daß man vorher etwa wissen muß, was bei der Rechnung herauskommt, um mit der betreffenden Maschine arbeiten zu können².

Diese Schwierigkeiten habe ich bei meinen Maschinen wie folgt überwunden: Die Zahlen werden in der halblogarithmischen Form

$$y = 2^a \cdot b$$

dargestellt.

Dabei bedeutet a den ganzzahligen Teil des Logarithmus von y in Bezug auf die Basis 2 und b einen Faktor. b braucht nun nur so viele Stellen zu haben, als der mathematischen Genauigkeit des Gerätes entspricht. Bei dem in Hopferau aufgestellten Gerät hat b 22 Dualstellen, was etwa 7 Dezimalstellen entspricht. Die Größenordnung der Zahlen kann indessen in einem Bereich von 10^{+20} bis 10^{-20} schwanken.

Die Überführung der Zahlen in diese Form geschieht ebenfalls automatisch. Es kann die wahre Ziffernfolge einschließlich des Kommas eingetastet werden. Dergleichen werden die Resultate mit der richtigen Lage des Kommas angezeigt. Damit ist der Benutzer des Gerätes der Sorge enthoben, auf die Stellenkapazität der Maschine zu achten.

Doch können noch Fälle eintreten, die das Resultat fehlerhaft beeinflussen würden, falls nicht besondere Maßnahmen ergriffen würden. Zunächst ist die Zahl Null in der halblogarithmischen Form nicht darstellbar und bedarf einer besonderen Zeichnung. Division durch Null ergibt unendlich, wofür ein besonderes Zeichen eingeführt ist. Im Falle $0/0$, $0 \cdot \infty$, $\infty - \infty$ errechnet die Maschine den Wert „unbestimmt“. Wurzeln aus negativen Zahlen werden durch das „imaginär“-Zeichen bezeichnet.

So wird sichergestellt, daß die Maschine keine unsinnigen Resultate errechnet.

Das von mir entwickelte Rechenwerk unterscheidet sich von anderen durch die Anwendung des Dualsystems, der selbsttätigen Bestimmung von Größenordnung

²John von Neumann hat 1946 immer noch Rechenmaschinen ohne Gleitkomma-Arithmetik favorisiert: „The first advantage of the floating point is, we feel, somewhat illusory. In order to have such a floating point one must waste memory capacity which could otherwise be used for carrying more digits per word. It would therefore seem to us not at all clear whether the modest advantages of a floating point binary offset the loss of memory capacity and the increased complexity of the arithmetic and control circuits“. Zitat aus A.W. Burks, H.H. Goldstine, John von Neumann, „Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument“, in: Brian Randell (Hrsg.), The Origins of Digital Computers, Springer-Verlag, Berlin, 1982, S. 407.

und Vorzeichen sowie der Fähigkeit, mit Sonderwerten zu rechnen.

Die möglichen Grundoperationen des in Hopferau aufgestellten Gerätes sind:

$$\begin{array}{llll}
 a + b & \sqrt{a} \times (-1) & \times \pi & \\
 a - b & a^2 & \times 10 & Fpos(a) \\
 a \cdot b & 1/a & \times 2 & Maj(a, b) \\
 a : b & |a| & \times 1/2 & Min(a, b)
 \end{array}$$

Die Operation Maj(a,b) ergibt den größeren der beiden Werte a und b, Min den kleineren. Fpos(a) ist für negative Werte a gleich Null, und für positive gleich a.

Um mit der Maschine vollautomatisch zu rechnen, muß zunächst der Rechenplan auf den Lochstreifen übertragen werden. Dies geschieht, indem wir durch Tasten nacheinander die Rechenoperationen befehlen, wie sie im Rechenplan festgelegt sind. Diese Befehle werden in verschlüsselter Form in den Lochstreifen gestanzt. Der Lochstreifen wird an einem Abtaster eingesetzt und wir kommandieren die Ausgangszahlenwerte der Rechnung durch Tasten.

