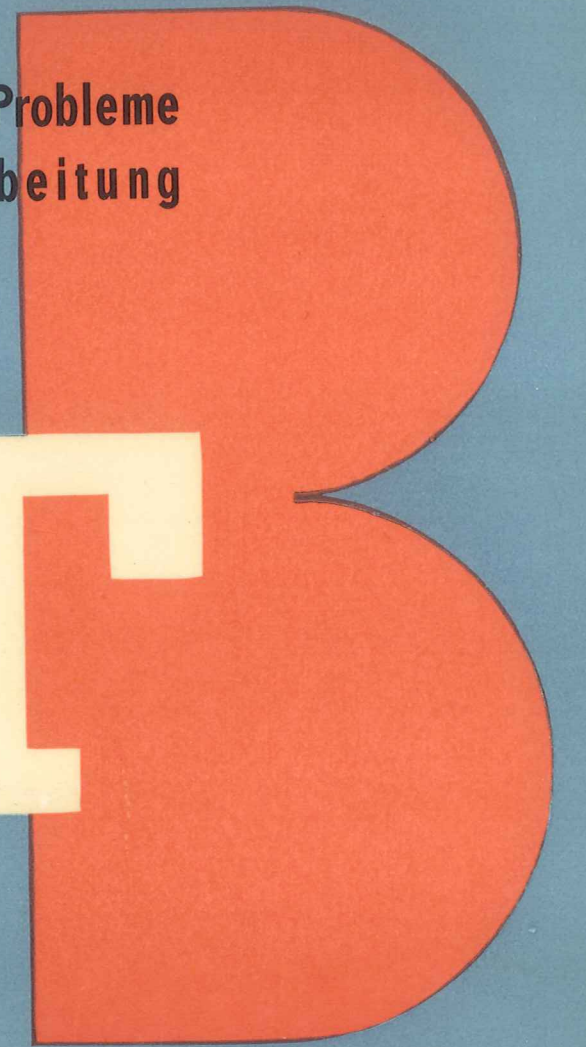


Wissenschaftliches Kolloquium über Probleme  
der elektronischen Datenverarbeitung

INTT



Neue Technik im Büro

7/8

1960

Zeitschrift für Büromaschinen, Registrierkassen und Büro-Organisation

Herausgeber: VVB Büromaschinen, Erfurt. Verlag: VEB Verlag Technik, Berlin C 2, Oranienburger Str. 13/14

Heftpreis 4,— DM · 4. Jahrgang [1960] Heft 7/8 [Juli/August], Seiten 183 - 280 · Postverlagsort Berlin



- Banddiktiertgerätee** geben Ihrer Sekretärin das wieder, was von Ihnen diktiert wurde und von ihr geschrieben werden soll...
  - Banddiktiertieren** macht Sie und Ihre Mitarbeiterin voneinander unabhängig und trägt dazu bei, Ihre Büroarbeit zu rationalisieren...
  - Banddiktiertieren** bringt damit wesentliche Vorteile und wird bald in vielen Berufen unentbehrlich werden...
  - Banddiktiertgerätee** sind sofort lieferbar. Lassen Sie sich deshalb heute noch von Ihrem örtlichen Fachhandel unverbindlich beraten...
- Auskunft erteilt Ihnen die **DHZ Elektrotechnik-Feinmechanik-Optik**. Besuchen Sie uns zur Leipziger Herbstmesse im Städtischen Kaufhaus und im Buchgewerbehaus

**BANDDIKTIERTGERÄTEE  
VOM VEB MESSGERÄTEWERK ZWÖNITZ**



## INHALTSVERZEICHNIS

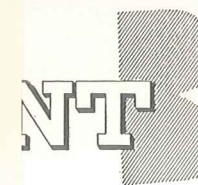
	Seite
Gerschler: Zur Notwendigkeit der Rekonstruktion der Informationsverarbeitung .....	185
Schröder: Die automatische Zeichenerkennung ..	188
Kutschbach: Ökonomische Betrachtung verschiedener Speicherverfahren .....	195
Schubert: Technische Berechnungen mit programmgesteuerten elektronischen Kleinstrechenautomaten .....	200
Ullrich: Vorstellung des Elektronenrechners „Robotron ASM 18“ und des Elektronensaldierers sowie die Behandlung einiger Beispiele mit dem Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ .....	203
Redlich: Berechnung der Lohnsteuer mit dem programmgesteuerten Rechenautomaten für Lochkartenanlagen „PRL“ .....	213
Ahner/Winkler: Aufgabenstellung und Probleme bei der Entwicklung und dem Einsatz elektronischer Rechenanlagen für die Automatisierung der Verwaltungsarbeit .....	218
Ebert: Die Anwendung von Rechteckferriten in Schiebelineien und Matrixspeichern sowie Meßverfahren zur Bestimmung ihrer Kennwerte .....	237
Allnoch: Elektroakustische Laufzeitspeicherung ...	251
– Spinecho-Speicherverfahren .....	251
Bemann: Die Anwendung dünner magnetischer Schichten in der Technik moderner Rechenmaschinen .....	255
Schulze: Anwendung von Transistoren und Halbleiterdioden in der Rechentechnik .....	260
– Ladungsträgerspeichereffekt bei Transistoren .....	263
Schröder: Bedeutung, Ursache und Messungen bei Sperrträchtigkeit von Ge-Dioden .....	267
Kraut: Parametrons als Bausteine für die Rechen-technik der Zukunft .....	275

Herausgeber: VVB Büromaschinen

VEB Verlag Technik, Verlagsleiter: Dipl. oec. Herbert Sandig

Verantwortlicher Redakteur: Ing. Harry Zeuge, Fachredakteur: Kurt Gesdorf, Anschrift von Verlag und Redaktion: VEB Verlag Technik, Berlin C 2, Oranienburger Straße 13/14, Fernsprecher: Ortsverkehr 42 00 19, Fernverkehr 42 33 91, Telegrammadresse: Technikverlag Berlin, Fernschreiber-Nummer 011 441 Techkammer Berlin (Technikverlag).

Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig. Erfüllungsort und Gerichtsstand Berlin-Mitte. Die Zeitschrift „Neue Technik im Büro“ erscheint monatlich einmal. Bezugspreis monatlich 2,- DM. Bestellungen nehmen die Postanstalten in der Deutschen Demokratischen Republik und der deutschen Bundesrepublik, alle Buchhandlungen, die Beauftragten der Zeitschriftenwerbung des Postzeitungsvertriebes sowie der Verlag entgegen. Verantwortlich für den Anzeigenteil: DEWAG-WERBUNG. Gültige Anzeigenpreisliste Nr. 9. Alleinige Anzeigenannahme: DEWAG-WERBUNG BERLIN, Berlin C 2, Rosenthaler Straße 28-31, und alle DEWAG-Betriebe in den Bezirksstädten der Deutschen Demokratischen Republik – Satz und Druck: 1/16/01 Märkische Volksstimme Potsdam A 505. Veröffentlicht unter der Lizenznummer ZLN 5203 der Deutschen Demokratischen Republik.



Neue Technik im Büro

Zeitschrift für Büromaschinen  
Registrierkassen und Büroorganisation

Heft 7/8 1960

## Rekonstruktion der Informationsverarbeitung

Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

In unserer Republik haben zu einer schnellen Entwicklung die gemeinsame Kraft aller Werktätigen wurden große ökonomische Erfolge dieses gemeinsame Ringen aller Werktätigen entwickelten Formen der Zusammenarbeit zwischen Arbeitern, Meistern, Wissenschaftlern, die sich in der Bildung von Brigaden der ts- und Forschungsgemeinschaften betrieblicher und über-

industriellen Wirtschaft wird weiterhin durch die ständigen Erneuerung der Produktionsprozesse bestimmt. Die dadurch bedingt für eine stürmische Weiterentwicklung der Produktions- und technischen Hauptaufgabe.

Die Automatisierung der Produktion planmäßige Fortentwicklung der Arbeitsproduktivität führten, ist das bisherige Produktionsprozesse nicht befriedigend. Die Lösung der ökonomischen Aufgaben und der weiteren Perspektivpläne erfordern eine Erhaltungstätigkeit, damit bei dem Entwicklungstempo der Rekonstruktion noch wesentlich steigert, auch der sparsame Material-Bereitstellung und -Lagerung und die höchstmögliche Betriebe gewährleistet werden. Diese erforderliche höhere technische Technik und den konventionellen Organisations- und durch eine quantitative personelle Verstärkung des Betriebes nicht nur die Arbeitskräftelage und die damit sich zwangs- gebend zwischen in der Produktion und in der Verwaltung be- stehen, daß damit der Umschlag in eine neue Qualität nicht

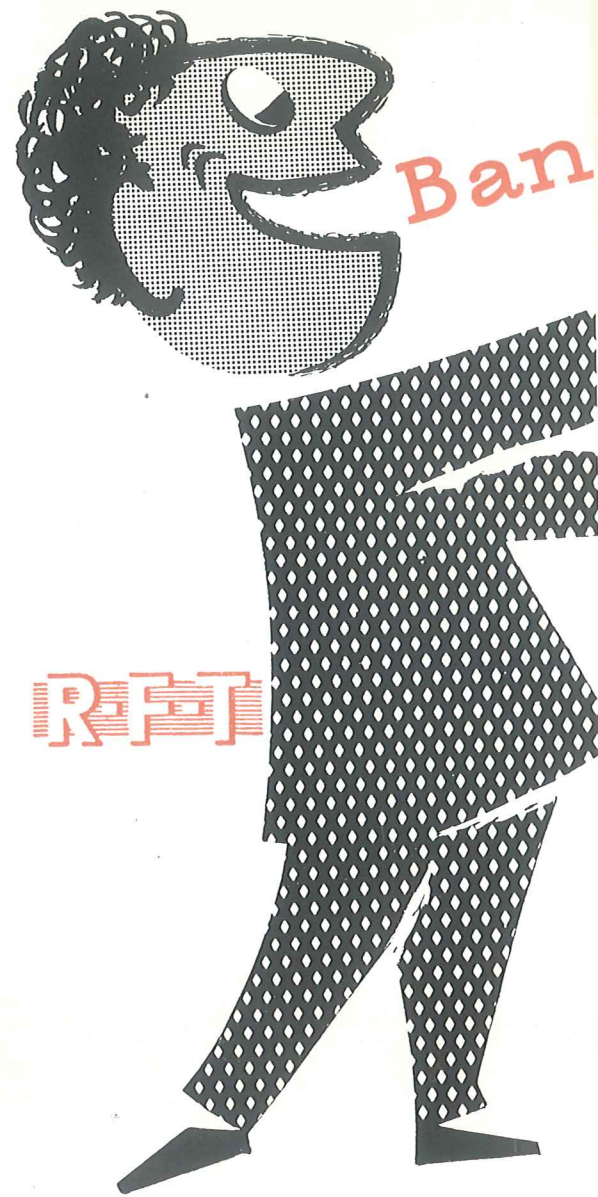
die Verwaltungsarbeit in unserer Republik erfordert dazu aus- genutzte Maschinen zur Automatisierung der Verwaltungsarbeit und Organisationsmethoden.

In der Demokratischen Republik verfügt über eine jahrzehnten- langen Raum große Fertigungsstätten von Büromaschinen bereits Betriebe beschränkten sich jedoch lange Zeit auf die Fertigung von vor 3 Jahrzehnten noch die Verwendung von handangetrie- benen Schreibmaschinen den technischen Fortschritt in der Deutschland charakterisierte. In der UdSSR und den USA die Entwicklung von Büromaschinen einer höheren Mechanis- sation verschiedensten Bearbeitungsphasen: Addieren, Subtrahieren, zusammenhängenden Arbeitsfolge mit den verschiedenen Lochkartenanlagen, die einen höheren Mechanisierungsgrad er- möglichen, wurden von deutschen Firmen nicht hergestellt, schafften ausländischer Unternehmen in Deutschland pro-

Die Wirtschaft im Deutschland vor 1945 beschränkte sich die Produktion erstgenannten Maschinentypen technisch zu vervollkomm- neten Buchungs- und Fakturiermaschinen auf mechanischer Technik, doch ihre hohe Automatik in der Lage sind, kurze Arbeits- zeiten für die verarbeitenden Daten auszuführen und auch ein- zuzeichnen.

Finanz- und Verwaltungsorgane entwickelten sich im Zuge der Arbeit starke Untergliederungen. Sie werden gekennzeichnet durch zahlreiche spezielle Abteilungen wie Kasse, Lohnabrechnung, Personalverwaltung, Betriebsbüros usw. Der dadurch bedingte dezentrale Charakter der organisatorischen Zusammenführung der Teilergebnisse zu Gesamt- ergebnissen notwendig sind.

Die monatlich Zehntausende von ökonomischen Ereignissen zu- sammengefaßt, ergibt sich durch die dezentrale, stufenweise und stoß- weise Informationsfluß, der laufend zu einer Gesamtübersicht



**Banddiktiergeräte** geben Ihrer Sekretärin das  
und von ihr geschriebene Wort  
**Banddiktieren** macht Sie und Ihre Mitarbeiter  
dazu bei, Ihre Büroarbeit zu r  
**Banddiktieren** bringt damit wesentliche Vorteile  
unentbehrlich werden...  
**Banddiktiergeräte** sind sofort lieferbar. Lassen Sie  
örtlichen Fachhandel unverbindlich  
Auskunft erteilt Ihnen die  
Besuchen Sie uns zur Leipziger  
und im Buchgewerbehaus

**BANDDIKTIER  
VOM VEB MESSGERÄTEW**

**CONTENTS**

	Page
Gerschler: Necessity of Reconstruction of Information Processing .....	185
Schröder: Automatic Identification of Signals ....	188
Kutschbach: Economic Consideration of Different Storage Systems .....	195
Schubert: Technical Calculations Using Programme Controlled Electronic Microcomputers ....	200
Ullrich: Presentation of „Robotron ASM 18“ Electronic Computer and of Electronic Balancing Machine. Examples Illustrating the Use of „Robotron ASM 18“ Electronic Computer .....	203
Redlich: Calculation of Tax on Wages Using the Programme Controlled Automatic Calculator for „PRL“ Punch-Card Equipment .....	213
Ahner/Winkler: Problems Connected with the Development and Use of Electronic Computers in Automatized Administration .....	218
Ebert: Rectangular Ferrites Used in Sliding Lines and Matrix Memories, as well as Measuring Methods for the Determination of their Characteristics .....	237
Allnoch: Electroacoustic Transit-Time Storage ....	251
– Spin Echo Storage .....	251
Bemann: The Use of Thin Magnetic Layers in Modern Computing Techniques .....	255
Schulze: The Use of Transistors and Semiconducting Diodes in Computing .....	260
– Charge Carrier Storage Effect of Transistors .....	263
Schröder: Significance, Cause and Measurements of Blocking Inertia of Germanium Diodes .....	267
Kraut: The Use of Parametrons as Components for Future Computing .....	275

**SOMMAIRE**

	Page
Gerschler: La nécessité de reconstruire le traitement des informations .....	185
Schröder: L'identification automatique des signaux .....	188
Kutschbach: Considération économique de différentes méthodes de mémoire .....	195
Schubert: Calculs techniques par machines électroniques miniatures automatiques avec régulateur à programme .....	200
Ullrich: Présentation de la machine à calculer électronique «Robotron ASM 18» et de la machine à balancer électronique. Mode de fonctionnement de la «Robotron ASM 18» illustré par quelques exemples .....	203
Redlich: Calcul de la taxe sur les salaires par la machine à calculer automatique avec régulation à programme pour appareils à cartes perforées «PRL» .....	213
Ahner/Winkler: Problèmes posés par la mise au point et l'utilisation de machines à calculer électroniques pour l'automatisation du travail administratif .....	218
Ebert: Emploi de ferrites rectangulaires dans les lignes coulissantes et les enregistreurs de matrice. Méthode de mesure pour déterminer leurs caractéristiques .....	237
Allnoch: Emmagasinement électro-acoustique du temps de propagation .....	251
– Emmagasinement d'écho de spin .....	251
Bemann: Utilisation de couches magnétiques minces dans les machines à calculer modernes ..	255
Schulze: Utilisations de transistors et de diodes semiconductrices en technique de calcul .....	260
– L'effet d'emmagasinement des porteurs de charge dans les transistors .....	263
Schröder: Signification, cause et mesures de l'inertie de blocage des diodes au germanium ....	267
Kraut: Utilisations de paramétrons comme éléments de construction dans la technique de calcul de l'avenir .....	275

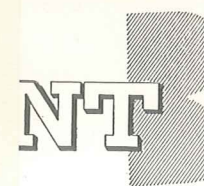
**СОДЕРЖАНИЕ**

	Стр.
Gerschler: О необходимости реконструкции обработки информации .....	185
Schröder: Автоматическое познание знаков .....	188
Kutschbach: Экономическое рассмотрение различных методов накопления чисел .....	195
Schubert: Технические вычисления посредством программно-управляемых мельчайших счетных автоматов .....	200
Ullrich: Представление электронной счетной машины „РОБОТРОН АСМ 18“ и электронного сальдирующего аппарата а также обсуждение некоторых примеров использования электронной счетной машины „РОБОТРОН АСМ 18“ .....	203
Redlich: Вычисление налога на зарплату с программно-управляемым счетным автоматом для агрегатов перфокарт „ПРЛ“ .....	213
Ahner/Winkler: Задачи и проблемы при развитии и использовании электронных счетных агрегатов для автоматизации управленческой работы .....	218
Ebert: Применение ферритов-прямоугольников в передвижных линиях и „матричных реестрах“ как и методы измерения к определению их показателей .....	237
Allnoch: Электро-акустическое накопление продолжительности хода .....	251
Allnoch: Метод накопления „Спинеко“ .....	255
Bemann: Применение тонких магнитных слоев в технике современных счетных машин .....	255
Schulze: Применение транзисторов и полупроводных диодов в счетной технике .....	260
Schulze: Эффект накопления носителей заряда при транзисторах .....	263
Schröder: Значение, причина и измерения запорной инерции диодов „Ge“ .....	267
Kraut: Параметроны как элементы счетной техники будущего .....	275

**Bezugsmöglichkeiten  
unserer Zeitschriften im Ausland**

- Albanien: Ndermarja Shtetnore Botimeve, Tirana
- Bulgarien: RAZNOIZNOS, 1, Rue Tzar Assen, Sofia
- China: Guozi Shudian, Suchou Hutung 38, Peking
- CSSR: Novinářtvi Orbis N. P., Stalinová 46, Praha XII
- Jugoslawien: Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd
- Korea: Kukte Sedjom, Pjöngjang
- Polen: „RUCH“, ul. Wilcza 46, Warszawa
- Rumänien: Direcția Generale a Poștei și Difuzării Presei, Palatul Administrativ C. F. R. Bucuresti
- UdSSR: Städtische Abteilungen des „SOJUZPECHATJ“ bzw. Postämter und Postkontore
- Ungarn: Kultura, P. O. B. 149, Budapest 62

In den übrigen Ländern durch den örtlichen Buchhandel oder die Firma Deutscher Buch-Export und -Import GmbH, Leipzig C 1, Leninstraße 16. In jedem Fall kann die Bestellung auch direkt an den VEB Verlag Technik, Berlin C 2, Oranienburger Straße 13/14, gerichtet werden.



**Neue Technik im Büro**  
Zeitschrift für Büromaschinen  
Registrierkassen und Büroorganisation

Heft 7/8 1960

**Rekonstruktion der Informationsverarbeitung**

Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

in unserer Republik haben zu einer schnellen Entwicklung der gemeinsamen Kraft aller Werktätigen wurden große ökonomische Erfolge dieses gemeinsame Ringen aller Werktätigen entwickelten Formen der Zusammenarbeit zwischen Arbeitern, Meistern, Wissenschaftlern, die sich in der Bildung von Brigaden der ts- und Forschungsgemeinschaften betrieblicher und über-

industriellen Wirtschaft wird weiterhin durch die ständigen Erneuerung der Produktionsprozesse bestimmt. Die dadurch bedingt für eine stürmische Weiterentwicklung der Produktions- und Verwaltungsaufgabe.

Die Automatisierung der Produktion planmäßige Fortentwicklung der Arbeitsproduktivität führten, ist das bisherige Niveau der Produktion nicht befriedigend. Die Lösung der ökonomischen Aufgaben und der weiteren Perspektivpläne erfordern eine Erhöhung der Verwaltungstätigkeit, damit bei dem Entwicklungstempo der Rekonstruktion noch wesentlich steigert, auch der sparsame Material-Bereitstellung und -Lagerung und die höchstmögliche Leistungsfähigkeit der Betriebe gewährleistet werden. Diese erforderliche höhere Rekonstruktion der Technik und den konventionellen Organisationsformen durch eine quantitative personelle Verstärkung des Vertriebes nicht nur die Arbeitskräftefrage und die damit sich zwangsweise in der Produktion und in der Verwaltung bedingende Maßnahmen, daß damit der Umschlag in eine neue Qualität nicht

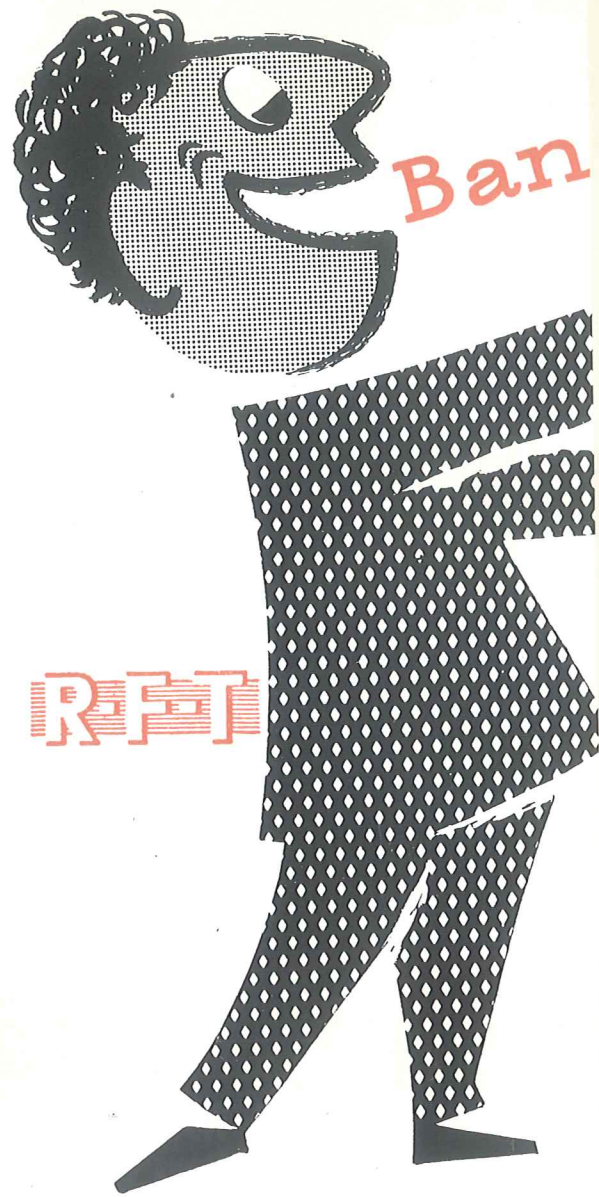
Die Verwaltungsarbeit in unserer Republik erfordert dazu ausgenutzt werden die Büromaschinen zur Automatisierung der Verwaltungsarbeit und die entsprechenden Methoden.

Die Demokratischen Republik verfügt über eine jahrzehntelange Erfahrung im Raum große Fertigungsstätten von Büromaschinen bereits in den 30er Jahren beschränkten sich jedoch lange Zeit auf die Fertigung von Schreibmaschinen noch die Verwendung von handangetriebenen Schreibmaschinen den technischen Fortschritt in der DDR charakterisierte. In der UdSSR und den USA Entwicklung von Büromaschinen einer höheren Mechanisierungsphase. Die verschiedenen Bearbeitungsphasen: Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren, Dividieren, zusammenhängenden Arbeitsfolge mit den verschiedenen Lochkartenanlagen, die einen höheren Mechanisierungsgrad aufwiesen, wurden von deutschen Firmen nicht hergestellt, sondern von ausländischen Unternehmen in Deutschland pro-

Die Wirtschaft in Deutschland vor 1945 beschränkte sich die Produktion der ersten genannten Maschinentypen technisch zu vervollkommenen Buchungs- und Fakturiermaschinen auf mechanischer Basis. Durch ihre hohe Automatik in der Lage sind, kurze Arbeitszeiten für die Verarbeitung der Daten auszuführen und auch einzusparen.

Finanz- und Verwaltungsorgane entwickelten sich im Zuge der Arbeit starke Untergliederungen. Sie werden gekennzeichnet durch die zahlreichen speziellen Abteilungen wie Kasse, Lohnabrechnung, Personalverwaltung, Betriebsbüros usw. Der dadurch bedingte dezentrale Charakter der Zusammenführung der Teilergebnisse zu Gesamtübersichten notwendig sind.

Die monatlich Zehntausende von ökonomischen Ereignissen zu überblicken, ergibt sich durch die dezentrale, stufenweise und stoffliche Informationsfluß, der laufend zu einer Gesamtübersicht



**Banddiktiergeräte** geben Ihrer Sekretärin das  
und von ihr geschrieben wer  
**Banddiktieren** macht Sie und Ihre Mitarbeite  
dazu bei, Ihre Büroarbeit zu r  
**Banddiktieren** bringt damit wesentliche Vor  
unentbehrlich werden...  
**Banddiktiergeräte** sind sofort lieferbar. Lassen S  
örtlichen Fachhandel unverbir  
Auskunft erteilt Ihnen die I  
Besuchen Sie uns zur Leipzige  
und im Buchgewerbehaus

**BANDDIKTIER  
VOM VEB MESSGERÄTEV**

Arbeit **ABB**  
Sparende  
Bürotechnik rationalisiert  
die Arbeit überall

**ABB-UNI-HÄNGE-REGISTRATUR**  
Lose-Blatt-Registratur oder  
Schriftgutablage mit Heftung

**ABB-STATISTIK-GERÄTE**  
für Schreibtisch und Aktentasche  
für Planung-Arbeitslauf-Kontrolle

**ABB-SICHT-KARTEI** **ABB-HÄNGE-KARTEI**  
keine Terminsorgen, stets inventurbereit,  
zeitgerechte Disposition

**ABB-ORG-EINRICHTUNGEN**  
und Durchschreibe-Buchhaltungen  
für jeden Platz, für alle Zwecke.  
für Hand und Maschine.

Unser Beratungsdienst steht Ihnen gern zur Verfügung  
Bitte rufen Sie uns 36746

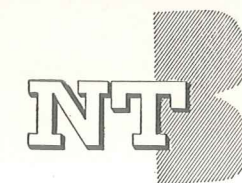
**ABB-ORGANISATION** *Mildner & Knorr*  
DRESDEN-WEISSER HIRSCH

Bugra-Haus, 3. Stock, Gutenbergplatz

**TURA**

Die kleine  
**Kasse**  
mit der großen  
**Leistung**

**-Registrier-Kassen**  
C. M. Schwarz KG  
Leipzig C 1, Hohe Straße 91



Neue Technik im Büro

Zeitschrift für Büromaschinen  
Registrierkassen und Büroorganisation

Herausgeber: VVB Büromaschinen  
Redaktionsausschuß:

M. Bieschke, K. Boettger, Dipl.-Ing. R. Bühler, K. Deßau,  
Normen-Ing. K. Fiedler, Dipl.-Ing. E. Geiling, H. Gerschler,  
Verdienter Techniker des Volkes Prof. Dr.-Ing. Hildebrand, W. Hüttl,  
K. Kehrer, Ing. F. Krämer, F. Krumrey, Dr. R. Martini,  
F. Möllmann, W. Morgenstern, J. Opl, Ing. B. Porsche,  
Ing. F. Rühl, B. Steiniger

Heft 7/8 1960

## Zur Notwendigkeit der Rekonstruktion der Informationsverarbeitung

Werkleiter H. GERSCHLER, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

Die sozialistischen Produktionsverhältnisse in unserer Republik haben zu einer schnellen Entwicklung der Produktivkräfte geführt, und durch die gemeinsame Kraft aller Werktätigen wurden große ökonomische und politische Erfolge errungen. Durch dieses gemeinsame Ringen aller Werktätigen entwickelten sich in unserer sozialistischen Ordnung neue Formen der Zusammenarbeit zwischen Arbeitern, Meistern, Technikern und Ingenieuren, Ökonomen und Wissenschaftlern, die sich in der Bildung von Brigaden der sozialistischen Arbeit, sozialistischen Arbeits- und Forschungsgemeinschaften betrieblicher und überbetrieblicher Art ausdrücken.

Das hohe Entwicklungstempo unserer sozialistischen Wirtschaft wird weiterhin durch die ständigen Maßnahmen zur Neuorganisation und Modernisierung der Produktionsprozesse bestimmt. Die dadurch bisher erzielten Erfolge sind das sichere Fundament für eine stürmische Weiterentwicklung der Produktivkräfte und damit für die Lösung der ökonomischen Hauptaufgabe.

Während die Maßnahmen zur Mechanisierung und Automatisierung der Produktion planmäßige Fortschritte brachten und zu einer hohen Steigerung der Arbeitsproduktivität führten, ist das bisherige Tempo der Rekonstruktion der Verwaltungsprozesse nicht befriedigend. Die Lösung der ökonomischen Hauptaufgabe und aller Ziele des Siebenjahrplanes und der weiteren Perspektivpläne erfordern eine wissenschaftlichere und höhere Form der Verwaltungstätigkeit, damit bei dem Entwicklungstempo der Industrie, das sich durch die sozialistische Rekonstruktion noch wesentlich steigert, auch der sparsame Einsatz der Arbeitskräfte, eine rationelle Material-Bereitstellung und -Lagerung und die höchstmögliche Ausnutzung der Produktionskapazitäten der Betriebe gewährleistet werden. Diese erforderliche höhere Qualität der Verwaltungstätigkeit ist mit der bisherigen Technik und den konventionellen Organisationsmethoden nicht gesichert. Sie kann auch nicht durch eine quantitative personelle Verstärkung des Verwaltungssektors erreicht werden. Das verbietet nicht nur die Arbeitskräftelage und die damit sich zwangsläufig ergebende Verschlechterung der Relation zwischen in der Produktion und in der Verwaltung Beschäftigten, sondern vor allem die Erkenntnis, daß damit der Umschlag in eine neue Qualität nicht erreicht werden kann.

Die sozialistische Rekonstruktion der Verwaltungsarbeit in unserer Republik erfordert dazu ausreichende Bereitstellung von modernen Büromaschinen zur Automatisierung der Verwaltungsarbeit und die Erforschung und Anwendung neuer Organisationsmethoden.

Die Büromaschinen-Industrie der Deutschen Demokratischen Republik verfügt über eine jahrzehntelange Tradition, da im sächsisch-thüringischen Raum große Fertigungsstätten von Büromaschinen bereits vor dem ersten Weltkrieg bestanden. Diese Betriebe beschränkten sich jedoch lange Zeit auf die Fertigung von Schreib- und Rechenmaschinen, so daß vor 3 Jahrzehnten noch die Verwendung von handangetriebenen Addiermaschinen, Rechenmaschinen und Schreibmaschinen den technischen Fortschritt in der Mechanisierung in der Verwaltungsarbeit in Deutschland charakterisierte. In der UdSSR und den USA wurde schon bald der Weg geebnet für die Entwicklung von Büromaschinen einer höheren Mechanisierungsstufe, die eine Vereinigung der verschiedensten Bearbeitungsphasen: Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren, Sortieren, Drucken zu einer zusammenhängenden Arbeitsfolge mit den verschiedenen Maschinen des Lochkartensystems zulassen. Lochkartenanlagen, die einen höheren Mechanisierungsgrad und eine neue Verwaltungstechnologie ermöglichen, wurden von deutschen Firmen nicht hergestellt, sondern importiert oder von Tochtergesellschaften ausländischer Unternehmen in Deutschland produziert.

Bedingt durch die Struktur der kapitalistischen Wirtschaft im Deutschland vor 1945 beschränkte sich die deutsche Büromaschinenindustrie darauf, die erstgenannten Maschinentypen technisch zu vervollkommen. Im Ergebnis dieser Bemühungen entstanden Buchungs- und Fakturiermaschinen auf mechanischer und elektromechanischer Grundlage, die durch ihre hohe Automatik in der Lage sind, kurze Arbeitsprogramme durch eine einmalige Eingabe der zu verarbeitenden Daten auszuführen und auch einfache logische Entscheidungen fällen zu können.

Mit dem Wachstum der Industrie-, Handels-, Finanz- und Verwaltungsorgane entwickelten sich im Zuge der Arbeitsteilung auch für die Verwaltungsarbeit starke Untergliederungen. Sie werden gekennzeichnet durch die Auflösung der Hauptkontore in zahlreiche spezielle Abteilungen wie Kasse, Lohnabrechnung, Finanzbuchhaltung, Material- und Lagerbuchhaltung, Betriebsbüros usw. Der dadurch bedingte dezentrale Anfall der Informationen erforderte eine periodische Zusammenführung der Teilergebnisse zu Gesamtübersichten, die für operative Entscheidungen notwendig sind.

Da schon in einem mittleren Industriebetrieb monatlich Zehntausende von ökonomischen Ereignissen zu erfassen, zu gruppieren und auszuwerten sind, ergibt sich durch die dezentrale, stufenweise und stoßweise Bearbeitung kein kontinuierlicher Informationsfluß, der laufend zu einer Gesamtübersicht

verdichtet werden könnte. Die mechanischen und elektromechanischen Büromaschinen, soweit sie nicht nur einzelne Routinefunktionen, wie Schreiben oder Rechnen, ausführen, wurden in ihrer technischen Richtung nach diesen Organisationsprinzipien, die sich zwangsläufig aus der Arbeitsteilung ergeben, entwickelt. Es gibt Büromaschinen für die Lohnabrechnung, Finanzbuchhaltung, Materialabrechnung, Fakturierung usw. Wenn diese Maschinen auch in ihrer Grundausstattung für mehrere Teilgebiete eingesetzt werden können, so müssen doch die Arbeiten abschnittsweise nach entsprechender Umprogrammierung durchgeführt werden. Das gleiche trifft für Lochkartenmaschinen zu, bei denen die Teilgebiete ebenfalls abschnittsweise das gesamte Maschinensystem durchlaufen müssen. Versuche mit mechanischen oder elektromechanischen Geräten, eine simultane Verarbeitung von Informationen zu erreichen, sind an den damaligen technischen Möglichkeiten gescheitert; erwähnt sei hier die Campos-Maschine, die mit Tausenden von mechanischen Speichern arbeitete und nur in einigen Exemplaren hergestellt wurde, weil u. a. der Aufwand je Speicherplatz zu aufwendig war.

Die Auswertungen der ökonomischen Geschehnisse können bei dem jetzigen Mechanisierungsgrad oft nur sporadisch ausgewertet werden. Die sich ständig ändernden Situationen durch die eingetretenen mengen- und wertmäßigen Veränderungen werden in der Praxis erst bei bestimmten Anlässen erkannt, z. B. erst, wenn bestimmte Engpässe in der Materialversorgung auftreten, erfolgen Gegenüberstellungen des Istverbrauches zum geplanten Bedarf oder in der Maschinenbelegung bei vorkommenden Überlastungen bestimmter Maschinengruppen usw. Da mit den bisherigen technischen Mitteln permanente Kontrollen selbsttätig durch ständige Vergleiche nicht durchführbar sind bzw. der hierzu erforderliche Aufwand wirtschaftlich nicht vertretbar ist, bleibt es aus diesen Gründen in der Praxis bei dem bisherigen Zustand und den erkannten Mängeln. Aus den gleichen Gründen kann heute für wichtige Dispositionen, für Perspektivaufgaben meist nur ein Lösungsweg als richtig angenommen und durchgerechnet werden, da nicht die Kapazität vorhanden ist, mehrere Varianten durchzurechnen, um die optimale Lösung auszuwählen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß mit den konventionellen mechanischen und elektromechanischen Büromaschinen und Organisationsmethoden, für die Mechanisierung der Teilgebiete gute Rationalisierungserfolge erzielt werden, die sich in einer wesentlichen Beschleunigung gegenüber manuellen Verfahren, in einer Einsparung an lebendiger Arbeit, in exakteren Ergebnissen und vielseitigeren Auswertungen zeigen. Ihr technisches Leistungsvermögen und die mit diesen Maschinen durchsetzbare Organisationstechnik reichen jedoch nicht aus, um bei Anfall der Informationen alle erforderlichen Auswertungen für das Gesamtgeschehen durchführen zu können.

Die notwendige höhere Qualität der Verwaltungsarbeit erfordert die Anwendung der neuesten Technik und neuer Organisationsmethoden um vollkommeneren Bedingungen für die wissenschaftlich fundierte Leitung, Planung und Organisation der Produktionsprozesse zu schaffen, die eine optimale Steigerung der Betriebsleistung, das Erkennen und Nutzen vorhandener Reserven, die Beseitigung auftretender Hemmnisse bei ihrem Entstehen ermöglichen.

Das Leistungsvermögen der Büromaschinen ist deshalb entscheidend zu erhöhen; sie dürfen künftig nicht nur die eingegebenen Informationen mengen- und wertmäßig in mehreren Richtungen arithmetisch verarbeiten, Zwischen- und Endergebnisse ermitteln und auf Kontenblättern oder Listen abdrucken, sondern sie müssen die Möglichkeit schaffen, mit weniger Kräften durch Automatisierung ein weit größeres Feld der Verwaltungsarbeit rationell und wissenschaftlich zu beherrschen. Dazu gehört u. a., daß die Informationen nicht nur rechnerisch verarbeitet werden, sondern daß sie hinsichtlich ihrer Aussagen und Auswirkungen in allen notwendigen Richtungen ausgewertet, die eingetretenen Veränderungen überprüft und notwendige routinemäßige Entscheidungen getroffen werden. Dadurch entfallen zahlreiche, den bisherigen buchhalterischen oder statistischen Arbeiten nachgeschaltete Überprüfungen und Untersuchungen, die so arbeitsaufwendig sind, daß sie bisher nur lückenhaft durchgeführt werden konnten.

Um den wissenschaftlich-technischen Höchststand in der Informationsverarbeitung zu erreichen, müssen die fortgeschrittensten Erfahrungen und Kenntnisse der Betriebswissenschaft, der Naturwissenschaften und der Technik zur Entwicklung und Herstellung moderner Büromaschinen für die Informationsverarbeitung zugrunde gelegt werden. Die Notwendigkeit ihrer schnellen Entwicklung und Produktion geht aus dem Gesetz des Siebenjahrplanes hervor, das hierzu fordert:

„Für die Rationalisierung der wissenschaftlichen, technischen und der gesamten Verwaltungsarbeit sind elektronische Rechen- und Informationsanlagen bereitzustellen.“

Der Industriezweig Büromaschinen hat deshalb für die Rekonstruktion der Verwaltungsarbeit Geräte dieser neuen Technik zu entwickeln und zu produzieren, da mit dem Einsatz digitaler elektronischer Rechengenäte neue Wege in der Informationsverarbeitung eingeschlagen werden können. Die neuen Perspektiven ergeben sich aus folgenden Gründen:

1. Die elektronischen Rechengeschwindigkeiten liegen um einige Zehnerpotenzen höher als bei mechanischen bzw. elektromechanischen Rechenwerken. Das gestattet bei minimalem Zeitaufwand umfangreichere Rechenoperationen als bisher durchzuführen.
2. Es können große Speicherkapazitäten angeschlossen werden, die durch Bereithaltung von zahlreichen Informationen den Aufwand für die Informationseingabe entscheidend reduzieren.
3. Es ist möglich, umfangreiche Arbeitsabläufe zu programmieren, die nicht nur aus Ketten von Rechenoperationen bestehen, sondern auch durch ständige Vergleiche mit gespeicherten Werten automatisch zahlreiche Routineentscheidungen ermöglichen.
4. Die Eingabe und Ausgabe der Informationen kann in verschiedener Weise und sehr schnell erfolgen, vor allem auch in „Maschinensprache“.

Die Rationalisierungserfolge durch automatische Datenverarbeitungsanlagen werden aber nicht allein durch Einsatz neuer Anlagen und Ablösung der bisherigen mechanischen und elektromechanischen Büromaschinensysteme erreicht. Ihre Projektierung und ihr späterer Einsatz setzen umfassende organisatorische Untersuchungen voraus, da nur durch eine völlige Umstellung der Organisation und Abkehr von den konventionellen Methoden der spezialisierten Datenverarbeitung von Teilgebieten der volle Erfolg eintreten kann. Dabei muß geprüft werden, ob positive Elemente der funktionalen Organisationsmethode in den Aufbau eines besonderen integrierten Systems der automatischen Datenbearbeitung einbezogen werden können.

Bei der Entwicklung elektronischer Rechengenäte und Speicheraggregate für die Datenverarbeitung sind daher umfassende organisatorische Untersuchungen notwendig, um neue Organisationssysteme zu erforschen, die eine volle Nutzung elektronischer Rechenanlagen ermöglichen.

Es ist nicht mit einer Automatisierung der einzelnen Arbeitsstufen getan, sondern der Informationsfluß und seine Verarbeitung ist so zu organisieren, daß mit der ersten Dateneingabe eine Vielzahl von Bearbeitungsvorgängen ausgelöst bzw. eingeleitet wird. Diese integrierte Arbeitsweise ist wichtig, nicht nur um die technischen Möglichkeiten solcher Anlagen rationell zu nutzen, sondern vor allem, um zu zeitnaher, automatischer Auswertung der Massenvorfälle des ökonomischen Geschehens zu kommen, deren Kenntnis unerlässlich ist, um operative Entscheidungen zu fällen, um kurzfristige Dispositionen zu treffen, kurz, um die objektiv wirkenden ökonomischen Gesetze für die Lenkung und Leitung, die Planung und Plankontrolle optimal zu nutzen.

Zur Lösung dieser organisatorischen Probleme ist eine umfassende Zusammenarbeit aller Organisationskräfte anzustreben. Es ist deshalb eine Aufgabe dieser Veröffentlichung ebenso wie des durchgeführten Kolloquiums, mit den Organisations aller Wirtschaftszweige, mit Instituten und Arbeitskreisen für Verwaltungsorganisationen die Zusammenarbeit zu vertiefen.

Die nachfolgenden Aufsätze mit organisatorischem Charakter behandeln einige Probleme, die bei der Erforschung neuer Organisationsprinzipien auftreten, sie sollen zu Betrachtungen und Untersuchungen im eigenen Arbeitsbereich anregen und damit eine breite Erörterung von Teilergebnissen der organisatorischen Vorarbeiten einleiten, die zu einem regelmäßigen Erfahrungsaustausch und einer beständigen Mitarbeit führen soll.

Die Wechselbeziehungen des Industriezweiges Büromaschinen zu anderen Industriezweigen haben sich durch die Anwendung der neuesten Technik ständig, z. T. sprunghaft, erweitert. Die Leitung der VVB Büromaschinen hat es für notwendig erachtet, diese Veröffentlichung über das Kolloquium des VEB Elektronische Rechenmaschinen, Wissenschaftlicher Industriebetrieb Karl-Marx-Stadt und dessen Betriebssektion der KDT, durchzuführen, um die wissenschaftliche Zusammenarbeit auf organisatorischem und technischem Gebiet zu pflegen, zu fördern und zu erweitern.

Der Einzug der Elektronik in die Büromaschinenindustrie löst neben neuen organisatorischen Aufgabenstellungen, vor allem große technische Probleme aus, deren schnelle Lösung ebenfalls eine bessere Koordinierung der Zusammenarbeit mit allen wissenschaftlichen Institutionen erfordert, die auf gleichartigen wie verwandten Gebieten arbeiten.

Die Entwicklung und Produktion digitaler elektronischer Rechengenäte für den Einsatz in Büros stellt auch hohe

Anforderungen an die Bauelemente-Industrie und die Hersteller elektronischer Meß- und Prüfgeräte. Die verbreitete Auffassung, daß an elektronische Rechenmaschinen für ökonomische Zwecke nicht so hohe Anforderungen hinsichtlich der Rechengeschwindigkeit zu stellen sind, ist nicht in vollem Ausmaße zutreffend. Durch die notwendigen umfangreichen Programme, die sich aus Rechenoperationen und zahlreichen logischen Entscheidungen zusammensetzen, ergeben sich Ketten von Operationen, die in dem Zwischenraum zwischen Ein- und Ausgabe der zahlreichen Daten erledigt werden müssen. Da es sich um große Mengen zu bearbeitender Informationen handelt, spielen hier auch die Operationsgeschwindigkeiten eine wichtige Rolle.

Wegen der geforderten kleinen Abmessung der Geräte, der geforderten geringeren Leistungsaufnahme und begrenzter Wärmeentwicklung wurde international von der Röhrenbauweise zur Transistorbauweise übergegangen. Die Transistoren müssen hinsichtlich ihrer Beständigkeit, Grenzfrequenz und Leistung den Anforderungen der digitalen Rechentechnik entsprechen. Ebenfalls sind auf dem Gebiet der Halbleiter-Dioden die speziellen Anforderungen der digitalen Rechentechnik zu berücksichtigen.

Die auf der Konferenz der Elektroindustrie als Schwerpunkte herausgestellten Forderungen zur Aufholung des Rückstandes bei den Bauelementen, bei Halbleitern, Ferriten und Meßgeräten haben auch für die Entwicklungsarbeiten und für die Produktion digitaler elektronischer Rechner entscheidende Bedeutung. Die genannten Bedingungen für die Entwicklung digitaler Rechengenäte für Büroarbeiten verlangen weiter, daß ständig in der Forschung Untersuchungen neuer Bauelemente und Lösungswege durchgeführt werden, so z. B. die Möglichkeiten des Einsatzes dünner magnetischer Schichten für Speicherezwecke und Parametrons in Verbindung mit dünnen Schichten für logische Zwecke oder die Anwendung der Mikro-modul-Technik.

Eine bedeutende Rolle spielt für digitale Rechner für

Bürozwecke auch die Preisfrage, und hier sind es besonders die geforderten und notwendigen Speicherkapazitäten, die eingehender Betrachtungen hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit unterzogen werden müssen, um die richtigen Proportionen für Speicher mit wahlfreiem Zugriff bzw. für Speicher mit längeren Zugriffszeiten zu finden.

Die folgenden technisch-wissenschaftlichen Aufsätze behandeln diese Probleme und andere Ausschnitte aus dem Gebiet der Forschung und Entwicklung von digitalen elektronischen Rechen- und Speicher-Aggregaten. Ihre Behandlung im Kolloquium und ihre Veröffentlichung hat zum Ziel, die an verschiedenen Stellen vorliegenden Erkenntnisse zusammenzufassen und weitere Möglichkeiten der Ergänzung und Zusammenführung zu gemeinsamem Schaffen zu finden.

Die damit erreichbare Beschleunigung der Entwicklung und rasche Überleitung in die Produktion ist dringend notwendig. Ebenso ist eine Klarheit über Einsatzmöglichkeiten zu schaffen, damit durch die Einstellung elektronischer Informationsanlagen in unserer Wirtschaft ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird, der einer besseren Fundamentierung der wissenschaftlichen Leitung, Planung, Kontrolle und Organisation der wirtschaftlichen Prozesse dient.

Die Vorträge und der wissenschaftliche Meinungsaustausch führten schon während des Kolloquiums zu guten Fortschritten sowohl in technischer als auch organisatorischer Hinsicht. Teilprobleme konnten schon in den Aussprachen geklärt werden und ebenso wurden wertvolle Hinweise für die weitere Arbeit gegeben.

Die Veröffentlichung der Vorträge soll deshalb dazu beitragen, breitere Kreise mit den technischen und organisatorischen Problemen der automatischen Informationsverarbeitung bekannt zu machen und damit weitere Fortschritte in der sozialistischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Forschung, Entwicklung und Anwendung elektronischer Rechengenäte zu erzielen.

NTB 498

## Rationalisieren Sie die Arbeit in Ihrem Büro?

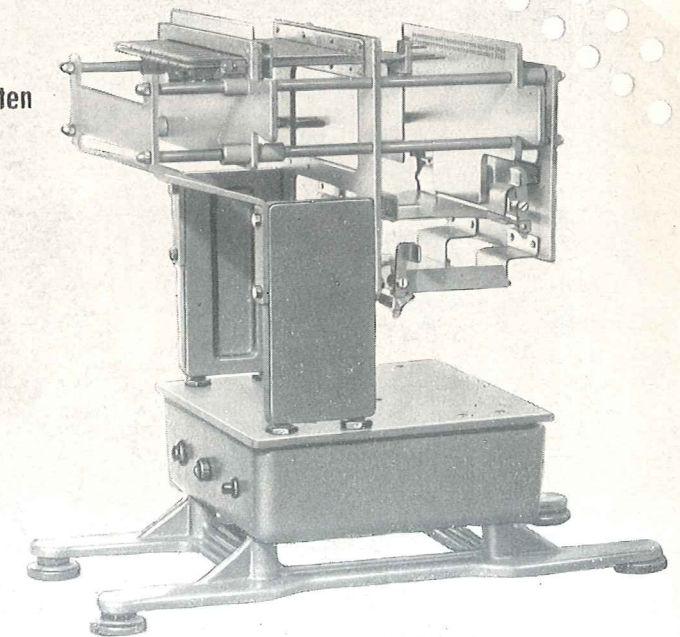
Durch unsere manuellen Lochkarten geben wir Ihnen die beste Möglichkeit dazu. Wieviel Zeit benötigen Sie, um aus einer großen Kartei Karten mit bestimmten Merkmalen herauszusuchen?

Mit der BBO-Kerbkartei geschieht dies in wenigen Minuten

Wir informieren Sie gern über manuelle Lochkarten und die dazugehörigen Geräte. Fordern Sie unser Angebot.

