

Zeitschrift:	Mitteilungen / Vereinigung Schweizerischer Versicherungsmathematiker = Bulletin / Association des Actuaires Suisses = Bulletin / Association of Swiss Actuaries
Herausgeber:	Vereinigung Schweizerischer Versicherungsmathematiker
Band:	56 (1956)
Artikel:	Elektronische Rechenmaschinen in Versicherungsbetrieben : erster Bericht der Kommission zum Studium elektronischer Maschinen in Versicherungsbetrieben
Autor:	Spring, O.W. / Leepin, Peter
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-966837

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: 16.01.2026

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

Elektronische Rechenmaschinen in Versicherungsbetrieben

Erster Bericht der Kommission zum Studium
elektronischer Maschinen in Versicherungsbetrieben¹⁾

verfasst von

Osc. W. Spring, Zürich, und Peter Leepin, Basel

Einleitung

Elektromagnetische und elektronische, programmgesteuerte Rechenanlagen wurden ursprünglich für wissenschaftliche Zwecke gebaut, vor allem zur Bewältigung umfangreicher und langwieriger Berechnungsarbeiten. Seit ungefähr einem Jahrzehnt steht die Verwendung solcher Anlagen für die vermehrte Automatisierung von Büroarbeiten im Vordergrund des Interesses.

Die raschen technischen Fortschritte im Bau von programmgesteuerten Rechenanlagen und von Zusatzrechengeräten zu Lochkartenmaschinen lassen es als notwendig erscheinen, eingehend zu prüfen, welche Verwendungsmöglichkeiten sich für die äusserst rasch arbeitenden elektronischen Maschinen in einem Versicherungsbetrieb bieten, welche Voraussetzungen für den Einsatz derartiger Maschinen erfüllt sein müssen und welche Auswirkungen sich in organisatorischer Hinsicht ergeben. Wir erachten es als zweckmässig, in einem I. Teil das wesentliche über die Entwicklung, den technischen Aufbau und die Arbeitsweise elektronischer Rechenanlagen darzulegen. Dabei beschränken wir uns bewusst darauf, die gemeinsamen Grundzüge solcher Anlagen herauszuarbeiten und damit die Grundlage für das Verständnis der technischen Einzelheiten bestimmter Fabrikate zu schaffen. In einem II. Teil behandeln wir die Informationsverarbeitung in Versicherungsbetrieben; dabei steht die Verwendung von elektronischen Maschinen im Vordergrund. In erster Linie geben wir eine zusammenfassende

¹⁾ Der von der Vereinigung schweizerischer Versicherungsmathematiker eingesetzten Kommission gehören ausser den Verfassern dieses Berichtes an: Dr. F. Eggenberger jun., Genf, Dr. M. Faesi, Bern, Dr. M. Haldy, Lausanne.

Darstellung der anderweitig bereits durchgeföhrten Studien und weisen auf die Probleme hin, die sich für eine Gesellschaft mit der Einföhrung elektronischer Rechenmaschinen stellen.

Programmgesteuerte Rechenanlagen entstanden aus dem Bestreben, rechnerische und logische Operationen, wie sie einerseits bei der Lösung von Problemen der angewandten Mathematik und anderseits bei der Verarbeitung und Auswertung umfangreicher Informationsmaterialien in grosser Zahl aufzutreten pflegen, zu automatisieren und damit den Menschen von routinemässiger, geistiger Kleinarbeit zu befreien.

Maschinen mit dieser Zweckbestimmung sind heute in den verschiedensten Ausführungen erhältlich oder werden es voraussichtlich in absehbarer Zeit sein. Seit 1948 sind in aller Welt Tausende von Lochkarten-Rechenmaschinen und auch bereits mehrere grosse Magnetband-Rechenmaschinen in Betrieb genommen worden. Die Frage, ob derartige Maschinen in einem Bürobetrieb verwendet werden können, stellt sich nicht mehr. Die Frage lautet vielmehr, unter welcher Voraussetzung der Einsatz eines bestimmten Maschinentyps zweckmässig sei.

In neuester Zeit werden sehr optimistische Prognosen über den Siegeszug der Automatisierung aufgestellt. In der Regel bedürfen sie gewisser Einschränkungen. Mit dieser Feststellung wollen wir keineswegs die Leistungsfähigkeit der in Frage stehenden Maschinen anzweifeln, sondern auf die schädliche Tendenz hinweisen, jedwedes Problem der Betriebsführung und der Verwaltung mit ihrer Hilfe zu lösen, ob sie dafür nun das geeignete Instrument sind oder nicht. Die Anschaffungskosten oder Aufwendungen für Mieten für elektronische Rechenanlagen sind – wenigstens zur Zeit noch – erheblich, und es besteht der verständliche Wunsch, die Anlagen voll zu nutzen. Trotzdem soll man sich davor hüten, alle erdenklichen Arbeitsgänge von ihnen ausführen zu lassen; sonst ergibt sich bei den Maschinen sehr bald ein Engpass, in welchem sich die verschiedenen Arbeitsabläufe gegenseitig behindern.

Bevor in einem Versicherungsbetrieb eine elektronische Rechenanlage aufgestellt wird, ist es notwendig, dass sich die Geschäftsleitung Klarheit darüber verschafft, welche Aufgaben damit gelöst werden sollen. In einem Versicherungsunternehmen wird sie weniger ein Werkzeug für die eigentliche Geschäftsführung als für die Automatisierung, Koordinierung und Beschleunigung der Arbeitsabläufe sein können.

Dabei ist mit Nachdruck auf die Möglichkeit vermehrter Koordinierung von Arbeitsabläufen hinzuweisen, die gegebenenfalls eine

Verbesserung der gesamten Verwaltungsorganisation gestattet. Diese Koordinierungsmöglichkeiten müssen zum voraus ermittelt und studiert werden; sie sind für die Wahl der Anlage von grundlegender Bedeutung.

Die Anforderungen an die Personen, welche die Anschaffung einer Rechenanlage für einen Verwaltungsbetrieb vorbereiten und nachher mit dieser Anlage arbeiten sollen, sind erheblich. Dies wird möglicherweise eine Änderung der Ausbildung für die künftigen leitenden Angestellten zur Folge haben. Die mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse dürften vermehrte Bedeutung erhalten. Solange die entsprechend vorgebildeten Leute noch nicht zur Verfügung stehen, muss vorhandenes Personal für die neuen Aufgaben umgeschult werden. Bei der Auswahl ist vor allem eine umfassende Kenntnis der gesamten Geschäftsorganisation massgebend.

Da indessen die verwaltungstechnischen Aufgaben vorerst durch sorgfältige Programmierung, die bis in alle Einzelheiten gehen muss, in die für die maschinelle Verarbeitung geeignete Anordnung gebracht werden müssen, sind mathematisch-technische Kenntnisse ebenso unerlässlich. Es kommt daher nicht von ungefähr, dass sich allenthalben die Versicherungsmathematiker mit den vielgestaltigen Fragen befassen, die sich hinsichtlich des Einsatzes elektronischer Rechenanlagen in den Versicherungsbetrieben stellen. Sie besitzen Erfahrung im Umformen mathematischer Lösungen eines bestimmten Problems in einen für die schematische Verarbeitung und damit auch für die Maschinen geeigneten Algorithmus. Anderseits kennen sie die technischen Einzelheiten des eigentlichen Versicherungsgeschäfts und sind deshalb in der Lage, die vielgestaltigen Zusammenhänge der verschiedenen Geschäftsabläufe zu erfassen, sie kasuistisch zu analysieren und in einem Arbeitsplan zusammenzufassen, der einem Algorithmus nicht unähnlich ist.

I. Aufbau und Arbeitsweise programmgesteuerter Rechenanlagen

A. Historischer Rückblick

Als Vorläufer der programmgesteuerten Rechenmaschinen können die Handrechenmaschinen angesehen werden. Mit ihnen lassen sich die vier arithmetischen Grundoperationen durchführen. Sie dienen dem Menschen als Hilfsmittel, wenn er eine Kette von arithmetischen

Operationen zur Lösung eines bestimmten Problems auszuführen hat. Die Abwicklung der einzelnen Operationen in der richtigen Reihenfolge, d. h. die Einhaltung eines bestimmten Rechenplanes oder Programmes, obliegt dabei dem die Maschine bedienenden Menschen. Die von Hand oder auch elektrisch angetriebenen Rechenmaschinen mit automatischer Division oder Multiplikation enthalten bereits die einfachsten Elemente der automatischen Steuerung, indem die Operationen «Division» und «Multiplikation», welche sich aus mehreren Grundoperationen zusammensetzen, durch einfache Bedienung eines Stellhebels oder Druckknopfes zum automatischen Ablauen gebracht werden können. Ähnliche Anfänge von teilweise automatischen Steuerungen finden wir auch bei vielen Buchhaltungsmaschinen.

Was aber diese Bürokechenmaschinen von den programmgesteuerten Rechenmaschinen grundsätzlich unterscheidet, ist die Unmöglichkeit, ihnen die automatische Abwicklung eines längeren Rechenvorganges bis zur ziffernmässigen Angabe des Resultats vollständig zu übertragen. Die Programmsteuerung, wie sie bei Rechenautomaten anzutreffen ist, erlaubt es, eine Kette von arithmetischen Grundoperationen nach einem zum voraus festgelegten Plan ohne weiteren menschlichen Eingriff abzuwickeln und bei Bedarf beliebig oft zu wiederholen. Die Idee der Programmsteuerung hatte schon Charles Babbage in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts¹⁾.

Die auf eine Erfindung Holleriths (1886) zurückgehenden Lochkartenmaschinen, die seit Ende der zwanziger und anfangs der dreissiger Jahre dieses Jahrhunderts in wachsendem Masse zur Bewältigung von routinemässiger Büroarbeit verwendet werden, weisen bereits eine weitgehende Programmsteuerung auf. Der Arbeitsplan wird in die Maschine eingegeben, indem z. B. auf einem Schaltbrett elektrische Verbindungen hergestellt werden. Es gibt Lochkartenmaschinen, die ganze Operationsfolgen zu erledigen vermögen, wie z. B. Relais-Rechenlocher, Tabelliermaschinen, elektronische Rechenlocher und elektronische Rechengeräte, die sich mit einer Tabelliermaschine oder mit einem Kartendoppler zusammenschliessen lassen.

Die Lochkartenmaschinen wurden ursprünglich vor allem für statistische, mengentheoretische und kombinatorische Aufgaben gebaut.

¹⁾ «Calculating engines», 1889, über seine 1828 begonnene, nicht vollendete Rechenmaschine; diese Maschine steht heute in einem Londoner Museum.

Sobald indessen die zu bearbeitenden Probleme eine etwas komplizierte Struktur aufweisen, ist ihre Bearbeitung mit diesen Maschinen schwierig und zeitraubend, weil der auf dem Schaltbrett hergestellte Arbeitsplan nur verhältnismässig geringe Beweglichkeit erlaubt und die Zerlegung des Arbeitsplanes in verschiedene Arbeitsphasen notwendig macht. Bis Ende der vierziger Jahre hatte die Entwicklung der Lochkartenmaschinen und ihrer Zusatzgeräte einen hohen Stand erreicht, sodass die seitherigen Verbesserungen nur wenig grundsätzlich neues brachten.

Eine vollständig neue Richtung wurde während des zweiten Weltkrieges eingeschlagen mit dem Bau von Grossrechenanlagen, die der Bewältigung von Massenberechnungen und zur restlosen Durchführung verwickelter mathematischer Probleme dienen mussten. Auch diese grossen Rechenautomaten können nur die vier Grundoperationen ausführen. Der wesentliche Fortschritt besteht aber darin, dass sie vollständig programmgesteuert sind. Man kann ihnen die einzelnen Befehle eines Arbeitsplanes unter Benützung einer Verschlüsselung in Form einer Folge von Code-Zeichen zuführen und in einem Befehlsspeicher aufbewahren. Damit können praktisch beliebig lange Befehlsreihen zur Anwendung gelangen, was diesen Maschinen eine hohe Flexibilität verleiht und sie befähigt, auch sehr komplizierte Probleme mathematischer und verwaltungstechnischer Natur zu bewältigen. Es lassen sich Probleme mit vielen tausend Rechenschritten in überraschend kurzer Zeit mit hinreichender Genauigkeit lösen.

Die erste derartige Maschine war die von Aiken gebaute und 1944 in der Harvard Universität aufgestellte «Mark I». Es handelte sich um eine Apparatur, die noch mechanische Zählwerke und Relais als Schaltelemente aufwies, ähnlich wie die von Zuse 1945 in Deutschland fertiggestellte Relais-Rechenmaschine, die während mehrerer Jahre an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich im Institut für angewandte Mathematik verwendet wurde. Eine erstklassige Pionierleistung stellte die vollständig elektronisch arbeitende ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) dar, die 1945 von Eckert, Mauchly und Goldstine an der Universität von Pennsylvania für Zwecke der amerikanischen Armee gebaut wurde; diese Maschine wies 18 000 Elektronenröhren auf.

Die späteren Entwicklungen gingen unter anderem dahin, die Anzahl der Elektronenröhren in einer Maschine zu reduzieren und an ihrer Stelle die weniger empfindlichen Kristalldioden und Transistoren als

Bauelemente zu verwenden; ferner wurde angestrebt, die Speicherungsmöglichkeiten für Zahlen und Befehle zu verbessern und die Bedienung der Maschinen zu vereinfachen.

Mit dem Aufkommen derartiger Maschinen eröffnete sich ein weites Feld für die Anwendung der praktischen Analysis. Zahlreiche Probleme, deren Lösung wegen unüberwindlicher Rechenarbeiten bis anhin unmöglich erschien, liessen sich in kurzer Zeit und mit der gewünschten Genauigkeit bewältigen. Sehr bald wurde aber auch erkannt, dass die von diesen Maschinen angewandten Verfahren in vielem jenen ähnlich sind, die bei der Ausführung von Verwaltungsarbeiten in Frage kommen, und dass die hohen Arbeitsgeschwindigkeiten, insbesondere der elektronischen Maschinen, bei der Verarbeitung grosser Mengen gleichartiger Geschäftsvorfälle im Bürobetrieb wertvoll sein könnten. Die ausserordentlich hohen Baukosten für solche Maschinen stellten aber zunächst noch ein Hindernis dar für ihre Verwendung zu Verwaltungszwecken. Auch war eine Anpassung der Maschinen an diese besonderen Zwecke erforderlich. Ihre hohe Arbeitsgeschwindigkeit wäre für einen Bürobetrieb nutzlos, wenn nicht Methoden gefunden worden wären, die zu verarbeitenden Daten der Maschine sehr rasch zuzuführen und ihr die Ergebnisse ebenso rasch zu entnehmen. Ferner musste die Möglichkeit geschaffen werden, in bedeutend grösserem Umfange als bei den für wissenschaftliche Zwecke gebauten Maschinen einzelne Daten und Zwischenresultate aufzuspeichern zu können; es mussten Speichermöglichkeiten geschaffen werden, die den gesamten Inhalt an Informationen einer umfangreichen Registratur-Kartei aufzunehmen vermochten. Überdies musste eine möglichst hohe Betriebssicherheit gewährleistet sein. Diese rein technischen Probleme konnten befriedigend gelöst werden; Verbesserungen werden allerdings da und dort noch möglich sein.

Historisch gesehen fanden elektronische Hilfsmittel im Jahre 1948 ihre erste Verwendung auf dem Gebiete des Bürobetriebes, als die International Business Machines Corporation (I. B. M.) einen kleinen, leistungsfähigen elektronischen Rechenapparat herausbrachte, der Lochkarten verarbeitete (Modell 604). Weitere ähnliche Konstruktionen folgten bald, so z. B. der Gamma-Elektronenrechner der Compagnie des Machines Bull in Paris. Die erste allgemein für den Bürobetrieb verwendbare und mit hoher Geschwindigkeit arbeitende Maschine wurde im Jahre 1951 fertiggestellt; in diesem Jahre wurde beim United States Bureau of the Census eine «Univac»-Maschine in Dienst gestellt, eine

Maschine, die von den Planern der «ENIAC» für kommerzielle Zwecke entwickelt wurde. (Erbauer: Electronic Control Co. in Philadelphia).

Im Jahre 1953 traf die Metropolitan Life Insurance Company in New York die notwendigen Vorkehrungen zum Erwerb eines «Univac»-Systems. Die Maschine steht seit 1954 in Betrieb. Es ist dies nicht nur die erste Anwendung einer elektronischen Grossrechenanlage in einem Versicherungsbetrieb, sondern in einem privaten Geschäftsbetrieb überhaupt. Damit war zweifellos ein Wendepunkt in der Geschichte des Bürobetriebes erreicht. Vorgängig wurden zum Teil in Zusammenarbeit mit einem im Jahre 1948 eingesetzten Studienkomitee der Society of Actuaries eingehende Studien durchgeführt. Diese Vorarbeiten, auf die wir noch zurückkommen werden, waren von grundlegender Bedeutung und haben die Entwicklung der für Bürozwecke bestimmten elektronischen Maschinen massgebend beeinflusst. Die Metropolitan Life Insurance Company hat beschlossen, drei weitere derartige Rechenanlagen in Betrieb zu nehmen. Auch eine Reihe anderer amerikanischer Versicherungsgesellschaften haben seither elektronische Grossrechenanlagen entweder bereits in Betrieb gestellt oder in Aussicht genommen. Dabei ist besonders erwähnenswert, dass diese Anlagen vielfach nicht nur zu einer Beschleunigung der herkömmlichen Berechnungsarbeiten, sondern überdies zu erheblichen organisatorischen Umstellungen im gesamten Bürobetrieb führten, die sich vor allem in einer Zentralisierung und Konzentrierung der in verschiedenen Abteilungen vorhandenen speziellen Kartenregister äusserte. Diese Auswirkungen, die zu erheblichen Personal-, Raum- und Kostenersparnissen führen, haben für einen Verwaltungsbetrieb ein weit grösseres Gewicht als der Zeitgewinn bei der Erledigung rechnerischer Arbeiten.

In europäischen Ländern stellte sich die Einführung von Grossrechenanlagen bis jetzt nicht als ein dringliches Problem. Die ersten elektronischen, in Verbindung mit Lochkartenmaschinen arbeitenden Rechenmaschinen wurden unseres Wissens 1951 von der Schleswig-Holsteinischen Landesbrandkasse, 1953 von einer französischen und 1954 von einer schweizerischen Lebensversicherungsgesellschaft in Betrieb genommen. Seither ist aber auch das Interesse für Grossrechenanlagen gewachsen.

Die Entwicklung im Bau von kommerziell verwendbaren, elektronischen Rechenanlagen wird dahin gehen müssen, die Erstellungskosten zu reduzieren. Verschiedene Fabrikanten sind dazu übergegangen, Maschinenaggregate zu entwickeln, die sich nach Bedarf bis zu sehr

leistungsfähigen Systemen kombinieren lassen. In technischer Hinsicht scheint die Entwicklung auf dem Gebiete der elektronischen Rechenanlagen noch keineswegs abgeschlossen zu sein.

B. Beschreibung der Maschinen

Wir geben nachstehend eine kurze Beschreibung der Maschinen und ihrer Bauteile, jedoch nur soweit dies für das Verständnis ihrer Funktionsweise notwendig erscheint. Es besteht über diese Fragen eine umfangreiche Literatur. Wir empfehlen vor allem die Schrift von Rutishauser, Speiser und Stiefel über «Programmgesteuerte digitale Rechengeräte» [1]¹⁾. Diese vermittelt eine zusammenfassende Darstellung über die Entwicklung der mathematischen und technischen Grundlagen für die Konstruktion und Bedienung elektronischer Rechenmaschinen bis zum Jahre 1951.

Empfehlenswert ist auch die Arbeit von Michaelson [2], in welcher insbesondere die maschinentechnischen Fragen in anschaulicher Weise behandelt werden.

1. Analogierechengräte und Digitalrechengräte

Ein beliebiger numerischer Wert kann entweder durch physikalische Grössen (mechanische oder elektrische) oder als Ziffernfolge in einem Zahlensystem (Dezimalsystem, Dualsystem u. a.) dargestellt werden. *Analogierechengräte* geben numerische Werte durch stetig veränderliche mechanische oder elektrische Grössen wieder. Es handelt sich um mathematische Instrumente, die stetig arbeiten. Für das Versicherungswesen dürften sie – wenigstens zur Zeit – kaum in Betracht fallen. Im Gegensatz dazu arbeiten *Digitalrechengräte* mit Ziffern; sie können zählen. Die numerischen Werte werden durch Zahnradschritte, Löcher in Lochkarten oder Lochstreifen, elektronische Stromimpulse usw. dargestellt. Es sind mathematische Maschinen. Sie allein sollen Gegenstand unseres Berichtes sein.

Mit beiden Arten von Geräten werden grosse Rechengeschwindigkeiten und die Automatisierung rechnerischer und logischer Operationen erzielt. Es wird eine möglichst vielseitige Verwendbarkeit unter bestmöglichster Zuverlässigkeit angestrebt.

¹⁾ Die Zahlen in eckiger Klammer sind Hinweise auf das Literaturverzeichnis.

2. Arithmetische Grundlagen für digitale Rechengeräte

Die Darstellung von Zahlen in digitalen Rechengeräten hängt im wesentlichen ab von den für die Maschine verwendeten Bauelementen. Für elektronische Rechengeräte ist die Verwendung des Dezimalsystems, bei welchem für die ziffernmässige Darstellung einer Zahl zehn verschiedene Ziffernzeichen nötig sind, wenig geeignet. Daher greift man zu andern Zahlensystemen oder zur Verschlüsselung von Zahlen.

a) Zahlsysteme und Verschlüsselung von Zahlen

In einem Zahlsystem erfolgt die Darstellung einer positiven reellen Zahl x nach dem allgemeinen Ausdruck

$$x = \sum_{-\infty}^M x_k B^k.$$

Hierin ist B eine ganze Zahl und heisst Basis des Zahlsystems; es gilt $B \geqq 2$.

Auch die Koeffizienten x_k sind ganze Zahlen. Sie heissen Ziffern der Zahl x , und es gilt $0 \leqq x_k < B$.

Im Dezimalsystem, das den Sonderfall für $B = 10$ darstellt, wird z. B. die Zahl 4577 durch folgenden Ausdruck wiedergegeben:

$$4 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 + 7 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0.$$

Die 10 Ziffern des Dezimalsystems können in einer Rechenmaschine mit Zählerädern durch 10 besondere Stellungen dieser Räder dargestellt werden.

Für den Bau schnell arbeitender, programmgesteuerter Rechenmaschinen werden jedoch elektrische Schaltelemente verwendet, die nur zwei ausgezeichnete stabile Zustände aufweisen, wie z. B. Relais oder Elektronenröhren. Daher wurde ursprünglich für solche Maschinen das Zahlsystem mit der Basis $B = 2$ (Dualsystem) bevorzugt. Bei derartigen Maschinen müssen die eingegebenen Zahlen für die Verarbeitung zuerst ins Dualsystem übertragen werden; die von der Maschine ermittelten Ergebnisse sind anderseits ins Dezimalsystem zurück zu übertragen. Diese Übertragung erfolgt durch die Maschine selbst; damit wird die Verwendung des Dualsystems zu einer internen Angelegenheit der Maschine, und die Bedienungsperson braucht sich damit nicht zu befassen.

Der Hauptvorteil des Dualsystems besteht darin, dass mit den zwei Ziffern 0 und L auskommen werden kann, wobei L das Zeichen für die duale «Eins» darstellt. Die Alternative «0 oder L» findet ihre Parallele in den ausgezeichneten Zuständen elektrischer Schaltungselemente (z. B. Relais offen oder geschlossen; Impuls oder kein Impuls etc.); daneben hat sie aber auch ihr Äquivalent im Aussagenkalkül (richtig oder falsch). Ein Nachteil des Dualsystems ist allerdings, dass das Ziffernbild wenig übersichtlich ist und zur Darstellung einer Zahl wesentlich mehr Stellen erforderlich sind als im Dezimalsystem. Die in obenstehendem Beispiel erwähnte Zahl 4577 wird im Dualsystem durch folgenden Ausdruck wiedergegeben:

$$2^{12} + 2^8 + 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^0.$$

Mit den Ziffern 0 und L ausgedrückt ergibt dies

LOOOLLLLOOOOL.

Um die Nachteile des reinen Dualsystems auszuschalten, wird daher bei neueren Maschinenkonstruktionen vielfach am Dezimalsystem festgehalten, doch werden die einzelnen Dezimalziffern durch vierstellige Dualzahlen, sogenannte Tetraden, dargestellt. Man spricht dann von der dualen Verschlüsselung der Dezimalziffern oder auch von semidualer Zahlendarstellung.

Das Nächstliegende ist die *direkte Verschlüsselung*, bei der jede Ziffer ins Dualsystem übersetzt wird nach dem folgenden Schema:

Dezimalziffer	Duale Darstellung
0	OOOO
1	OOOL
2	OOLO
3	OOLL
4	OLOO
5	OLOL
6	OLLO
7	OLLL
8	LOOO
9	LOOL

Die Zahl 4577 sieht also bei dieser Verschlüsselungsart folgendermassen aus: OLOO'OLOL'OLLL'OLLL.

Die aus den Zeichen O und L zusammengesetzten Tetraden können auch anders aufgebaut sein als nach dem reinen Dualsystem. Bezeichnen wir die einer Zahl x zugeordnete Tetrade mit $t(x)$, so bestehen 16^{10} Möglichkeiten für die Zuordnung $x \rightarrow t(x)$. Unter dieser grossen Zahl von Möglichkeiten zeichnen sich diejenigen aus, die folgende fünf Postulate erfüllen:

- aa) Verschiedenen Dezimalziffern sollen verschiedene Tetraden zugeordnet werden, d. h. $t(x)$ soll jeden Wert nur einmal annehmen.
- bb) Die grössere Ziffer soll durch die grössere Dualzahl dargestellt werden, d. h. aus $x < y$ soll folgen $t(x) < t(y)$.
- cc) Wenn sich zwei Ziffern x und y auf 9 ergänzen, sollen auch die zugeordneten Tetraden komplementär sein, also durch Vertauschung von O und L auseinander hervorgehen. (Diese Eigenschaft erleichtert insbesondere die Durchführung der Subtraktion.)
- dd) Die geraden Ziffern sollen durch gerade Tetraden, die ungeraden Ziffern durch ungerade Tetraden dargestellt werden und umgekehrt, sodass die letzte Dualstelle einer Tetrade die Parität der dargestellten Ziffer bestimmt.
- ee) Es soll möglich sein, jeder der vier Dualstellen einer Tetrade geeignete Gewichte zuzuordnen, so dass die gewonnene Quersumme der Tetrade die dargestellte Ziffer ergibt; es soll sich also in einfacher Weise x aus $t(x)$ berechnen lassen (z. B. haben die 4 Dualstellen bei der obenerwähnten direkten Verschlüsselung die Gewichte 8, 4, 2, 1).

Die direkte Verschlüsselung genügt der Bedingung cc) nicht. Trotzdem findet sie beim Bau elektronischer Rechenmaschinen Anwendung.

Von den insgesamt vier Verschlüsselungen, welche allen fünf Bedingungen genügen, zeichnet sich diejenige von Aiken durch besondere Einfachheit aus; die vier Dualstellen haben bei ihr die Gewichte 2, 4, 2, 1. Für diese Verschlüsselung gilt

$$t(x) = \begin{cases} x & \text{für } x < 5, \\ x + 6 & \text{für } x \geq 5, \end{cases}$$

und die Zuordnung von Dezimalziffern und Tetraden ist die folgende:

Dezimalziffer	Tetraden
0	OOOO
1	OOOL
2	OOLO
3	OOLL
4	OLOO
5	LOLL
6	LLOO
7	LLOL
8	LLLO
9	LLLL

Mit Hilfe der Gewichte 2, 4, 2, 1 ergibt sich z. B. aus der Tetraden LLOL die Quersumme $2 + 4 + 0 + 1 = 7$, also die zugehörige Dezimalziffer.

Von grosser Bedeutung ist die sogenannte *Dreiexcess-Verschlüsselung*. Sie ergibt sich aus der direkten Verschlüsselung, indem zu jeder dual dargestellten Ziffer noch eine duale 3 addiert wird, also

$$t(x) = x + 3.$$

Die Zuordnung von Dezimalziffern und Tetraden ist in diesem Falle folgende:

Dezimalziffer	Tetraden
0	OOLL
1	OLOO
2	OLOL
3	OLLO
4	OLLL
5	LOOO
6	LOOL
7	LOLO
8	LOLL
9	LLOO

Diese Verschlüsselung erfüllt die Forderung ee) nicht. Trotzdem findet sie verbreitete Verwendung.

b) Rechnen mit verschlüsselten Zahlen

In den nachfolgenden Ausführungen beschränken wir uns auf die direkte Verschlüsselung und die Dreixcess-Verschlüsselung, da das Grundsätzliche über das Rechnen mit verschlüsselten Zahlen mit ihrer Hilfe ohne weiteres gezeigt werden kann.

aa) Addition

Die Addition wird ziffernweise durchgeführt. Es genügt, die Addition einzelner Dezimalziffern zu betrachten. Wenn die Summe der beiden Dezimalziffern $x + y$ zu bilden ist, so besteht die Aufgabe darin, aus den Tetraden $t(x)$ und $t(y)$ und einem eventuell von rechts kommenden Übertrag u die folgende Tetrade zu bilden:

$$\begin{aligned} \text{falls } x + y + u < 10 &\rightarrow t(x + y + u), \\ \text{falls } x + y + u \geq 10 &\rightarrow u + t(x + y + u - 10). \end{aligned}$$

Im zweiten Fall entspricht u dem Zehnerübertrag zur nächst höheren Tetrade.

Addition bei direkter Verschlüsselung

Beispiel 1: Addition zweier Dezimal-Ziffern, deren Summe kleiner als 10 ist.

			Tetrade
1. Dezimalziffer	2	→	OOLO
2. Dezimalziffer	3	→	OOLL
Summe	<hr/> 5	→	OLOL

Beispiel 2: Addition zweier Dezimalziffern, deren Summe grösser ist als 10. Da in diesem Fall eine Zehnerübertragung stattfindet, ist an der Tetrade für die Summe eine Korrektur anzubringen. Bei der direkten Verschlüsselung beträgt diese Korrektur + 6.

			Tetrade
1. Dezimalziffer	5	→	OLOL
2. Dezimalziffer	7	→	OLLL
Summe	<hr/> 12	→	LLOO
Korrektur	(6)	→	OLLO
		(L)	<hr/> OOLO
		Übertrag	

Nach durchgeföhrter Korrektur entspricht die Tetrade der Dezimalziffer 2. Ferner hat ein Übertrag in die nächstfolgende Tetrade stattzufinden.

Addition bei Dreixcess-Verschlüsselung

Bei dieser Verschlüsselung ist in jedem Fall eine Korrektur nötig.

Beispiel 1: Addition zweier Dezimalziffern, deren Summe kleiner als 10 ist. Da kein Zehnerübertrag stattfindet, beträgt die Korrektur -3 , wobei die Ziffer 3 rein dual auszudrücken ist.

$$\begin{array}{rcc}
 & & \text{Tetrade} \\
 \begin{array}{l}
 \begin{array}{lll}
 1. \text{ Dezimalziffer} & 2 & \rightarrow \text{OLOL} \\
 2. \text{ Dezimalziffer} & 3 & \rightarrow \text{OLLO} \\
 \hline
 \end{array} \\
 \begin{array}{lll}
 \text{Summe} & 5 & \rightarrow \text{LOLL} \\
 \text{Korrektur} & (-3) & \rightarrow -\text{OOLL} \text{ rein dual} \\
 \hline
 & & \text{LOOO}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

Die korrigierte Tetrade entspricht der Dezimalziffer 5 (s. Seite 160).

Beispiel 2: Addition zweier Dezimalziffern, deren Summe grösser als 10 ist. Da ein Zehnerübertrag stattfindet, beträgt die Korrektur $+3$, wobei die Ziffer 3 rein dual auszudrücken ist.

$$\begin{array}{rcc}
 & & \text{Tetrade} \\
 \begin{array}{l}
 \begin{array}{lll}
 1. \text{ Dezimalziffer} & 5 & \rightarrow \text{LOOO} \\
 2. \text{ Dezimalziffer} & 7 & \rightarrow \text{LOLO} \\
 \hline
 \end{array} \\
 \begin{array}{lll}
 \text{Summe} & 12 & \rightarrow (\text{L}) \text{ OOLO} \\
 \text{Korrektur} & (+3) & \rightarrow \text{OOLL} \text{ rein dual} \\
 \hline
 & & (\text{L}) \text{ OLOL}
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

Übertrag

Nach durchgeföhrter Korrektur entspricht die Tetrade der Dezimalziffer 2. Ferner hat ein Übertrag in die nächstfolgende Tetrade stattzufinden.

bb) Subtraktion

Die Subtraktion verschlüsselter Zahlen wird bei der maschinellen Durchführung auf die Addition zurückgeführt, indem der Subtrahend durch sein Komplement ersetzt wird. Um in einem Zahlensystem mit der Basis B das $(B-1)$ -Komplement einer negativen Zahl zu bilden,

wird jede Ziffer ihres Absolutbetrages zu $B-1$ ergänzt, im Zehnersystem also zu Ziffer 9. Im Dualsystem ist dies besonders einfach, da lediglich jede 0 durch ein L und jedes L durch eine 0 ersetzt werden muss. Bei geeigneter Wahl der Verschlüsselung, z. B. bei der Dreiexcess-Verschlüsselung kann – da sie die Forderung cc) auf Seite 159 erfüllt – von diesem Vorteil ebenfalls Gebrauch gemacht werden. Für die Subtraktion muss jedoch zum $(B-1)$ -Komplement noch eine «Eins» addiert werden, womit sich das B -Komplement ergibt. Dafür muss jedoch bereits eine vollständige Rechenoperation ausgeführt werden. Wir erläutern diese Rechenoperation anhand eines Beispiels unter Verwendung der Dreiexcess-Verschlüsselung; dabei haben wir die nach erfolgter Addition zweier Dezimalziffern vorzunehmende negative Korrektur des besseren Verständnisses wegen tatsächlich als Subtraktion durchgeführt (statt Addition des Komplements).