Ist der letzte Ausgangswert eingetastet, wird die Durchrechnung der gesamten Aufgabe automatisch ausgelöst. Die Resultate werden nacheinander angezeigt, wobei die Maschine wartet, bis der Bedienende durch Druck einer Taste angezeigt hat, daß er den gerade angezeigten Wert aufgeschrieben hat.

Indem dieser Vorgang wiederholt wird, können wir die numerische Durchrechnung der betreffenden Aufgabe beliebig oft wiederholen.

Wie oben erwähnt, erlaubt das Dualsystem die Anwendung von Relais in weitem Maße. Während ich Relais zunächst nur zur Durchführung der numerischen Operationen anzuwenden gedachte, erkannte ich im Laufe der Entwicklung, daß grundsätzlich alle Probleme eines Rechengerätes durch Relais gelöst werden können. Diese Erkenntnis führte mich zu einer wissenschaftlichen Behandlung der Relaisschaltungen durch eine Schaltungsmathematik. Später entdeckte ich, daß diese weitgehende Analogien zur mathematischen Logik und insbesondere zum Aussagenkalkül aufweist. Dieser Kalkül kann vorteilhaft zur Berechnung, Umformung und theoretischen Bearbeitung von Schaltungen verwendet werden. Dabei muß der Begriff „Rechnen“ wesentlich über das Zahlenrechnen im üblichen Sinne ausgedehnt werden. Unter „allgemeinem Rechnen“ verstehe ich, aus irgendwelchen gegebenen Angaben nach einer Vorschrift Resultatangaben abzuleiten.

Diese Angaben können eine Kombination von Umständen, Bedingungen, usw. sein. In diesem weiten Sinne können sämtliche mechanischen Denkvorgänge als Rechenoperationen aufgefaßt werden.

Theoretische Betrachtungen führten zu folgendem wichtigen Ergebnis: Sämtliche Rechenoperationen können in die drei Grundoperationen des Aussagenkalküls aufgelöst werden. Diese sind

- Konjunktion $A \& B$,
- Disjunktion $A \vee B$,
- Negation \bar{A} .

Hierbei bedeuten A und B die Angaben, die entweder wahr oder falsch sein können. A und B stellen je eine zweifach variable Angabe oder einen Ja-Nein-Wert dar.

- Die Angabe $A \& B$ ist wahr, wenn beide Angaben wahr sind.
- Die Angabe $A \vee B$ ist wahr, wenn mindestens einer der Werte A oder B wahr ist.
- Die Angabe \bar{A} ist wahr, wenn A falsch ist und umgekehrt.

In der Schaltungsmathematik bezeichnen A und B zweifach variable Angaben wie z.B. Dualziffern, Vorzeichen $+$ und $-$, Relais, deren Anker entweder angezogen oder abgefallen ist, mechanische Schaltglieder, die entweder verbunden sind oder nicht, usw.

Diesen aussagenlogischen Grundoperationen entsprechend folgende Grundschal-tungen:

Diesen aussagenlogischen Grundoperationen entsprechend folgende Grundschal-tungen:

1. Kontakte in Serienschaltung
2. Kontakte in Parallelschaltung
3. Ruhekontakte

Hierbei bedeutet P einen stets an Spannung liegenden Pol, A und B sind Kon-takte, deren Stellungen den vorher erwähnten Ja-Nein-Werten entsprechen.

Es ist einleuchtend, daß der Pol $A \& B$ nur an Spannung liegt, wenn sowohl A wie auch B eingeschaltet sind.

Der Pol $A \vee B$ liegt nur an Spannung, wenn entweder A oder B eingeschaltet ist.

Der Pol \bar{A} liegt nur an Spannung, wenn A nicht geschaltet ist.

Diese Schaltungszeichnungen entsprechen einer neutralen Form, die in jede belie-bige Art von Relais-technik übertragen werden kann. Hierbei ist der Begriff „Re-lais“ auf alle Schaltelemente auszudehnen, die gleichartige Steuerungsvorgänge

vornehmen, wie das bekannte elektromagnetische Relais, wobei z.B. das Schaltelement mechanisch oder elektronengesteuert sein kann. Die Entwicklung der Schaltung kann unabhängig von der in der Konstruktion angewandten Relais-technik erfolgen.