**VEB ORGANISATIONSMITTEL-VERLAG  
LEIPZIG**

Leipzig C 1, Czermaks Garten 2  
Ruf 27739



# Die automatische Zeichenerkennung

Ing. W. SCHROEDER, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

## Was versteht man unter Zeichenerkennung und welche Bedeutung kommt ihr zu?

Der Begriff „automatische Zeichenerkennung“ oder auch automatisches Lesen genannt taucht in letzter Zeit immer häufiger in Literatur über Elektronenrechner insbesondere in Verbindung mit dem Scheckverkehr auf. Unter Zeichenerkennung versteht man die Fähigkeit von Maschinen, Informationen, die in Schriftform vorliegen, zu identifizieren und entsprechend ihrer Bedeutung bestimmte Befehle aufzulösen. Die Bedeutung liegt hierbei auf das „Erkennen“ bzw. dem „Lesen“ des Zeichens. Während man beispielsweise mit einer Fotozelle eine bedruckte Vorlage abtastet und wahrnimmt, daß ein Zeichen vorhanden ist, kann ohne besondere Maßnahmen nicht erkannt werden, um welches Zeichen es sich handelt. Es muß somit eine Einrichtung vorhanden sein, die ein „Erkennen“ des gesehenen Zeichens ermöglicht.

Diese Erkennungsschaltung kann um so einfacher aufgebaut sein, je mehr das abzutastende Zeichen stilisiert bzw. vereinfacht wird. Gleichzeitig hiermit wird die visuelle Erkennbarkeit immer schwieriger. Im Grenzfall wird ein Zeichen durch eine Anzahl Punkte oder Striche symbolisiert, deren Anzahl oder/bzw. und Lage zueinander ein bestimmtes Zeichen verkörpern (zum Beispiel Lochband). Man spricht dabei auch von „codierten Zeichen“. Hierbei handelt es sich um die niedrigste Form der Zeichenerkennung.

Die Bedeutung der Zeichenerkennung nimmt mit fortschreitender Automatisierung immer mehr zu. Während die ersten Jahrzehnte, etwa zwischen dem ersten und zweiten Weltkrieg, durch eine große Anzahl von Vorschlägen und Patenten gekennzeichnet sind, die sich meist mit fotoelektromechanischen Vergleichsverfahren nach dem Kongruenzprinzip befassen, wurde dies nach 1945 grundsätzlich anders.

Durch die fortschreitende Mechanisierung und Automatisierung, besonders durch die stürmischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Elektronenrechner, entstand immer dringlicher die Forderung nach derartigen Zeichenerkennungsanlagen. Begünstigt durch die rasche Weiterentwicklung der gesamten Elektronik, waren jetzt die technischen Voraussetzungen für rein elektronische Lösungen gegeben, die alle bisher vorgeschlagenen Verfahren an Leistungsfähigkeit und Sicherheit um ein Vielfaches übertrafen.

Der überwiegende Teil der elektronische Rechen-

Die zu einer gleichzeitigen Herstellung des Original- und Zweitbeleges erforderlichen Anschlußgeräte bringen eine wesentliche finanzielle Belastung. In vielen Fällen muß der Maschinenbeleg durch nochmalige manuelle Entlastung hergestellt und geprüft werden, wofür wertvolle Arbeitskräfte und Mittel gebunden werden.

Das Hauptziel eines erfolgreichen automatischen Zeichenerkennungssystems muß darin liegen, ein Originaldokument zu lesen, das die Information in einer Schrift enthält, die sich von den bisher üblichen Schriftarten nur wenig unterscheidet und auch für Nichtfachleute visuell lesbar ist.

Auch wenn der Beleg durch manuelle Arbeitsgänge verschmutzt, überstempelt und zerknittert ist, soll er von der Maschine noch einwandfrei verarbeitet werden.

## Erschwerende Faktoren der Erkennung

Durch verschiedenartige Abweichungen der tatsächlichen Zeichen von den Idealzeichen treten eine Anzahl von Faktoren in Erscheinung, die eine sichere Erkennung erschweren [2]. So können zum Beispiel lineare, nichtlineare geometrische Verzerrungen und Gradationsveränderungen auftreten, wie sie die Bilder 1 bis 5 zeigen. Je größer für ein bestimmtes System diese Abweichungen sein können, um so sicherer wird es arbeiten, um so größer ist jedoch im allgemeinen auch der erforderliche technische Aufwand des Systems und damit der Preis.

Den gleichen Einfluß auf den technischen Aufwand hat die Art der Zeichen, die erkannt werden sollen. Die Zeichenarten können in mehrere Qualitätsstufen eingeteilt werden. In den niedrigsten Stufen ist die Zeichenausführungsart den meisten Einschränkungen unterworfen, und die Zeichen weichen wesentlich von den üblichen Schriftarten ab. Man sagt, die Variationsbreite des Systems sei gering. Je geringer diese Variationsbreite, desto kleiner ist im allgemeinen der technische Aufwand und umgekehrt.

Die geringste Variationsbreite haben die codierten Schriften (Lochband, Lochkarte, Magnetband). Sie sind jedoch visuell überhaupt nicht oder nur sehr schwierig lesbar.

Es folgt die normale Druckschrift mit logisch angeordneten Kennmarken. Es handelt sich dabei um eine

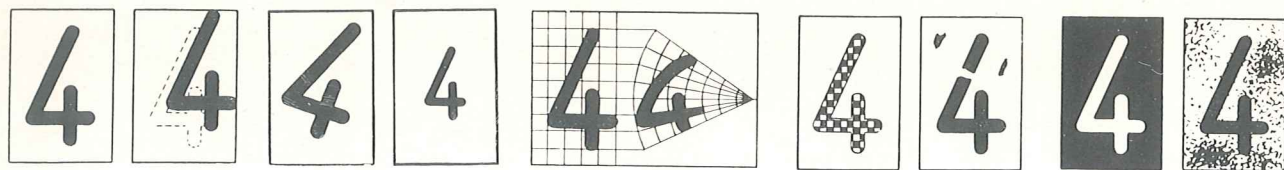


Bild 1. Links normale Ziffer - rechts Verschiebung nach Höhe/Breite

Bild 2. Links Verdrehung - rechts Maßstabänderung

Bild 3. Nichtlineare geometrische Veränderungen

Bild 4. Links Änderung des Druckrasters - rechts unsauberer Druck

Bild 5. Links Kontraständerung - rechts Änderung der Grundfarbe

maschinenbauenden Firmen erkannte sehr bald, daß man zwar die Rechengeschwindigkeit der Rechner im Verlaufe von Jahren um Größenordnungen erhöhen konnte, daß dabei jedoch das Problem der Daten-Ein- und -Ausgabe immer dringlicher wird. Besonders bei ökonomischen Rechnern gelangt man bald an eine Grenze, wo eine weitere Erhöhung der Rechengeschwindigkeit kaum noch Sinn hat, Das liegt daran, daß bei der bisher üblichen Datenaufbereitung in jedem Fall vom Originalbeleg ein oder mehrere Duplikate in der erforderlichen Maschinenschrift (Lochband, Lochkarte und andere) hergestellt wurden.

Kombination normaler visuell lesbarer Schrift mit eingedruckter Codierung, sogenannten Kennmarken [1]. Die Kennmarken können das zugehörige Schriftzeichen ihrer Größe, Anzahl oder Position entsprechend darstellen. Einige der vielen möglichen Ausführungen zeigen die Bilder 6 bis 9. Sie benötigen, besonders wenn sie selbstprüfend aufgebaut sind, eine erhebliche zusätzliche Druckfläche.

Die nächsthöhere Qualität umfaßt die genormten Schriftzeichen. Als charakteristische Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Zeichen können u. a. auftreten:

Verschiedenartige Druckflächen (Bild 10) bestimmte bei der Zeichenabtastung auftretende Frequenzen

ins Zeichen eingeschlossene Kennmarken (Bild 11) bestimmte Aufteilung der Druckflächen nach Bild 12, 13 und 14.

Im derzeitigen Entwicklungsstadium besitzen die genormten Schriftzeichen die größte Bedeutung für das elektronische Lesen.

Es gibt jedoch auch bereits Verfahren, die eine „normale Druckschrift“ lesen können, jedoch ist dann

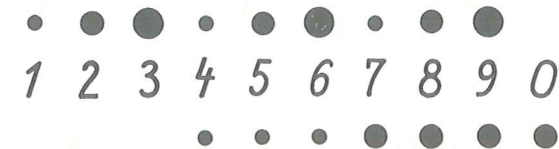


Bild 6. Größenmäßige Kennmarken nach Heidinger

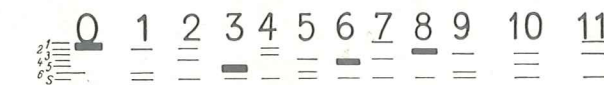


Bild 7. Positionsmäßige Kennmarken nach Hofgaard

der technische Aufwand entsprechend umfangreich. Auf Grund...zig verschiedener Arten von üblichen Druckschriften mit zum Teil erheblichen Unterschieden müssen jedoch auch hier in Wirklichkeit Einschränkungen gemacht werden, so daß unter „normaler“ Schrift einige der üblichen Schriftarten gemeint sind.

Als höchste Stufe der Zeichenerkennung ist die Erkennung handschriftlicher Zeichen anzusehen. Diese könnte für manche Arbeitsabläufe, zum Beispiel Material- und Lohnbuchhaltung, Briefsortierung und anderes eine entscheidende Bedeutung besitzen. Maschinen für handschriftliche Erkennung sind zur Zeit noch nicht bekannt geworden, obwohl bereits einige theoretische Verfahren existieren, die bei entsprechender technischer Reife durchaus geeignet sind, in einigen Jahren auch dieses Problem zu lösen.

## Technische Lösungsmöglichkeiten

Die Darstellungsform der zu erkennenden Zeichen ist weitgehend unabhängig von der Art bzw. Qualität der Zeichen und bis zu einem gewissen Grad auch vom Abtastprogramm. So können die Zeichen dargestellt werden durch flächenhafte Kontraste der optischen Remission (d. h. Schwärzungen), der magnetischen Permeabilität, der elektrischen Leitfähigkeit oder Kapazitätsänderungen [3].

Größere Bedeutung haben hiervon nur die beiden zuerst genannten erlangt, in letzter Zeit besonders das magnetische Verfahren. Beim automatischen Lesen lassen sich zwei wesentliche Vorgänge unterscheiden. Das ist einmal das Abtasten nach einem bestimmten Abtastprogramm und zum anderen die Erkennung des abgetasteten Zeichens mit Hilfe einer Erkennungsschaltung. Abtastprogramm und Erkennungsschaltung sind zum Teil unabhängig voneinander. Bei optischer Abtastung sind fast alle Abtastprogramme anwendbar. Ohne Rücksicht auf das Zeichen kann die Abtastung dabei erfolgen:

### a) Vollparallel

Jeder abzutastende Punkt erhält hierbei ein eigenes Abtastorgan zugeordnet, so daß eine große Anzahl derartiger Organe erforderlich ist. Ebenfalls groß ist der Aufwand in der Erkennungsschaltung. Das Verfahren arbeitet jedoch sehr schnell.

### b) Die zeilenweise teilparallele

Abtastung erfordert geringen Aufwand, ist aber auch etwas langsamer.

c) Eine weitere Möglichkeit ergibt sich durch eine

serienmäßige Punktabtastung entweder unter Verwendung einer rotierenden Lochscheibe oder einer Braunschens Röhre.

Das Abtastprogramm kann auch vom vorliegenden Zeichen gesteuert sein. So ist es zum Beispiel möglich, die Konturen eines Zeichens abzuführen, wenn durch eine Signalarückführung vom Signalausgang auf die Ableitmittel das Abtastprogramm entsprechend beeinflusst wird.

Im Gegensatz hierzu steht das Sondenverfahren, bei dem die Abtastung nach genau festgelegten Bahnen erfolgt. Es wird festgestellt, welche Bahnen den Linienzug des Zeichens schneiden und hieraus das Zeichen erkannt.

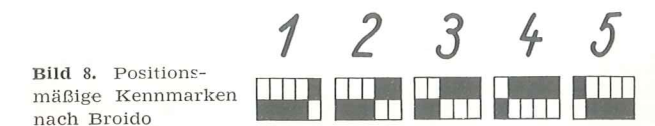


Bild 8. Positionsmäßige Kennmarken nach Broido



Bild 9. Positionsmäßige Kennmarken nach Broido

## Als Abtastorgane finden folgende Bauelemente Anwendung:

In erster Linie Photozellen, insbesondere wegen der erforderlichen geringen Trägheit Photodioden und Phototransistoren. Bei Serienabtastung ist auch die Verwendung von Vakuumphotozellen und Photovervielfachern möglich. Die magnetischen Verfahren verwenden Magnetköpfe, ähnlich wie sie aus der Magnetton-technik bekannt sind.

Die Erkennungskriterien der Zeichenerkennung stehen meist im direkten Zusammenhang mit dem gewählten Druckbild. So sind zum Beispiel alle genormten Schriften so aufgebaut, daß sich bei ihnen die einzelnen Zeichen durch bestimmte Erkennungskriterien wesentlich voneinander unterscheiden. Als Erkennungskriterien kommen zum Beispiel in Frage:

Ein vollkommener Deckungsvergleich des Musters und des zu erkennenden Zeichens (Kongruenz- oder Maskenverfahren), Bildung der Schwärzungssumme über eine Querdimension des Zeichens,

Ermittlung der Extremwerte der Differentialquotienten, Schwärzung in bestimmten Bereichen des Zeichens, Nichtschwärzung auf bestimmten Bahnen innerhalb des Zeichens (Sondenverfahren),

Ausnutzung bestimmter Formelemente des Zeichens (Potentialverfahren).

Je nach dem verwendeten Abtastverfahren besteht das gewonnene Signal entweder aus einer Anzahl parallel angebotener Einzelimpulse oder einer Impulskette, in der die durch die Abtastung gewonnenen Impulse in zeitlicher Folge enthalten sind. Es kann sich bei teilparalleler Abtastung auch um mehrere derartiger Impulsketten handeln, die parallel ablaufen.

Bei schlitzförmiger Abtastung des Zeichens in vertikaler oder horizontaler Richtung kann das Signal auch differentiell oder integrierend das Zeichen darstellen.

Durch logische Erkennungsschaltungen wird festgestellt, welchem Zeichen das soeben verarbeitete Signal entspricht. Es ist einleuchtend, daß diese Schaltungen das Kernstück der Anlagen darstellen. Besonders beim Erkennen verschiedenartiger Schriften oder großer Zeichentoleranzen bestimmt dieser Anlagenteil im wesentlichen den Umfang und die Kosten der Maschine. Während bei Zeichen geringer Toleranzen schon wenige Informationen genügen, um eine einwandfreie Identifizierung zu erreichen, ist dies bei derartigen Zeichen nicht möglich. Hier müssen aus dem Zeichen sehr viel mehr Informationen gewonnen werden (zum Beispiel durch Zerlegung in viele einzelne Abtastpunkte), mit deren Anzahl auch die Erkennungsschaltungen wesentlich anwachsen.



Bild 10. Verschiedenartige Druckflächen der Zeichen nach Maul

Verschiebungen der Zeichen nach Höhe und/oder Breite lassen sich auch bei maschineller Zeichenherstellung, besonders bei schnellem Schreibmaschinenschreiben kaum vermeiden. Man spricht dabei von linearen geometrischen Abweichungen, wie sie auch in den Bildern 1 bis 3 gezeigt sind. Sie führen dazu, daß sich die Zeichen bei der Abtastung nicht zentrisch unter dem Lesekopf befinden. Hieraus ergibt sich bei der Mehrzahl der Leseverfahren die Notwendigkeit, eine Zentrierung oder Verschiebung des Zeichens vorzunehmen. Das kann ein mechanisches Verschieben der Vorlagen sein, was jedoch an die mechanischen Transporteinrichtungen erhebliche Anforderungen stellt und für hohe Lesegeschwindigkeiten kaum in Betracht kommt.

Ein elektronisches Verfahren ist u. a. bekannt (bei vom Zeichen gesteuerter Punkt-abtastung), das das Zeichen durch Spiralbewegungen einkreist und den Mittelpunkt des kleinsten umschriebenen Kreises festhält. Im zweiten Arbeitsgang erfolgt dann erst das eigentliche Lesen.

Es ist ebenfalls bekannt bei einer Punktzerteilung des Zeichens, die einzelnen abgetasteten Punkte in ein matrixähnlich aufgebautes Register einzugeben. Als zweidimensionales Schieberegister aufgebaut, gestattet es eine Verschiebung des Speicherinhaltes in X- und Y-Richtung bis zur einwandfreien Zentrierung.

#### Einige der bekanntesten Verfahren und gebaute Maschinen

Etwa seit 1948/50 befassen sich verschiedene Unternehmen auf dem Gebiet der Elektronik und Büromaschinen, wie RCA, General Electric, IBM, Burroughs, Solartron, Bull, EMI und andere sehr intensiv mit dem Problem der automatischen Zeichenerkennung in den verschiedensten Variationen [1-4].

In richtiger Erkenntnis der Bedeutung, die diese Verfahren für die weitere Leistungssteigerung und vor allem dem wirtschaftlichen Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen besitzen, wird kein Entwicklungsaufwand gescheut. Bedingt durch den in den letzten Jahren in den kapitalistischen Ländern gewaltig angewachsenen Scheckverkehr (der zum Beispiel in den USA 1957 jährlich 10 Milliarden Stück betrug), wurde der größte Teil der bisher entwickelten Anlagen



Bild 11. Kennmarken im Zeichen nach Dickinson

speziell für die Zwecke des Scheckverkehrs entwickelt. Dies schließt jedoch keinesfalls aus, daß diese Zeichenerkennungsverfahren auch für andere Geschäftsdokumente verwendet werden können. Es sind auch bereits Anlagen lieferbar, die für das Lesen anderer Schriftstücke geeignet sind.

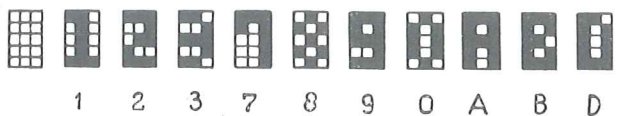


Bild 12. Genormte Schriftzeichen nach Reet



Bild 13. Genormte Schriftzeichen nach Broido

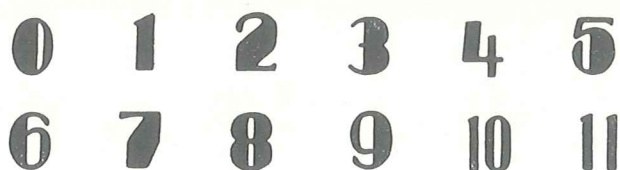


Bild 14. Genormte Schriftzeichen von EMI verwendet im Verfahren Fred

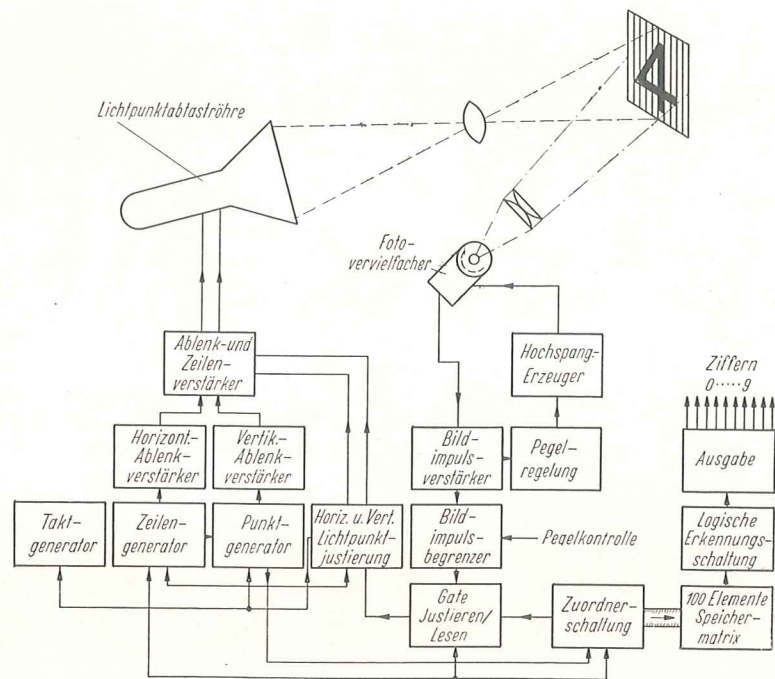


Bild 15. Vereinfachtes Blockschaltbild des ERA-Lesers von Solartron

#### Optische Erkennungsverfahren

Als „klassisches“ Zeichenerkennungsverfahren bezeichnet man das Kongruenz- oder Maskenverfahren. Hierbei erfolgt ein elektro-optischer Deckungsvergleich des zu lesenden Schriftzeichens mit einem Satz sogenannter Meisterzeichen. Da das Verfahren einige schwache Stellen aufweist, soll hier nicht näher darauf eingegangen werden.

Nach dem Impulsschaltverfahren, das vollparallele Abtastung anwendet, arbeitet bisher keine serienmäßige Maschine. Größere Bedeutung besitzt dagegen, insbesondere für optische Abtastung, das Impulskettenverfahren. Hierbei wird jedes Schriftzeichen durch einen oder mehrere bewegte Lichtpunkte abgetastet, bis die zugehörigen Photozellen charakteristische Impulsfolgen liefern. Diese Impulsketten werden mit typischen gespeicherten Impulsketten verglichen. Der Vergleich kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen. Stimmen die Impulsfolgen mit den gespeicherten Impulsketten überein, so wird das zugehörige Schriftzeichen erkannt und registriert.

So wird schon 1949 über das Versuchsmodell einer derartig arbeitenden Briefsortiermaschine von RCA berichtet, die bereits auf Arbeiten aus dem Jahre 1946 zurückgeht. Ähnlich arbeitende Maschinen sind außerdem vom Laboratory für Electronics Boston seit 1956

in amerikanischen Banken eingesetzt. Auch die Intelligent Machines Research Corporation hatte 1958 bereits acht derartige Maschinen im praktischen Einsatz. Die zur Zeit wohl ausgereifteste Zeichenerkennungsmaschine, die nach dem optischen Abtastverfahren arbeitet, wurde von der englischen Firma Solartron 1957 der Öffentlichkeit vorgestellt. Dieser elektronische Leseaufbau ist unter dem Namen „ERA“ bekannt geworden. Mit ihm ist es möglich, mehrere der üblichen Schriftsätze automatisch zu lesen. In der Grundausrüstung ist das Lesen der Ziffern und einiger Zeichen möglich. Da er nach dem Baukastenprinzip aufgebaut ist, kann eine weitgehende Anpassung an individuelle Käuferwünsche erfolgen. Dabei sollen auch Ausführungen für alphanumerisches Lesen möglich sein. Der Preis soll sich dabei je nach der Ausführung etwa zwischen 20 000 bis 50 000 Pfund Sterling bewegen. Dieser Preis hängt auch mit von den zu verarbeitenden Papiersorten ab, da diese im wesentlichen die Güte des Schriftbildes mit bestimmen. In Bild 15 ist die Blockschaltung der Maschine zu sehen. Die Maschine arbeitet mit einer Lichtpunkt-abtastung, die durch eine Kathodenstrahlröhre vorgenommen wird. Dabei wird das Zeichen in 100 gleichgroße Flächen eingeteilt, deren Schwarz- und Weißwerte registriert werden. Da für eine einwandfreie Unterscheidung der Zeichen nur ein geringer Teil dieser 100 Informationsbit erforderlich ist, besteht ein Informationsüberschuß. Dieser wird dazu ausgenutzt, eine relativ hohe Ablesesicherheit auch bei Abweichungen des Zeichens und Verunreinigungen des Untergrundes zu erreichen. Eine geringe falsche Ausrichtung des Schriftzeichens kann durch eine Und- und Oder-Logik ausgeglichen werden. Treten größere Fehler dieser Art auf, so wird das Schriftzeichen automatisch zweimal abgetastet, einmal um die falsche Ausrichtung zu korrigieren und noch einmal, um das Schriftzeichen zu lesen. Die gewonnenen Impulse werden in verschiedenen Zählern gespeichert. In einer logischen Diodenmatrix erfolgt die Entschlüsselung der Impulse. Die Firma gibt neben einer Lesegeschwindigkeit von 300 Zeichen pro Sekunde, einen Lesefehler von  $< 1:10^6$  an [5] [6].

In einem z. Z. mit der Registrierkassenfirma Regna zur Durchführung gelangendem Projekt wird für ein englisches Handelsunternehmen mit etwa 1300 Zweigstellen die tägliche Inventur möglich sein. Jede der Zweigstellen erhält hierbei einige äußerst einfach aufgebaute und daher billige Registrierkassen, die außer einem Gesamtsummen- und Einzelpostenregister nur noch das Druckwerk enthalten. Nach Geschäftsschluß werden die mit normaler Druckschrift bedruckten Kontrollstreifen von den etwa 7000 Registrierkassen zur Hauptniederlassung gesandt und dort durch eine „ERA“ automatisch gelesen und mittels eines Elektronenrechners ausgewertet. Dabei soll der Preis der ERA-Lesemaschine durch die große Zahl wesentlich verbilligter Registrierkassen bei weitem aufgewogen werden [7].

Einen weitaus geringeren Schaltungsaufwand gegenüber den bisher angeführten Verfahren erfordert der von der englischen Firma EMI entwickelte Zeichenleser

„FRED“. Man verwendet hierbei genormte Schriftzeichen, wie sie in Bild 14 dargestellt sind. Diese Zeichen sind in ihrer Druckfeldverteilung so aufgebaut, daß sich jede Ziffer in 5 vertikale Streifen einteilen läßt, die vorwiegend als schwarz oder weiß erkannt werden. In Bild 16 sind noch einmal einige derartige Zeichen mit ihrem Impulsverlauf dargestellt, der bei einer Abtastung mit einem vertikalen Spalt, der sich horizontal über das Zeichen bewegt, gewonnen wird. Nach einer entsprechenden Impulsformung ergeben sich die in der untersten Zeile dargestellten digital verschlüsselten Impulse, die mit relativ einfachen Entschlüsselerschaltungen in das entsprechende Zeichen umgesetzt werden können.

Eine Besonderheit dieses Verfahrens ist es, daß es sich für optische als auch für magnetische Abtastung eignet. Durch den geringen Informationsinhalt der Zeichen ist dieses Verfahren jedoch für hohe Lesesicherheiten kaum geeignet. Für Verfahren, bei denen die Fehlerquote keine so ausschlaggebende Rolle spielt, ist es jedoch sehr wirtschaftlich anzuwenden [13].

#### Magnetische Erkennungsverfahren

Gewissermaßen als Vorläufer für das zur Zeit dominierende magnetische Erkennungsverfahren kann man das magnetische Impulsverfahren bezeichnen. Dabei befinden sich auf der Kontokarte mehrere Streifen, die mit ferrithaltiger Druckfarbe gedruckt sind. Auf diesen werden die von der Buchungsmaschine angeschlagenen Ziffern automatisch in Form von Impulsen gespeichert. Dieses Verfahren wurde u. a. von der National Cash Register in ihrer „Postronik“ und von der Burroughs Corporation in ihrer „Sensitronik“ zur Kontenführung mit automatischem Saldenvortrag eingesetzt. Für eine Verwendung bei Schecks oder anderen dem normalen Umlauf ausgesetzten Dokumenten ist dieses Verfahren wenig geeignet, da durch raue Behandlung eine Beeinflussung der auf den Magnetstreifen befindlichen Impulse eintreten kann.

Einen Schritt weiter ging IBM, indem die Impulse als Code in Form von aufgedruckten magnetischen Strichen dargestellt werden. Für diese Codierung allein werden jedoch bereits zwei Druckzeilen benötigt. Hinzu kommt noch eine Druckzeile für die Ziffer, so daß der Gesamttraumbedarf von 3 Druckzeilen als erheblicher Nachteil anzusehen ist.

Bereits seit etwa 1951 befaßt sich das Stanford Research Institut, eine Abteilung der General Electric, mit der Ausarbeitung eines Verfahrens, das eine magnetische Zeichenerkennung von visuell lesbaren Ziffern ermöglichen soll. Dieses Verfahren wurde unter dem Namen „ERMA“ 1956 der Öffentlichkeit vorgestellt. Zu gleicher Zeit wurde in den USA durch die ABA empfohlen, Schriftzeichen mit magnetischer Farbe als allgemeine Maschinensprache einzuführen, da sie sich am besten für die Scheckbearbeitung erwiesen haben. Durch das starke Interesse, das die Bank- und Kreditinstitute der USA diesem Verfahren entgegenbrachten, wurde ein technisches Komitee für die Mechanisierung der Scheckbearbeitung ins Leben gerufen. Dieses Komitee bestand aus Vertretern der amerikanischen Bankier-Vereinigung (ABA) in Verbindung mit den prominentesten Vertretern der Büromaschinen-Industrie. In zweieinhalbjähriger Arbeit wurden Mittel und Wege zur maschinellen Scheckbearbeitung gefunden und diese als allgemeine Empfehlung allen in den USA an diesem Problem beteiligten Kreisen mitgeteilt.

Vom Stanford Research Institut wurden zwei Verfahren entwickelt, die besonders geformte, mit magnetisierbarer Druckfarbe gedruckte Zeichen verarbeiten. Die zur automatischen Ablesung auf dem Dokument bestimmten Ziffern werden nach den bisher bekannten Druckverfahren mit einer Spezialmagnetfarbe gedruckt. Es ist auch möglich, den Gesamtdruck des Beleges mit dieser Farbe durchzuführen.

Bei dem zuerst entwickelten Verfahren entspricht der mittels des Magnetabstastkopfes gewonnene Impulszug in seinem Verlauf der Summe des im Abtastzeitpunkt unter dem Kopfspalt befindlichen magne-

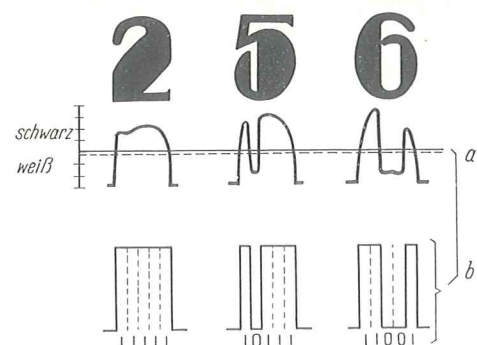


Bild 16. Impulsspannung des Lesers „Fred“  
a) nach der Abtastung  
b) nach der Impulsformung

tischen Materials. Hierzu werden die Zeichen vor der Abtastung mit einem Wechselstrom aufmagnetisiert. Bei der Abtastung wird diese aufgesprochene Wechselmagnetisierung moduliert durch den wechselnden Querschnitt des Zeichens. Die Amplitude der „abgehörten“ Wechselspannung ist somit in jedem Zeitabschnitt der Abtastung proportional der Summe der Druckfläche, die entsprechend der Spiegelbreite des Kopfes von diesem erfaßt wird.

Nach einer Demodulation entsteht ein Signalverlauf, der nach Verstärkung und anschließender Begrenzung eine Rechteckimpulsfolge ergibt, die eine digitale Auswertung in Form eines Serienbinärcode ermöglicht. Ergänzt wird dieser 6 binäre bits enthaltende Code durch die Ermittlung der Zeichenbreite, die 3 verschiedene Größen aufweisen kann. Mit diesen Kriterien steht schließlich zur Entschlüsselung ein 8 bit Serien-Code zur Verfügung. Dieser Code ist so aufgebaut, daß sich jede Ziffer von allen anderen in mindestens 2 Binärbits unterscheidet, so daß er selbstkontrollierend arbeitet. Weitere Kontrollmöglichkeiten bestehen, indem jeder Scheckaufdruck 11 Ziffern enthalten muß (evtl. durch zusätzliche Nullen), deren Zahl bei der Abtastung geprüft wird.

Eine extra aufgedruckte Ziffer wird beim Druck des Schecks automatisch mit aufgedruckt. Diese wird so gewählt, daß die Quersumme aller 11 Ziffern durch 9 dividierbar ist. Damit erfolgt außerdem eine sogenannte 9-er-Kontrolle. Es handelt sich bei diesem Verfahren somit um ein digitales Verfahren. Der Aufwand für die Erkennungsschaltung ist daher relativ gering. Parallel hierzu entwickelte das gleiche Institut ein Leseverfahren, das die sogenannte Schrift E 13 B als Grundlage benutzt, wie sie in Bild 17 dargestellt ist. Deren Form weicht von der im soeben besprochenen Verfahren verwendeten Schrift ab. Auch von der normalen Druckschrift weicht sie wesentlich ab, ist jedoch noch einwandfrei visuell erkennbar.

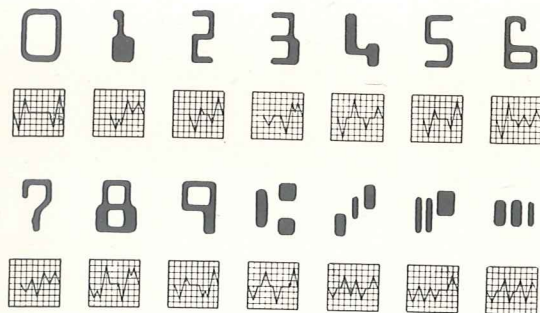


Bild 17. E 13 B - Schrift mit Verlauf der Impulsspannung

#### Was sind nun die Merkmale dieses Verfahrens?

Ehe die Dokumente im Leser unter dem schlitzförmigen Magnetkopf vorbeilaufen, werden sie bei diesem Verfahren vorher dem Feld eines permanenten Magneten ausgesetzt, der eine Gleichfeldpolarisierung der Eisenoxydteile bewirkt. Die Ausgabesignale des Lesekopfes entsprechen etwa der ersten Ableitung der ebenen Fläche des Zeichens, das unter dem Ablesekopf hindurchläuft. Die Stärke der magnetischen Schicht bewegt sich etwa in der Größe von 2 ... 3  $\mu$ . Die von dem Magnetkopf gelieferten Impulsformen, wie sie aus Bild 17 unter den Zeichen zu sehen sind, werden verstärkt und dann in eine punktförmige angezapfte Verzögerungsleitung gespeist.

Von jeder dieser Zapfstellen geht ein Anschluß auf ein Korrelationsnetzwerk, das aus Widerstandsmatrixtafeln besteht. Da jedes Korrelationsnetzwerk für ein bestimmtes Zeichen ausgelegt ist, besitzt die Anordnung so viel Korrelationsnetzwerke wie Zeichen gelesen werden sollen. Zu einem bestimmten Zeitpunkt wird ein Vergleich zwischen den in den Netzwerken

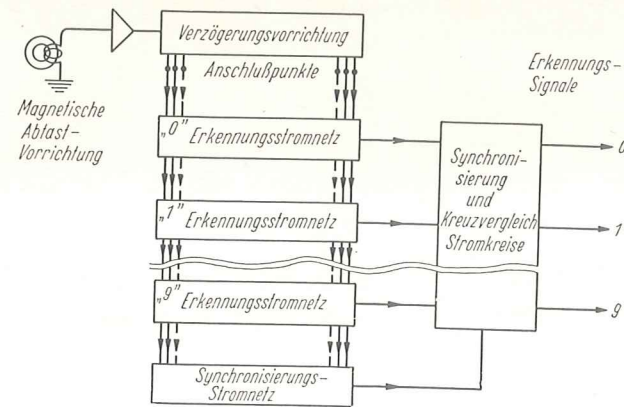


Bild 18. Prinzipschaltung des E 13 B Magnetschriftverfahrens

und der Verzögerungsleitung gespeicherten Impulsformen durchgeführt, wobei die Netzwerke Auto- und Kreuzkorrelationsspannungen liefern. Die Auto-Korrelation, die wesentlich größer als die Kreuzkorrelationsspannungen ist, liefert der Ausgang des Netzwerkes, dessen Zeichen gelesen wurde. Durch eine Regelschaltung können Pegelunterschiede der abgehörten Spannung bis etwa 1:5, die durch unterschiedlichen Druck und andere Umstände hervorgerufen werden können, unwirksam gemacht werden. Bild 18 zeigt die Prinzipschaltung dieses Verfahrens. Unterscheiden sich bei einem schlecht gedruckten Zeichen der Auto- und die Kreuzkorrelationsausgänge in ihrer Größe nur wenig, so daß die Möglichkeit des Falschlesens eines Zeichens vorliegen kann, so wird ein Abweisungssignal gegeben. Es ist möglich, durch Einstellung diesen Abweisungsschwellwert zu verändern. Wird er größer gewählt, dann nimmt das Abweisungsverhältnis der gelesenen Schriftstücke zu, das bedeutet, es werden mehr Belege als nicht lesbar abgewiesen. Gleichzeitig damit nimmt jedoch die Ablesesicherheit zu, weil die Wahrscheinlichkeit, daß ein Beleg falsch gelesen wird, geringer ist. Das Verfahren verwendet zur Zeit 10 Ziffern und 4 Zeichen.

Bei diesem Erkennungsverfahren handelt es sich um eine analoge Zeichenerkennung. Diese bringt zwar gewisse Nachteile mit sich, andererseits gestattet jedoch das Prinzip der Korrelation des Ausgangs mit dem größten Signal, d. h. also mit der größten Wahrscheinlichkeit, das tatsächliche Zeichen zu erkennen. Die Fehlerquote wurde im Jahr 1958  $< 1:10^6$  angegeben. In Bild 19 ist die Vergrößerung einer schlecht gedruckten 8 zu sehen, die noch einwandfrei erkannt wurde.

Der Firma General Electric ist es gelungen unter Verwendung von Transistoren und gedruckten Schaltungen, die gesamte Leseeinheit in einem Gehäuse in der Größe eines Tonbandkoffers unterzubringen. Der Leistungsbedarf dieser Leseeinheit beträgt nur 10 W. Als Erfolg dieser Entwicklung werden zur Zeit auf dem Weltmarkt bereits mehrere Sortierlesemaschinen nach dem Magnetschriftprinzip angeboten. Hierbei ist besonders zu erwähnen, daß die Sortiermaschine zusätzlich zu ihrer bisherigen Funktion des Sortierens noch die

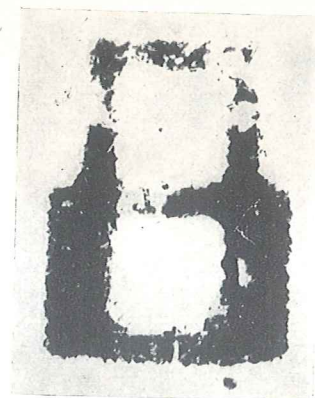


Bild 19. Vergrößerung eines schlechten Drucks - noch erkannt

Aufgabe des Eingabe-Aggregats für die gesamte automatische Datenverarbeitungsanlage übernommen hat. Sie stellt daher gewissermaßen das Kernstück einer automatischen Datenverarbeitung dar. Die einzelnen Stundenleistungen der verschiedenen Fabrikate variieren zwischen 30 bis 90 000 Belegen.

Auf einer Konferenz europäischer Bankfachleute erfolgte kürzlich von der Firma Bull die Vorführung „ihres“ Magnetschriftsystems. Dieses System verwendet mit magnetischer Tinte gedruckte Ziffern normaler Schriftart. Das Zeichen wird lediglich durch vier schmale und zwei etwas breitere unbedruckte vertikale Streifen von 0,2 bzw. 0,4 mm unterbrochen. Das Bild 20 zeigt Ziffern dieser Schrift. Von den 6 Zwischenräumen dienen die zwei breiten zur Kennzeichnung, so daß sich

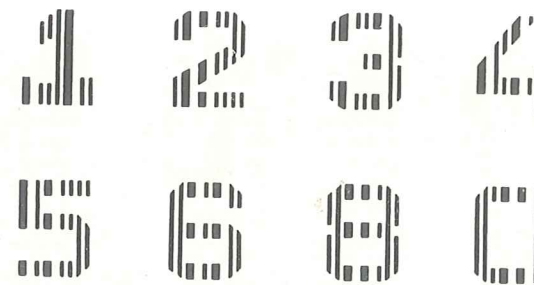


Bild 20. Magnetschrift der Firma Bull

ein 2 aus 6 Code ergibt, der selbstprüfend ist. Hiermit können 15 Zeichen erkannt werden. Die Abtastung und Entschlüsselung können relativ einfach aufgebaut sein. Auch spielen evtl. Inhomogenitäten der Magnetfarbe nur eine untergeordnete Rolle. Ein genau gleichstarkes Anschlagen der Drucktypen über das gesamte Typenprofil dürfte daher nicht erforderlich sein. Ob jedoch die Anforderungen an die Drucksauberkeit insgesamt tatsächlich wesentlich geringer als bei der E 13 B Schrift sind, muß angezweifelt werden, obwohl dies angegeben wird. Diese Bedenken bestehen wegen der sehr geringen Breite der Lücken von nur 0,2 mm, die leicht durch Druckfarbe zulaufen können. Die unterschiedliche Stärke der Magnetlinien soll keine technische, sondern nur eine ästhetische Bedeutung besitzen. Als besonders vorteilhaft erscheint dagegen, daß ohne Anbringung zusätzlicher Ziffern das Verfahren 3 voneinander unabhängige Kontrollmöglichkeiten bietet. Wird eine dieser drei Kontrollen nicht bestanden, erfolgt eine Aussortierung des entsprechenden Beleges.

#### Neue Zeichenerkennungsverfahren

Neben den bereits mehr oder weniger erläuterten Verfahren zur automatischen Zeichenerkennung sind in den letzten Jahren noch einige neue Verfahren entstanden. Sie sind zwar in ihren technischen Einzelheiten noch nicht soweit entwickelt, daß zur Zeit schon ein Bau kompletter Maschinen möglich wäre. Ihre Bedeutung für die zukünftige Entwicklung darf jedoch nicht unterschätzt werden, da es sich bei ihnen um Verfahren handelt, die mit erträglichem technischen Aufwand eine Erkennung von sehr variablen Druckzeichen zulassen. Neben der Mehrzahl aller Druckschriften soll mit ihnen auch die Erkennung von einigermaßen klar geschriebener Handschrift in Druckbuchstaben möglich sein.

Welche wichtigsten Voraussetzungen muß ein Verfahren zur Erkennung handschriftlicher Zeichen erfüllen?

Die sehr großen Abweichungen geschriebener Zeichen erfordern ein Abtastverfahren, das mit einer möglichst kleinen Zahl von Vergleichstypen auskommt. Verfahren, bei denen eine absolute Gleichheit von Prototypen und zu erkennenden Zeichen erforderlich sind, scheiden daher aus. Der technische Aufwand wäre unvorstellbar, wenn man zum Beispiel versuchen würde, alle denkbaren Ausführungsformen eines Zei-

chens in Form von Prototypen in einem Speicher festzuhalten und bei jeder Abtastung alle nur möglichen Ausführungsformen mit dem vorliegenden Zeichen zu vergleichen. Es müssen somit Verfahren sein, bei denen auch bei auftretenden linearen und unlinearen Verzerrungen des Zeichens sich die Ausgangssignale nur unwesentlich voneinander unterscheiden.

Wie Untersuchungen ergeben haben, kann eine große Vielfalt von Zeichen mit relativ wenigen charakteristischen Spannungsvorgängen erfaßt werden. Charakteristisch sind hierbei die Stellen, bei denen die Bewegung des Schreibstiftes ihre Richtung ändert, oder wenn der Schreibstift seine Bewegung abbricht.

So ist von Sprick ein Verfahren bekannt geworden, das zur Erkennung Differenzierverfahren anwendet. Die Erkennungskriterien werden bei diesen Verfahren nicht unmittelbar den Zeichen entnommen, sondern aus Spannungsvorgängen gewonnen, die durch Differenzierverfahren von den Zeichen abgeleitet werden. Mit elektronischer Abtastung werden Spannungsverläufe erzeugt, die den Konturen der beiden Seiten des abgetasteten Zeichens entsprechen. Durch Differenzierungen dieser Spannungen lassen sich die charakteristischen Spannungskurven erzeugen.

Anhand von Bild 21 soll hier ganz kurz die Wirkungsweise dieses Verfahrens erläutert werden. Das Leuchtraster auf dem Schirm einer Punktlichtabtaströhre wird auf dem Abtastfeld abgebildet, auf dem beispielsweise eine 6 geschrieben ist. An den Stellen, an denen der abtastende Leuchtraster die 6 überstreicht, entstehen mehr oder weniger gleich hohe Abtastimpulse. Diese werden derart beschnitten, daß die Höhe der Impulse in jedem Zeitpunkt identisch mit der Höhe einer Sägezahnspannung ist, die genau der Zeilenablenkspannung entspricht. Die Umhüllende dieser abgeschnittenen Impulse ergeben ein Bild ähnlich 21 a. Bei einer umgekehrt laufenden Ablenkspannung wird das Zeichen von der anderen Seite in der gleichen Art und Weise abgetastet, und es ergibt sich eine Spannung nach Bild 21 b. In Bild 21 c und 21 d sind die entsprechenden differenzierten Kurven dieser Spannungsverläufe angegeben. Diese differenzierten Impulse gelangen über einen Merkmalspeicher in eine Zuordnungsschaltung, die einen dem abgetasteten Zeichen entsprechenden Ausgangskanal steuert.

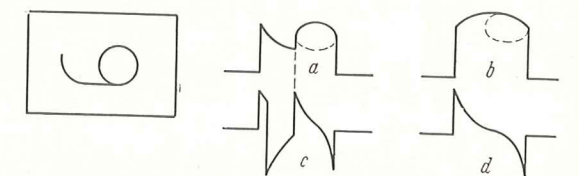


Bild 21. Optisches Abtastverfahren nach Sprick

Ein weiteres Verfahren von Steinbuch, das ebenfalls eine Erkennung sehr variabler Zeichen gestattet, ist das sogenannte Potentialverfahren. Hierbei wird davon ausgegangen, daß in einer ebenen Platte gleichmäßiger Leitfähigkeit an allen Punkten ohne äußere Einströmung das Potential gleich dem Mittelwert der Umgebungspotentiale ist. Ist an irgendwelchen Rändern ein bestimmtes konstantes Potential  $U_0$  vorgegeben, so ist das Potential an jedem Punkt im Inneren des Strömungsfeldes durch die geometrische Form der Ränder bestimmt. Andererseits läßt sich durch Messung des Potentials und seiner räumlichen Differentialquotienten an einem bestimmten Punkt auf die geometrische Form der Ränder schließen. An exponierten Einzelpunkten oder Ecken ist die Stromdichte am größten, und bei Bögen ist die Stromstärke an der Außenseite größer als an der Innenseite. Der Hauptvorteil des Verfahrens besteht darin, daß ein Abtastpunkt durch sein Potential und dessen räumlichen Differentialquotienten dargestellt wird. Für die praktische Ausführung sind verschiedene Abtastverfahren denk-



bar. Ein Potentialfeld kann mit einiger Annäherung durch ein Widerstandsnetzwerk erreicht werden, in dessen Knotenpunkte über Dioden Potentiale eingedrückt werden. Eine praktisch brauchbare Realisierungsmöglichkeit dürfte sich jedoch erst ergeben, wenn geeignete Bauelemente für dieses Verfahren zur Verfügung stehen, wie zum Beispiel entsprechend ausgebildete Halbleiterplatten. Auch eine Zentrierung des Zeichens ist theoretisch mit elektronischen Mitteln relativ einfach durchzuführen. Liegt nämlich die zu erkennende Ziffer unzentriert im Betrachtungsfenster bzw. Widerstandsnetz, dann führen die Randverbindungen verschiedene Ableitströme, deren Differenz unmittelbar die Verschiebung der vorliegenden Ziffer veranlassen kann, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist.

#### Entwurf einer Erkennungslogik für Zeichenerkennungssysteme mit Hilfe von Elektronenrechnern

Je größer die Toleranzen der Zeichen sind, die verarbeitet werden sollen, desto größer muß auch die Zahl der Erkennungskriterien gewählt werden, um eine einwandfreie Unterscheidung der Zeichen durchführen zu können. Damit verbunden ist aber auch eine wesentliche Steigerung des Umfanges der Erkennungslogik, so daß diese schließlich durch manuelle Entwicklung kaum noch gefunden werden kann. Man erkannte sehr bald, daß es durch die Anwendung von elektronischen Digitalrechnern möglich ist, die Entwicklung einer Erkennungslogik wesentlich zu beschleunigen. Durch Nachbildung der Erkennungslogik im Rechner ist es möglich, die Wirksamkeit der Logik zu prüfen und evtl. abzuändern. Wesentlich dabei ist, daß die Prüfung der Systemtauglichkeit durchgeführt wird, bevor irgendwelche konstruktive Arbeiten geleistet werden müssen, die bekanntlich einen wesentlichen Zeitaufwand erfordern.

Aus den bereits in den vorigen Abschnitten gemachten Ausführungen geht hervor, daß die aus einem Zeichen gewonnenen Informationen um so umfangreicher sein müssen, je größer die Abweichungen der Zeichen sind, die erkannt werden sollen. Zwangsläufig hieraus ergibt sich eine möglichst feine Rasterteilung bei der optischen Abtastung des Zeichens. Es wurden für derartige Zwecke spezielle Lichtpunktastabgeräte geschaffen, die eine Aufteilung einer 3x3 mm großen Fläche bis zu 10 000 Abtastpunkte ermöglichen. Mit diesen Geräten wird eine punktweise Abtastung des entsprechenden Zeichens durchgeführt. Hierbei kann es sich um eine festliegende zeilen- bzw. spaltenweise Abtastung oder um eine Abtastfolge nach beliebigem Programm handeln. Neben dem hochwertigen Abtastgerät gehören zu einer derartigen Anlage im allgemeinen Zwischenspeicher in Form von Lochkarten oder Magnetbandgeräten, eventuell zur Kontrolle der abgetasteten Werte noch ein Schnelldrucker und der Elektronenrechner. Der Arbeitsablauf eines derartigen Verfahrens soll anhand der Entwicklung der Wiedererkennungslogik nach dem System „proportionaler Elemente“ etwas näher erläutert werden. Dieses System setzt die Identität eines Schriftzeichens zur relativen Größe und Position der Schriftzeichenelemente, die durch serienmäßige Abtastung in vertikalen Linien gewonnen werden, in Beziehung. Für die logische Analyse werden die vom Papier reflektierten Lichtsignale zuerst in schwarze und weiße Punkte zerlegt. Die Binärdaten von jeder vertikalen Abtastung werden dann in drei Dezimalziffern verschlüsselt, die die Anzahl, Position und Größe der schwarzen Bereiche in dem Raster anzeigen. Um eine manuelle Kontrolle der einzelnen abgetasteten Elemente zu ermöglichen, gewinnt man von jedem abgetasteten Zeichen automatisch durch den Anschluß einer Buchungsmaschine ein vergrößertes Abbild der punktwisen Abtastung des Zeichens. Nach dem Verschlüsseln der mit einer Vertikalabtastung gewonnenen 32 Binärbits (das Verfahren arbeitet mit einem Raster von 32x32 Elementen) werden diese 3ziffrigen Zahlen durch einen Summenlocher in Lochkarten gestanzt. Diese Lochkarten dienen als Eingabemittel für den Rechner. Bei diesem System werden somit die Schriftzeichen durch eine Folge codierter Rasterdaten darge-

stellt, und die grundsätzlichen Wiedererkennungskriterien für jedes Schriftzeichen können als eine Folge dieser Code definiert werden. Zur Überprüfung der Variationsbreite dieses Systems werden nun vom vorliegenden Zeichen eine große Anzahl Varianten (im vorliegenden Fall 3000) angefertigt. Dies geschieht beispielsweise, indem fortlaufende Abdrücke des Zeichens unter den gleichen Bedingungen nur mit unterschiedlichem Abnutzungsgrad des verwendeten Farbbandes gemacht wurden. Weiterhin wurden verschiedene Papiersorten für den Abdruck verwendet bzw. wurden die Drucktypen einer mechanischen Abnutzung unterworfen. Von diesen 3000 Musterzeichen wurden 1500 zur Aufstellung der Wiedererkennungslogik verwendet, die restlichen 1500 benutzte man zu einer Überprüfung der vorher aufgestellten Logik. Die Aufgabe des Rechners besteht u. a. darin, festzustellen, welche Wiedererkennungskriterien vielen Variationen eines Zeichens gemeinsam sind. Diese werden dann als typische Folge des Codes für dieses Zeichen festgelegt.