Beispiel:

Subtraktion bei Verwendung des Dreiexcess-Schlüssels.

Mit Dezimalziffern ausgedrückt:

$$\begin{array}{r}
 146756 \\
 - 70271 \\
 \hline
 76485
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 00146756 \\
 \text{Komplement} \\
 99929728 \\
 \hline
 (1) 00076485
 \end{array}$$

Mit verschlüsselten Dezimalziffern ausgeführt:

$\begin{array}{cccccccccc} (0) & (0) & (1) & (4) & (6) & (7) & (5) & (6) \\ OOLL & OOLL & OLOO & OLLL & LOOL & LOLO & LOOO & LOOL \\ (9) & (9) & (9) & (2) & (9) & (7) & (2) & (8) \\ LLOO & LLOO & LLOO & OLOL & LLOO & LOLO & OLOL & LOLL \\ \hline LLLL & LLLL & OOOO & LLOO & OLOL & OLOO & LLOL & OLOO \\ & L & & L & L & & L & \\ \hline LLLL & OOOO & OOOO & LLLO & OLLO & OLOO & LLLO & OLOO \\ & L & & & & & & \\ \hline (L) OOOO & OOOO & OOOO & LLLO & OLLO & OLOO & LLLO & OLOO \\ + OOLL & + OOLL & + OOLL & - OOLL & + OOLL & + OOLL & - OOLL & + OOLL \\ \hline OOLL & OOLL & OOLL & LOLO & LOOL & OLLL & LOLL & OLLL \\ & & & & & & & OLOO \\ \hline OOLL & OOLL & OOLL & LOLO & LOOL & OLLL & LOLL & LOLL \\ & & & & & & - OOLL & \\ \hline OOLL & OOLL & OOLL & LOLO & LOOL & OLLL & LOLL & LOOO \\ (0) & (0) & (0) & (7) & (6) & (4) & (8) & (5) \end{array}$	Schrittweise Durchführung der Überträge
Korrektur (S. 162)	
Add. von 1	
Korrektur	

cc) Multiplikation

Die Multiplikation zweier Zahlen wird auf eine wiederholte Addition zurückgeführt. Dabei muss natürlich bei jedem Zwischenschritt die dem Verschlüsselungssystem eigene Korrektur angebracht werden. Das Prinzip der Durchführung einer Multiplikation ist aus dem nachfolgenden Beispiel, bei dem wieder die Dreixcess-Verschlüsselung verwendet worden ist, ersichtlich. In der ersten Kolonne links bei der verschlüsselten Durchführung ist der Multiplikator als Dezimalzahl angegeben. Nach jeder Durchführung einer Addition des Multiplikanden wird der Multiplikator um eine Einheit verkleinert, bis die Einerstelle zu 0 wird. Alsdann geschieht – in unserem Beispiel – dasselbe mit der Zehnerstelle, usw. (Bei der maschinellen Durchführung wird allerdings meistens nicht der Multiplikand um eine Stelle nach links geschoben, wie wir das in unserem Beispiel aus darstellerischen Gründen getan haben, sondern das Zwischenresultat wird um eine Stelle nach rechts verschoben und der Multiplikand bleibt an seiner Stelle.)

Beispiel: Multiplikation bei Verwendung der Dreixcess-Verschlüsselung.

Mit Dezimalziffern ausgedrückt

$$\begin{array}{r} 23 \cdot 648 \\ \hline 1944 \\ 1296 \\ \hline 14904 \end{array}$$

Mit verschlüsselten Dezimalziffern durchgeführt

Multipli- kator	Multipli- kand ¹⁾	Schrittweise Bildung des Produktes in verschlüsselter Schreibweise				
23	0	OOLL	OOLL	LOOL	OLLL	LOLL
22	648	OOLL	OOLL	LOOL	OLLL	LOLL
21	648					
	1296	OLLO	OLLO	OOLO	LLLO	OLLO
		L		L		Überträge
	Korr.	OLLO	OLLL	OOLO	LLLL	OLLO
		-OOLL	-OOLL	+OOLL	-OOLL	+OOLL
		OOLL	OLOO	OLOL	LLOO	LOOL
	20	OOLL	OOLL	LOOL	OLLL	LOLL
	648					
	1944	OLLO	OLLL	LLLO	OOLL	OLOO
		L		L		Überträge
	Korr.	OLLO	OLLL	LLLL	OLOO	OLOO
		-OOLL	-OOLL	-OOLL	+OOLL	+OOLL
		OOLL	OLOO	LLOO	OLLL	OLLL
	10	OOLL	LOOL	OLLL	LOLL	OOLL
	6480					
	8424	OLLO	LLOL	OOLL	OOLO	LOLO
		L		L		Überträge
	Korr.	OLLO	LLLO	OLOO	OOLO	LOLO
		-OOLL	-OOLL	+OOLL	+OOLL	-OOLL
		OOLL	LOLL	OLLL	OLOL	OLLL
	0	OOLL	LOOL	OLLL	LOLL	OOLL
	6480					
	14904	OLLO	OLOO	LLLO	OOOO	LOLO
		L		L		Überträge
	Korr.	OLLL	OLOO	LLLL	OOOO	LOLO
		-OOLL	+OOLL	-OOLL	+OOLL	-OOLL
		OLOO	OLLL	LLOO	OOLL	OLLL
		(1)	(4)	(9)	(0)	(4)

¹⁾ In dezimaler Schreibweise.

Die Durchführung der Multiplikation bei Wahl einer anderen Art der Verschlüsselung geht in ähnlicher Weise vor sich.

dd) Division

Die Division zweier Zahlen wird auf eine wiederholte Subtraktion zurückgeführt, oder – da die Subtraktion unter Verwendung von Komplementärzahlen als Addition aufgefasst werden kann – letzten Endes ebenfalls auf eine wiederholte Addition. Wir überlassen es dem Leser, ein Beispiel durchzurechnen.

Die Feststellung ist interessant, dass sich Subtraktion, Multiplikation und Division auf die Addition zurückführen lassen.

c) Instruktions- und Alphabetcodes

Die Arbeit einer elektronischen Rechenmaschine wird durch sogenannte Befehle oder Instruktionen geleitet, so z. B. das Lesen von Angaben in einem Angabenträger, die Verschiebungen von Angaben aus einer Speicherzelle in eine andere, die Ausführung von Rechenoperationen, das Schreiben usw. Die Eingabe der Befehle in das Innere der Maschine muss in codifizierter Form erfolgen; ähnlich wie für die Zahlen werden dabei Kombinationen der Dualziffern O und L verwendet. Bei den Maschinen, welche kommerziellen Zwecken dienen sollen, ist es ferner meistens erforderlich, der Maschine auch die Buchstaben in einer für sie lesbaren Form, also ebenfalls codifiziert zuführen zu können.

Als Beispiel führen wir nachstehend zwei Codes an, wie sie für mehrere bekannte Modelle von Informationsverarbeitungsmaschinen, die mit Magnetband arbeiten (siehe Seite 190), verwendet werden. In beiden Fällen werden die Zahlen, Buchstaben und weitere Symbole auf dem Magnetband unter Verwendung von 7 Kanälen dargestellt. Von diesen dienen 4 zur Darstellung von Ziffern; zwei Kanäle (als Zone bezeichnet) werden zur Aufnahme von Magnetpunkten verwendet, wenn Buchstaben oder andere Symbole (keine Zahlen) dargestellt werden sollen. Der siebente Kanal schliesslich dient zur Aufnahme von sogenannten Prüfimpulsen; wie leicht festzustellen ist, ergänzt der Prüfimpuls im ersten Falle die in den übrigen sechs Kanälen vorkommenden Impulse stets zu einer geraden Anzahl, im zweiten Falle zu einer ungeraden Anzahl von Impulsen.

Magnetband-Codes

1. Beispiel			2. Beispiel				
Dargestelltes Zeichen	Kontr. C	Zone BA	Ziffern	Dargestelltes Zeichen	Kontr. C	Zone BA	Ziffern
0	O	OO	LOLO	0	L	OO	OOLL
1	L	OO	OOOL	1	O	OO	OLOO
2	L	OO	OOLO	2	L	OO	OLOL
3	O	OO	OOLL	3	L	OO	OLLO
4	L	OO	OLOO	4	O	OO	OLLL
5	O	OO	OLOL	5	O	OO	LOOO
6	O	OO	OLLO	6	L	OO	LOOL
7	L	OO	OLLL	7	L	OO	LOLO
8	L	OO	LOOO	8	O	OO	LOLL
9	O	OO	LOOL	9	L	OO	LLOO
A	L	LL	OOOL	A	L	OL	OLOO
B	L	LL	OOLO	B	O	OL	OLOL
C	O	LL	OOLL	C	O	OL	OLLO
D	L	LL	OLOO	D	L	OL	OLLL
E	O	LL	OLOL	E	L	OL	LOOO
F	O	LL	OLLO	F	O	OL	LOOL
G	L	LL	OLLL	G	O	OL	LOLO
H	L	LL	LOOO	H	L	OL	LOLL
I	O	LL	LOOL	I	O	OL	LLOO
J	O	LO	OOOL	J	L	LO	OLOO
K	O	LO	OOLO	K	O	LO	OLOL
L	L	LO	OOLL	L	O	LO	OLLO
M	O	LO	OLOO	M	L	LO	OLLL
N	L	LO	OLOL	N	L	LO	LOOO
O	L	LO	OLLO	O	O	LO	LOOL
P	O	LO	OLLL	P	O	LO	LOLO
Q	O	LO	LOOO	Q	L	LO	LOLL
R	L	LO	LOOL	R	O	LO	LLOO
S	O	OL	OOLO	S	L	LL	OLOL
T	L	OL	OOLL	T	L	LL	OLLO
U	O	OL	OLOO	U	O	LL	OLLL
V	L	OL	OLOL	V	O	LL	LOOO
W	L	OL	OLLO	W	L	LL	LOOL
X	O	OL	OLLL	X	L	LL	LOLO
Y	O	OL	LOOO	Y	O	LL	LOLL
Z	L	OL	LOOL	Z	L	LL	LLOO

In beiden Beispielen stehen für die Kombination der sechs zur Darstellung von Zeichen verwendeten Impulse

$$\sum_0^6 \binom{6}{n} = 2^6 = 64$$

Möglichkeiten zur Verfügung. Im dargelegten Schema sind von den 64 Möglichkeiten 36 ausgenutzt und 28 können für andere Zwecke

verwendet werden, z. B. für spezielle Zeichen und für besondere Instruktionen an die Maschine.

Einzelne Konstrukteure verzichten auf die Verwendung eines Prüfimpulses und verwenden dafür zweimal 6 Kanäle; sämtliche Zeichen sind dann zweimal in derselben Zeile dargestellt.

d) Darstellung der Zahlen in der Maschine

In der Regel können in den digital-programmgesteuerten Rechenmaschinen Zahlen in der Größenordnung von 12 Dezimalstellen oder der entsprechenden Anzahl von Dualstellen dargestellt und verarbeitet werden. Diese aus technischen Gründen vorhandenen Grenzen haben zur Folge, dass die Rechengrößen nur durch endliche Dezimal- oder Dualbrüche dargestellt werden können.

Dass die einzelnen Ziffern des Dezimalsystems durch Tetraden ausgedrückt werden und nach jeder Addition eine Korrektur notwendig ist, lassen wir für die folgenden Ausführungen ausser Betracht.

Das Vorzeichen einer Zahl wird in Form einer Dualziffer verschlüsselt; beispielsweise wird O für + und L für — verwendet.

Hinsichtlich der Kommastellung sind die Maschinen in zwei Typen einzuteilen, solche mit beweglichem und solche mit festem Komma.

Auf den *Maschinen mit beweglichem Komma* werden die Zahlen in halblogarithmischer Form dargestellt.

$$x = \pm p B^q,$$

dabei bedeutet B die Basis des Zahlensystems,

p die Mantisse (eigentlich ist $\log p$ die Mantisse von $\log^B x$); es gilt $1 \leqq p < B$,

q der Exponent der Zahl x .

Bei der halblogarithmischen Darstellung wird somit jede Zahl durch ein Zahlenpaar (p,q) vertreten.

Die halblogarithmische Darstellung der Zahlen in einer Rechenmaschine hat den Nachteil, dass die Addition und Subtraktion, welche die häufigsten Operationen sind, verhältnismässig kompliziert werden.

Bei den *Maschinen mit festem Komma* ist dem Komma innerhalb der endlichen Ziffernfolge, welche eine Zahl darstellt, eine feste Position zugewiesen. In der Regel steht das Komma am Anfang der Ziffernfolge, so z. B. bei den für kommerzielle Zwecke gebauten Maschinen.

(auf einzelnen für wissenschaftliche Zwecke gebauten Maschinen kann die Position für jedes Problem gewählt werden). Es liegen dann alle Rechengrössen im Intervall $-1 < x < +1$. In der Regel ist die Grössenordnung der in der Rechnung auftretenden Zahlen bekannt, und das Problem lässt sich so umgestalten, dass dann alle in die Rechnung eingehenden Zahlen in den angegebenen Intervallen liegen. Bei der Bearbeitung eines Problems muss man sich allerdings stets Rechenschaft geben, wo eigentlich das Komma steht. Im übrigen können programmgesteuerte Maschinen mit festem Komma trotz ihrer begrenzten Stellenzahl mit beliebig grosser Genauigkeit rechnen. Man zerlegt dabei die Zahl auf mehrere Zählwerke, z. B. für das Multiplizieren mit doppelter Genauigkeit nach dem folgenden Schema

$$\begin{aligned} A &= a_1 + a_2 \\ B &= b_1 + b_2 \\ AB &= a_1 b_1 + a_1 b_2 + \underbrace{a_2 b_1 + a_2 b_2}_{\text{ein Glied, das vernachlässigt wird.}} \end{aligned}$$

Die Durchführung einer Multiplikation mit doppelter Genauigkeit erfordert also einen vollständigen Rechenplan und braucht entsprechend mehr Zählwerke und mehr Zeit.

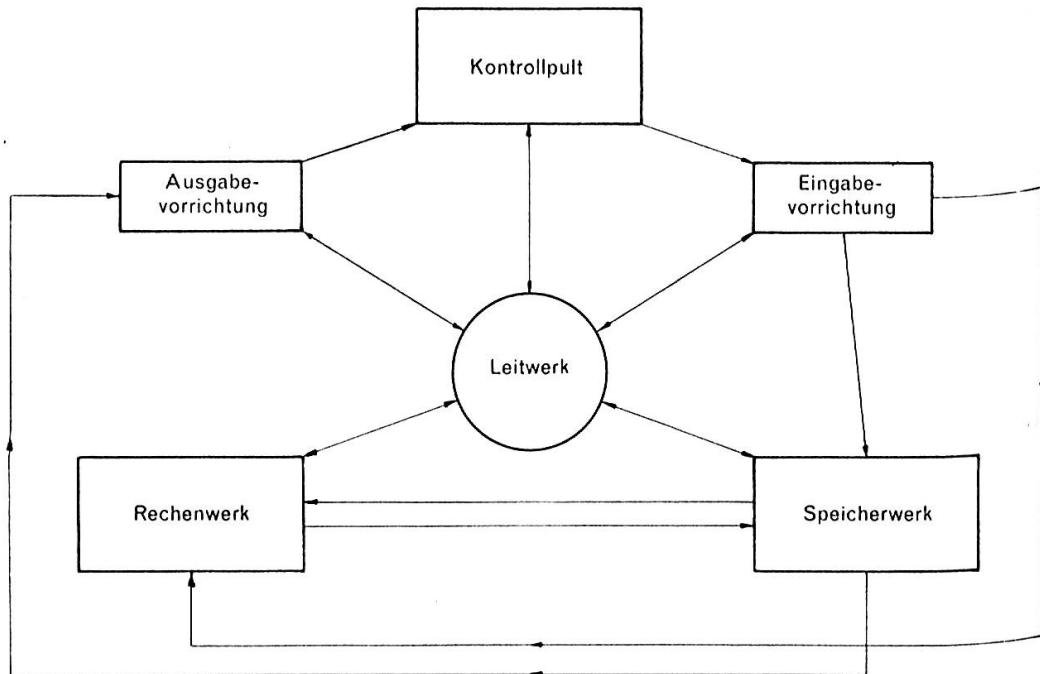
Dem Umstand, dass auf Maschinen mit festem Komma, besonders wenn das Komma am Anfang der Zahl steht, die in der Rechnung auftretenden Zahlen möglicherweise sehr viel kleiner sind als 1, wird dadurch begegnet, dass die Maschine Zahlen mit grosser Stellenzahl aufnehmen kann.

3. Prinzipschema einer programmgesteuerten Rechenanlage

Die Grundeinheiten oder Hauptteile einer programmgesteuerten Rechenanlage sind in Figur 1 schematisch dargestellt.

Das *Rechenwerk* erledigt alle rechnerischen Grundoperationen an den zu verarbeitenden Ausgangswerten. Dazu gehören nicht nur die Grundrechenoperationen, sondern auch das Vergleichen von Zahlen auf Übereinstimmung, das Zuordnen verschlüsselter Begriffe nach gegebenen Vorschriften usw. Ihm obliegt auch die Übertragung von alphabetischen oder numerischen Angaben zwischen den verschiedenen Teilen der Rechenanlage und das Aufsuchen von Angaben im Speicher.

Figur 1
Prinzipschema einer programmgesteuerten Rechenanlage



Das *Speicherwerk* ist ein Gerät, das imstande ist, Zahlen, Buchstaben und Befehle in sogenannten Speicherzellen aufzubewahren, um sie im Bedarfsfalle zur weiteren Verwendung wieder zur Verfügung zu stellen. Es liefert dem Rechenwerk für jede Operation die Ausgangswerte und nimmt die Ergebnisse auf. Auf die verschiedenen Arten von Speicherungsmöglichkeiten werden wir noch zurückkommen.

Das *Leitwerk* oder Kommandowerk sorgt für den Ablauf des der Maschine vorgeschriebenen Programmes. Es übernimmt die entweder vom Kontrollpult aus eingegangenen oder im Speicherwerk registrierten Arbeitsbefehle und löst durch elektrische Einzelsignale oder durch Signalfolgen in den übrigen Maschinenteilen die notwendigen Operationen aus. Es ist gewissermassen die Zentrale, in welcher mit Hilfe von Relais oder Elektronenröhren usw. die beim Arbeitsablauf für die Maschinen notwendigen Schaltoperationen ausgeführt werden. Es schaltet die Operationen in der durch das Programm festgelegten Reihenfolge ein. Es bestimmt auch die Stellen im Speicher, in der eine Angabe aufzubewahren oder abzulesen ist und dirigiert auch die Eingabe- und Ausgabegeräte. Das Leitwerk muss das Programm lesen und interpretieren können, sei es von einer Schalttafel (äußeres Programm) oder aus dem Speicherwerk (inneres Programm).

Die *Eingabe- und Ausgabevorrichtungen* bestehen entweder aus Lochkartenabfühl- und Stanzgeräten, Lochstreifenabfühl- und Stanzgeräten, Magnetbandlese- und Schreibgeräten, Schreibmaschinen- und Tastaturvorrichtungen usw. Durch die Eingabevorrichtung werden der Maschine alle für eine bestimmte Arbeit notwendigen Grundgrössen, Befehle usw., zugeführt; durch die Ausgabevorrichtung werden die Ergebnisse geliefert. Diese Vorrichtungen bilden die Verbindung zwischen der Maschine und der Aussenwelt. Diese Verbindung ist notwendig, weil die der Maschine zugeführten Angaben, Informationen und Daten aus «unserer Sprache» in die «Sprache der Maschine» übersetzt werden müssen, bevor sie die Maschine verarbeiten kann. Beispielsweise erhält die Maschine die auf Lochkarten enthaltenen Informationen in Form von elektrischen Impulsen; diese werden in der Eingabevorrichtung in elektronische Impulskombinationen umgewandelt, damit sie von der Maschine verwendet werden können. Umgekehrt bestehen die Ergebnisse ebenfalls aus elektronischen Impulskombinationen, welche in der Ausgabevorrichtung in elektrische Impulse umgewandelt werden, mit deren Hilfe beispielsweise ein Lochkartenstanzgerät gesteuert werden kann.

Das *Kontrollpult* dient zur äusseren Überwachung der Maschine durch die sie bedienende Person. Von diesem aus können direkt Angaben und Arbeitsbefehle in die Maschine von Hand eingegeben werden, Resultate können vielfach von Signallampen abgelesen werden, Kontrollrechnungen können Schritt für Schritt wie auf einer Bürokechenmaschine durchgeführt werden. Störungen werden von der Maschine mit Hilfe von Kontroll-Lampen angezeigt usw.

Ausser diesen Grundeinheiten gehören zu einer Rechenanlage noch eine Reihe von Zusatzgeräten, z. B. Geräte zum Lochen von Karten oder Lochstreifen, Maschinen zum «Beschriften» von Magnetbändern, Maschinen zum Übertragen von Angaben aus Lochkarten oder Lochstreifen auf Magnetband oder umgekehrt, Schreibeinrichtungen usw.

Bevor wir auf die einzelnen Maschineneinheiten und ihre Arbeitsweise eintreten, sollen die physikalischen und logischen Grundlagen des Rechnens mit Rechenautomaten in Kürze dargelegt werden.

4. Physikalische und logische Grundlagen für digitale Rechengeräte

Die physikalischen Grundlagen der digitalen Rechengeräte können im Rahmen dieses Berichtes nur in ihren elementarsten Zügen behandelt

werden. Es soll damit lediglich das Verständnis dafür geweckt werden, dass Maschinen rechnerische und logische Operationen auszuführen in der Lage sind.

Damit eine automatisch arbeitende Rechenmaschine die von ihr verlangten Operationen ausführen kann, müssen die Zahlen und Befehle in geeigneter Form der Maschine durch Signale bekanntgegeben werden. Wir haben in Abschnitt 2 erläutert, wie Ziffern, Buchstaben und andere Zeichen durch geeignete Kombinationen der Ziffern O und L dargestellt werden können; die gleiche Darstellungsmöglichkeit gilt auch für die der Maschine zu erteilenden Operationsbefehle (siehe nächster Abschnitt). Für logische Aussagen lassen sich ebenfalls die Ziffern O (z. B. für falsche Aussagen) und L (z. B. für richtige Aussagen) verwenden.

Anderseits können die Ziffern O und L durch elektrische Analogien, z. B. durch das Unterbrechen oder Schliessen von elektrischen Leitungen mit Hilfe von Relais, oder durch zwei verschiedene Spannungsniveaus (bei Schaltungen mit Elektronenröhren) oder durch das Ausbleiben oder Eintreffen von Impulsen (im Zusammenhang mit besonderen Speicherverfahren) dargestellt werden. In der Tat sind die Schaltungselemente eines programmgesteuerten Rechenautomaten und ihr Zusammenwirken in Rechen- und Steuerschaltungen von dieser so genannten Ja-Nein-Arbeitsweise bestimmt.

Es ist nun bekannt [3], dass zur Darstellung aller Aussagenverbindungen mit Hilfe des Aussagenkalküls der theoretischen Logik lediglich drei Grundverknüpfungen nötig sind:

- die Disjunktion
- die Konjunktion und
- die Negation.

a) Grundschaltungen

Es lassen sich elektromagnetische und elektronische Schaltungssysteme entwickeln, durch welche sich diese Grundverknüpfungen darstellen lassen. Der Disjunktion entspricht die sogenannte «Oderschaltung» und der Konjunktion die sogenannte «Und-Schaltung». Als Schaltungselemente werden bei elektronischen Rechenautomaten unter anderem vielfach Elektronenröhren (Vakuumröhren), Kristalldioden oder Transistoren verwendet. Wie diese Grundschaltungen technisch realisiert werden, ist eine Angelegenheit der Elektroingenieure und

Maschinenkonstrukteure. Es würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen, wenn wir auf diese elektrotechnischen Fragen im einzelnen eingehen wollten. Wir versuchen daher, die Grundschaltungen durch Symbole zu veranschaulichen.

Zum Verständnis dieser Symbole ist es lediglich notwendig, zu wissen, dass ein Impuls sich durch einen elektrischen Leiter fortbewegt, bei Verzweigungen des Leiters sich aufteilt, und es überdies möglich ist, mit Hilfe eines Impulses einen sogenannten «elektronischen Schalter» zu schliessen oder zu öffnen. Die Alternative, ob durch einen Impuls ein vorhandener elektronischer Schalter zu schliessen oder zu öffnen ist, deuten wir mit Hilfe der zwei in Fig. 2 dargestellten Symbole an.

Figur 2



In Fig. 3 sind die Grundschaltungen für die Disjunktion, Konjunktion und Negation schematisch dargestellt. Es handelt sich durchwegs um Schaltungen mit zwei Eingangsklemmen und einer Ausgangsklemme. Bei der mit X bezeichneten Klemme (Fig. 3 c) kommen ständig in gleichmässigen Zeitabständen Δt Impulse an. Bei allen Klemmen kann in einem Zeitelement Δt entweder ein Impuls vorhanden sein oder nicht. Zum Verständnis der Zeichnungen muss noch erwähnt werden, dass ein durch einen Impuls betätigter Schalter für diesen Impuls stets gesperrt ist; durch den geschlossenen Schalter kann somit nur ein von einer andern Klemme herkommender Impuls weitergeleitet werden.

An der Schaltung für die Negation ist wesentlich, dass eine zusätzliche Einrichtung dafür sorgt, dass bei der Klemme X in jedem Zeitelement Δt ein Impuls eintrifft.

In der mittleren Kolonne von Fig.3 ist die Wirkungsweise der Schaltungen tabellarisch veranschaulicht. Es bedeutet darin L das Vorhandensein und O das Fehlen eines Impulses an der betreffenden Klemme.

Um die nachfolgenden Darstellungen zu vereinfachen, haben wir in der rechten Kolonne von Fig. 3 für jede Grundschaltung ein vereinfachtes Symbol angegeben, das wir in den weiteren Zeichnungen verwenden.

Logische Grundschaltungen

Figur 3

Schematische Darstellung	Wirkungsweise		Symbol für die Grundschaltung
	Eingangs-klemmen	Ausgangs-klemmen	
a) Disjunktion			kein besonderes Symbol
	A	B	C
	L	O	L
	O	L	L
	L	L	L
	O	O	O
b) Konjunktion			
	A	B	C
	L	O	O
	O	L	O
	L	L	L
	O	O	O
c) Negation			
	A	X	C
	L	L	O
	O	L	L
	X		

The diagram illustrates three basic logic functions:

- OR (Disjunction):** A schematic symbol consisting of a triangle with two inputs (A and B) and one output (C). The output C is high (O) whenever either or both inputs A and B are high. Its truth table is as follows:

A	B	C
L	O	L
O	L	L
L	L	L
O	O	O

- AND (Konjunktion):** A schematic symbol consisting of a rectangle with two inputs (A and B) and one output (C). The output C is high (O) only if both inputs A and B are high. Its truth table is as follows:

A	B	C
L	O	O
O	L	O
L	L	L
O	O	O

- Negation:** A schematic symbol consisting of a circle with one input (A) and one output (X). The output X is high (O) whenever the input A is low (L), and vice versa. Its truth table is as follows:

A	X
L	O
O	L

Während sich für die Disjunktion und Konjunktion Analogien durch Diodenschaltungen (Vakuumdiode oder Kristalldioden) herstellen lassen, lässt sich die Negation nicht mit Dioden realisieren. Es müssen gittergesteuerte Röhren, z. B. Trioden (Eingitterröhren) zu Hilfe genommen werden.

Auch mit Hilfe von Pentoden (Mehrgitterröhren) lassen sich Grundschaltungen als Analogien zu den drei logischen Grundverknüpfungen herstellen.

Anstelle von Trioden werden in neuester Zeit auch Transistoren verwendet. Diese weisen gegenüber den Trioden ungefähr dieselben Vorteile auf, wie die Kristalldioden gegenüber den Vakuumdiode (Raumersparnis, geringer Energiebedarf, keine Wärmeentwicklung). Die Erfahrungen zeigen bereits, dass durch den Einsatz von Kristalldioden und Transistoren anstelle von Röhren ein bedeutender Fortschritt im Bau elektronischer Rechenautomaten erreicht werden kann. Die Raumersparnis beläuft sich auf etwa 50% und die Verminderung des Energiebedarfes auf rund 95%.

Ausser Vakuumröhren, Kristalldioden oder Transistoren werden natürlich für die Erstellung von Schaltungen noch Widerstände, Kondensatoren (Kapazitäten) und Induktivitäten benötigt. Wir haben mit Absicht von den Funktionen all dieser Schaltungselemente nicht gesprochen. Wer sich hierüber unterrichten will, möge die elektronische Fachliteratur zur Hand nehmen.

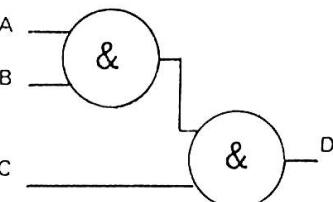
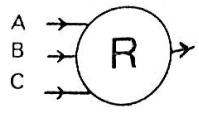
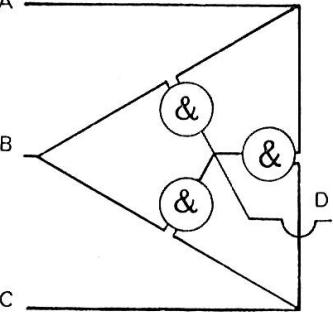
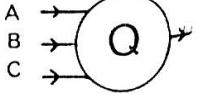
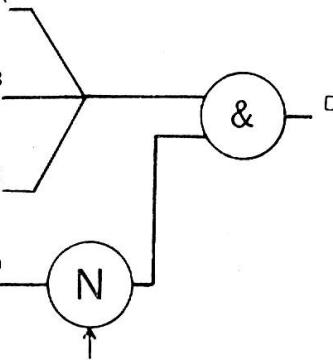
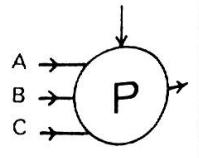
Wir müssen uns vorstellen, dass an den Eingangsklemmen eines Addierwerkes die beiden zu addierenden Zahlen in Form von Impulsketten eintreffen, und zwar so, dass zu einer Zeit t die Dualstellen mit dem niedrigsten Rang, dann zur Zeit $t + \Delta t$ die Dualstellen mit dem zweitniedrigsten Rang, zur Zeit $t + 2\Delta t$ diejenigen mit dem dritt-niedrigsten Rang usw. zur Verarbeitung anlangen. Es muss nun noch eine Einrichtung geschaffen werden, welche einen bei der Addition der Dualziffern des Ranges i allenfalls entstehenden Übertrag durch einen Impuls festhält und zusammen mit den Dualziffern des Ranges $i+1$ wieder zur Addition eingibt. Diese Einrichtung muss den bei i entstehenden Impuls für den Übertrag um ein Zeitelement Δt verzögern. Wir wollen nicht darauf eintreten, wie sich eine derartige Einrichtung realisieren lässt; wir verwenden einfach das in Fig. 4 angegebene Symbol.

Verzögerungseinrichtung A → → C

Figur 4

Kombinierte Grundschaltungen

Figur 5

Schematische Darstellung mit logischen Grundschaltungen	Wirkungsweise	Symbol
	Bei der Ausgangsklemme D entsteht nur dann ein Impuls, wenn bei den Eingangsklemmen A, B und C gleichzeitig ein Impuls eintrifft.	
	Bei der Ausgangsklemme D entsteht dann ein Impuls, wenn wenigstens bei zwei Eingangsklemmen gleichzeitig ein Impuls eintrifft.	
	Bei der Ausgangsklemme D entsteht dann ein Impuls, wenn 1) bei mindestens einer der Eingangsklemmen A, B, C ein Impuls eintrifft und ferner, 2) bei der Eingangsklemme Q kein Impuls eintrifft.	

Die in Fig. 3 dargestellten logischen Grundschaltungen lassen sich nun zu Schaltungsbildern kombinieren, welche bestimmte vorgeschriebene Eigenschaften aufweisen. Drei solcher Kombinationen, die beim Aufbau eines Rechenwerkes eine Rolle spielen, sind in Fig. 5 dargestellt. Die dafür angegebenen Symbole in der rechten Kolonne von Fig. 5 haben wir in Anlehnung an Michaelson [2] gewählt.

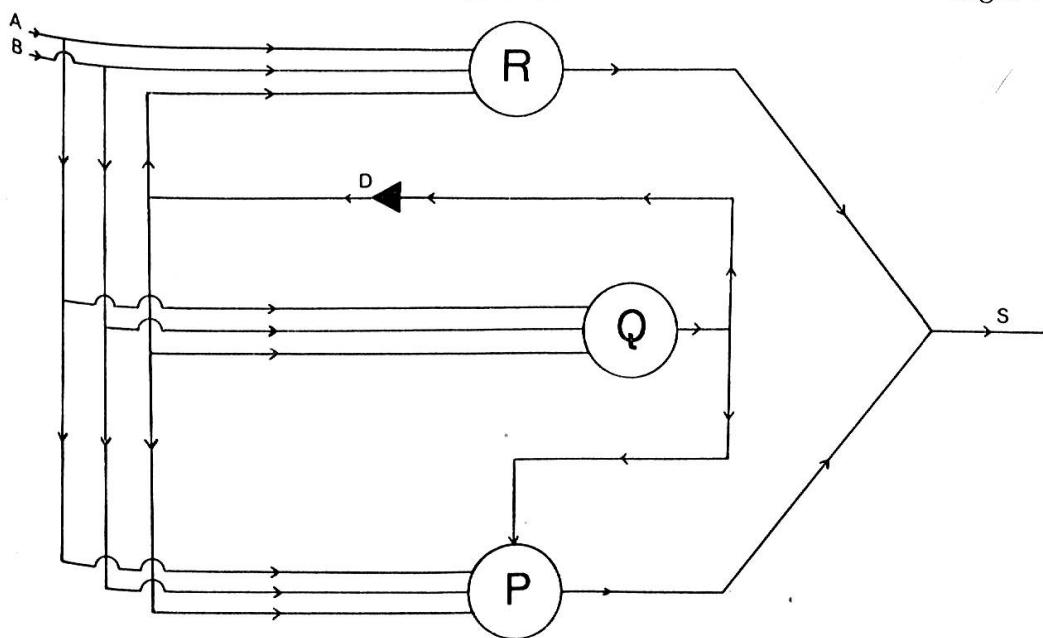
b) Das Rechenwerk

Da die Subtraktion, Multiplikation und Division auf die Addition zurückgeführt werden können, braucht das Rechenwerk grundsätzlich lediglich Additionen ausführen zu können. Die Aufspaltung der übrigen arithmetischen Operationen in Additionen erfolgt durch ein im Leitwerk fest eingebautes Programm. Beispielsweise ist es nötig, dass bei Ausführung einer Subtraktion der Subtrahend durch eine Schaltung für die Negation (Fig. 3 c) geschickt wird, bevor er ins Addierwerk gelangt. Zudem müssen die früher besprochenen Korrekturen, die bei der Subtraktion verschlüsselter Zahlen nötig sind, programmatisch festgehalten sein.