Die Schaltungsmathematik in Verbindung mit der Lehre des allgemeinen Rechnens zeigt, daß durch diese drei Grundschaltungen auch die kompliziertesten Rechenprobleme gelöst werden können. Das Relaisprinzip erfüllt damit alle Anforderungen, die im Rechenmaschinenbau gestellt werden können. Lediglich dort, wo der Mensch mit der Maschine in Verbindung tritt, sind besondere Bauelemente, wie Tasten, Lampen usw. erforderlich.

Diese Erkenntnis ist entscheidend wichtig.

Obschon wir zwar vom mathematischen und konstruktiven Gesichtspunkt weiter von der Schaffung eines künstlichen Gehirns entfernt sind, bin ich überzeugt, daß das Relaisprinzip zur Lösung beliebiger mechanischer Denkaufgaben angewandt werden kann.

Damit ist die Relais-technik das konstruktive Hauptproblem des höheren Rechenmaschinenbaues.

Als ich mit der Konstruktion meiner Rechengерäte begann, war lediglich die elektromagnetische Relais-technik bekannt. Aber ich erkannte, daß es einen zu großen Aufwand bedeuten würde, Rechenmaschinen auf dieser Grundlage zu bauen. Besonders die Speicherung erfordert für jede Zahl etwas 50 Relais. Da ich von Anfang an meine Geräte mit Hunderten von Speicherzellen ausrüstete, hätte ich alleine für die Speicherung 10-50000 elektromagnetische Relais benötigt.

Wäre ich damals der Leiter eines mit guten Mitteln ausgerüsteten Laboratoriums gewesen, so wäre diese Anzahl von elektromagnetischen Relais beschafft worden. Doch als armer Student waren meine Mittel sehr beschränkt. So wurde ich gezwungen, eine neue Art Relais-technik zu finden, die den gleichen Anforderungen mit einfachsten Mitteln entspricht.

Ich entwickelte zunächst für Speichierzwecke ein dem elektromagnetischen Relais analoges Schaltglied, welches ich im folgenden „Mechanisches Relais“ nenne. Verglichen mit dem elektromagnetischen Relais hat diese mechanische Konstruktion ein wesentlich kleineres Volumen und ist dabei leicht zu fertigen.

Die mechanischen Relais sind so angeordnet, daß sie nur zwei verschiedene Stellungen einnehmen können. Sie werden durch Kupplungsglieder miteinander in Eingriff gebracht. Die Anordnung ist so getroffen, daß sie in dünnen Schichten, die durch Glasplatten voneinander getrennt sind, übereinander untergebracht sind. Dadurch erhalten wir ein besonders kleines Volumen der Speichereinheit.

Die Konstruktionselemente des Speicherwerks sind fast ausschließlich gestanzte Bleche in stets wiederkehrenden Formen.

Ich erwähnte bereits, daß ich das mechanische Relais besonders im Hinblick auf das Speicherwerk entwickelte, in welchem eine große Anzahl von Ja-Nein-Werten in beliebigen Kombinationen gespeichert werden soll, Das bedeutet, daß nicht nur Dualzahlen, sondern z.B. ins Dualsystem verschlüsselte Dezimalzahlen, Rechenpläne und ganze Telegramme gespeichert werden sollen, deren Buchstaben in die im Fernschreibwesen üblichen Kombinationen von fünf Stromschritten aufgelöst sind.

Es ist klar, daß nur eine große Anzahl von Speicherzellen diese Aufgaben erfüllen kann. Ein Speicherwerk, das mit elektromagnetischen Relais aufgebaut ist, würde einen Saal erfordern, um die notwendigen Relaisgestelle unterzubringen. Ein mechanisches Speicherwerk des gleichen Fassungsvermögens, welches mit einiger Genauigkeit gefertigt ist, wird nicht mehr Platz beanspruchen als eine gewöhnliche Schreibmaschine. Die ersten Versuchsmodelle wurden in einem ziemlich großen Maßstab gebaut. 1000 Speicherzellen benötigen dabei einen Raum von etwa einem Kubikmeter. Bei dem in Hopferau aufgestellten Gerät konnte allerdings wegen Materialmangel bisher nur ein kleiner Teil der vorgesehenen Speicherzellen ausgebaut werden.