Ein derartiger Einsatz von Elektronenrechnern zur Erarbeitung von Erkennungsverfahren dürfte mit wesentlich dazu beitragen, daß auch die Erkennung stark verunstalteter Zeichen bzw. handschriftlicher Zeichen in einigen Jahren zu technisch befriedigenden Lösungen führt.

Der vorliegende Artikel konnte auf Grund seines begrenzten Umfanges keinesfalls alle Probleme der Zeichenerkennung erschöpfend behandeln. Er sollte jedoch durch etwas nähere Behandlung der wesentlichsten Abtastverfahren und Maschinen einen Überblick über die Probleme, den Entwicklungsstand und die Bedeutung der automatischen Zeichenerkennung, insbesondere für die Entwicklung von automatischen Datenverarbeitungsanlagen geben.

NTB 486

#### Literatur

- [1] Broido: Automatisches Lesen. Feinwerktechnik Jg. 62, H. 3 (1958), S. 82-86.
- [2] Steinbuch: Automatische Zeichenerkennung. NTZ H. 4 (1958), S. 210-219, H. 5 (1958), S. 237-244.
- [3] Achilles: Automatische Zeichenerkennung und Lesemaschinen. Automatisierung, Heidelberg 4 (1959) 8/9, S. 45-48.
- [4] Carroll, J. M.: Trends in Computer Input/Output Devices. Electronics New York 29 (1956) 9, S. 142-149.
- [5] Now Business Machines can Read, Prospekt über ERA von Solartron.
- [6] Automatic Character Recognition Using Logical Gate Circuits. Wireless World, April 57, S. 173-175.
- [7] Greensmith, D. S.: Europeas First Commercial Venture into Character Recognition. Process Control and Automation London 6 (1959) 2, S. 44-49.
- [8] Electro-Mechanical Accounting Machines of the Bank of America. The Engineer 201 (1956) 5237, S. 653-655.
- [9] Hagopian, R. H.: Recognition of Characters Printed in Magnetic Ink. Automation Progress London 3 (1958) 5, S. 332-334.
- [10] Bank Management Publication 147 (ABA).
- [11] Elledge, K. R., u. a.: Automatic Input for Business Data-Processing Systems. Proc. EICC (1956) Dez., S. 69-73.
- [12] Figure Reading System Using Magnetic Ink. Brit. Commun. 1960/2, S. 123.
- [13] „FRED“. Eine Elektr. Vorrichtung zum Lesen von Zahlen. Electr. Engineering, London 31 (1959) 371, S. 45.
- [14] Sprick: Ein Verfahren zur Zeichenerkennung. NTF Bd. 14, S. 33-40.
- [15] Flexible Scanner built to study any pattern recognition method. (Mitteilung von Bell Telephone ... 5. März 1959).
- [16] Greanias/Hoppel, u. a.: Design of Logic for Recognition of Printed Characters by Simulation. IBM J. 1 (1957) 1, S. 8-18.
- [17] Elledge, u. a.: Magnetic Reader Speeds Travelers-Check Processing. Control Engng. 5 (1958) 7, S. 579-583.
- [18] Direct Reading for Data Processing. Process Control & Automation, London 7 (1960) 3, S. 122-123.
- [19] Weidhammer, D.: Automatic Reading and Sorting of Inter-mixed Randomsize Checks. Machine Design 30 (1958) 17, S. 114-116.

## Ökonomische Betrachtung verschiedener Speicherverfahren

Ing. R. KUTSCHBACH, KDT, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

Elektronische Rechenmaschinen setzen sich im Grunde genommen aus vier verschiedenen Bestandteilen zusammen, und zwar der arithmetischen Einheit, dem Steuerwerk, dem Speicher oder den Speichern und den Ein- und Ausgabevorrichtungen. Die folgenden Betrachtungen sollen sich speziell auf die Speicher ausrichten, jedoch ist dabei zu berücksichtigen, daß in sämtlichen anderen Teilen der Rechner Speichervorrichtungen vorhanden sein müssen, die, meist als Register bezeichnet, die dort zur Verarbeitung stehenden Zahlenwerte aufnehmen. So sind in den arithmetischen Einheiten die Rechenregister und der Akkumulator enthalten, während im Steuerwerk neben der Befehlspeicherung Indexregister vorhanden sein können, die zur Adressenumrechnung dienen. Auch für die Ein- und Ausgabe werden zum Teil Speicher benötigt, um eine Serienparallelumwandlung und umgekehrt durchführen zu können.

Man kann durch Vergleich verschiedener Speicherverfahren feststellen, für welchen Verwendungszweck sich eine bestimmte technische Ausführungsform bzw. ein bestimmter technischer Lösungsweg am besten eignet und die günstigsten ökonomischen Verhältnisse schafft. Diese Überlegungen sind unbedingt erforderlich, da sonst unzweckmäßige Speicherformen Anwendung finden können, die ökonomisch gesehen eine ungünstige Preisbildung für das zu schaffende Gerät bedingen. Derartige Vergleiche sollen der Hauptinhalt dieses Beitrages sein.

Auf Grund der Vielfalt der technischen Ausführungsformen und des unterschiedlichen Einsatzes wird eine Trennung in kleinere Speicher und in mittlere und große Speicher durchgeführt, die insgesamt unter dem Begriff interne Speicher zusammengefaßt werden sollen, also alle diejenigen Speicher, die in die Rechenmaschine direkt eingebaut werden. Die externen Speicher, die besonders für die Datenverarbeitung von Bedeutung sind, werden nachfolgend nach den internen Speichern behandelt und einer ökonomischen Gegenüberstellung unterzogen. Es soll nicht vergessen werden zu erwähnen, daß die hier aufgeführten Werte unter Zugrundelegung bestimmter technischer Konzeptionen überschlägig berechnet worden sind und keinerlei Anspruch auf Reproduzierbarkeit bei Anwendung anderer Lösungsmöglichkeiten zu ergeben brauchen, da diese Betrachtungen von zu vielen Faktoren beeinflusst werden können, so besonders vom eingeschlagenen technischen Lösungsweg, von der zu fertigenden Stückzahl und damit wiederum vom Automatisierungsgrad der Herstellung, vom Gemeinkostensatz des Betriebes und noch weiteren Faktoren. Deswegen soll auch auf eine direkte wertmäßige Darstellung verzichtet und nur eine Relativdarstellung gegeben werden, obwohl auch bei dieser noch durch Änderung des technischen Lösungsweges wesentliche Schwankungen auftreten können. Die angegebenen Kurven stellen etwa Mittelwerte der gebräuchlichsten Speicherverfahren dar.

Als ersten Punkt wollen wir uns der Betrachtung von kleineren Speichern, z. B. Schnellspeichern, Indexregistern und Rechenregistern, zuwenden. Die Betrachtung erfolgt unter der Berücksichtigung, daß die Taktgeber-einrichtungen und der Grundaufbau als zum Speicher gehörig angesehen werden und demzufolge mit in die Rechnung einbezogen werden, wie im Bild 1 gezeigt wird. Man kann zwei grundsätzlich verschiedene Typen von Speicherverfahren unterscheiden, und zwar einmal diejenigen, bei denen der Preis von der Anzahl der zu speichernden Bits in weiten Grenzen unabhängig ist, und eine zweite Gruppe, bei der der Preis des Speichers ungefähr proportional der Anzahl der zu speichernden Bits ist. Diese zweite Gruppe weicht von der Proportionalität bei kleinen Speicherlängen, also bei wenig zu speichernden Bits ab. Dies ist auf den Taktgeber und den Grundaufbau, soweit er hierauf Einfluß hat, zurückzuführen. Die erste Gruppe wird einmal dargestellt durch den

Magnettrommelspeicher, d. h. durch die sogenannten Umlaufregister auf Magnettrommelspeicherbasis, und zum anderen durch Nickelverzögerungslinien. Bei beiden ändert sich der Preis mit der zu speichernden Anzahl von Bits praktisch kaum oder erst dann, wenn eine sehr große Anzahl von Bits zu speichern ist, da beim Magnettrommelspeicher die Anzahl der zu speichernden Bits lediglich durch den Winkel zwischen Sprech- und Hörkopf gebildet wird, und dieser kann bis nahe 360° gesteigert werden. Also ist die Anzahl der zu speichernden Bits ohne Mehraufwand in einem großen Bereich zu verändern, ohne damit den Preis zu beeinflussen. Erst bei sehr großer Anzahl von Bits ist infolge der Durchmesserzunahme der Trommel und damit Anstieg des Preises für die Grundausrüstung und demzufolge auch des Gesamtpreises zu verzeichnen. Ähnliches gilt für die Nickelverzögerungslinien, obwohl dort evtl. eine geringe Abhängigkeit des Preises von der Anzahl der Bits zu verzeichnen ist, die aber praktisch kaum Einfluß gewinnt, denn auch hier ist die Anzahl der zu speichernden Bits bei einer bestimmten Frequenz der Länge des Nickeldrahtes proportional und der Preis des Nickeldrahtes nimmt praktisch keinen Einfluß auf den Gesamtpreis des Speichers, da er einen verschwindend kleinen Anteil darstellt, weil die meisten Kosten durch die Ein- und Ausgabeverstärker verursacht werden.

Die zweite große Gruppe wird einmal durch die Röhren- und Transistorspeicher gebildet, und zwar entweder statische oder dynamische Flip-Flop-Register bzw. bei Transistoren evtl. noch Speicher auf der Basis des Ladungsträgerspeichereffektes und zum anderen durch Ferritkernschiebelinien. Bei der Betrachtung von Ferritkernschiebelinien zeigt sich, daß diese in sehr weiten Grenzen in ihrem Preis zu beeinflussen sind. Analysiert man die Kosten, die ein zu speicherndes Bit verursacht, so stellt man fest, daß diese bei Verwendung verschiedener Übertragungselemente, die bei Schiebelinien zu variieren gehen, weitestgehend beeinflußt werden können. Auch hängt der Preis noch davon ab, welche prinzipielle Ausführungsform man wählt, nämlich ob der Speicher als Eintakt-, Zweitakt- oder Dreitaktregister aufgebaut wird. Schiebelinien nach dem Eintaktverfahren verhalten sich zu denen nach dem Zweitakt- und Dreitaktverfahren angenähert so wie die Kurven 1, 2 und 3, wenn als Übertragungselemente Selengleichrichter benutzt werden. Baut man eine Zweitaktlinie

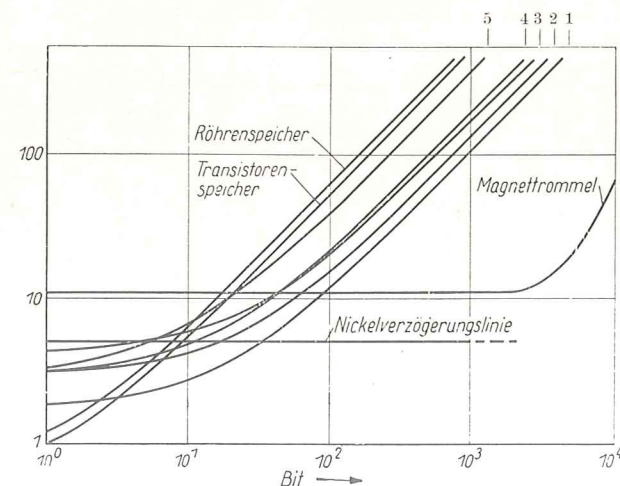
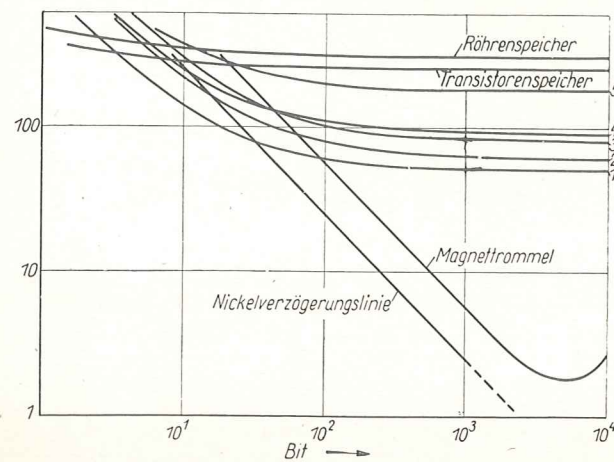


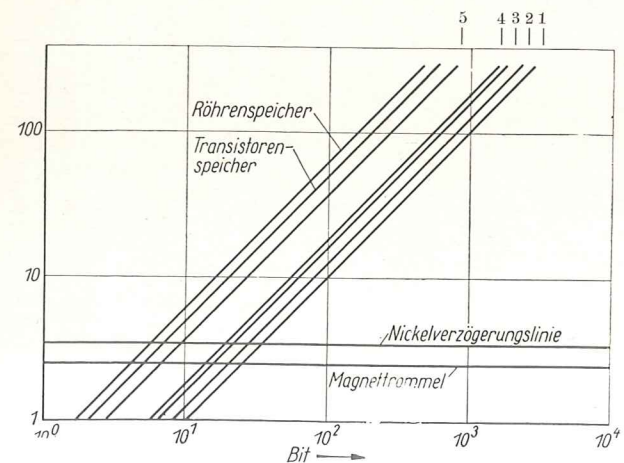
Bild 1. Mittlerer Preis als Funktion der Anzahl der Bits und der Ausführungsform für einen Speicher mit Taktgeber und Grundaufbau

- 1 = 1 Takt-Linie mit Selengleichrichtern
- 2 = 2 Takt-Linie mit Selengleichrichtern
- 3 = 3 Takt-Linie mit Selengleichrichtern
- 4 = 2 Takt-Linie mit Transistoren
- 5 = 2 Takt-Linie mit Golddrahtdioden

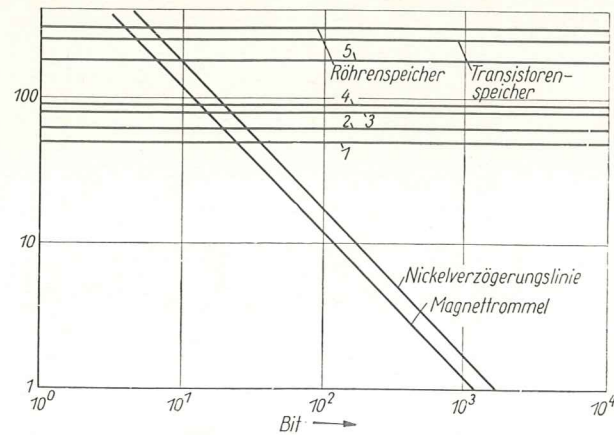
mit Transistoren als Übertragungselement auf, so ergibt sich eine Kurve nach 4 und realisiert man die Schiebeline mit Golddrahtdioden, so ergibt sich eine Kurve nach 5. Dabei ist festzustellen, daß die Schiebeline mit Transistoren nur unwesentlich von der Dreitaktlinie mit Selengleichrichtern abweicht und der Generatorkaufwand sogar noch niedriger liegt, da ein aktives Element zur Übertragung verwendet wird. Am günstigsten jedoch verhalten sich Schiebeline auf Selengleichrichterbasis, da, wie leicht einzusehen ist, Selengleichrichter sehr billige Bauelemente sind und damit die Übertragungselemente praktisch nur unwesentliche Kosten verursachen. Der Preis wird also im wesentlichen nur noch durch die Kerne selbst, das Wickeln der Kerne und den Treiberanteil sowie den mechanischen Grundaufbau und den Anteil, den der Taktgeber verursacht, bestimmt. Es ergibt sich besonders bei Schiebeline mit Selengleichrichtern eine ziemliche Breite, in der der Preis variieren kann, weil er in diesen Fällen besonders stark von dem Grad der Automatisierung der Herstellung abhängig ist, da z. B. das Wickeln der Ferritkerne, wenn es automatisch ausgeführt wird, nur noch einen kleinen Kostenanteil beträgt und demzufolge der Preis hierdurch stark beeinflusst werden kann.



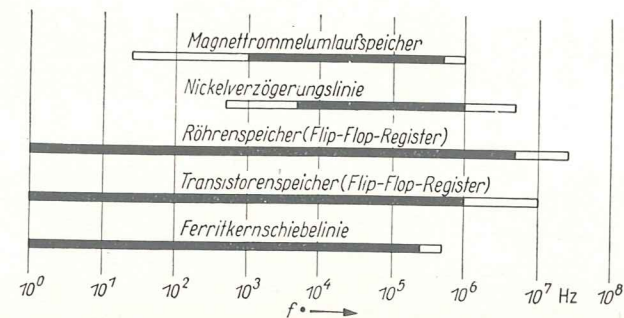
**Bild 2.** Mittlerer Preis pro Bit als Funktion der Anzahl der Bits und der Ausführungsform für einen Speicher mit Taktgeber und Grundaufbau  
 1 = 1 Takt-Linie mit Selengleichrichtern  
 2 = 2 Takt-Linie mit Selengleichrichtern  
 3 = 3 Takt-Linie mit Selengleichrichtern  
 4 = 2 Takt-Linie mit Transistoren  
 5 = 2 Takt-Linie mit Golddrahtdioden



**Bild 3.** Mittlerer Preis als Funktion der Anzahl der Bits und der Ausführungsform für einen Speicher ohne Taktgeber und Grundaufbau Ferritkernschiebeline:  
 1 = 1 Takt-Linie mit Selengleichrichtern  
 2 = 2 Takt-Linie mit Selengleichrichtern  
 3 = 3 Takt-Linie mit Selengleichrichtern  
 4 = 2 Takt-Linie mit Transistoren  
 5 = 2 Takt-Linie mit Golddrahtdioden



**Bild 4.** Mittlerer Preis pro Bit als Funktion der Anzahl der Bits und der Ausführungsform für einen Speicher ohne Taktgeber und Grundaufbau Ferritkernschiebeline:  
 1 = 1 Takt-Linie mit Selengleichrichtern  
 2 = 2 Takt-Linie mit Selengleichrichtern  
 3 = 3 Takt-Linie mit Selengleichrichtern  
 4 = 2 Takt-Linie mit Transistoren  
 5 = 2 Takt-Linie mit Golddrahtdioden



**Bild 5.** Frequenzbereich als Funktion der Ausführungsform für kleine Speicher

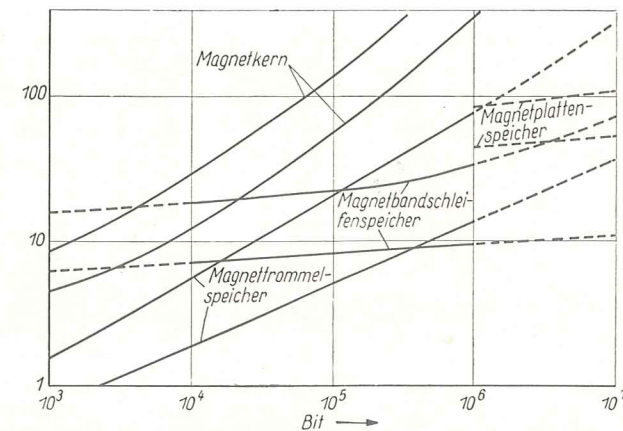
Wenden wir uns nunmehr dem Bild 2 zu, in dem der Preis pro Bit über der Anzahl der Bits aufgetragen ist, also der relative Preis des Speichers bzw. der Preis für ein zu speicherndes Bit bei einer bestimmten Anzahl von Bits. Die Bezeichnung der Kurven ist die gleiche wie in der ersten Abbildung. Da es sich aber um Relativkurven handelt, sind diejenigen, die in der ersten Abbildung horizontal verliefen, hier mit fallender Tendenz behaftet und diejenigen, die in der ersten Abbildung anstiegen, verlaufen hier horizontal.

Das Bild 3 beinhaltet dasselbe, was uns bereits die erste Abbildung zeigte, jedoch unter der Berücksichtigung, daß der Taktgeber und der Grundaufbau im Rechner bereits vorhanden ist und für andere Zwecke gleichzeitig ausgenutzt wird, so daß er für die Speicher nicht zusätzlich angesetzt zu werden braucht. Betrachtet man dieselben Verhältnisse, wie sie im ersten Bild angeführt sind, hier wieder, so zeigt sich, daß als eindeutig billigstes Speicherverfahren die Magnettrommel in Betracht kommt, während dies in der ersten Abbildung die Nickelverzögerungslinie war. Dies ergibt sich dadurch, daß ein sehr geringer mechanischer Grundaufbau zusätzlich erforderlich ist, um einen weiteren Speicher auf einer vorhandenen Magnettrommel anzubringen, während bei einer Nickelverzögerungslinie für jede weitere Linie ein bestimmter nicht zu reduzierender Grundaufbau vorhanden sein muß, der den Nickeldraht ordnungsgemäß aufnimmt. Bei der zweiten Gruppe, die proportionales Verhalten zwischen Anzahl der Bits und Preis zeigte, ergibt sich in dieser Abbildung eine strenge Proportionalität. In Bild 4 werden dieselben Verhältnisse jedoch wieder als Relativpreise dargestellt.

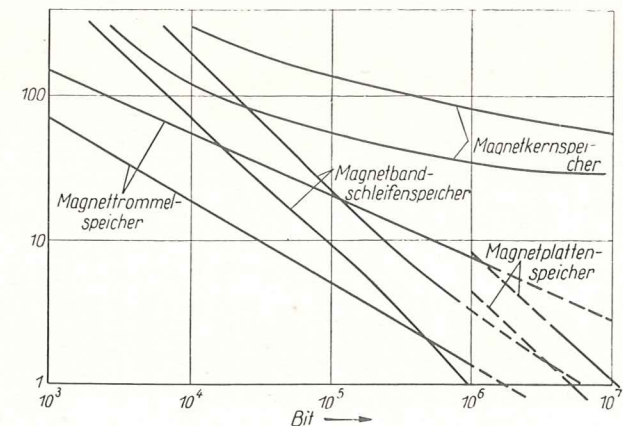
Ein weiterer Punkt, der unbedingt Beachtung finden muß, ist der Frequenzbereich als Funktion der Ausführungsform, der bei Registern eine nicht unerhebliche Rolle spielt, da es unzuverlässig ist, sich an der oberen Frequenzgrenze zu bewegen, weil dadurch der Aufwand erheblich ansteigen kann. Hier treffen wir im Bild 5 wieder die 5 Grundtypen an, wobei sämtliche Ferritkernschiebeline als eine Grundtype gerechnet werden. Gerade bei Ferritkernschiebeline ergeben sich nur geringe Änderungen der oberen Frequenzgrenze bei Verwendung hochwertiger Bauelemente in Richtung höherer Frequenz.

Die ersten beiden Speicherverfahren, und zwar die Magnettrommelumlaufspeicher und die Nickelverzögerungslinien besitzen eine bestimmte untere und eine bestimmte obere Grenzfrequenz und weiterhin einen Bereich, in dem sie ohne wesentlichen Zusatzaufwand günstig einzusetzen gehen, während bei Unterschreitung

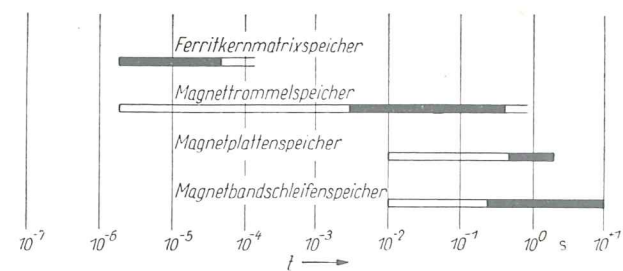
der bei Registern eine nicht unerhebliche Rolle spielt, da es unzuverlässig ist, sich an der oberen Frequenzgrenze zu bewegen, weil dadurch der Aufwand erheblich ansteigen kann. Hier treffen wir im Bild 5 wieder die 5 Grundtypen an, wobei sämtliche Ferritkernschiebeline als eine Grundtype gerechnet werden. Gerade bei Ferritkernschiebeline ergeben sich nur geringe Änderungen der oberen Frequenzgrenze bei Verwendung hochwertiger Bauelemente in Richtung höherer Frequenz.



**Bild 6.** Preis als Funktion der Ausführungsform und Anzahl der Bits für mittlere und große Speicher mit wahlfreiem Zugriff



**Bild 7.** Preis pro Bit als Funktion der Ausführungsform und der Anzahl der Bits für mittlere und große Speicher mit wahlfreiem Zugriff



**Bild 8.** Zugriffszeit als Funktion der Ausführungsform für mittlere und große interne Speicher

oder Überschreitung des günstigsten Bereiches teilweise erheblicher Mehraufwand getrieben werden muß. Die drei anderen Speichertypen stellen Verfahren dar, die eine statische Speicherung ermöglichen, da ihre untere Grenzfrequenz — hier bei 1 Hz abgebrochen — praktisch bei Null liegt. Derartige Speicher besitzen besondere Vorteile, wenn sie als Zwischenspeicher oder Puffer zwischen zwei Geräten mit unterschiedlicher Impulsfolgefrequenz Verwendung finden sollen, da es mittels dieser Speicher ohne weiteres möglich ist, quasistatisch die Information in den Speicher einzubringen und dann mit einer anderen Frequenz, z. B. der Taktfrequenz des Rechners, die Information aus diesem Speicher auszulernen. Auch für die Befehlsentschlüsselung und für verschiedene andere Zwecke, z. B. Anzeige, ist es vorteilhaft, wenn derartige Speicher, die statisch arbeiten können, Verwendung finden. Die Ferritkernschiebeline sind dabei rein statisch, d. h. bei Abschalten der Betriebsspannung bleibt die Information voll erhalten und kann nach Zuschalten der Betriebsspannung wieder aus dem Speicher entnommen werden, während Röhren- und Transistor-Flip-Flop-Speicher normalerweise ihre Information verlieren und dann irgendeinen beliebigen Zustand beim Wiedereinschalten der Betriebsspannung annehmen. Dafür besitzt der Ferritkernspeicher den Nachteil, daß er seine Information nur durch Ummagnetisieren der Kerne abgeben kann, d. h. also Zerstörung der Information. Es muß also, wenn die Information ausgegeben werden soll, diese in dem Speicher zerstört werden, indem die Kerne in die Ruhelage ummagnetisiert werden. Eine statische oder nichtzerstörende Abnahme der Information ist nur mit erheblichem Aufwand möglich, obwohl auch hierüber Lösungswege bekannt sind.

Bei mittleren und größeren Speichern kann man ähnliche Vergleiche anstellen. In Bild 6 ist eine preisliche Gegenüberstellung von vier verschiedenen Speichertypen dargestellt, und zwar der Magnettrommelspeicher, der Magnetplattenspeicher, der Magnetbandschleifenspeicher und der Magnetkernspeicher. Man erkennt sofort, daß der Magnettrommelspeicher in weiten Grenzen als der billigste Speicher anzusehen ist, während der Magnetbandschleifenspeicher, wenn er einigermaßen brauchbare Zugriffszeiten besitzen soll, erheblich höhere Preise erfordert, die vor allem durch die Bandführung und die Bandaufbewahrung bedingt sind. Zwar dürfte es möglich sein, durch ständigen Umlauf des Bandes verschiedene Verbesserungen zu treffen, jedoch ist dann der Bandverschleiß und die Gefahr des Bandrisses sehr hoch, so daß derartige Speicher normalerweise nicht eingesetzt werden. Der Magnetplattenspeicher besitzt einen sehr hohen mechanischen Aufwand. Deswegen wird er unter einer bestimmten Anzahl von Bits, schätzungsweise etwa 10<sup>6</sup> Bits, nicht eingesetzt werden, da er dann andere Speicherverfahren im Preis weitaus übersteigen wird. Der Magnetkernspeicher stellt den anerkannt teuersten Speicher dar. Dafür hat der Magnetkernspeicher den ganz erheblichen Vorteil der kürzesten Zugriffszeit. Für größere Speicher sind bekanntlich zwei Faktoren von Bedeutung, und zwar einmal die Kapazität und zum zweiten die Zugriffszeit. Beide Faktoren, sowohl Zugriffszeit als auch Kapazität, lassen sich mit dem Magnetkernspeicher relativ leicht realisieren.

Das Bild 7 zeigt dasselbe, was bereits im Bild 6 zu sehen war, jedoch als Relativpreise. In diesem Bild ist deutlich zu erkennen, daß sämtliche Speicher, die ihre Information auf einer magnetisierbaren Oberfläche tragen, also Magnetbandschleifenspeicher, Trommelspeicher und Magnetplattenspeicher, mit steigender Anzahl von Bits einen geringeren Preis pro Bit verursachen. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der Preis für die mechanische Ausführung des Speicherträgers angenähert konstant bleibt, obwohl auch hier wesentliche Unterschiede auftreten, die jedoch nicht in demselben Verhältnis stehen, wie die Anzahl der Bits, und weiterhin sind diese drei Verfahren kombinierte elektronisch-mechanische Speicherverfahren, so daß durch diese Kombination der der Elektronik normalerweise anhaftende hohe Preis nicht voll in Erscheinung tritt. Anders beim Magnetkernspeicher. Hier beeinflusst bereits der Kernpreis bei einer höheren Anzahl von zu speichernden Bits den Preis des

Tafel 1. Externe Speicher für Ein- und Ausgabe

Ausführungsform	Lochband	Lochkarte	Magnetband	Druckwerk	+ Datenlese- einrichtung	Ferritkern- speicher	Magnettrommel
a) Schreibgeschwindigkeit (Zeichen/s)	300	400	60 000	2500	—	200 000	im Mittel 1200
b) Lesegeschwindigkeit (Zeichen/s)	1000	1300	60 000	—	5000	200 000	im Mittel 1200
c) mittl. Zugriffszeit für 1 von 50 000 Informationen (12 stellige Wörter) .....	8 min.	6 min.	0,4 min	—	~4 min.	5 $\mu$ sek.	~10 msek.
d) Sortierbarkeit .....	nicht 0	sehr gut 5	nicht 0	—	bedingt gut (4)	nicht	nicht
e) Lösbarkeit .....	nicht 0	nicht 0	sehr gut 5	—	nicht 0	sehr gut 5	sehr gut 5
f) Korrigierbarkeit .....	kaum 1	gut 4	gut 4	—	bedingt gut (3)	gut 4	gut 4
g) visuelle Lesbarkeit .....	brauchbar 3	brauchbar 3	nicht 0	—	sehr gut 5	nicht 0	nicht 0
h) Beständigkeit .....	sehr gut 5	sehr gut 5	gut 4	—	gut 4	sehr gut 5	gut 4
i) Betriebssicherheit .....	gut 4	sehr gut 5	gut 4	sehr gut 5	brauchbar 3	sehr gut 5	sehr gut 5
k) Zeichen/Einheit .....	10 <sup>5</sup>	80 (90)	5·10 <sup>6</sup>	—	—	max. 3·10 <sup>6</sup>	max. 2·10 <sup>5</sup>
l) Zeichen/cm <sup>2</sup> Informationsträger	200	30	5000	—	~500	—	—
m) max. Kapazität .....	unbegrenzt	unbegrenzt	unbegrenzt	—	unbegrenzt	5·10 <sup>6</sup>	~10 <sup>6</sup>
n) rel. Preis .....	1	10	10	10	10	100	10

Speichers, und der Preis pro Bit wird nie unter den Preis, den ein Kern verursacht, sinken können.

Wie bereits erwähnt, ist die Zugriffszeit ein weiterer wichtiger Faktor für mittlere und größere Speicher. In Bild 8 erkennen wir, daß der Magnetkernmatrixspeicher zweifellos die günstigsten Bedingungen besitzt, da seine Zugriffszeit normalerweise um einige Größenordnungen niedriger liegt als die sämtlicher anderer Speicherverfahren. Durch die ausschließliche Anwendung elektronischer Mittel für die Auswahl sind die Voraussetzungen dazu gegeben.

Die längste Zugriffszeit weist der Magnetbandschleifenspeicher auf. Dies ist darauf zurückzuführen, daß er ein eindimensionales Speichersystem bildet, nämlich die Bewegung erfolgt nur in einer Dimension und sämtliche Informationen sind hintereinander angeordnet. Vorteilhafter ist der Magnettrommelspeicher, jedoch besitzt er auch noch den Nachteil, den die Mechanik mit sich bringt. Er stellt praktisch ein zweidimensionales Speichersystem dar, denn er besitzt eine zylindrische Oberfläche, die in zwei Koordinaten abgefühlt wird. Die eine Koordinate, nämlich die Drehung, stellt eine gleichförmige Bewegung dar und kann demzufolge ziemlich hoch getrieben werden, während die seitliche Bewegung als zweite Koordinate zur Spurauswahl zweckmäßigerweise elektronisch ausgeführt wird, um damit die Zugriffszeit so klein wie möglich zu halten, da hier eine mechanische Ausführung die Zugriffszeit wesentlich erhöht. Der Magnetplattenspeicher hat eine dreidimensionale Auswahl: Einmal auf dem Plattenumfang, zum zweiten die Nummer auf der Platte und zum dritten die Spur der Platte. Es ist also eine Verstellung in drei Dimensionen erforderlich. Die Drehbewegung stellt wiederum eine Dimension dar, während die beiden anderen Dimensionen normalerweise mechanisch ausgewählt werden. Demzufolge ergibt sich eine relativ hohe Zugriffszeit für einen Speicherwert, zumal die zwei anderen Dimensionen nacheinander ausgewählt werden müssen.

Wenden wir uns nun den externen Speichern zu, die besonders für Ein- und Ausgabe für die Rechner Bedeutung haben. Die Tafel 1 soll einen Überblick geben, welche Bewertungsmöglichkeiten man für die einzelnen Speicherverfahren anführen kann. Eine preisliche Gegenüberstellung, wie bei den internen Speichern, ist für die externen Speicher infolge ihrer Unterschiedlichkeit nicht möglich. Das angegebene Bewertungssystem gilt natürlich nur unter bestimmten Bedingungen, die nachfolgend aufgeführt sind. Zum Vergleich stehen Lochband, Lochkarte, Magnetband, Druckwerk- und Datenleseeinrichtung, Magnetkernspeicher und Trommelspeicher sind nur vergleichsweise mit aufgeführt, da diese Speicher an und für sich Speicher mit wahlfreiem Zugriff sind

und als Ein- bzw. Ausgabegeräte kaum Bedeutung besitzen. Die Werte für das Lochband beinhalten einen Schnellabtaster, der 1000 Zeichen pro Sekunde abzutasten gestattet, und einen Schnellocher mit 300 Lochschritten pro Sekunde. Bei der Lochkarte wird eine Schnellabfühleinrichtung mit 60 000 Karten pro Stunde als Eingabemedium und ein Schnellöcher mit 18 000 Karten pro Stunde als Ausgabemedium angesetzt. Auch für das Magnetband werden die z. Z. technisch höchsten Daten mit 60 000 Zeichen pro Sekunde als Vergleich angezogen. Noch ziemlich ungeklärt sind die Werte für die Datenleseeinrichtung, so daß dafür auch noch mit größeren Abweichungen zu rechnen ist.

Betrachtet man die Aufstellung, so kommt man zu der Auffassung, daß das Magnetband gegenüber sämtlichen anderen Eingabemedien nur einzelne Vorteile aufweist, die besonders in der kurzen Zugriffszeit für eine von 50 000 Zeichen liegt. Betrachtet man aber den Punkt der Lösbarkeit bzw. der Wiederverwendbarkeit, so stellt die Magnetbandeinrichtung die einzige Dateneingabemöglichkeit dar, bei der der Aufzeichnungsträger nach einmaliger Benutzung nicht wertlos geworden ist, sondern wieder zu verwenden geht. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache kann die Sortierbarkeit, die an und für sich sonst nur der Lochkarte gegeben ist, über den Umweg der Löschung und Umspeicherung gelöst werden, indem fortlaufend von einem Aufzeichnungsträger auf einen anderen in anderer Reihenfolge umgeschrieben wird und dadurch erreicht wird, daß eine Sortierung auch bei Magnetband möglich ist. Außerdem besticht bei dem Magnetband noch die hohe Informationsdichte bezogen auf den benötigten Raum. Die Dichte liegt gegenüber der Lochkarte über einhundertmal höher, so daß die Lagerkapazität für das Aufbewahren bzw. die Archivierung weitaus größer ist. Für die Anwendung des Magnetbandes als archivierbares Speichermittel steht allerdings entgegen, daß die Beständigkeit, d. h. die Lagerbarkeit von Magnetbändern, nicht sonderlich gut ist, da durch verschiedene unangenehme Begleiterscheinungen, wie Kopiereffekt und andere vom Rundfunk her bekannte Nachteile diese Anwendung zum Teil beeinträchtigen, und zwar zum Teil so stark, daß besonders bei längeren Zeiten, die in mehrere Jahre gehen, die Anwendung evtl. in Frage gestellt ist. Über den Umweg der Umspeicherung in gewissen Abständen läßt sich dieser Nachteil weitestgehend — wahrscheinlich sogar völlig — umgehen. Allerdings fehlen hierüber noch Erfahrungen. Die Sortierbarkeit ist für die Verarbeitung ökonomischer Daten der wesentlichste Faktor. Hier steht die Lochkarte vornan, jedoch ist durch die bereits oben erwähnten Möglichkeiten beim Magnetband ein Ausweg gegeben, diesen weitaus schnelleren Informations-

träger für die gleichen Zwecke einsetzbar zu machen. Die Lochkarte ist, wie bereits angeführt, nur unter der Berücksichtigung eines Schnellstanzers und einer besonders schnellen Leseeinrichtung schneller als das Lochband. Dem Lochband wird also in den Fällen, in denen Sortierbarkeit nicht gefordert ist, der Vorrang zu geben sein, da einmal der Preis für eine Ausrüstung weitaus niedriger liegt und auch die Dichte der Informationen, bezogen auf den Raum, beinahe zehnmal so hoch wird.

Sehr unklar liegen, wie bereits erwähnt, die Verhältnisse bei der Datenleseeinrichtung, da der einzuschlagende Weg hier die Faktoren Lesegeschwindigkeit und Preis für eine Ausrüstung wesentlich beeinflusst. Beim Druckwerk ist in diesem Falle an ein Schnelldruckwerk gedacht. Die Punkte Sortierbarkeit und Korrigierbarkeit sind nur dann gut, wenn einzelne getrennte Aufzeichnungsträger, z. B. kleinere Originalbelege, Verwendung finden. In diesen Fällen dürfte dann allerdings die Schreibgeschwindigkeit den hier angegebenen Wert bei weitem nicht erreichen. Dafür hat die Kombination Druckwerk und Datenleseeinrichtung den großen Vorteil, daß die Aufzeichnungsträger sehr leicht und von jedermann direkt gelesen werden können, weil die Aufzeichnungen in den bekannten Schriftzeichen erfolgen, während dies bei Lochkarte und Lochband nur schwer möglich ist, es sei denn, man verwendet Beschriftungseinrichtungen. Solche Vergleiche lassen sich beliebig weiterführen, jedoch kann man ganz allgemein feststellen, daß als Eingabemedium für schnelle Elektronenrechner die Lese- und Schreibgeschwindigkeit wohl der wichtigste Faktor ist, so daß Magnetbandgeräte für Ein- und Ausgabe als günstigste Lösung angesehen werden müssen. Die Kombination Druckwerk und Datenleseeinrichtung würde wahrscheinlich eine gute Lösung darstellen, da für die Herstellung der Belege für die Eingabe teilweise sehr billige und herkömmliche Geräte, z. B. Schreibmaschinen, Verwendung finden können. Allerdings ist bis dahin noch ein weiter Weg zurückzulegen.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die technische Unzulänglichkeit eines jeden Speichers, denn sämtliche Geräte sind sehr kompliziert aufgebaut, und es lassen sich demzufolge Fehler nicht vermeiden. Daher macht es sich unbedingt erforderlich, daß für die Übertragung der Informationen zumindest in mittleren und größeren Rechnern Kontrolleinrichtungen oder Kontrollmöglichkeiten vorgesehen werden, weil Übertragungsfehler zu falschen Ergebnissen führen, die in der Endkonsequenz ein verkehrtes Bild entstehen lassen. Besonders wichtig ist dies bei der Übertragung von Daten für ökonomische Zwecke, da hierbei auf Grund der Vielzahl der Informationen oft nicht mehr festgestellt werden kann, wo ein Fehler aufgetreten ist. Es kann sogar soweit kommen, daß eine Information inzwischen gelöscht ist, und somit ist es überhaupt nicht mehr möglich, die Anfangsbedingungen zu rekonstruieren. Daraus ergibt sich, daß sämtliche Speicher irgendein Kontrollsystem besitzen müssen, um derartige Fehler zu vermeiden.

Die Kontrolleinrichtungen, die in diesem Abschnitt behandelt werden sollen, sind ausschließlich Codekontrollen, da es sich in dem Falle nur um die Informationsübertragung handelt, entweder vom Eingabemediumsträger z. B. Magnetband oder Lochkarte in den Rechner bzw. umgekehrt oder aber auch im Rechner vom Speicher in das Rechenwerk und zurück. Hierzu ist noch zu bemerken, daß sämtliche Kontrolleinrichtungen zusätzliche Informationen darstellen, die die Ausnutzbarkeit des Speichers bzw. des Eingabemediums reduzieren und demzufolge ökonomisch betrachtet werden sollen.

Die einfachste Kontrolle stellt eine Prüfung der gesamten Information auf Geradzahligkeit der im Ein-Zustand befindlichen Bits dar. Diese Kontrolle ist allgemein unter der Bezeichnung „Parity check“ bekannt. In vielen Fällen jedoch wird es nicht genügen, wenn für ein ganzes Wort nur eine einzige Kontrolle besteht, da infolge aufgetretener Mängel ohne weiteres mehr als ein Fehler in einem Wort auftreten kann, und dann ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Fehler erkannt werden, nur 50 %.

Man wird also diese Geradzahligkeitskontrolle, sie kann übrigens auch als Ungeradzahligkeitskontrolle ausgeführt werden, auf ein Zeichen anwenden, das bedeutet aber, daß, wenn jetzt z. B. dezimale Ziffern übertragen würden, die nur 4 Bits benötigen, nunmehr 5 Bits erforderlich sind. Auch hier besteht noch der Nachteil, daß bei Ausfall von 2 Bits trotzdem wieder ein richtiges Zeichen entstehen kann, jedoch ist die Wahrscheinlichkeit, daß gleich 2 Bits ausfallen bei 5 Bits relativ gering. Ein weiterer Weg besteht in der Anwendung von Codierungen in der Form  $m$  aus  $n$ . Diese Codierungen haben mehrere Vorteile: Einmal sind sämtliche Zeichen mit der gleichen Anzahl von Bits in leitendem Zustand, also im Ein-Zustand und auch im Aus-Zustand. Das gilt auch für die Ziffer Null, die sonst oft nur durch duale Nullen dargestellt wird. Eine derartige Codierung ist z. B. bei der Lochkarte in Anwendung. Allerdings ist diese Codierung relativ aufwendig, denn die Lochkarte wird für dezimale Informationen in der Code  $m$  aus  $n$  gleich 1 aus 10 gelocht, so daß jederzeit eine Kontrolle der gelochten Information und demzufolge auch der übertragenen Information möglich ist. Für rein dezimale Zwecke wird sehr gern die Code 2 aus 5 verwendet, die gerade 10 Möglichkeiten beinhaltet, wie sich durch eine Berechnung mittels des Binomischen Lehrsatzes leicht nachweisen läßt. Diese Code ist die günstigste selbstkontrollierende Dezimalcode bei gleichzeitig geringstem Aufwand.

Ein weiteres Verfahren für Kontrollen, das übrigens sehr oft angewendet wird, stellt eine Doppelübertragung der Information mit einem zweiten Abtastorgan dar. So wird z. B. eine Lochkarte zweimal hintereinander mit verschiedenen Abfühlbürsten abgefühlt, und die übertragenen Werte werden dann verglichen. Derartige Kontrollen in Form von Doppelübertragung sind jedoch zeitmäßig gesehen recht aufwendig, denn sie setzen die Geschwindigkeit der Informationsübertragung auf die Hälfte herab oder sie erhöhen den Aufwand sehr beträchtlich.

Mittels derartiger kontrollierbarer Codierungen läßt sich also überprüfen, ob bei der Übertragung ein Fehler aufgetreten ist. Der Fehler selbst ist damit noch lange nicht beseitigt. Bei Lochkartenanlagen werden derartige Kontrollen z. B. durch Vergleiche durchgeführt, und die Maschine sortiert entweder die fehlerhaften Karten aus oder sie hält an. In elektronischen Rechenmaschinen wird man bei der Übertragung der Eingabedaten das Anhalten der Maschine bevorzugen, da man dann den Fehler sofort beseitigen kann und evtl. Unzulänglichkeiten in den Übertragungseinrichtungen sofort überprüfen kann. Dies bedeutet allerdings, daß Verluste durch Wartezeit auftreten.

Man wird sich also mit der Feststellung des Fehlers allein nicht begnügen und fordern, daß diese Fehler, soweit es möglich ist, automatisch korrigiert werden. Dies kann geschehen, indem die Information dreimal übertragen wird. Dadurch werden allerdings konstante Fehler noch nicht erkannt, da bei dieser dreimaligen Übertragung das Ergebnis als richtig angesehen wird, das mindestens zweimal in gleicher Form vorliegt. Eine weitere Möglichkeit besteht durch die zweimalige Übertragung in einer selbstkontrollierenden Code, also z. B. auf Geradzahligkeit bzw. in einer  $m$  aus  $n$ -Code. Eine sehr elegante Methode zur Korrektur eines Wortes stellt die Übertragung des Wortes selbst in einer selbstkontrollierenden Code dar, zu der zusätzlich noch ein Korrekturzeichen übertragen wird. Hierbei läßt sich durch die Feststellung des falschen Zeichens, sofern es sich nur um ein falsches Zeichen in einem Wort handelt, dieses durch das Korrekturzeichen wieder berichtigen, und zwar auch dann, wenn dieses Zeichen überhaupt nicht übertragen wurde. Ein solches Verfahren ist relativ einfach und fordert keinen allzu erheblichen Mehraufwand. Auch wird durch dieses Verfahren die Ausnutzung des Informationsträgers nicht allzusehr eingeengt, da nur relativ wenig Zeichen übertragen werden müssen, die weit-schweifig sind, also nicht mit zur Information gehören. Das vollständigste Verfahren zur Korrektur wurde von Hamming angegeben, und zwar ist dies eine selbstkorrigierende Code, die auch unter dem Namen Hamming-

Code bekannt ist. Mittels dieser Code ist es möglich, den fehlerhaften Kanal im Zeichen zu berechnen und zu korrigieren. Durch Kombination der Hamming-Code mit einer Geradzahligkeitskontrolle kann man einen Fehler in einem Zeichen korrigieren und 2 Fehler noch als falsch erkennen. Bei Auftreten von 3 Fehlern besteht dann allerdings die Gefahr, daß das Zeichen zu einem anderen Zeichen hin korrigiert wird, so daß auch die Hamming-Code Nachteile besitzt.

Im allgemeinen kann man feststellen, daß jede Kontrolle, besonders aber jede Korrektur einen zusätzlichen Aufwand an Informationsträger bedeutet. In den Fällen, in denen auf Mehraufwand an Informationsträger verzichtet wird und durch Doppel- oder Mehrfachübertragung kontrolliert wird, ergibt sich auf der anderen Seite ein erheblicher Zeitverlust. Ist die Anzahl der von einem Informationsträger aufzunehmenden Bits vor-

gegeben, so verringert sich bei Anwendung von Korrektur bzw. Kontrolle die Anzahl der auf diesem Informationsträger unterzubringenden Informationen. Besonders deutlich wird dies bei der Lochkarte mit der Code 1 aus 10. Würden einfache duale Informationen übertragen, so würde sich etwa die 3fache Anzahl von Informationen für den gleichen Raum auf der Lochkarte ergeben.

Für jedes Speicherverfahren existiert also ein bestimmtes optimales Anwendungsgebiet, in dem die Vorteile des Verfahrens besonders wirksam zur Geltung kommen bzw. der geringste Aufwand an Kosten auftritt. Durch geeignete Wahl der Code kann dann der Speicher- raum optimal ausgenutzt werden unter der Berücksichtigung von erforderlichen Kontrollmöglichkeiten bzw. korrigierbarer Code.

NTB 487

## Technische Berechnungen mit programmgesteuerten elektronischen Kleinstrechenautomaten

Dipl.-Math. G. SCHUBERT, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

### Einleitung

In der vorliegenden Arbeit soll die Frage beantwortet werden, ob und in welchem Maße ein elektronischer Kleinstrechenautomat speziell für technische Berechnungen in der Industrie einzusetzen ist. Das Attribut „kleinst“ möge sich, soviel sei vorausgeschickt, in erster Linie auf die geringe Speicherkapazität beziehen. Denn heute ist es noch so, daß neben dem Ein- und Ausgabeaggregat der Speicher mit der zugehörigen Auswahlsteuerung einen beträchtlichen Teil des Gesamtaufwandes ausmacht.