Mit Hilfe der im vorstehenden Abschnitt erwähnten kombinierten Grundschaltungen lässt sich ohne weiteres ein richtig arbeitendes Addierwerk herstellen. Wir haben im Sinne eines Beispiels ein solches in Fig. 6 dargestellt.

Addierwerk

Figur 6



Die Funktionsweise dieses Addierwerkes ist aus folgendem Schema ersichtlich, in welchem die Vorgänge dargestellt sind, wie sie bei der Addition der i -ten Dualstelle zweier Zahlen auftreten, die bei A bzw. B angelangt sind. Bei A und B kann also je ein Impuls vorhanden sein oder nicht. Bei D ist dann ein Impuls vorhanden, wenn bei der Addition der vorangehenden Dualstellen ein Übertrag stattgefunden hat, andernfalls nicht.

Das Vorhandensein eines Impulses an einer bestimmten Stelle wird in nachstehendem Schema mit L angezeigt, das Nichtvorhandensein mit O.

Eingang			Ausgang bei			
D	A	B	R	Q	P	S
O	O	O	O	O	O	O
O	O	L	O	O	L	L
O	L	O	O	O	L	L
O	L	L	O	L	O	O
L	O	O	O	O	L	L
L	O	L	O	L	O	O
L	L	O	O	L	O	O
L	L	L	L	L	O	L

In den Kolonnen S und Q ist das Resultat der Addition der in den Kolonnen D , A und B dargestellten Dualziffern angegeben. Wenn zwei oder dreimal die Ziffer L zu addieren ist, entsteht ein Übertrag, was durch ein L in der Kolonne Q angegeben ist. Der am Ausgang bei Q entstehende Impuls gelangt in die Verzögerungseinrichtung bei D und erzeugt bei der Addition der nächstfolgenden Dualstellen einen Übertragsimpuls am Eingang von R .

Damit ist im Prinzip gezeigt, dass sich durch Kombination logischer Grundschaltungen ein Addierwerk und somit ein vollständiges Rechenwerk aufbauen lässt. Mit welchen technischen Hilfsmitteln der Aufbau erfolgt, soll hier nicht behandelt werden. Je nach den Hilfsmitteln sind unter Umständen andere logische Grundschaltungen notwendig und es muss gegebenenfalls auf andere als die vorstehend dargelegten logischen Verknüpfungsgesetze abgestellt werden bei der Erstellung von Kombinationen dieser Grundschaltungen.

Es sei an dieser Stelle noch auf die Einrichtung des *Akkumulators* hingewiesen. Diese Einrichtung ist eine Verbindung von einem Addier-

werk mit einem Rechenwerk-Register. Sie erfüllt dieselben Funktionen wie das Additionszählwerk in einer Tischrechenmaschine. Das Addierwerk, das mit dem Speicherregister verbunden ist, hat die Aufgabe, zu einer in diesem Register vorhandenen Zahl eine andere (aus einem anderen Speicherregister kommende) Zahl zu addieren.

aa) In Serie arbeitende Rechenwerke

In einem in Serie arbeitenden Rechenwerk wird nur ein einstelliges Addierwerk verwendet mit je einem Eingang für beide Summanden. Die Eingabe sämtlicher Ziffern einer Zahl erfolgt durch einen einzigen Kanal. Zuerst werden die niedrigsten Ziffern der beiden Summanden eingegeben und addiert. Die Summe wird ausgegeben und ein allfälliger Übertrag verzögert, bis die nächstfolgenden zwei Ziffern in das Addierwerk eingegeben werden; gleichzeitig wird dann auch der Übertrag über den Eingang für Überträge wieder neu in das Addierwerk eingegeben.

In der Regel werden die zu verarbeitenden Zahlen vom Speicher zuerst in besondere Rechenwerk-Register und erst von diesen ziffernweise ins Rechenwerk geführt. Auch das vom Addierwerk kommende Ergebnis gelangt zuerst in ein Rechenwerk-Register und von diesem in den eigentlichen Speicher.

bb) Parallel arbeitende Rechenwerke

Wenn ein Rechenwerk parallel arbeiten soll, werden soviele elementare Addierwerke verwendet, wie die zu addierenden Zahlen Ziffern besitzen. Die Eingabe sämtlicher Ziffern erfolgt gleichzeitig durch eine entsprechende Anzahl parallel laufender Kanäle. Mit parallel arbeitenden Rechenwerken wird grösere Arbeitsgeschwindigkeit erzielt. Der Bau der Maschine erfordert allerdings mehr Material, doch wird dieser Nachteil durch eine einfachere Konstruktion des Leitwerkes etwas kompensiert.

c) Speicher

Viele Rechenautomaten sind gekennzeichnet durch das für die Aufspeicherung von Angaben und Instruktionen verwendete Verfahren.

Es ist zu unterscheiden zwischen inneren und äusseren Speichern. In diesem Abschnitt ist nur von den inneren Speichern die Rede. Die äusseren Speicher werden im Zusammenhang mit den Ein- und Ausgabevorrichtungen behandelt.

Der Bau von inneren Speichern für einen Rechenautomaten bietet erhebliche technische Schwierigkeiten. Einerseits wird angestrebt, mit geringem Materialaufwand ein möglichst grosses Fassungsvermögen zu erzielen; anderseits sollen die gespeicherten Angaben in möglichst kurzer Zeit dem Speicher entnommen werden können. Grosser Kapazität und geringe Zugriffszeit sind aber sich widerstreitende Forderungen, die neben den Forderungen nach Betriebssicherheit und niedrigen Gestaltungskosten an einen Speicher gestellt werden müssen.

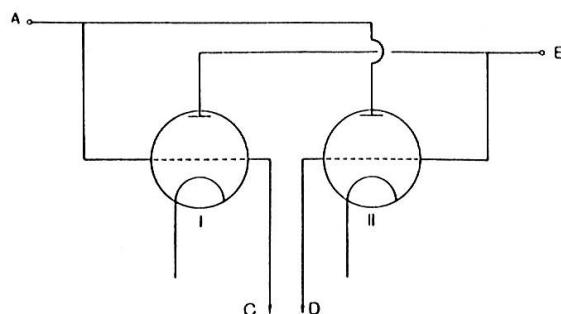
In der Regel wird eine Unterteilung vorgenommen in einen kleinen Schnellspeicher mit minimierter Zugriffszeit und in einen Großspeicher mit grösserer Zugriffszeit. Der Schnellspeicher weist verhältnismässig wenig Speicherzellen auf; jede davon kann, wenn sie vom Leitwerk aus angerufen wird, sofort ihren Inhalt abgeben. Der Großspeicher weist dagegen bedeutend mehr Speicherzellen auf; um auf den Inhalt einer einzelnen Zelle greifen zu können, muss eine gewisse Wartezeit in Kauf genommen werden. Das Bestreben der Konstrukteure geht dahin, diese Wartezeit derart zu verkürzen, dass ein günstiges Verhältnis zu der schnellen Arbeitsweise des Rechenwerkes entsteht.

Mechanische oder elektromechanische Zähler fallen bei elektronischen Rechenmaschinen als Bauelemente für Speicher heute ausser Betracht. Sie werden in diesem Bericht nicht behandelt. Hingegen eignen sich Elektronenröhren, Kristalldioden und Transistoren als Bauelemente für Speicher. Ferner haben in neuester Zeit magnetische Verfahren wachsende Bedeutung erlangt. Nachstehend sind einige Speicherverfahren beschrieben im Sinne von Beispielen. Die Entwicklung auf diesem Gebiete dürfte noch kaum als abgeschlossen gelten.

aa) Verwendung von Elektronenröhren als Bauelement für Speicher

Für die Speicherung einer einzelnen Dualstelle kann der sogenannte Flip-Flop verwendet werden. Er besteht aus zwei kreuzweise geschalteten Trioden (Eingitterröhren) und besitzt zwei stabile Zustände.

Flip-Flop-Schaltung



Figur 7

In Fig. 7 ist das Prinzipsschema der Flip-Flop-Schaltung dargestellt. A und B sind die zwei Eingänge, C und D die zwei Ausgänge, I und II die beiden Trioden. Durch zusätzliche Einrichtungen wird dafür gesorgt, dass das Vorhandensein eines Impulses durch einen Impuls am Eingang A, das Fehlen eines Impulses durch einen Impuls am Eingang B angezeigt wird. Trifft bei A ein Impuls ein, so fliesst in der Triode II Strom, während in der Triode I der Stromfluss gesperrt wird. Durch den Stromfluss in II wird in I das Potential zwischen Gitter und Kathode herabgedrückt und die Sperrung aufrechterhalten. Am Ausgang C kann die dem Wert L entsprechende Spannung abgenommen werden. Treffen bei A weitere Impulse ein, so ändert dies am Zustand des Flip-Flop nichts.

Trifft nun aber bei B ein Impuls ein, so wird die Triode I eingeschaltet und die Triode II gesperrt. Bei D kann die dem Wert O entsprechende Spannung abgenommen werden. Der Flip-Flop verharrt nunmehr in dieser Stellung, bis bei A ein neuer Impuls für den Wert L eintrifft.

Nun kann beispielsweise die Stellung des Flip-Flop, wo die Triode II ausgeschaltet ist, für die Darstellung des Wertes O und die umgekehrte Stellung für die Darstellung des Wertes L verwendet werden.

Für die Speicherung einer Tetrade sind somit 4 Flip-Flop-Schaltungen nötig, für die Speicherung einer zwölfstelligen Dezimalzahl somit 48 Flip-Flop-Schaltungen oder 96 Trioden.

Ein aus Flip-Flop-Schaltungen aufgebauter Speicher genügt hinsichtlich seiner Arbeitsgeschwindigkeit und Suchzeit allen Ansprüchen. Der hohe Materialverbrauch und Raumbedarf sind aber entschiedene Nachteile. Daher können diese Speicher nur bei geringem Kapazitätsbedarf in Frage kommen, so z. B. für die Speicherungsregister, welche die vom Rechenwerk zu verarbeitenden Zahlen aufnehmen oder in welche die Resultate aus dem Rechenwerk abgegeben werden.

bb) Speicherschaltkreis mit Verzögerungslinie

Bei der Zahlendarstellung durch Tetraden weist die Impulsfolge für eine zwölfstellige Zahl bis zu 48 Impulse auf. Da die Geschwindigkeit dieser Impulse 300 000 km in der Sekunde beträgt, ist der Abstand zwischen zwei Impulsen erheblich; er beträgt z. B. bei Verwendung eines 300 kHz abgebenden elektronischen Impulserzeugers 1 km. Die Impulskette für eine zwölfstellige Zahl hätte demnach eine Länge von 48 km.

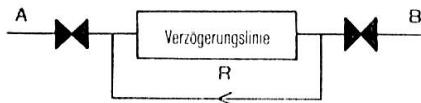
Die Zeit für die Zurücklegung dieser Strecke beträgt 0,00016 Sekunden.

Es gibt nun Einrichtungen, diese Geschwindigkeit zu verringern, sogenannte Verzögerungslinien. Die durch das Symbol in Fig. 4 dargestellte Verzögerungseinrichtung ist so gedacht, dass die Verzögerung dem Abstand zweier Impulspositionen (Dualstellen) entspricht. Eine Verzögerungslinie soll nun eine Verzögerung bewirken, welche der Länge einer ganzen Impulskette, durch die eine Zahl dargestellt wird, entspricht. Das wäre in unserem Falle eine Verzögerung um 48 Impulspositionen.

In Fig. 8 ist das logische Schema eines Speicherschaltkreises mit eingebauter Verzögerungslinie dargestellt.

Figur 8

Speicherschaltkreis



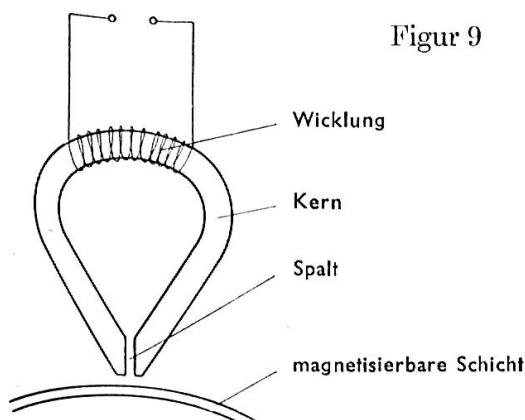
Eine von *A* kommende Impulskette von z. B. 48 Impulspositionen gelangt durch einen elektronischen Schalter in die Verzögerungslinie. Ein Impuls in der *i*-ten Position der Kette verlässt die Verzögerungslinie in unserem Beispiel nach 0,00016 Sekunden in Richtung von *B*. Er gelangt aber über *R* wieder zum Eingang der Verzögerungslinie zurück, wobei ihm gegebenenfalls vorher noch in einem Verstärker die durch die Bremswirkung verlorengegangene Energie wieder gegeben wird. Die Impulskette zirkuliert also in diesem Schaltkreis beliebig lang und ist somit gespeichert. Sie kann durch Schliessung eines elektronischen Ausgangsschalters *B* dem Speicher in kürzester Zeit entnommen werden. Die Löschung der Impulskette erfolgt durch Unterbrechung des Verstärkervorganges für die Dauer eines Umlaufs.

cc) Magnettrommeln

Magnetische Speicherungsverfahren dürften zur Zeit hinsichtlich Kapazität und Zugriffsgeschwindigkeit den praktischen Bedürfnissen insbesondere beim Bau von Großspeichern weitgehend entsprechen.

Bei vielen elektronischen Rechenanlagen sind heute Magnettrommelspeicher in Gebrauch. Die Entwicklung derartiger Speicher ging aus von der Magnetophontechnik. Die Speicherung findet auf einer

Schema eines Magnetkopfes



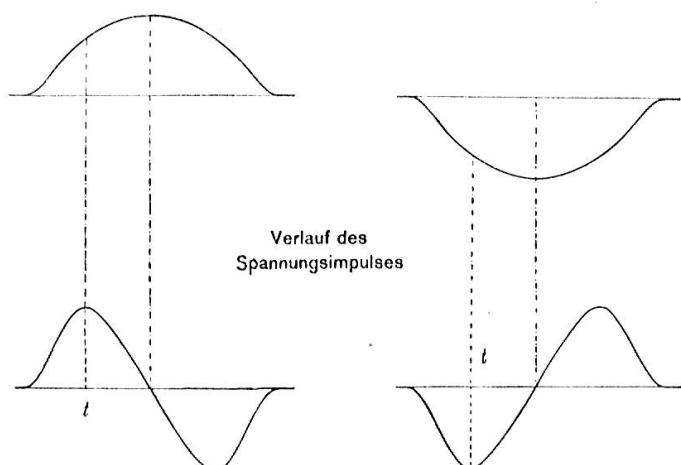
Figur 9

dünnen magnetisierbaren Schicht auf der Oberfläche einer rotierenden Trommel statt. Die Aufzeichnungen erfolgen auf zahlreichen nebeneinanderliegenden Spuren durch kleine Elektromagnete, sogenannte Magnetköpfe, die in grosser Zahl über die Trommeloberfläche angeordnet sind. Meistens üben die Magnetköpfe nicht nur Aufzeichnungs-, sondern auch Wiedergabefunktionen aus. (Fig. 9).

Die magnetische Aufzeichnung kann dadurch erfolgen, dass ein dualer Ziffernwert 0 oder 1 durch einen starken negativen oder positiven Stromimpuls dargestellt wird, der durch die Magnetkopfwicklung fliesst und den Kern erregt; im entstehenden Magnetfeld wird die als Speichermedium verwendete Schicht an der vorbestimmten Stelle bis zur Sättigung magnetisiert. Diese magnetische Aufzeichnung ist praktisch unbegrenzt haltbar. Die Ablesung kann mit demselben Magnetkopf erfolgen. Durch den magnetisierten Fleck auf der Schicht wird im Kern des Magnetkopfes ein Induktionsfluss und in der Wicklung ein Spannungsimpuls erzeugt.

Figur 10

Induktionsfluss im Kern



bei positiv magnetisiertem
Fleck auf der Schicht

bei negativ magnetisiertem
Fleck auf der Schicht

Zur Auswertung des Spannungsimpulses prüft man, ob im Zeitwert t (siehe Fig. 10) die Lesespannung positiv (Wert L) oder negativ (Wert O) ist.

Diese Signale müssen dann in eine Folge statischer Spannungen verwandelt werden können. Dies kann z. B. geschehen, indem die an den Stellen t festgestellten Polaritäten zur Steuerung eines Flip-Flop verwendet werden.

Ein eigentliches Löschen der Magnetisierungen auf dem Speichermedium ist nicht vorgesehen. Wenn eine Aufzeichnung geschrieben wird, so wird eine an derselben Stelle bereits vorhandene Aufzeichnung völlig überdeckt, falls sie umgekehrtes Vorzeichen hatte; wenn das Vorzeichen gleich ist, so erfolgt keine Veränderung, da die Magnetisierung bei der früheren Aufzeichnung bis zur Sättigung des Mediums erfolgte.

Die Magnettrommel ist längs den Spuren in Speicherzellen aufgeteilt.

Die Orte der Speicherzellen, deren es viele tausend über den Trommelmantel verteilt geben kann, müssen genau festgelegt werden. Jeder Zelle wird daher eine Adresse zugeordnet, die bestimmt ist durch die Nummer der Spur und eine durch eine Hilfsspur gesteuerte Abzählung der Zellenabschnitte.

Magnettrommelspeicher arbeiten sehr zuverlässig und betriebs sicher. Die mechanische Fertigung stellt konstruktive Probleme schwieriger Art. Die erreichbare Speicherkapazität ist gross. Die Forderungen nach hoher Speicherkapazität und kurzer Zugriffszeit lassen sich jedoch nicht unabhängig voneinander erfüllen. Man kann grosse, langsam rotierende Trommeln mit grosser Kapazität oder schlanke, schnell rotierende Trommeln mit kleiner Kapazität bauen. Als innere Speicher, sogenannte Schnellspeicher, finden vor allem letztere Verwendung. Im Gegensatz dazu dienen die als Grossraumspeicher bezeichneten Trommeln als äussere Speicher, wozu sie sich auch dank der Eigenschaft aller Magnettrommelspeicher eignen, dass die Speicherung auch nach Ausschaltung der Stromquelle erhalten bleibt, sodass beispielsweise bei Betriebsstörungen keine Angaben verloren gehen.

dd) Magnetscheibenspeicher

In neuerer Zeit wurden Speicher mit beachtlich hoher Kapazität gebaut, bei denen auf einer rotierenden Achse Scheiben aufgereiht sind (ähnlich Schallplatten), die sich beidseitig magnetisieren lassen. Es

existiert bereits eine bestimmte Konstruktion, bei der jede Platte beidseitig 100 Spuren zu 5 Sektoren aufweist, sodass bei Verwendung von 50 Platten insgesamt 50 000 Sektoren zur Verfügung stehen. Da jeder Sektor 100 Ziffern fassen kann, lassen sich in einem derartigen Speicher 5 Millionen Ziffern speichern. Man hofft, diese vielversprechende technische Neuentwicklung noch wesentlich verbessern zu können, sodass die Speicherkapazität ein Vielfaches der heute erreichten betragen wird.

Die Beschriftung und Ablesung erfolgt mit Hilfe eines oder mehrerer beweglicher Arme, die je mit zwei gabelförmig angeordneten Magnetköpfen versehen sind. Die mittlere Zugriffszeit zu einem bestimmten Sektor ist etwa 0,3 Sekunden.

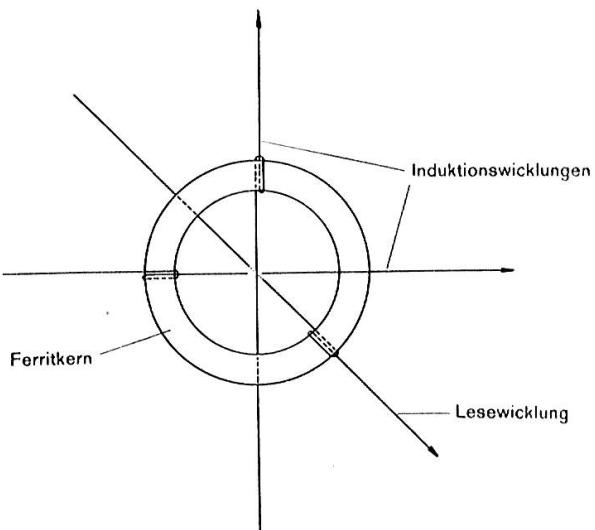
Diese Art von Speichern dürfte bei Maschinen, die zu kommerziellen Zwecken eingesetzt werden, besondere Bedeutung erlangen. Der Magnetscheibenspeicher gestattet einen direkten (nichtsequentiellen) Zugriff zu jeder beliebigen Speicherzelle ohne grosse Wartezeit. Er eignet sich auch als Dauerspeicher, wie die Lochkartenkartei oder das Magnetband, weist diesen gegenüber jedoch den Vorteil auf, dass sich bei der Angabenverarbeitung die Sortierarbeit vermeiden lässt.

ee) Magnetkernspeicher

Eine andere Art der magnetischen Speicherung ist die folgende. Es wird in einem ringförmigen Eisenkern ein positiver oder negativer Fluss induziert, wodurch der Wert L oder der Wert O gespeichert werden kann. Die Kerne werden vorwiegend aus Ferritmaterial hergestellt; sie weisen nur etwa 2 mm Aussendurchmesser und 0,8 mm Höhe auf. Die Kerne sitzen auf den Gitterpunkten eines Drahtnetzes in matrizenförmiger Anordnung. (Fig. 11).

Die Magnetisierung eines einzelnen Kerns erfolgt dadurch, dass durch einen senkrechten und einen waagrechten Draht je ein Stromstoß gegeben wird. Die beiden

Figur 11
Ferritkernspeicher für einen Impuls



Stromstöße sind gerade so stark, dass sie zusammen ausreichen zur Magnetisierung des Kerns. Für jeden Impuls muss ein Kern vorhanden sein, der zum Speichern eines Wertes L oder O dient.

Zum Lesen wird grundsätzlich eine O eingeschrieben und an einer dritten Kernwicklung beobachtet, ob dabei eine Induktionsänderung eintritt, die sich durch eine Spannung in der Lesewicklung äusserst.

Diese Art von Speicher zeichnet sich durch grosse Einfachheit und Betriebssicherheit aus. Die Fabrikation stellt allerdings hohe Anforderungen und ist kostspielig.

Ferritkernspeicher finden vor allem Anwendung als innere Schnellspeicher. Die Kennzeichnung einer Speicherzelle erfolgt durch ein Koordinatenpaar. Die Zugriffszeit ist ausserordentlich klein (ca. 15 Mikrosekunden). Die Kapazität kann, abgesehen von ökonomischen Erwägungen, praktisch beliebig gewählt werden.

ff) Andere Speicherarten

Andere, weniger verbreitete Speicherverfahren beruhen auf der Tatsache, dass eine durch einen Kathodenstrahl bestrahlte isolierende Schicht zwei stabile Potentiale annehmen kann. Es sind besondere Elektronenröhren (Selectrons) entwickelt worden, die davon Gebrauch machen und als schnelle Speicher verwendet werden könnten.

Eine weitere Möglichkeit bietet die Kathodenstrahlröhre, auf deren Leuchtschirm eine Ladung aufgebracht und ständig regeneriert wird. Speicher dieser Art eignen sich für schnellste Arbeitsweise, erfordern aber überaus komplizierte Schaltungen.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass auch Entwicklungen mit chemischen und akustischen Speicherverfahren versucht worden sind.

d) Das Leitwerk

Das Leitwerk besteht aus einem Befehlsspeicher und einer Operationssteuerung.

Für die Steuerung einer elektronischen Rechenmaschine muss ein vorgesehenes Rechenprogramm vorerst in gewisse Grundoperationen zerlegt werden, welche die Maschine direkt ausführen kann. Es hängt vom technischen Aufbau des Werkes für die Operationssteuerung ab, wie weit diese Zerlegung gehen muss. Für die Ausführung der bezüglichen Schaltungen besteht eine Fülle von Möglichkeiten, und jeder

Konstrukteur wird die ihm geeignet scheinende Lösung wählen. Die logischen Grundschaltungen sind dieselben wie für das Rechenwerk.

Der Ablauf eines Rechenganges wird durch eine Folge von Befehlen gesteuert, welche die Grundoperationen in der richtigen Reihenfolge auslösen. Jeder Grundoperation entspricht in der Maschine ein fester Schaltkreis. Wegen der schaltungstechnischen Unterschiede der verschiedenen Maschinentypen ist die Beziehung zwischen Rechenprogramm und Befehlsreihe stark von der verwendeten Maschine abhängig.

Die Befehle werden in der vorgegebenen Reihenfolge aus dem Befehlsspeicher abgelesen. Sie sind dort verschlüsselt angegeben und müssen in einer besonderen Vorrichtung des Leitwerkes zuerst entschlüsselt werden. Daraufhin wird die einem Befehl entsprechende Grundoperation im Rechenwerk ausgelöst, indem die zugehörige Schaltung durch einen Impuls angesteuert wird.

Die Befehle können in einem besonderen Speicher aufbewahrt sein. Bei einfachen Maschinen können z. B. die Befehle in Form von Verdrahtungen (durch Einsticken von Kabeln auf einer Schalttafel) gespeichert sein. Auch feste Verdrahtungen für häufig wiederkehrende Befehlsreihen sind denkbar.

Anderseits können die Befehle auch in dem für Zahlen verwendeten Speicher aufbewahrt sein. Dieses Verfahren wird heute bevorzugt. So weisen beispielsweise mehrere für kommerzielle Zwecke gebaute (zum Teil in Verbindung mit Lochkarteneinrichtungen verwendbare) Maschinen als innere Speicher schnell laufende Trommeln auf, die nicht nur als Zahlenspeicher, sondern zugleich auch als Befehlsspeicher verwendet werden können.

Bei diesem Verfahren hat das Leitwerk in einer ersten Arbeitsphase jeweilen den nächsten Befehl dem Speicher zu entnehmen und in einer zweiten Arbeitsphase die befohlene Operation auszuführen. Die Angaben des Speichers müssen daher sowohl zum Leitwerk als auch zum Rechenwerk übermittelt werden können. Dadurch wird der Rechenprozess etwas verlangsamt, doch ist im allgemeinen eine gute Ausgeglichenheit der Rechenzeiten und Suchzeiten für die Befehle sichergestellt.

e) Eingabe- und Ausgabevorrichtungen

Die Verbindung zwischen der Aussenwelt und der Maschine lässt sich nur mit mechanischen Mitteln herstellen, die eine begrenzte

Geschwindigkeit aufweisen. Dieser Umstand fällt bei Maschinen, die ausschliesslich für wissenschaftliche Berechnungen verwendet werden, nicht sonderlich ins Gewicht, da die Menge der einzugebenden und auszugebenden Zahlen im Verhältnis zur gesamten Rechenzeit gering ist. Bei Maschinen, die für kommerzielle Zwecke Verwendung finden sollen, sogenannten Informations-Verarbeitungsmaschinen, ist jedoch zu beachten, dass umfangreiche Mengen von Zahlen und anderen Angaben zur Verarbeitung gelangen. Diese Maschinen stellen hohe Anforderungen nicht nur an die Speichervorrichtungen, sondern auch an die Eingabe- und Ausgabevorrichtungen.

aa) Direkte Ein- und Ausgabe

Die direkte Eingabe von Daten und Instruktionen ins Rechenwerk oder in den inneren Speicher mittels einer Tastatur genügt hinsichtlich Schnelligkeit und Fehlersicherheit nur bescheidenen Ansprüchen und dient daher lediglich als Zusatzeinrichtung. Es werden dadurch Kontrollen über das richtige Arbeiten der Maschine ermöglicht. Operationsfehler können rasch aufgefunden werden. Ferner können Befehlsänderungen oder zusätzliche Programmteile eingegeben und vorhandene Programmteile gelöscht werden. Die Tastatur dient auch zum Start und zum Unterbrechen der Arbeit der Maschine.

Die analoge Form des direkten Ausgangs besteht oft aus einem Feld von Glimmlämpchen, mit deren Hilfe alle Angaben, die sich im Rechenwerk, in einem Register oder im inneren Speicher befinden, sichtbar angezeigt werden können. Durch Verwendung einer elektrischen Schreibmaschine können die Angaben auch in gedruckter Form erhalten werden, mit einer Geschwindigkeit von 10 bis 15 Zeichen pro Sekunde.

Die Vorrichtungen für die direkte Eingabe und Ausgabe sind bei grossen Rechenautomaten als Bestandteile des Kontrollpultes vorhanden. Bei normalem Ablauf von Arbeitsprogrammen stehen diese Einrichtungen jedoch lediglich in Bereitschaft.

bb) Ein- und Ausgabe mit Hilfe eines speichernden Mediums

Um die Arbeitsgeschwindigkeit einer elektronischen Rechenmaschine voll auszunützen, empfiehlt es sich, die zu verarbeitenden Angaben in einem äusseren Speicher zu sammeln.

Während Jahrzehnten haben Lochkarten als Angabenspeicher oder Angabenträger in den Verwaltungsbetrieben hervorragende Dienste geleistet. Sie finden heute vielfach in Verbindung mit elektronischen Rechenmaschinen Verwendung. An die Rechenmaschine wird in diesem Falle ein Ablese- und Stanzgerät für Lochkarten angeschlossen. Die Geschwindigkeit für die Kartenzufuhr beträgt maximal 12 000 Karten pro Stunde oder 260 bis 270 Zeichen pro Sekunde.

Diese Geschwindigkeit ist im Vergleich zur Arbeitsgeschwindigkeit des Rechenautomaten sehr klein. Die von der Lochkarte abgelesenen Angaben werden in der Regel gesamthaft zuerst in einen sogenannten Pufferspeicher und erst von diesem einzeln und im gewünschten Zeitpunkt in ein Rechenwerk-Register der Rechenmaschine zur Verarbeitung eingegeben. Als Pufferspeicher kommen Magnetkernspeicher oder besonders bezeichnete Zonen auf einer schnell laufenden Magnettrommel zur Anwendung. Auch die aus der Rechenmaschine zur Ausgabe gelangenden Angaben werden meist zuerst in einen Pufferspeicher und erst von diesem wieder gesamthaft in den Kartenstanzer gegeben.

Vor der Aufnahme der in Lochkartencode geschriebenen Angaben in den Pufferspeicher werden diese in einer besonderen Einrichtung in den der Maschine eigenen Impulscode umgewandelt. Ebenso erfahren die Angaben im Pufferspeicher vor ihrer Ausgabe in den Kartenstanzer eine Umwandlung vom Impulscode in den Lochkartencode. Der Einbau von Pufferspeichern gestattet das Umwandeln und Stanzen einer Resultatkarte, während bereits eine neue Berechnung im Gange ist; ferner können im Laufe der Berechnung bereits die Angaben der nächsten Karte gelesen und in die Maschinensprache umgewandelt werden.

Als Angabenträger werden häufig auch Lochstreifen aus Papier verwendet. Die Angaben werden in einem besonderen Code gestanzt, ähnlich dem weiter oben beschriebenen Magnetbandcode. Stanzvorrichtungen für Lochbänder sind häufig in Verbindung mit Buchungs- und Schreibmaschinen anzutreffen. Bei Verwendung von Lochstreifen als Angabenträger wird an die Rechenmaschine ein Abfühl- und Stanzgerät für Lochstreifen angeschlossen. Es sind Einrichtungen bekannt, die in der Sekunde 200 Zeichen ablesen oder 60 Zeichen stanzen können. Diese Geschwindigkeiten sind also eher noch geringer als bei Verwendung von Lochkarten.

Die vom Lochstreifen abgelesenen Angaben gelangen über einen Pufferspeicher in die Maschine; umgekehrt gelangen die Angaben aus

der Maschine über einen Pufferspeicher in das Lochstreifen-Stanzgerät.

Seit einigen Jahren werden magnetisierbare Bänder aus Metall oder Kunststoff als Angabenträger verwendet. Es können darauf mit Hilfe eines Lese- und Schreibgerätes für Magnetband Zahlen, Buchstaben und andere Zeichen durch ein ähnliches Magnetisierungsverfahren festgehalten und wieder abgelesen werden, wie es bei den Magnettrommeln verwendet wird. Mit Magnetbändern kann eine um ein Vielfaches höhere Geschwindigkeit der Ein- und Ausgabe von Angaben erreicht werden als mit Lochkarten oder Lochstreifen. Es sind Einrichtungen bekannt, mit denen sich in der Sekunde aus einem Magnetband rund 12 000 bis 20 000 Zeichen lesen lassen, was dem Inhalt von 150 bis 250 Lochkarten zu 80 Stellen entspricht. Die Beschriftung erfolgt mit derselben Geschwindigkeit.

Auch die Angaben auf Magnetband gelangen in der Regel über einen Pufferspeicher in die Maschine und die Angaben aus der Maschine über einen Pufferspeicher auf ein Magnetband. Es wird damit eine optimale Arbeitsgeschwindigkeit erreicht, da die Maschine die drei Funktionen «Lesen», «Rechnen» und «Schreiben» gleichzeitig ausüben kann. Während der Zeit, da die Maschine z. B. für eine Versicherung die gewünschten Berechnungen ausführt, schreibt sie die Ergebnisse der vorausgehenden Berechnung (die in einem Pufferspeicher gespeichert sind) auf ein Magnetband und liest ferner die Angaben für die nächste Berechnung aus einem anderen Magnetband in einen Pufferspeicher ein.