Das mechanische Relais kann in gleicher Weise auch für die Rechenwerke verwendet werden. Die ersten Versuchsmodelle waren rein mechanisch. Erst später ging ich dazu über, die Rechenwerke mit elektromagnetischen Relais auszurüsten. Diese Relais-technik ist besonders für Versuchsmodelle geeignet, da die Verdrahtungen sowie eventuell notwendige Abänderungen leicht vorgenommen werden können. Das gesamte Rechenwerk besteht aus etwa 1000 Relais. Doch werde ich auch in Zukunft dazu übergehen, auch das Rechenwerk mechanisch auszuführen³

Die mechanische Relais-technik ist betriebssicher auch ohne sorgfältige Wartung. Sie ist besonders geeignet für die Serienherstellung. Damit werden Geräte zu billigem Preis hergestellt werden können.

Es ist noch eine weitere wichtige Relais-technik zu behandeln. Durch die Entwicklung meiner Rechengeräte angeregt, stellte ein Studienfreund von mir, Herr Dr. Schreyer, fest, daß die Bauelemente der Hochfrequenztechnik auf Rechengeräte angewandt werden können, die nach dem von mir entwickelten Prinzip arbeiten.

Herr Schreyer hat prinzipiell die Aufgabe gelöst, Rechenoperationen praktisch trägheitslos mit Hilfe von Elektronenröhren durchzuführen. Leider ging das Versuchsmodell verloren, das nach dem Prinzip von Schreyer gebaut war.

Durch die Verhältnisse während des Krieges verursacht, erhielt diese Entwicklung nicht die verdiente Förderung. Sie sollte jedoch sobald wie möglich fortgeführt werden, da sie besonders auf die Probleme des allgemeinen Rechnens zugeschnit-

³Dies ist die interessanteste Stelle in diesem Dokument und zeigt vielleicht warum Konrad Zuse nicht sofort auf elektronische Bausteine umgestiegen ist. In den USA würden nach dem Krieg vor allem Maschinen aus Elektronenröhren gebaut.

ten ist.

Ich möchte noch einmal die einzelnen Relaisstechniken einander gegenüberstellen:

1. Die elektromagnetische Relaisstechnik ist besonders geeignet für Versuchsmodelle. Die Bauelemente sind Serienteile des Fernsprechbaues. Das Gewicht der Anlage ist ziemlich hoch. Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt etwa eine Multiplikation pro Sekunde.
2. Das mechanische Relais hat besondere Vorteile als Konstruktionselement für Speicherwerke, doch ist es auch gut für Rechenwerke anzuwenden. Der konstruktive Aufwand ist gering, das Volumen der Konstruktion kann außerordentlich klein gehalten werden. Keine sorgfältige Wartung ist erforderlich. Die Arbeitsgeschwindigkeit ist etwa die gleiche wie bei dem elektromagnetischen Relais.
3. Die Röhren-Relaisstechnik ist für höchste Rechengeschwindigkeit zugeschnitten. Der konstruktive Aufwand ist etwa der gleiche wie bei der elektromagnetischen Konstruktion. Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt etwa 1000 Multiplikationen pro Sekunde.

Anschließend einige Einzelheiten über die vergangene und zukünftige Entwicklung.

Im Gegensatz zu anderen Entwicklungen wissenschaftlicher Rechenmaschinen ist diese Entwicklung rein privat betrieben worden. Ich habe die ersten Versuchsgeräte unter schwierigen Verhältnissen fast ohne Hilfsmittel gebaut. Diese Versuchsmodelle waren rein mechanisch. Leider gingen sie durch Bombenangriffe verloren.