Wenn wir von technischen Berechnungen sprechen, dann meinen wir damit vor allem jene Probleme, deren numerische Bewältigung mühevoll und zeitraubend ist, obwohl sie oftmals eine einfache, um nicht zu sagen primitive, Struktur besitzen. Von diesem Standpunkt aus betrachtet ist es durchaus nicht begründet, an der Existenzberechtigung eines Rechners zu zweifeln, nur weil man mit ihm z. B. keine Gleichungssysteme höherer Ordnung oder gar Differentialgleichungen lösen kann. Man sollte nie außer acht lassen, daß die Wirtschaftlichkeit eines Rechenautomaten stets von der Relation zwischen Kostenaufwand und Leistungsfähigkeit, nicht aber von der letzteren allein abhängt.

### 1. Ungefähre Leistungsdaten eines Kleinstrechners

#### 1.1 Der Speicher

Als Arbeitsspeicher möge eine Magnettrommel dienen. Sie bietet sich zwangsläufig an, wenn man unter Berücksichtigung der Kapazität, der Zugriffszeit sowie des mechanischen und elektronischen Gesamtaufwandes nach einem wirtschaftlichen Optimum sucht. Das gilt in verstärktem Maße für ihre Verwendung in einem rein in Serie arbeitenden Rechner. Zahlen und Befehle werden getrennt gespeichert. Der Zahlenspeicher könnte z. B. 64 oder 128 Worte, der Befehlsspeicher das 3fache an Befehlen fassen. Außerdem ist an die Möglichkeit gedacht, die Maschine mit einer zwar langsamen, jedoch billigen Lochbandsteuerung auszurüsten, um somit auch längere Befehlsfolgen zu bewältigen. Als Trommeldrehzahlen je Minute kommen 1500 oder 3000 in Frage; das ergibt für den Arbeitsspeicher eine mittlere Zugriffszeit von 20 oder 10 ms.

#### 1.2 Die Befehlsliste

Sie besteht aus den vier arithmetischen Befehlen Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division, den Transportoperationen, den Ein- und Ausgabebefehlen sowie aus der unbedingten und der bedingten Sprungoperation.

Jeder Befehl besteht im wesentlichen aus einem Operations- und einem Adressenteil. Die Adresse kann während des gesamten Programmablaufs nicht verändert werden, lediglich eine Adressenmodifikation von Hand (über die Tastatur) ist dann möglich, wenn der betreffende Befehl mit einem Stopp-Index programmiert wurde, wenn also die Maschine wartet. Wir werden weiter unten sehen, daß diese Tatsache eine wesentliche Einschränkung der Probleme bedeutet, die mit dem Rechner noch sinnvoll zu bewältigen sind.

#### 1.3 Die Rechenzeiten

Infolge der geringen Arbeitsfrequenz (etwa 20 kHz) liegen die Rechenzeiten für Addition bei 5 ms, für Multiplikation im Mittel bei 250 ms. Hierin sind die Zugriffszeiten noch nicht berücksichtigt. Erfolgt die Befehlsgebung vom Lochstreifen, so erhöhen sich die Operationszeiten gegenüber der Trommelbefehlsgebung um 1/3 s.

#### 1.4 Ein- und Ausgabe

Für die Eingabe von Zahlen und Befehlen sowie für die Ausgabe von Zwischen- und Endresultaten steht eine elektrische Schreibmaschine zur Verfügung. An eine Programmeingabe mit Lochband ist gedacht.

### 2. Die Struktur der zu lösenden Probleme

#### 2.1 Einschränkungen durch die geringe Speicherkapazität

Für die Bearbeitung kommen bei einem Rechner mit solch kleinem Zahlenspeicher die Probleme nicht in Frage, die eine entsprechend zu große Zahl von Eingangswerten aufweisen. Als Beispiel sei ein Gleichungssystem mit 8 oder mehr Unbekannten genannt. Reicht der Speicherplatz für die Aufnahme der Eingangswerte aus, so ist noch darauf zu achten, daß eine genügende Anzahl von Zellen für die Speicherung von Zwischen- und Endergebnissen sowie für Hilfswerte vorhanden ist. Zwei Maßnahmen können dazu dienen, die durch die Speicherknappheit bedingte Beschränkung der Problemtypen zu lockern. Einmal kann man durch sorgfältiges und zweckentsprechendes Programmieren sowie durch eventuelle Umstellungen im Ablauf der Rechnung dafür sorgen, daß möglichst wenig Speicherplätze gleichzeitig in Anspruch genommen werden. Zum anderen gelingt es häufig, ein Problem in zwei oder auch mehr Teilaufgaben zu zerlegen, von denen jede mit weniger Speicherzellen auskommt als die gesamte Aufgabe. Allerdings bringt das letztere Vorgehen einige Stockungen im Rechenfluß mit sich.

#### 2.2 Einschränkungen durch das Fehlen einer Adressenmodifikation

Wie schon erwähnt, kann der Adressenteil eines Befehls nicht verändert werden. Das bedeutet, daß von einer

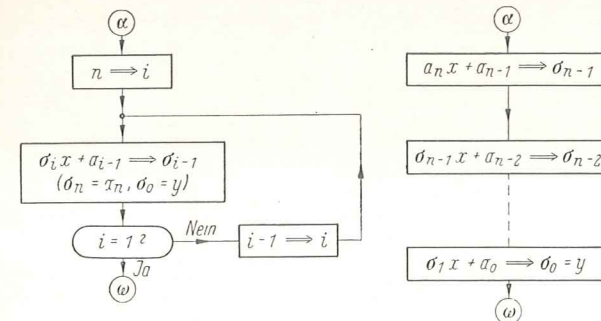


Bild 1

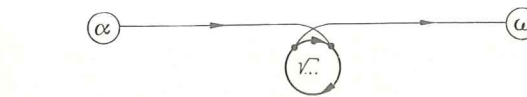


Bild 2

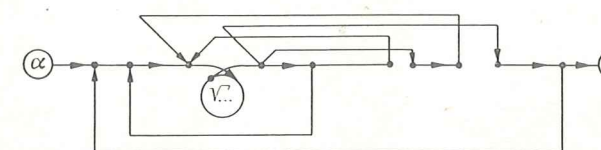
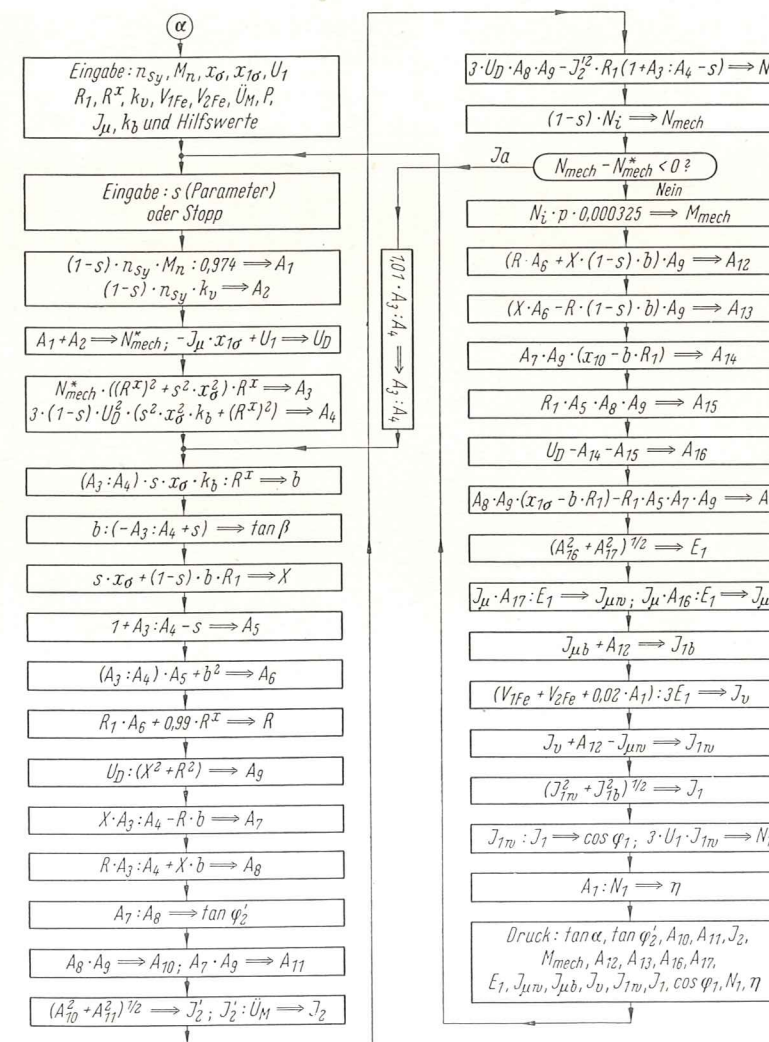


Bild 4



Instruktion während des gesamten Programmablaufs höchstens eine Speicherzelle adressiert wird; eine Adressenmodifikation ist weder auf automatischem noch auf programmierungstechnischem Wege möglich. Der Programmierer muß somit darauf verzichten, die sehr häufig auftretenden „Adressenänderungen 3. Art“ zu benutzen. Er ist also gezwungen, gewisse Probleme in gestreckter Form zu programmieren, obwohl ein zyklischer Ablauf geeigneter wäre. Zur Demonstration dieses Sachverhaltes möge das Beispiel einer Polynomrechnung dienen (Bild 1).

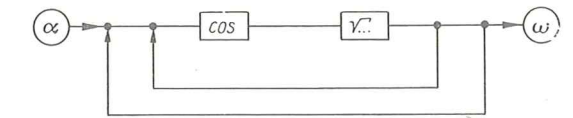


Bild 6

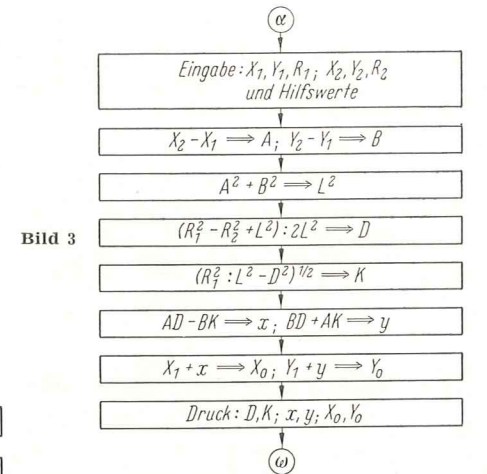


Bild 3

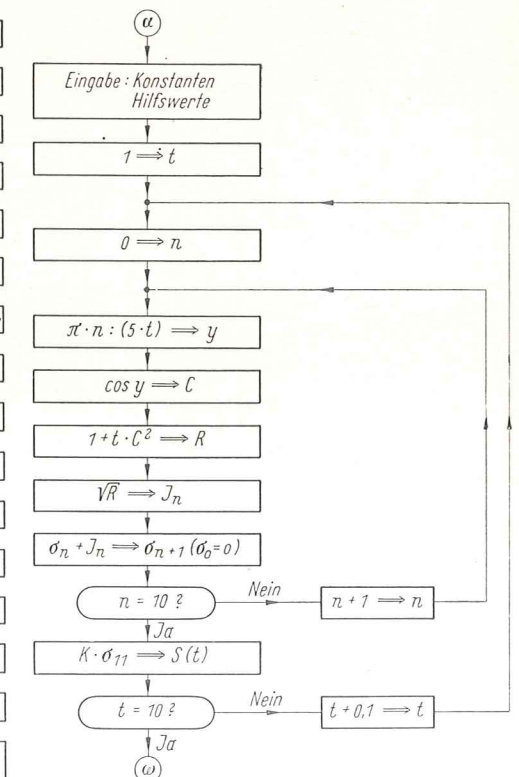


Bild 7

Bild 5

## Vorstellung des Elektronenrechners „Robotron ASM 18“ und des Elektronensaldierers sowie die Behandlung einiger Beispiele mit dem Elektronenrechner „Robotron ASM 18“

Org. W. ULLRICH, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

Das Strecken von Programmen bringt als wesentlichen Nachteil eine erhöhte Beanspruchung des Befehlsspeicherraumes, als Vorteil allerdings eine spürbare Verkürzung der Rechenzeit mit sich. Im zyklischen Programm ist eben der Anteil der organisatorischen Befehle größer als im linearen. Müssen nun Programme in jedem Falle gestreckt werden, so entsteht leicht die Gefahr einer Unübersichtlichkeit, und zwar auf Grund der meist beträchtlichen Länge; im zyklischen Programm rührt diese Gefahr eher von der Kompliziertheit der Struktur her. Diesem Vorgehen wird daher praktisch (keinesfalls theoretisch) eine Grenze gesetzt sein, die der erfahrene Programmierer allerdings nur von Fall zu Fall zu erkennen und einzuhalten vermag.

### 2.3 Einschränkungen durch niedrige Rechengeschwindigkeit

Die Arbeitsweise der Maschine in Serie bringt es mit sich, zumal die Taktfrequenz klein ist, daß erhebliche Rechenzeiten auftreten. Wir meinen aber, daß dieser Mangel eine sekundäre Bedeutung hat; die Zeit wird in den meisten Fällen zur Verfügung stehen. Wenigstens ist das eine Schwierigkeit, mit der sich der Programmierer nicht direkt auseinandersetzen braucht. In diesem Zusammenhang darf übrigens erwähnt werden, daß die Schnelligkeit der heutigen mittleren und großen Automaten die Forderung mit sich brachte, die Programmierzeiten zu verkürzen, um den Quotienten „Programmierungszeit/Rechenzeit“ in erträglichen Grenzen zu halten. Bei langsamen Maschinen nimmt nun dieser Quotient naturgemäß keine extrem hohen Werte an.

### 2.4 Zusammenfassung; typische Problemstruktur

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten einige grundsätzliche Nachteile des Kleinstrechners besprochen wurden, soll jetzt zusammenfassend die Struktur solcher Probleme aus der Technik dargestellt werden, die sich für die numerische Behandlung mit Hilfe der erwähnten Maschine eignen. Da sind zum ersten solche Aufgaben zu nennen, die häufig durchgerechnet werden, also erst den Vorzug eines Rechenautomaten zur vollen Geltung bringen. Dieser Vorteil besteht ja darin, dem Menschen immer wiederkehrende und damit ermüdende Rechnungen abzunehmen. Das Programm bleibt unverändert, lediglich Eingangswerte (Parameter) können variieren. Die Programmierungsarbeit ist also nur einmal zu leisten. Zum zweiten eignen sich für die Behandlung besonders Probleme mit wenig Eingangswerten. Diese Eigenschaft besitzen sehr viele wissenschaftliche und technische Aufgaben. Überhaupt unterscheiden sie sich dadurch von den kommerziellen Aufgaben, bei denen im allgemeinen einer Vielzahl von Daten eine relativ kurze Folge von Programmbefehlen gegenübersteht. Drittens und letztens wollen wir von dem Problem verlangen, daß es keine allzu komplizierte Struktur besitzt. Dieser Forderung genügt ebenfalls eine große Zahl von technischen Anwendungsbeispielen.

### 3. Beispiele technischer Berechnungen

#### Beispiel 1: Koordinatenberechnung von Getrieben

##### 3.1 Struktur des Problems

Es handelt sich hier darum, aus den Mittelpunktskordinaten zweier Zahnräder und den Achsabständen zu einem dritten Rad, das mit den beiden ersten Rädern in Eingriff steht, die Koordinaten eben dieses dritten Radmittelpunktes zu berechnen. Die Struktur des Problems ist denkbar einfach. Nur an einer Stelle mündet die lineare Programmfolge in eine Iterationsschleife zur Berechnung einer Quadratwurzel. Bild 2 zeigt den Strukturgraphen der Aufgabe.

##### 3.2 Das Ablaufdiagramm (vereinfacht)

Bild 3 zeigt den Ablauf der Rechnung. Die Symbole  $\alpha$  bzw.  $\omega$  mögen für BEGINN bzw. ENDE stehen.

##### 3.3 Speicherplatzbedarf

Insgesamt werden rund 20 Zellen für die Speicherung von Zahlen benötigt. Die Maschine braucht für die

Durchrechnung des Problems 150 Befehle, die demnach 50 Plätze des Befehlsspeichers ausfüllen. Das Programm kann also vollständig auf der Trommel untergebracht werden.

### 3.4 Rechenzeit

Aus der folgenden Zusammenstellung sind die Anteile der verschiedenen Operationstypen an der Gesamtzeit ersichtlich:

65 arithmetische Operationen . . . . .	15 s
70 transportierende Operationen . . . . .	3 s
15 Eingabe- und Druckoperationen . . . . .	70 s

Dieser Rechenzeit von 1,5 min steht eine mit einer Handrechenmaschine benötigte Zeit von etwa einer Stunde gegenüber. Die Programmierungsarbeiten nahmen 2 Tage in Anspruch.

#### Beispiel 2: Ausschnitt aus einer Berechnung am läufergespeisten Drehstrom-Kommutator-Motor

##### 3.1a Struktur des Problems

Ausgehend von einigen feststehenden Eingangsgrößen werden im Verlauf einer ziemlich umfangreichen Rechnung gewisse Kenndaten des Motors ermittelt. Als Parameter tritt hier der Schlupf  $s$  auf; man nimmt etwa 6 bis 8 verschiedene Werte an. An drei Stellen des Rechenprogramms muß eine Quadratwurzel gezogen werden. Es gelingt durch einige programmierstechnische Zusatzmaßnahmen, dafür ein und dasselbe Unterprogramm zu verwenden. Bei Lochbandprogrammgebung ist dies selbstverständlich, wenn man das Unterprogramm auf der Trommel speichert und Programmsprünge zwischen Lochband und Trommel möglich sind.

Der Strukturgraph der Aufgabe besitzt die in Bild 4 gezeigte Form.

##### 3.2a Das Ablaufdiagramm

Den Ablauf der Rechnung erläutert Bild 5.

##### 3.3a Speicherplatzbedarf

Für Eingangswerte, Zwischen- und Endresultate benötigt man 45 Speicherzellen, ohne daß in dieser Hinsicht optimal programmiert wurde. Mit der Eingabe und dem Druck besteht die Befehlsfolge des Problems aus rund 470 Anweisungen. Deshalb muß hier die Steuerung der Maschine vom Lochstreifen her erfolgen.

### 3.4 Rechenzeit

Werden die Befehle vom Lochstreifen in das Steuerwerk des Rechners übernommen, so gelten wegen der relativ langen Zugriffszeit etwa folgende Rechenzeiten:

250 arithmetische Operationen . . . . .	2 min
200 transportierende Operationen . . . . .	1 min
20 Druckoperationen . . . . .	0,5 min

Berücksichtigt man den mehrfachen Durchlauf der Programmschleifen, so kann man bei 6 Parameterwerten  $s$  eine Gesamtrechenzeit von 30 min annehmen. Das gleiche Arbeitspensum erledigt eine eingearbeitete Kraft mit dem Rechenschieber in etwa 20 Stunden.

Die Programmierungsarbeit wurde von einem Ingenieur nach kurzer Einarbeitungszeit in einer Woche bewältigt.

#### Beispiel 3: Berechnung einer Funktion, die durch eine endliche Summe dargestellt wird

Dieses Beispiel möge veranschaulichen, daß scheinbar kompliziertere Probleme mitunter keine Schwierigkeiten bereiten. Die Aufgabe lautet, die Funktion

$$S(t) = K \cdot \sum_{n=0}^{10} \sqrt{1 + t \cdot \cos^2 \frac{\pi \cdot n}{5 \cdot t}}$$

für die Argumente  $t = 1$  bis  $t = 10$  mit der Schrittweite  $\Delta t = 0,1$  zu tabellieren.  $K$  sei eine Konstante.

Aus Bild 6 ist die Struktur des Problems zu ersehen.

Bild 7 zeigt das Ablaufdiagramm der Rechnung.

NTB 488

### 1. Allgemeines zum Lochkartenverfahren

Um die Ziele des Siebenjahrplanes zu erreichen, müssen auf dem Wege der Erhöhung der Produktion neue Wege der Organisation und auch eine verbesserte neue Technik angewandt werden. Damit der gesamte Lebensstandard verbessert werden kann, ist es nicht nur Aufgabe der Produktion, sondern auch der Verwaltung der Produktion neue Wege der Organisation und neue Arbeitsprinzipien anzuwenden. Rationalisierung und Automatisierung der Arbeit schlechthin in Produktion und Verwaltung müssen durchgeführt werden, um mit weniger Zeitaufwand den größtmöglichen ökonomischen Nutzen zu erreichen. Zur Zeit sind noch viele Menschen, speziell in der Verwaltung, der Industrie, der Banken, Sparkassen und im Handel damit beschäftigt, sogenannte Routinearbeit zu bewältigen. Um diese Arbeitskräfte jedoch für eine produktivere Arbeit zu gewinnen, ist es notwendig, u. a. Lochkartenmaschinen in verstärktem Maße anzuwenden. Da die Lochkarte als Belegträger Verwendung findet, kann sie durch Lochkartenmaschinen zu vielfachen Auswertungen herangezogen werden. Gerade die Besonderheiten der Lochkarte und der verarbeitenden Lochkartenmaschinen gestatten es, diese verschiedenartigen Auswertungen in manuell nicht erreichbarer Geschwindigkeit durchzuführen. In den vorhandenen Lochkartenanlagen, die in der Regel nach elektro-mechanischem Prinzip aufgebaut sind, besteht jedoch seit Jahren ein großer Engpaß an rechnenden Maschinen. Dieser wirkt sich sogar so stark aus, daß verschiedene Anlagen nicht voll ausgenutzt werden können, da die notwendige Rechenarbeit zwischendurch manuell erledigt werden muß und im Manuellen nicht in der für die maschinelle Abrechnung notwendigen Geschwindigkeit geschafft werden kann. Um diesen Engpaß zu beseitigen, wurde im VEB Elektronische Rechenmaschinen von einem erfahrenen Kollektiv von Ingenieuren, Konstrukteuren, Technikern und Organisatoren der Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ entwickelt. Mit dieser Maschine werden die herkömmlichen elektro-magnetischen Lochkartenmaschinen um ein schnelles elektronisches Zusatzgerät bereichert.

### 2. Der Elektronenrechner „Robotron ASM 18“

Der Elektronenrechner „Robotron ASM 18“, der sich die Verwendung der Elektronengeschwindigkeit zu eigen macht, erreicht als Arbeitsgeschwindigkeit ein Tempo, in dem er alle elektro-mechanischen Geräte um ein vielfaches überbietet. Er stellt ein Zusatzgerät für die kommerziellen Lochkartenmaschinen dar, der durch

seine hohe Arbeitsgeschwindigkeit bewirkt, daß die anfallenden Rechenoperationen während des normalen Arbeitsablaufes der Lochkartenmaschinen durchgeführt werden können. Dies gilt für die Tabelliermaschine, die in dieser bisherigen Kapazität nur addieren und subtrahieren konnte und nur durch besondere Zusatzrichtung in der Lage war zu multiplizieren. Dabei muß jedoch beachtet werden, daß der Vorgang der Multiplikation äußerst viel Zeit beanspruchte. Andere stanzende Lochkartenmaschinen, die bisher überhaupt noch nicht in der Lage waren zu multiplizieren — außer den sogenannten Rechenlochern — werden ebenfalls durch den Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ in die Lage versetzt, addierende, subtrahierende und multiplizierende Geräte zu werden. D. h. also, daß in Verbindung mit stanzenden Lochkartenmaschinen der Elektronenrechner ASM 18 als Rechenlocher mit einfacher Additions- und Subtraktionsmöglichkeit Verwendung finden kann und Multiplikationen in einer beachtlichen Arbeitsgeschwindigkeit durchführt.

Die Bedingungen, die der Elektronenrechner an die anzuschließenden Lochkartenmaschinen stellt, sind nicht umfangreich und können bei einer Anzahl von Lochkartenmaschinen unterschiedlichen Typs erfüllt werden. Es wird eine Abfühlstation (Bürstensatz) zur Abfühlung der Werte aus den Lochkarten benötigt, deren anschließende Umsetzung in Impulse erfolgt. Die Ausgabe durch den Elektronenrechner erfolgt entweder in ein Druckwerk, in einen Zähler oder in einen Stanzblock. Für die Arbeitsgeschwindigkeit ist besonders vorteilhaft, daß die Eingabe der Faktoren in den Rechner und die Ausgabe der Produkte aus dem Rechner in die Lochkartenmaschine gleichzeitig erfolgt. Die Steuerung der Ein- und Ausgabe sowie die Synchronisierung werden durch Nockenscheiben und andere elektrische bzw. elektronische Elemente durchgeführt. Alle Verbindungen zwischen dem Elektronenrechner und den Lochkartenmaschinen werden über die Stecktafel der Lochkartenmaschine geführt. Bei diesen Verbindungen handelt es sich um solche zwischen Bürstenstation und Eingabe des Rechners, der Rechnerausgabe und Übernahme auf dem Stanzblock, Schreibwerk oder Zähler der Lochkartenmaschine. Damit ist es möglich, die Ein- und Ausgabe sowie die Faktoren variabel zu bestimmen.

Die große Rechensicherheit des Elektronenrechners „Robotron ASM 18“ gestattet es, ihn als Einzelmaschine arbeiten zu lassen. Auch die viel verbreitete Form der Kontrolle durch 2faches Rechnen wurde nicht angewandt, da die Rechenoperationen mit einer Sicherheit

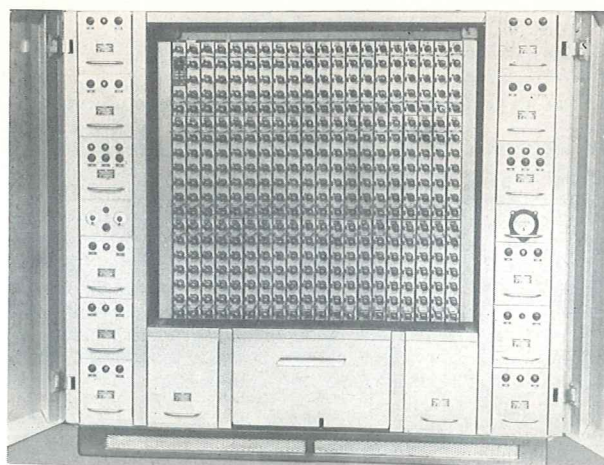


Bild 1. Elektronenrechner Robotron ASM 18 (Vorderansicht)

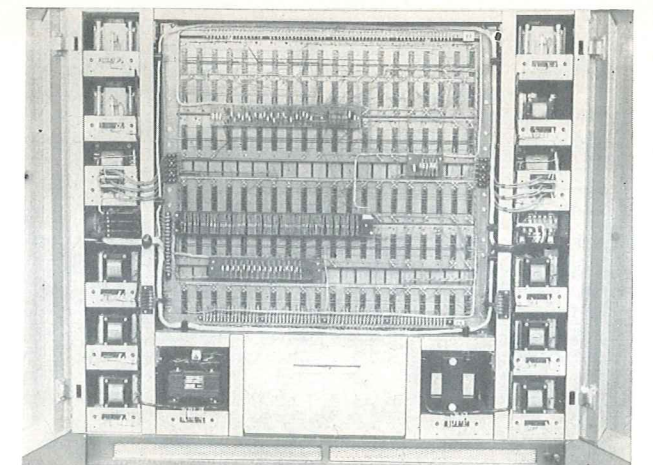


Bild 2. Rückansicht

erfolgen, die von elektro-mechanischen Maschinen bisher noch nicht erreicht wurde. Trotzdem ist es möglich, mit Hilfe von Gruppensummen die Richtigkeit mehrerer Rechenkomplexe zu prüfen, da für einen Großteil ökonomischer Rechnungen die Kontrolle unumgänglich ist. Bild 1 und 2 zeigen die Vorder- und Rückansicht des Elektronenrechners ASM 18.

Wenden wir uns jedoch erst einmal dem technischen Aufbau zu. Es handelt sich bei diesem Elektronenrechner um einen Ziffernrechner, der mit Röhren aufgebaut ist. Die Stückzahl, die für das Rechen teil des Elektronenrechners benötigt wird, beläuft sich auf  $32 \times 4$  Röhren. Eine Anzahl weiterer Röhren dienen dazu, die Stromstabilisation und die Steuerstromkreise zu regeln. Die Betriebsspannung dieses Rechners beläuft sich auf 220 V und 50 Hz. Die Leistungsaufnahme beträgt etwa 2,7 kW. Abgesichert wurde dieses Gerät mit einem 15 A Überstromschalter. Es ist besonders wichtig, darauf hinzuweisen, daß der Elektronenrechner bei einer Arbeitsfrequenz von 20 kHz verschiedene Multivibrator-Frequenzen besitzt, die über 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 20 kHz bis 25 kHz reichen. Die Prüffrequenz für den Elektronenrechner beträgt 25 kHz. Die äußeren Abmessungen dieses Gerätes betragen  $1500 \times 1300 \times 500$  mm und das Gewicht etwa 250 kg. Das wäre das Äußere oder Allgemeine zu dem Aufbau des Rechners. Es muß vielleicht noch besonders darauf hingewiesen werden, daß dieser Rechner als Ziffernrechner pro Stelle mit 4 Röhren besetzt ist, die mit ihren Zuständen in der Lage wären, bis zu 16 zu zählen. Die Röhrengruppe ist so geschaltet, daß bei der Wertigkeit der Röhren 1, 2, 4 und 8 die verschiedenen Kombinationen bis 9 zählen und schon mit dem nächsten Impuls auf die nächsthöhere Wertigkeit überschalten, d. h. also, die 16 Möglichkeitsformen bei der Zusammenschaltung von 4 Röhren wurde auf 9 verringert.

Wie bereits erwähnt, ist der Elektronenrechner „ASM 18“ dazu gedacht, als multiplizierendes Anschlußgerät an elektro-mechanische Lochkartenmaschinen angeschlossen zu werden.

Dazu sind besonders die Tabelliermaschine sowie stanzende Geräte, z. B. Lochkartendoppler, geeignet. In diesem Zusammenhang muß erwähnt werden, daß über die Anschlußmöglichkeit an der Tabelliermaschine bzw. die Verwendung, die diese Maschinenkombination zuläßt, in der Praxis noch unterschiedliche Meinungen bestehen. Ein Großteil der Organisatoren war zu Beginn der Zeit, in der uns der Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ zur Verfügung stand, der Meinung, daß es genüge, diesen Elektronenrechner an die Tabelliermaschine anzuschließen. Es war also nicht daran gedacht worden, daß auch das Ergebnis aus der Rechenoperation, die der Elektronenrechner vollzieht, in die Karte gestanzt werden muß, um später in vielfachen Auswertungsformen der Karte entnommen zu werden. Eine kurze Zeit darauf verfiel man in das andere Extrem, indem sich die Meinung verbreitete, der Elektronenrechner ASM 18 hat nur dann Sinn, wenn er an ein stanzendes Gerät angeschlossen werden kann. Meine persönliche Meinung aus den verschiedenen Untersuchungen ist die, daß beide Möglichkeitsformen, d. h. also einmal der Anschluß an die Tabelliermaschine und andererseits der dringende Anschluß an stanzende Maschinen gerechtfertigt ist. Gerade in verschiedenen Fragen der Verdichtung des Zahlenmaterials für die Bruttolohnrechnung oder für die Materialrechnung macht es sich notwendig, den Elektronenrechner als multiplizierendes Gerät an die Tabelliermaschine anzuschließen, um durch Zusammenfassung Summenkarten zu gewinnen.

Kehren wir vorerst zurück zu den Fragen der stanzenden Maschinen. Es besteht also die Möglichkeit, an einem Doppler z. B. gleichzeitig 2 Elektronenrechner anzuschließen. D. h., daß die Rechenoperation auf der Abfühlbahn stattfindet und das Ergebnis dieser Operation in die Karte gestanzt wird. Anschließend durchläuft die Karte vollständig die Abfühlbahn. Dort befindet sich der 2. Elektronenrechner angeschlossen, der aus dem Bürstensatz Nr. 1 die Faktoren entnimmt und gleichzeitig mit Bürstensatz Nr. 2 das Ergebnis abliest und dem Vergleichler zuführt. Gleichzeitig gibt auch der Elektronenrechner das ermittelte Ergebnis an den Ver-

gleicher aus. Die Übereinstimmung der beiden Ergebnisse, d. h. einmal der Karte entnommen und andererseits durch den Rechner errechnet stellt fest, ob wirklich die erste Rechnung, die auf der Stanzbahn stattgefunden hat und in die Karte eingestanzt wurde, richtig ist. In dieser Form, d. h. also bei Verwendung von 2 Elektronenrechnern an einen Kartendoppler ergibt sich bei einer Arbeitsleistung von etwa 7000 K/h ungefähr ein Mehraufwand von 5 Minuten. Dieser ist notwendig, um den 1. Teil des Kartenstapels dieser 7000 Karten auf der Stanzbahn durchlaufen zu lassen, um anschließend in der Abfühlbahn kontrolliert zu werden. Diese 5 Minuten Zeitaufwand entsprechen ungefähr 500 Karten, die dann genügen, um einen entsprechenden Vorlauf für diese Arbeiten zu haben. Der gleiche Aufwand ist notwendig, wenn am Ende des Kartenstapels die Abfühlbahn etwa 5 Minuten separat vergleichen muß, da der Stapel bereits die Stanzbahn durchlaufen hat.

Eine andere Möglichkeit des Nachrechnens besteht während des Stanzganges unter Ausnutzung der 2. Kartenbahn beim Kartendoppler darin, daß man die Parallel-Multiplikation der Maschine, d. h.  $a \cdot b$ ,  $c \cdot d$  ausnutzt. Diese Rechenmöglichkeit gestattet es, die Operanden des Elektronenrechners „Robotron ASM 18“ ähnlich der mechanischen Maschinen zu splitten und parallel zwei Rechnungen durchzuführen, d. h. also, man verbindet einmal die Ein- und Ausgänge des Elektronenrechners für die Faktoren a und b mit dem Bürstensatz auf der Stanzbahn bzw. mit dem Stanzblock auf der Stanzbahn für das Ergebnis. Damit werden alle Karten gerechnet, die die Stanzbahn durchlaufen und erhalten das Produkt eingestanzt. Gleichzeitig schaltet man jedoch so, daß auf der Abfühlbahn die Operanden c und d von dem ersten Bürstensatz abgenommen werden. Das bereits errechnete Produkt wird durch den Bürstensatz 2 dem Vergleichler zugeführt. Die Stellen, in denen sich das Produkt d befindet, werden mit dem Vergleicherausgang parallel geschaltet. Der Unterschied zwischen der Operation a und b sowie c und d besteht lediglich darin, daß die auf der Abfühlbahn durchgeführte Rechenoperation  $c \cdot d$  genannt wird im Gegensatz zu der sich auf der Stanzbahn entwickelnden Rechenoperation, die wir als a und b bezeichnen. Es handelt sich um die gleichen Faktoren und nur der Unterschied zwischen  $a \cdot b$  und  $c \cdot d$  soll ausdrücken, auf welcher Bahn diese Rechenoperation durchgeführt wird. Dabei ist zu beachten, daß in diesem Falle die Faktoren 5 bzw. 4 Stellen und das Produkt 9 Stellen nicht überschreiten darf, da dies die maximale Kapazität des Rechners darstellt. In diesem Beispiel wäre es möglich, auch eine Rechnung und Nachrechnung in einem Arbeitsgang durchzuführen. Der Kartenwechsel zwischen Ablage- und Zufuhrschacht erfolgt ebenso wie in dem vorangegangenen Beispiel, in dem auf zwei Rechner zurückgegriffen werden mußte. Besonderen Wert sollte man darauf legen, daß grundsätzlich die Ein- und Ausgabe durch unterschiedliche elektro-mechanische bzw. mechanische Bauteile erfolgt. Die Erfahrungen mit elektronischen Rechengeräten haben gezeigt, daß, nachdem eine einwandfreie Eingabe erfolgt ist, die dann noch vorkommenden Fehler weitaus geringer sind, als bei elektro-mechanischen oder rein mechanischen Rechengeräten.

Die Hauptfehlerquelle, die sich bei der Koppelung mechanischer bzw. elektro-mechanischer Maschinen mit elektronischen Geräten ergibt, liegt in der Umsetzung der Eingabe bzw. der Ausgabe, die vom elektro-mechanischen bzw. mechanischen Prinzip zum elektronischen vorgenommen werden muß. Eine Kontrolle hat nur Zweck, wenn andere Bauteile für die Ein- und Ausgabe Verwendung finden. Die sich bei uns gezeigten Erfahrungen haben bestätigt, daß gerade dieser Kontrolle ein besonderes Augenmerk zu schenken ist. Obwohl der Elektronenrechner ASM 18 kein programmgesteuerter Mehrschrittrechner ist, hat er doch eine Rechenfähigkeit, die die Multiplikation  $a \cdot b$  oder  $a \cdot b \cdot c$  oder  $a \cdot b \cdot c \cdot d$  ermöglicht.

Diese unterschiedlichen 3 Grundformen der Rechenoperation dieses Rechners werden auf einer Schalttafel rechts am Elektronenrechner geschaltet (Bild 3). Durch

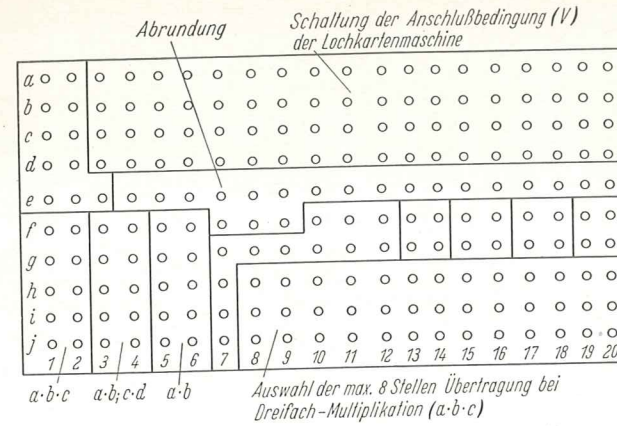


Bild 3. Programmtafel des Elektronenrechners ASM 18

das Stecken verschiedener Buchsen werden die entsprechenden Programme dem Rechner aufgegeben.

Die Grundstellung der Maschine besteht in der Verarbeitung der Rechenoperation, die sich in der Formel ausdrückt:  $(\pm a_1 \pm a_2 \pm a_3) \cdot b = x$ . Bei dieser Grundstellung ist zu beachten, daß der Klammersausdruck 10 Stellen in der Summe nicht überschreiten darf und positiv sein muß. Der Multiplikator darf 8 Stellen und das Produkt 18 Stellen betragen (Bild 4).

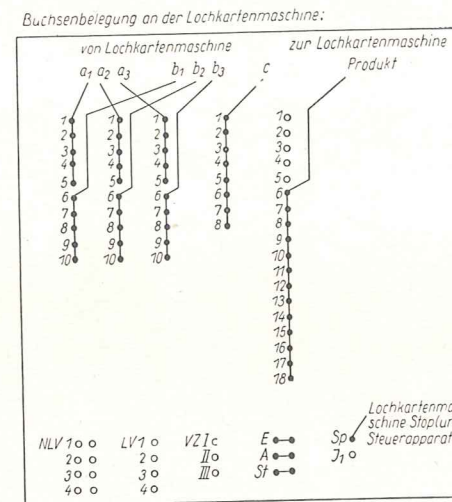


Bild 4. Rechenfähigkeit A  $(\pm a_1 \pm a_2 \pm a_3) \cdot b$

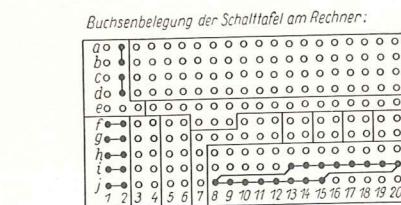
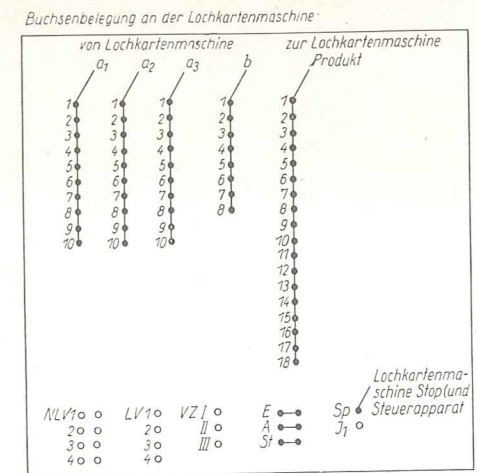
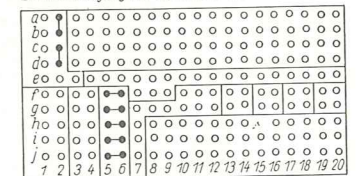


Bild 5. Rechenfähigkeit B  $(a_1 + a_2 + a_3) \cdot (b_1 + b_2 + b_3) \cdot c$

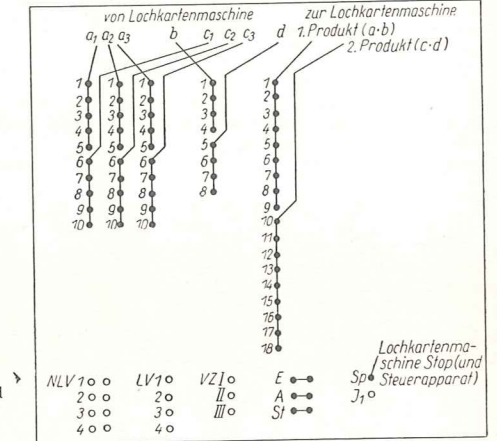
Bild 6. Rechenfähigkeit C  $(a_1 + a_2 + a_3) \cdot b \cdot (c_1 + c_2 + c_3) \cdot d$



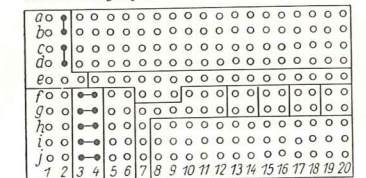
Buchsenbelegung der Schalttafel am Rechner:



Buchsenbelegung der Lochkartenmaschine:



Buchsenbelegung der Schalttafel am Rechner:



Durch das Umstecken der Programmtafel ist es möglich, auch eine Dreifach-Multiplikation durchzuführen:

$$(+ a_1 + a_2 + a_3) \cdot (+ b_1 + b_2 + b_3) \cdot c = y.$$

Die Summe der Klammersausdrücke (a und b) muß auch hier positiv sein, darf jedoch 5 Stellen nicht überschreiten. Der Operand c kann maximal 8 Stellen betragen und das Produkt darf 13 Stellen nicht überschreiten. Bei dieser Rechenoperation ist zu beachten, daß der Rechner folgende Schritte durchführt: Er rechnet  $a \cdot c = x$  und als zweiten Rechenschritt rechnet er  $b \cdot x = y$ . Die Stellenzahlen für a und b und c liegen fest und das Zwischenergebnis x kann maximal 13 Stellen betragen, wobei jedoch nur 8 Stellen beliebig auf der schon oben beschriebenen Stecktafel ausgewählt werden dürfen und nur 8 dieser von den errechneten 13 weiterverarbeitet

werden können. Auch eine Ausgabe des Zwischenergebnisses x ist zur Zeit nicht möglich (Bild 5).

Die 3. Rechenmöglichkeit besteht in der parallelen Multiplikation, wie in dem vorher beschriebenen Beispiel bereits angewendet, d. h. es werden 2 unterschiedliche Multiplikationen gleichzeitig durchgeführt:

$$(+ a_1 + a_2 + a_3) \cdot b = x; (+ c_1 + c_2 + c_3) \cdot d = y.$$

Bei dieser Rechenoperation muß ebenfalls die Summe der Klammersausdrücke, die max. 5 Stellen betragen können, positiv sein. Die Multiplikatoren b und d dürfen 4 Stellen betragen, währenddem die Ergebnisse x und y, die gleichzeitig, also parallel errechnet werden, bis zu 9 Stellen in Anspruch nehmen können (Bild 6).

Bei der Zusammenfassung der 3 Arbeitsmöglichkeiten muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß bei

allen Summierungen die Summe positiv sein muß, wenn eine weitere Multiplikation erfolgen soll. Ferner setzt die Subtraktion voraus, daß das Vorzeichen durch eine Abfühlation vor der Eingabe der Faktoren auf der Lochkartenmaschine abgenommen und in den Rechner eingegeben werden kann.

In der Regel ist es im ökonomischen Rechnen üblich, daß das Zusammentragen von positiven und negativen Werten getrennt erfolgt, so daß das entsprechende Vorzeichen der durchzuführenden Arbeiten bereits von vornherein festliegt und gesteckt werden kann (mit oder ohne Steuerloch). Zu der Rechenoperation  $a \cdot b$  muß noch ausgeführt werden, daß es möglich ist, einen der Faktoren — entweder  $a$  oder  $b$  — nicht zu löschen, d. h. ihn als konstant zu verwenden. Auch Produkte können im Rechner verbleiben, so daß sich die Produkte der einzelnen durchgeführten Rechenoperationen summieren. Diese Summe aus mehreren Rechenoperationen kann jedoch nur durch Leitkarten aus dem Rechner entnommen werden.

Die Begrenzung der Stellenzahl von 18 Stellen für das Produkt bleibt auch bei diesen Summierungen bestehen. Bei der Verwendung anderer Einstellungen als der der Grundstellung, z. B. bei der Rechenoperation

$$(+ a_1 + a_2 + a_3) \cdot (+ b_1 + b_2 + b_3) \cdot c = y$$

kann der Faktor  $c$  konstant bleiben.

Bei Doppelmultiplikationen

$$(a_1 \text{ usw.}) \cdot b = x; (c_n \text{ usw.}) \cdot d = y$$

können entweder die Summen  $a$  und  $c$  konstant bleiben oder die Werte  $b$  und  $d$ . Dabei bei den beiden Rechenoperationen nur gemeinsam. Die Summierung der Produkte kann auch in diesem Fall durchgeführt werden, jedoch dürfen hier die Summen aus  $x$  und  $y$  nicht mehr als 9 Stellen betragen.

Der Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ kann auch zur Summierung großer Stellen-Kolonnen Verwendung finden, d. h. also, er kann eine Rechenkette mit

$$a_1 + a_2 + a_3 \text{ bis } a_n = a_x$$

rechnen. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß jedes Glied der Reihe in einer Lochkarte sein muß. Mit diesen sogenannten Rechenoperationen lassen sich verschiedene Kombinationen durchführen. Da jedoch bei den meisten Rechenoperationen die gesamte Kapazität des Lochers nicht benötigt wird, wie z. B. bei Material- und Inventurlistenbewertungen, ist in dem Elektronenrechner eine Aufrundung eingebaut.

Das Abrunden oder Unterdrücken kann durch das einfache Nichtverbinden entsprechender Stellen auf der Stecktafel durchgeführt werden. Die Aufrundung ist ebenfalls auf der kleinsten Stecktafel des Elektronenrechners zu stecken. Es sind sogar 2 Aufrundungsmöglichkeiten vorgesehen, um auch die Aufrundung unter Verwendung der parallelen Multiplikationen vornehmen zu können.

Die kleine Schalttafel (Programmtafel Bild 3) am Rechner ist dazu angebracht, um dem Rechner die Befehle zu geben, nach denen er Rechenoperationen durchzuführen hat. Diese Einteilung befindet sich auf den Buchsen  $f$  bis  $j$ , Ziffer 1 bis 6. Im einzelnen ergeben sich dazu folgende Funktionen: Verbindung der Buchse 1 und 2  $f$  bis  $j$  ergibt die Multiplikation  $a \cdot b \cdot c$ . Verbindet man die Buchsen 3 und 4  $f$  bis  $j$ , erhält man die Parallel-Multiplikation mit  $a \cdot b$ ,  $c \cdot d$  und bei der Verbindung der Buchsen 5 und 6 ebenfalls  $f$  bis  $j$  erhält man die Stamm-Multiplikation  $a \cdot b$ . Es ist zu beachten, daß bei der Multiplikation  $a \cdot b \cdot c$  nur von dem 1. Rechenschritt, der ein 13-stelliges Ergebnis haben kann, 8 Stellen in die 2. Rechenoperation übernommen werden können. Von der Buchsenreihe  $j$  8 bis 20 sind die ausgewählten 8 Stellen in die Buchsenreihe  $i$  13 bis 20 zu überführen. Diese 8 Stellen wurden als  $x$  in den Rechenmöglichkeiten bezeichnet. Die bei maximaler Ausnutzung der Stellenzahl abzuschneidenden 5 Stellen werden auf der Programmtafel nicht verbunden. Es ist möglich, mehr als 5 Stellen des 13-stelligen Zwischenproduktes abzuschneiden.

Auf der kleinen Schalttafel ist auch den Besonderheiten der Lochkartenmaschine Rechnung getragen worden, die sich in der Stromversorgung der unterschiedlichen Loch-

kartenanlagen ergeben, d. h. mit anderen Worten, daß der Rechner die Fähigkeit besitzt, an Lochkartenanlagen mit einer Betriebsspannung von 110 V und auch mit 48 V angeschlossen zu werden. Die wahlweise Anschlußmöglichkeit des Rechners ist in dem Buchsenfeld  $a$  bis  $d$ , Ziffer 3 bis 20 aufgeteilt. Wird der Rechner „Robotron ASM 18“ an Lochkartenmaschinen mit 110 V angeschlossen, sind die Buchsenreihen  $b$  und  $c$  3 bis 20 miteinander zu brücken.

Bei Anschlußbedingungen an eine Lochkartenmaschine mit 48 V sind die Buchsenreihen  $a$  und  $b$ , 3 bis 20 miteinander zu verbinden und gleichzeitig die Buchsenreihen  $c$  und  $d$  ebenfalls 3 bis 20. Damit kann der Rechner wahlweise an Lochkartenmaschinen unterschiedlichen Typs angeschlossen werden.

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, daß die Aufrundung mit der Buchsenreihe  $e$ , Ziffer 6 bis 20 vorgenommen wird, und zwar befinden sich dort die 13 höchsten Stellen des Produktes von 20 an steigend. Den Buchsen  $d$ , 4 und 5 sind jeweils 5 Impulse zur Aufrundung zu entnehmen. Wenn die gewählte Stelle durch die Rechnung weitere 5 Impulse erhält, werden diese automatisch in die höhere Wertstelle übertragen. Allerdings müssen diese Auffüllimpulse 2 mal aus der Schalttafel zu entnehmen sein, um auch bei der Parallel-Multiplikation die beiden Produkte aufrunden zu können. Es ist noch darauf hinzuweisen, daß mit dieser Steuerung der kleinen Tafel die Steuerung des Rechners nicht abgeschlossen ist.