Einzelheiten über das Magnetband als Angabenträger finden sich im nächsten Abschnitt.

Bei Maschinen, die für kommerzielle Zwecke Verwendung finden sollen, können häufig mehrere Eingabe- und Ausgabevorrichtungen angeschlossen werden. Dies entspricht im Hinblick auf die grosse Zahl zu verarbeitender Daten und die Vielgestaltigkeit der Aufgaben in vielen Fällen einer Notwendigkeit.

cc) Magnetband als Angabenträger

Material. Magnetbänder werden aus Metall oder in neuerer Zeit auch aus Kunststoff (Azetatplastic oder Mylarplastic) hergestellt. Es entspricht einer technischen Notwendigkeit, dass nur Materialien, die eine hohe Zerreissfestigkeit aufweisen, verwendet werden. Wenn auf einen Befehl hin aus einem in Ruhe befindlichen Band eine Angabe ab-

gelesen werden soll, so muss das Band in kurzer Zeit auf die volle Durchlaufgeschwindigkeit von 1,5 bis 2,5 m/sec. beschleunigt und nach dem Durchlaufen von etwa $2\frac{1}{2}$ cm wieder abgebremst werden. Die Anlauf- und Bremszeit beträgt ca. 5 Millisekunden. Dies stellt hohe Anforderungen an die Konstruktion der Schreib- und Ablesegeräte.

Ob sich auf die Dauer Metallbänder oder solche aus Kunststoff besser bewähren werden, lässt sich heute noch nicht eindeutig feststellen. Mit Bändern aus Metall hat man bis heute gute Erfahrungen gemacht; sie sind atmosphärischen Einflüssen kaum unterworfen. Auch können sie sowohl vorwärts wie rückwärts laufend abgelesen werden. Bänder aus Kunststoff sind erst später aufgekommen. Sie weisen ein wesentlich geringeres Gewicht auf als Metallbänder und sind ebenfalls sehr bruch- und formfest. Bei neueren Maschinenkonstruktionen werden meistens Kunststoffbänder verwendet.

Ein Vorteil des Magnetbandes gegenüber Lochkarten und Lochstreifen besteht darin, dass die Angaben gelöscht und die Bänder für andere Zwecke wieder verwendet werden können.

Magnetbänder werden in der Regel in einer Breite von 12,5 mm hergestellt; in einzelnen Fällen auch in grösseren Breiten (z.B. bei doppelter Speicherung der Angaben). Die Impulsdichte beträgt ca. 80 Zeichen pro cm Länge; das entspricht dem Inhalt einer Lochkarte zu 80 Kolonnen.

Anordnung der Angaben. Wir haben in Abschnitt 2c beschrieben, wie für die Beschriftung von Magnetbändern Impulscodes verwendet werden können. Jedem Zeichen (Symbol) entsprechen 7 Dualstellen, die nebeneinander angeordnet sind. In der Regel werden 12 Zeichen zu einem Wort zusammengefasst; so bildet z.B. eine elfstellige Zahl mit Vorzeichen ein Wort. Ferner werden mehrere Worte (10 bis 60) zu einem Block zusammengefasst. Der Block ist die Einheit für die auf einmal abzulesenden und zur Verarbeitung gelangenden Zeichen. Zwischen zwei Blöcken wird ein Zwischenraum eingeschaltet.

Die Blocklänge kann fest oder veränderlich sein, je nach dem Maschinenfabrikat. Bei fester Blocklänge ist jeder Block mit einer festen Einteilung in Felder für die verschiedenen Arten von Angaben versehen, ähnlich wie bei den Lochkarten. Dadurch ist die Kapazität eines Blocks begrenzt; vielfach müssen Felder vorgesehen werden, die nur ausnahmsweise benutzt werden. Wenn auch die Programmierung bei Verwendung fester Blocklängen vereinfacht ist, so können doch ähnliche Unzukämmlichkeiten auftreten wie bei den Lochkarten.

Daher werden oft veränderliche Blocklängen verwendet, z. B. so, dass zunächst für gewisse Normalangaben feste Felder und für zusätzliche Angaben weitere Felder nach Bedarf vorgesehen werden. Dadurch lässt sich eine wesentliche Platzeinsparung und entsprechend für das Lesen, Rechnen und Schreiben eine Zeiteinsparung erzielen. Allerdings wird die Programmierung und auch die Konstruktion der Maschine komplizierter.

Beschriftung und Ablesung. Magnetbänder können von der Recheneinheit gelesen oder beschrieben werden. Für die Beschriftung mit Angaben, die erstmals in die Maschine eingegeben werden sollen, existieren besondere Schreibmaschinen. Bei der Impulsierung des Bandes kann auf der Schreibmaschine gleichzeitig ein Sichtbeleg erstellt werden. Die Impulsdichte beträgt 8 bis 20 Zeichen pro 1 cm Bandlänge.

Vielfach werden die Angaben zuerst in Lochkarten eingelocht und dann auf einem besonderen Gerät (Card-to-tape converter) auf Magnetband übertragen. Der Kartencode wird dabei automatisch in den Magnetbandcode umgewandelt. In der Regel wird eine Blocklänge von 10 Wörtern zu 12 Zeichen für eine Lochkarte vorgesehen. Die Erstellung von Lochkarten, die erst später auf Magnetband übertragen werden, hat den Vorteil, dass die Angaben auf dem Kontroll-Locher geprüft werden können.

Wenn die Angaben zunächst auf Lochstreifen gesammelt werden, so können sie ebenfalls auf einem besonderen Gerät auf Magnetband übertragen werden. Die Verschlüsselung auf dem Lochstreifen wird dabei automatisch in den Magnetbandcode umgewandelt.

Magnetbänder, die an der Ausgabevorrichtung der Rechenmaschine mit den Ergebnissen beschrieben werden, können ohne weiteres wieder für die Eingabe verwendet werden. Sie weisen die maximal mögliche Impulsdichte auf. Die Ausgabegeschwindigkeit beträgt bei bisher bekannten Einrichtungen bis zu 20 000 Zeichen pro Sekunde. Die auf ihnen enthaltenen Angaben können entweder auf einer Zeilenschreibmaschine (Schnelldrucker) in lesbare Form sichtbar gemacht oder auf einem besonderen Gerät (tape-to-card converter) auf Lochkarten oder Lochstreifen übertragen werden.

Die Haltbarkeit der auf Magnetband aufmagnetisierten Angaben ist bis jetzt noch wenig erprobt, doch ergaben Laboratoriumsversuche gute Ergebnisse.

5. Das Programmieren

a) Allgemeines

Das Programmieren im weitesten Sinne umfasst alle die Lösung eines bestimmten Problems herbeiführenden Handlungen. Wir unterscheiden die folgenden Phasen:

- aa)* Die Formulierung des Problems;
- bb)* Die Vorbereitungsarbeiten und die Aufstellung des Operationsschemas;
- cc)* Die Aufstellung des Rechenplanes und die Programmierung im engeren Sinne.

a) Die Formulierung des Problems

Die Probleme wissenschaftlich-technischer Natur sind in der Regel sehr allgemein formuliert. Bei dieser Formulierung handelt es sich um die Aufgabenstellung für den Mathematiker oder Ingenieur. Aus dieser kann die Lösung nur durch schöpferische, geistige Arbeit gefunden werden.

Ähnlich ist es bei Problemen kaufmännischer oder verwaltungstechnischer Natur. Sie ergeben sich vielfach aus organisatorischen Notwendigkeiten. Ihre Formulierung besteht in einer Abgrenzung der Arbeitsgebiete, in denen eine datenverarbeitende Maschine eingesetzt werden soll. Es handelt sich um die Aufgabenstellung für den Organisator.

b) Vorbereitungsarbeiten und Aufstellung des Operationsschemas

Wenn einmal das Problem formuliert ist, beginnen die schöpferischen Vorbereitungsarbeiten. Ist das Problem, das der Maschine zur Bearbeitung aufgegeben werden soll, wissenschaftlich-technischer Natur, so muss es zunächst *mathematisch* formuliert werden. Sodann muss man sich für ein numerisches Auswertungsverfahren entscheiden; dies führt zur *numerischen Formulierung* unter Verwendung der Methoden der angewandten Mathematik. Für die Auswertung mit einem Rechenautomaten ist alsdann eine Zergliederung der numerischen Formeln in die einzelnen arithmetischen Operationen erforderlich; ferner müssen die logischen Operationen eingefügt werden, auf Grund derer die

Maschine bestimmte Entscheidungen «selbständig» treffen soll. Es entsteht auf diese Weise das *Operationsschema*. Dieses lässt sich zweckmäßig in einem *Strukturdiagramm* darstellen.

Handelt es sich um ein Problem kaufmännischer oder verwaltungstechnischer Natur, so ist eine Mathematisierung nicht immer möglich; das Auswertungsverfahren lässt sich also unter Umständen nicht aus einer mathematischen Formulierung ableiten. Das Problem ist in diesem Falle charakterisiert durch die organisatorischen und betriebstechnischen Eigenheiten des Unternehmens, in welchem die Rechenanlage eingesetzt werden soll. Diese sind z. B. vollkommen anders bei einer Versicherungsgesellschaft als bei einem Fabrikationsunternehmen, und wieder anders als bei einem Verkaufsunternehmen. Anstelle der Mathematisierung tritt eine genaue *Analyse* des Problems und dessen Automatisierung, sowie die Aufstellung eines *Organisationsschemas* für die zu erfassenden Arbeitsabläufe. Derartige Schemata sind im II. Teil verschiedentlich angegeben. Anstelle der numerischen Formulierung des Problems tritt die Ausfertigung eines *Blockdiagramms*, in welchem der Ablauf jeder Arbeit vorerst schematisch dargestellt wird mit allen «Entscheidungen», die von der Maschine zu treffen sind und nach denen sich das Programm verzweigen muss. Diese schematische Darstellung besteht aus *Befehlsgruppen* oder *Befehlsblöcken*, aus denen dann erst die einzelnen Schritte des eigentlichen Operationsschemas entwickelt werden müssen, indem die Befehlsgruppen in die einzelnen arithmetischen und logischen Grundoperationen zerlegt werden. Dabei ist auf alle Besonderheiten (z. B. Tarifarten, Prämienzahlungsarten usw.) und Spezialfälle Rücksicht zu nehmen. Es entsteht auf diese Weise also auch bei dieser Art von Problemen ein *Operationsschema*, das sich gegebenenfalls in einem *Strukturdiagramm* (ein verfeinertes Blockdiagramm) darstellen lässt.

Bei der Aufstellung von Blockdiagrammen und Organisationsschemata für kaufmännische und verwaltungstechnische Probleme wird eine optimale Ausnützung der Speicherungsmöglichkeiten und des Arbeitsvermögens einer Maschine angestrebt, da aus den in die Maschine einmal eingegebenen Daten möglichst viele der interessierenden Resultate in einem einzigen Arbeitsgang herausgeholt werden sollen. Dies führt zu einer Koordination von Arbeiten, die ohne Verwendung der Maschine dezentralisiert und oft unter erschwerten Umständen verrichtet werden müssen. Damit wird aber eine solche Maschine zu einem hervorragenden Organisationsmittel.

cc) Aufstellung des Rechenplanes und Programmierung im engeren Sinne

Der logische Ablauf der von der Rechenmaschine auszuführenden Arbeit wird durch das Operationsschema bestimmt. Dieses wird gebildet durch die Gesamtheit aller aufeinanderfolgenden Operationen. Das Operationsschema ist aber die noch sehr allgemein gehaltene, entweder durch Formeln oder Vorschriften ausgedrückte Lösung des gestellten Problems, die noch nicht auf einen bestimmten Maschinentyp zugeschnitten zu sein braucht. Für kleine Anlagen ist oft noch eine Unterteilung in mehrere Operationsphasen notwendig (so z. B. bei Lochkartenanlagen, wo zum Sortieren, Rechnen und Schreiben etc. verschiedene Maschinen verwendet werden).

Damit nun eine elektronische Rechenanlage eine bestimmte Aufgabe lösen kann, muss diese in eine der Maschine verständliche Form gebracht werden. Es muss auch festgelegt werden, wo die Ausgangswerte herkommen und wo die Resultate hingelangen müssen. Für jede Berechnung muss die Reihenfolge der arithmetischen und logischen Grundoperationen, die Durchführung von Auf- und Abrundungen, Kontrollen, Vergleichungen usw. bis in jede Einzelheit bestimmt werden. Das Operationsschema, welches das logische Gerüst des Problems darstellt, muss also auf die Grundoperationen zurückgeführt werden, welche die Maschine tatsächlich auf einen einzigen Befehl hin auszuführen vermag. Wenn schon zum voraus feststeht, welcher Maschinentyp zum Einsatz gelangen wird, kann auf diese Spezialitäten einer Maschine bereits bei der Aufstellung des Operationsschemas bis zu einem gewissen Grade Rücksicht genommen werden. Durch das Auflösen des Operationsschemas in die Grundoperationen entsteht der *Rechenplan*.

Jede Grundoperation wird von der Maschine auf Grund eines ihr erteilten Befehls ausgeführt. Auf die Befehlsgebung kommen wir im nächsten Abschnitt zu sprechen. Der Rechenplan muss also noch in die der Maschine eigene Befehlssprache übersetzt werden. Auf diese Weise entsteht das *Programm* im engeren Sinne. Dies besteht aus der ganzen Befehlsreihe oder Instruktionsfolge, die abhängig ist von der für eine Maschine vorgesehenen Art der Befehlsgebung. Die Erstellung des Rechenplans und des Maschinenprogramms ist die von den Programmierungs- und Schaltungstechnikern auszuführende Schlussphase der Programmierung eines bestimmten Problems.

Zur Verbesserung der Übersicht sind die einzelnen Phasen des Programmierens in folgendem Schema nochmals kurz dargestellt.

Programmierung	
wissenschaftlich-technische Probleme	kaufmännische und verwaltungstechnische Probleme
<i>Formulierung des Problems</i>	
Umschreibung der Aufgabe	Abgrenzung der Anwendungsbereiche
<i>Vorbereitungsarbeiten und Operationsschema</i>	
Mathematisierung des Problems Wahl des numerischen Auswertungsverfahrens Operationsschema und Strukturdiagramm	Analyse des Problems Organisationsschema und Blockdiagramm Operationsschema und Strukturdiagramm
<i>Rechenplan und Maschinenprogramm</i>	
Zerlegen des Operationsschemas in Grundoperationen gibt den Rechenplan Übersetzen des Rechenplanes in Maschinensprache (Befehlscode) ergibt das Programm	Zerlegen des Operationsschemas in Grundoperationen gibt den Rechenplan Übersetzen des Rechenplanes in Maschinensprache (Befehlscode) ergibt das Programm

Die meisten numerischen Probleme sind *zyklisch*. Im wesentlichen wird immer wieder dieselbe Gruppe von Formeln verwendet, nur werden andere Zahlen eingesetzt. Auch kommerzielle und verwaltungstechnische Probleme weisen diesen Charakter auf. Die programmgesteuerten Rechenmaschinen eignen sich gerade besonders gut für derartige zyklische Probleme. Die Befehle für einen Operationszyklus brauchen nur einmal aufgestellt zu werden und finden bei jeder Auswertung wieder Verwendung.

Vielfach weisen auch Ausschnitte aus einem Programm für sich zyklischen Charakter auf. Um Speicherraum zu sparen, werden solche Ausschnitte, z. B. mehrmals wiederkehrende Gruppen von Einzelbefehlen, als Unterprogramm in die Maschine gegeben. Ein solches Unterprogramm kann als Ganzes angerufen werden. Um ein Unterprogramm beim Ablauf eines Rechenprogramms anzurufen, bedarf es eines Befehls, den man als «unbedingten Sprung» bezeichnet. Damit die Mögliche-

keit besteht, ein einmal gewähltes Unterprogramm auch wieder zu verlassen, bedarf es eines weiteren Befehls, des sogenannten «bedingten Sprungs». Die bei Verwendung von Unterprogrammen erzielbare Einsparung an Speicherraum muss also durch eine Verlängerung der Rechenzeit bezahlt werden, weil die automatische Lenkung auf Unterprogramme besondere Befehle erfordert.

b) Arten der Befehlsgebung

Die Übersetzung eines Programms in die Sprache der Maschine erfolgt durch Angabe des Befehls in Codeform für jede Grundoperation, welche die Maschine auszuführen in der Lage ist. Ein Befehl für die Ausführung einer Grundoperation muss der Maschine eindeutig angeben

- welche Operation auszuführen ist,
- wo der erste Operand und wo der zweite Operand herzunehmen sind,
- wo das Ergebnis der Operation hinzubringen ist.

Die Ortsangaben für die Operanden und das Ergebnis beziehen sich auf die Speicherung; sie werden allgemein als *Adressen* bezeichnet. Eine Adresse gibt z. B. die Nummer einer Speicherzelle an.

a) Dreiaddressmaschinen

Maschinen, die eine Grundoperation mit einem einzigen Befehl ausführen, arbeiten mit dreiadressigen Befehlen. Ein dreiadressiger Befehl besteht:

- aus einem Codezeichen für die auszuführende Operation,
- aus der Nummer der Speicherzelle, welcher der erste Operand zu entnehmen ist,
- aus der Nummer der Speicherzelle, welcher der zweite Operand zu entnehmen ist,
- aus der Nummer der Speicherzelle, in welche das Ergebnis hinzuführen ist.

Der Befehl hat vielfach die Länge eines sogenannten Wortes. Ein Dreiadressbefehl mit 11 Stellen kann beispielsweise folgendermassen aufgebaut sein:

Stelle:	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Inhalt:	Operation		Adresse der Speicherstelle des ersten Operanden		Adresse der Speicherstelle des zweiten Operanden		Adresse der Speicherstelle für das Resultat				

Nachdem die Maschine den Befehl gelesen hat, schaltet sie auf die Operation, die durch die Schlüsselzahl in den Stellen 10 und 11 angegeben ist. Sie holt im Speicher an den Orten, die in den Stellen 7–9 und 4–6 angegeben sind, die beiden Operanden ins Rechenwerk und verarbeitet sie. Das Resultat wird anschliessend an die in Stelle 1–3 angegebene Adresse des Speichers abgegeben. Darnach liest die Maschine den folgenden Befehl im Befehlsspeicher.

Die einzelnen Befehle des Arbeitsplanes werden also unter Benutzung einer Verschlüsselung geschrieben und der Maschine entweder direkt oder auf einem Angabenträger (Lochkarten, Lochstreifen oder Magnetband) gleich wie Rechengrössen zugeführt und in einem Befehlspeicher aufbewahrt. Jedem Befehl ist die Nummer des Speicherfeldes, in welchem er aufbewahrt wird, als Adresse zugeordnet, damit z. B. durch einen unbedingten Sprung ein beliebiger Befehlszyklus wiederholt werden kann durch Angabe der Adresse des ersten Befehls dieses Zyklus.

Die Verwendung von Dreiaadressbefehlen erleichtert die Aufstellung des Rechenplanes. Ein Nachteil, der sich vor allem bei Kettenoperationen zeigt, besteht darin, dass die drei Adressen immer angeschrieben werden müssen; die einen Befehl darstellende Ziffernfolge ist verhältnismässig lang und beansprucht bei der Speicherung viel Platz.

Daher ist man dazu übergegangen, Maschinen zu konstruieren, bei denen eine oder zwei der Adressen programmatisch festgehalten sind.

bb) Einadressmaschinen

Durch einen Vorbefehl wird der erste Operand in das Akkumulatorregister (siehe Seite 178) gebracht. Der eigentliche Arbeitsbefehl besteht dann lediglich aus der Angabe der Operation und der Adresse des zweiten Operanden. Das Resultat entsteht und bleibt im Akkumulatorregister des Rechenwerkes, solange nichts anderes befohlen wird. Falls es als Operand in der nächsten Operation auftritt, ist also kein neuer Vorbefehl nötig, sondern es kann unmittelbar ein neuer Einadressbefehl gegeben werden.

Die Übertragung des Resultates muss durch einen besonderen Einadressbefehl ausgelöst werden.

Der wesentliche Vorteil des Einadressbefehls liegt in seiner Kürze. Er beansprucht nur ungefähr halb soviele Ziffern wie der Dreiaadressbefehl, in der Regel also eine halbe Wortlänge.

cc) Zweiadressmaschinen

Anfänglich wurden Maschinen gebaut, bei denen alle Speicherzellen akkumulativ waren. So konnte beispielsweise für eine Addition ein Befehl erteilt werden, der aus der Angabe der Operation und der Adresse der beiden Operanden bestand; das Resultat wurde dann automatisch in der Speicherzelle des zweiten Operanden gespeichert. Für die Multiplikation und Division wiesen diese Maschinen besondere Rechenwerke auf, bei denen mit Einadressbefehlen gearbeitet wurde. Diese Art der Organisation einer Maschine wurde jedoch wieder verlassen.

c) Anordnung der Programmbeehle im Speicher und optimale Programmierung

Vielfach können die Einzelbefehle eines Programms in einem Programmspeicher (z. B. auf einer schnell laufenden Magnettrommel) aufbewahrt und dort angerufen werden. Jeder Befehl ist in diesem Falle in einer bestimmten Speicherzelle untergebracht.

Wenn die Reihenfolge der Befehle genau in der Reihenfolge der Zellennummern gespeichert ist (sequentielles Programm), so ist dies am übersichtlichsten. Nach Ausführung des i -ten Befehls findet die Maschine den nächsten Befehl in der Zelle $i+1$ des Programmspeichers. Bei Verwendung einer Magnettrommel als Programmspeicher ist diese Anordnung der Befehle nicht die günstigste, da für das Ablesen des nächsten Befehls ein Zeitverlust bis zu einer vollen Umdrehungszeit der Trommel entstehen kann. Diese Zeitverluste bewirken eine Verlängerung der Rechnungszeiten.

Um diese Zeitverluste einzudämmen, wird die Technik der optimalen Programmierung angewandt. Die Befehle werden derart in die Speicherzellen verteilt, dass nach Ausführung eines Befehls der nächstfolgende, der im Programmablauf benötigt wird, möglichst bald unter dem Lesekopf erscheint. Dadurch werden «Leerdrehungen» der Trommel und damit interne Wartezeiten vermieden. Jedem Befehl ist in diesem Falle eine Speicheradresse zugeordnet und jeder Befehl besteht beispielsweise aus 10 Ziffern.

Ziffer	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Inhalt:	Operation		Adresse für Operanden					Adresse des nächsten Befehls		
	Einadressenbefehl									

Jeder Schritt des Rechenplanes besteht dann aus zwei Teilen:

1. Auswahl des nächsten Befehls;
2. Ausführung eines Einadressenbefehls, d. h. Auswahl des Operanden und Durchführung der Operation.

Diese Art der Programmierung eröffnet zahlreiche weitere Möglichkeiten, die Maschine rationell arbeiten zu lassen.

Das Programm lässt sich beeinflussen durch Rechenoperationen mit Befehlen. So können beispielsweise Befehlsadressen durch Addition einer Konstanten geändert werden.

d) Automatisches Programmieren

Im allgemeinen ist die Zeit, die für die Programmierung der Probleme erforderlich ist, beträchtlich. Daher wird eine Automatisierung der Programmierungsarbeit angestrebt. Das Prinzip besteht darin, dass vom Menschen lediglich eine vereinfachte Programmierung mit einem Pseudocode vorgenommen werden muss, die dann von der Maschine selbst in eine Befehlsreihe umgewandelt wird. Auf diesem Gebiete sind eingehende Forschungen im Gange. Einige Verfahren sind bereits zur praktischen Anwendung gelangt. Es kann aber im Rahmen dieses Berichtes nicht darauf eingetreten werden. Es sei lediglich festgestellt, dass die Aufstellung des Rechenplanes, die etwa 80 % der genannten Programmierungsarbeit erfordert, nach wie vor den Einsatz menschlicher Arbeitskraft erfordert und sich die dafür notwendige Zeit kaum wesentlich verkürzen lässt.

6. Sicherheit

Grosse Bestrebungen gehen dahin, die Fehleranfälligkeit der elektronischen Rechenmaschinen soweit als nur möglich auszuschalten. Für den kommerziellen Einsatz der Maschine ist dies besonders wichtig, da man unbedingt auf die Richtigkeit der Resultate abstellen können muss. Die mannigfältigsten Kontrollmöglichkeiten sind in den heute erhältlichen Maschinen eingebaut, und es ist ihnen eine erhebliche Bedeutung beizumessen. In einzelnen Fabrikaten sind bis zu 30 % der internen Schaltkreise zu Prüzfzwecken eingebaut. Ferner werden alle wichtigen Betriebsbedingungen durch eingebaute Überwachungsgeräte

(z. B. Spannungsüberwachungsgeräte) automatisch überwacht und geregelt. In der Regel sind die Maschinen so konstruiert, dass bei Auftreten eines Fehlers, den die Maschine nicht selbständig auszumerzen vermag, die Maschine stillsteht und der Fehler am Überwachungspult angezeigt wird.

7. Allgemeine Entwicklungslinien

Die Verwendung elektronischer Rechenanlagen für wissenschaftliche Zwecke wird dadurch charakterisiert, dass verhältnismässig wenig Daten zur Verarbeitung eingegeben und verhältnismässig wenig Ergebnisse von der Maschine erwartet werden; die durchzuführenden Rechenoperationen sind oft umfangreich und kompliziert. Die Verwendung solcher Anlagen für kommerzielle Zwecke muss dagegen dem Umstande Rechnung tragen, dass sehr viele standardisierte Ausgangsdaten in die Maschine eingegeben werden müssen und ebenfalls sehr viele Ergebnisse von der Maschine erwartet werden; dabei sind allerdings die Rechenoperationen elementar und kehren oft wieder. Während ursprünglich die Konstrukteure in erster Linie darnach getrachtet haben, den Rechenvorgang selbst zu beschleunigen und Speicherwerke mit rascher Zugriffsgeschwindigkeit zu konstruieren, wird bei der Verwendung der Anlage für kommerzielle Zwecke mehr Gewicht auf eine Beschleunigung der Eingabe- und Ausgabe gelegt. Es stehen heute bereits Rechenanlagen zur Verfügung, welche den Anschluss mehrerer rasch arbeitender Eingabe- und Ausgabevorrichtungen gestatten. Die Rechengeschwindigkeit spielt bei kommerziellem Einsatz einer solchen Anlage eine weniger grosse Rolle; sie muss lediglich gross genug sein, damit keine verzögernde Wirkung auf die Eingabe- und Ausgabegeschwindigkeit entsteht.

Eine elektronische Rechenanlage muss sich den Bedürfnissen eines Betriebes anpassen können. Daher findet das Baukastenprinzip immer mehr Verwendung, d. h., die Konstrukteure stellen verschiedene Maschineneinheiten zur Verfügung, die nach Bedarf zu einer kleinen oder zu einer grossen Rechenanlage zusammengebaut werden können.

Da die zu verarbeitenden Daten vorerst auf einen für die Maschine lesbaren Angabenträger übertragen werden müssen, kann die menschliche Tätigkeit bei der Vorbereitung der Ausgangswerte nicht ausgeschaltet werden. Immerhin wird insofern eine Reduktion der mensch-

lichen Tätigkeit angestrebt, als Vorrichtungen für die Beschrifung von Datenträgern gebaut werden, die an andere Büromaschinen (z. B. Rechenmaschinen, Fakturiermaschinen usw.) angeschlossen werden können. Auf diese Weise wird die Erstellung der Originalbelege und der Datenträger synchronisiert.

Im weiteren streben die Konstrukteure eine Verringerung des Maschinenvolumens an. Die Verwendung von Kristalldioden und Transistoren spielt dabei eine wesentliche Rolle. Sie gestatten auch, da sie keine Wärme produzieren und bei gleichen Leistungen weniger elektrische Energie benötigen, einen günstigeren Wirkungsgrad zu erzielen.

Es wird eine Vereinfachung des Programmierungsverfahrens versucht. Auch hier soll durch eine Mechanisierung gewisser Routinearbeiten die menschliche Tätigkeit und damit die für die Programmierung erforderliche Zeit reduziert werden.

Von grosser Bedeutung ist auch das Bestreben, die Maschinen derart zu konstruieren, dass das Aufsuchen und Auswechseln von schadhaften Elementen erleichtert und damit längere Betriebsunterbrüche vermieden werden. Auch in dieser Beziehung streben die Konstrukteure eine auf dem Baukastenprinzip beruhende Bauweise an.

II. Informationsverarbeitung in Versicherungsbetrieben unter Verwendung von elektronischen Maschinen

Ein wesentlicher Teil der Arbeit in einem Verwaltungsbetrieb besteht in der Bearbeitung von Angaben und Informationen. Die Angaben und Informationen können statistischer, technischer oder buchhalterischer Art sein. Die gegebenen Grunddaten sind aus Belegen ersichtlich, welche die verschiedenen Phasen des internen Rechnungswesens im weitesten Sinne des Wortes durchlaufen. Als Ergebnis erhalten wir neue Belege. Der Zweck dieser Arbeiten liegt zum Teil im Verkehr mit der Aussenwelt: Kunden, Lieferanten usw., zum andern Teil in internen Aufstellungen buchhalterischer oder statistischer Natur, welche für die Geschäftsleitung und die Abteilungsleiter als Unterlage für die Überwachung und Führung des Betriebes dienen.

Man kann bei der Informationsverarbeitung ganz allgemein folgende Elemente unterscheiden.

1. Arbeitsplan

Zuerst ist festzulegen, was und wie es gemacht werden soll. Die Erstellung des Arbeitsplanes im Hinblick auf das zu erreichende Ziel stellt die eigentlich schöpferische Phase bei der Informationsverarbeitung dar.

2. Arbeitsanweisung

Aus dem Arbeitsplan entwickelt sich die Arbeitsanweisung. Diese legt die Durchführung der Arbeiten im einzelnen fest. Beim Erstellen der Arbeitsanweisung können zwar immer noch schöpferische Kräfte wirken; sie treten jedoch an Bedeutung stark zurück.

3. Durchführung der Arbeit

Wenn die Grundsätze und die Einzelheiten einer Arbeit festgelegt sind, stellt die eigentliche Durchführung eine mechanische Tätigkeit dar ohne freie Entscheidungsmöglichkeiten.

Wir können bei der Durchführung folgende Schritte unterscheiden:

- a) Konsultation der Arbeitsanweisung.
- b) Sammeln und Ordnen der Unterlagen (Belege).
- c) Heraussuchen von Hilfsmitteln (Kontoblätter, Preislisten, Standardsachen, technische Tabellen usw.).
- d) Durchführung von arithmetischen und logischen Operationen.
- e) Festhalten der Ergebnisse.

Die Informationsverarbeitung besteht im allgemeinen aus ganzen Ketten von derartigen Schritten¹⁾.

Rationalisieren lässt sich die schöpferische Tätigkeit nicht, wenn auch vielleicht manchmal die Arbeitsweise des schöpferisch Tätigen. Hingegen kann auf dem Gebiet der Durchführung das Verhältnis zwischen den eingesetzten Mitteln und dem erreichten Ergebnis oft verbessert werden.

¹⁾ Weitere Arbeitsgänge sind häufig notwendig, um die Richtigkeit der durchgeführten Arbeiten zu gewährleisten.

A. Informationsverarbeitung mit den herkömmlichen Hilfsmitteln

Die bisherige Tendenz in der Organisation der Verwaltungsarbeit bestand oft in einer weitgehenden Arbeitsteilung und einer damit verbundenen Dezentralisation der Tätigkeiten. Durch die Arbeitsteilung wird erreicht, dass an einem Arbeitsplatz nur verhältnismässig wenige und einfache Funktionen zu verrichten sind. Damit wird auch der Einsatz der bisher zur Verfügung stehenden einfacheren maschinellen Hilfsmittel erleichtert.

Nachteile dieses Vorgehens bilden die entstehenden Koordinationsprobleme, die Notwendigkeit, in verschiedenen Abteilungen Register¹⁾ zu führen, die zu einem beträchtlichen Teil Doppelangaben enthalten, sowie der damit verbundene «Papierkrieg».

Das bis vor wenigen Jahren eindeutig beste Hilfsmittel zur rationalen Verarbeitung grosser Informationsmengen in der Verwaltung stellt die Lochkarte dar. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, seien kurz die Vorteile aufgeführt, die das Lochkartenverfahren mit sich brachte: Rasches maschinelles Sortieren, grosse Schreibleistungen der Tabelliermaschinen, Beschleunigung der Rechenoperationen durch die speziellen Lochkartenrechner. Die Lochkartenorganisationen haben sich aus verhältnismässig bescheidenen Anfängen gewaltig entwickelt und sind aus grossen Verwaltungsbetrieben nicht mehr wegzudenken.

So gross die Vorteile auch sind, welche die Lochkarten bieten, so zeigten sich doch mit der Zeit folgende Nachteile der Verarbeitung mit den bisher üblichen Lochkartenmaschinen:

1. Die Arbeiten können meistens nur halbautomatisch durchgeführt werden. Der Operateur muss z. B. die sortierten Karten von der Sortiermaschine zum Rechenlocher und von diesem zur Tabelliermaschine bringen. Die Maschine übernimmt nur Teilarbeiten. Der Operateur muss die Arbeitsanweisung laufend benützen, da er sie nicht der Maschine eingeben kann. Die Lochkartenmaschinen sind zwar in den letzten Jahren beweglicher geworden und können einen Teil der Arbeitsanweisung als «Programm» übernehmen. Es handelt sich aber immer nur

¹⁾ Der Ausdruck «Register» wird in diesem Teil des Berichtes als Bezeichnung für Kartotheken, Verzeichnisse usw. verwendet, im Gegensatz zum «Speicherregister» in Abschnitt B 4 des I. Teils.

um verhältnismässig einfache Programme. Die verwendeten festen Schalttafeln, Lochstreifen oder Programme in Lochkarten bieten nur beschränkte Möglichkeiten in der Programmgestaltung.