Bei Beginn des Krieges war die Entwicklung zunächst vollständig unterbrochen. Erst später konnte ich für weitere Arbeiten auf diesem Gebiet freigemacht werden. Ich habe dann hauptsächlich an Spezialgeräten für die Flügelvermessung ferngesteuerter Bomben gearbeitet. Für diesen Zweck wurden drei rein elektromagnetische Geräte gebaut, von denen eines sich in jahrelangem Einsatz bewährt hat. Einzelheiten würden in diesem Rahmen zu weit führen.

Während des Krieges konnte die Entwicklung des algebraischen Rechengärts nur unter größten Schwierigkeiten fortgesetzt werden. Zuerst wurde ein provisorisches Gerät gebaut, welches rein elektromagnetisch arbeitete. Auch dieses Gerät ging verloren.

Seit 1942 arbeite ich an einem algebraischen Gerät. Dieses konnte im letzten Augenblick aus Berlin herausgezogen werden. Es wurde in Göttingen aufgebaut und wurde wenige Tage, bevor alliierte Truppen diese Stadt besetzten, vollendet.

Wegen der allgemeinen Unsicherheit des Kampfgebietes wurde es wiederum verlegt und in ein Dorf in den bayerischen Alpen gebracht. Nun ist es uns gelungen, unter Schwierigkeiten und ziemlich primitiven Umständen das Gerät wieder aufzubauen.

Die Pläne für die Zukunft sind:

1. Auf der Grundlage der gegenwärtigen Entwicklung soll die Serienfertigung der Geräte vorbereitet werden, mit dem Ziel, daß wissenschaftliche Rechenmaschinen genau so selbstverständlich in Laboratorien und technischen Büros gebraucht werden, wie heute Buchhaltungs- und Additionsmaschinen in kaufmännischen Betrieben.
2. Die Entwicklung in mathematischer Hinsicht wird fortgesetzt werden. Das bedeutet neben der Erweiterung des Rechenbereichs auf einzelne spezielle Probleme, die Ausdehnung des Rechnens mit Rechenmaschinen auf Gebiete, die über das Zahlenrechnen hinausgehen und welche mit den bisherigen Mitteln nicht mechanisierbar waren. Das Ergebnis dieser Entwicklungen wird die allgemeine Rechenmaschine sein, die auf der Grundlage angewandter Logistik allgemeine kombinatorische Probleme und mechanische Denkaufgaben löst. Ich nenne diese Entwicklung die „Logistische Rechenmaschine“.
3. Die zukünftige Entwicklung der Relais-technik sollte das Ziel haben, die Vorteile des mechanischen Relais, wie kleines Volumen, leichte Herstellbarkeit, mit der guten Anwendbarkeit des elektromagnetischen Relais zu vereinen und dieser neuen Relais-technik die Arbeitsgeschwindigkeit und Geräuschlosigkeit der Elektronenröhre zu geben.

Um Ihnen einen Begriff zu geben, wie weit wir noch von einer vollkommenen Relais-technik entfernt sind, stellen Sie sich bitte vor, daß in dem kleinen Gehirn einer Fliege noch genügend Raum für eine Rechenmaschine ist, welche die Flugbewegungen des Tieres steuert. In dem Sprachhirn des Menschen ist der Inhalt ganzer Lexika gespeichert. Das bedeutet eine Relais-technik von einer Feinheit, gegen die unsere feinsten mechanischen Geräte primitive Ungeheuer sind.

Wenn es uns gelingt, eine Relais-technik mit Millionen und Milliarden von Relais zu entwickeln, werden wir z.B. in der Lage sein, Texte maschinell von einer Sprache in die andere zu übersetzen, oder wir können Geräte bauen, die uns in den Stand versetzen, die Schrödinger-Gleichungen auf die numerische Lösung von Atomproblemen, auf deren Lösung wir heute wegen des ungeheueren Rechenaufwandes verzichten müssen, anzuwenden.

Obschon die Verhältnisse in Deutschland niederdrückend sind, sind wir fest entschlossen, die Entwicklung der Rechengeräte fortzusetzen, deren jetziger Stand nur der erste Schritt in einer weitreichenden Entwicklung ist, die zu Ergebnissen führen kann, welche wir heute noch nicht voraussehen.