Auf der Schalttafel der Lochkartenmaschine, an die der Elektronenrechner angeschlossen werden soll, sind noch folgende Buchsen für die Steuerung des Rechners notwendig:

LV 1 bis 4, NLV 1 bis 4, VZ I, II und III, St, E, A, SP und I 1.

Im einzelnen haben diese Buchsen folgende Aufgaben: Die Buchsen LV stellen Löschverhinderungsbuchsen dar, d. h., daß bei der Schaltung dieser Buchsen die Löschung verhindert werden kann. Die Untergliederung zwischen I bis IV liegt darin, daß die Buchse I für den Multiplikator, die Buchse II für die Multiplikatanden und die Buchsen III bis IV jeweils für die Produktstellen 1 bis 9, 10 bis 18 Verwendung finden. Die NLV-Buchsen stellen wiederum die Negierung der Löschverhinderung dar. Damit kann die Löschverhinderung zu einem bestimmten Zeitpunkt, der von der Lochkartenmaschine aus bestimmt wird, aufgehoben werden. Die Untergliederung I bis IV ist gleich der Untergliederung der Löschverhinderung.

VZ I, II und III kennzeichnen die Vorzeichen, und zwar jeweils für den Multiplikatanden I, II oder III. Dies ist notwendig, um die zu Beginn einer Multiplikation vorgenommene Summierung innerhalb des Klammerausdrucks, z. B.

$$(\pm a_1 \pm a_2 \pm a_3)$$

mit entsprechenden Vorzeichen zu erhalten. Die Buchse St gibt den Start, die Buchse E den Eingabeimpuls und die Buchse A den Ausgabeimpuls ab.

Die Buchse SP wird für den Stopp verwendet.

Die Buchse JI ist nur zu schalten bei einer Addition im Produkt; denn sie gibt jeweils einen entsprechenden Zählimpuls ab.

Diese grundsätzlichen Ausführungen über den Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ sollen einen kurzen Überblick über die Leistungsfähigkeit des Rechners vermitteln.

### 3. Der Elektronensaldierer

Der Elektronensaldierer ist eine Maschinenkombination, die aus drei Teilen besteht. Durch einige Veränderungen ist eine Sortiermaschine vom Typ 432 „S“ in eine Sortiermaschine zum Anschluß an den Elektronensaldierer ausgebaut worden. Die einstellige Abfühleinheit der Sortiermaschine Typ 432 wurde durch eine 80stellige Abfühleinheit ausgetauscht. Im Abstand von 15 Lochteilungen ist eine zweite 80stellige Abfühleinheit eingebaut. Das elektronische Saldiergerät selbst ist ein Anschlußgerät an Lochkartenmaschinen, das in der Lage ist, mit großer Geschwindigkeit Additionen und Subtraktionen durchzuführen. Es befindet sich in dem

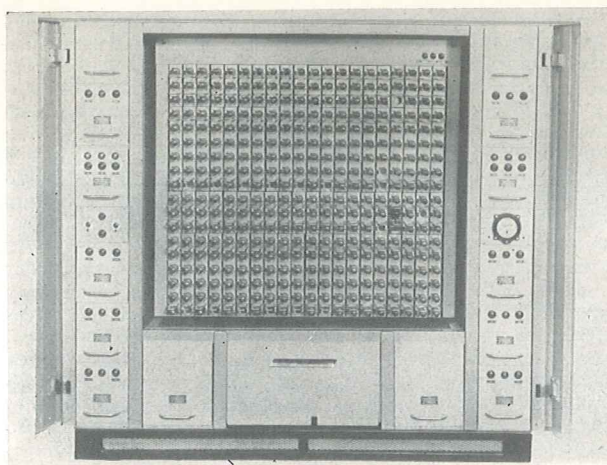


Bild 7. Elektronensaldierer

gleichen äußeren Rahmen wie der Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ und ist mit Röhren bestückt (Bild 7). Der Anschluß kann an jede Lochkartenmaschine vorgenommen werden, die über zwei hintereinander folgende Abfühleinheiten verfügt.

Durch die Verwendung der Sortiermaschine als Eingabegerät in den Elektronensaldierer ist diese Maschinenkombination nicht nur in der Lage, alle Saldierarbeiten einschl. Kennziffern-Auswahl vorzunehmen, sondern die Besonderheit der beiden 80stelligen Abfühleinheiten gestattet es, die Funktionsfähigkeit der Sortiermaschine voll zu erhalten. Es ist somit möglich, eine Kennzifferauswahl vorzunehmen unter gleichzeitiger Saldierung bestimmter Werte, die diesen Kennziffern entsprechen. Gleichzeitig kann in Verbindung damit eine Sortierung einer anderen Spalte, die sich außerhalb der Kennziffern befindet, durchgeführt werden. Dafür werden die normalen Sortiermerkmale, wie sie auf den Sortiermaschinen üblich sind, benutzt.

Betrachten wir vorerst die Arbeiten, die der Elektronensaldierer erledigt, soweit er an eine Lochkartenmaschine angeschlossen ist, die über zwei hintereinander folgende Abfühleinheiten verfügt:

- a) Kennziffern-Auswahl
- b) Saldierungen

Zu a):

Bei der Kennziffern-Auswahl ist es möglich, eine mehrstellige Kennziffer, die maximal 8stellig sein darf, aus einer beliebigen Kartenordnung auszuwählen. Diese Kennziffer muß auf der Stecktafel eingestellt sein. Stimmt der abgefühlte Wert der Kennziffer von der Lochkarte mit der programmierten Kennziffer im Elektronensaldierer überein, kann ein Aussortieren dieser Kennziffernkarten erfolgen.

Zu b):

Es ist möglich, mit dem Elektronensaldierer zwei 12stellige Zahlenkolonnen zu addieren und zu subtrahieren. Die Subtraktion setzt jedoch voraus, daß die Werte, die subtrahiert werden sollen, durch ein 11er Überloch gekennzeichnet sind. Die notwendige Steuerfunktion wird von dem ersten Bürstensatz abgefühlt. Vom zweiten

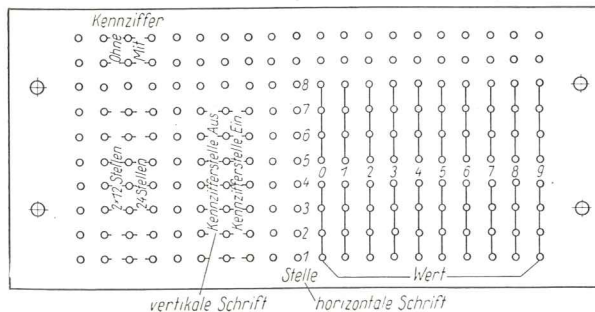


Bild 8. Stecktafel für das Rechenteil

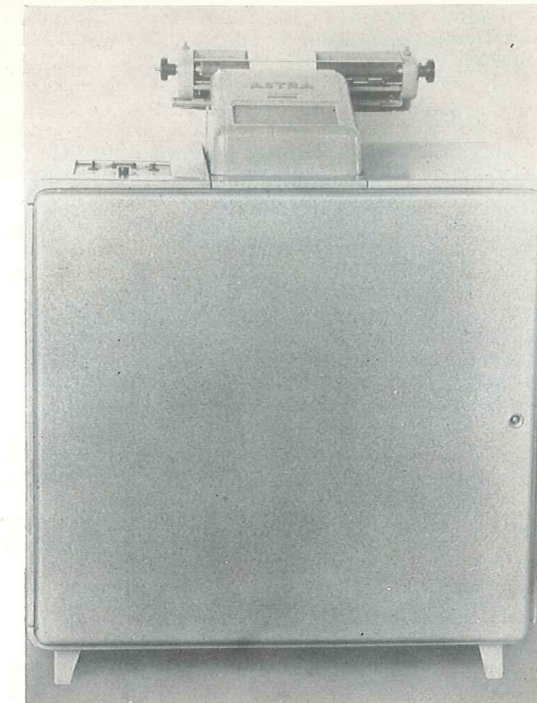


Bild 9. ASCOTA-Schnellsaldiermaschine als Summen-drucker

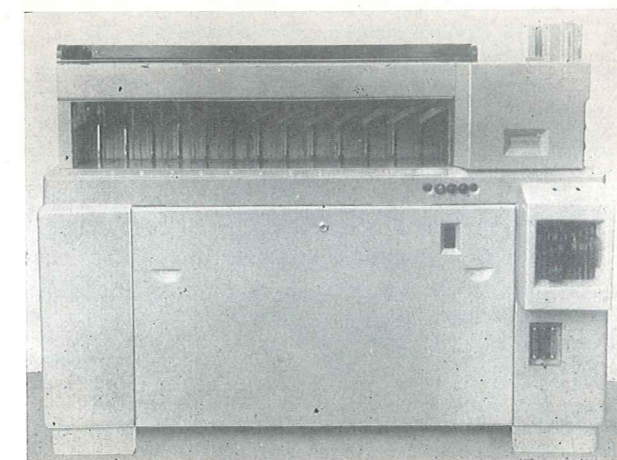
Bürstensatz erfolgt die Abnahme der Werte. Die Trennung der Steuerung von der Wertabnahme ist durch den Kartenlauf bedingt (9 bis 12).

Die Programmierung der entsprechenden Arbeiten wird auf einer am Rechenteil befindlichen Stecktafel durchgeführt (Bild 8). Verriegelungen sichern ein Überlaufen der 12stelligen Werte. Die zwei 12stelligen Speicher können auch zusammengeschlossen werden, so daß die Möglichkeit gegeben ist, Zahlenkolonnen bis zu 24 Stellen zu addieren. Die Ausgabe erfolgt mit dem Ausgabenteil des Elektronensaldierers, in das eine „Ascota-Schnellsaldiermaschine“ (Bild 9) eingebaut ist, die die Summe abdruckt. Selbstverständlich ist auch hier durch Verriegelungen die Gewähr gegeben, daß erst der Abdruck erfolgt, bevor ein Weiterlauf des Elektronensaldierers möglich ist.

Wenden wir uns jetzt besonders der Maschinenkombination Elektronensaldierer und elektronische Schnellsortiermaschine zu.

Wie bereits erwähnt, ist die elektronische Schnellsortiermaschine (Bild 10) durch die Vollausrüstung der einstelligen Bürstenstation mit einer 80stelligen Abfühleinheit und durch die Ergänzung um eine zweite 80stellige Abfühleinheit gekennzeichnet. Sämtliche Besonderheiten der Sortiermaschine, wie z. B. die Bedingungen

Bild 10. Elektronische Schnellsaldiermaschine



über Raum-Temperatur, Betriebsdauer usw. bleiben erhalten. Der Elektronensaldierer ist äußerlich gleich dem Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ aufgebaut. Er sowie die Sortiermaschine sind in der Lage, Netzspannungsschwankungen von + 10 Prozent bis - 10 Prozent auszugleichen. Die Anforderungen an die Stromversorgung sind mit 220/380 V für beide Maschinen gleich.

Mit der Maschinenkombination Sortiermaschine und Elektronensaldierer sind eine ganze Anzahl von Arbeiten möglich, die entweder während des Sortierganges die Bildung von Summen bzw. Kontrollsummen gestatten oder die während der Schaffung von Kontrollsummen bereits vorbereitende Sortierarbeitsgänge zulassen. Gleich den allgemeinen Bedingungen ist es auch hier möglich, die Kennziffern-Auswahl sowie Addition und Subtraktion durchzuführen. Die Besonderheit der Sortiermaschine läßt jedoch eine ganze Reihe Variationen unter diesen beiden grundsätzlichen Arbeitsmöglichkeiten zu.

Vorerst muß darauf hingewiesen werden, daß trotz des Anschlusses des Elektronensaldierers die Sortierfähigkeit der Sortiermaschine erhalten bleibt, jedoch mit der Einschränkung, daß die Fächer für die Überlöcher 12 und 11 durch den angeschlossenen Elektronensaldierer belegt werden. Die Kennziffern-Auswahl ermöglicht es, daß ein Kartenstapel getrennt wird, und zwar:

- in einen Stapel, in dem die Karten mit gleicher Kennziffer enthalten sind,
- in den Stapel, in dem die restlichen Karten ohne Kennziffer liegen.

Dabei wird die ursprüngliche Reihenfolge der Karten beibehalten. Dies ist die einfachste Form der Kennziffern-Auswahl.

Ferner besteht die Möglichkeit, die Kennziffern-Auswahl und die Saldierung miteinander zu verbinden. Damit können Werte, die sich in konstanten Lochzonen befinden, addiert und subtrahiert werden, falls die Voraussetzung einer gleichen Kennziffer gegeben ist. Auch hier bleibt die ursprüngliche Reihenfolge der Karten erhalten, jedoch mit der Einschränkung, daß die beiden entstehenden Kartenstapel sich gegenseitig ergänzen.

Eine andere Möglichkeit ist die, daß sämtliche in den Kartenschacht eingelegten Karten in einer fest vorgegebenen Lochzone positive und negative Werte enthalten und diese saldieren. Alle bisher geschilderten Ar-

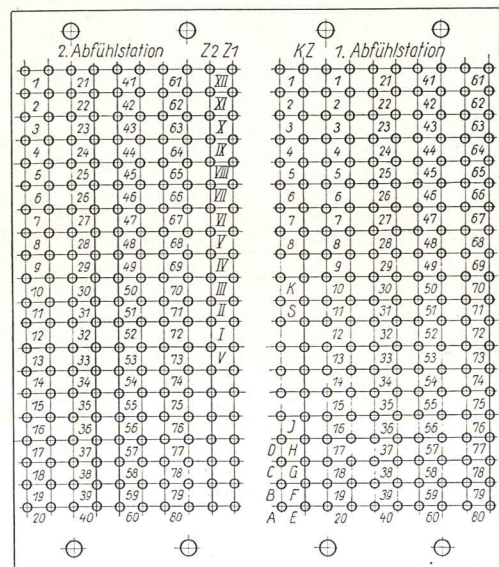


Bild 11. Stecktafel an der Sortiermaschine

beitsmöglichkeiten dieser Maschinenkombination können noch dadurch erweitert werden, daß die Karten nicht in ihrer ursprünglichen Kartenfolge erhalten werden, sondern nach einer nicht in der Kennziffer enthaltenen Spalte zu sortieren sind. Ausgenommen hiervon sind jedoch Karten mit Überlöchern 11 und 12. Auch bei der Kennziffern-Auswahl besteht die Möglichkeit, gleichzeitig zu sortieren.

Die Steuermöglichkeiten an der Sortiermaschine sind ebenfalls auf einer Stecktafel, die sich an dieser Maschine befindet, zu programmieren (Bild 11). Außer den beiden Abfühlstationen, die über Doppelbuchsen verfügen, sind eine weitere Anzahl von Funktionsbuchsen vorhanden. Mit I bis XII sind die Buchsen für die beiden elektronischen Saldierwerke gekennzeichnet. Mit V wurden die Vorzeichenbuchsen symbolisiert. Zur Ansteuerung der Kennziffern-Auswahl sind die Buchsen KZ 1 bis 8 zu verwenden. Die weiteren, mit Buchstaben versehenen Buchsen und Doppelbuchsen werden für Anschluß- und Steuerbedingungen verwendet. Die Buchsen F bis J finden dann Verwendung, wenn mit gesteuerter Kartenzufuhr gearbeitet werden soll. Darunter ist zu verstehen, daß das Kartenmesser jeweils nur jede 2., 3. oder 4. Karte auf die Bahn transportiert. Zusammengefaßt kann dazu gesagt werden, daß grundsätzlich bei der Kopplung des Elektronensaldierers mit der Sortiermaschine alle Funktionen des Elektronensaldierers durchgeführt werden können, wobei gleichzeitig die Sortierfähigkeit der Sortiermaschine erhalten bleibt. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß durch die Zusammenschaltung der beiden 12stelligen Zähler zu einem 24stelligen Zähler die Subtraktionsfähigkeit verloren geht. Dies kann man jedoch nicht als besondere Einschränkung betrachten, da bei Verdichtung kaum Werte zusammengetragen werden, die über 12 Stellen hinausgehen. Dies gilt meines Erachtens für den kommerziellen Sektor.

Die Besonderheiten der Statistik bei der Verdichtung von Zahlenmaterial auf volkswirtschaftlichem Gebiet dürfte nur in den seltensten Fällen dazu führen, daß Zahlenkolonnen zusammengetragen werden, die in ihrer Summe 12 Stellen überschreiten. Ich möchte dies damit begründen, daß in den meisten Fällen, z. B. u. a. bei der Verdichtung der IM- bzw. FM-Berichterstattung keine vollen DM-Beträge erarbeitet werden, sondern nur die Beträge mit vollen TDM und einer Dezimale.

Zur Sicherung der Maschinenkombination untereinander verhindert die gegenseitige Verriegelung des Startes der Sortiermaschine, daß Ergebnisse gelöscht werden, ohne vorher abgedruckt zu sein. Außerdem verfügt die Sortiermaschine über Kontrollleinrichtungen, um evtl. eintretenden Kartenschlupf bzw. Störungen im Kartendurchlauf oder in der Kartenzuführung zu signalisieren und den Weiterlauf der Maschine zu unterbrechen.

Es wurde versucht, im Rahmen der Vorstellung des Elektronensaldierers die verschiedenen Arbeitsmöglichkeiten zu erläutern. Die Vielfältigkeit, die sich aus der Kombinationsmöglichkeit ergibt, ist m. E. noch nicht voll erkannt und wird erst im Laufe dieses Jahres, nachdem mehrere Maschinen in verschiedenen Lochkartenstationen zum Einsatz gelangten, feststehen. Trotzdem bin ich der Meinung, daß es sich hierbei um eine Maschinenkombination handelt, die der Beachtung wert ist, und zwar nicht nur für den reinen Sektor der Statistik, sondern auch für die Lochkartenstationen der Industrie.

#### 4. Beispiele der praktischen Anwendung des Elektronenrechners „Robotron ASM 18“

Bei diesen Ausführungen wird sich auf 2 Arbeiten, die in den Leuna-Werken durchgeführt werden, konzentriert. Obwohl eine ganze Anzahl von Rechenstationen bereits über Rechner dieses Typs verfügt, erscheinen mir die zwei Arbeiten der Leuna-Werke interessant. Die Besonderheiten der Leuna-Werke erfordern, daß die kommerziellen Rechenlocher durch schnellere Maschinen abgelöst werden. Dies wird besonders durch die vor dem Betrieb stehenden Aufgaben im Rahmen des Chemieprogramms unterstrichen. Das Chemieprogramm fordert gerade von den Lochkartenstationen, daß die Verarbeitung von Zahlenmaterial nicht nur für die Abteilungen des Rechnungswesens erfolgt, sondern daß alle Routine-Arbeiten in das Lochkartenverfahren einbezogen werden. Das gilt grundsätzlich für alle Planungsarbeiten oder speziell in den Branchen des Maschinenbaues für die Arbeitsvorbereitung.

1) Dieser Abschnitt wurde vom Autor gekürzt; die Originalarbeit wurde bereits im Heft 4/1960 der NTE veröffentlicht.

Bild 12. Muster der Lochkarte für die Errechnung des Mehrverdienstes

Es ist zur Genüge bekannt, daß es nicht an Versuchen fehlt, andere Abteilungen und ihre Routine-Arbeiten in das Lochkartenverfahren einzubeziehen. Aber gerade die fehlende Rechenkapazität war oft eine der Ursachen, die die Übernahme neuer Arbeitsgebiete durch die Lochkartenstation behinderte. Mit dem Einsatz des Elektronenrechners „Robotron ASM 18“ kann ein großer Teil der mangelnden Rechenkapazität nicht nur in den Leuna-Werken ausgeglichen werden. Von dem Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ sollen dabei folgende Teilaufgaben gelöst werden:

- Die bisher manuell durchgeführte Rechenarbeiten durch die Maschinenarbeit zu ersetzen.
- Bisher nicht durchgeführte Rechenarbeiten zu übernehmen. Dies gilt jedoch nur für wirtschaftlich vertretbare Arbeiten.
- Die Zeit für die notwendigen Rechenarbeiten zu verkürzen, damit die Lochkartenstation die Ergebnisse schneller den auswertenden Abteilungen zur Verfügung stellen kann.
- Den unkontinuierlichen Arbeitsablauf in den Lochkartenstationen zu beseitigen, der durch die mangelnde Rechenkapazität noch teilweise vorhanden ist.

All diese Teilaufgaben werden durch den Einsatz des Elektronenrechners in den Leuna-Werken in Angriff genommen. Die restlose Realisierung dieser Aufgaben erfolgt mit der Einbeziehung des zweiten Elektronenrechners in das Arbeitsprogramm. Von der Vielzahl der durchgeführten Arbeiten können hierbei nur zwei behandelt werden. Dabei handelt es sich um Arbeiten, die im Rahmen der Lohnrechnung und der Materialwirtschaft notwendig sind.

#### 4.1 Errechnung der Prozente des Mehrverdienstes für Produktionshilfsarbeiter in den Reparatur-Abteilungen (Bild 12)

Die Vorarbeit für die Errechnung des Mehrverdienstes ist eine Besonderheit der chemischen Industrie. Diese liegt darin, daß die Produktionsübererfüllung nicht immer je Mann meßbar ist. Deshalb müssen die Vorarbeiten, die zur Differenzierung der Mehrleistung notwendig sind, dieser Arbeit vorangehen. Diese Differenzierung erfolgt in der Vorgabe der Normstunden je Leistungslöhner. Die Errechnung der Prozente des Mehrverdienstes im Verhältnis Norm- zu Istzeit wird mit dem Elektronenrechner, der mit einem Doppler gekoppelt ist, durchgeführt.

$$\frac{a}{b} = c$$

Dafür gilt für: a = Normstunden je Leistungslöhner

b = Ist-Arbeitsstunden je Leistungslöhner

c = Prozentsatz der Normerfüllung

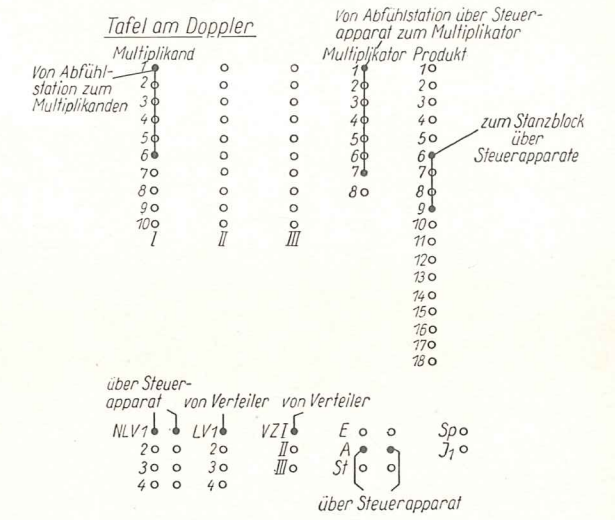
Weil der Elektronenrechner ASM 18 nicht dividieren kann, deshalb wird unter Verwendung des entsprechenden Reziprokwertes für die Ist-Arbeitsstunden multipliziert. Die Rechenoperation erfolgt demzufolge nach folgender Formel:

$$a \cdot \frac{1}{b} = c$$

Um die Reziprokwerte nicht erst in allen Karten stanzen zu müssen, werden dazu Vorlaufkarten verwendet. Diese müssen jedoch entsprechend den Ist-Arbeitsstun-

den den normalen Karten vorsortiert werden. Als Vorlaufkarten können alle Karten einer Reziprokkarte verwendet werden, sobald der Normalwert der Ist-Arbeitsstunden in der gleichen Lochzone liegt. Durch diese Vorlaufkarte wird der Faktor  $\frac{1}{b}$  in den Elektronenrechner eingegeben.

Im einzelnen ist folgende Schaltung für diese Arbeit notwendig (Bild 13). Die Normstunden (a) werden von der Abfühlstation (Bürstensatz) vor dem Stanzblock abgefühlt und dem Multiplikatoren des Rechners zugeführt. Der Multiplikator wird über Steuerapparate im Kartenabstand von zwei Lochkarten aus der Vorlaufkarte abgenommen. Die Verzögerung von zwei Arbeits-



Tafel am Doppler

Multiplikand	Multiplikator	Produkt
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	1	4
5	1	5
6	1	6
7	1	7
8	1	8
9	1	9
10	1	10
1	11	11
2	11	22
3	11	33
4	11	44
5	11	55
6	11	66
7	11	77
8	11	88
9	11	99
10	11	110
1	12	12
2	12	24
3	12	36
4	12	48
5	12	60
6	12	72
7	12	84
8	12	96
9	12	108
10	12	120
1	13	13
2	13	26
3	13	39
4	13	52
5	13	65
6	13	78
7	13	91
8	13	104
9	13	117
10	13	130
1	14	14
2	14	28
3	14	42
4	14	56
5	14	70
6	14	84
7	14	98
8	14	112
9	14	126
10	14	140
1	15	15
2	15	30
3	15	45
4	15	60
5	15	75
6	15	90
7	15	105
8	15	120
9	15	135
10	15	150
1	16	16
2	16	32
3	16	48
4	16	64
5	16	80
6	16	96
7	16	112
8	16	128
9	16	144
10	16	160
1	17	17
2	17	34
3	17	51
4	17	68
5	17	85
6	17	102
7	17	119
8	17	136
9	17	153
10	17	170
1	18	18
2	18	36
3	18	54
4	18	72
5	18	90
6	18	108
7	18	126
8	18	144
9	18	162
10	18	180

Tafel am Rechner

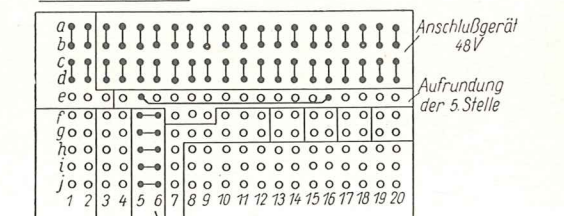


Bild 13. Schaltschema

gängen ist notwendig, da die Abnahme der Ist-Arbeitsstunden (b) – im Reziprokwert ( $\frac{1}{b}$ ) – erst von der Abfühlstation hinter dem Stanzblock erfolgt. Ein Steuerloch 11 in der Spalte 41 der Vorlaufkarte bewirkt, daß der Reziprokwert für die Ist-Arbeitsstunden so lange im Elektronenrechner verbleibt, bis eine neue Vorlaufkarte mit einem neuen Steuerloch 11 eine neue Eingabe bewirkt (Löschverhinderung und Negierung der Löscherhinderung durch den Rechner). Deshalb ist die Spalte 41 – Steuerloch 11 – über Steuerapparate verbunden. Das trifft selbstverständlich auch für die LV – Löscherhinderung – und NLV – Negierung der Löscherhinderung – zu. Die Ausgabe des Produktes in den



Stanzblock erfolgt ebenfalls über Steuerapparatur, um bei Vorlaufkartenwechsel das Zerstanzen der Vorlaufkarten zu verhindern. Aus dem gleichen Grund ist auch die Ausgabebuchse für den Elektronenrechner (A) über Steuerapparate verbunden. Die Buchsen Eingabe (E) und Rechnerstart (St) müssen gebrückt sein. Die Buchse (Stop) muß nicht geschaltet werden, da keine Subtraktion vor der Multiplikation erfolgt.

Die Erregung der Steuerapparate, die in dieser Schaltung Verwendung finden, erfolgt von der Auswahlsteuerung. Dabei ist zu beachten, daß die Schaltung so vorzunehmen ist, daß der unregelmäßige Kartendurchlauf sowie der Vorlaufkartenwechsel (Wechsel des Reziprokwertes der Ist-Arbeitsstunden) berücksichtigt wird. Die Kontrolle des gerechneten und gestanzten Prozentsatzes erfolgt in gleicher Art auf der Abfühlbahn bzw. Kontrollbahn genannt. Die Abweichungen bestehen darin, daß das Produkt des Rechners nicht mit dem Stanzblock, sondern mit dem Vergleich verbunden werden muß. Auch der bereits in die Karte gestanzte Wert ist zur Kontrolle mit dem Vergleich zu verbinden. Es besteht die Möglichkeit, die beiden Kartendurchläufe (Stanzdurchlauf und Kontrolldurchlauf) auf eine Schalt-

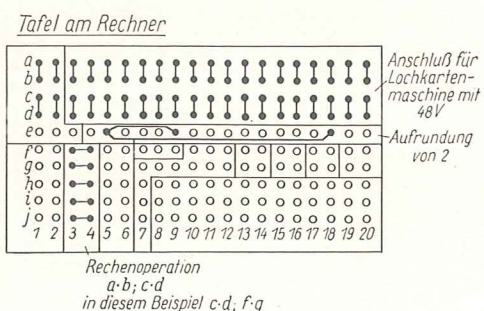
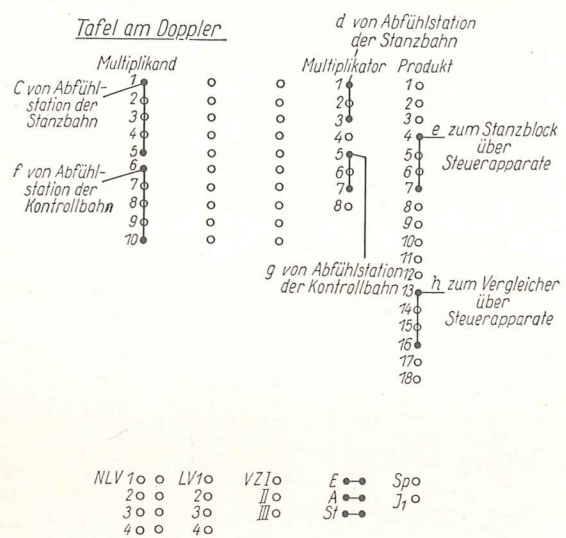


Bild 14. Schaltschema

tafel zu stecken. Dies macht jedoch die Zwischenschaltung des Universalschalters erforderlich.

#### 4.2 Errechnen und Prüfen der Leistungslohn-Gutstunden

Bei genauer Betrachtung des unter 4.1 geschilderten Arbeitsganges wird man festgestellt haben, daß hier ein Umweg beschritten wird. Dieser Weg wird beschritten, um nicht nur Einmannscheine, sondern auch sogenannte Mehrmannscheine bzw. Karten in gleicher Weise verarbeiten zu können. Bei Trennung der Belege in Ein- und Mehrmannlohnscheine bzw. Karten könnte die Bearbeitung der Einmannlohnscheine nach  $a - b = c$  erfolgen. Die Errechnung des Prozentsatzes müßte jedoch aus anderen Gründen trotzdem erfolgen.

Bei diesem Arbeitsgang werden unter Ausnutzung der Rechenfähigkeit  $a \cdot b$ ;  $c \cdot d$  die Rechen- und Stanzope-

ration und Kontrollrechnung und Vergleichen zusammengefaßt. Es werden dabei der Multiplikand, der Multiplikator und das Produkt durch Schaltung auf der Tafel des Rechners aufgeteilt:

Multiplikand	10stell.	1. Multiplikand 5stell.	1.-5. Stelle
		2. Multiplikand 5-stell.	6.-10. Stelle
Multiplikator	8stell.	1. Multiplikator 4stell.	1.-4. Stelle
		2. Multiplikator 4stell.	5.-8. Stelle
Produkt	18stell.	1. Produkt 9stell.	1.-9. Stelle
		2. Produkt 9stell.	10.-18. Stelle

Entsprechend der Lochkarte (Bild 12) sind die einzelnen Faktoren wie folgt bezeichnet:

- c = 1. Multiplikand = Prozentsatz
- d = 1. Multiplikator = Std. der errechneten LL-Gutstunden
- e = 1. Produkt = zu bezahlende Leistungslohn-Gutstunden
- f = 2. Multiplikand = siehe c
- g = 2. Multiplikator = siehe d
- h = 2. Produkt = siehe e

Der Unterschied zwischen den Faktoren und Produkten c, d, e und f, g, h liegt in dem Unterschied der Bearbeitung durch die beiden Kartenbahnen. Damit ist herausgestellt, daß der Stanzgang auf der Stanzbahn und der Kontrollgang auf der Kontrollbahn durchgeführt wird. Die eingangs erwähnte Rechenfähigkeit  $a \cdot b$ ;  $c \cdot d$  ist in dieser speziellen Arbeit mit c · d; f · g ausgedrückt. Die gleichzeitige Ausnutzung der Stanz- und Kontrollbahn wird durch folgendes erzielt (Bild 14). Nachdem ein Kartenstapel die Stanzbahn durchlaufen hat, wird dieser sofort in die Kontrollbahn eingelegt. Parallel dazu wird jedoch auch die Stanzbahn mit Karten besetzt. Der synchronisierte Arbeitstakt des Dopplers garantiert die gleichzeitige Eingabe der Faktoren und die Ausgabe des Produktes an den Stanzblock bzw. auf der Kontrollbahn an den Vergleich. Die Faktoren werden wie folgt eingegeben bzw. die Produkte ausgegeben:

- c = 1. Multiplikand wird durch Abfühlstation vor dem Stanzblock eingegeben
- d = 1. Multiplikator, dto. c
- e = 1. Produkt, wird vom Rechner an den Stanzblock ausgegeben
- f = 2. Multiplikand, wird von der 1. Abfühlstation auf der Kontrollbahn eingegeben
- g = 2. Multiplikator, dto. f
- h = 2. Produkt, wird von dem Elektronenrechner an den Vergleicherausgang gegeben und gleichzeitig von der zweiten Abfühlstation auf der Kontrollbahn an den Vergleichereingang gegeben

Bei den Faktoren c und f wird bei der Eingabe die Stelle, die die Hunderterstelle des Prozentsatzes enthält, unterdrückt. Dies ist notwendig, um eine stellungsgerechte Ausgabe der Produkte zu erreichen. Das Produkt bei der Prüfrechnung ist über Steuerapparate mit dem Vergleich verbunden, um bei Minderstunden das Steuerloch (11) unwirksam zu gestalten. Die Erregung der Steuerapparate wird von der Buchse 9 bis 0. entnommen. Es hat sich bewährt, den Kontrollstop mittels Auswahlsteuerung um zwei Arbeitsgänge zu verzögern, damit die durch Prüfrechnung als falsch festgestellte Karte als oberste im Ablagefach zu liegen kommt.

Die hier aufgezeigten Arbeiten können auch teilweise mit herkömmlichen Rechenlochern durchgeführt werden. Die Besonderheiten dieser Arbeiten bzw. ihre Durchführung liegt in einer geschickten Auslastung der Kombination des Elektronenrechners „Robotron ASM 18“ mit dem Doppler. Ein Zeitgewinn liegt darin, daß die Geschwindigkeit des Dopplers nicht von dem Rechner beeinträchtigt wird. Dazu kommt noch, daß durch die Aufteilung des Rechners gleichzeitig mit beiden Bahnen gearbeitet werden kann. Wie aus dem Arbeitsablauf 4.2 beschrieben, ist durch das gleichzeitige Stanzen und Vergleichen ein doppelter Zeitgewinn zu erzielen. Durchschnittlich kann mit Sicherheit die Leistung der Maschinenkombination mit der 10fachen Leistung des Rechenlochers bezeichnet werden. Dadurch ist es im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ möglich, daß etwa 200 000 Karten je Monat mehr als bisher in der Lochkartenstation verarbeitet werden können. Damit konnten 5 Arbeitskräfte eingespart werden. Zusätzlich konnten außerdem Arbeiten übernommen werden, die bisher aus Arbeitskräftemangel trotz besonderer Wichtigkeit nicht durchgeführt werden konnten. Bei manueller Erledigung dieser Arbeiten wären für die Dauer des gesamten Monats etwa 5 bis 7 Arbeitskräfte notwendig gewesen. Da sich jedoch auch dieser Arbeitsanfall auf etwa 3 bis 4 Arbeitstage konzentriert,

wäre dazu das Mehrfache an Arbeitskräften in dieser Periode erforderlich.

Aus den bisherigen Erfahrungen, die mit dem Elektronenrechner „Robotron ASM 18“ in allen Lochkartenstationen gesammelt wurden, geht hervor, daß der Rechner eine Unterstützung der Stationen bei der Durchführung ihrer sich ständig erweiternden Aufgaben darstellt.

#### 5. Motorblocksummenlocher mit Rechneranschluß

Bei Beginn der Entwicklung von elektronischen Rechnern für Lochkartenmaschinen wurde im wesentlichen der Standpunkt vertreten, daß es notwendig ist, die Arbeitsfähigkeit der Tabelliermaschine um eine schnelle Multiplikation zu erweitern. Aus diesem Grunde wurden auch die ersten elektronischen Rechner an Tabelliermaschinen zum Anschluß gebracht. Bei Versuchen, diese Maschinenkombination nicht nur zum Nachrechnen der auf elektro-mechanischen Rechenlochern gerechneten und gestanzten Werte zu verwenden, wurde es notwendig, Elektronenrechner an stanzende Maschinen anzuschließen. Zu dem Zeitpunkt, da die ersten Elektronenrechner getestet wurden, standen noch keine stanzenden Maschinen zum Anschluß der Elektronenrechner zur Verfügung. Hierbei muß darauf hingewiesen werden, daß die gesamte Entwicklung von Lochkartenmaschinen in unserer Republik noch relativ jung ist und demzufolge noch keine komplette Maschinen-ausrüstung zur Verfügung steht. Aus diesem Grunde wurden die ersten Elektronenrechner an importierte Doppler angeschlossen. Damit war die Möglichkeit gegeben, die errechneten Ergebnisse in die Karte einzustanzen. Da uns zur Zeit noch kein Doppler eigener Produktion zur Verfügung steht und der bei uns in der Entwicklung befindliche Doppler in den nächsten zwei Jahren noch nicht für einen größeren Einsatz vorhanden sein wird, galt es für den VEB Elektronische Rechenmaschinen, eine schnelle Zwischenlösung zu schaffen. Da der VEB Elektronische Rechenmaschinen mit der Entwicklung des Summenlochers zum Anschluß an die Tabelliermaschine vom VEB Büromaschinenwerk Sömmerda beauftragt war, wurde gleichzeitig die Weiterentwicklung dieses Summenlochers zu einem einfachen Stanzer mit beachtet. Die Entwicklung des Blocksummenlochers ist abgeschlossen und befindet sich in der Überleitung zur Produktion, d. h., daß dieses Jahr bereits die ersten Summenlocher dieser Art zur Verfü-

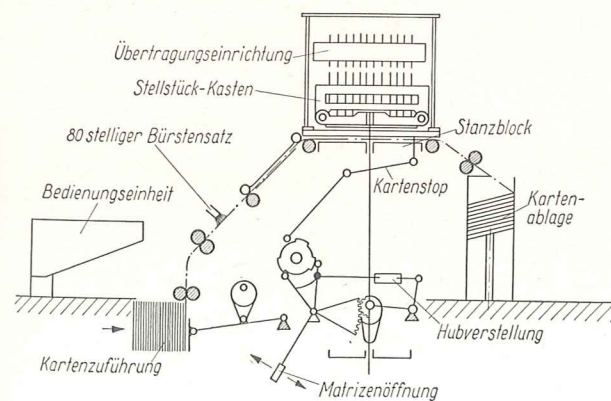


Bild 15. Schematischer Funktionsablauf des Motorblocksummenlochers

gung stehen. Der VEB Elektronische Rechenmaschinen hat den vorhandenen Blocksummenlocher zu einem Blocksummenlocher mit Rechneranschluß weiter entwickelt. Die Kurzbezeichnung dieser Maschine wurde vorerst mit SLR festgelegt.

Der Motorblocksummenlocher arbeitet in zwei Arbeits-takten, d. h., er transportiert im 1. Arbeitstakt die Karte vom Kartenschacht bis kurz vor den Stanzblock. Im

2. Takt wird die Karte von dieser Stelle bis zum Stanzblock und nach erfolgtem Stanzen zum Ablageschacht transportiert. Dieser Haltepunkt am Ende des 1. Arbeitsganges wurde von uns dazu benutzt, dort einen 80stelligigen Bürstensatz anzubringen (Bild 15). Mit Hilfe dieses Bürstensatzes und einer Schalttafel an diesem Summenlocher mit Rechneranschluß ist es möglich, Operanden aus der Karte abzunehmen und in den Rechner einzugeben. Der Rechner gibt nach erfolgter Errechnung des Produktes dieses an den Stanzblock aus. Das Start-Stop-Prinzip, daß dem Summenlocher zu Grunde liegt, erleichtert den Anschluß von elektronischen Rechengeräten. Mit dieser Erweiterung ist es möglich, einfache Rechenoperationen durchzuführen und die Produkte zu stanzen.

Die Ergebnisse der Anwendung speziell des Elektronenrechners ASM 18 in der Praxis hat ergeben, daß durch die fehlende Division einige besondere Arbeitsrhythmen notwendig waren, um diese Beschränkung des Rechners zu umgehen. Wie aus dem Arbeitsbeispiel in den Leuna-Werken „Walter Ulbricht“ ersichtlich war, werden oft Vorlaufkarten benötigt. Aus diesem Grunde ist der SLR mit einer Kartenfolgeeinrichtung versehen worden. Mit Hilfe dieser Kartenfolgeeinrichtung ist es möglich, folgende Arbeitsrhythmen durchzuführen:

1. Das Produkt ist in die gleiche Karte zu stanzen, aus der auch die beiden Faktoren abgenommen werden.
2. Der 1. Faktor befindet sich in der ersten, der 2. Faktor in der zweiten, d. h. folgenden Karte. Das Produkt ist in die zweite Karte zu stanzen.
3. Der 1. Faktor befindet sich in der ersten, der 2. Faktor in der zweiten Karte und das Produkt ist in die dritte Karte zu stanzen.

Diese drei Möglichkeiten gestatten es, die Faktoren bzw. Operanden aus unterschiedlichen Karten zu entnehmen und auch das Produkt gesondert zu stanzen.

Bei der näheren Betrachtung ergibt sich auch, daß, um die Beschränkung der fehlenden Division bei dem Elektronenrechner ASM 18 zu umgehen, der Reziprokwert verwendet werden mußte. Dies erfordert, daß außer den unter 1 bis 3 genannten max. 3 Karten noch eine Vorlaufkarte für den Reziprokwert notwendig ist. Diese Vorlaufkarte bzw. Reziprokkarte gibt demzufolge einen konstanten Wert ein, der durch Löschverhinderung auf längere Zeit im Rechner verbleibt. Die Verwendung der Löschverhinderung muß jedoch durch Steuermerkmale gesteuert werden. Der Summenlocher mit Rechneranschluß ist deshalb so ausgelegt, daß nicht nur eine Steuerung von Folgekarten möglich ist, sondern daß zusätzlich Steuerkarten verarbeitet werden können. Die Funktion der Steuerkarten ist die, vor den eigentlichen zur Verarbeitung gelangenden Karten die Steuerung der einzelnen Funktionen des angeschlossenen Rechners vorzunehmen. Dies ist aus dem einfachen Grunde notwendig, weil die zur Steuerung dienenden Ziffern 11 und 12 aus der Lochkarte erst nach den Werten abgefühlt werden können. Die Verwendung der Steuerkarten soll an Hand des Beispiels 4.1 der Leuna-Werke „Walter Ulbricht“ erläutert werden.

#### 5.1 Errechnung der Prozente des Mehrverdienstes für Produktionshilfsarbeiter in Reparaturabteilungen

In dieser Arbeit war es erforderlich, eine Rechenoperation  $\frac{a}{b} = c$  durchzuführen. Die Rechnung wurde wie folgt umgestellt:  $a \cdot \frac{1}{b} = c$

Da alle Werte b gleicher Größe sortiert worden waren, wurde lediglich eine Vorlaufkarte mit dem Reziprokwert b diesen Kartenstapeln vorsortiert. Unter Ausnutzung der Löschverhinderung bleibt der Reziprokwert b solange im Rechner und multipliziert die Karten mit a, bis durch eine neue Vorlaufkarte die Löschverhinderung negiert wird und der neue Reziprokwert eingegeben werden kann. Im Motorblocksummenlocher mit Rechneranschluß ist der Vorlaufkarte, die

den Reziprokwert beinhaltet, noch eine Steuerkarte voranzulegen, die die Funktionen der Löscherhinderung bzw. in der Mitte des Kartenstapels auch die Negierung der Löscherhinderung auslöst. D. h. also, daß sich der Kartenstapel wie folgt zusammensetzt:

- a) Steuerkarte
- b) Vorlaufkarte mit Reziprokwert
- c) n-mal Lochkarte je Produktionshilfsarbeiter mit gleichem Wert b
  - a 1) Steuerkarte
  - b 1) Vorlaufkarte mit neuem Reziprokwert für b
  - c 1) n-mal Lochkarte je Produktionshilfsarbeiter mit „neuem“ gleichen Wert b

In dieser Reihenfolge kann die Arbeit durchgeführt werden.

Durch die Kartenfolgeeinrichtung wäre es sogar möglich, diese Rechenoperation bzw. das Stanzen des Ergebnisses aus dieser Rechenoperation in eine weitere

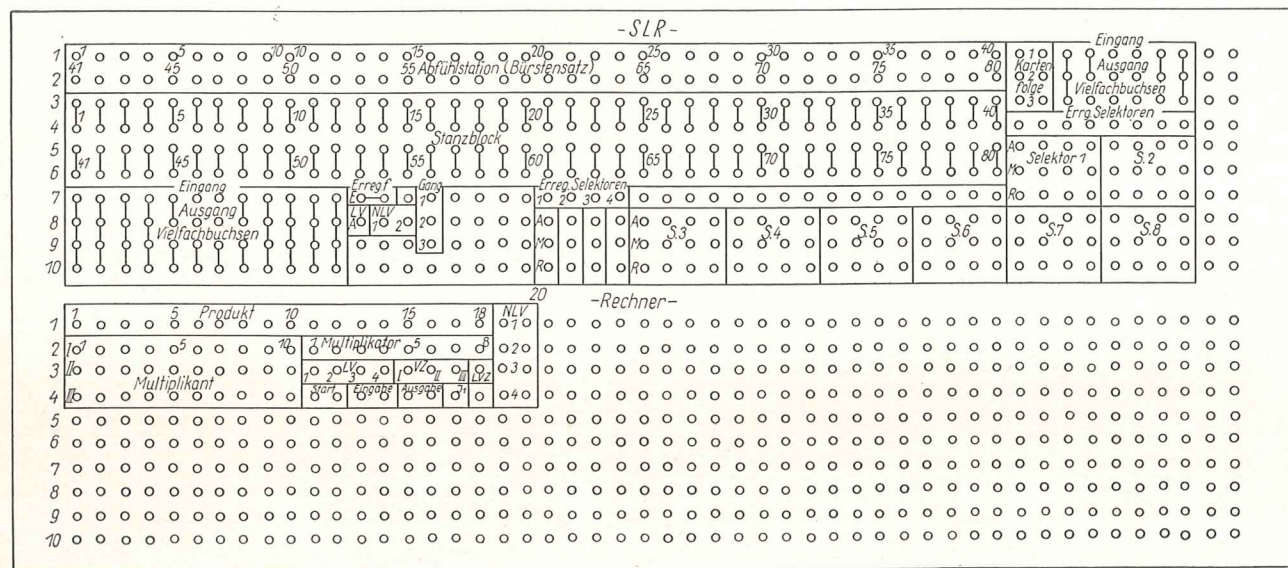


Bild 16. Schema der Ansteuerung

Karte zu verlegen. Durch zusätzlichen Einbau von Steuerapparaten und Vervielfältigungsbuchsen wurde auch die Möglichkeit geschaffen, die Lochzonen entsprechend der Kartenfolge auszuwählen bzw. anzusteuern (Bild 16).

Mit dieser Erweiterung innerhalb des Summenlochers mit Rechneranschluß wird erwartet, daß ein großer Teil der zur Zeit nur mit Dopplern durchzuführenden Arbeiten mit dem SLR bewältigt werden kann. Es versteht sich von selbst, daß die vorgenommenen Ergänzungen des Summenlochers keine wesentliche Erhöhung des Preises für den Summenlocher mit sich bringt und andererseits jedoch die Arbeitsfähigkeit als Summenlocher beibehalten wird. Mit diesem SLR steht also ein Summenlocher zur Verfügung, der in der Lage ist, auch als einfacher Stanzer an Elektronenrechner angeschlossen zu werden.

## 6. Schlußfolgerung

Die vorgestellten Maschinen

Elektronenrechner „Robotron ASM 18“

Elektronensaldierer mit Sortiermaschine und Block-Summenlocher mit Rechneranschluß

sollen mit den aus der Produktion zu erwartenden Erzeugnissen für Lochkartenanlagen bekanntmachen. Dabei ist nicht zu erwarten, daß mit diesen Maschinen alle Lücken in den Lochkartenstationen geschlossen werden können. Auch sind diese Maschinen nicht geeignet, die noch vorhandenen Disproportionen in den Lochkartenstationen allseitig zu beheben. Wenn auch die Rechenfähigkeit des Elektronenrechners „Robotron ASM 18“ noch viel offen läßt, da er weder über Speicherkapazität noch Divisionsmöglichkeit verfügt, kann er jedoch einen großen Teil dazu beitragen, den bestehenden Engpaß an Rechenkapazität in den Lochkartenstationen zu beheben.

Der Elektronensaldierer mit angeschlossener Sortiermaschine soll dazu dienen, speziell in den im Aufbau und Ausbau befindlichen Lochkartenstationen die Beschaffung von Kontrollsummen und Abstimmungssummen zu beschleunigen. Daß hierbei auch die Mög-

lichkeit besteht, einzelne Auswertungen mit dem Elektronensaldierer durchzuführen, ist selbstverständlich.

Durch den Motorblocksummenlocher mit Rechneranschluß ist also die Möglichkeit gegeben, mit einem geringen Aufwand über den Summenlocher hinaus ein provisorisches Abfuhr- und Stanzgerät zum Anschluß an Elektronenrechner zur Verfügung zu stellen. Dabei muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß eine Kontrolle der gestanzten Werte durch den Block-Summenlocher mit Rechneranschluß nicht möglich ist. Die Kontrolle der durchgeführten Rechnungen kann mit der Maschinenkombination Tabelliermaschine/Robotron ASM 18 vorgenommen werden.

Die hier vorgestellten Maschinen sind ein Beitrag der Büromaschinen-Industrie zur Verbesserung des Maschinenparks in Lochkartenmaschinen. Gleichzeitig sollen die Ausführungen den Betrieben die Möglichkeit geben, bei der Rekonstruktion oder bei der Projektierung neuer Rechenstationen die zu erwartenden bzw. bereits in der Produktion befindlichen Lochkartenmaschinen und Anschlußgeräte zu berücksichtigen.