2. Die Geschwindigkeit der einzelnen Operationen ist begrenzt. Sortierleistungen von theoretisch gegen 60 000 Karten in der Stunde sehen zwar eindruckerweckend aus. Da diese Sortierleistungen sich auf die Sortierung nach *einer* Ziffer in dezimaler Schreibweise beziehen, ist es verständlich, dass sich doch häufig Engpässe ergeben, wenn grosse Mengen zu verarbeiten sind. Die Leistung der Maschinen richtet sich nach dem langsamsten Teil der Bewegung der Lochkarte. Damit sind wir an Grenzen gebunden, welche durch mechanische Eigenschaften festgelegt sind.

3. Eine einzelne Lochkarte kann je nach Fabrikat 80 oder 90 Ziffern oder Buchstaben aufnehmen. Das genügt in vielen Fällen nicht, um zusammengehörende Begriffe auf einer Lochkarte zu speichern.

In den letzten Jahren haben verschiedene Firmen Lochkartenrechner auf den Markt gebracht, die maschinenintern elektronisch arbeiten. So wertvoll diese Rechengeräte sind, so sprengen sie dennoch den Rahmen der bisherigen Lochkartenorganisation nicht. Sie erlauben wohl, kompliziertere Rechenprozesse als bisher in kurzer Zeit durchzuführen, doch sind damit die aufgeführten grundsätzlichen Schwierigkeiten nicht behoben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Lochkarten bei zweckmässigem Einsatz eine weitgehende Rationalisierung erlaubt haben, aber noch einige wesentliche Wünsche nicht erfüllen.

B. Informationsverarbeitung mit grossen elektronischen Maschinen

Eine Maschine kann nicht mehr leisten als der Mensch hineinlegt, der sie plant und baut. Wir können von den elektronischen Rechenmaschinen nicht erwarten, dass sie selbständig denken. Angesichts gewisser Übertreibungen in populären Artikeln ist es notwendig, diesen einfachen und trivialen Sachverhalt deutlich festzuhalten. Anderseits muss man ihn allerdings präzisieren. Es ist z. B. möglich, eine Rakete mit einer elektronischen Maschine so zu steuern, dass sie ein Flugzeug trifft. Dabei können sich während des Flugs der Rakete Flugrichtung

und Geschwindigkeit des Flugzeugs, sowie z. B. die Windverhältnisse ändern; der Flug der Rakete wird laufend automatisch den neuen Verhältnissen angepasst. Diese Anpassungsmöglichkeit der elektronischen Rechenmaschinen an die jeweiligen Verhältnisse rückt nun allerdings bedeutend näher an ein «selbständiges Denken» heran, als man sich das vielleicht bisher als möglich vorgestellt hat.

Die grossen elektronischen Rechenmaschinen leisten sehr viel. Sie können praktisch alles machen, was man ihnen vorher befohlen hat. Grenzen maschinentechnischer Art bestehen zwar auch (z. B. Kapazität der Speichereinrichtungen); sie spielen jedoch selten eine wesentliche Rolle. Eine andere Frage ist jedoch, ob es ökonomisch ist, wenn man «alles» durch die Maschine machen lassen will.

Aus unseren bisherigen Ausführungen geht hervor, dass eine elektronische Rechenmaschine nicht einen Arbeitsplan aufstellen kann.

Automatisieren lassen sich nur festgelegte Arbeitsgänge. Dabei ist die Behandlung von verschiedenartigen Fällen oder von Ausnahmen durch Programmverzweigungen durchaus möglich, soweit in jedem Falle feststeht, was zu machen ist.

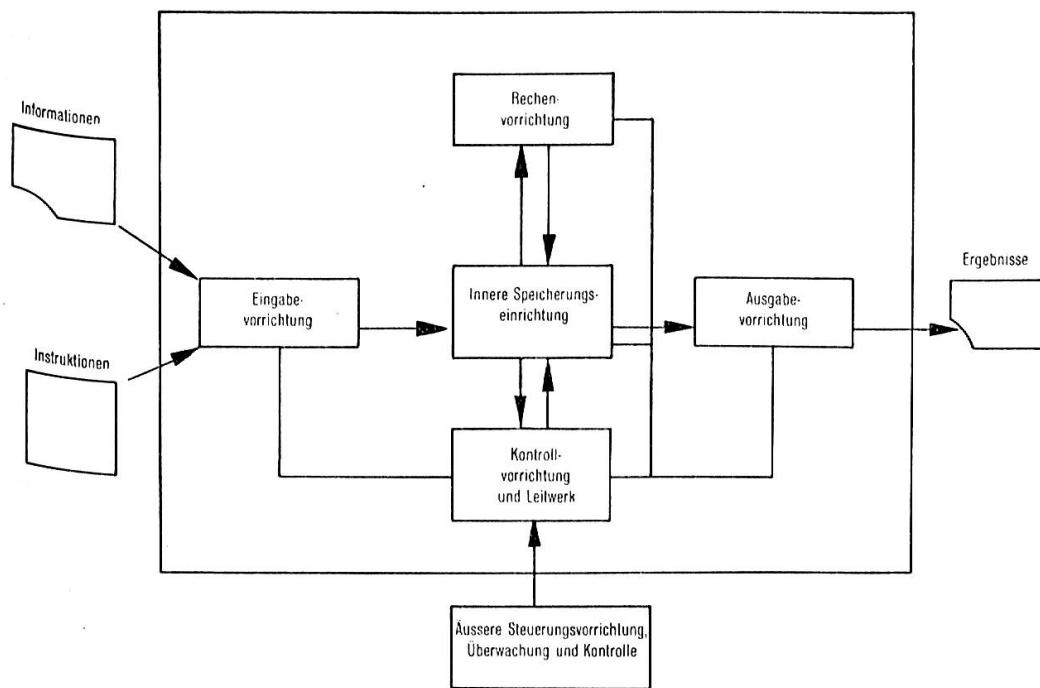
Für eine vollständige Automatisierung festgelegter Arbeitsgänge müssen folgende Voraussetzungen erfüllt werden.

1. Die Arbeitsanweisung muss in Form eines Programmes (siehe Abschnitt I B 5) in Maschinensprache übersetzt in einer für die Maschine leicht zugänglichen Form gespeichert sein.
2. Die Unterlagen (z. B. Belege, Angaben einer einzelnen Versicherung) müssen in Maschinensprache übertragen sein und der Maschine bei Bedarf rasch zugeführt werden können.
3. Die Hilfsmittel (alter Saldo eines Kontos, Tarife, Rechnungsgrundlagen) müssen in Maschinensprache übertragen sein und der Maschine bei Bedarf rasch zugeführt werden können oder in der Maschine gespeichert sein.
4. Die Maschine muss in der Lage sein, nach dem Programm die Arbeit durchzuführen.
5. Die Ergebnisse müssen bei Bedarf aus der Maschinensprache übersetzt und in geeigneter Form geschrieben werden können.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich das Schema einer Maschine für elektronische Informationsverarbeitung in Fig. 12. Der Fluss der Angaben und Befehle ist darin durch Pfeile angedeutet.

Figur 12

Elemente einer Einrichtung für elektronische Informationsverarbeitung



Es ist in jedem Einzelfall zu prüfen, ob der Einsatz einer elektronischen Rechenmaschine für die Erledigung einer bestimmten Arbeit wirtschaftlich ist. Es lassen sich dafür folgende allgemeine Richtlinien geben:

1. Einfache Arbeiten, die mit den bisherigen Mitteln schon vollständig automatisch erledigt werden konnten, sind auf elektronischen Maschinen höchstens dann wirtschaftlich, wenn dafür sonst nicht benötigte Maschinenzeit verwendet werden kann, oder die Bearbeitungszeit mit den herkömmlichen Methoden zu gross ist.
2. Bei den für die maschinelle Verarbeitung im allgemeinen in Betracht fallenden komplizierten Aufgaben sind die Programmierungskosten verhältnismässig hoch. Diese Aufwendungen sind feste Kosten und lohnen sich nur, wenn das Programm oder wichtige Teile davon mehrfach Verwendung finden.
3. Die Aufwendungen für die Übersetzung von Daten und Instruktionen in die Sprache der Maschine und die Eingabe sind variable Kosten, jedoch unabhängig von der Verarbeitung in der Maschine. Es wird deshalb im allgemeinen zweckmässig sein, in einem Arbeitsablauf aus den eingegebenen Daten möglichst viele Ergebnisse herauszuholen.

Die Erfahrungen mit elektronischen Grossanlagen in Amerika zeigen, dass in vielen Fällen mit den neuen Hilfsmitteln beachtliche Einsparungen und zudem eine raschere und genauere Unterrichtung der Geschäftsleitung zu erreichen sind. Die Möglichkeit einer raschen Unterrichtung der Geschäftsleitung über wichtige Vorgänge war in vielen Fällen ein massgebender Grund für die Anschaffung einer elektronischen informationsverarbeitenden Maschine. Allerdings dürfte diese Möglichkeit im Versicherungswesen im allgemeinen nicht die gleiche Bedeutung besitzen wie etwa in der Industrie.

Anderseits bleibt den bisherigen Verfahren, insbesondere der Lochkartentechnik im herkömmlichen Rahmen immer noch ein grosses Anwendungsgebiet.

C. Der Einsatz von elektronischen Maschinen in Versicherungsbetrieben

Der Verwaltungsbetrieb von Versicherungsgesellschaften weist einige charakteristische Eigenschaften auf, die ihn bei genügendem Geschäftsumfang für den Einsatz elektronischer Geräte als geeignet erscheinen lassen. Die Menge der pro Versicherungsvertrag zu verarbeitenden Informationen ist verhältnismässig gross. Die Verwaltung der Versicherungen und der Abrechnungsverkehr ist vielseitig und kompliziert, wobei aber doch grosse Gruppen von Versicherungen für bestimmte Arbeiten nach gleichen Grundsätzen zu behandeln sind. Der im wesentlichen einmalige Einsatz der Umstellung auf die neuen Geräte mit der erforderlichen Programmierung kann sich also lohnen, da das zu erstellende Programm mehrfach verwendet wird. Erwähnt seien die Prämienfälligkeitssanzeigen, die häufig damit verbundenen Gewinnanteilausschüttungen, Bestandesstatistiken, Reservberechnungen usw.

Für den Verkehr mit den Versicherten und mit den Organen des Aussendienstes ist es notwendig, über zahlreiche Einzelheiten jeder Versicherung sich rasch orientieren zu können. Das ist bei der heute verbreiteten dezentralisierten Organisationsform oft nicht so leicht. Die erforderlichen Angaben sind in den verschiedensten Registern und Kartotheken aufgespeichert und müssen dort nachgeschlagen werden. Das Nachführen dieser Register und Kartotheken für den Neuzugang und bei Mutationen verursacht viel Arbeit. Dazu entsteht das Problem der Abstimmung der verschiedenen Register, welche für die

Versicherungen geführt werden. Diese Abstimmungen werden häufig dadurch erschwert, dass die verschiedenen Register nicht nach einheitlichen Grundsätzen angelegt werden, sondern nach der für die Arbeiten der betreffenden Abteilung geeignetsten Form: Prämienfälligkeitregister nach Prämienzahlungsart, Verfalldatum und Agenturen; Reserveregister nach Reserverechnungsgruppen usw.

Diese Probleme haben sich durch die Einführung der Lochkarten grundsätzlich nicht geändert, wenn sich auch in günstigen Fällen wesentliche Reduktionen der Anzahl der benötigten Register und bereits eine gewisse Abkehr vom Prinzip der Dezentralisation erreichen lassen.

Insbesondere stellt das beschränkte Fassungsvermögen einer Lochkarte einen ausgesprochenen Nachteil dar. Nur unter besonders günstigen Bedingungen reicht der zur Verfügung stehende Raum auf einer Lochkarte aus, um alle erforderlichen Angaben für eine Versicherung unterzubringen. In der Grosslebensbranche sind praktisch immer mehrere Karten notwendig. Sobald jedoch mehrere Karten pro Versicherung vorhanden sind, ergeben sich Schwierigkeiten in allen Fällen, in denen Angaben auf den verschiedenen Karten für die Verarbeitung zusammengebracht werden müssen. Außerdem ist es erforderlich, verschiedene Begriffe (Police-Nummer, Versicherungssumme usw.) auf allen Lochkarten zu führen, was Mehrarbeiten bedingt und eine erhöhte Platzbeanspruchung auf der Lochkarte bedeutet.

Die Lochkartenregister werden vorteilhafterweise von einer zentralen Stelle in Ordnung gehalten. Das lässt sich jedoch nicht immer erreichen; dann stellt sich aber das Problem der Unterrichtung aller betroffenen Stellen über die Änderungen im Versicherungsbestand.

Der Bau von elektronischen Rechenanlagen für Verwaltungszwecke mit hinreichend grossen internen Speichern für die Aufnahme umfangreicher Programme und mit hoher Arbeitsgeschwindigkeit bietet erst die Möglichkeit einer durchgreifenden Neugestaltung der Arbeitsorganisation. Einen beachtlichen Fortschritt bedeutet die Herstellung von Magnetbändern für die Führung von Registern. Es ergeben sich vor allem raschere Bearbeitungszeiten durch die informationsverarbeitenden Maschinen und beträchtliche Einsparungen an Raumbedarf. Einen weiteren grossen Vorteil des Magnetbandes stellt die Möglichkeit dar, die Länge eines Blockes (siehe Seite 191) für zusammengehörige Angaben den Bedürfnissen anzupassen. Man kann also z. B. alle notwendigen Angaben über eine Versicherung beieinander unterbringen.

1. Bisherige Untersuchungen und Erfahrungen in Nordamerika

Die Berichte über die während des Weltkrieges für militärische Zwecke errichteten elektronischen Grossrechenanlagen liessen darauf schliessen, dass diese bei entsprechender Anpassung möglicherweise mit Erfolg auch in Verwaltungsbetrieben, insbesondere im Versicherungswesen, angewandt werden könnten. Deshalb ernannte die Society of Actuaries, die Vereinigung der Versicherungsmathematiker der USA und von Kanada, schon im Jahre 1948 ein Komitee mit dem Auftrag, sich über die Entwicklung auf diesem Gebiete im Hinblick auf die Anwendung in Lebensversicherungsbetrieben auf dem laufenden zu halten. Dieses Komitee erstattete seinen ersten zusammenfassenden Bericht im Jahre 1952 [4].

a) Der Bericht von 1952

Der Bericht gelangt zum Schluss, dass die erzielten Fortschritte im Bau von grossen elektronischen Rechenanlagen den Einsatz solcher Einrichtungen in Versicherungsbetrieben erlauben, obschon noch gewisse Schwierigkeiten und Nachteile bestehen.

Um die Anwendungsmöglichkeiten der neuen Systeme zu zeigen, entwickelte das Komitee ein Beispiel für deren Einsatz in der Grosslebensversicherung. Dieses beruht auf der Verwendung von nur drei Registern, nämlich je einem für die Prämienrechnungsstellung, die Statistik und Reserverechnung und die «Geschichte» (enthält die Angaben über Darlehen, Gewinnanteil, Rückkaufswert, Begünstigungsänderung usw.).

Der beschriebene Plan wurde bekannt unter der Bezeichnung «*consolidated functions plan*». Er führt zu einer wesentlichen Reduktion der Zahl der erforderlichen Register. Statt beispielsweise je eines Registers für

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. Prämienrechnung, | 6. Darlehens-Bescheinigung, |
| 2. Distrikts-Index, | 7. Zusatzversicherung-Allgemeines, |
| 3. Statistik und Reserverechnung, | 8. Zusatzversicherung-Geschichte, |
| 4. Darlehen-Allgemeines, | 9. Dividende-Allgemeines, |
| 5. Darlehens-Geschichte, | 10. Dividenden-Geschichte, |
- sind nur noch die drei erwähnten Register erforderlich. Man könnte den Plan also auch als «Drei-Register-Plan» bezeichnen.

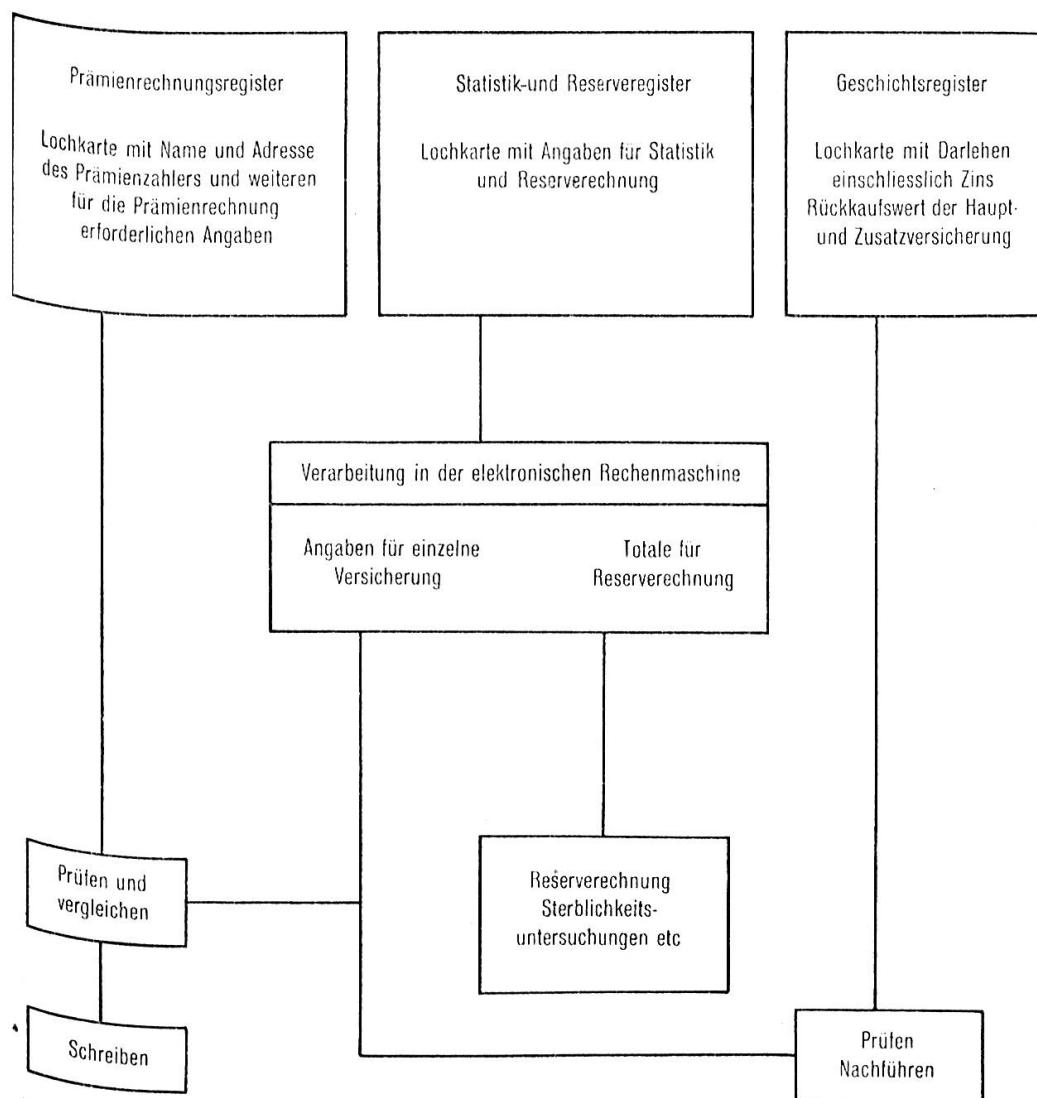
Im Bericht wird sowohl die Verwendung von Lochkarten als auch von Magnetbändern untersucht.

aa) Die Verwendung von Lochkarten (siehe Fig. 13)

Jeden Monat werden die Karten derjenigen Versicherungen, deren Stichtag in einen bestimmten Monat fällt, aus dem Statistik- und Reserveregister herausgenommen und in der Recheneinheit verarbeitet, wobei sowohl die Angaben für die Behandlung der einzelnen Versicherung als auch die erforderlichen Statistiken und Berechnungen für den Bestand im gesamten (Reserverechnung, Sterblichkeitsuntersuchungen usw.) entwickelt werden. Die entstehenden Karten für die einzelnen

Figur 13

Technische Verwaltung eines Grosslebensversicherungsbestandes nach dem «consolidated functions plan»



Versicherungen werden mit den entsprechenden Karten aus dem Prämienrechnungsregister zusammengebracht und geprüft. Anschliessend werden die Prämienrechnungen erstellt. Für die gleichen Versicherungen werden zuletzt aus dem Geschichtsregister die entsprechenden Karten gezogen und darauf die vom Rechenautomaten gebildeten Angaben nachgeführt.

Die Versicherungsbestände für Statistik und Reserverechnung werden nicht mehr durch Fortschreibung, sondern jedes Jahr beim Erstellen der Prämienrechnungen nach Beginnmonaten aufgeteilt neu gebildet. Die Veränderungen bis zum Bilanztag müssen dann noch erfasst werden. Das Nachführen der Register erfolgt einmal pro Jahr. Die Mutationen werden auf Lochkarten gesammelt und bei der Behandlung des betreffenden Beginnmonats mitverarbeitet.

Dadurch ergibt sich eine wesentliche Reduktion des Ziehens von Einzelkarten gegenüber der bisherigen täglichen Nachführung. Die Reduktion wird im Mittel auf etwa 80 % geschätzt.

Die Leistung, welche vom Rechenautomaten in einem Arbeitsgang erbracht wird, ist aus der folgenden Aufstellung ersichtlich.

Verarbeitung im Rechenautomaten

Eingabe

für einzelne Police:

Policenummer
Beginnjahr
Tarif
Alter beim Abschluss
Versicherungssumme
Prämie
Darlehen
Altes Gewinnguthaben
usw.

Hilfswerte:

Zinsfuss
Barwerte
Dividendensatz } (pro Summe 1000)
Rückkaufswerte }

Ausgabe

für einzelne Police:

Jährliche Dividende
Zusätzliche Versicherung
Neues Gewinnguthaben
Rückkaufswerte
Darlehenszins
Ablaufstermin
Ablauf der Prämienzahlung und der
Zusatzeistungen

Total für Reserverechnung usw.:

Anzahl Policen
Versicherungssumme
Prämie
Invaliditätsentschädigung
Unfalltodzusatzversicherung
Rückkaufswert

Die dabei eingesetzte elektronische Rechenmaschine verarbeitet etwa 2400 Karten pro Stunde.

Auf der Lochkarte für die Prämienrechnung sind Name und Adresse in Maschinenschrift aufgeführt und werden auf photoelektrischem Weg auf die Prämienrechnung übertragen. Dieses Vorgehen erlaubt es, mehr Angaben auf einer Lochkarte unterzubringen, da die Lochkarte gelocht und beschriftet werden kann.

bb) Die Verwendung von Magnetbändern

Beim Einsatz von Magnetbändern an Stelle der Lochkarten ist grundsätzlich das Vorgehen dasselbe. Es wird vorgeschlagen, die Bestände auf Lochkarten zu führen; erst vor der Verarbeitung durch den Rechenautomaten soll die Umwandlung der Angaben auf Magnetband erfolgen. Die Leistung des Rechenautomaten steigt durch raschere Eingabe und Ausgabe auf 50 000 Karten pro Stunde, also etwa das Zwanzigfache gegenüber der direkten Verarbeitung von Lochkarten.

Der Bericht hebt folgende *Grundsätze* hervor, die bei der Einführung elektronischer Rechenanlagen für die Informationsverarbeitung beachtet werden sollen:

1. Der Einsatz einer elektronischen Rechenmaschine soll für sämtliche Arbeiten des Betriebes, nicht isoliert für spezielle Arbeiten einzelner Abteilungen in Aussicht genommen und geplant werden. Die Aufteilung des Betriebes in Abteilungen soll in Anpassung an die Arbeitsweise solcher Maschinen neu durchdacht und geordnet werden.
2. Der Einsatz solcher Maschinen ist nur dann wirtschaftlich, wenn kleinere Arbeiten mit anderen kombiniert werden.
3. Die grundlegenden Informationen (z.B. alle Angaben über die Versicherungsverträge, die sich in verschiedenen Registern zerstreut befinden) sollen vereinigt werden, da die Dateneingabe in die Maschine zu kostspielig ist, wenn die Daten aus verschiedenen Quellen zusammengetragen werden müssen.
4. Es sollen alle Berechnungen gleichzeitig vorgenommen werden. Die Maschinen sind dazu in der Lage, und diese Fähigkeit soll ausgenutzt werden, um die wiederholte Dateneingabe zu vermeiden.
5. Es sollen sich selbst kontrollierende Maschinen verwendet werden, damit umfangreiche Wiederholungsarbeiten und Korrekturen vermieden werden können.

Diese Grundsätze gelten auch heute noch durchaus, wenn auch der Plan von 1952 in der Anwendung der Grundsätze vielleicht nicht immer die zweckmässigste Lösung vorsieht.

Der Bericht von 1952 beeindruckte die amerikanischen Lebensversicherungsunternehmen sehr und führte dazu, dass fast alle grösseren Lebensversicherungsgesellschaften in den Vereinigten Staaten und Kanada Untersuchungen über den Einsatz elektronischer informationsverarbeitender Maschinen durchführten. Dadurch ergab sich ein vermehrter Anlass für die Produzenten, diese Maschinen weiter zu entwickeln und den Bedürfnissen der Versicherungspraxis anzupassen.

Die weitere technische Entwicklung und die Überprüfung der Betriebsorganisation im Hinblick auf den Einsatz elektronischer Geräte schritt in den folgenden Jahren stürmisch vorwärts und brachte manchen neuen Gedanken. Es zeigte sich, dass sich für den Einsatz der neuen Hilfsmittel keine starren Regeln geben lassen, da zuviel von den besonderen Verhältnissen bei den einzelnen Unternehmungen abhängt.

Das amerikanische Studienkomitee erstattete im Juni 1955 einen zweiten Bericht, der einen Überblick über den damaligen Stand der Entwicklung vermittelt [5].

b) Der Bericht von 1955

Der Bericht enthält:

1. die wesentlichen Merkmale der angebotenen grossen elektronischen Maschinen mit wertvollen kritischen Bemerkungen;
2. eine Darstellung des Standes der Planung von 8 Gesellschaften für den Einsatz von elektronischen informationsverarbeitenden Maschinen;
3. einen Vergleich über die Vor- und Nachteile der Bestandesführung mit Hilfe von Magnetbändern oder Lochkarten.

Die maschinentechnischen Ausführungen des Berichtes haben wir im I. Teil verwertet und treten hier nicht mehr darauf ein.

aa) Stand der Planung amerikanischer Gesellschaften

Die Planung bei den amerikanischen Gesellschaften ist gemäss dem Bericht 1955 bei einzelnen Gesellschaften schon sehr stark fortgeschritten. Zum Teil stehen bereits elektronische Maschinen im Einsatz und bewähren sich, zum Teil sind wenigstens wesentliche Programmteile

durch praktische Versuche geprüft. Andere Gesellschaften sind noch nicht so weit und haben erst allgemeine Richtlinien für den Einsatz der neuen Hilfsmittel entwickelt. Bei keiner Gesellschaft ist jedoch die Planung abgeschlossen, sodass durchwegs noch mit kleineren oder grösseren Änderungen gerechnet werden muss.

Wir beschreiben nachstehend etwas ausführlicher das Vorgehen einer Gesellschaft (Gesellschaft B im Bericht von 1955), da dieses am konsequentesten die Abkehr von den bisherigen Organisationsmethoden aufzeigt. Das soll jedoch nicht als Hinweis darauf aufgefasst werden, dass diese Gesellschaft unbedingt das beste Verfahren gewählt hat. Die Entwicklung ist dermassen im Fluss, dass endgültige Urteile verfrüht wären.

a.) Der Plan der Gesellschaft B

Es handelt sich um eine Gesellschaft mit einem Bestand von 1,2 Millionen Grosslebensversicherungen.

Alle Angaben, welche für eine Police benötigt werden, sind auf einem einzigen Magnetband untergebracht, das wir als «Bestandsband» bezeichnen wollen. Es enthält unter anderem:

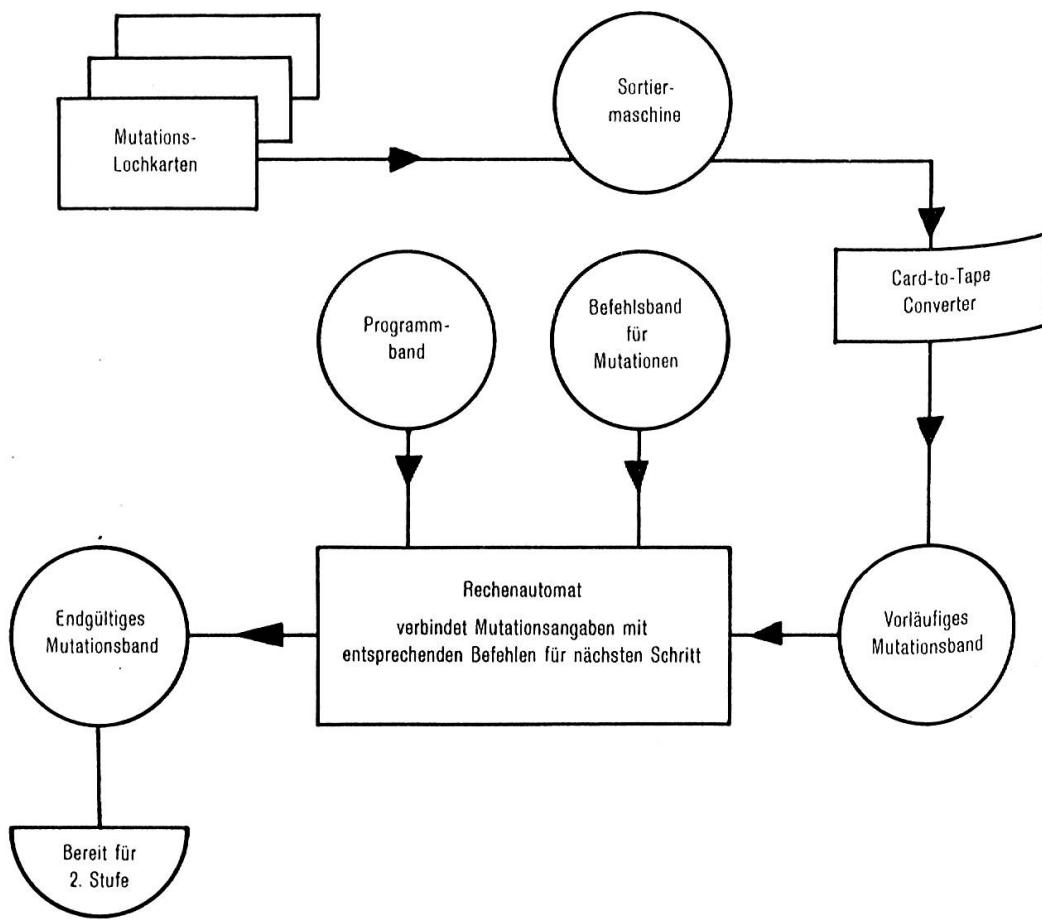
1. Policennummer, Beginndatum, Alter beim Abschluss, erreichtes Alter, Versicherungsdauer, Datum der nächsten Prämienfälligkeit, Prämienzahlungsart usw.
2. Name und Adresse des Versicherungsnehmers.
3. Die Agentennummer.
4. Versicherungssumme, Prämie, Vorauszahlungen, Darlehen, Reserven, Gewinnanteile einschliesslich angesammelter Bonus und angesammeltes Gewinnguthaben und Rückkaufswert.

Es handelt sich insgesamt um 720 «Zeichen» pro Police. Das Bestandsband besteht aus drei Teilen nach Stichtagen: Versicherungen mit Abschlussdatum vom 1.-9., 10.-19. und 20.-31., alle Monate zusammen. Diese Aufteilung erfolgt einerseits, um die Prämienrechnungen möglichst nahe beim Verfalltag erstellen zu können und anderseits, um die Belastung der Maschine zeitlich zu verteilen. Innerhalb dieser Gruppen sind die Versicherungen nach Agenturen und Policennummern sortiert. Jede der drei Stichtaggruppen wird einmal monatlich durch Nachführen der eingetretenen Mutationen auf den neuesten Stand gebracht. Im gleichen Arbeitsgang erfolgen:

1. Vorbereiten des Drucks der Prämien- und Darlehenszinsrechnung.
2. Berechnung des Gewinnanteils und des sich daraus ergebenden Bonus oder angesammelten Gewinnguthabens.
3. Berechnung der Bilanzreserve.
4. Berechnung des Darlehenszinses und Nachführen des Darlehen^s-betrages auf den neuesten Stand.
5. Berechnung der Abfindungswerte.
6. Provisionsabrechnungen und Agenturstatistiken.
7. Verarbeitung der Ergebnisse unter Ziffer 1.–6. für Buchhaltung und Statistik.

Infolge der starken Verdichtung und Zusammenfassung der Arbeiten ist es nicht einfach, einen Überblick zu gewinnen. Es erweist sich als zweckmässig, vier Stufen zu unterscheiden.

Figur 14
Vorbereitung der Mutationen



1. Stufe

1. Stufe: Vorbereitung der Mutationen (Fig. 14)

Es ist zu unterscheiden zwischen automatischen Änderungen (abgelaufene Dauer, Reserve, Rückkaufswert usw.) und von aussen kommenden Mutationen (Darlehensveränderungen, Adressänderungen, Rückkäufe, Liberierungen, usw.). Letztere werden mit Lochkarten erfasst und einmal im Monat sortiert (mit gewöhnlicher Sortiermaschine für Lochkarten) entsprechend der Anordnung des Bestandsbandes. Dann wird aus den Lochkarten das vorläufige Mutationsband erstellt mit Hilfe des card-to-tape-converters. Die Recheneinheit bildet dann das endgültige Mutationsband, auf welchem die zu ändernden Angaben und die entsprechenden Instruktionen enthalten sind.

Der Bericht von 1955 gibt keine Begründung dafür, weshalb die Befehle für die Verarbeitung der Mutationen mit diesen zusammen auf das endgültige Mutationsband zu übernehmen sind. Auf den ersten Blick scheint es naheliegend, diese Befehle auf das Programmband der nächsten Stufe zu übernehmen. Dieses Vorgehen hätte jedoch zur Folge, dass die Befehle für alle vorkommenden Mutationen im Speicherwerk der Recheneinheit gespeichert werden müssten, während beim gewählten Verfahren nur die Befehle für die gerade bearbeitete Versicherung im inneren Speicher enthalten sind. (Vermutlich reicht die Kapazität des Speicherwerkes nicht für alle Mutationsbefehle aus.)