NTB 489

# Berechnung der Lohnsteuer mit dem programmgesteuerten Rechenautomaten für Lochkartenanlagen „PRL“

H. REDLICH, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

## Gesetzliche Grundlagen

Den Ausgangspunkt dieser Ausführungen stellt die Verordnung zur Besteuerung des Arbeitseinkommens (ASTVO) einschließlich ihrer Änderungsverordnungen, Richtlinien, Durchführungsbestimmungen und Anlagen dar, die vom Ministerium der Finanzen der Deutschen Demokratischen Republik mit Wirkung vom 1. Januar 1953 in Kraft gesetzt wurde. § 19 der ASTVO behandelt den Steuerabzug von Lohneinkünften, Lohnsteuer genannt, und sagt sinngemäß folgendes aus:

„Die Steuer von den Lohneinkünften wird durch Steuerabzug erhoben und richtet sich nach der Höhe der Lohneinkünfte im Lohnzahlungszeitraum. Sie wird nach den aus dem Tarif G abgeleiteten Steuertabellen unter Berücksichtigung der Steuerklasse und der steuerfreien Beträge bemessen, soweit nicht der Steuerabzug mit dem besonderen Steuersatz nach § 10 vorzunehmen ist.“

Die Einwirkung der in diesem Satz genannten Einflußgrößen auf die Lohnsteuer wird in Bild 1 schematisch dargestellt.

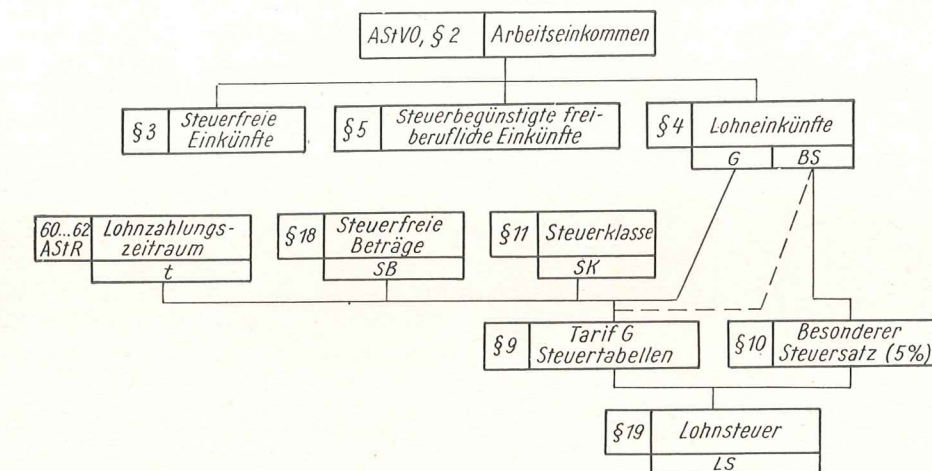


Bild 1. Schema der Berechnung der Lohnsteuer nach ASTVO

Über den besonderen Steuersatz sagt § 10 aus, daß der über den Leistungsgrundlohn hinaus gezahlte Mehrleistungslohn und gewisse Prämien zum Zeitlohn mit 5 % zu versteuern sind. Dieser besondere Steuersatz soll jedoch nicht angewendet werden, wenn die für die gesamten steuerpflichtigen Lohneinkünfte nach Tabelle berechnete Steuer weniger als 5 % beträgt. Bei einer genaueren Untersuchung aller möglichen Fälle zeigt sich, daß die Formulierung dieser Vorschrift der Nichtanwendung des besonderen Steuersatzes für auf überdurchschnittlichen Leistungen beruhende Lohntelle eine Begünstigung des Steuerpflichtigen darstellen soll, und daß die Anwendung unterbleiben soll, sobald hierbei eine Benachteiligung eintritt. In diesem Punkte weicht auch unser Programmwurf vom genauen Wortlaut der ASTVO ab und sieht die Auswahl der für den Steuerpflichtigen günstigsten Besteuerung vor.

Bild 1 berücksichtigt die Nichtanwendung des besonderen Steuersatzes durch die gestrichelte Verbindungslinie, die besagt, daß gegebenenfalls beide Teile der Lohneinkünfte gemeinsam nach Tarif G versteuert

werden. Für die Lohnzahlungszeiträume Monat, Woche und Tag enthält die ASTVO je eine Steuertabelle. Über hiervon abweichende Lohnzahlungszeiträume sagt Ziffer 61 der Richtlinien für die Besteuerung des Arbeitseinkommens (ASTR) u. a. aus, daß die Steuer für einen Arbeitstag nach der Steuertabelle T zu bemessen ist. Der Steuerbetrag ergibt sich dann als der mit der Zahl der Arbeitstage vervielfachte Tagesbetrag. Dabei ist jeder volle Arbeitsmonat zu 26 Arbeitstagen zu rechnen. Es zeigt sich also, daß die Berechnung der Lohnsteuer die Kenntnis folgender Größen voraussetzt:

- G Lohneinkünfte, die nach Tarif G zu versteuern sind
  - BS Lohneinkünfte, die gegebenenfalls mit dem besonderen Steuersatz von 5 % zu versteuern sind
  - t Anzahl der Arbeitstage des Lohnzahlungszeitraumes
  - SB steuerfreie Beträge
  - SK Steuerklasse
- Ergebnisse der Brutto Lohnrechnung
- nach Personalstammkarte

## Manuelle Berechnung der Lohnsteuer

Die manuelle Berechnung der Lohnsteuer nach Tarif G setzt sich aus dem Abzug der steuerfreien Beträge und dem Aufsuchen des Steuerbetrages in der der Steuerklasse zugeordneten Spalte der Steuertabelle zusammen. Hinzu kommt noch die Berechnung des 5prozentigen Steuerbetrags, unter Umständen ein nochmaliges Aufsuchen in der Tabelle und außerdem zwei der Zahl der Arbeitstage proportionale Umrechnungen, falls der Lohnzahlungszeitraum nicht einen Monat, eine Woche oder einen Tag beträgt.

## Berechnung der Lohnsteuer mit Lochkartenanlagen

Bei dieser Berechnung wird die Steuertabelle durch einen Satz von Lochkarten ersetzt, die als Matrizenkarten für Lohnsteuer bezeichnet werden. In ihnen sind enthalten der zu versteuernde Betrag, die Steuerklasse und der zugehörige Steuerbetrag. Die Staffelung der zu versteuernden Beträge entspricht der Zeileneinteilung der Tabellen, so daß auch die Abrundungsstufen beachtet werden, beispielsweise für die Monatssteuertabelle M die Abrundung auf volle DM, auf 2,-, 5,- oder 10,- DM. Für jede Steuerklasse (Tabellenspalte) ist eine Staffel Matrizenkarten anzulegen.

Für die Abrechnung sind mindestens 2 Sätze Matrizenkarten notwendig, 1 Satz für die Monatsabrechnung nach der Steuertabelle M und einer für die Abrechnung nach Tagen nach der Steuertabelle T.

So hat beispielsweise ein Betrieb für nach Tabelle M zu versteuernde Beträge bis zu 1559,99 DM und für die Steuerklassen I bis III/4 etwa 2000 Matrizenkarten und etwa 1200 Matrizenkarten für die Abrechnung nach Tagen bereitstellen.

Zur Berechnung der Lohnsteuer sind folgende Arbeitsgänge mit den Nettolohnkarten notwendig, die außer

dem zu versteuernden Betrag und der Steuerklasse noch weitere Werte enthalten:

1. Gang: Sortieren der Nettolohnkarten nach den Begriffen Monatsabrechnung, Tagesabrechnung und Sonderabrechnung.
2. Gang: Sortieren der Nettolohnkarten nach Steuerklassen.
3. Gang: Sortieren innerhalb der Steuerklassen nach zu versteuerndem Betrag — nach 4 Dezimalstellen — und manuelles Zufügen der Matrizenkarten.
4. Gang: Rechenlocherarbeit: Übernahme des Steuerbetrages lt. Tabelle aus der Matrizenkarte in die Nettolohnkarte. Errechnung nach dem Steuersatz von 5%. Errechnung des Sozialversicherungsbeitrages unter Berücksichtigung der Beitragsgrenze von 60,— DM.
5. Gang: Aussortieren der Matrizenkarten.
6. Gang: Tabellieren mit gleichzeitiger Bildung der Quersumme aus Bruttolohn, Steuer lt. Tabelle, 5% Steuer und SV-Beitrag.

Für die Berechnung nach Steuertabelle T werden die gleichen Arbeitsgänge durchgeführt. Hierbei sind jedoch ein weiterer Sortiergang nach der Anzahl der Arbeitstage und zwei zusätzliche Multiplikationen mit der Anzahl der Arbeitstage erforderlich, wobei die erste Multiplikation als Ersatz für eine mit dem Rechenlocher nicht mögliche Division mit dem reziproken Wert durchgeführt wird.

Sonderfälle, wie sie bei höheren Steuerklassen als III/4 auftreten, sind manuell zu rechnen. Schwierigkeiten bereitet hierbei die Auswahl der Fälle, bei denen die Nichtanwendung des besonderen Steuersatzes nach § 10 in Frage kommen kann. Diese Auswahl wird manuell durchgeführt, wobei die Möglichkeit der Nichtanwendung nach Erfahrungen abgeschätzt wird. Vor der Berechnung werden die Sätze der Matrizenkarten durch Summierung mit der Tabelliermaschine auf ihre Vollständigkeit geprüft.

#### Berechnung der Lohnsteuer mit elektronischen Rechenautomaten

Hier läge es durchaus nahe, die Speicherung der Werte der Steuertabelle an Stelle in Lochkarten in einem elektronischen Speicher vorzunehmen, wie sie als Magnetrommelspeicher, Magnetbandspeicher, Ferritkernspeicher u. a. bekannt sind. Benutzt man einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff, so entfallen alle bei der Berechnung mit Matrizenkarten erforderlichen Sortiergänge, da aus dem zu versteuernden Betrag und der Steuerklasse eine Adresse des Speicherplatzes gebildet werden kann, der den Steuerbetrag enthält. Dies entspricht etwa dem manuellen Aufsuchen in der Steuertabelle. Es ist jedoch unwirtschaftlich, einen Speicher mit etwa 3200 Speicherplätzen mit den Daten der Lohnsteuertabellen auch nur zeitweilig zu belegen, da die Kosten für einen derartigen Speicher beträchtlich sind und da andererseits infolge der kurzen Rechenzeiten der elektronischen Rechenautomaten durchaus die Möglichkeit besteht, die Berechnung des Steuerbetrages unmittelbar mit dem Monatssteuertarif G in einer Zeit durchzuführen, die in einer ähnlichen Größenordnung wie die Zugriffszeit zu einem Speicher mit einer derartigen Kapazität liegt. Erfolgt die Ein- und Ausgabe der Werte beispielsweise über Lochkartenmaschinen, wie beim PRL, so wird nur ein Teil der Zeit zur Berechnung benötigt, die bei einem kontinuierlichen Kartendurchlauf zwischen Ein- und Ausgabe sowieso für ein Rechenprogramm zur Verfügung steht. Durch eine Speicherung der Steuertabelle wäre also keinerlei Zeitgewinn gegenüber der Berechnung zu erzielen. Die bisher ausschließlich verwendeten Steuertabellen werden daher bei der Berechnung mit elektronischen Rechenautomaten durch eine Rechenvorschrift ersetzt, wie sie für uns der Monatssteuertarif G nach § 9 der AStVO darstellt, aus dem die Steuertabellen abgeleitet worden sind. Bei anderen Lohnzahlungszeiträumen als einem Monat wird analog zu Ziffer 61 AStR der zu versteuernde Betrag auf einen vollen Monat zu 26 Tagen umgerechnet und der sich nach Anwendung des Monatssteuertarifs G ergebende Steuerbetrag auf den tatsächlichen Lohnzahlungszeitraum proportional zurückgerechnet. Wie aus dem Absatz II der Bemerkungen zur Steuertabelle T hervorgeht, mußte diese Art der Berechnung bei An-

wendung der Steuertabellen bisher auch schon dann angewendet werden, wenn die nach Tabelle zu versteuernden täglichen Lohneinkünfte die oberste Tabellenstufe der Steuertabelle T für tägliche Lohnzahlungen überschritten, die einem Monatslohn von nur 782,— DM entspricht.

Es erscheint zweckmäßig, die Rechenvorschrift nun soweit zu erweitern, daß es möglich wird, mit ihr die bis auf den Pfennig gleichen Steuerbeträge zu erzielen, wie sie sich bisher bei Anwendung der Steuertabelle M für monatliche Lohnzahlungen ergaben. Hierfür muß sie jedoch noch durch die in die Tabelle M eingearbeiteten Rundungsvorschriften und eine Vorschrift zur Berücksichtigung der Steuerklasse ergänzt werden.

Tafel 1 zeigt den Monatssteuertarif G, wobei Spalte I mit der Ordnungsnummer der Gruppen und Spalte III mit den Stufungsbeträgen ergänzt wurden, auf die der steuerpflichtige Monatslohn vor Anwendung des Tarifs abzurunden ist. Wegen der Verschiedenheit der Stufungsbeträge in Gruppe 7 und 8 enthält diese Darstellung eine Gruppe mehr als der in der AStVO angegebene Monatstarif G.

Die zugehörige Rechenvorschrift lautet in mathematischer Form:

$$\langle IV \rangle + \frac{\langle V \rangle}{100} \cdot (\langle II \rangle_R - \langle VI \rangle) = LS$$

Lies  $\langle II \rangle_R$ : Abgerundeter Betrag aus Spalte II

Tafel 1. Gruppeneinteilung des steuerpflichtigen Monatslohnes nach Monatssteuertarif G

Gruppe	II Steuerpflichtiger Monatslohn DM	III Stufung von II DM	IV Grundbetrag DM	V Zuschlag in %	VI Zuschlag über DM
1	175,— bis 199,99	1,—	0,20	11,2	175,—
2	200,— „ 299,99	1,—	3,—	15	200,—
3	300,— „ 399,99	2,—	18,—	20	300,—
4	400,— „ 499,99	2,—	38,—	24	400,—
5	500,— „ 599,99	2,—	62,—	30	500,—
6	600,— „ 699,99	2,—	92,—	34	600,—
7	700,— „ 999,99	5,—	126,—	22,5	700,—
8	1000,— „ 1257,99	10,—	126,—	22,5	700,—
9	1258,— und darüber	10,—	0,0	20	—

#### Berechnungsvorschrift:

Die Steuer ist zu errechnen als Summe des Grundbetrages der Spalte IV und eines Zuschlages von dem in Spalte V angegebenen Prozentsatz des Betrages, um den der auf die Stufung von Spalte III abgerundete steuerpflichtige Monatslohn den in Spalte VI stehenden Betrag übersteigt.

Bild 2 stellt den Streckenzug der funktionalen Abhängigkeit der Lohnsteuer von dem steuerpflichtigen Monatslohn dar, wobei die Abrundung nach Tabelle M vernachlässigt wurde.

Wie sich aus der Steuertabelle M ableiten läßt und auch durch die an ihrem Ende unter Bemerkungen angeführte „Steuerberechnung bei mehr als 5 Kindern“ erhärtet wird, kann die Berücksichtigung der Steuerklasse durch eine Rechenvorschrift erfolgen, die besagt, daß der Übergang in die nächsthöhere Steuerklasse einer Verringerung des steuerpflichtigen Monatslohnes um 50,— DM entspricht. Die Berechnung der Lohnsteuer kann daher vereinfacht werden, wenn die Berücksichtigung der Steuerklasse durch Abzug eines Vielfachen von 50,— DM nach Tafel 2 erfolgt. Um die Steuerbeträge der Steuertabelle M zu erreichen, ist es jedoch außerdem erforderlich, zu beachten, daß die bereits erwähnte Abrundung nach Spalte III der Tafel 1 sowohl vor als auch nach dem Abzug des der Steuerklasse entsprechenden Betrages „SK“ zu erfolgen hat. Weiterhin sind die nach dem Monatssteuertarif G berechneten Steuerbeträge auf volle 0,1 DM zu runden, wobei Steuerbeträge über 18,— DM wie üblich ab 0,05 DM aufzurunden und Steuerbeträge unter 18,— DM merkwürdigerweise erst ab 0,06 DM aufzurunden

sind. Die Tabelle sieht einen niedrigsten Steuerbetrag von 1,— DM vor, so daß erst bei einem nach allen Abzügen verbleibenden steuerpflichtigen Monatslohn von 182,— DM überhaupt eine Steuer nach Tabelle zu zahlen ist.

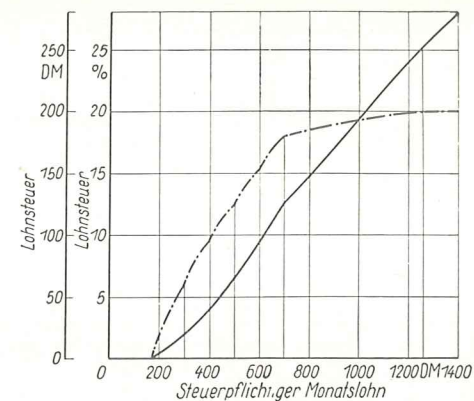


Bild 2. Monatssteuerbedarf G der Verordnung zur Besteuerung des Arbeitseinkommens

Tafel 2

Steuerklasse	I	II	III/1	III/2	III/3	III/4	III/5	III/6
„SK“ in DM	0	50	100	150	200	250	300	350

Als Zusammenfassung aller dieser einzelnen Rechenvorschriften kann demnach die an Stelle der Monatssteuertabelle M tretende Rechenvorschrift durch Bild 3 dargestellt werden, wobei der vor Anwendung der Tafel zu erfolgende Abzug der monatlichen steuerfreien Pauschalbeträge „SB“ hinzugefügt wurde.

Da die monatlichen steuerfreien Beträge nach Ziffer 58 AStR in vollen DM angegeben werden und in jedem Falle eine Abrundung auf volle DM erfolgt, können Pfennigbeträge der Größe G' im Schema von Bild 3 unberücksichtigt bleiben. Bei Nichtanwendung des besonderen Steuersatzes von 5% ist dieses Schema an Stelle G'' auf die Summe aller Lohneinkünfte anzu-

wenden, wobei die Pfennigbeträge erst nach der Summierung vernachlässigt werden können. Die Entscheidung über Anwendung oder Nichtanwendung könnte am einfachsten herbeigeführt werden, indem für beide Fälle die Steuerbeträge errechnet werden und der niedrigste als gültig angesetzt wird. Eine zweimalige vollständige Berechnung nach dem Schema von Bild 3 ist jedoch außerordentlich zeitraubend. Die Untersuchung mittels der grafischen Darstellung von Bild 4 zeigt nun, daß bereits nach Errechnen der Größe  $(G''-SB)_R-SK$  entschieden werden kann, ob die Nichtanwendung überhaupt in Frage kommt. Aus Bild 4 ist ersichtlich, daß die Nichtanwendung nur dann möglich ist, wenn die betreffende Größe geringer als 182,— DM ist. In diesem Falle beträgt die Rundungsstufe 1,— DM, so daß die Abrundung unterbleiben kann und als Ergebnis der außerordentlich stark abgekürzten ersten Berechnung eintritt, daß keine Steuer nach Tabelle zu erheben ist. Die zweite Berechnung mit der Summe der Lohneinkünfte  $(G''+SB)$  ist dann vollständig durchzuführen. In dem Fall, daß  $(G''-SB)_R-SK$  größer oder gleich 182,— DM ist, genügt eine nur einmalige vollständige Berechnung mit der Größe G'.

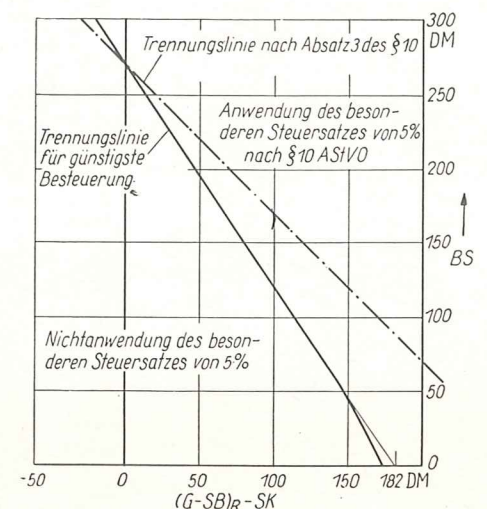


Bild 4. Ermittlung der für den Steuerpflichtigen günstigen Besteuerung

Lohneinkünfte, die nach Tarif G zu versteuern sind

Abzug der steuerfreien Beträge

Abrundung nach Spalte III der Tafel 1

Abzug des der Steuerklasse entsprechenden Betrages und Prüfung, ob der verbleibende Betrag DM 182,— unterschreitet

Abrundung nach Spalte III der Tafel 1

Lohnsteuer nach Tabelle

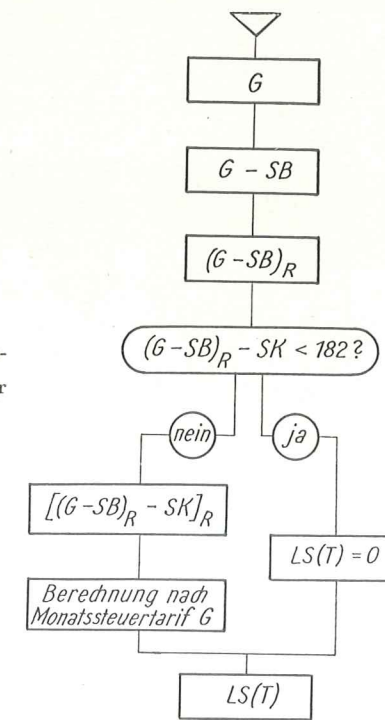


Bild 3

Mit diesen als Ergebnis der einzelnen Untersuchungen erhaltenen Rechenvorschriften ist es nun möglich, die für die Berechnung der Lohnsteuer insgesamt verbindliche Rechenvorschrift in geschlossener Form als Bild 5 darzustellen. Diese Vorschrift ist von der Art der zur Verwendung kommenden elektronischen Rechenautomaten vollkommen unabhängig und läßt sich vollständig aus den gesetzlichen Verordnungen ableiten.

An Hand dieser Ausführungen dürfte es klar geworden sein, daß es in Zukunft Aufgabe der Gestalter entsprechender gesetzlicher Vorschriften sein wird, neben den für die manuelle Handhabung und die Bearbeitung mit der konventionellen Lochkartentechnik erforderlichen und hierfür auch zweckmäßigen Tabellen zusätzlich für die elektronische Datenverarbeitung die genauen Rechenvorschriften in allen notwendigen Einzelheiten als Bestandteil der Verordnungen zur Verfügung zu stellen.

#### Organisation des PRL

Der Rechner gehört zu den elektronischen Digital-Rechenautomaten und arbeitet auch intern mit 9stelligen Dezimalzahlen und festem Komma. Die Register sind aus Flip-Flop-Schaltungen aufgebaut, die zu dekadischen Impulszählern zusammengefaßt sind. Die Dezimalstellen einer Zahl werden parallel verarbeitet. Für Speicher- und Verknüpfungselemente werden Langlebensdauer-Elektronenröhren der Typen E 92 CC und

E 91 H verwendet. Die Eingabe erfolgt über die Lochkartenfühleinrichtung einer Lochkartenmaschine, während für die Ausgabe im PRL Relaiskontakte angebracht sind, die zur Betätigung von Stanz- oder Schreibmagneten von Lochkartenmaschinen vorgesehen sind. Der Rechner besitzt folgende Flip-Flop-Speicher:

Eingangsspeicher	45 Dezimalstellen in Gruppen zu je 3 mit Vorzeichen
Teilsummerspeicher	9stellig mit Vorzeichen
Zwischenspeicher	9stellig mit Vorzeichen
Multiplikatorspeicher	9stellig mit Vorzeichen
Verschiebungshilfsspeicher	10stellig mit Vorzeichen
Resultatspeicher	10stellig mit Vorzeichen
Befehlsspeicher	16 Dualstellen

Der Eingangsspeicher erhält die Eingabewerte von der Lochkartenmaschine und kann außerdem als Schnell-speicher Zwischenresultate aufnehmen. Aus Zwischenspeicher, Multiplikatorspeicher und Resultatspeicher können insgesamt 28 Dezimalstellen nach der Lochkartenmaschine ausgegeben werden.

Die Programmtafel besteht aus 4 austauschbaren Einheiten, die insgesamt 128 Befehle als 16stellige Dualzahlen enthalten und von Hand gesteckt werden. Eine gleichartige Einheit dient als Konstantenspeicher und kann 16 Dezimalzahlen (9stellig mit Vorzeichen) in Tetradenverschlüsselung aufnehmen, die 3stellig splittbar sind.

Die Taktfrequenz des PRL wird bei 300 kHz liegen. Die mittleren Rechenzeiten einschließlich Zugriffszeit betragen damit höchstens

Addition und Subtraktion:	0,35 ms
Multiplikation:	4,5 ms
Division:	6 ms

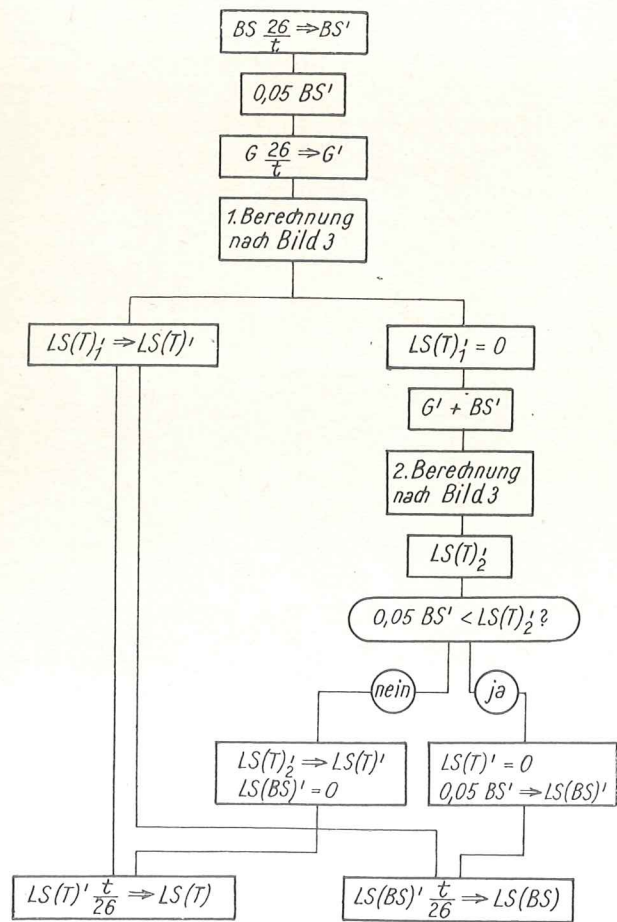


Bild 5 NTB 490-5

Arbeitsgeschwindigkeit des Rechners und Zahl der Befehle sind so aufeinander abgestimmt, daß die bei Anschluß eines Dopplers mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von 7200 Karten/h zur Verfügung stehende Rechenzeit von etwa 200 ms gut ausgenutzt werden kann, die bei einer Kartendurchlaufzeit von 500 ms nach Abzug der Zeit verbleibt, die für die Ausgabe der Resultate und für die gleichzeitige Eingabe der Werte der nächsten Karte in den Rechner benötigt wird.

Da der Rechner keinen Speicher großer oder mittlerer Kapazität wie beispielsweise Magnettrommel- oder Ferritkernspeicher besitzt, ist seine Verwendung auf Berechnungen mit einer verhältnismäßig geringen Zahl von Ein- und Ausgabewerten beschränkt, falls nicht die Lochkarte als zusätzliches Speichermittel auch für Zwischenresultate herangezogen wird. Wegen des Verzichts auf einen derartigen Speicher fehlen auch Einrichtungen zum Rechnen mit Befehlen und für Adressenmodifikationen.

#### Befehle des PRL

Der PRL arbeitet mit 1-Adreßbefehlen, wobei jedoch einige Variationen des festen Operanden möglich sind. Er besitzt arithmetische Befehle zur Ausführung der 4 Grundrechnungsarten, darunter auch kombinierte Befehle. Z. B. kann mit Hilfe des Klammeroperanden die Summierung des Inhalts von Teilsummen- und Resultatspeicher im letzten und die anschließende Ausführung einer Multiplikation oder Division durch einen einzigen Befehl veranlaßt werden. Dies führt bei der Berechnung von verschiedenen algebraischen Ausdrücken zu einer beträchtlichen Einsparung von Befehlen. Zum Zwecke der Verringerung der Rechenzeit kann auch anstelle von einem 9-stelligen mit einem 3- oder 6stelligen Multiplikator gerechnet oder ein in gleicher Weise gekürzter Quotient berechnet werden. Die Transportbefehle, die Speicher- und Füllbefehle umfassen, sind mehrfach variabel. Die Speicherbefehle können mit Löschen des abgebenden Operanden oder mit 1- oder 2-stelliger Rückwärtsverschiebung kombiniert werden. Wenn Vorwärtsverschiebung benötigt werden, müssen sie 3- oder 6-stellig durch Transport nach dem Eingangsspeicher und entsprechend adressiertem Rücktransport durchgeführt werden.

Von großer Bedeutung sind bedingte Sprungbefehle, mit denen die Realisierung von Verzweigungen des Programms möglich wird, wie sie auch in den Schemata der Bilder 3 und 5 bereits aufgetreten sind.

Es sind vorhanden:

- ↗ + ) Sprünge auf den in der 3. und 4. Tetrade des Befehls binär angegebenen Programmschritt, jedoch nur dann, wenn der Inhalt des Resultatspeichers positiv bzw. negativ ist.
- ↖ - )

Weitere dieser Befehle ermöglichen es, Teile des Programms mehrfach durchlaufen zu können. Man ist also durch das Fehlen von Adressenmodifikationen nicht auf lineares Programmieren beschränkt, sondern kann in geringem Umfang auch Programmzyklen einsetzen.

Diese Befehle ↗ 4, ↗ 5 und ↗ 6 veranlassen einen unbedingten, jedoch einmaligen Rücksprung im Programm, der beim nächsten Erreichen dieses Sprungbefehles im Verlauf des Programms nicht wiederholt wird. Im anderen Falle würde bei einem Rücksprung nie das Ende des Programms erreicht werden. Speziell für das Lohnsteuerprogramm sind nachfolgende Befehle von Bedeutung:

- „Lösche letzte Dezimalstelle von R!“
- „Schalte auf Sonderrundung!“
- „Schalte auf Normalrundung!“

#### Programmentwurf für Lohnsteuerberechnungen mit dem PRL

1. Eingangsdaten	Höchstwerte
G, Lohneinkünfte, die nach Tarif G zu versteuern sind	9999,99 DM
BS, Lohneinkünfte, die ggf. mit 5% zu versteuern sind	9999,99 DM
t, Anzahl der Arbeitstage des Lohnzahlungszeitraums	99,9
SB, steuerfreie Beträge	999,— DM
SK, der Steuerklasse entsprechender Betrag	950,— DM

2. Ausgangsdaten	Höchstwerte
LS (T), Lohnsteuer nach Tabelle bzw. Tarif G	9999,9 DM
LS (BS), Lohnsteuer nach dem besonderen Steuersatz von 5 Prozent	999,99 DM

#### 3. Konstanten

Im Konstantenspeicher werden die Werte des Monatssteuertarifs G gesteckt, wobei die 3stelligen Zahlen der Spalten IV, V und VI der Tafel 1 für jede Gruppe zu einer 9stelligen Konstanten zusammengefaßt werden, die nach Aufruf mit der zugehörigen Adresse bei ihrer Verwendung wieder in ihre 3stelligen Teile zerlegt wird. Hier besteht wegen des Festkommastellen der Schwierigkeit, daß für Spalte IV bei gleicher Bearbeitung aller Gruppen 4 Dezimalstellen benötigt würden, da in Gruppe 7 und 8 DM 126,— und in Gruppe 1 DM 0,20 auftreten. Es ist nun möglich, den Grundbetrag der Gruppen 7 und 8 um 99,9 DM zu verringern und einen Ausgleich dadurch zu schaffen, daß der Wert von 700,— DM in Spalte VI um  $\frac{99,9}{22,5} \%$ , also um

444,— DM gesenkt wird. Damit verschwindet die höchste Stelle der Spalte IV in den Gruppen 7 und 8, ohne daß der Rechnungsgang oder die Ergebnisse irgendwie beeinflußt werden.

Zusätzlich werden noch die Differenzen der Werte der Spalte VI, die Stufungsbeträge und ihre Kehrwerte, der bereits erwähnte Betrag von 182,— DM, der Faktor 5% und die Zahl von 26 Arbeitstagen des vollen Monats sowie der Kehrwert von 26 gespeichert.

Die Speicherung von reziproken Werten erfolgt, um zum Zweck der Einsparung von Rechenzeit 9stellige Divisionen durch Multiplikationen mit zum Teil nur 3stelligen Faktoren ersetzen zu können, wobei die Genauigkeit der Rechnung erhalten bleibt. Das gesamte Programm enthält dann nur noch eine einzige Division, die am Anfang der Bearbeitung des Schemas von Bild 5 auf den Faktor  $\frac{26}{t}$  führt.

#### 4. Spezielle Programmteile

Der Ablauf des Programms erfolgt nach dem Schema von Bild 5 und dem darin zweimal enthaltenen Schema von Bild 3, das demnach einen Programmteil darstellt, der mit Hilfe der erwähnten Einrichtungen zweimal durchlaufen wird. Bild 5 enthält keine Besonderheiten außer der Programmverzweigung nach der Fragestellung

$$0,05 BS' < LS(T)'_2 ?$$

Hier wird der in einer bestimmten Adresse gespeicherte Wert  $0,05 BS'$  von dem im Resultatspeicher befindlichen Wert  $LS(T)$  subtrahiert. Steht nun als nächster Befehl ↗ + (Sprünge, wenn der Inhalt des Resultatspeichers positiv ist!), so wird auf den im Befehl angegebenen Programmschritt gesprungen, wenn die Frage zu bejahen ist und daher die Differenz positives Vorzeichen besitzt. Im andern Fall unterbleibt der Sprung, und der Programmschrittzähler wird nur um eine Einheit weitergeschaltet, um den nächsten Befehl zu verarbeiten, der die Speicherung von  $LS(T)'_2$  auf den für  $LS(T)'$  vorgesehenen Speicherplatz vorsieht.

Bei der Bearbeitung des Schemas von Bild 3 tauchen jedoch einige Probleme auf, die noch näher erläutert werden sollen: Vor jeder Abrundung und der gegebenenfalls folgenden Berechnung nach Monatssteuertarif G ist festzustellen, welcher Gruppe nach Tafel 1 der zu verarbeitende Wert angehört. Hierzu werden anfangs die zu Gruppe 1 gehörenden Berechnungskonstanten der Spalten III—VI und die Subtraktionskonstante 100,— DM aus dem Konstantenspeicher in bestimmte Adressen des Eingangsspeichers überführt. Ist das Resultat nach Abzug von 200,— DM kleiner als Null, so liegt die Zugehörigkeit zu Gruppe 1 vor, und es wird ein Sprungbefehl ausgeführt, der die Berechnung einleitet. Andernfalls werden die gespeicherten Berechnungskonstanten durch diejenigen der Gruppe 2 ersetzt und durch Subtraktion von 100,— DM die Zugehörigkeit zu Gruppe 2 geprüft. Dies wiederholt sich bei allen Gruppen. Ab Gruppe 3 leitet der Sprungbefehl jedoch die dann erforderliche Abrundung ein. Die Abrundung auf beispielsweise volle 2,— DM wird durchgeführt, indem der betreffende Wert, der in vollen DM in den hintersten Stellen des Resultatspeichers R steht, mit der Zahl 5 multipliziert wird. Anschließend wird der Befehl ausgeführt: „Lösche letzte Stelle von R!“ Nach einer weiteren Multiplikation mit dem Kehrwert 0,2 ist die Abrundung beendet.

Die Rundung der Steuerbeträge nach Tarif G auf volle 0,1 DM erfolgt automatisch, indem das Rechenergebnis so im Resultatspeicher zu stehen kommt, daß die Dezimalstelle für 0,1 DM die hinterste Stelle einnimmt. Bereits bei der Sortierung nach Gruppen wird anfangs auf „Sonderrundung“ geschaltet, so daß ab 0,06 DM aufgerundet wird, während bei Erreichen der Gruppe 3 auf „Normalrundung“ geschaltet wird, bei der das Aufrunden ab 0,05 DM beginnt.

#### Erweiterung des Programms auf Nettolohnrechnung

Da die Eingabe nur 21 von 45 möglichen, und die Ausgabe nur 12 von 28 möglichen Dezimalstellen in Anspruch nimmt, und die verfügbare Rechenzeit von etwa 200 ms bei weitem nicht ausgenutzt wird, liegt die Frage nach einer Erweiterung des Programms nahe. Die Einbeziehung der relativ einfachen Berechnung der Sozialversicherungsbeiträge erweitert das Programm auf die Berechnung der gesetzlichen Lohnabzüge. Der Eingangsspeicher ist aber nicht in der Lage, alle sonstigen Abzüge, wie Abschlagszahlungen, Überweisungen usw. und sonstige Zahlungen, wie Restpfennige vom Vormonat und Zuschläge lt. Verordnung vom 28. 5. 58 (Wegfall der Lebensmittelkarten) u. a. aufzunehmen. Es besteht jedoch noch die Möglichkeit, nach einer vorangegangenen Summierung und Subtraktion dieser Beträge zusätzlich noch den Differenzbetrag einzugeben, so daß das Programm damit auf die Nettolohnabrechnung erweitert werden kann, die als Resultat den auszu zahlenden Betrag mit Abspaltung der Pfennigbeträge, die Lohnsteuer nach Tabelle, Lohnsteuer nach besonderem Steuersatz von 5% und den Sozialversicherungsbeitrag ergibt. Durch ein Steuerloch der zur Eingabe verwendeten Lochkarte kann auch der Abzug des SV-Beitrags unterbunden werden, wie dies für Rentner in Frage kommt.

Für diese Nettolohnabrechnung werden etwa 100 Befehle von 128 möglichen ausgenutzt. Mit den verbleibenden 28 Befehlen und den 7 verbleibenden Dezimalstellen der ausgebenden Register läßt sich noch eine Stückelung des auszu zahlenden Betrags in Geldscheine zu 100,— DM, 50,—, 20,—, 10,—, 5,— DM und Stücke zu 2,— und 1,— DM in das Programm einarbeiten. Nach der Aufsummierung dieser Werte durch die Tabelliermaschine, die gleichzeitig mit dem Drucken der Lohnstreifen erfolgen kann, ist der Betrieb in der Lage, die Lohnzahlung mit einem Minimalaufwand an Geldscheinen und vor allem an Geldstücken reibungslos vorzunehmen.

Das ausführlich behandelte Beispiel dürfte gezeigt haben, wie auch schwierig erscheinende Probleme durch eine zweckmäßige Programmierung mit wenigen Programmschritten befriedigend gelöst werden können. Gerade das Programm zur Berechnung der Lohnsteuer scheint besonders geeignet, um dem Wirtschaftler die Möglichkeiten nahezubringen, die bei der Anwendung von elektronischen Rechenautomaten für die Einsparung von routinemäßiger menschlicher Denkarbeit gegeben sind.

NTB 490

**ARBEITSPLATZ LEUCHTEN**

**TELEFONSCHEREN-SCHWENKARME**

in bekannter, bewährter Qualitätsarbeit für Industrie Werkstatt Büros usw. Universell verwendbar und unbeschränkte Verstellbarkeit.

**Philipp Weber & Co. K. G.**  
Dresden A 1  
Chemnitzstraße 37, Ruf 42946

# Aufgabenstellung und Probleme bei der Entwicklung und dem Einsatz elektronischer Rechenanlagen für die Automatisierung der Verwaltungsarbeit

Organisator K. AHNER und Ing. M. WINKLER, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

## 1. Einleitung

In den letzten Jahren mehren sich in den Fachkreisen die Stimmen, die eine weitgehende Automatisierung der Verwaltungsarbeit fordern. Dabei rechnet man besonders mit den großen Möglichkeiten, die sich mit der Anwendung der Elektronik bieten. Unwahrscheinlich hohe Rechengeschwindigkeiten, verblüffende Entscheidungskraft durch umfassende Programmierung, das sind Fähigkeiten, die es gilt für die Zwecke der Verwaltungsarbeit und zur Beseitigung kräftezehrender Routinearbeiten zu nutzen.

Woraus resultieren diese Forderungen nach Automatisierung der Verwaltungsarbeit?

In erster Linie ist dabei die unbedingte Notwendigkeit zur Steigerung der Arbeitsproduktivität in der Volkswirtschaft der DDR zu sehen. Es ist allgemein bekannt, daß für die im Siebenjahrplan vorgesehene enorme Steigerung der Produktion keine zusätzlichen Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Durch weitgehende Automatisierung der Verwaltungsarbeit muß die Arbeitsproduktivität gesteigert werden, um gleichzeitig den bereits seit Jahren bestehenden Widerspruch zwischen Technisierung der Produktion und Anwendung der Technik in der Verwaltung zu überwinden. Ein weiterer Gesichtspunkt für die Forderung nach Automatisierung der Verwaltungsarbeit ist die Tatsache, daß die Produktionsprozesse infolge ihres Anwachsens immer komplizierter werden und daß demzufolge die Leitung, Überwachung, Kontrolle sowie die rechnungsmäßige Erfassung der Produktion mit den herkömmlichen Mitteln immer langwieriger und umfangreicher wird. Des weiteren ist eines der Hauptprobleme in der Produktionslenkung der Betriebe die ordnungsgemäße Planung der Maschinenbelegungszeiten in den einzelnen Vorlaufabschnitten zur Vermeidung unnötiger Warte- und Stillstandszeiten. Es gilt also, Arbeitsinstrumente zu schaffen, die eine umfassende Planung und weitgehende automatische Kontrolle der Maschinenbelegungszeiten auf Grund der geplanten Produktion und somit einen kontinuierlicheren Arbeitsfluß ermöglichen. Dadurch wird es möglich, die beabsichtigte Steigerung des Warenausstoßes nicht allein mit zusätzlich investierten Maschinenkapazitäten, sondern auch durch Ausnutzung der Reserven zu erreichen.

Wer schon einmal an der Aufstellung eines Planes beteiligt war, weiß, wie viele Komponenten darin enthalten sind, die in enger Wechselbeziehung zueinander stehen. Schon die geringfügigste Änderung einer Kennziffer oder Eckzahl zieht umfangreiche Änderungsarbeiten nach sich. Es steht also auch hier die Forderung, die mit der Planaufstellung und der Plankontrolle verbundenen massenhaften Routinearbeiten weitestgehend zu automatisieren, um die Mitarbeiter der Planungsabteilungen frei zu machen für die eigentlichen Aufgaben zur konstruktiven Auswertung des Planes und seiner Ergebnisse sowie zur Anwendung der daraus resultierenden Erkenntnisse zum Zwecke einer Steigerung der Produktion und besseren Leitung der Betriebe.

Aber auch die Forderungen des Handels dürfen in diesem Zusammenhange nicht vergessen werden, die ebenfalls dahin gehen, leistungsfähige Rechenanlagen mit großer Speicherkapazität zu schaffen, mit deren Hilfe eine umfangreiche Verkaufsstatistik zur besseren Bedarfsforschung und damit eine bessere Versorgung der Bevölkerung durch bedarfsgerechtere Bereitstellung von Waren sowie durch realere Warenstreuung ermöglicht wird.

Einer der hauptsächlichsten Träger der Forderung nach Automatisierung der Verwaltungsarbeit innerhalb der

Wirtschaft dürfte wohl der Bank- und Sparkassensektor sein. Es ist bekannt, daß z. B. bei der Deutschen Notenbank einen überaus hohen prozentualen Anteil an der Gesamtzahl der Beschäftigten das sogenannte technische Personal hat. Darunter sind die Mitarbeiter zu verstehen, die allein mit der Aufbereitung der Belege und Unterlagen beschäftigt sind, also noch nichts mit der Auswertung derselben zu tun haben. Als besonders schwerwiegender Faktor kommt dabei noch hinzu, daß sich dieses technische Personal vorwiegend aus den älteren Jahrgängen zusammensetzt und daß also dort dementsprechend in besonders großer Zahl die natürlichen Abgänge auftreten. Es entsteht also hier in nächster Zukunft ein Problem, das zu einer Lösung geradezu nach neuer Technik in der Verwaltung drängt und das keinesfalls – wenn hier kein Einbruch erfolgen soll – übersehen werden darf. Auf Grund der bereits in den anderen Ländern gesammelten Erfahrungen kann man bereits heute sagen, daß uns mit der Elektronik für die Zukunft die Mittel zur Verfügung stehen, mit denen die vorerwähnten Probleme weitgehend bewältigt werden können. Es gilt nur, die technischen Mittel in Übereinstimmung mit dem organisatorischen Nutzen zu bringen und ökonomisch einzusetzen.

### 1.1 Geschichtliche Entwicklung der Elektronenrechner

Bereits vor etwa 20 Jahren wurde in Berlin von Dr. Konrad Zuse die erste programmgesteuerte Rechenanlage gebaut. Die Maschine arbeitete mit elektromagnetischen Relais und wurde im Kriege zerstört. Die eigentlichen Entwicklungsarbeiten setzten erst nach dem Kriege ein, wobei die Rechner zunächst nur für wissenschaftliche und militärische Zwecke verwendet wurden, und erst seit etwa 1950 nahm man die Verwendung elektronischer Datenverarbeitungsanlagen für kommerzielle Zwecke stärker in Angriff. Speziell in den USA sollten diese Anlagen zunächst in Großfirmen, Versicherungen und Banken eingesetzt werden, um vor allem ihre Anwendungsmöglichkeiten und die Methoden zu erproben und kennenzulernen. Dabei hat sich die sogenannte „integrierte Methode“ für die Organisation und den Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen als die bewährteste herausgebildet. Unter der integrierten Methode ist der Einsatz der Anlagen unter Berücksichtigung des besten Zusammenspiels aller kommerziellen Arbeiten und aller spezialisierten Teilgebiete zu verstehen.

Der besonders in den USA anfänglich geäußerte Überoptimismus beim Einsatz der ersten Anlagen wich sehr bald einer gewissen Depression. Man ist wahrscheinlich beim Einsatz der Elektronenrechner für kommerzielle Zwecke von den gleichen Voraussetzungen ausgegangen, wie sie z. B. bei dem bereits erwähnten Einsatz für wissenschaftliche und militärische Zwecke vorlagen. So sprach man z. B. in einem Bericht der American Management Association davon, daß es in den USA keine Installierung einer Rechenanlage für ausschließlich kaufmännische Zwecke gibt, die wirtschaftlich vertretbar sei (siehe Zeitschrift „Elektronische Datenverarbeitung“, H. 1, S. 3).

Die Größe und Leistungsfähigkeit der bisher für wissenschaftliche und militärische Zwecke entwickelten Elektronenrechner läßt auf Grund der hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten keine wirtschaftliche Anwendung für kommerzielle Zwecke zu. Man bemüht sich nun, kleinere elektronische Rechenanlagen bzw. Datenverarbeitungsanlagen zu entwickeln, die sowohl leistungsmäßig als auch preislich den Anforderungen der Verwendung für kommerzielle Zwecke mehr entsprechen.

1958 arbeiteten 45 % aller Arbeiter und Angestellten der DDR im Wirtschaftsbereich Industrie. Daraus erkennt man bereits, daß die Industrie das volkswirtschaftlich wichtigste Objekt hinsichtlich der Automatisierung der Verwaltungsarbeit ist. Außerdem wurde 1958 in der Industrie 64,8 % des gesellschaftlichen Gesamtproduktes erarbeitet. Untersucht man die Zusammensetzung der Industrie hinsichtlich der Betriebsgröße, so läßt sich die Erkenntnis ableiten, daß für die Bestimmung der Größe und Leistungsfähigkeit elektronischer Datenverarbeitungsanlagen nicht allein die Frage ausschlaggebend ist, wofür sie eingesetzt werden können, sondern es muß auch gleichzeitig die Frage berücksichtigt werden, in welcher Form dies geschehen soll. D. h., es ist durchaus von größtem Interesse zu wissen, ob jeder Betrieb – von einer bestimmten Größe an aufwärts – unabhängig und dezentral mit einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage arbeiten soll oder ob man grundsätzlich den Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen nur in zentralen Rechenstationen vorsieht, in denen mehrere Betriebe (z. B. innerhalb einer VVB) abgerechnet werden.

Zu diesen in letzter Zeit bereits mehrfach aufgetretenen Bestrebungen zur Konzentration der Technik in diesen zentralen Rechenstationen sind einige damit verbundene Probleme zu beachten.

So muß z. B. bei der Bildung zentraler Rechenstationen – die sich dann in der Regel jeweils nur auf eine elektronische Datenverarbeitungsanlage stützen werden – das mit einem evtl. Ausfall verbundene immerhin recht erhebliche Risiko in Kauf genommen werden, wodurch sämtliche Abrechnungstermine und erforderlichen Auswertungen für mehrere Betriebe gleichzeitig in Gefahr geraten. Dagegen ist bei dezentraler Abrechnung – wo also mehrere Anlagen parallel zueinander arbeiten – bei dem Ausfall einer Anlage eine gegenseitige Hilfe und Unterstützung möglich.

Auch der Transport der Belege bzw. Informationsträger stellt ein nicht unbeachtliches Problem dar, dessen Schwierigkeitsgrad mit der Länge des Transportweges und mit der Kürze der Abrechnungsperiode progressiv anwächst und bei täglicher Verarbeitung der Daten und Informationen – z. B. für Dispositionszwecke – ohne Inanspruchnahme des Fernschreibnetzes kaum zu bewältigen ist.

Kurzfristige Rückfragen oder dringende Sonderarbeiten außerhalb des üblichen Arbeitsturnus werden nicht in dem Maße erledigt werden können, wie dies bei dezentraler Abrechnung im Betrieb möglich wäre, da durch den damit verbundenen Programmwechsel und den Wechsel externer Speicher der planmäßig vorgesehene Rhythmus der Rechenzentrale gestört würde. Dabei ist doch der Hauptzweck der Datenverarbeitungsanlagen in der Aktualität der Ergebnisse zu suchen, die bei der Durchleuchtung der Vorgänge in der Produktions- und Zirkulationssphäre gewonnen werden. Keinesfalls in Zweifel gestellt werden kann die Zweckmäßigkeit von Rechenzentralen, wenn es um die Lösung rein mathematischer Aufgaben geht, die zentral für viele Betriebe und Institutionen durchgeführt werden können, wobei die Datenverarbeitungsanlage entsprechend ihrem Verwendungszweck technisch angepaßt werden muß.

Bei der Betrachtung der Anschaffungskosten für elektronische Rechenanlagen zur integrierten Verarbeitung von Daten und Informationen kann keinesfalls – wie bisher bei den konventionellen Büromaschinen – ausschließlich davon ausgegangen werden, wieviele Arbeitskräfte damit eingespart werden müssen, um die Anlage in einem bestimmten Zeitraum amortisieren zu können. Vielmehr ist dabei das Augenmerk darauf zu richten, die bisher durch ungenügende Organisation im Produktionsablauf und in der Verwaltung verlorengegangenen Werte künftig weitestgehend unserer Gesellschaft nutzbar zu machen, indem eben z. B. durch eine bessere Planung und Kontrolle der Maschinenbelegung eine Steigerung des Produktionsausstoßes erfolgt. Die Anschaffungskosten für die Datenverarbeitungsanlagen müssen in erster Linie aus der daraus resultierenden erhöhten Akkumulation der Betriebe bzw. des Staatshaushaltes gedeckt werden.

Zum Schluß dieser Betrachtungen sei noch darauf hingewiesen, daß die integrierte Methode für die Organisation und den Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen meist erhebliche Zeit für die Analyse und Programmierung der Arbeitsabläufe in Anspruch nimmt. Es ist also bei dem Einsatz der neuen Technik darauf zu achten, daß die Organisation der Betriebe über längere Zeiträume konstant bleibt, da jede Strukturveränderung auch eine Änderung der Programme und damit auch umfangreiche Kleinarbeit nach sich zieht.

## 2. Probleme der Adressierung bei Einsatz von Großspeichern

Bei der Betrachtung elektronischer Datenverarbeitungsanlagen ist die Speicherkapazität einer der wichtigsten Punkte. Dabei werden meist die Werte, wie Anzahl der Speicherplätze, Zugriffszeit usw., in den Vordergrund gerückt. Diese Daten sollen jedoch in den folgenden Ausführungen nicht berücksichtigt werden, da beim Einsatz der Speicherkapazität für ökonomische Zwecke außerdem noch andere Faktoren zu beachten sind. Bei dem Arbeiten mit großen Speicherkapazitäten sollen zwei Speicherarten grundsätzlich unterschieden werden. Einmal der adressierbare Speicher, bei dem durch Angabe der Speicheradresse nach einer geringen Zeit der Inhalt einer ganz bestimmten Speicherzelle zur Verfügung steht, d. h., jeder Speicherplatz ist nur durch eine und immer festliegende Zahl der Adresse gekennzeichnet. Zum anderen der nichtadressierbare Speicher, in dem Werte in beliebiger Reihenfolge eingetragen werden. Diese werden meist zu Blöcken zusammengefaßt und enthalten eine Information, die als Adresse definiert wird, d. h., es kann jede beliebige Zahl zum Auffinden des Blockes im Speicher verwendet werden. Soll ein Zahlenblock aus diesem Speicher verarbeitet werden, so ist es entweder erforderlich, daß die Reihenfolge der Blöcke auf dem Speicher im Programm berücksichtigt wird oder es muß der gesamte Speicherinhalt nach diesem einen bestimmten Block abgesucht werden.

### 2.1 Anruf adressierbarer Speicher

Ein allen bekannter Anruf eines adressierbaren Speichers ist der Anruf eines Speicherwerkes in einer Buchungsmaschine durch Tastendruck. Soll z. B. ein Wert in das Speicherwerk 43 des Ascota-Buchungsautomaten, Klasse 170 eingetragen werden, so wird das Werk durch Eintasten einer 43 und keiner anderen Zahl angerufen. Genauso verhält es sich beim Anruf von adressierbaren Speichern in einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage. Bei technisch-wissenschaftlichen Problemen führt dies meist nicht zu Komplikationen, da dort die Adresse eines zu speichernden Wertes für das zu lösende Problem selbst meist keinen Einfluß hat. Die Adresse kann entsprechend dem verwendeten Rechenautomat frei gewählt werden.

Es kommt jedoch besonders bei ökonomischen Problemen sehr häufig vor, daß die für die Verarbeitung der Werte maßgebenden Zahlen, für die Kontierungs- oder sonstigen statistischen Merkmale, nicht mit den Zahlenwerten der Speicheradressen übereinstimmen. Dieser Fall soll an Hand eines Beispiels näher untersucht werden.

Bei der Aufteilung der Lohnkosten nach Kostenstelle und Kostenart wird verlangt, daß die Beträge der einzelnen Lohnscheine nur dann addiert werden dürfen, wenn beide Kontierungsmerkmale übereinstimmen. Am Monatsende wird verlangt, daß die angefallenen Lohnkosten nach Kostenart je Kostenstelle aufgeschlüsselt vorliegen. Weiterhin sei angenommen, daß insgesamt 100 Kostenstellen mit den Kostenstellennummern 1–100 und 40 Kostenarten mit den Kontonummern 1–40 für die Kostenverteilung anfallen. Unter dieser Annahme ergibt sich ein Gesamtspeicherbedarf von  $100 \times 40 = 4000$  Speicherplätzen. Für den Anruf dieser Speicherplätze können nur die Zahlen 1–4000 als Adressen verwendet werden. Die Aufteilung der Kosten entsprechend den Kontierungsmerk-

malen ist mit Hilfe der Adressenrechnung ohne weiteres möglich. Die Adresse des Speicherplatzes ergibt sich aus folgender Rechnung:

Nr. der Kostenstelle  $\times$  40 - Nr. der Kostenart

Z. B. wird ein Betrag, der in der Kostenstelle Nr. 25 auf der Kostenart 32 angefallen ist, in den Speicherplatz  $25 \times 40 - 32 = 968$  eingetragen werden. In gleicher Weise lassen sich auch die Speicheradressen für Werte errechnen, die nach 3 Kontierungsmerkmalen aufgeschlüsselt werden sollen. Steht für das oben angeführte Beispiel nur ein Speicher mit 2000 Plätzen zur Verfügung, so muß die Arbeit in zwei Abschnitten durchgeführt werden. Dabei ist es nicht notwendig, daß die Nr. der Kostenstellen z. B. unterteilt werden in zweimal 1-50, sondern es wird mit der anfangs angegebenen Numerierung von 1-100 auch in diesem Fall gearbeitet. Der Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Bearbeitungsabschnitt ist im Programm zu berücksichtigen, indem bei den Kostenstellennummern 51-100 jeweils der Wert 50 vor der eigentlichen Adressenumrechnung abzuziehen ist. Analog dazu ist diese Adressenumrechnung auch bei der Ausgabe der Werte vorzunehmen.

Bei dem obigen Beispiel wurde als Voraussetzung angenommen, daß die Nummern der jeweiligen Kontierungsbegriffe als lückenlose Zahlenreihe, von 1 beginnend, vorliegen. Diese Voraussetzung trifft leider in der Praxis nicht zu. Die Kostenstellen werden normalerweise mit einer 4stelligen Zahl bezeichnet, bei den Kostenarten treten in vielen Fällen ebenfalls 4stellige Zahlen auf. Eine 4stellige Zahl kann alle Werte zwischen 0000 und 9999 annehmen, d. h., es ergeben sich 10 000 Möglichkeiten. Da die wirklich auftretende Anzahl bei den Kostenstellen nur 100 und bei den Kostenarten nur 40 beträgt, um bei dem obigen Beispiel zu bleiben, ergeben sich sehr große Lücken in den Zahlenreihen, wie sie z. Z. in der Praxis für die Bezeichnung der einzelnen Kontierungsbegriffe verwendet werden. Die Schwierigkeit bei dem Einsatz elektronischer Anlagen mit adressierbaren Speichern liegt darin, daß es keine mathematische Methode gibt, die es gestattet, aus den 10 000 Möglichkeiten nur die tatsächlich auftretende Anzahl von Nummern, in diesem Beispiel 100 bzw. 40, zu ermitteln. Soll die angegebene Kostenverteilung mit den 4stelligen Bezeichnungen mit einem Elektronenrechner durchgeführt werden, dann würde es theoretisch erforderlich sein, einen Speicher von  $10\,000 \times 10\,000 = 100$  Mill. Speicherplätzen vorzusehen. Selbst wenn man berücksichtigt, daß Kostenstellen nur mit den Zahlen 1000-9999 bezeichnet werden und daß bei der Bearbeitung des Lohnes festliegt, daß es sich nur um die Kontenklasse 3 handeln kann, d. h. daß nur die letzten 3 Stellen im Programm zu berücksichtigen sind, ergibt sich immer noch ein Speicherbedarf von

$9000 \times 1000 = 9$  Millionen Speicherplätze.

Stellt man dieser Zahl gegenüber, daß maximal nur 4000 Speicherplätze belegt werden, so ergibt sich die Auslastung des Speichers zu 0,044 %, d. h., 99,956 % der Speicherkapazität werden für die Arbeit nicht benötigt, diese Speicherplätze sind nur auf Grund der in statistischer Reihenfolge vorliegenden Zahlenreihe der Nummern der Kontierungsmerkmale erforderlich. Über die Wirtschaftlichkeit einer derartigen Arbeitsweise dürfte sich jeder Kommentar erübrigen.

Bei der Anwendung elektronischer Datenverarbeitungsanlagen ist es unbedingt erforderlich, daß die Kontierungsbegriffe für die Speichereinheit in einer lückenlosen, von 1 beginnenden Zahlenreihe zur Verfügung stehen. Um den Vorteil der jetzigen Bezeichnungsweise weiterhin beizubehalten, wäre es vom technischen Gesichtspunkt aus ohne weiteres möglich, eine Zahl, die den obigen Bedingungen entspricht, an die jetzige Bezeichnung anzuhängen. Damit werden die Zahlen um 2 bis 3 Stellen erweitert, es kann aber der Vorteil der jetzigen Bezeichnung weiterhin bestehen bleiben. Der Nachteil einer lückenlosen Bezeichnung liegt vor allem darin, daß im Falle einer Erweiterung, z. B. der Kostenstellen, ein Teil der Nummernbezeichnungen sich ändern würde. In der Regel wird dies jedoch am

Jahresanfang der Fall sein, wobei sich auch jetzt verschiedene Kontierungsmerkmale in der Bezeichnung ändern. Verwendet man die oben erwähnte zusammengesetzte Bezeichnung, so ist es zweckmäßig, wenn bei Änderungen im Laufe eines Jahres als anzuhängende Zahl an die derzeitige Kontierungsbezeichnung die in der Gesamtreihe als nächste Zahl folgende Nummer verwendet wird. Damit steht dann bei der Abrechnung die z. B. neu eröffnete Kostenstelle am Ende der Abrechnung und nicht an der entsprechend der jetzigen Bezeichnungsweise festgelegten Stelle, dies dürfte aber im allgemeinen kein Nachteil sein. Bei der Adressenumrechnung im Elektronenrechner wird dann der erste Teil, d. h. die derzeitige Bezeichnung nicht berücksichtigt. Wenn nach Abschluß der Abrechnung die Speicherwerte ausgedruckt werden sollen, dann ist es ohne wesentlichen Aufwand möglich, auch die derzeitigen Bezeichnungen mit auszudrucken. Diese Umschlüsselung von der lückenlosen, von 1 beginnenden Bezeichnung auf die statistische Zahlenbezeichnung ist möglich. Für diese Umschlüsselung werden bei 100 Kostenstellen und 40 Kostenarten  $100 + 40 = 140$  Speicherplätze benötigt. In diesen Speicherplätzen sind die Zahlen der jetzigen Bezeichnungsweise zu speichern. Der Anruf dieser Speicherplätze ist dann über eine normale mathematische Adressenrechnung möglich.

Technisch besteht auch die Möglichkeit, Zahlen von der statistischen Reihenfolge in die lückenlose Reihenfolge umzuschlüsseln. Diese, für die Anwendung bei wirtschaftlichen Problemen, wohl günstigste Methode ist jedoch nur begrenzt anwendbar. Die eine Möglichkeit besteht darin, durch sogenannte Zuordner über Stecktafeln oder auch festverdrahtet einer Zahl eine bestimmte andere Zahl zuzuordnen. Von dieser Möglichkeit wird bei Spezialanlagen Gebrauch gemacht.

Die Umschlüsselung der Zahlenwerte kann auch dadurch erfolgen, daß der interne Speicher für diese Zwecke eingesetzt wird. Ähnlich wie bei der beschriebenen Ausgabeumschlüsselung werden die Werte der statistischen Zahlenfolge im internen Speicher, z. B. auf der Magnettrommel, gespeichert. Durch eine Vergleichseinrichtung werden diese Zahlenwerte mit dem vom Beleg eingegebenen Sortierbegriff verglichen, sobald die eingegebene Zahl und die gespeicherte Zahl übereinstimmen, wird die Speicherplatznummer (Adresse) des im internen Speicher stehenden Wertes festgestellt. Diese Adresse wird dann in der weiteren Rechnung als Sortierbegriff verwendet. Bei dieser Methode müssen alle umzuschlüsselnden Werte der Reihe nach abgefragt werden, bis der jeweils gewünschte Wert gefunden ist, so daß diese Art der Umschlüsselung wirtschaftlich nur dort eingesetzt werden kann, wo nur eine geringe Anzahl von umzuschlüsselnden Werten vorliegt. Außer der dabei auftretenden Suchzeit ist noch zu berücksichtigen, daß die Speicherplätze, die zur Speicherung der umzuschlüsselnden Zahlenwerte benötigt werden, für die anderen Arbeiten nicht zur Verfügung stehen.

## 2.2 Anruf nicht adressierbarer Speicher

In diese Gruppe der Speicher zählen praktisch die Magnetbandspeicher. Die zu speichernden Werte werden bei Magnetbandspeichern meist in Form von Informationsblöcken untergebracht. Zwischen den einzelnen Informationsblöcken sind Zwischenräume, in denen keine Informationen gespeichert werden können. Diese Zwischenräume sind für den Start- bzw. Stopvorgang des Magnetbandes erforderlich. Die Länge des Zwischenraumes richtet sich nach der Start- und Stopzeit und der Bandgeschwindigkeit des Magnetbandgerätes. Die Magnetbandspeicher haben den Vorteil der preiswerten Speicherung großer Datenmengen. Als Nachteil tritt die große Zugriffszeit auf. Soll z. B. eine Lagerkartei für die Materialabrechnung elektronisch gespeichert werden, so ist preislich dem Magnetbandspeicher auf alle Fälle der Vorzug zu geben. Auf Grund der großen Zugriffszeit ist es jedoch nicht möglich, mit unsortierten Belegen zu arbeiten. In diesem Fall tritt die Artikelnummer als Adresse auf. Nach der Eingabe der Werte des Materialbeleges muß das Magnetband so lange von Anfang an durchlaufen,

bis der Informationsblock gefunden ist, in dem die Werte des entsprechenden Artikels gespeichert sind. Um diesen Informationsblock überhaupt finden zu können, ist es erforderlich, daß die Artikelnummer (Adresse) an einer bestimmten Stelle im Informationsblock gespeichert ist. Sobald zwischen der eingegebenen Artikelnummer und der im Informationsblock auf dem Magnetband gespeicherten Artikelnummer Übereinstimmung besteht, werden die Werte des Magnetbandes in den Rechner übernommen, und die eigentliche Berechnung kann beginnen. Nach der Berechnung sind die neu errechneten Werte an Stelle der alten Werte auf dem Magnetband einzutragen. Die dabei auftretenden Suchzeiten betragen selbst bei den schnellsten und teuersten Bandspeichern mehrere min. Da diese Arbeiten möglichst schnell durchgeführt werden sollen, sind derartig lange Suchzeiten nicht tragbar. Der Nachteil der langen Suchzeiten kann dadurch größtenteils ausgeglichen werden, daß die Einzelbelege in der gleichen Reihenfolge zur Verarbeitung gelangen wie die für die Bewertung der Belege notwendigen Werte auf dem Magnetband gespeichert sind. Die Reihenfolge ist dabei frei wählbar und an keine technischen Bedingungen gebunden. Gleichfalls sind die als Adressen verwendeten Zahlen völlig frei wählbar, da der gesuchte Speicherplatz nicht durch die Adresse selbst bestimmt wird, wie bei Speichern mit wahlfreiem Zugriff, sondern nur durch die Übereinstimmung von zwei Zahlen. Bei der Materialabrechnung werden innerhalb eines Abrechnungszeitraumes nicht alle Artikel berührt. Die nicht berührten Artikel werden dann vom Magnetbandgerät nicht in den Rechner übernommen, sondern laufen frei durch. Diese Zeit ist jedoch wesentlich geringer als die Suchzeiten, die bei der Verarbeitung unsortierter Belege auftreten.

Auf diese Arbeitsweise soll in den folgenden Abschnitten näher eingegangen werden, wobei an Hand von konstruierten Beispielen auch die Bearbeitungszeiten näher untersucht werden sollen.

## 3. Magnetband-Kontenführung im Industriebetrieb

Die Verwendung externer Speicher - wie sie z. B. in Form von Magnetbändern angeboten werden - zur Aufbewahrung von Informationen, sei es für die Zwecke des Rechnungswesens, der Produktions- und Kapazitätsplanung usw., setzt zweifellos neue Arbeitsmethoden voraus. Dies wiederum erfordert jedoch eine neue Denkweise derjenigen Mitarbeiter, die lernen müssen, mit diesen neuen Arbeitsmethoden umzugehen, die ihnen erst durch die praktische Anwendung Form und Gestalt geben müssen.

Sinn und Zweck dieser externen Speicher ist es, von der bisher gebräuchlichen Karteiform - in diesem speziellen Falle der Arbeitsplanstammkarten, der Kontenblätter für die Materialien, der Bruttolohnsammelblätter und Nettolohnstammkarten - abzukommen. Zweifelloser wird es zu Beginn - eben durch das grundsätzliche Umdenken der verantwortlichen Mitarbeiter - einige Schwierigkeiten geben, und zwar nicht nur in der Praxis, sondern auch bereits in der Organisations-theorie. Denn letzten Endes ist es doch ein recht erheblicher Unterschied, ob die laufenden Vorgänge, die Betriebsdaten und die Buchungsunterlagen von jedermann zu jeder Zeit lesbar auf Kontenkarten oder Stammkarten geschrieben stehen oder ob sie nur in Form von elektrischen und für das Menschenauge unsichtbaren Impulsen auf Magnetbändern aufgesprochen sind, die erst mit Hilfe von elektronischen Geräten und Zeilendruckern lesbar gemacht werden können. Aber haben wir nicht auch bereits bei den Lochkartenanlagen ähnliche Bedingungen vorliegen, wo auch die Lochschrift erst mit Hilfe der Tabelliermaschinen für jedermann lesbar gemacht wird, wenn man von der Verwendung von Lochkarten-Beschriftern absieht.

Zur Berücksichtigung der revisionstechnischen Belange kann bereits jetzt gesagt werden, daß zwar nach wie vor auch die stichprobenmäßige Kontrolle der Einzelbelege beachtet werden muß, daß jedoch im Vorder-

grund steht die Überprüfung der vorgegebenen Programme der elektronischen Datenverarbeitungsanlagen hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit den Gesetzen und Verordnungen. Stimmen die Programme, dann muß auch die sich an die Belegausstellung anschließende betriebliche Abrechnung stimmen. Wie bereits gesagt, erfordert die Verwendung von Magnetbändern für die Speicherung von Informationen und zum Zwecke kontenloser Karteiführung den Prozeß des Umdenkens von bisher gebräuchlichen Methoden zu neuen Organisationsformen. Wenn man bedenkt, daß bereits einmal in der Buchhaltung ein ähnlicher Prozeß vor sich ging, nämlich als vor einigen Jahrzehnten die über einen jahrhundertelangen Zeitraum gebräuchliche Buchform von der Loseblatt-Kartei abgelöst wurde und daß über die damals auftretenden Probleme heute längst kein Mensch mehr spricht, so werden auch die Erkenntnisse der neuen Technik sehr bald ihren Niederschlag in neuen Organisationsformen finden.

Über eines muß auf alle Fälle volle Klarheit herrschen:

Soll die neue Technik in Form der Elektronik auch in der Verwaltung Einzug halten, soll die weitgehende Automation in der Verwaltungsarbeit verwirklicht werden, so müssen sich auch die Organisationsformen den technischen Möglichkeiten anpassen. Dazu ist eine Grundvoraussetzung der Fortfall von manuell zu bedienenden Karteien und die konsequente Evidenzhaltung auf externen Speichern, wie z. B. auf Magnetbändern.

Mit den nachfolgend angeführten nur grob umrissenen Beispielen aus der Arbeitsvorbereitung und der Materialabrechnung sowie aus der Brutto- und Nettolohnrechnung wird keinesfalls der Zweck verfolgt, Ihnen fertige und bis in das kleinste ausgearbeitete Organisationsformen vorzulegen. Vielmehr sollen damit nur die grundsätzlichen Möglichkeiten und die damit verbundene Problematik der Magnetbandkontenführung an Hand eines vereinfachten Arbeitsablauf-Schemas aufgezeigt werden. Bei der Verwendung des Magnetbandes als externer Speicher liegt die besondere Betonung auf K o n t e n f ü h r u n g, da für die Erfassung unsortierter Umsätze die Lochkarte - durch die Möglichkeit der Vorsortierung in eine bestimmte arithmetische Reihenfolge - z. Z. noch als wirtschaftlichstes Eingabe-Medium gilt. Um die Vorteile des Magnetbandes auch für die Umsatz-Erfassung in Anspruch nehmen zu können, ist es technisch ohne weiteres möglich, bei der Eingabe der Lochkarten gleichzeitig ein Magnetband mit den sortierten Umsätzen zu beschreiben, das dann für die weiteren Auswertungen zur Verfügung steht. Von dieser technischen Möglichkeit wurde prinzipiell bei der Erläuterung der Arbeitsbeispiele Gebrauch gemacht.

Die in diesen Beispielen aufgeführten Angaben über die Leistungsfähigkeit der Datenverarbeitungsanlage in bezug auf

Bandgeschwindigkeit,  
Impulsdichte,  
Länge der Informationsblöcke und  
Rechengeschwindigkeit

sind absichtlich sehr niedrig geschätzt, um zu zeigen, daß bei normalen Abrechnungsarbeiten keine extrem hohen Geschwindigkeiten erforderlich sind. Bei der technischen Ausarbeitung einer derartigen Anlage wird es wahrscheinlich möglich sein, ohne wesentlich höheren Aufwand die betreffenden Angaben um den Faktor 2 bis 4 zu verbessern, was beispielsweise bei komplizierteren Planungsarbeiten - die u. E. nur mit Hilfe größerer Anlagen wirtschaftlich zu meistern sind - als unbedingt notwendig erscheint.

### 3.1 Arbeitsvorbereitung

Arbeitskräfte- und Maschinenkapazitätsplanung, Materialplanung und Überwachung der Maschinenbelegung)

Bei der Magnetbandkontenführung der für die Arbeitsvorbereitung erforderlichen Daten und Informationen geht es zunächst darum, sämtliche bisher auf den Arbeitsplanstammkarten enthaltenen konstanten Angaben pro Teil auf das Magnetband zu übernehmen und damit die Karteiform abzulösen. Dies muß in einer bestimmten arithmetischen Reihenfolge geschehen,

möglichst nach Baugruppen und Erzeugnissen geordnet, soweit es die Art der Produktion zuläßt. Die arithmetische Reihenfolge ist deshalb erforderlich, da Magnetbandspeicher keinen wahlfreien Zugriff haben und deshalb möglichst nur in einer Richtung ablaufen sollen. Das bedingt analog dazu auch eine entsprechende Vorordnung der zu bearbeitenden Belege oder Unterlagen.

Die Übernahme der konstanten Angaben pro Teil auf dieses Magnetband (künftig als Arbeitsplan-Stammband bezeichnet) ist eine einmalige Angelegenheit, selbstverständlich abgesehen vom notwendigen Änderungsdienst sowie von Ergänzungen durch Erweiterung des Produktionsprogramms. Es soll als Beispiel ein Betrieb angenommen werden, der für die Herstellung seiner Erzeugnisse 5000 verschiedene Einzelteile aus eigener Produktion benötigt. Dabei sind pro Teil im Durchschnitt 10 Arbeitsgänge erforderlich. Welchen Umfang wird ein Magnetbandspeicher bei einer derartigen Betriebsgröße annehmen?

Um diese Frage beantworten zu können, muß zunächst untersucht werden, welche und wieviele Angaben pro Teil bzw. pro Arbeitsgang auf das Arbeitsplan-Stammband übernommen werden müssen. Als Grundlage dafür soll uns der vom ITO Karl-Marx-Stadt (Institut für Technologie und Organisation des Maschinenbaues) entwickelte Standard-Auftragssatz dienen.

Die horizontale Aufgliederung der nachfolgenden Aufstellungen zeigt die Anzahl und die erforderliche Stellenzahl für die konstanten und variablen bzw. auftragsgebundenen Angaben an, während die vertikale Aufgliederung nach

- allgemeine Kopfangaben,
- Kennzeichnung des Arbeitsgegenstandes (Material-einsatz),
- Kennzeichnung der Arbeitsgänge

vorgenommen wurde.

Erforderliche Angaben pro Teil entsprechend der bisherigen Arbeitsplan-Stammkartei:

a) Allgemeine Kopfangaben

	konstant		variabel	
	Lfd. Nr.	Stellenzahl	Lfd. Nr.	Stellenzahl
1. Endtermin			1.	6
2. Stückzahl pro Erzeugnis $x_1 \cdot x_n$			2.	6
3. Lohnkostenart	1.	4		
4. Werkstoffkostenart	2.	4		
5. TV/Datum	3.	9		
6. Auftrags-Nr.			3.	6
7. Stücklisten - Teil-Nr.	4.	6		
8. Teilbezeichnung		Text		
9. Zeichnungs-Nr.	5.	12		
10. Lfd. Nr. Stückliste	6.	4		
11. Frist (Vorlauf-Abschnitt) pro Erzeugnis $x_1 \cdot x_n$	7.	3		
Wirtschaftlichste Losgröße				
Ersatzteilquote				
Ausschußquote				
	7	42	3	18

b) Kennzeichnung des Arbeitsgegenstandes

	konstant		variabel	
	Lfd. Nr.	Stellenzahl	Lfd. Nr.	Stellenzahl
12. Abford. Abteilung	1.	3		
13. Termin			1.	6
14. Werkstoff/Modell-Nr.	2.	6		
15. $\phi$ mm	3.	4		
16. Länge mm	4.	5		
17. Breite mm	5.	4		
18. Absteckmaß (Rohmaß)	6.	5		
19. Sollmenge			2.	6
20. Einheit	7.	1		
21. Rohgewicht			3.	6
22. Lager-Nr.	8.	3		
23. DIN-Bezeichnung d. Werkst.	9.	6		
	9	37	3	18

c) Kennzeichnung der Arbeitsgänge

	konstant		variabel	
	Lfd. Nr.	Stellenzahl	Lfd. Nr.	Stellenzahl
24. Frist (Vorlauf-Abschnitt)	1.	3		
25. Masch.-Gruppe	2.	3		
26. Arb.-Gang-Nr.	3.	3		
27. Termin			1.	6
28. Auszuführen in	4.	3		
29. Arbeitsgang (Beschreibung)		Text		
30. zu spannen gleichzeitig	5.	1		
31. V/T	6.	1		

	konstant		variabel	
	Lfd. Nr.	Stellenzahl	Lfd. Nr.	Stellenzahl
32. $t_A$ (Minuten)	7.	3		
33. $t_S$ (Minuten)	8.	4		
34. Ausgangs- od. Plannorm	9.	4		
35. MA (Mehrmasch.-Bedienung)	10.	1		
36. Lohnpolit. Zuschlag	11.	4		
37. Lohngruppe	12.	1		
38. $t_N$ -Zeit (Minuten)			2.	6
39. VWL	13.	12		
	13	43	2	12
$\times 10$ Arbeitsgänge pro Teil	= 130	430	20	120
Zusammenstellung				
Allgemeine Kopfangaben	7	42	3	18
Kennzeichnung des Arb.-Gegenstandes	9	37	3	18
Kennzeichnung der Arb.-Gänge	130	430	20	120
	146	509	26	156
= 12stellige Worte ca.		43		13

Vorausgesetzt, daß also alle diese Angaben mit der jeweils eingeschätzten Stellenkapazität auf das Arbeitsplan-Stammband übernommen werden müssen, ergibt sich für die konstanten Angaben folgende überschlägige Rechnung:

$$5000 \text{ Teile} \times 43 \text{ Worte pro Teil} = 215\,000 \text{ Worte à 12 Ziffern}$$

Um einen kontinuierlichen Ablauf des Magnetbandes zu erreichen und um die gegenüber dem Magnetbandgerät vorgesehene höhere Frequenz des Elektronenrechners besser auszunützen, ist zu empfehlen, mehrere Worte zu einem Block zusammenzufassen, um blockweise die Zahlen vom Magnetband in den Zwischenspeicher des Elektronenrechners zu übernehmen. In unserem Beispiel könnten also die 43 Worte eines Teiles zu einem Block zusammengefaßt werden, das sind bei 5000 Teilen wiederum 5000 Blöcke. Beachtet werden muß dabei, daß infolge der unterschiedlichen Zahl der Arbeitsgänge pro Teil die Anzahl der Worte nicht immer konstant ist.

Bei Verwendung von nicht allzu aufwendigen Bandspeichergeräten könnte ein solcher Block auf einer Bandlänge von etwa 327 mm untergebracht werden, wobei die erforderlichen Zwischenräume zwischen den Blöcken für die Übernahme und den Vergleich im Elektronenrechner bereits berücksichtigt sind. Dies ergibt bei 5000 Blöcken eine erforderliche Gesamtlänge des Magnetbandes von 1636 m.

Auf etwas mehr als 3 Rollen Magnetband à 500 m könnte also bei niedrigster Bandgeschwindigkeit und Frequenz die gesamte Arbeitsplan-Stammkartei für 5000 verschiedene Teile untergebracht werden. Wie bereits betont, ist die Erstellung dieses Arbeitsplan-Stammbandes eine einmalige Angelegenheit. Nachträglich hinzugebracht werden müssen lediglich die laufenden Änderungen sowie Ergänzungen des Arbeitsplan-Stammbandes durch Erweiterung des Fertigungsprogramms. Zu klären ist dabei noch die Frage, inwieweit unbedingt der Aufwand für alpha-numerischen Druck zur Bezeichnung von Teilen, Arbeitsgängen usw. erforderlich ist.

Sicherheiten wegen der evtl. begrenzten Haltbarkeit magnetischer Impulse und wegen des Verlustes von Impulsen an den Klebestellen bei evtl. Bandrissen könnten dahingehend gefunden werden, daß

- das Arbeitsplan-Stammband mit Hilfe des erforderlichen Zeilendruckers listenmäßig tabelliert werden kann bzw. wenn das Arbeitsplan-Stammband mit Hilfe von Lochkarten hergestellt wurde, die Rekonstruktion mit Hilfe dieser Lochkarten erfolgen könnte,
- auch die Änderungen zu tabellieren sind und
- die Magnetbänder in bestimmten Zeitabständen kopiert werden.

Damit ist zunächst erst einmal die Magnetband-Kontenführung aller konstanten und nicht von der Auftrags- oder Losgröße abhängigen Daten der bisherigen Arbeitsplan-Stammkarten auf dem Arbeitsplan-Stammband gewährleistet. Auf Grund des mit

Hilfe des Arbeitsplan-Stammbandes, der geplanten Produktion und der Bestandsveränderung an Halbfabrikaten — ermittelten Teilebedarfes muß nunmehr ein weiteres Magnetband (künftig als Planleitband bezeichnet) oder ein anderer Informationsträger mit den in der bereits angeführten Aufstellung angegebenen variablen Daten — wie z. B. Auftrags-Nr., Liefertermin und Stückzahl — sowie mit der Teile-, Baugruppen- oder Erzeugnis-Nr. beschriftet werden.

Beide Bänder — also das Arbeitsplan-Stammband und das Planleitband — laufen nunmehr gemeinsam in die elektronische Datenverarbeitungsanlage ein.

Mit Hilfe der auf dem Planleitband vorhandenen Nummern für die zur Produktion vorgesehenen Teile werden dabei aus dem Arbeitsplan-Stammband die benötigten konstanten Angaben herausgelesen und gemeinsam mit den variablen Angaben auf ein drittes Band (künftig als Auftragsband bezeichnet) gegeben. Gleichzeitig wird dabei auf Grund der geplanten Stückzahl die Sollmenge für den Materialbedarf sowie die  $t_N$ -Zeit der einzelnen Teile und Arbeitsgänge elektronisch errechnet. Die Produkte der Multiplikationen — geplante Stückzahl  $\times$  Materialbedarf pro Stück = Soll-Materialbedarf und geplante Stückzahl  $\times t_S + t_A = t_N$  gehen ebenfalls in das Auftragsband ein. Mit Hilfe des nunmehr gewonnenen Auftragsbandes, das alle konstanten und variablen Angaben der für die geplante Produktion vorgesehenen Teile enthält, kann die statistische Auswertung nach den verschiedensten Gesichtspunkten erfolgen. Für diese Auswertung des Auftragsbandes muß ein Speicher mit wahlfreiem Zugriff zur Verfügung stehen, damit der in dem Zwischenspeicher stehende Block von angenommen 43 Worten durch die in Serie ablaufende Folge von Programmschritten nach den verschiedensten Richtungen verrechnet und gespeichert werden kann, ohne daß eine größere Stockung beim Einlaufen des Magnetbandes in den Rechner eintritt. Als wirtschaftlichste Speicherart mit wahlfreiem Zugriff — wenn man die Anschaffungskosten der Speicherkapazität und der Zugriffszeit gegenüberstellt — hat sich bisher der Magnettrommelspeicher erwiesen.

Dieser Magnettrommelspeicher ist ein hohler Metallzylinder, auf dessen Oberfläche eine Magnettschicht bzw. eine Schicht aus einer Kobalt-Nickel-Legierung zur Aufnahme elektronischer Impulse angebracht ist. Die gesamte Oberfläche der Trommel wird eingeteilt nach dem Koordinaten-System. An jedem dieser Koordinaten-Schnittpunkte befindet sich ein 10-, 12- oder noch mehrstelliger Speicherplatz. Um ein ungefähres Größenverhältnis zu geben, kann gesagt werden, daß eine Magnettrommel von etwa 20 cm Länge und 10 cm  $\phi$  etwa 2000 10- bis 12stellige Speicherplätze aufnehmen kann. Jeder dieser Speicherplätze hat eine numerische Adresse. Durch die hohe Umdrehungszahl der rotierenden Trommel können in wenigen Millisekunden mehrere dieser Speicherplätze angesprochen werden.

Bleiben wir also für unsere Beispiele dabei, daß uns für die statistische Auswertung des Auftragsbandes ein Magnettrommelspeicher mit insgesamt 2000 Speicherplätzen zur Verfügung steht. Von den 2000 Speicherplätzen müssen wir angenommen etwa 500 abzweigen für die Speicherung der Programme, so daß noch 1500 Speicherplätze für die eigentliche statistische Auswertung verbleiben.

Mit Hilfe dieser zur Verfügung stehenden Speicher mit wahlfreiem Zugriff und des Auftragsbandes sollen folgende Sortierarbeiten durchgeführt werden:

- Kapazitätsauslastungs-Planung pro Maschine bzw. Maschinengruppe nach Vorlaufabschnitten,
- Arbeitskräfteplanung pro Erzeugnis nach Lohngruppen und Kostenstellen,
- Materialplanung pro Erzeugnis nach Artikeln und Terminen sowie nach Kostenträgern.

Dabei muß bezüglich der Kontierungs- oder sonstigen statistischen Aufteilungsmerkmale darauf hingewiesen werden, daß diese bereits bei der Belegausfertigung bzw. bereits auf dem Arbeitsplan-Stammband in eine

fortlaufende Numerierung umgeschlüsselt werden müssen, um die sehr aufwendige Adressenrechnung im Elektronenrechner nicht zu komplizieren und zu verteuern.

Beispiel: Kostenarten für Material	1— 20
Kostenarten für Lohn	21— 60
Kostenstellen	1—150

Diese fortlaufenden Nummern von beispielsweise 0000—1499 können den bisherigen Kontenbezeichnungen beim Kontieren angehängen werden, um sie auf die Informationsträger übernehmen zu können und um mit ihrer Hilfe den Anruf der numerischen Speicheradressen der Magnettrommel vorzunehmen. Es ist selbstverständlich, daß es bei der zur Verfügung stehenden Kapazität von 1500 Speicherplätzen nicht möglich ist, sämtliche Sortiermerkmale in einem Arbeitsgang auf dem Magnettrommelspeicher zu erfassen. Es sind also in unserem Beispiel für die vorerwähnten Punkte a—c mehrere Durchläufe erforderlich. Mit anderen Worten heißt es also, daß die Sortierung nach dem Punkt a — Kapazitätsauslastungs-Planung — bereits bei der Beschriftung des Auftragsbandes auf der Magnettrommel erfolgen kann, wofür die gesamte Kapazität der Magnettrommel von 1500 Speicherplätzen zur Verfügung steht.

Um die Sortierung nach den Punkten b und c — Arbeitskräfte- und Materialplanung — durchführen zu können, muß das Auftragsband nochmals in den Elektronenrechner einlaufen. Zuvor muß jedoch die Trommel wieder leer sein. Jeder Banddurchlauf und damit jeder Sortiergang dürfte bei der vorgesehenen Länge des Auftragsbandes, der geringen Bandgeschwindigkeit und der niedrigen Frequenz des Rechners trotzdem nicht mehr als 100 min Zeit in Anspruch nehmen. Welche Sortiermerkmale bei den verschiedenen Durchläufen aus dem Auftragsband herausgelesen werden müssen, wird durch entsprechende Programmsteuerung bewirkt.

Folgende Prinzipien der Sortierung und Speicherung könnten nun für die verschiedenen Arbeitsgänge angewandt werden:

Zu a): Kapazitätsauslastungsplanung

Nehmen wir an, daß der Betrieb — den wir bisher für die Erläuterung des gesamten Komplexes angezogen haben — über etwa 125 verschiedene Maschinengruppen verfügt. Dividiert man die vorhandene Kapazität von 1500 Speicherplätzen auf der Magnettrommel durch die Anzahl der Maschinengruppen, so ergibt sich als Quotient 12, d. h. also, daß wir das Planjahr pro Maschinengruppe in 12 Abschnitte unterteilen und die Speicherung der erforderlichen  $t_N$ -min pro Maschinengruppe nach diesen Abschnitten vornehmen können. Diese auf 1500 Speicherplätzen akkumulierten Zahlen des Auftragsbandes für die Planproduktion können nach Beendigung des Banddurchlaufes zur weiteren Verwendung an ein Magnetband als Zwischen-Informationsträger abgegeben oder mit Hilfe eines Paralleldruckwerkes ausgeschrieben werden.

Bei der Planung der Kapazitätsauslastung besteht die Forderung, die  $t_N$ -Minuten pro Maschinengruppe zu erfassen, um durch Gegenüberstellung mit der effektiv im gleichen Zeitraum zur Verfügung stehenden Maschinenkapazität den Einlauf für die einzelnen Serien zeitlich festlegen zu können. Um einen besseren Überblick über die — entsprechend der geplanten Produktion — zu bestimmten Zeiten erforderliche Maschinenkapazität zu bekommen, ist dazu eine Unterteilung des Planjahres in kleinere Zeiträume oder Vorlauf-Abschnitte erforderlich.

Auf Grund des ermittelten Bedarfes an Maschinenkapazität in den 12 Jahresabschnitten, der Endtermine für die einzelnen Aufträge und der für jedes Teil und jeden Arbeitsgang erforderlichen Vorlaufzeiten muß nunmehr die Aufteilung der zur Verfügung stehenden Maschinenkapazität nach Vorlaufabschnitten sowie des endgültigen zeitlichen Einlaufes der Serien erfolgen, indem bei Überschreitung oder Unterschreitung der Kapazität entsprechende Umdisponierung im Einlauf einzelner Serien vorgenommen werden müssen.

Die näheren organisatorischen Bedingungen — die sich darin als technische Forderungen an die elektronische Datenverarbeitungsanlage auswirken — müssen jedoch in Zusammenarbeit mit den Betrieben und Instituten der verschiedensten Wirtschaftsbereiche noch eingehend untersucht werden, da es sich bei diesen Ausführungen — wie bereits eingangs erwähnt — nur um grundsätzliche Vorstellungen und Einschätzungen handelt.

Zu b): Arbeitskräfteplanung

Beim nächsten Durchlauf des Auftragsbandes werden pro Erzeugnis — vorausgesetzt, daß alle Teile nach Erzeugnissen auf dem Auftragsband geordnet sind — die für die Planproduktion

benötigten Maschinenzeiten nach Lohngruppen und innerhalb dieser nach Kostenstellen auf der Magnettrommel gespeichert. Bei der angenommenen Größe der Trommel bedeutet das, daß in einem Durchlauf für 90 bis 100 Fertigungskostenstellen die Rüstzeiten und die reinen Maschinenzeiten getrennt nach 8 Lohngruppen gespeichert werden können. Die so ermittelten Zahlen dienen zur Aufstellung des Arbeitskräfteplanes.

Bei der Ausgabe der akkumulierten Zahlen kann gleichzeitig Zeit  $\times$  Lohnfaktor pro Lohngruppe vorgenommen werden, womit pro Erzeugnis und Kostenstelle die für den Plan-BAB erforderlichen Werte vorliegen.

### Zu c): Materialplanung

Bei diesem Sortiergang geht es darum, den Materialbedarf für die geplante Produktion – mindestens auf Quartale aufgeschlüsselt – zu ermitteln und damit die Grundlage für die Materialversorgungsplanung M 17 zu schaffen.

Aus dem in den Elektronenrechner einlaufenden Magnetband in Form des Auftragsbandes wird jeweils für 1 Erzeugnis die für die Herstellung der div. Teile erforderliche Soll-Materialmenge herausgelassen und entsprechend den statistischen Gesichtspunkten – d. h. also nach Materialarten – auf die Speicherplätze der Magnettrommel verteilt.

Wenn pro Erzeugnis nicht mehr als 375 verschiedene Grundmaterialarten anfallen, so könnte ohne weiteres sofort die Materialplanung getrennt nach 4 Quartalen erfolgen, womit die 1500 Speicherplätze der Magnettrommel ausgelastet sind und die Abteilung Materialversorgung in den Besitz exakter Angaben für die Planung und Disposition gelangt. Auch hier kann durch Umrechnung der Menge zum Wert mit Hilfe des Verrechnungspreises die Verbindung zum Plan-BAB und damit zum Finanzplan hergestellt werden.

Die Ausgabe der auf der Magnettrommel gespeicherten Zahlen pro Erzeugnis erfolgt zweckmäßigerweise auf ein Magnetband. Durch Zusammenführung und Saldierung des geplanten Materialbedarfes mit dem Magnetband für die Materialbestände können dann die echten Bestellmengen durch die Rechnung:

Bedarf lt. Planproduktion  
 - Best. zu Beginn des Planungs-Zeitraumes  
 + Vorrats-Norm  
 ermittelt werden.

Das was unter den Punkten a) bis c) zur Jahresplanung der Maschinenkapazität, der Arbeitskräfte und des Materialbedarfes gesagt wurde, ist im Prinzip auch anwendbar für die laufenden Errechnungen während des Planjahres auf Grund der effektiv vorliegenden Aufträge und der in die Produktion einlaufenden Serien. Für die einlaufenden Serien kann – nach Vorlaufabschnitten geordnet – ein Informationsträger, beispielsweise in Form eines Planleitbandes, mit den variablen Angaben angefertigt werden, der gemeinsam mit dem bereits vorhandenen Arbeitsplan-Stammband in den Elektronenrechner einläuft und dabei zu einem Auftragsband gedoppelt wird. Die dabei errechnete Zeit für die erforderliche Maschinenkapazität wird für die im Beispiel angegebenen 125 Maschinengruppen nach 12 Vorlaufabschnitten auf die Speicherplätze der Magnettrommel verteilt. Es kann also die Überwachung der Maschinenbelegung jeweils für 12 Vorlauf-Abschnitte gleichzeitig auf der Magnettrommel vorgenommen werden. Dabei können diese Vorlaufabschnitte – im Gegensatz zur Planung der Jahreskapazität – beliebig kurz sein.

Wenn ein Vorlauf-Abschnitt z. B. 5 Tage umfaßt, so könnte die Maschinenbelegung für die vorliegenden Aufträge jeweils für 60 Tage im voraus gleichzeitig überwacht werden. Jeder wieder frei werdende Speicherplatz wird dann in der Reihenfolge der Kalendertage mit dem nächsten Vorlauf-Abschnitt belegt.

Der zur elektronischen Datenverarbeitungsanlage gehörige Zeilendrucker druckt alle pro Teil und Arbeitsgang auf dem Auftragsband vorhandenen Angaben auf die Arbeitsbegleitpapiere aus (Bild 1). Dabei ist die Größe und Leistungsfähigkeit der betreffenden Anlage entscheidend dafür, welche Arten von Belegen (Auftragskarte, Arbeitsbegleitkarte, Terminkarte, Lohn- und Materialscheine usw.) noch benötigt werden. (Weitere Ausführungen über die erforderlichen Ausgabeleistungen erfolgen unter 4.)

Des weiteren muß es mit Hilfe des auf dem Auftragsband ermittelten Materialbedarfes pro anzufertigendes Teil möglich sein, den Material-Dispositionen die erforderlichen Unterlagen für die Bereitstellung des Materials zu den entsprechenden Terminen zur Verfügung zu stellen. Daß diese Arbeiten für die Planung umfang-

reiche Vorarbeiten voraussetzen und kompliziertere Arbeitsabläufe erfordern – als dies hier infolge der beschränkten Zeit darzustellen möglich war – ist aus den Schautafeln zu ersehen, die wir in der Vorhalle des Hauses aufgestellt haben (siehe Anhang: Organisationsbeispiel f. integrierte Datenverarbeitung).

### 3.2 Materialabrechnung

Um die bisherige Materialbuchhaltung in Karteiform durch die Magnetband-Kontenführung ablösen zu können, müssen wiederum alle für die Evidenzhaltung der materiellen Umlaufmittel erforderlichen Informationen pro Artikel auf das Magnetband übernommen werden. Aus den bereits erwähnten Gründen – daß Magnetbandspeicher nicht über wahlfreien Zugriff verfügen – ist für die Anordnung der Artikel auf dem Band eine feststehende Reihenfolge einzuhalten, wobei die Zusammenfassung bestimmter Materialarten zu Planpositionen beachtet werden sollte.

Nehmen wir als Beispiel einen Betrieb, der in seinem Lager etwa 15 000 verschiedene Artikel führt. Für jeden dieser 15 000 Artikel sind auf das Magnetband (künftig als Material-Bestandsband bezeichnet) folgende Angaben oder Informationen zu übernehmen:

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Stellenzahl
1.	Artikel-Nr.	6
2.	Bestands-Konto Fibu	2
3.	Mengen-Einheit	1
4.	Vorr.-Norm (Richtsatzplan)	6
5.	Lager-Nr.	2
6.	Verrechnungspreis	6
7.	Lagerbestand – Menge	12
8.	Lagerbestand – Wert	12
9.	Dispositionsbestand Menge	12

= 5 zwölfstellige Worte

Ob man bei der Festlegung der zu speichernden Informationen pro Artikel ebenfalls die letzten Bestelltermine sowie die Umsatz-Fortschreibung einbeziehen sollte, wäre noch zu überlegen. Um ein schnelles Einlaufen des Magnetbandes in den Rechner zu gewährleisten und um die erforderliche Länge des Magnetbandes auf ein Mindestmaß zusammenzudrücken, ist es wiederum zu empfehlen, die Informationen in größeren Blöcken in den Zwischenspeicher zu übernehmen. Es könnten so die Angaben für jeweils 10 Artikel in Blöcken zu 50 Worten zusammengefaßt werden, die in den Rechner einlaufen, auf Grund des programmierten Arbeitsablaufes verrechnet und die Ergebnisse auf weitere Magnetbänder aufgesprochen sowie auf dem Trommelspeicher nach den statistischen Gesichtspunkten sortiert werden können.

Für 15 000 Artikel sind also 1500 Blöcke zu je 50 12stelligen Worten erforderlich, die bei Verwendung relativ einfacher Bandspeichergeräte eine Länge von etwa 550 m Magnetband bedingen. Die gesamte Materialbuchhaltung dieses Betriebes einschl. der Materialdisposition könnte also auf reichlich einer Magnetband-Rolle geführt werden.

Die Anfertigung dieses Material-Bestandsbandes ist wiederum eine einmalige Angelegenheit. Lediglich neu hinzukommende Artikel müssen fortlaufend in das Band eingegliedert werden.

Während die Informationen 1 bis 6 konstante Zahlen darstellen, die mindestens während eines Planungszeitraumes unverändert bleiben, unterliegen die Lager- und Dispositionsbestände – Informationen 7 bis 9 – einer ständigen Veränderung durch Materialeingang, Material-Entnahme und Auftrags-Disposition.

Die grundsätzliche Entscheidung, ob auf dem Material-Bestandsband auch der Dispositionsbestand gleichzeitig mit geführt werden kann, ist davon abhängig, ob die Bestandsveränderungen auf Grund der anfallenden Wareneingangs- bzw. Materialentnahmescheine und der Aufträge in kurzen – möglichst täglichen – oder in längeren – höchstens aber monatlichen – Zyklen erfaßt werden. Im letzteren Falle wäre es nicht möglich, die Materialdisposition in dieser Form mit auf dem Material-Bestandsband zu führen, da der Disponent für die Bereitstellung bzw. Zweckbindung des Materials die Angaben stets auf dem letzten Stand haben muß.