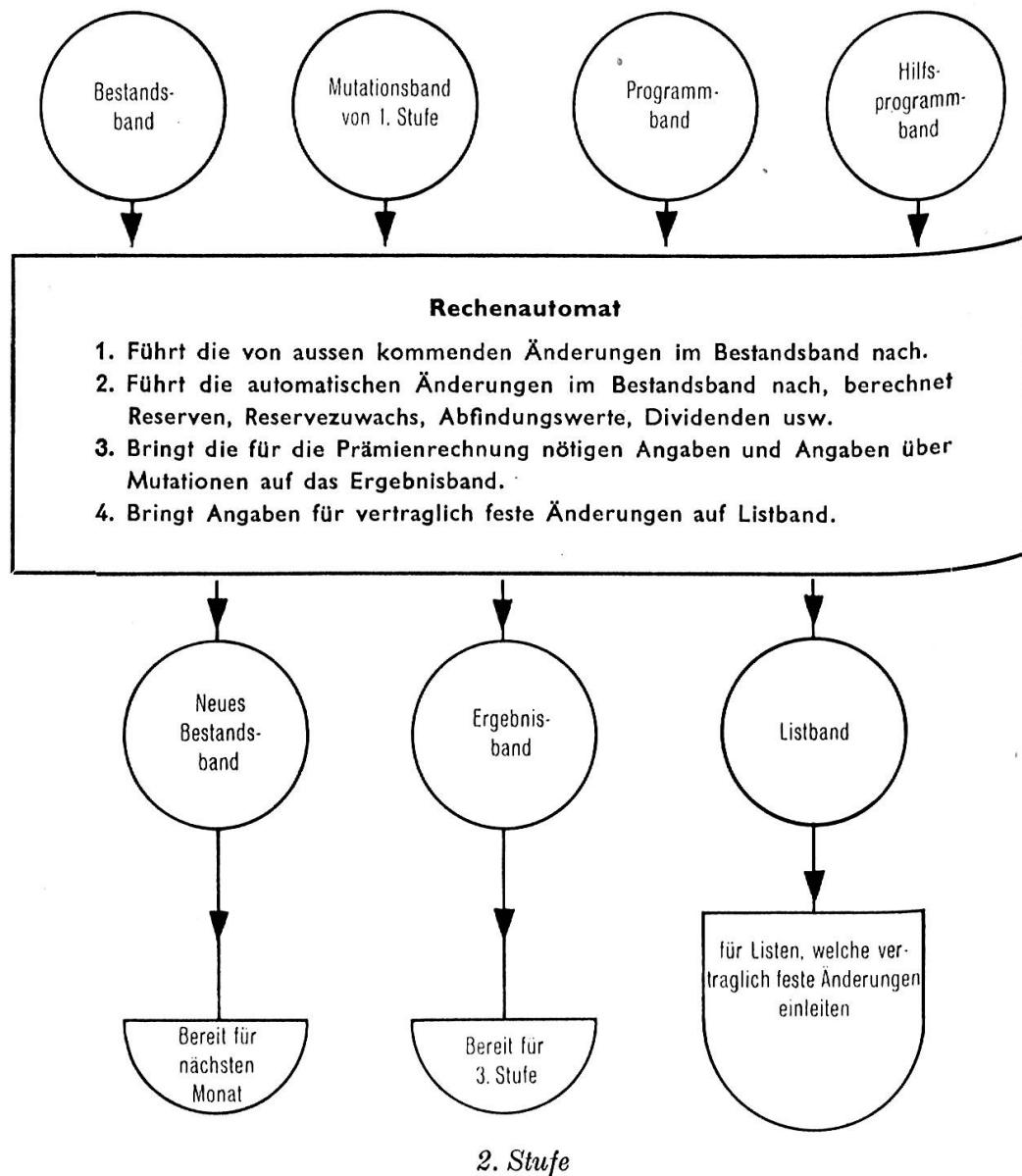
2. Stufe: Nachführen des Bestandsbandes und Herausziehen der für die weitere Bearbeitung notwendigen Angaben aus dem Bestandsband (Fig. 15)

Das Nachführen des Bestandsbandes des letzten Monats mit den Änderungen des laufenden Monats auf dem endgültigen Mutationsband stellt den wichtigsten Arbeitsvorgang im ganzen System dar. In einer einzigen ununterbrochenen Operation wird jede Police behandelt, wobei Angaben von Versicherungen ohne Mutation unverändert auf das neue Bestandsband übertragen werden.

1. Die von aussen kommenden Änderungen werden im Bestandsbande nachgetragen, und zwar bei Abläufen, Rückkäufen, Todesfällen usw. durch Weglassen der Angaben für die betreffende Versicherung. Bei Zugängen werden umgekehrt die neuen Angaben auf dem neuen Bestandsband festgehalten. Bei Änderungen bestehender Policen (Adressänderungen, Liberierungen, Darlehensveränderungen, usw.) werden die neuen Angaben eingesetzt.

Figur 15

Nachführen des Bestandsbandes und Herausziehen der
für die weitere Bearbeitung notwendigen Angaben aus dem Bestandsband



2. Die automatischen Änderungen werden nachgetragen. Es handelt sich dabei nicht nur um das erreichte Alter und die restliche Dauer, sondern auch um die Prämienreserve, den Reservezuwachs, die Abfindungswerte unter Berücksichtigung des Gewinnguthabens, den Gewinnanteil und das gesamte Gewinnguthaben (Bonus oder verzinslich angesammelte Beträge), den Stand des Darlehens unter Berücksich-

tigung des kapitalisierten Darlehenszinses. Alle diese Berechnungen erfolgen stets auf den Stichtag der Versicherung. Die Recheneinheit muss somit jeweilen prüfen, ob der Stichtag einer Versicherung in den nächsten Monat fällt.

Die Berechnung der Reserve erfolgt auf Grund der Rekursionsformel polienweise. Der Rechnungszinsfuss und der Schlüssel für die Sterbetafel sowie Summe, Nettoprämie und alte Reserve sind bereits auf dem Bestandsband, während die Sterbewahrscheinlichkeiten der benützten Sterbetafel im Speicherwerk der Maschine enthalten sind. Jeweilen auf den Stichtag einer Versicherung wird dann die Maschine die neue Reserve berechnen.

Früher wurden die Bilanzreserven unter der Annahme jährlicher Prämienzahlung berechnet, was bedingte, dass technisch gestundete Prämien zu berücksichtigen waren. Das ist nach dem neuen Vorgehen nicht mehr notwendig, da der Reservezuwachs durch die Prämienratenzahl geteilt und daraus die Reserve auf den Bilanztag richtig ermittelt wird. Auch der rechnungsmässige Zinsbedarf und die Risikoprämie werden polienweise berechnet, da sie für Abschlussarbeiten benötigt werden.

Die Reserven werden ermittelt und auf dem Bestandsband gespeichert, getrennt für die Hauptversicherung und alle Zusatzversicherungsarten wie temporäre Risikoversicherungen und Erbrenten, sowie für den Bonus. Für Versicherungen auf zwei Leben erfolgt die Berechnung unter Berücksichtigung des genauen Alters beider Personen. Die Reserven für Unfalltodzusatzversicherungen und Invaliditätszusatzversicherungen werden weiterhin näherungsweise erfasst unter Verwendung von festen Prozentsätzen des Prämienbestandes Ende Jahr.

Jeweilen auf den Stichtag der Versicherung wird der Rückkaufswert berechnet und auf jeden Prämienzahlungstermin entsprechend nachgeführt. Bei der Berechnung der Rückkaufswerte berücksichtigt der Rechenautomat selbständig alle Grenzregeln und interpoliert zwischen den Werten für die Stichtage. Spezialfälle mit alten Versicherungsbedingungen werden ebenfalls automatisch erfasst, soweit es die Kapazität des Speicherwerkes zulässt.

Wenn eine Prämie nicht bezahlt wird, so wird die Versicherung entweder prämienfrei gestellt (liberiert) oder – unter Verbrauch der Reserve – voll in Kraft behalten oder die ausstehende Prämie wird in ein Darlehen umgewandelt. In jedem Fall ermittelt der Rechenautomat

die erforderlichen Angaben. Durchaus analog werden prämienfreie Versicherungen behandelt, auf welchen ein Darlehen lastet. Ebenso wird von der Maschine darauf hingewiesen, wenn eine Versicherung bei Nichtzahlung einer Prämie erlischt.

Ebenfalls jeweilen auf den Stichtag einer Versicherung wird der neue Gewinnanteil nach dem natürlichen Gewinnsystem bestimmt. Der Gewinnanteil besteht aus einem festen Betrag, der zum vornherein auf dem Bestandsband festgehalten ist und der Zinsdividende, die sich aus dem Zinsgewinnsatz und der für die einzelne Police berechneten Reserve ergibt. Der Sterblichkeitsgewinn steckt bei dem beschriebenen Vorgehen im festen Grundbetrag der Dividende. Das hat den Nachteil, dass der Grundbetrag bei einem Wechsel der Sterbetafel 2. Ordnung ändert. Wenn die Kapazität des Speicherwerks ausreicht, wird deshalb eventuell später ein anderes Verfahren gewählt, bei welchem die Sterbetafel 2. Ordnung in das Speicherwerk aufgenommen wird. Für einige Spezialfälle muss der Gewinnanteil direkt über das Mutationsband eingegeben werden. Es handelt sich um rückversicherte Policen, bei denen der Gewinnanteil des Rückversicherers ausgeschüttet wird und um Sonderdividenden bei Änderungen im Versicherungsvertrag.

3. Bei der Bearbeitung jeder Police wird geprüft, ob eine Prämienrechnung zu erstellen ist. Wenn das zutrifft, werden die notwendigen Angaben auf das Ergebnisband übertragen. Das Ergebnisband übernimmt auch alle Angaben, welche für das Erstellen von Listen über die Mutationen erforderlich sind.

4. Das Listband enthält die notwendigen Angaben über diejenigen Policen, für welche im nächsten Monat eine vertraglich festgelegte Änderung durchzuführen ist, wie Ablauf der Prämienzahlung, Invaliditätsleistungen usw. Bei der Bearbeitung entdeckt die Maschine – bei entsprechender Programmierung – Fehler in den eingegebenen Angaben. Es scheint zweckmäßig, deswegen nicht den Arbeitsablauf zu unterbrechen. Deshalb werden diese Unstimmigkeiten ebenfalls auf das Listband übernommen und können dann später in Ruhe untersucht werden.

Mit Beendigung dieser 2. Stufe sind alle Unterlagen für die weitere Bearbeitung vorhanden. Der Rechenautomat schreibt aber nicht selber die benötigten Dokumente und Aufstellungen. Die schreibenden Hilfsmaschinen arbeiten im allgemeinen zweckmässigerweise unabhängig, damit nicht die teure Arbeitszeit des Rechenautomaten für die einfache Tätigkeit des Schreibens benutzt wird. Es ist deshalb notwendig, die

ermittelten Ergebnisse und herausgezogenen Angaben so anzuordnen, dass die schreibenden Hilfsgeräte eingesetzt werden können.

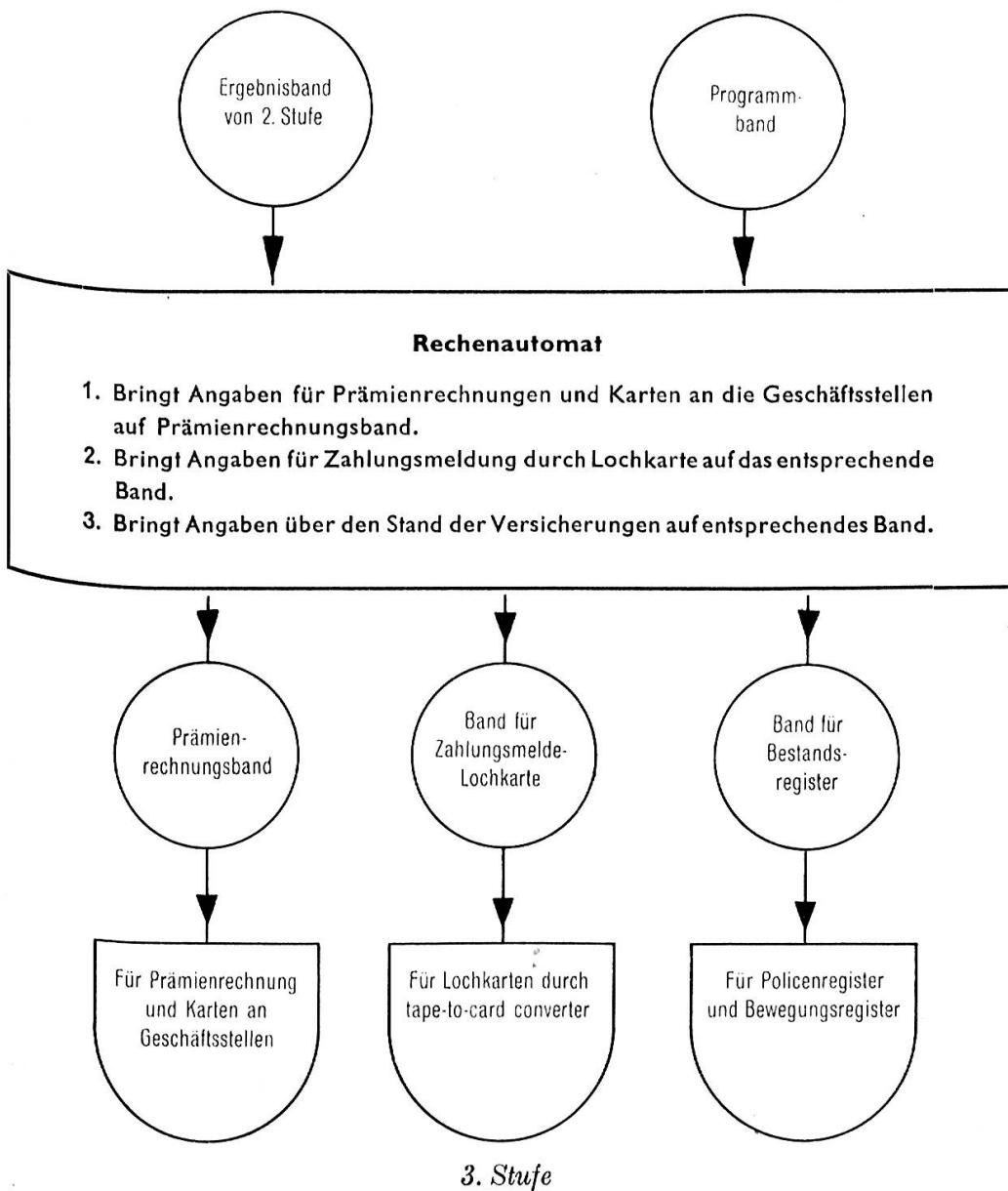
3. Stufe:

Vorbereitung des Schreibens der herausgezogenen Angaben (Fig. 16)

Aus dem Ergebnisband werden erstellt das Prämienrechnungsband, das Band für die Zahlungsmelde-Lochkarte und das Band für das Bestandsregister.

Figur 16

Vorbereitung des Schreibens der herausgezogenen Angaben



Aus dem Prämienrechnungsband werden die Prämienrechnungen und Mitteilungen an die Geschäftsstellen erstellt. Die Prämienrechnungen enthalten ausser der Prämie auch den Darlehenszins, den Gewinnanteil, das Darlehen und das gesamte Gewinnguthaben. Die Meldungen an die Geschäftsstelle, welche zum Teil die gleichen Angaben enthalten, führen zusätzlich noch die Abfindungswerte auf. Aus dem Band für die Zahlungsmelde-Lochkarten werden Lochkarten erstellt, die ebenfalls den Agenturen übermittelt werden zur Meldung des Eingangs der Prämienzahlung an die Zentrale. Die eingehenden Zahlungsmeldungen dienen zur Lösung der Belastung in einem separaten Belastungsbild, das ebenfalls monatlich erstellt wird (auf den Figuren nicht aufgeführt). Es soll noch geprüft werden, ob die Meldung an die Geschäftsstelle nicht als Mahnung aufgezogen werden kann unter Eintragung der Abfindungswerte auf die Melde-Lochkarten.

Das Bestandsregister, das aus dem entsprechenden Band erstellt wird, ist eine sehr weitgehende Aufstellung über alle Einzelheiten jeder Versicherung. Die Eintragungen erfolgen bei jeder Prämienfälligkeit und bei jeder Änderung der Versicherung. Beachtenswert ist dabei, dass der Monat der letzten Änderung angegeben ist. Das erlaubt schrittweise die ganze Entwicklung einer Versicherung zu rekonstruieren.

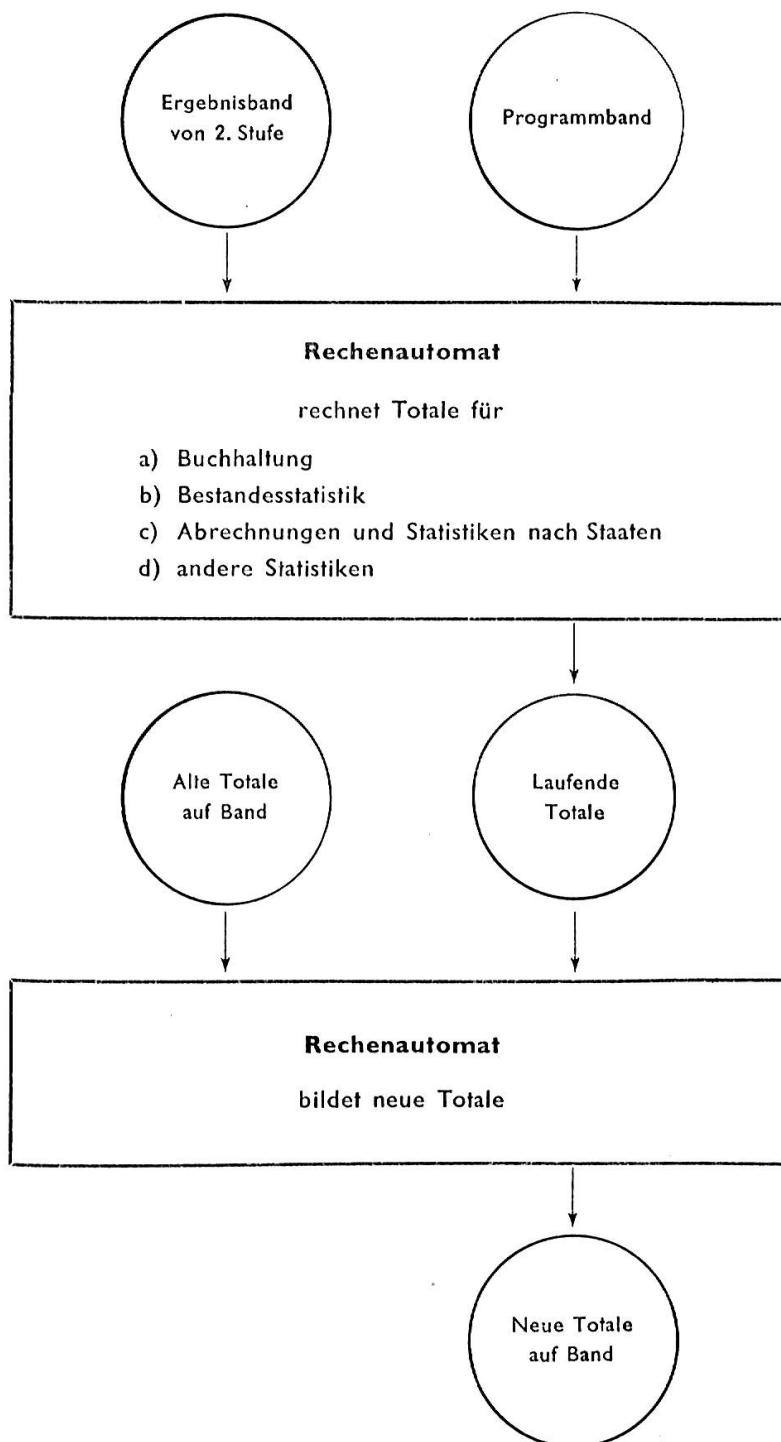
4. Stufe: Buchhalterische und statistische Aufstellungen (Fig. 17)

Aus dem Ergebnisband der 2. Stufe und den ebenfalls auf Bändern festgehaltenen Totalen der Vormonate werden nun alle benötigten Statistiken und Aufstellungen für Buchhaltung, Bestandsbewegung usw. erstellt.

Die Arbeiten für die Provisionsermittlung, Produktionsstatistiken und übrigen Agenturstatistiken werden unter teilweiser Verwendung der bereits beschriebenen Bänder in einem gesonderten Durchlauf durchgeführt. Auf einem «Agenturbestandsband» werden pro Agenten wesentliche Merkmale des mit ihm abgeschlossenen Vertrages sowie anschliessend Angaben über seine Versicherungen aufgeführt. Versicherungen, bei welchen mehrere Agenten beteiligt sind, werden entsprechend aufgeteilt angegeben. Die Nachführung dieses Bandes erfolgt durchaus analog dem Vorgehen beim Bestandsband über Lochkarten. Die Prämienzahlung löst die Gutschrift der Inkassoprovision aus.

Figur 17

Buchhalterische und statistische Aufstellungen



4. Stufe

Der beschriebene Plan führt zu einer drastischen Herabsetzung der benötigten Register. Von bisher 13 Kartenregistern werden nur noch zwei geführt: Das Policenregister, das aber nicht alle Angaben enthält, und ein Register auf den Geschäftsstellen. Beide Register werden von Hand geführt. Zu diesen zwei Registern kommt als neues Register das Bestandsband hinzu.

Obwohl die beschriebenen Bestandslisten eine Rekonstruktion der Entwicklung einer Police gestatten, dürfte es im allgemeinen praktischer sein, allfällige Anfragen auf Grund der Karte auf den Geschäftsstellen zu beantworten, da diese die notwendigen Angaben in übersichtlicher Weise enthält.

Die Gesellschaft beabsichtigt, das alte Bestandsband aus Sicherheitsgründen noch eine Zeitlang aufzubewahren.

Folgende Probleme im Zusammenhang mit der neuen Reserve-rechnungsmethode bei dieser Gesellschaft sind nach dem Bericht von 1955 noch offen:

1. Die bisherige Gliederung des Bestandes nach Reservegruppen konnte auch für andere Zwecke verwendet werden. Ein Ersatz bei Verwendung der neuen Hilfsmittel ist noch zu suchen.
2. Es muss noch geprüft werden, wie sich die Kontrolle durch die Aufsichtsbehörden infolge der Neugestaltung der Reserverechnung in Zukunft gestalten wird.

Die Gesellschaft hat ihre Programme schon weitgehend entwickelt. Viele davon sind bereits vollständig durch Probearbeiten geprüft und scheinen sich zu bewähren.

β) Die Pläne anderer Gesellschaften

Der Plan der Gesellschaft B wurde deshalb sehr ausführlich besprochen, weil er sich am konsequentesten vom bisherigen Prinzip der getrennten Register und der Arbeitsteilung abwendet und damit ein Bild vermittelt von den grossen und umwälzenden Möglichkeiten, die sich mit dem Einsatz elektronischer Maschinen bieten. In Amerika wird für diese Lösung mit *einem* Register das Adjektiv «*combined*» benutzt im Gegensatz zum Dreiregistersystem, wofür «*consolidated*» verwendet wird.

Ob allerdings die konsequenterste Lösung auch die beste ist, kann heute noch nicht beurteilt werden. Sehr wahrscheinlich wird sich das

auch nie allgemein entscheiden lassen, da auf die besonderen Verhältnisse der einzelnen Gesellschaft Rücksicht zu nehmen ist. Nachstehend wird ein allgemeiner Überblick über das Vorgehen anderer Gesellschaften gegeben, wobei insbesondere auf Abweichungen gegenüber dem Plan der Gesellschaft B hingewiesen wird. Es handelt sich um Gesellschaften mit Beständen von $\frac{1}{3}$ Million bis zu einigen Millionen Grosslebensversicherungen (vgl. Tabelle Seite 226/227).

Von Interesse ist die Stellungnahme der amerikanischen Studienkommission zu einer Reihe besonderer Fragen, auf die wir noch hinweisen wollen:

1. Welche Aufgaben werden auf elektronischem Wege gelöst? Nach Ansicht der amerikanischen Studienkommission eignen sich alle Arbeiten, welche mit der Verwaltung des Versicherungsbestandes im weitesten Sinne des Wortes zusammenhängen, für die Behandlung mit elektronischen Informationsverarbeitungsmaschinen. Die grössten Gesellschaften können es sich erlauben, elektronische informationsverarbeitende Maschinen vorläufig nur für Teilaufgaben einzusetzen, da es ihnen möglich ist, auch so die Maschinenzeit voll auszunützen. Im allgemeinen wird es jedoch notwendig sein, den Betrieb von Grund auf neu zu planen. Insbesondere muss das Prinzip der Arbeitsteilung verlassen werden, da ein rationeller Einsatz der Maschine eine durchgreifende Zentralisation verlangt. Alle Arbeitsabläufe müssen untersucht und koordiniert werden. Register sind zusammenzulegen. Eine grundlegende Neuorganisation der bestehenden Verwaltung ist zwingende Voraussetzung eines rationalen Einsatzes elektronischer Grossanlagen.

2. Welche Angaben werden auf Bänder übernommen? Es ist anzustreben, möglichst viele Angaben auf Bänder zu übernehmen, um möglichst viel mit den Bändern erledigen zu können. Allerdings bringt eine Vermehrung der Angaben auf einem Band eine entsprechende Erhöhung der Lesezeit mit sich, da bei jedem Durchlauf eines Bandes alle Angaben, auch die für eine bestimmte Arbeit vielleicht nicht benötigten, gelesen werden müssen. Hat der Rechenautomat keinen Pufferspeicher, so ergibt sich durch das Lesen unbenötigter Angaben ein Leerlauf, der wertvolle Zeit des Rechenautomaten beansprucht. Handelt es sich um eine Maschine mit einem Pufferspeicher, so ist die Lage bedeutend besser. Wenn jedoch im Zyklus Lesen – Rechnen – Schreiben die Rechenzeit kleiner ist als die Lesezeit, so ergeben sich auch hier Verzögerungen durch

Überblick über die Planung von 8 amerikanischen Gesellschaften

Gesellschaft	Geplante Register (B = Band, K = Karte)	Verwendung für	Häufigkeit des Nachführrens
A Bestand Mehrere Millionen Gross-lebensversicherungen	Indexregister B Prämienfälligkeitregister B Mathematisches Register B Polikenregister K Auf Geschäftsstellen: Hand geführtes Prämienkontrollregister K	Eingang in andere Register in Bandform Prämienrechnung und -verbuchung Berechnung von Reserve, Gewinnanteil, Rückkaufswert	wöchentlich monatlich jährlich
B Bestand 1,2 Millionen Gross-lebensversicherungen	Bestandesregister B Polikenregister K Auf Geschäftsstelle: Hand geführtes Prämienkontrollregister K	Prämienrechnung und -verbuchung Berechnung von Reserve, Abfindungswerten, Gewinnanteil; Provisionsabrechnung; Agenturstatistik	monatlich
C Bestand 0,5 Millionen Gross-lebensversicherungen	Adressregister B Hauptregister B Polikenregister K	Adressierung Prämienrechnung und -verbuchung, Berechnung von Reserven und Gewinnanteilen	monatlich monatlich
D Bestand $\frac{1}{3}$ Million Gross-lebensversicherungen	Bestandesregister B aufgeteilt in: Obligatorischer Teil Zusätzlicher Teil Keine anderen Register	Prämienrechnung und -verbuchung Berechnung von Abfindungswerten (nur bei Anfrage, Anfrage mit Mutationen eingegeben), Reserve, Gewinnanteil	täglich

<i>Gesellschaft</i>	<i>Geplante Register (B = Band, K = Karte)</i>	<i>Verwendung für</i>	<i>Häufigkeit des Nachführrens</i>
E Bestand Einige Millionen Gross- lebensversicherungen	Prämienrechnungsregister B Allgemeines Register K Dividendenregister K (wird später ersetzt) Darlehensgeschichtsregister K Reserveregister K (wird später ersetzt) Geschäftsstelle: Prämienkon- trollregister K	Prämienrechnung und -verbuchung, Berech- nung der Gewinnanteile, Reserve soll später übernommen werden durch Erweitern des Prämienrechnungsbandes	monatlich
F Bestand Einige Millionen Gross- lebensversicherungen	Bestandsregister B Policenregister K	Prämienrechnung und -verbuchung, Berech- nung von Reserve, Gewinnanteilen, Ab- findungswerten	monatlich
G Bestand 1,3 Millionen Grosslebensvers. Unfall- und Krankenver- sicherung im gleichen Arbeitsgang mitverarb.	Bestandsregister B Geschichtsregister K Korrespondenz- und Namens- register K	Prämienrechnung und -verbuchung, Berech- nung von Reserve, Gewinnanteilen	wöchentlich
H Bestand Einige Millionen Gross- lebensversicherungen	Mathematisches Register B Zusätzlich Lochkarte mit glei- chen Angaben und Rück- kaufswert Die bestehenden Register für andere Zwecke bleiben	Berechnung von Reserve und Gewinnanteil	monatlich

das Lesen von Angaben, die für die gerade laufende Arbeit nicht benötigt werden. Es ist deshalb z. B. zu prüfen, ob Name und Adresse nicht besser auf Lochkarten gespeichert werden.

Getrennte Bänder für verschiedene Aufgaben erlauben es ebenfalls, die Lesezeit pro Arbeit herabzusetzen, da dann auf jedem Band nur die benötigten Angaben und in der geeigneten Reihenfolge zu führen sind. Dafür erscheinen aber einige Angaben auf mehreren Bändern.

Für die Verwendung getrennter Bänder spricht auch die Möglichkeit, Sortierarbeiten auszuschalten. Sortierarbeiten sind auf den elektronischen Rechenautomaten nach dem derzeitigen Stand der Dinge verhältnismässig teuer und sollten möglichst herabgesetzt werden. Das lässt sich allerdings auch z. T. durch andere Mittel erreichen, z. B. dadurch, dass die Reserven polizeiweise ohne Umsortierung ermittelt werden.

3. Häufigkeit des Nachführrens der Bänder. Der Bericht von 1955 enthält eine Untersuchung über die Kosten des Nachführrens des Prämienrechnungsbandes, je nach dem Zeitraum, für welchen die Mutationen zusammengefasst werden; diese ergab folgende Resultate:

Häufigkeit des Nachführrens	Mutationsanzahl	benötigte Maschinenstunden
täglich	5 000	$8\frac{1}{3}$
wöchentlich	25 000	$8\frac{1}{2}$
monatlich	108 000	$9\frac{1}{4}$

Die benötigte Maschinenzeit ist also praktisch dieselbe, ob die Nachführung die Mutationen eines Tages, einer Woche oder eines Monats erfasst. Daraus folgt, dass die Kosten nahezu proportional mit der Häufigkeit des Nachführrens der Bänder zunehmen.

Bei dieser Untersuchung ist jedoch zu beachten, dass andere Faktoren als die Kosten für eine häufigere Nachführung sprechen. Bei täglicher Nachführung ist der Bestand immer richtig. Die Gesellschaft D z. B. berechnet die Abfindungswerte nur für diejenigen Versicherungen, für welche eine Anfrage vorliegt. Das kann jedoch nur so gemacht werden, wenn der Bestand täglich nachgeführt wird. Ob der gesamte Plan der Gesellschaft D zweckmässig ist, könnte aber nicht ohne sehr eingehende Untersuchung beurteilt werden. Auf alle Fälle wäre es voreilig, aus der Tatsache, dass eine einzelne Operation für sich allein betrachtet nicht sehr wirtschaftlich ist, ein abschliessendes Urteil über den Gesamtplan zu fällen.

4. Berechnung der Abfindungswerte. Wenn die Abfindungswerte überhaupt mit der elektronischen Recheneinrichtung ermittelt werden, so erfolgt die Berechnung – mit Ausnahme der Gesellschaft D – zum vornherein für den ganzen Bestand. Die Abfindungswerte werden dann auf Lochkarten festgehalten. Dieses Vorgehen erlaubt eine rasche Behandlung von Einzelanfragen.

5. Berechnung der Bilanzreserve. Die neuen Möglichkeiten, welche sich mit den elektronischen Geräten bieten, erfordern ein vollständiges Neuüberdenken der Probleme der Reserveberechnung. Es ist keine eindeutige Tendenz bei den verschiedenen Gesellschaften festzustellen. Häufig erfolgt die Berechnung direkt aus einer Formel. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass im allgemeinen weniger Platz im Speicher benötigt wird, als wenn die Reserve für alle vorkommenden Kombinationen in Promillen festgehalten werden muss. Beachtenswert ist die häufige Verwendung der Rekursionsformel.

Die bisher üblichen Verfahren der Fortschreibung der Bestände in Reservegruppen werden vollständig verlassen, da neue Bestandesaufnahmen – meist eng verbunden mit den Arbeiten für das Erstellen der Prämienrechnung – leichter zu erstellen sind als bisher.

6. Sicherheit und Kontrollen. Die Frage der Sicherheit und der erforderlichen Kontrollen ist beim Übergang auf ein vollständig neuartiges Vorgehen, wie es die elektronische Informationsverarbeitung darstellt, von grosser Bedeutung. Wir geben nachstehend einen kurzen Überblick über die im Bericht von 1955 angegebenen maschinell durchgeföhrten Kontrollen und Sicherheitsmassnahmen.

Beim Übernehmen der Angaben dürfte das zurzeit sicherste Verfahren die Verwendung von Lochkarten sein, da hier eine unabhängige Prüfung mit Hilfe der bekannten Prüflocher möglich ist.

Für das direkte Magnetisieren des Bandes und für das Erstellen von Lochstreifen (zur Umwandlung auf Magnetbänder) bestehen zurzeit keine direkten Kontrollmöglichkeiten. Es müssen deshalb die Angaben auf dem Band niedergeschrieben und mit den Urbelegen verglichen werden. Immerhin darf in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, dass man bei entsprechender Programmierung unmögliche Angaben oder Kombinationen von Angaben, die nicht zueinander passen, durch den Rechenautomaten bei der Bearbeitung entdecken und sogar unter Umständen sofort automatisch richtigstellen lassen kann.

Das Übertragen der Lochkarten auf Bänder durch den card-to-tape converter wird maschinell geprüft, insbesondere durch doppeltes Ablesen.

Bei der Verarbeitung sind bei elektronischen Rechenmaschinen Kontrollen eingebaut, die allerdings je nach dem Modell stark variieren. Zum Beispiel ist zur Kontrolle, ob ein Signal verloren geht, die Addition der Impulse jedes Zeichens bei Übertragungen von Angaben innerhalb der Rechenmaschine üblich. Viele Maschinen führen automatisch alle Rechnungen unabhängig von einander zweimal durch, und ein Resultat wird nur ausgegeben, wenn beide Rechnungen dasselbe ergeben haben. Obwohl dadurch die Maschinen stark verteuert werden, scheint diese Art von Kontrolle ein Vorteil zu sein. Bei Maschinen ohne Doppelrechnung, können grundsätzlich Kontrollen, z.B. das doppelte Rechnen, programmiert werden. Damit wird aber die Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine verringert und das Programmieren erschwert. Auch kann die Kapazität des Programmspeichers dem Programmieren von Kontrollen Grenzen setzen.

Im grossen und ganzen kommt der Bericht von 1955 zum Schluss, dass bei elektronischer Informationsverarbeitung weniger Kontrollen notwendig sind als bei den bisherigen Verfahren. Diese Feststellung bezieht sich natürlich nur auf den Teil der Arbeiten, der durch die Maschine erledigt wird. Insbesondere werden aber Fehlerquellen ausgeschaltet, weil weniger Register vorhanden sind und weil Magnetbänder ausschliesslich maschinell erstellt werden.

Eine Gefahr bildet allerdings der Verlust von Angaben infolge von Maschinenstörungen. Es scheint deshalb zweckmässig, alte Magnetbänder noch einige Zeit aufzubewahren, um erforderlichenfalls eine Rekonstruktion zu ermöglichen.

Eine andere Sicherheitsmassnahme stellt das Führen getrennter Magnetbänder für verschiedene Zwecke dar, z.B. eines für Prämienrechnungen und eines für statistische Zwecke. Schliesslich kommt auch das Führen von zwei getrennten Bestandsbändern in Betracht.

Eine Erhöhung der Sicherheit ergibt sich dadurch, dass das Erstellen von Inventaren zur Abstimmung der Bestandsfortschreibung sehr leicht möglich ist.

Eine bessere Kontrolle – allerdings in anderem Sinne – ergibt sich dadurch, dass die Abfindungswerte durch den Rechenautomaten ermittelt werden.

Alles in allem bringt die Verwendung von Magnetbändern bei geeigneter Organisation eine Erhöhung der Sicherheit, da die Handarbeit an Bedeutung abnimmt und neue Kontrollen leicht einzubauen sind.

* * *

Der Bericht von 1955 hält zusammenfassend fest, dass in den letzten 10 Jahren grosse Fortschritte in der Entwicklung von Rechenautomaten zur Verrichtung von Büroarbeiten erzielt wurden. Praktische Erfahrungen über deren Einsatz in Versicherungsbetrieben können aber erst jetzt gesammelt werden. Es ist deshalb zweckmässig, sorgfältig und schrittweise vorzugehen. Die neuen Hilfsmittel dürften sich jedoch zweifellos durchsetzen.

bb) Vergleich von Magnetbändern und Lochkarten als Mittel für Register von Versicherungsbeständen

Die Verwendung von elektronischen Rechenmaschinen zur Informationsverarbeitung bedingt durchaus nicht die Benützung von Magnetbändern für das Bestandesregister. Der grösste Teil der erzielbaren Einsparungen lässt sich durch den Einsatz der elektronischen Rechenmaschinen erzielen. Schätzungen ergaben, dass bis zu 90 % der Einsparungen auch ohne Bestandsführung auf Magnetbändern zu erreichen sind, d. h. bei Bestandsführung auf Lochkarten, die erst bei der Verarbeitung auf Magnetbänder übertragen werden.

Durch den Einsatz von kleineren Maschinen, welche auch bei der eigentlichen Verarbeitung nur mit Lochkarten arbeiten, wird natürlich die Arbeitsgeschwindigkeit der elektronischen Rechenmaschine an die verhältnismässig langsame mechanische Bewegung der Lochkarte geknüpft und damit herabgesetzt. Dafür sind jedoch diese kleineren Modelle bedeutend billiger.

Eine Gesellschaft mit einem Bestand von einigen Millionen Grosslebensversicherungen plant z.B. vorläufig nur die Verwendung von kleineren Modellen, die direkt mit Lochkarten arbeiten, und beabsichtigt, erst später auf Bänder überzugehen. Dieses Vorgehen wird jedoch von anderer Seite nicht als zweckmässig betrachtet. Die Ansichten über die verschiedenen Möglichkeiten des Vorgehens gehen also noch auseinander, und ein endgültiges Urteil lässt sich offenbar im heutigen Zeitpunkt nicht fällen.

Die beiden Formen von Registern weisen folgende Vor- und Nachteile auf:

Lochkarte

Vorteile:

1. Die einzelnen Elemente des Registers sind unabhängig voneinander. Kleine Änderungen können deshalb leicht von Hand durchgeführt werden. Die ungeänderten Glieder müssen deswegen nicht neu erstellt werden.
2. Die Lochkarte ist maschinell und optisch «lesbar» (wenn interpretiert).
3. Zuverlässigkeit und Haltbarkeit sind erprobt.

Nachteile:

1. Lochkarten können verloren gehen oder falsch versorgt werden oder bei der Verarbeitung aus Versehen fehlen. Es sind deshalb viele Kontrollen notwendig.
2. Bei der Verarbeitung werden besondere Maschinen für Sortieren, Rechnen und Schreiben eingesetzt, was Transporte der Lochkarten von Maschine zu Maschine und die Aufteilung der Arbeitsgänge, sowie die Einschaltung von Zwischenkontrollen notwendig macht. Beim Einsatz von elektronischen Maschinen zur Informationsverarbeitung, welche direkt Lochkarten verarbeiten, lassen sich allerdings zum Teil Sortierarbeiten vermeiden, z. B. indem die Reserven polizeiweise gerechnet werden; grundsätzlich gilt aber der Einwand auch für diesen Fall.
3. Lochkarten beanspruchen verhältnismässig viel Platz und werden in grossen Mengen unhandlich.
4. Werden beim Einsatz einer Rechenmaschine, welche direkt nur mit Magnetbändern arbeitet, Lochkarten als Register verwendet, so zeigt sich, dass die jeweils notwendige Umwandlung der Angaben von den Lochkarten auf die Bänder zeitraubend ist. Durch den Einsatz mehrerer converter kann diesem Überstand wohl begegnet werden. Wenn diese jedoch nicht genügend häufig benutzt werden können, ergeben sich ungünstige Kostenverhältnisse.

Magnetband

Vorteile:

1. Bei jeder maschinellen Bearbeitung entsteht ein neues Magnetband. Es ist deshalb viel leichter, den alten und neuen Bestand miteinander zu vergleichen. Verschiedene Kontrollarbeiten, die bei der Verwendung von Lochkarten notwendig sind, können deshalb wegfallen.
2. Die Angaben gehen weniger häufig verloren als bei Lochkarten. Es ist nicht möglich, dass aus Versehen die Angaben für eine Police fehlen. Ist eine Angabe einmal richtig übernommen, dann kann sie praktisch auch für alle Zukunft als richtig betrachtet werden.
3. Fehler in den Angaben können in gewissen Fällen bei der Verarbeitung entdeckt und unter Umständen sogar berichtigt werden, so z. B. unmögliche Schlüssel für Versicherungsart oder Gewinnplan; eine Prämie, die nicht zu den übrigen Angaben über die Versicherung passt usw.

Nachteile:

1. Das Magnetband ist ein empfindliches Hilfsmittel und muss sorgfältig behandelt werden. Bei Beschädigungen des Bandes gehen Angaben verloren. Das erfordert besondere Sicherheitsmaßnahmen.
2. Das Magnetband kann nur von der Maschine gelesen werden.
3. Der Zugang zu den Angaben einer einzelnen Versicherung ist erschwert.
4. Das Fehlersuchen ist häufig sehr schwierig.
5. Es liegen noch wenig Erfahrungen vor über die Häufigkeit von Betriebsstörungen durch Ableseschwierigkeiten (wegen Staub, Größenänderung des Bandes usw.), unleserliche Angaben, Abnützung der Bänder und andere wichtige Fragen.

Für Arbeiten, welche den ganzen Bestand oder grössere Teile davon betreffen, bietet ein kontinuierliches Hilfsmittel wie das Magnetband wesentliche Vorteile. Für Arbeiten an einzelnen Policen ist ein Kartenregister günstiger. Der Entscheid, ob in einem bestimmten Fall Bänder oder Lochkarten vorzuziehen sind, hängt stark davon ab, wie

die Einzelarbeiten an den Polices erledigt werden sollen. Insbesondere spielt die Behandlung von Abfindungswerten eine grosse Rolle.

Die Hersteller von Magnetbändern suchen nach Wegen, welche die Behandlung von Einzelanfragen mit Bändern rationeller gestalten sollen. Es ist möglich, dass entsprechende Einrichtungen in absehbarer Zeit geschaffen werden.

e) Plan einer Gesellschaft, die ausschliesslich Verwendung von Lochkarten vorsieht

Der Bericht von 1955 ist verhältnismässig stark auf die Möglichkeiten ausgerichtet, welche sich beim Einsatz von Bändern ergeben. Für europäische Verhältnisse dürfte die Verwendung von Bändern jedoch nur für grosse Gesellschaften in Betracht kommen. Es scheint uns deshalb angezeigt, den Plan einer kleineren Gesellschaft darzustellen, die mit einer Maschine mittlerer Preislage ohne Verwendung von Magnetbändern, sondern nur mit Lochkarten arbeiten will.

Die Gesellschaft hat einen Bestand von 81 000 Polices, wovon 27 000 mit Gewinnanteil, und arbeitet in 32 Staaten Nordamerikas und 16 Ländern ausserhalb der Vereinigten Staaten. 15 verschiedene Währungen und 18 Grundlagen für die Reserverechnung müssen berücksichtigt werden. Die Prämieneinnahme für Einzel-Unfall- und Krankenversicherungspolices beträgt 1 500 000 Dollars und für Gruppenversicherungen 6 500 000 Dollars. Die Aktiven stellen sich auf insgesamt 71 000 000 Dollars.

Ohne allzu weitgehende Untersuchungen gewann die Gesellschaft den Eindruck, dass eine Maschine mittlerer Preislage ohne Magnetband sich lohnen würde.

Vorerst wurde die Planung nur für die Grosslebensversicherung durchgeführt. Die eigentliche Programmierung wurde von fünf jungen Leuten mit versicherungstechnischer Ausbildung besorgt unter der Leitung von zwei Überwachungspersonen. Zwei weitere Personen führten die allgemeine Planung in grossen Linien durch. Häufig waren grundsätzliche Änderungen in der Bearbeitung notwendig, um die Vorteile der Maschine voll auszunützen.

Nach Auffassung dieser Gesellschaft lohnt es sich nicht, der Maschine zu einfache Aufgaben zu übertragen. Die bisher entwickelten

Programme weisen 500 bis 1000 Programmschritte auf. Ausser wenn es sich um sonst unbenützte Maschinenzeit handelt, wird von der Durchführung von Arbeiten mit weniger als 200 Programmschritten abgeraten.

Der Plan für die Grosslebensversicherung

Es bestehen zwei Lochkartenregister:

1. Namens- und Adressregister.
2. Übrige Angaben, Hauptregister.

Die Karten beider Register liegen innerhalb der 31 Fälligkeitstage nach Policennummern (alle Beginnmonate zusammen) geordnet. Das Hauptregister enthält pro Police einige Lochkarten, die beieinander liegen: Prämienkarte, Dividendenkarte (nur bei gewinnberechtigten Versicherungen), Reserverechnungskarte, eventuell Darlehenskarte, Prämienvorauszahlungskarte und Reservekarte für Zusatzversicherungen.

Die Mutationen werden auf Lochkarten gesammelt und für einen Fälligkeitstag jeweilen einmal im Monat vor dem Erstellen der Prämienrechnung zur Nachführung des Bestandes verwendet.

Der wichtigste Vorgang ist das Programm für das Erstellen der Prämienrechnung. Die Prämienrechnungen werden täglich ausgefertigt.

Die Karten eines Fälligkeitstages aus dem Hauptregister werden mit den entsprechenden Mutationslochkarten eines Monats zusammengebracht. Die Rechenmaschine erstellt Prämienrechnungskarten, nachgeführte Hauptregisterkarten (wenn Prämie oder Darlehenszins bezahlt wurde), Darlehenszinskarten, Karten für die Kapitalisierung des Darlehenszinses, neue Prämien- und Reservekarten bei Mutationen, Hilfsdividendenkarten, Summenkarten und Karten zur Anzeige von Fehlern. Diese Karten werden nach ihrem Verwendungszweck sortiert und wenn notwendig dupliziert.

Anschliessend werden die Lochkarten für die Mutationen wieder aussortiert, ausser für Darlehensänderungen und Prämienvorauszahlungsänderungen, für welche die Karten im Hauptregister bleiben.

Vor dem Stichtag wird jeweils von der Rechenmaschine der Darlehenszins für das gesamte Darlehen berechnet und zum Darlehen hinzugefügt. Der Zins wird kapitalisiert, unabhängig davon, ob er bar zu entrichten ist oder nicht. Gleichzeitig wird eine Darlehenszinskarte

erstellt für die Zinsrechnung. Diese Zinskarte dient dann als Belastungskarte. Bei Bezahlung des Zinses wird der Darlehensbetrag entsprechend reduziert, da der Zins vorher zum Kapital hinzugeschlagen worden ist.

Auf der Prämienrechnungskarte ist die Jahresprämie und die Prämienzahlungsart angegeben. Die Rechenmaschine ermittelt daraus die Prämienrate. Nach Ablauf der vertraglichen Prämienzahlungsdauer wird von der Rechenmaschine keine Prämienrechnung mehr erstellt. Karten der erloschenen Versicherungen werden monatlich gelistet und dann vernichtet. Da die Karten des Hauptregisters das Mutationstdatum des Eingangs und des Abgangs enthalten, kann wenn nötig die ganze Abwicklung für jede einzelne Police auf Grund der Listen rekonstruiert werden.

Alle Bewegungskarten für einzelne Polices werden nach Policenummern sortiert und für jedes Jahr gelistet. Das sich ergebende Bewegungsblatt für jede Police wird beim entsprechenden Antrag abgelegt. Dieses Vorgehen erlaubt ebenfalls eine Rekonstruktion der «Geschichte» einer Police und wird für Steuermeldungen und Anfragen der Versicherten als notwendig betrachtet.

Neben dem Prämienrechnungsprogramm laufen täglich Programme für Nettoprämiens, Provisionen, Gewinnanteile und Mutationen. Das Mutationsprogramm listet die Bewegungen, berechnet die entsprechenden Reserven und führt Kontrollen durch. Dabei ergeben sich die Unterlagen für die Bestandsbewegung und Agenturstatistik.

Das Provisionsprogramm berechnet Provisionen und führt Prämienstatistiken durch.

Das Dividendenprogramm (noch nicht programmiert) ermittelt die Gewinnanteile (Erhöhung und neuer Bestand).

Vierteljährlich werden aus dem Hauptregister zur Kontrolle zusammengestellt: Prämienrückstände, gestundete Prämien, Prämievorauszahlungen, Stand der Darlehen und Gewinnanteile. Ende Jahr werden die Unterlagen für den Jahresabschluss ermittelt: Prämienreserven, Aufteilung des Prämienbestandes usw.

Die Gesellschaft erwartet, dass die Anwendungen in der Grosslebensbranche etwa 50 % der Maschinenzeit beanspruchen. Etwas Zeit wird für spezielle versicherungsmathematische Aufgaben benötigt. Der Rest steht zur Verfügung für die Buchhaltung und für die übrigen Versicherungszweige.

2. Der Stand in Europa

In Europa ist die Entwicklung gegenüber derjenigen in Amerika, insbesondere, was die Verwendung des Magnetbandes und der damit verbundenen Vorstudien betrifft, um einige Jahre im Rückstand, und zwar vor allem aus folgenden Gründen:

1. Die Entwicklung von elektronischen Rechengeräten wurde in den Vereinigten Staaten für militärische Zwecke stark gefördert. Alle personellen und materiellen Hilfsmittel standen (im Gegensatz zu den Verhältnissen in Europa) zur Verfügung.

2. In Amerika ist man optimistischer und fortschrittsgläubiger als in Europa, so dass Umstellungen auf neue Hilfsmittel leichter vollzogen werden. Die Möglichkeit des Einsatzes elektronischer Geräte im Versicherungswesen wurde deshalb schon früh gründlich studiert. Nachdem die grundsätzlichen Fragen positiv beantwortet werden konnten, entschlossen sich eine Reihe von Gesellschaften verhältnismässig rasch zur Anschaffung der neuen Maschinen – zum Teil ohne sehr eingehende Prüfung.

3. In Amerika herrscht starker Mangel an Personal, so dass die Wirtschaftlichkeit einer Maschine unter Umständen nicht den allein entscheidenden Faktor für ihren Einsatz darstellt.

4. Die Qualität des Büropersonals soll in Amerika im Durchschnitt weniger gut sein als in Europa. Die Büroarbeit wird auch sozial nicht sehr hoch bewertet. Es handelt sich vielfach um weibliches Personal oder Studenten mit kurzer Dienstzeit. Der Wechsel im Angestelltenbestand ist daher sehr gross. Das zwingt dazu, die Arbeiten sehr stark in einzelne kleine Teile aufzuspalten, die von ungelernten Kräften nach kurzer Einarbeitungszeit bewältigt werden können. Dadurch ergibt sich weiter die Notwendigkeit vermehrter Register – pro Police können bis zu 25 Karten vorhanden sein (Lochkarten und andere Registerkarten).

5. Die Verwaltung der Versicherungsbestände ist aus verschiedenen Gründen zum mindesten nicht einfacher als in Europa. Die Aufsicht über das Versicherungswesen ist den einzelnen Bundesstaaten übertragen. Es ist deshalb notwendig, die Bestände nach Staaten aufzugliedern und insbesondere getrennte Reserverechnungen durchzuführen.

Das in den Vereinigten Staaten übliche natürliche Gewinnsystem bringt ebenfalls gewisse Mehrarbeiten mit sich.

6. Das Lohnniveau in Amerika steht über dem europäischen. Es genügt schon eine verhältnismässig geringe Einsparung an Angestellten, um den Einsatz elektronischer Geräte wirtschaftlich erscheinen zu lassen.

Die grossen Vorteile, welche sich durch die elektronische Informationsverarbeitung ergeben, werden heute jedoch auch in Europa erkannt. Bereits sind einige Maschinen mittlerer Preislage bei europäischen Versicherungsunternehmungen in Betrieb.

Über den Einsatz elektronischer Geräte im Versicherungswesen wurden bisher in Europa neben kurzen Darstellungen über die nordamerikanischen Erfahrungen zwei interessante Arbeiten veröffentlicht, eine von *Baker* [6] und eine von *Savignon* [7].

Obwohl diese Arbeiten nicht in dem Masse auf eigenen Erfahrungen aufbauen können wie der Bericht des amerikanischen Studienkomitees aus dem Jahre 1955, sind beide Untersuchungen wertvoll, weil sie auf Detailprobleme eintreten.

a) Die Arbeit von Baker

Baker beschreibt die Untersuchungen, die er in Zusammenarbeit mit einer grossen Herstellerfirma von elektronischen Geräten über die Verwendung von elektronischen informationsverarbeitenden Maschinen in der *Grosslebensversicherung* durchgeführt hat. Es handelt sich um einen theoretischen Plan, der jedoch weitgehend auf die Anforderungen der Praxis abgestimmt ist.

Einleitend wird untersucht, ob der Einsatz eines elektronischen Rechenautomaten sich rechtfertigen lässt unter der Voraussetzung, dass die bisherige Organisation des Betriebes unverändert bleibt. Es ergeben sich nur beschränkte Einsparungen, welche gegenüber den hohen Kosten für die Maschine und die Umstellung zu klein sind. Als Preis für die Rechenautomaten werden dabei 25 000 bis 100 000 englische Pfund angenommen und als jährliche Amortisationsquote 5000 bis 15 000 englische Pfund. – Daraus soll nicht geschlossen werden, dass die Verwendung von elektronischen Geräten im Versicherungswesen unwirtschaftlich sei, sondern dass die Untersuchungen von anderen Voraussetzungen ausgehen müssen. Es ist notwendig, die ganze Organisation des Lebensversicherungsbetriebes neu zu überdenken und von Grund auf neu aufzubauen. Alle von den bisherigen Rationalisierungsmitteln – insbesondere von den herkömmlichen Lochkarteneinrichtungen – gewohnten

Vorstellungen sind neu zu überprüfen. In dieser Beziehung gelangt Baker zu denselben Feststellungen wie das amerikanische Studienkomitee.

Baker setzt voraus, dass Versicherungsantrag und Policendurchschlag nicht als Register für die Verarbeitung durch den Rechenautomaten verwendet werden können. Daraus schliesst er, dass ein weiteres Register notwendig ist. Wenn sich mit diesem alle übrigen bisher erforderlichen Register ersetzen lassen, sind allerdings beträchtliche Einsparungen zu erzielen. Wenn es ausserdem möglich würde, aus diesem Register Police und Policendurchschlag zu erstellen, würde sich die Lage noch mehr verbessern. Aus diesen Überlegungen entwickelt Baker seinen Plan.

Nach seinem Vorschlag werden die Policen im allgemeinen von der elektronischen Maschine erstellt. Die Policendurchschläge liegen bei den Zweigstellen. Von allen Nachträgen sind die Kopien ebenfalls auf die Zweigstellen zu senden. Das Register für den Rechenautomaten enthält nur den gegenwärtigen Stand der Versicherungen. Für die Erfassung der Policengeschichte macht Baker den Vorschlag, den Stand beim Neuabschluss und bei jeder Änderung für jede Police einzeln schreiben zu lassen und mit den Antragspapieren abzulegen. Er hält das für besser als die Verwendung von Lochkarten, wie es im amerikanischen «consolidated functions plan» vorgesehen ist, und zwar wegen der beschränkten Kapazität der Lochkarten, dem grösseren Zeit- und Raumbedarf, und weil dadurch ein neues Register entsteht. Der Policendurchschlag auf den Zweigstellen erlaubt ebenfalls das Erfassen der Policengeschichte. Für Einzelanfragen werden die Antragspapiere mit der dazugehörenden Sammlung der Angaben über den jeweiligen Stand der Versicherung verwendet.

Wenn ein möglichst vollständiges Register angestrebt wird – Baker rechnet mit 500 Zeichen – so fallen die Lochkarte und der Lochstreifen als Registrierungsmittel ausser Betracht, da die Lesezeiten zu gross sind. In diesem Falle soll das Magnetband eingesetzt werden.

Werden jedoch nur die wichtigsten Angaben auf das Register übernommen, so reduziert sich die Zahl der Zeichen auf etwa 200. Auch in diesem Fall ist Baker der Meinung, Lochstreifen kämen für die Bestandsführung nicht in Betracht. Selbst die Verwendung von Lochkarten hält er nicht für das günstigste Verfahren. Er untersucht deshalb nur noch den Einsatz von Magnetbändern.

Für einen Bestand von 344 Policien, der im wesentlichen eine Stichprobe aus einem tatsächlichen Versicherungsbestand darstellt und der alle im Bestand vorkommenden Spezialitäten aufweist, führte eine elektronische Rechenanlage folgende Arbeiten durch:

1. Erstellen der Prämienbordereaus nach Agenturen.
2. Reserverechnung aus den Kommutationszahlen.
3. Drucken einer Bestandsliste.

Die Arbeit enthält eine eingehende Darstellung des Vorgehens einschliesslich der Arbeitsabläufe für die Rechenanlage und der Angabe für die benötigte Bearbeitungszeit. Es würde jedoch den Rahmen dieses Berichtes sprengen, wenn diese zum Teil instruktiven Darstellungen ausführlich wiedergegeben würden.

Die Meinung, dass nur die allergrössten Gesellschaften elektronische Geräte für die Informationsverarbeitung einsetzen können, hält Baker nicht für richtig. Natürlich kommen die grösseren Modelle in der Preislage von 1 Million Dollar und mehr für mittlere Gesellschaften nicht in Betracht. Billigere Anlagen arbeiten langsamer und weisen verschiedene interne Kontrollen der grossen Systeme nicht auf; doch können sie sich für mittlere und kleine Gesellschaften eignen.

Baker glaubt, dass Maschinen für den Einsatz in Lebensversicherungsbetrieben unter Verwendung von Magnetbändern in der Preislage von 50 000 bis 100 000 englischen Pfund gebaut werden könnten.

Er ist überzeugt, dass sich elektronische Geräte auch in Lebensversicherungsbetrieben durchsetzen werden und glaubt, dass die Beschäftigung mit diesem Gebiete auch dann Vorteile bringen wird, wenn eine Gesellschaft sich noch nicht zur Anschaffung einer elektronischen Einrichtung entschliessen kann. Die vorurteilslose Betrachtung der überlieferten Verwaltungsmethoden wird zu manchen Vereinfachungsmöglichkeiten im Rahmen der herkömmlichen Hilfsmittel führen.

Die Arbeit von Baker stützt sich auf die Untersuchung eines kleinen Modells. Der amerikanische Bericht beruht dagegen auf praktischen Anwendungen und gibt ein Bild tatsächlichen oder in nächster Zeit geplanten Einsatzes in Lebensversicherungsbetrieben. Trotzdem bringt der Bericht von Baker viele Anregungen für das Planen im elektronischen Bereich. Insbesondere weist er auf die grosse Bedeutung der notwendigen Maschinenzeiten für Eingabe, Ausgabe und die eigentliche Bearbeitung hin. Diese Maschinenzeiten stellen entscheidende Gesichtspunkte für die Wahl und die Anordnung der zu führenden Register dar.

b) Die Arbeit von Savignon

Diese Untersuchung beschränkt sich auf die Möglichkeiten der Verwendung von elektronischen Geräten für versicherungstechnische Berechnungen. Der Autor untersucht die zweckmässige Organisation von zwei häufig vorkommenden Berechnungen im Rahmen des ganzen Versicherungsbetriebes.

1. Die Ermittlung der Prämienreserve während des Erstellens der Prämienrechnungen.
2. Die für eine Anrechnung einer alten Police an einen neuen Vertrag notwendigen Berechnungen.

Die zweite Aufgabe spielt für französische Verhältnisse eine grosse Rolle. Infolge der starken Geldentwertung stellt sich häufig das Problem der Anpassung einer alten Versicherung mit einer kleinen Summe an die neuen Verhältnisse.

aa) Die Ermittlung der Prämienreserve während des Erstellens der Prämienrechnungen

Als Beispiel wird die gemischte Versicherung gewählt, wobei kontinuierlich gerechnet und von der Formel von Makeham für die Überlebenden ausgegangen wird. Für die Ermittlung der Prämienreserve werden verschiedene Möglichkeiten für die Wahl der Ausgangsgrössen betrachtet.

α) Konstante der Sterbetafel als Ausgangsgrössen

Es zeigt sich, dass die erforderlichen Berechnungen verhältnismässig lange Zeit beanspruchen. Savignon kommt auf die Grössenordnung von einer Minute pro Police. Bei der Rechengeschwindigkeit der von Savignon untersuchten Maschine ist dieses Verfahren zu langsam.

*β) Berechnung unter Verwendung von Kommutationszahlen,
die durch Interpolation gebildet werden*

Die Kommutationszahlen (N_x, R_x) werden durch Polynome 7. Grades interpoliert. Das vom Autor gewählte Rechenverfahren lehnt sich im übrigen an die Methode der Hilfszahlen von Altenburger an – mit dem wesentlichen Unterschied, dass die Versicherungen nicht nach dem erreichten Alter zu sortieren sind. Die entsprechenden Faktoren

für das erreichte Alter werden jeweilen berechnet. Als Nachteil des Verfahrens muss die notwendige Gliederung nach Rechnungsgrundlagen und Versicherungen auf ein oder mehrere Leben betrachtet werden.

γ) Direkte Interpolation der Reserven

Die zuerst betrachtete *F*-Methode von *Jecklin* und *Zimmermann* erachtet Savignon wegen der z.T. erforderlichen Änderungen der Hilfszahlen im Laufe der Versicherungsdauer nicht als besonders geeignet für elektronische Geräte. Es wird statt dessen die Interpolation durch ein Polynom dritten Grades vorgeschlagen, dessen Koeffizienten nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt werden. Die so berechneten Reserven kommen nach den angegebenen Beispielen nahe an die genauen heran.

Die Berechnung der Koeffizienten ist eine grosse Arbeit, die jedoch ein für alle für sämtliche vorkommenden Fälle durchgeführt werden kann. Immerhin genügt es, die Rechnung für jedes 5. oder 10. Alter durchzuführen und dann zu interpolieren. Entsprechend kann auf die genaue Rechnung für alle Dauern verzichtet werden.

Eine interessante Möglichkeit bietet sich durch die Transformation der Zeitvariablen auf einen festen Bezugspunkt, wodurch die Variable für den ganzen Bestand dieselbe wird, entsprechend der *Co*-Methode von *Meier*.

Nach diesen Untersuchungen über das geeignete Rechenverfahren zur Ermittlung der Prämienreserve wird die Frage des Einbaus der Reserverechnung in die Arbeiten zum Erstellen der Prämienrechnungen behandelt. Es wird vorgeschlagen, die Prämienrechnungen jeder Police jeweilen für ein volles Versicherungsjahr zu erstellen, also z.B. bei vierteljährlicher Prämienzahlung vier Rechnungen zusammen.

Wird die erste Methode für die Ermittlung der Prämienreserve (aus den Konstanten der Formel von Makeham) verwendet, so bedingt das für jede Versicherungsart ein besonderes Programm. Da die Savignon zur Verfügung stehende Rechenmaschine offenbar keine genügend grosse Kapazität besitzt, ist eine Sortierung des Bestandes nach Tarifen und Rechnungsgrundlagen erforderlich. Dann liegen aber die Quittungen in einer Reihenfolge, die für die weitere Verarbeitung nicht geeignet ist. Sie müssten deshalb umgeordnet werden. Da dieses Reserverechnungsverfahren auch die längste Rechenzeit verlangt, kommt es nicht in Betracht.

Beim zweiten Verfahren ist nur eine Trennung nach Rechnungsgrundlagen durchzuführen. Allerdings beanspruchen die notwendigen Hilfszahlen auf der Lochkarte für die Prämienrechnung viel Platz. Da Ausrechnungen für die Gewinnbeteiligung und die Darlehenszinserhebung nicht miterfasst werden, hat Savignon keine Schwierigkeiten, mit *einer* Lochkarte auszukommen.

Das dritte Verfahren für die Reserverechnung (unter direkter Interpolation der Reserven mit Polynomen dritten Grades) erweist sich als noch günstiger, weil die Rechenarbeit am kleinsten ist, am wenigsten Hilfszahlen auf einer Lochkarte einzutragen sind und alle Versicherungen in beliebiger Reihenfolge durchlaufen können.

Es ist also möglich, Prämienfälligkeitsschärfkarten und die Lochkarten für die Reserverechnung zusammenzulegen. Daraus ergeben sich folgende Vorteile:

Das Problem der Übereinstimmung der beiden Register stellt sich nicht mehr. Beim Prämienfälligkeitssregister lassen sich entstehende Fehler leichter erfassen. Dadurch ergibt sich weiter eine erhöhte Sicherheit für die Ermittlung der Bilanzreserve.

Die Berechnung der Bilanzreserve erfolgt jeweilen für den Bestand eines Beginnmonats beim Erstellen der Prämienrechnungen. Es ist deshalb notwendig, die Mutationen bis zum Bilanztag noch zu berücksichtigen. Da die Reserven für den Bestand bereits polizeweise gerechnet vorliegen, bringt die Erfassung der Abgänge keine Schwierigkeiten. Für die Zugänge muss die Reserve noch gerechnet werden.

Die Einzelrechnung der Reserven ist für französische Verhältnisse besonders erwünscht, da die Reserven für die Berichterstattung an die staatliche Aufsichtsbehörde verhältnismässig stark nach Grundlagen und Versicherungsarten aufgegliedert werden müssen.

bb) Anrechnung einer alten Versicherung an eine neue

Infolge der Einzelrechnung der Reserven ist es möglich, den Agenten für jede Versicherung ihres Bestandes mit der Prämienrechnung die entsprechende Reserve anzugeben. Der Agent kann dann die Berechnung für die Anrechnung einer alten Police an eine neue näherungsweise selber durchführen. Dabei ist natürlich der Stand der Prämienzahlung zu berücksichtigen.

Die einzige wesentliche Schwierigkeit erblickt Savignon darin, dass es bisher Sache des Hauptsitzes war, technische Berechnungen

nicht nur zu leiten, sondern auch durchzuführen: Ein Beispiel dafür, dass es unter Umständen notwendig ist, mit herkömmlichen Gewohnheiten zu brechen, um die neuen Hilfsmittel voll auszunützen.

3. Probleme bei der Einführung elektronischer Maschinen in Versicherungsbetrieben

Das Planen und Vorbereiten des Einsatzes von elektronischen Maschinen zur Informationsverarbeitung stellt eine grosse Aufgabe dar. Diese Arbeit muss jedes Unternehmen zu einem beträchtlichen Teil selber erledigen, auch wenn es aus den Erfahrungen und Überlegungen anderer Gesellschaften Nutzen ziehen kann.

Einige allgemeine Bemerkungen, die sich aus den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen ergeben, dürften dennoch wenigstens die Probleme andeuten, auf welche beim Planen einer Umstellung Rücksicht zu nehmen ist.

a) Personelle Voraussetzungen

Erste Voraussetzung für eine Umstellung bildet eine positive Einstellung der Geschäftsleitung gegenüber dieser Neuerung. In viel grösserer Masse als etwa beim Einführen einer Lochkarteneinrichtung ist es hier notwendig, dass die Geschäftsleitung mitwirkt. Althergebrachte Einrichtungen müssen weichen, die Grenzen von Abteilungen sind neu festzulegen, gewisse Abteilungen können sogar aufgehoben werden. Es ist unter Umständen notwendig, die Versicherungsbedingungen selbst für bestehende Versicherungen günstiger zu gestalten, um Vereinfachungen zu erreichen. Die Frage, was von Geschäftsstellen und was am Hauptsitz zu erledigen ist, muss von Grund auf neu geprüft werden usw.

Die zweite wichtige Voraussetzung besteht in der richtigen Wahl und zweckmässigen Ausbildung von Personen, welche die Umstellung planen und durchführen sollen. Allgemein kann gesagt werden, dass es leichter ist, qualifizierte Angestellte aus dem Versicherungswesen mit der «Sprache» der Maschine vertraut zu machen, als ebenso qualifizierten Maschinentechnikern die Bedürfnisse eines Versicherungsbetriebes nahezubringen. Die mit der Umstellung zu betrauenden Personen sind deshalb am besten aus dem eigenen Betriebe zu holen. Mehrjährige Praxis im Versicherungswesen ist unbedingt notwendig,

Kenntnisse im Lochkartenwesen sind erwünscht. Umfassende Kenntnis der Versicherungstechnik ist notwendig; darüber hinaus sind allgemeine mathematische Kenntnisse kein zwingendes Erfordernis, wohl aber klares, logisches Denken, Unvoreingenommenheit, Freude am Kombinieren und Begeisterungsfähigkeit für diese neue Aufgabe. Dazu treten noch einige persönliche Voraussetzungen, die sich aus der Notwendigkeit ergeben, mit vielen Stellen im Betrieb guten Kontakt zu haben und ihn auch dann bewahren zu können, wenn im Interesse des Gesamtunternehmens Vorschläge gemacht werden müssen, die für gewisse Abteilungen einschneidende sachliche und personelle Umstellungen mit sich bringen.

Der für eine Umstellung notwendige Arbeitsaufwand wird meist unterschätzt. Es ist nicht aussergewöhnlich, wenn sich fünf Personen während zwei bis drei Jahren vollamtlich mit dem Planen abgeben.

Für die Ausbildung des Umstellungsstabs kann die vorhandene Literatur benutzt werden; Kurse von allen in Frage kommenden Lieferfirmen können besucht werden. Im übrigen wird die Ausbildung selber erarbeitet werden müssen durch die langsam wachsende Erfahrung bei der Prüfung bestehender Arbeitsabläufe und ihrer Übertragung auf die elektronischen Hilfsmittel.

Neben der Ausbildung des eigentlichen Umstellungsstabs ist es natürlich auch notwendig, alle betroffenen Personen – insbesondere die Bürochefs und Abteilungschefs – über die einzuführenden Maschinen und über die geplante Neuordnung des Betriebes zu unterrichten.

Der Umstellungsstab wird auch nach der Einführung der Maschinen noch längere Zeit notwendig sein. Einerseits müssen die bestehenden Programme laufend angepasst und verbessert werden. Andererseits sind neue Anwendungsgebiete zu bearbeiten. Aus dem Umstellungsstab wird auch meist ein Teil des Personals für die Bedienung und Überwachung der Maschinen rekrutiert werden müssen.

b) Eigentliche Planungsarbeiten

Es ist unmöglich, irgendeine feste Grenze dafür anzugeben, von welcher Betriebsgrösse an der Einsatz von elektronischen Geräten in Frage kommt. Die Anzahl der Versicherungen, die Häufigkeit des Erstellens der Prämienrechnungen, die Anzahl der Angestellten, das Gehaltsniveau und die zukünftige Geschäftsentwicklung sind einige der

wichtigsten Faktoren, die zu berücksichtigen sind. Auch der gegenwärtige Stand der Mechanisierung spielt eine wesentliche Rolle.

Die folgende Gliederung der Planungsarbeiten wird sich in der Praxis nicht genau einhalten lassen. Die Grenzen zwischen den einzelnen Abschnitten überschneiden sich. Im Laufe der Arbeiten wird man vielleicht gezwungen sein, mehrmals auf tieferen Stufen wieder anzufangen. Die Wahl des Maschinentyps wird im Laufe dieser Planungsarbeit zu treffen sein.

1. Wahl der Anwendungsgebiete. Es empfiehlt sich, anhand einer verhältnismässig groben Untersuchung festzustellen, welche Arbeiten mit elektronischen Maschinen durchgeführt werden sollen. Vor allem wird es sich um Gebiete handeln, die bisher nicht oder nicht voll mechanisiert werden konnten und die für die betreffende Gesellschaft von grosser Bedeutung sind. Es kommen vor allem Anwendungsgebiete in Frage, auf welchen ganze Arbeitsprozesse in Zukunft wegfallen können oder sich voll automatisieren lassen.

Die elektronische Informationsverarbeitung eignet sich vor allem für häufig wiederkehrende Vorgänge, wie das Erstellen der Prämienrechnung, Verbuchen der Prämienzahlung, Provisionsberechnungen für die Geschäftsstellen, Berechnung der Reserven und Gewinnanteile. Andere Anwendungen, wie das Nachführen der Policedarlehen, die Verwaltung der Kapitalanlagen, die Prüfung der Prämien neuer Policeen, Sterblichkeitsuntersuchungen usw., werden im allgemeinen weniger Einsparungen erlauben und können deshalb für eine Rentabilitätsrechnung im Sinne einer Reserve beiseite gelassen werden.

2. Aufnahme des heutigen Zustandes. Als Unterlage für die Planung muss der heutige Ablauf der Arbeiten bis ins letzte Detail festgestellt werden. Häufig werden bei dieser Vorarbeit Mängel des bestehenden Verfahrens entdeckt. Betrieben, welche bisher gut organisiert waren, wird diese Arbeitsphase verhältnismässig wenig Mühe verursachen.

Eine besondere Erleichterung bedeutet es, wenn schon bisher wichtige Arbeitsgänge schriftlich festgehalten wurden. Ein Vorteil ist es auch, wenn im ganzen Betrieb einheitliche Verschlüsselungen gelten.

3. Entwickeln des neuen Arbeitsablaufplans. Aus der kritischen Sichtung des «Ist-Zustandes» lässt sich unter Benützung der Kenntnisse über die Leistungsfähigkeit elektronischer Maschinen der Plan für den künftigen Arbeitsablauf entwickeln. Er wird zweckmässigerweise in

Form eines Organisationsschemas und eines «Blockdiagrammes» für die ganze Arbeit festgehalten (siehe Seite 194). Dieses Diagramm ist noch sehr kurz gefasst. Ein Block enthält z.B. die Arbeit «Reserverechnung» ohne nähere Angaben.

Bei der Entwicklung des neuen Arbeitsplanes sind die grosse Leistungsfähigkeit der elektronischen Rechenmaschine und die verhältnismässig hohen Kosten für die Eingabe der Ausgangswerte zu berücksichtigen. Daraus ergeben sich die folgenden organisatorischen Richtlinien:

- a) Die Planung muss umfassend sein. Kleinere Aufgaben sind mit andern zu vereinigen. Aus den in die Maschine einzugebenden Angaben soll möglichst viel herausgeholt werden.
- b) Die einzugebenden Angaben sollen sich auf die grundlegenden beschränken und die sich daraus ergebenden Hilfs- und Zwischenwerte mit Hilfe der Rechenmaschine ermittelt werden.
- c) Es ist vorteilhaft, automatische Kontrollen einzubauen und manuelle Kontrollen möglichst auszuschalten. Die «selbständige» Korrektur von Fehlern durch die Maschine ist anzustreben.

Eine wichtige Frage, der bei der Planung grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden soll, ist die Häufigkeit des Durchführens eines Arbeitsablaufes: Wie häufig werden Prämienrechnungen erstellt? Erfolgt die Reserverechnung einmal im Jahr? usw.

4. Entwickeln des Strukturdiagramms. Der Teil der Arbeiten, der nach dem Blockdiagramm von der Maschine zu übernehmen ist, muss in einem Operationsschema im einzelnen festgelegt werden. Das erfolgt am übersichtlichsten in der graphischen Form eines Strukturdiagramms.

5. Programmieren. Aus dem Operationsschema oder Strukturdiagramm kann ein guter Programmierer das eigentliche Programm für die Maschine erstellen. Eine Position des Strukturdiagramms entspricht wenigen Befehlen für die Maschine. Man kann das eigentliche Programmieren noch in zwei Schritte unterteilen:

1. Das Zerlegen des Strukturdiagramms in Grundoperationen,
2. das Verschlüsseln der Grundoperationen in die Sprache der Maschine.

6. Programmprüfung. Da der Maschine die letzte Einzelheit mitgeteilt werden muss und an jeden Spezialfall zu denken ist, muss das

aufgestellte Programm unbedingt geprüft werden. Das erfolgt häufig in zwei Etappen: Zuerst wird mit wenigen theoretischen Prüfkarten ein Versuch gemacht; nach Berichtigung der dabei entdeckten Mängel im Programm kann ein Teilbestand als Beispiel bearbeitet werden.

Hat das Programm diese Prüfungen bestanden, ist es grundsätzlich für den endgültigen Einsatz bereit. Damit soll nicht gesagt sein, dass es endgültig festgelegt wäre. Erstens wird eine Anpassung an die ständig ändernden Verhältnisse des Betriebes notwendig sein; zweitens wird es auch häufig vorkommen, dass infolge der wachsenden Erfahrung in der elektronischen Informationsverarbeitung Verbesserungsmöglichkeiten entdeckt werden.

Es ist wichtig, während der ganzen Planungsarbeiten mit denjenigen Stellen, welche bisher die zu übernehmenden Arbeiten durchgeführt haben oder sonst durch die Neuordnung berührt werden, engen Kontakt zu pflegen und die Programme zur Begutachtung vorzulegen.

7. Die eigentliche Umstellung. Die Planung wird meist auf eine vollständige Umgestaltung des Betriebes hinzielen müssen. Es wird sich jedoch empfehlen, diesem Endziel in Etappen entgegenzugehen. Mit dem schrittweisen Vorgehen lassen sich auch die Umstellungsprobleme in personeller Beziehung leichter lösen.

Damit der gewohnte Arbeitsablauf durch die Umstellungsarbeiten nicht gestört wird, kann es nötig sein, besondere Hilfsmittel einzusetzen.

Eine amerikanische Gesellschaft hat z. B. für das Übernehmen von Angaben, die bisher nicht auf Lochkarten vorhanden waren, die handschriftlichen Belege auf einen Mikrofilm übertragen und damit erreicht, dass die Originaldokumente rasch wieder für die normalen Arbeiten zur Verfügung standen.

Es ist sehr anzuraten, bei der Umstellung der bestehenden Register auf die neuen alle Kontrollmöglichkeiten auszunützen.

c) Die Wahl des Maschinentyps und die Frage der Rentabilität

Die Planungsarbeiten können nicht vollständig unabhängig von der Wahl des Maschinentyps durchgeführt werden, da es notwendig ist, den Plan der gewählten Maschine anzupassen. Die Planungsarbeiten sind deshalb meistens für verschiedene Maschinentypen vorzunehmen. Immerhin brauchen sie im allgemeinen nicht für jeden Maschinentyp

vollständig zu Ende geführt zu werden, da bereits vorher entschieden werden kann, ob gewisse Maschinentypen aus irgendwelchen Gründen ausser Betracht fallen.

Im übrigen ist es praktisch unmöglich, für die Wahl des Maschinentyps allgemeine Ratschläge zu geben, da einerseits die technische Entwicklung ständig vorwärtschreitet und anderseits die besonderen Verhältnisse bei den einzelnen Gesellschaften eine ausschlaggebende Rolle spielen.

Es sei noch auf die Möglichkeit hingewiesen, dass mehrere Gesellschaften zusammen eine elektronische Einrichtung für die Informationsverarbeitung benutzen könnten.

Wenn ein Rechenzentrum einer Lieferfirma in der Nähe liegt, kann auch erwogen werden, die Arbeiten im Service zu vergeben; die Planungsarbeit für den eigenen Betrieb und auch der grösste Teil der Programmierungsarbeit wird aber immer von der Gesellschaft selbst geleistet werden müssen.

Eine wichtige Unterlage für den Entscheid über den zu wählenden Maschinentyp bieten die Zeitrechnungen dar, welche anhand der Programmschritte durchzuführen sind. Von Vorteil ist natürlich, wenn diese theoretischen Berechnungen durch praktische Versuche nachgeprüft werden können.

Die Rentabilität einer Anlage ist ein wichtiges Problem bei der Prüfung elektronischer Informationsverarbeitung. Andere Momente spielen allerdings unter Umständen auch eine wesentliche Rolle: Personalmangel, verbesserter Kundendienst, raschere Ermittlung von Unterlagen für die Entscheidungen der Geschäftsleitung, Platzmangel im Verwaltungsgebäude usw.

1. Preis der Maschine. Falls eine Maschine gemietet wird, sind die jährlichen Kosten bekannt. Wenn die Maschinen gekauft werden, ist die Amortisationszeit zu berücksichtigen. Diese richtet sich nach der Dauer der Verwendbarkeit der Maschinen, über die jedoch heute noch keine Erfahrungen vorliegen. Man rechnet mit einer Verwendungsdauer von fünf bis zwölf Jahren.

2. Die mit der Benützung der Maschine verbundenen Kosten. Um einen Anhaltspunkt über die Kosten für den Unterhalt einer grossen elektronischen Einrichtung zu haben, sei erwähnt, dass eine Gesellschaft mit fünf eigenen Ingenieuren und vier Technikern arbeitet, wobei

allerdings die Techniker die Maschine auch als Operateure bedienen. Häufig wird der Unterhalt von der Lieferfirma übernommen.

Bei kleineren Einrichtungen wird weniger Personal für den Unterhalt benötigt.

Weiterer Personalbedarf besteht für das Übertragen der Unterlagen in eine der Maschine zugängliche Form und für die nach der Umstellung durchzuführenden Programmanpassungen.

3. Kosten für die Umstellung. Die Kosten für die Umstellung sind sehr hoch. Sie bestehen vor allem aus den Kosten für das Programmieren und den Kosten für die Umstellung der Register. Daneben entstehen weitere Kosten durch die Neugestaltung von Formularen, die Ausbildung des Personals, die Schulung der Programmierer, Ingenieure und Techniker. Die Prüfung der Programme und Einrichtung der Anlage sind ebenfalls zu berücksichtigen. Weiter werden durch die Umstellung möglicherweise bauliche Veränderungen notwendig. Die Empfindlichkeit der Magnetbänder auf Staub oder die von der Rechenmaschine abgegebene Wärme können den Einbau einer Luftkonditionierung erfordern.

4. Die durch die Neugestaltung wegfallenden Kosten. Die durch die elektronische Informationsverarbeitung wegfallenden Personalkosten können auf Grund des geplanten Vorgehens geschätzt werden. Es ist zu erwarten, dass der Durchschnitt der wegfallenden Gehälter unter dem Mittel liegt, da im allgemeinen die weniger qualifizierte Arbeit wegfällt und das Kader weiterhin benötigt wird.

Anderseits ist zu beachten, dass die Leistungsfähigkeit der neuen Einrichtung häufig auch bei grösser werdendem Bestande noch ausreicht. Stark wachsende Gesellschaften werden diese Überlegung zu berücksichtigen haben.

d) Einwände gegen den Einsatz von elektronischen Maschinen für die Informationsverarbeitung

Einige Einwände, die etwa gegen die Einführung der elektronischen Informationsverarbeitung erhoben werden, sollen nachstehend noch kurz erörtert werden.

1. Elektronische Einrichtungen kommen nur für grosse Unternehmen in Frage. Dazu ist vor allem zu bemerken, dass nicht nur die Grösse, sondern auch das Wachstum einer Gesellschaft und ihre or-

ganisatorische Struktur, sowie die Zusammensetzung ihres Versicherungsbestandes und zahlreiche andere Gesichtspunkte zu berücksichtigen sind, um abzuklären, ob eine solche Einrichtung rationell ist. Wie sich die Verhältnisse zwischen den eigenen Lohnkosten und den Preisen für Maschinen in Zukunft gestalten werden, kann übrigens auch eine Rolle spielen.

2. Die Arbeit in Versicherungsbetrieben besteht nur zu einem kleinen Teil aus Rechnungen, also ist keine elektronische Rechenmaschine notwendig. Hier handelt es sich um eine Unterschätzung der elektronischen Geräte. Wohl sind sie aus Rechenmaschinen entwickelt worden und können unter anderem schnell rechnen. Sie stellen jedoch leistungsfähige Einrichtungen zur Informationsverarbeitung dar und sind daher ein äusserst anpassungsfähiges Organisationsinstrument.

3. Die technische Entwicklung geht rasch vor sich, sodass die heutigen Maschinen bald veraltet sind. Diese Feststellung trifft an sich wahrscheinlich zu, doch wäre es unrichtig, daraus den Schluss zu ziehen, dass mit der Einführung der elektronischen Informationsverarbeitung aus diesem Grunde zu warten sei. Neue Entwicklungen und Verbesserungen wird es immer geben. Mit dem Zuwarten versäumt man aber für Jahre die möglichen Einsparungen und Betriebsverbesserungen. Eine heute bereits veraltete Betriebsmethode wird auch in drei bis vier Jahren veraltet sein, während eine heute in Betrieb genommene moderne Anlage dann noch immer sehr leistungsfähig sein dürfte.

4. Es ist ein zu grosses Risiko, sich auf das reibungslose Funktionieren einer einzigen derart komplizierten Maschine zu verlassen. Eine länger dauernde Betriebsstörung würde tatsächlich grosse Schwierigkeiten verursachen. Die Erfahrungen mit der Betriebssicherheit scheinen jedoch sehr gut. Die erzielte Leistung soll im allgemeinen 90 % oder mehr der theoretischen betragen. In einer grossen Anlage kam es im Laufe eines Jahres nur zu zwei Betriebsstörungen von mehr als 10 Stunden Dauer. Diese hohe Sicherheit wird u. a. dadurch erreicht, dass täglich Belastungsprüfungen der Maschine stattfinden. Wenn schwache Stellen entdeckt werden, erweist es sich als Vorteil, dass der Aufbau der Geräte im allgemeinen nach dem Baukastenprinzip erfolgt. Dadurch wird es möglich, einen ganzen Baublock der Maschine herauszunehmen und zu ersetzen. Der herausgenommene Teil kann dann in Ruhe wieder in Ordnung gebracht werden.

Ein gewisses Risiko besteht bei Verwendung einer einzigen Maschine für einen wesentlichen Teil der Verwaltungsarbeiten zweifellos. Immerhin verlässt man sich auch heute schon auf das reibungslose Funktionieren etwa der Telefonzentrale oder eines Rechenlochers. Ein länger dauerndes Ausfallen brächte auch hier beträchtliche Schwierigkeiten mit sich.

e) Der Einfluss auf das Personal

Es kann nicht Aufgabe dieses vor allem technisch gedachten Berichtes sein, diese wichtige Frage eingehend zu behandeln. Indessen wird das Planen und das Vorbereiten der elektronischen Informationsverarbeitung stark erschwert, wenn sich nicht alle betroffenen Stellen positiv dazu einstellen. Deshalb ist es notwendig, das Personal davon zu überzeugen, dass die vorgesehenen Massnahmen im Interesse des Unternehmens liegen, sich aber auch zum Vorteil des Personals auswirken.

Ein Vorteil für das Personal ergibt sich zweifellos daraus, dass durch die Automation vor allem die eintönigen Arbeiten wegfallen; es wird also möglich, den freiwerdenden Angestellten im allgemeinen interessantere Arbeiten zuzuweisen als bisher. Wesentlich scheint uns die rechtzeitige und objektive Unterrichtung des Personals über die vorgesehenen Neuerungen und dessen rechtzeitige Umschulung auf eine neue Tätigkeit.

Zusammenfassung

Die Erkenntnisse, die sich aus diesem ersten Bericht, der naturgemäß nicht auf eigene Erfahrungen abstellen kann, im gesamten ergeben, möchten wir folgendermassen zusammenfassen:

1. Für den Einsatz von elektronischen Maschinen zur Informationsverarbeitung d.h. zu Verwaltungszwecken in einem Versicherungsbetrieb mag genügen, wenn die Personen, welche mit den Maschinen zu arbeiten haben, eine allgemeine Vorstellung von der Funktionsweise derartiger Maschinen besitzen. Die im ersten Teil unseres Berichts wiedergegebenen Ausführungen dürften dieses allgemeine Verständnis vermitteln.
2. Für die Abgrenzung des Anwendungsgebiets, die Analyse der einer elektronischen Informationsverarbeitungsmaschine zu übertragenen Probleme, die Aufstellung eines organisatorischen Schemas

und eines Blockdiagrammes über den Arbeitsablauf, sind umfangreiche Kenntnisse des Betriebes, einschliesslich der versicherungstechnischen und buchhalterischen Gegebenheiten notwendig.

3. Für die Aufstellung von Operationsschemata und von Strukturdiagrammen ist die Kenntnis der Arbeitsabläufe bis ins einzelne, sowie der versicherungstechnischen Berechnungsmethoden notwendig. Mathematische Kenntnisse erweisen sich als zweckmässig, wenn auch nicht unbedingt erforderlich, um gegebenenfalls Änderungen der Berechnungsmethoden vorzuschlagen oder zu prüfen.
4. Für die Zerlegung eines Operationsschemas in die Grundoperation ist eine Kenntnis der zum Einsatz gelangenden Maschine soweit notwendig, als man wissen muss, welche Operation sie auf einen einzigen Befehl hin automatisch auszuführen in der Lage ist, da sich der Rechenplan nach den technischen Möglichkeiten, die eine Maschine bietet, richten muss. Für diese Phase der Programmierung sind spezielle Kenntnisse erforderlich, welche den in Frage kommenden Personen durch die Lieferfirmen zu vermitteln sind. Das gleiche gilt schliesslich für die Übersetzung des Rechenplanes in die Sprache der Maschine, also für das eigentliche Programmieren. Die Ausbildung der entsprechenden Spezialisten muss parallel einhergehen zu den übrigen Arbeitsphasen der gesamten Programmierungsarbeit, damit diese Personen zur Verfügung stehen, wenn die Programmierungsarbeit in ihre letzte Phase treten soll.
5. Der Bau von elektronischen Anlagen für Verwaltungszwecke mit hinreichend grossen Speichern und mit hoher Arbeitsgeschwindigkeit bietet die Möglichkeit einer durchgreifenden Neugestaltung der Arbeitsorganisation, insbesondere auch in einem Versicherungsbetrieb genügend grossen Umfangs. Diese Feststellung gilt für elektronische Rechenmaschinen, auf denen die Eingabe von Ausgangswerten mit Hilfe von Lochkarten erfolgt, ganz ausgesprochen jedoch für Maschinen, auf denen die Ausgangsdaten auf Magnetbändern gespeichert sind.
6. Auf solchen Maschinen können einzelne Arbeiten, wie z. B. Sortierungsarbeiten, möglicherweise weniger wirtschaftlich durchgeführt werden. Massgebend für die Zweckmässigkeit ihres Einsatzes in einem Betrieb ist jedoch, wie sie mit der Gesamtheit der ihnen

übertragenen Arbeiten fertig werden, da sich mit einer derartigen maschinellen Einrichtung zahlreiche Arbeiten koordinieren und in einen einzigen Arbeitsgang zusammenfassen lassen.

7. Bei der Programmierung der einer elektronischen Informationsverarbeitungsmaschine zu übertragenden Arbeiten eines Versicherungsbetriebes soll man sich von Anfang an darüber Rechenschaft geben, ob eine Vereinfachung der internen Verwaltungsarbeiten im Vordergrund steht oder ob anzustreben ist, Angaben rascher zur Hand zu haben, die im Verkehr mit den Versicherten notwendig sind, da die Anforderungen insbesondere an die Speicherungsfähigkeiten der Maschinen in beiden Fällen unterschiedlich sind. Es bestehen jedoch gute Aussichten, dass beiden Anforderungen in naher Zukunft gleichzeitig genügt werden kann.
8. Nach bisher vorliegenden Berichten scheint es, dass bei Einsatz elektronischer Informationsverarbeitungsmaschinen auch manche Kontrollarbeiten den Maschinen übertragen werden können, somit manuelle und visuelle Kontrollen in Wegfall kommen.
9. Über die Wahl der Maschinentypen lassen sich keine allgemein gültigen Ratschläge erteilen; es muss von Fall zu Fall für jeden Betrieb gesondert geprüft werden, welche Maschinen am zweckmäßigsten und rationellsten erscheinen.
10. Die Planung des Einsatzes elektronischer Informationsverarbeitungsmaschinen in Versicherungsbetrieben verlangt ein neues Überdenken aller arbeitstechnischen Probleme. Diese Arbeit übersteigt die Kräfte eines einzelnen. Der Austausch von Erfahrungen ist auf diesem Gebiet daher besonders wertvoll und eine Zusammenarbeit auf nationalem und internationalem Gebiet erstrebenswert.
11. Die Geschäftsleitung muss an den Planungsarbeiten teilnehmen, um gegebenenfalls grundsätzliche Entscheidungen in voller Kenntnis ihrer Tragweite fällen zu können. Es empfiehlt sich, die Umstellung gründlich vorzuplanen, gegebenenfalls mehrere Jahre, um in organisatorischer Hinsicht das Optimum herauszuholen.
12. Die Planungsarbeiten müssen ergänzt werden durch Untersuchungen über die Rentabilität des in Aussicht genommenen Verwaltungsv erfahrens, wobei die Möglichkeiten einer künftigen Entwicklung eines Unternehmens im Auge behalten werden sollten.

Mit diesen Feststellungen schliesst die Kommission zum Studium elektronischer Maschinen im Versicherungsbetrieb ihren Bericht über die erste Etappe ihrer Arbeit.

Die Kommission ist der Auffassung, dass nach dem heutigen Stand der Technik über die Verwendungsmöglichkeit elektronischer Maschinen für die Belange der Versicherungsunternehmungen keine Zweifel bestehen, auch nicht für europäische und schweizerische Verhältnisse. Sie wird es sich nunmehr zur Aufgabe machen, den interessierten Kreisen die Möglichkeit zu verschaffen, sich in die im vorliegenden Bericht zum Teil – und aus verständlichen Gründen – nur summarisch behandelten Probleme zu vertiefen. Ferner wird sie versuchen, Fragen der praktischen Anwendung elektronischer Informationsverarbeitungsmaschinen unter Berücksichtigung der schweizerischen Verhältnisse bis in die Einzelheiten zu untersuchen, soweit solche Untersuchungen von allgemeinem Interesse sein können.

Literaturverzeichnis

- [1] *H. Rutishauser, A. Speiser und E. Stiefel*: «Programmgesteuerte digitale Rechengeräte» (Mitteilungen aus dem Institut für angewandte Mathematik an der ETH, Nr. 2/1951).
- [2] *R.L. Michaelson*: «Large-scale electronic digital computing Machines» (Journal of the Institute of Actuaries, Bd. 79, S. 274).
- [3] *D. Hilbert und W. Ackermann*: «Grundzüge der theoretischen Logik» (Springer-Verlag Berlin, 1938).
- [4] «Report of Committee on New Recording Means and Computing Devices» (Society of Actuaries, September 1952).
- [5] «Current Status of Magnetic Tape as a Recording and Data Processing Medium» (Society of Actuaries, June 1955).
- [6] *A.C. Baker*: «Ordinary Life Office Organization using a Large-scale Electronic Computer» (Journal of the Institute of Actuaries, Bd. 81, S. 203).
- [7] *E. Savignon*: «Quelques suggestions pour l'utilisation d'une calculatrice électronique par une Compagnie d'Assurances sur la Vie» (Bulletin Trimestriel de l'Institut des Actuaires Français, n° 212, septembre 1955, p. 173).
- [8] *G.O. Head*: «650 Planning at United States Life» (Proceedings of the Insurance accounting and statistical association, 1955, nr. L, p. 40).
- [9] *A.C. Vanselow*: «Electronics in a life company – The Franklin Life Plan» (Proceedings of the Insurance accounting and statistical association, 1955).

- [10] *Transactions of the Society of Actuaries*:
- a) «Adaptions of electronic machines to life insurance operations», 1952,
p.170.
 - b) «New recording means and computing devices», 1953, p.190.
 - c) «Electronic equipment», 1955, p.118.
 - d) «Digest of forum on electronic machines», 1955, p.312.
 - e) «Valuation with electronic data processing machines», 1955, p.504.
- [11] *M.E. Davis*, Vice-President and Chief Actuary, Metropolitan Life Insurance Company:
- a) «The use of electronic data processing systems in the life insurance business», 1953.
 - b) «Report of some early indications of Univac operations in the actuarial division of the Metropolitan Life Insurance Company», 1954.
 - c) «Some current thoughts on the possible use of magnetic tape policy files in a life insurance office», 1954.
 - d) «The status of electronic data processing equipment for use in life insurance offices», 1954. (Diskussion am internationalen Kongress für Versicherungsmathematiker in Madrid.)
 - e) «Elektronische Geräte im Lebensversicherungswesen», Mai 1956.
- [12] *Joseph Hughes*: «Calculation of premium on new polices» (Transactions of the insurance accounting and statistical association, USA, 1952).
- [13] *C. Boehm, G. Röper*: «Elektronische Rechenmaschinen und Informationsverarbeitung» (Blätter der Deutschen Gesellschaft für Versicherungsmathematik, Band II, Heft 4, März 1956).
- [14] *J. R. Stock*: «Die mathematischen Grundlagen für die Organisation der elektronischen Rechenmaschine der Eidgenössischen Technischen Hochschule» (Mitteilungen aus dem Institut für angewandte Mathematik an der ETH, Nr. 6/1956).

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	149
I. Aufbau und Arbeitsweise programmgesteuerter Rechenanlagen	151
A. Historischer Rückblick	151
B. Beschreibung der Maschinen	156
1. Analogierechengeräte und Digitalrechengeräte	156
2. Arithmetische Grundlagen für digitale Rechengeräte	157
a) Zahlsysteme und Verschlüsselung von Zahlen	157
b) Rechnen mit verschlüsselten Zahlen	161
aa) Addition	161
bb) Subtraktion	162
cc) Multiplikation	164
dd) Division	166
c) Instruktions- und Alphabetcodes	166
d) Darstellung der Zahlen in der Maschine	168
3. Prinzipschema einer programmgesteuerten Rechenanlage	169
4. Physikalische und logische Grundlagen für digitale Rechengeräte .	171
a) Grundschatungen	172
b) Das Rechenwerk	177
aa) In Serie arbeitende Rechenwerke	179
bb) Parallel arbeitende Rechenwerke	179
c) Speicher	179
aa) Verwendung von Elektronenröhren als Bauelement für Speicher	180
bb) Speicherschaltkreis mit Verzögerungslinie	181
cc) Magnettrommeln	182
dd) Magnetscheibenspeicher	184
ee) Magnetkernspeicher	185
ff) Andere Speicherarten	186
d) Das Leitwerk	186
e) Eingabe- und Ausgabevorrichtungen	187
aa) Direkte Ein- und Ausgabe	188
bb) Ein- und Ausgabe mit Hilfe eines speichernden Mediums .	188
cc) Magnetband als Angabenträger	190
5. Das Programmieren	193
a) Allgemeines	193
aa) Die Formulierung des Problems	193
bb) Vorbereitungsarbeiten und Aufstellung des Operationsschemas	193
cc) Aufstellung des Rechenplanes und Programmierung im engeren Sinne	195

	Seite
b) Arten der Befehlsgebung	197
aa) Dreiaadressmaschinen	197
bb) Einadressmaschinen	198
cc) Zweiadressmaschinen	199
c) Anordnung der Programmbefehle im Speicher und optimale Programmierung	199
d) Automatisches Programmieren.	200
6. Sicherheit	200
7. Allgemeine Entwicklungslinien	201
II. Informationsverarbeitung in Versicherungsbetrieben unter Verwendung von elektronischen Maschinen	202
A. Informationsverarbeitung mit den herkömmlichen Hilfsmitteln	204
B. Informationsverarbeitung mit grossen elektronischen Maschinen	205
C. Der Einsatz von elektronischen Maschinen in Versicherungsbetrieben.	208
1. Bisherige Untersuchungen und Erfahrungen in Nordamerika	210
a) Der Bericht von 1952.	210
aa) Die Verwendung von Lochkarten.	211
bb) Die Verwendung von Magnetbändern	213
b) Der Bericht von 1955.	214
aa) Stand der Planung amerikanischer Gesellschaften	214
α) Der Plan der Gesellschaft B	215
β) Die Pläne anderer Gesellschaften	224
bb) Vergleich von Magnetbändern und Lochkarten als Mittel für Register von Versicherungsbeständen	231
c) Plan einer Gesellschaft, die ausschliesslich Verwendung von Lochkarten vorsieht	234
2. Der Stand in Europa	237
a) Die Arbeit von Baker.	238
b) Die Arbeit von Savignon	241
aa) Die Ermittlung der Prämienreserve während des Erstellens der Prämienrechnungen	241
α) Konstante der Sterbetafel als Ausgangsgrössen	241
β) Berechnung unter Verwendung von Kommutationszahlen, die durch Interpolation gebildet werden	241
γ) Direkte Interpolation der Reserven	242
bb) Anrechnung einer alten Versicherung an eine neue	243
3. Probleme bei der Einführung elektronischer Maschinen in Versicherungsbetrieben	244
a) Personelle Voraussetzungen	244
b) Eigentliche Planungsarbeiten	245
c) Die Wahl des Maschinentyps und die Frage der Rentabilität	248
d) Einwände gegen den Einsatz von elektronischen Maschinen für die Informationsverarbeitung	250
e) Der Einfluss auf das Personal	252
Zusammenfassung.	252
Literaturverzeichnis	255