Diese organisatorische Entscheidung – ob die Daten in kleineren oder größeren Zyklen verarbeitet werden

sollen – beeinflußt auch die technische Gestaltung des Elektronenrechners recht erheblich, da allein schon die Klärung der Frage, ob häufiger oder weniger häufiger Programmwechsel in bestimmten Zeitabschnitten erfolgen soll und ob die Arbeitsgeschwindigkeiten des Rechenteiles bzw. des Bandspeichergerätes erhöht werden müssen oder verlangsamt werden können, davon abhängig ist.

Das Material-Bestandsband kann zu jeder Zeit mit Hilfe eines Zeilendruckers tabelliert werden, um den Einzelnachweis für die materiellen Umlaufmittel bzw. den Einzelnachweis für die Bestandskonten der Finanzbuchhaltung zu erbringen, wobei gleichzeitig durch Saldierung der effektiven Bestände mit der Vorrats-Norm jede Über- bzw. Unterschreitung des Richtsatzplanes oder der zur Sicherung der Produktion erforderlichen Mindestvorräte sichtbar gemacht werden kann.

Die Magnetbandkontenführung der Materialbestände ist nur die eine Seite, während die andere Seite die Erfassung der Umsätze in Form der Material-Zu- und -Abgänge und der Auftragsdisposition ist. Diese Umsätze müssen nicht nur mit den Beständen saldiert, sondern auch gleichzeitig nach verschiedenen Gesichtspunkten statistisch ausgewertet werden.

Der in unserem Beispiel angezogene Betrieb hat angenommen, etwa 30 000 Belege monatlich zu verarbeiten, die jedoch nur einen Teil der vorhandenen 15 000 Artikel berühren. Von diesen Belegen müssen wiederum die erforderlichen Angaben auf einen Informationsträger – der sich für eine schnelle und wirtschaftliche Eingabe in den Rechner eignet – übertragen werden.

Wir setzen voraus, daß es sich bei diesem Informationsträger um ein Magnetband handelt, das nachfolgend als Material-Umsatzband bezeichnet wird. Auf die Probleme, die bei Verwendung des Magnetbandes als Informationsträger für die Umsätze entstehen, wird noch unter 4. besonders eingegangen. Mindestens folgende Informationen müssen pro Beleg auf dem Material-Umsatzband registriert werden:

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Stellenzahl
1.	Artikel-Nr.	6
2.	Kontierungsmerkmale	12
3.	Umsatz-Menge	10
4.	Leerraum für zu errechnenden Umsatz-Wert	10
		38
		= 4 zwölfstellige Worte

Der ebenfalls für die Aufteilung nach statistischen Gesichtspunkten benötigte Umsatzwert wird erst durch den Elektronenrechner auf Grund des Verrechnungspreises vom Material-Bestandsband und des Mengen-Umsatzes vom Material-Umsatzband durch Multiplikation errechnet. Die Arbeitsfolge für die Verarbeitung der Informationen von den beiden Magnetbändern könnte folgendermaßen sein:

Als erstes läuft das Material-Umsatzband in den Elektronenrechner ein, wobei wiederum die Informationer blockweise auf einen Zwischenspeicher zur Weiterverarbeitung gegeben werden, und zwar jeweils für 12 Belege in einem Block von 48 Worten. Unmittelbar anschließend läuft das Material-Bestandsband ein, und es werden für jeweils 10 Artikel in einem Block von 50 Worten die entsprechenden Informationen in den Zwischenspeicher übernommen.

Nummehr erfolgt der Vergleich der Artikel-Nummern, d. h., es werden die mit dem Material-Bestandsband eingegebenen Nummern abgefragt, ob für sie Umsätze zur Weiterverarbeitung vorliegen. Wenn dies nicht der Fall ist, so läuft das Material-Bestandsband weiter, und der nächste Informationsblock für die folgenden 10 Artikel wird auf den Zwischenspeicher gegeben. Ist in diesem Block ein Artikel (oder mehrere Artikel) vorhanden, für den Umsatz vorliegt, so läuft durch entsprechenden Programmbefehl das Material-Bestandsband bis zur Information 1 (Artikel-Nr.) des betreffenden Artikels zurück. Inzwischen ist gleichzeitig im Elektronenrechner das Programm für die Verrechnung der miteinander korrespondierenden Informationen abgelaufen. Dabei wird zunächst durch Multiplikation des Mengen-Umsatzes mit dem Verrechnungspreis der Umsatzwert ermittelt und an das Material-Umsatzband zurückgegeben, wo er als 4. Information in den pro Beleg dafür freigehaltenen Leerraum aufgesprochen wird. Das Aufsprechen des Wertumsatzes auf das Material-Umsatzband erfolgt, um es für weitere statistische Auswertungen verwenden zu können, ohne daß jedesmal das Material-Bestandsband wegen des Verrechnungspreises mitlaufen muß. Gleichzeitig erfolgt die Saldierung der mengen- und wertmäßigen Bestände mit den Mengen- und Wert-Umsätzen und die Ausgabe auf das Material-Bestandsband, wobei die alten Bestände mit den neuen Beständen übersprochen werden. Weiterhin ist in der dem Elektronenrechner vorgegebenen Programmfolge noch die Verteilung der Mengen- und Wert-Umsätze

Das Bild zeigt ein Arbeitsbegleitpapier mit mehreren Tabellen. Die obere Tabelle ist ein Material-Entnahmeschein mit den Spalten TV, Datum, Endtermin, Stück-Teil-Nr., Zeichnungs-Nr., Bezeichnung (Text) und Stückzahl. Darunter befindet sich eine Tabelle für die Bezeichnung des Arbeitsganges (Text) mit den Spalten Auftrags-Nr., Werkst.-Nr., Lfd. Nr. Stück, DIN-Bez., Lager-Nr., Bezeichnung (Text), Menge, Soll-Menge und Ausgabene Menge. Die unterste Tabelle ist ein Brutto-Lohnschein mit den Spalten Auftrags-Nr., Ausführung, Zu belast., Kostenart, t<sub>z</sub> (min), t<sub>s</sub> (min), V/T, MA, Ma-Gr., Lohn-Gr., Beginn, Ende, Brutto-Lohnschein, Nr. und Auftrags-Nr.

Bild 1. Arbeitsbegleitpapier  
 Schraffierte Spalten = Eintragungen von Hand, Stark umrandete Spalten = diese Eintragungen sind zur Übernahme in die Umsatz-Informationsträger (z. B. Lochkarten) vorgesehen



nach statistischen Gesichtspunkten auf die zur Verfügung stehenden Speicherplätze der Magnettrommel vorgesehen. Nach überschlägiger Rechnung könnten für die einzelnen Gesichtspunkte folgende Speicherkapazitäten benötigt werden:

- a) Speicherung nach Bestandskonten der Finanzbuchhaltung  
20 Konten getrennt nach Zu- und Abgang = 40 Speicherplätze
- b) Speicherung nach Kostenarten pro Kostenträger für Grundmaterial  
4 Kostenarten × 375 Kostenträger = 1500 Speicherplätze
- c) Speicherung nach Kostenarten pro Kostenstelle für Hilfsmaterial  
10 Kostenarten × 150 Kostenstellen = 1500 Speicherplätze
- d) Speicherung nach Planpositionen  
160 Planpositionen × 7 Merkmale = 1120 Speicherplätze



Die Erfassung des Ist-Grundmaterialverbrauches pro Planposition nach Erzeugnissen ist ebenfalls sehr interessant für die Entwicklung des Material-Einsatzes, der auch als Gegenüberstellung in der Materialversorgungs-Bilanz M 17 aufgezeigt werden muß. Es ist wiederum selbstverständlich, daß bei einer Kapazität von 2000 respektive 1500 Speicherplätzen nicht alle Sortiermerkmale gleichzeitig berücksichtigt werden können. Deshalb wird es erforderlich, das Material-Umsatzband — nunmehr pro Beleg mit dem Umsatzwert versehen — weitere Male in den Elektronenrechner — zwecks Auswertung und Speicherung seines Inhaltes auf der Magnettrommel — einlaufen zu lassen. Beim ersten Durchlauf — bei dem noch das Material-Bestandsband mitläuft — könnten die Sortiermerkmale

- a) Bestandskonten der Finanzbuchhaltung und
  - d) Planpositionen
- gespeichert werden, während für die Sortiermerkmale
- b) Kostenarten pro Kostenträger und
  - c) Kostenarten pro Kostenstellen

je ein weiterer Banddurchlauf erforderlich ist, bei denen nur noch das Material-Umsatzband eingegeben werden muß. Da nach jedem Durchlauf der Magnetrommelspeicher durch Ausgabe seines Inhaltes auf ein Magnetband oder durch direkte Tabellierung wieder leer ist, steht für jedes Sortiermerkmal die volle Speicherkapazität zur Verfügung.

Welche Sortiermerkmale bei den einzelnen Durchläufen beachtet werden müssen, wird bestimmt durch die programmierte Adressen-Auswahl. Die Sortiermerkmale selbst sind in Form von Kontierungen als Information pro Beleg auf dem Material-Umsatzband gespeichert. Die Länge des Material-Umsatzbandes würde bei der angenommenen Anzahl von 30 000 Belegen monatlich, bei der Verwendung relativ einfacher Bandspeicher und der vorstehend beschriebenen Arbeitsmethode etwa 900 m — also ca. 2 Magnetbandrollen — betragen.

Bei täglicher Verrechnung des Material-Umsatzes müßten 40 bis 50 m Magnetband pro Tag verarbeitet werden, was bei der Schnelligkeit elektronischer Anlagen — selbst bei niedrigen Frequenzen — in kürzester Zeit bewältigt werden kann. Dabei birgt die tägliche Verarbeitung des Buchungsstoffes den Vorteil in sich, daß die Materialbestände stets auf dem neuesten Stand sind und die Material-Disposition in dieser Form mit durchgeführt werden kann.

Welche Vorteile ergeben sich nun bei der Anwendung des Magnetbandes gegenüber den Lochkarten unter dem Hinblick auf den Fortfall von Karteien?

1. Das Magnetband eignet sich besonders gut für die Speicherung arithmetisch geordneter Daten — wie dies z. B. bei der Magnetband-Kontenführung der Fall ist — und damit ganz besonders für die integrierte Arbeitsweise.
2. Das Magnetband zwingt nicht zu irgendwelchen grundsätzlichen Festlegungen der Stelligkeit der

Zahlen bzw. von Zahlenangaben pro Buchungsvorgang, Bestandskonto usw. überhaupt. Es entstehen also weder Einengungen — wenn z. B. 80 bzw. 90 Dezimalstellen für einen Vorgang nicht ausreichen — noch entsteht unnötiger Aufwand durch nichtausgenützte Lochkarten, wenn die festgelegte Stellenkapazität nicht benötigt wird.

3. Die Ein- und Ausgabegeschwindigkeiten für Informationen liegen beim Magnetband um ein vielfaches höher. Auf der unteren Stufe der Rechner stehen sich gegenüber

1000 Zeichen/s mittels Magnetband und  
130 Zeichen/s mittels Lochkarten,  
das bedeutet eine um das 7,5fache höhere Leistung des Magnetbandes.

Auf der oberen Stufe der Rechner (Großrechner) stehen sich gegenüber

20 000 Zeichen/s. mittels Magnetband und  
800 Zeichen/s. mittels Lochkarten,  
das bedeutet eine um das 25fache höhere Leistung des Magnetbandes. Dabei sind bereits Elektronenrechner bekannt mit Eingabe-Leistungen von über 60 000 Zeichen/s.

Aus der Relation der Leistungsziffern für die Rechner der unteren und der oberen Stufe ist auch die Tendenz der technischen Entwicklung zu ersehen, die dahin geht, daß Leistungssteigerungen bei Großrechnern in bezug auf Ein- und Ausgabeleistungen in viel höherem Maße für das Magnetband als für Lochkarten möglich sind.

4. Ein Magnetband kann in der Regel mit einer Impulsdichte von 20 bis 80 Zeichen pro cm besprochen werden. Die Kapazität einer 80stelligen Lochkarte kann also bei 80 Impulsen pro cm auf 1 cm Magnetband untergebracht werden (Bild 2).

Selbst bei niedrigster Impulsdichte von 20 Zeichen pro cm kann ein Magnetband von 500 m Länge etwa 1 Million Zeichen aufnehmen, was der Kapazität von 12 500 Lochkarten entspricht.

a) Dadurch weniger Lagerraum im Archiv, da eine Magnetbandrolle bei weitem nicht den Lagerraum benötigt, wie beispielsweise 12 500 Lochkarten in 6 bis 7 Kartons.

b) Dadurch weniger finanzielle und materielle Aufwendungen  
1 Magnetband kostet 45,- DM (bei einfachster Ausführung des Bandspeichergerätes)  
12 500 Lochkarten kosten 100,- DM

c) Bessere Möglichkeiten des Transportes zum Zwecke der Auswertung von Ergebnissen an zentralen Rechenstellen.

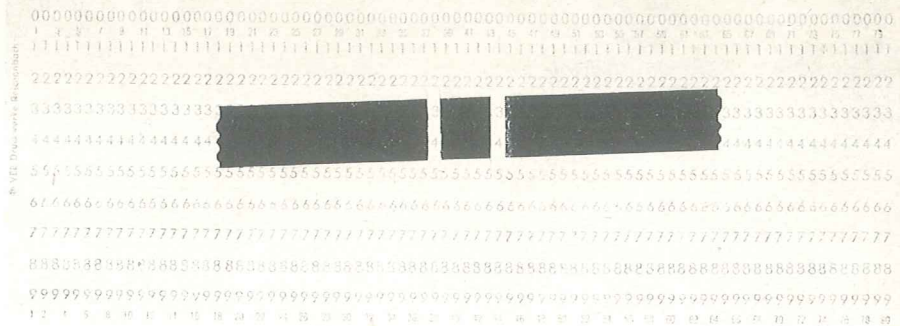
5. Besondere Zeitaufwendungen für Mischen und Doppeln entfallen, da der Rechner gleichzeitig mit mehreren Magnetbändern arbeiten kann und dabei — durch entsprechende Programmierung — das Doppeln und Mischen gleichzeitig mit dem Rechen- und Auswertungsvorgang erfolgt.

6. Auch die Sortierleistungen des Magnetbandes — zur statistischen Auswertung derselben — sind mit Hilfe von Speichern mit wahlfreiem Zugriff (z. B. Magnetrommelspeicher) wesentlich günstiger als bei Lochkarten, da die Sortierung nach Sortiermerkmalen und nicht nach Dezimalstellen erfolgt. (Nicht gemeint ist damit das Umsortieren von Band zu Band, um unsortierte Werte eines Bandes auf einem zweiten Band in eine arithmetisch geordnete Reihenfolge zu bringen).

Wenn für die statistische Auswertung des Magnetbandes eine unbegrenzte Anzahl von Speichern mit wahlfreiem Zugriff zur Verfügung stünde, könnte diese also in *einem* Sortier-Durchlauf erfolgen. Da aber die Anzahl der Speicher mit wahlfreiem Zugriff begrenzt ist, wird die Anzahl der für die Auswertung des Magnetbandes erforderlichen Durchläufe bestimmt durch folgende Rechnung:

$$\frac{\text{Anzahl der Sortiermerkmale}}{\text{Anzahl der Speicherplätze}} = \text{Anzahl der Band-Durchläufe}$$

Bild 2. Der Inhalt einer 80spaltigen Lochkarte läßt sich bei 80 Impulsen/cm auf 1 cm Magnetband unterbringen



$$\text{Zum Beispiel: } \frac{10\,000}{2000} = 5 \text{ Band-Durchläufe}$$

Die Dauer der Sortierzeit läßt sich ermitteln, wenn außer der Anzahl der Band-Durchläufe auch die Band-Durchlaufzeit bekannt ist, die folgendermaßen berechnet wird:

$$\frac{\text{Bandlänge}}{\text{Bandgeschwindigkeit pro Sekunde}} = \text{Band-Durchlaufzeit}$$

Nehmen wir an, daß die Bandgeschwindigkeit 76 cm/s — also nur die doppelte Leistung eines Rundfunk-Studiogerätes — beträgt, so ergibt dies beispielsweise folgende Zeit:

$$\text{Bandlänge} = 500 \text{ m} = \frac{50\,000 \text{ cm}}{76 \text{ cm/s}} = 657 \text{ s} = 11 \text{ min}$$

(bei kontinuierlichem Durchlauf ohne Start/Stop-Zeiten)

Die beiden Quotienten — Anzahl der Durchläufe und Band-Durchlaufzeit — können nun als Faktoren für die Berechnung der Sortierzeit in folgende Formel eingesetzt werden:

$$\text{Anzahl d. Band-Durchläufe} \times \left[ \frac{\text{Anzahl d. Bänder}}{\text{Band-Durchlaufzeit in min}} + \frac{\text{Ausgabezeit in min}}{\text{Sortierzeit}} \right] = \text{Sortierzeit}$$

$$\text{zum Beispiel: } 5 \times [(2 \times 11) + 10] = 160 \text{ min} = 2 \text{ bis } 3 \text{ Stunden einschließlich Tabellierzeit}$$

Bei gleichen Voraussetzungen in bezug auf Anzahl der Belege und der Sortiermerkmale würden für die Auswertung der Lochkarten folgende Zeiten benötigt:

$$\left( \frac{\text{Anzahl der Lochkarten}}{\text{Sortiermerkmale}} \right) : \frac{\phi\text{-Sortierleistung}}{\text{pro Stunde}} = \text{Sortierzeit}$$

Analog zu vorgenanntem Beispiel müßte mit folgenden Werten gerechnet werden:

$$(30\,000 \times 10) : 40\,000 = 7 \text{ bis } 8 \text{ Stunden zuzüglich Tabellierzeit}$$

Da es sich bei den Ergebnissen auf der Magnetspeichertrommel bereits um verdichtete Zahlen handelt, wird für die Tabellierung der Werte ein bedeutend geringerer Aufwand an Zeit benötigt, als im Falle der Lochkarten-Tabellierung.

Für die Umsortierung regellos aufgezeichneter Werte auf dem einen Magnetband in eine arithmetische Reihenfolge auf einem anderen Magnetband, sind besonders in den USA spezielle Bandsortiergeräte entwickelt worden, die jedoch bisher — nach eigenen Angaben — infolge des hohen Preises ihre Wirtschaftlichkeit noch nicht beweisen konnten. Man kann selbstverständlich Bandsortierungen auch mit der Recheneinheit selbst durchführen. Auch dafür wurden Berechnungen der benötigten Durchläufe und Zeiten aufgestellt, die kurz erwähnt werden sollen.

Da diese Sortierung von Band zu Band ohne In-

anspruchnahme einer Vielzahl von Speichern mit wahlfreiem Zugriff vor sich geht, erfolgt die Berechnung der hierfür erforderlichen Band-Durchläufe nach der Formel:

$$2^P > n,$$

wobei P die Anzahl der Band-Durchläufe und n die Anzahl der Belege ausdrückt. Das heißt, die 2 wird so oft potenziert, bis der Wert der Potenz größer als n — also größer als die Anzahl der Belege — oder mindestens kongruent ist.

$$\text{Zum Beispiel: } 30\,000 \text{ Material-Umsätze nach } 15\,000 \text{ möglichen Artikel-Nummern arithmetisch ordnen}$$

$$2^P > 30\,000$$

$$= 2^{15} = 32\,768$$

Die Berechnung der hierfür erforderlichen Sortierzeit für unser Beispiel erfolgt wiederum nach folgender Formel:

$$15 \text{ Sortiergänge} \times (2 \text{ Bänder} \times 11 \text{ Min.}) = 330 \text{ min} = 5,5 \text{ Stunden}$$

Anschließend an den Sortiervorgang ist mit Hilfe des Magnetbandes eine schnelle Eingabe in den Elektronenrechner möglich.

Demgegenüber werden für die in 30 000 Lochkarten erfaßten Material-Umsätze folgende Sortierzeiten benötigt:

$$\left( \frac{30\,000 \text{ Lochkarten} \times 6 \text{ Dezimalstellen}}{\text{pro Artikel-Nr.}} \right) \frac{\text{Durchschnittlich } 40\,000 \text{ Lochkarten Sortierleistung pro Stunde}}{= 4,5 \text{ Stunden}}$$

Die anschließende Eingabe der Informationen in den Rechner mittels dieser Lochkarten kann allerdings nicht mit diesen Geschwindigkeiten erfolgen, wie z. B. mit dem Magnetband.

Es ist aus dem Zahlenbeispiel leicht zu erkennen, daß sich mit zunehmender Stellenzahl der Sortiermerkmale die Relation zu Ungunsten der Lochkarten verändert. Allerdings ist es bei der Lochkartensortierung möglich, mit mehreren — relativ billigen — Sortiermaschinen gleichzeitig zu arbeiten. Dies ist für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von erheblicher Bedeutung.

Im allgemeinen wurde hierfür folgende Faustregel aufgestellt:

- Wenn die Stellenzahl der Sortiermerkmale  $< 5$  = Größere Wirtschaftlichkeit der Lochkarten-Sortierung
- Wenn die Stellenzahl der Sortiermerkmale  $> 10$  = Größere Wirtschaftlichkeit der Bandsortiergeräte

Sinn und Zweck dieser Erwägungen ist es keinesfalls, den seit Jahrzehnten bewährten Lochkarten den Rang streitig zu machen. Sie sollen lediglich dem Verständnis für die im Zusammenhang mit der Elektronik nutzbringend anwendbare Magnetband-Kontenführung dienen.

Zur archivmäßigen Lagerung der Magnetbänder ist im allgemeinen noch zu sagen, daß es zu empfehlen ist, diejenigen Bänder — die über längere Zeiträume aufbewahrt werden müssen, z. B. Bestandsbänder, Bänder mit den Einzelumsätzen usw. — in bestimmten Abständen zu kopieren. Die Lagerung selbst soll in klimatisch geregelten Räumen erfolgen. Dagegen können die Magnetbänder, die nur als Zwischeninformationsträger dienen — beispielsweise zwischen Magnettrommelspeicher und Zeilendrucker — bei der nächsten Abrechnungsperiode sofort wieder verwendet werden.

Es muß nochmals betont werden, daß diese Ausführungen nur die Aufgabe haben können, die organisatorischen Möglichkeiten, die sich mit der Magnetband-Kontenführung für die Arbeitsvorbereitung, Planung und Materialabrechnung bieten, in großen Zügen aufzuzeigen, um Anregungen auf diesem Gebiet zu geben. Die eigentliche Arbeit muß erst hier einsetzen. So müssen z. B. nun auf den verschiedenen Gebieten unserer Wirtschaft genaue Untersuchungen erfolgen, welche besonderen organisatorischen Bedingungen bei der Magnetband-Kontenführung gegeben sind. Diese Erkenntnisse sollen dann beim Aufbau künftiger elektronischer Datenverarbeitungsanlagen berücksichtigt werden, um eine möglichst universelle Anwendung derselben auf breiter Ebene zu gewährleisten.

Diese Schlußfolgerungen lassen erkennen, daß nicht allein die Beantwortung der Frage ausreicht, welche Informationen bei Magnetband-Kontenführung auf das Magnetband übernommen werden müssen, um durch den Fortfall der bisherigen Karteien überhaupt erst die ökonomische Voraussetzung für den Einsatz der Elektronik zur Automatisierung der Verwaltungsarbeit zu schaffen. Vielmehr muß unmittelbar damit im Zusammenhang noch geklärt werden:

- welche Auswertungen der Magnetbänder erforderlich sind, um zu den erforderlichen Erkenntnissen zu gelangen, die zur Beeinflussung der Produktions- und Zirkulationssphäre der Betriebe notwendig sind, und
- in welcher organisatorischen Form und mit welchen technischen Mitteln diese Auswertungen zu erreichen sind.

Daß diese Anlagen nicht nur für die größten Betriebe unserer Republik, sondern für breite Kreise unserer Wirtschaft zugänglich sind, ist eine Frage der Anschaffungs- und Unterhaltungskosten, und diese spielt deshalb bei der Klärung der vorerwähnten Fragenkomplexe eine entscheidende Rolle.

### 3.3 Brutto- und Nettolohnabrechnung

Bei der Betrachtung der Lohnabrechnung ergeben sich grundsätzlich folgende Arbeitsabläufe:

- Erstellung der Urbelege (Lohnscheine),
- Bewertung und Verdichtung der Urbelege,
- Nettolohnabrechnung,
- Auswertung der Belege entsprechend den Gesichtspunkten der Kostenrechnung und Statistik.

Für die bei der Erstellung der Belege einzutragenden Werte ist die Art und Weise der Bewertung und Verdichtung der Belege maßgebend. Es soll nun im folgenden dieser Arbeitsabschnitt untersucht werden.

#### 3.3.1 Leistungslohn

3.3.1.1 Leistungslohn ohne Leistungslohnausgleich  
 $\text{Gesamt-Stück} \times \text{Zeit/Stück} = \text{Gesamtzeit}$   
 $\text{Gesamtzeit} \times \text{Leistungslohnfaktor} = \text{Leistungslohnverdienst}$

3.3.1.2 Leistungslohn mit Leistungslohnausgleich  
 $\text{Gesamtzeit und Leistungslohnverdienst wie unter 3.3.1.1 berechnen, danach}$   
 $\text{Gesamtzeit} \times \text{Leistungslohndurchschnitt} =$   
 $\text{Leistungslohndurchschnittsverdienst}$

Je nachdem, ob der Leistungslohnverdienst oder der Leistungslohndurchschnittsverdienst größer ist, wird mit dem größeren Betrag weitergearbeitet.

Der Leistungslohndurchschnitt errechnet sich zu Ges.-Leistungslohnverd. des vorhergeh. Monats  
 Ist-Leistungslohnstunden des vorhergeh. Monats

#### 3.3.2 Zeitlohn

3.3.2.1 Zeitlohn ohne Lohngruppenausgleich  
 $\text{Geleistete Zeit} \times \text{Zeitlohnfaktor} = \text{steuerpflichtiger Verdienst}$

3.3.2.2 Prämienzeitlohn ohne Lohngruppenausgleich  
 steuerpflichtigen Verdienst wie unter 3.3.2.1 berechnen, danach steuerpflichtiger Verdienst  $\times$  % = steuerbegünstigter Verdienst

3.3.2.3 Zeit- bzw. Prämienzeitlohn mit Lohngruppenausgleich

Bei dieser Berechnung ist zu unterscheiden, ob der Arbeiter normalerweise im Zeitlohn oder Leistungslohn arbeitet. Ist der Arbeiter ein Leistungslohner, so ist nach der normalen Zeitlohnberechnung die geleistete Zeit mit dem Leistungslohndurchschnitt zu multiplizieren. Gleichzeitig ist durch Division mit der durchschnittlichen Normerfüllung des vorhergehenden Monats die Aufteilung in Grund- und Mehrleistungslohn vorzunehmen. Mit dem jeweils größeren Betrag wird dann entsprechend weitergearbeitet. Ist der Arbeiter ein Zeitlohner, so ist nach der normalen Zeitlohnberechnung die geleistete Zeit mit der Stammlohngruppe des Arbeiters zu multiplizieren. Bei Prämienzeitlohn kommt noch die Multiplikation mit dem entsprechenden Prozentsatz hinzu. Mit dem jeweils größeren Betrag ist dann weiterzuarbeiten.

#### 3.3.3 Krankheit

Für die Berechnung der SV-Barleistung ist die Ermittlung des Grundbetrages und für die Berechnung des Krankengeld-Ausgleiches die Ermittlung des Tagesnettolohnes erforderlich.

Der Grundbetrag berechnet sich aus:

$\frac{\text{bereinigter Bruttoverdienst der letzten 3 Monate}}{\text{Kalendertage der letzten 3 Monate}}$

Das Ergebnis dieser Rechnung ist auf volle DM auf- bzw. abzurunden. Bei Ergebnissen über 10 DM ist auf geradzahlige DM auf oder abzurunden. Der bereinigte Bruttoverdienst ergibt sich aus:

Bruttoverdienst abzügl. Zuschläge und Überstundenverdienst.

Der Tagesnettolohn berechnet sich aus:

$\frac{\text{bereinigter Nettolohn der letzten 3 Monate}}{\text{Arbeitstage der letzten 3 Monate}}$

Der bereinigte Nettolohn ergibt sich aus:  
 Nettolohn abzüglich Überstundenverdienst und Überstundenzuschläge.

3.3.3.1 Krankengeld mit Ausgleich

$\text{Krankkalendertage} \times \text{Grundbetrag} \times 0,5 =$   
 Krankengeld  
 $\text{Krankengeld} = \text{SV-Barleistung}$   
 $\text{Krankarbeitstage} \times \text{Tagesnettolohn} \times 0,9 -$   
 Krankengeld = Krankengeldausgleich

3.3.3.2 Hausgeld mit Ausgleich

Die Berechnung des Krankengeldes und des Krankengeldausgleiches wird wie unter 3.3.3.1 durchgeführt. Zusätzlich ist folgende Berechnung durchzuführen:  
 $\text{Hausgeld} = \text{SV-Barleistung} = \text{Krankengeld} \times 0,8$

3.3.3.3 Taschengeld mit Ausgleich

Die Berechnung des Krankengeldes und des Krankengeldausgleiches wird wie unter 3.3.3.1 durchgeführt. Zusätzlich ist folgende Berechnung durchzuführen:  
 $\text{Taschengeld} = \text{SV-Barleistung} = \text{Krankengeld} \times 0,5$

3.3.3.4 Krankengeld, Hausgeld und Taschengeld ohne Ausgleich

Bei längerer Krankheit entfällt der Krankengeldausgleich, so daß in diesen Fällen nur der erste Teil der Berechnung durchzuführen ist, die Berechnung des Krankengeldausgleiches entfällt.

#### 3.3.4 Urlaub

Für die Berechnung des Urlaubsgeldes ist es erforderlich, den Tagesurlaubslohn zu ermitteln, dieser ergibt sich aus:

$\frac{\text{bereinigter Bruttoverdienst der letzten 3 Monate}}{\text{Ist-Arbeitstage der letzten 3 Monate}}$

Datum	Kontrollnr.	Name und sonstiger Aufdruck					
Sollstunden	Überstd.	unbez. Fehlz.	bez. Fehlzeit	Zeitlohn Std.	Leistungs. Std.	LL.-Vorgabez.	Normerfüllung
Leistungslohn				sonstiger Lohn		SV-Freibetr.	Bruttolohn
Grundlohn	Mehrst. L.	Durchschn.	Stpfl. n. Tab.	Steuerbeg.	Steuerfrei		
Lohnst. n. Tab.	Lohnst. 5%	SV-Beitrag	Nettolohn	Lohnabschl.	Krankg. Abschl.	SV Barleist.	Krankg. Ausgl.
Wege/Werkzeugg.	Eheg. Zuschl.	Kinderzuschl.	Sparen	KdgH.	sonst. Abz.	Restpf.	Auszahlungsbetrag

Bild 3. Musterformular für die Nettolohnabrechnung

Der bereinigte Bruttoverdienst ergibt sich aus:

Bruttoverdienst abzüglich Überstundenverdienst und Überstundenzuschläge. (Dieser bereinigte Bruttoverdienst ist nicht identisch mit dem bereinigten Bruttoverdienst, der für die Berechnung des Grundbetrages für die Krankengeldberechnung erforderlich ist, da entsprechend Punkt 3.33 alle Zuschläge abgezogen sind, für die Urlaubsgeldberechnung werden aber nur die Überstundenzuschläge abgezogen.)

Der für den Urlaub zu zahlende Lohn berechnet sich wie folgt:

$\text{Urlaubstage} \times \text{Tagesurlaubslohn} = \text{Urlaubsgeld}$

$\text{Urlaubszeit} \times \text{Stammlohnfaktor} = \text{steuerpflichtiger Verdienst}$

$\text{Urlaubsgeld} - \text{steuerpflichtiger Verdienst} = \text{steuerbegünstigter Verdienst}$

Als Stammlohnfaktor ist dabei bei Leistungslohner die Leistungslohngruppe und bei Zeitlohner die Zeitlohngruppe maßgebend.

#### 3.3.5 Wartezeit

3.3.5.1 Wartezeit bis 4 Stunden

$\text{Wartezeit} \times \text{Stammlohnfaktor} = \text{steuerpflichtiger Verdienst}$

$\text{Wartezeit} \times \text{Durchschnitt} = \text{Wartegeld}$

$\text{Wartegeld} - \text{steuerpflichtiger Verdienst} = \text{steuerbegünstigter Verdienst}$

Bei Zeitlohn entfällt die Berechnung des Wartegeldes und des steuerbegünstigten Verdienstes.

3.3.5.2 Wartezeit über 4 Stunden

Der steuerpflichtige Verdienst ist wie unter 3.3.5.1 zu berechnen, danach ist der steuerpflichtige Verdienst mit 0,9 zu multiplizieren. Die übrigen Berechnungen entfallen.

#### 3.3.6 Bezahlte Fehlzeiten

3.3.6.1 Bezahlte Fehlzeit im Grundlohn

$\text{Fehlzeit} \times \text{Stammlohnfaktor} = \text{steuerpflichtiger Verdienst}$

3.3.6.2 Bezahlte Fehlzeit im Durchschnitt

Steuerpflichtiger Verdienst wie unter 3.3.6.1 berechnen, danach:

$\text{Fehlzeit} \times \text{Durchschnitt} = \text{Durchschnittsverdienst}$   
 $\text{Durchschnittsverdienst} - \text{steuerpflichtiger Verdienst} = \text{steuerbegünstigter Verdienst}$

#### 3.3.7 Zuschläge

Alle Arbeitsleistungen, die mit steuerfreien Zuschlägen zu berechnen sind, sollen wie folgt berechnet werden:  
 $\text{Zeit} \times \text{Lohnfaktor} = \text{steuerpflichtiger Verdienst}$   
 $\text{steuerpflichtiger Verdienst} \times \% = \text{steuerfreier Verdienst}$

#### 3.3.8 Unbezahlte Fehlzeit

Die unbezahlten Fehlzeiten sind bei der Bruttolohnberechnung mit zu speichern, da diese bei der Nettolohnrechnung und Betriebsstatistik mit berücksichtigt werden müssen.

Bei der Eingabe der Daten der einzelnen Lohnscheine ist dem Rechner in einer Schlüsselnummer mitzuteilen, nach welcher Lohnart (entsprechend den Punkten 3.31 bis 3.38) die Belegdaten verarbeitet werden sollen.

Außer den Werten, die für die Bruttolohnabrechnung erforderlich sind, ist eine Speicherung der Werte vor-

zunehmen, die für die Nettolohnabrechnung notwendig sind. Dafür müssen folgende Werte pro Arbeiter gespeichert werden:

- Leistungslohngruppe
- Zeitlohngruppe
- Leistungslohndurchschnitt des letzten Monats
- Normerfüllung des letzten Monats
- Grundbetrag letzter Monat
- Grundbetrag vorletzter Monat
- Grundbetrag drittletzter Monat
- Tagesnettolohn letzter Monat
- Tagesnettolohn vorletzter Monat
- Tagesnettolohn drittletzter Monat
- Tagesurlaubslohn letzter Monat
- Tagesurlaubslohn vorletzter Monat
- Tagesurlaubslohn drittletzter Monat
- Leistungslohnzeit (Vorgabezeit)
- Zeitlohnzeit
- Überstunden
- Bezahlte Fehlzeit
- Unbezahlte Fehlzeit
- Leistungslohnverdienst
- Steuerpflichtiger Verdienst
- Steuerbegünstigter Verdienst
- Steuerfreier Verdienst Überstunden
- Steuerfreier Verdienst sonstig
- Überstundenverdienst (steuerpflichtig)
- SV-Barleistung
- Krankengeldausgleich
- Krankkalendertage
- Krankarbeitstage

Die unter 1 und 2 aufgeführten Werte sind Konstanten des jeweiligen Arbeiters. Die unter 3 bis 13 aufgeführten Werte müssen bei der Nettolohnabrechnung mit berechnet werden, damit sie für die Bruttolohnabrechnung zur Verfügung stehen. Die unter 14 bis 26 aufgeführten Werte bilden die Ausgangsbasis für die Nettolohnabrechnung. Die Aufteilung der steuerfreien und steuerpflichtigen Verdienste ist für die Berechnung der bereinigten Brutto- und Nettoverdienste bei der Durchschnittsermittlung erforderlich. Die Werte 27 und 28 werden für die SV- und Steuerberechnung bei der Nettolohnabrechnung benötigt.

Auf den Lohnscheinen sind nur die jeweiligen veränderlichen Werte, die Schlüsselnummern für die Lohnart — darin ist auch die Lohngruppe mit enthalten, da diese oft von der Stammlohngruppe abweicht — und die Kontierungsmerkmale anzugeben. Die Zuführung dieser Werte durch Eintasten, Lochkarten, Lochband, Magnet-schrift bedruckte Belege oder ähnlichem soll hier nicht weiter untersucht werden, da die Art der Belegzuführung keinen Einfluß auf die Probleme der Magnetband-kontenführung hat. Für die Berechnung des Nettolohnes sind außer den aus der Bruttolohnabrechnung stammenden Werten nachfolgende Daten je Arbeiter erforderlich:

- Sollstunden des abzurechnenden Monats
- Kalendertage des abzurechnenden Monats
- Arbeitstage des abzurechnenden Monats
- Steuerklasse
- Steuerfreibetrag
- Rentner ja oder nein
- Kinderzuschlag
- Ehegattenzuschlag
- Wege/Werkzeugzuschlag
- Kasse der gegenseitigen Hilfe
- Sparen
- Sonstige Abzüge
- Lohnabschlag
- Krankengeldabschlag
- Restpennige

Die Werte 1 bis 3 sind Konstanten für alle abzurechnenden Arbeiter und können einmalig im Rechner gespeichert werden. Die Werte 4 bis 15 sind pro Arbeiter zu speichern. Somit ergeben sich pro Arbeiter insgesamt  $28 + 12 = 40$  Werte, die gespeichert werden müssen. Bei einem Betrieb mit 4000 monatlich abzurechnenden Arbeitern ergibt das eine Gesamtspeicherkapazität von 160 000 Werten. Diese Anzahl in einem Speicher mit wahlfreiem Zugriff unterzubringen, ist bei einem Betrieb obiger Größe wirtschaftlich nicht vertretbar. Die einzige billige Lösung für die maschinengerechte Speicherung dieser Werte ist der Magnetbandspeicher. Dieser hat den Nachteil, daß er keinen wahlfreien Zugriff besitzt und aus diesem Grunde verschiedene Probleme auftauchen, die durch organisatorische Maßnahmen zu lösen sind.

Zur Realisierung der maschinengerechten Speicherung wird folgender Weg vorgeschlagen:

Für die Verarbeitung des Bruttolohnes und des Nettolohnes wird je ein Magnetband verwendet. In das erste Wort des Speicherblockes ist die Adresse einzutragen, d. h. in diesem Fall die Arbeiternummer. Da die einzelnen Lohnscheine von den Kostenstellen getrennt abgeliefert werden, ist eine kostenstellenmäßige Erfassung der Werte je Arbeiter auf dem Magnetband am zweckmäßigsten. (Außerdem wird dadurch die später beschriebene Kostenverteilung wesentlich erleichtert.) D. h., daß die Belege getrennt nach Kostenstellung und je Kostenstelle nach Arbeiternummern sortiert angeliefert werden müssen. Dabei kann die Arbeiternummer eine beliebige Zahl sein. Unregelmäßigkeiten in der Nummernfolge innerhalb einer Abteilung spielen ebenfalls keine Rolle. Es muß nur dafür gesorgt werden, daß die Lohnscheine nach steigender bzw. fallender Arbeiternummer getrennt nach Kostenstellen zur Verarbeitung gelangen. In dieser Reihenfolge sind dann auch die einzelnen Speicherblöcke auf dem Magnetband unterzubringen. Die beiden Bänder für Bruttolohn- und Nettolohnabrechnung müssen die gleiche Reihenfolge der Blöcke besitzen, da beide Bänder bei der Nettolohnabrechnung benötigt werden. Damit ist es dann möglich, die gesamte Berechnung des Nettolohnes bis zum Auszahlungsbetrag und dem Schreiben der Lohnstreifen vollautomatisch durchzuführen.

Verwendet man für die Nettolohnabrechnung keine Streifen, sondern das Formular (Bild 3), so ist es möglich, mit einer Druckwerkskapazität von 60 Stellen auszukommen. In der ersten Zeile werden die bei der Bruttolohnabrechnung auf dem Magnetband eingetragenen Werte zum Abdruck gebracht, einschließlich der Normerfüllung, die sich aus den wirklich gearbeiteten Leistungslohnstunden und der Leistungslohnvorgabezeit errechnet. In der zweiten Zeile werden die einzelnen Verdienste zum Abdruck gebracht, wobei die Aufteilung des gesamten Leistungslohnverdienstes in Grundlohn und Mehrleistungslohn mit Hilfe der errechneten Normerfüllung vorgenommen wird. In der Spalte Durchschnitt wird der errechnete Leistungslohndurchschnitt des jeweiligen Monats ausgedruckt. Nach der Errechnung des Bruttolohnes kann dann, unter Berücksichtigung der Werte des Nettolohnbandes, die Steuer- und SV-Berechnung durchgeführt werden. Zur Abstimmung der gesamten SV-Beiträge und der gesamten Lohnsumme des Betriebes wird der SV-Freibetrag mit errechnet. Nach der Errechnung des Nettolohnes wird dann unter Berücksichtigung der Abschläge und der übrigen Lohnzuschläge und Lohnabzüge sowie der Restpennige des vorhergehenden Monats, der Auszahlungsbetrag ermittelt.

Grundsätzlich ist zur gesamten Brutto- und Nettolohnabrechnung noch zu sagen, daß alle wichtigen Werte während der Rechenvorgänge im internen Speicher kumulativ gespeichert werden. Diese Werte, wie Überstunden, Zeitlohnstunden, SV-Freibetrag usw., werden je ausführende Kostenstelle und für den gesamten Betrieb errechnet. Nach jedem Kostenstellenwechsel werden die einzelnen Summen bei der Bruttolohnabrechnung auf ein Magnetband ausgegeben und bei der Nettolohnabrechnung ausgedruckt. Da die bei der Bewertung der Lohnscheine anfallenden Werte für die

Nettolohnabrechnung benötigt werden, können diese Werte für Kontrollzwecke einmal bei der Bruttolohnabrechnung und ein zweites Mal bei der Nettolohnabrechnung gespeichert werden, so daß durch Vergleich der Endsummen am Monatsende die Werte je Kostenstelle und für den gesamten Betrieb kontrolliert werden können. Diese Kontrolle erstreckt sich natürlich nur auf Eingabe- und Ausgabefehler (außer Druckwerk), besonders hinsichtlich der Magnetbandspeicherung.

Für die Ermittlung der Werte, wie SV-Grundbetrag, Tagesnettolohn, Tagesurlaubslohn usw., ist eine größere Unterteilung verschiedener Werte notwendig, als auf dem Nettolohnformular (Bild 3) angegeben ist. Z. B. ist der steuerfreie Betrag zu unterteilen in steuerfreie Zuschläge von Überstunden und sonstige steuerfreie Zuschläge. Diese Unterteilung ist selbstverständlich bei den Rechenvorgängen und bei der Magnetbandspeicherung zu berücksichtigen. Grundsätzlich ist es möglich, diese Unterteilung mit zum Abdruck zu bringen. Für die Zusammensetzung der Speicherblöcke auf dem Bruttolohnband und dem Nettolohnband werden folgende Werte vorgeschlagen, wobei berücksichtigt wurde, daß bei der Bruttolohnbearbeitung die Rückgabe der kumulativ errechneten Werte an das Bruttolohnband, bei der Nettolohnrechnung die Ausgabe der neu errechneten Durchschnittswerte an das Bruttolohnband und die Ausgabe der für den nächsten Monat zu beachtenden Restpennige voll automatisch durchgeführt werden und die notwendigen Korrekturen bei Änderung der Steuerklasse, Lohngruppe usw. erfolgen müssen.

#### a) Bruttolohnband

- 1 Arbeiternummer
- 2 Kostenstelle
- 3 Leistungslohngruppe
- 4 Zeitlohngruppe
- 5 Leistungslohndurchschnitt des letzten Monats
- 6 Normerfüllung des letzten Monats
- 7 Grundbetrag des letzten Monats
- 8 Grundbetrag des vorletzten Monats
- 9 Grundbetrag des drittletzten Monats
- 10 Tagesnettolohn des letzten Monats
- 11 Tagesnettolohn des vorletzten Monats
- 12 Tagesnettolohn des drittletzten Monats
- 13 Tagesurlaubslohn des letzten Monats
- 14 Tagesurlaubslohn des vorletzten Monats
- 15 Tagesurlaubslohn des drittletzten Monats
- 16 Leistungslohnzeit
- 17 Zeitlohnzeit
- 18 Überstunden
- 19 Bezahlte Fehlzeit
- 20 Unbezahlte Fehlzeit
- 21 Leistungslohnverdienst
- 22 Steuerpflichtiger Verdienst
- 23 Steuerbegünstigter Verdienst
- 24 Steuerfreier Verdienst Überstunden
- 25 Steuerfreier Verdienst sonstig
- 26 Überstundenverdienst (steuerpflichtig)
- 27 SV-Barleistung
- 28 Krankengeldausgleich
- 29 Krankkalendertage
- 30 Krankarbeitstage
- 31 Restpennige

#### b) Nettolohnband

- 1 Arbeiternummer
- 2 Kostenstelle
- 3 Steuerklasse
- 4 Steuerfreibetrag
- 5 Röntner ja oder nein
- 6 Kinderzuschlag
- 7 Ehegattenzuschlag
- 8 Wege/Werkzeugzuschlag
- 9 Kasse der gegens. Hilfe
- 10 Sparen
- 11 Sonstige Abzüge
- 12 Lohnabschlag
- 13 Krankengeldabschlag
- 14 Leistungslohngruppe
- 15 Zeitlohngruppe

Die Restpennige wurden mit auf dem Bruttolohnband gespeichert, da nach der Durchführung der Nettolohnrechnung eine Rückgabe der Durchschnittswerte an das Bruttolohnband erfolgt, so daß gleichzeitig mit der Restpennigbetrag übergeben werden kann. Dadurch entfällt die Rückgabe von Werten auf das Nettolohnband. Die Leistungslohn- und Zeitlohngruppe wurde noch mit auf dem Nettolohnband übernommen. Dadurch ist es möglich, alle auftretenden Änderungen, wie z. B. Änderung der Steuerklasse, des Kindergeldes,

der Lohngruppe usw., mit einem Magnetband unabhängig von der Bruttolohnfassung durchzuführen. Die Eintragung der Lohngruppenänderung auf das Bruttolohnband wird dann bei der Nettolohnabrechnung durchgeführt. Die einzelnen für die Abrechnungen notwendigen Werte sind meist nur 4- bis 6stellige Werte. Da jedoch ein Speicherplatz 12 Stellen zuzüglich Vorzeichen enthält, ist es möglich, zwei oder mehr Werte in einem Speicherplatz unterzubringen. Die Aufteilung und Zusammensetzung der Werte wird vom Rechner mit übernommen. Dadurch verlängert sich zwar die Rechenzeit, gleichzeitig geht aber der Speicherplatzbedarf und damit die Ein- und Ausgabezeit wesentlich zurück. Es soll für die Durchführung der Berechnungen ein preisgünstiger Elektronenrechner zugrunde gelegt werden, der keinen Schnellspeicher besitzt, und für die Magnetbandspeicherung soll ebenfalls ein preisgünstiges Gerät verwendet werden. D. h. also, Geräte, die geschwindigkeitsmäßig durchaus nicht das derzeit technisch mögliche erreichen, dafür aber auch wesentlich billiger sind. Mit einer derartigen Anlage ist es möglich, die 31 Werte pro Arbeiter des Bruttolohnbandes auf 7 cm Bandlänge unterzubringen. Einschließlich der Startzeit für das Magnetbandgerät werden für die Eingabe dieser 31 Werte in den Rechner etwa  $\frac{1}{3}$  s benötigt. Auf einem Magnetband von 500 m Länge sind unter Berücksichtigung der Start- und Stopplücken zwischen den einzelnen Blöcken die Werte für etwa 3000 Arbeiter unterzubringen. Für das Nettolohnband ergibt sich eine Eingabezeit von etwa  $\frac{1}{4}$  s. Auf einem Magnetband von 500 m Länge sind die Werte von etwa 3600 Arbeitern unterzubringen. Bei diesen Angaben ist ebenfalls zu berücksichtigen, daß diese Werte noch um den Faktor 2 bis 4 verbessert werden können.

Außer den Belangen der Brutto- und Nettolohnabrechnung pro Arbeiter ist weiterhin die Auswertung der Belege nach den Gesichtspunkten der Kostenverteilung und Betriebsstatistik zu berücksichtigen. An Hand eines praktischen Beispiels soll die Lösung dieser Aufgabe erläutert werden.

In einem Betrieb fallen monatlich 70 000 Lohnscheine an. Diese Lohnscheine sollen so verarbeitet werden, daß am Monatsende die Zeiten und Beträge je ausführende Kostenstelle nach Lohngruppen und Nomenklaturstufen (für Arbeitskräfte-Berichterstattung), und die Beträge je zu belastende Kostenstelle nach Kostenarten und Kostenträger zusammengefaßt vorliegen. Weiterhin sei vorausgesetzt, daß der Lohn auf 70 Kostenstellen, 8 Lohngruppen, 6 Nomenklaturstufen, 40 Kostenarten und 60 Kostenträger aufgeteilt werden soll. Der Speicherbedarf ergibt sich daraus pro Kostenstelle zu

Zeit je Lohngruppe	=	8 Speicherplätze
Betrag je Lohngruppe	=	8 Speicherplätze
Zeit je Nomenklaturstufe	=	6 Speicherplätze
Betrag je Nomenklaturstufe	=	6 Speicherplätze
Betrag je Kostenart	=	40 Speicherplätze
Betrag je Kostenträger	=	60 Speicherplätze

Für den Gesamtbetrieb sind dann bei 70 Kostenstellen  $70 \times 128 = 8960$  Speicherplätze

notwendig. Bei einer kleinen bzw. mittleren Anlage ist es aus Preisgründen nicht möglich, einen Magnetrommspeicher für 8960 Speicherplätze vorzusehen, da ja auch für die übrigen Arbeiten Konstantenspeicher, Programmspeicher usw. benötigt werden. Außerdem können in anderen Betrieben die Anzahl der Kostenstellen und Kostenträger wesentlich höher liegen. Desweiteren ist noch zu berücksichtigen, daß bei Unstimmigkeiten, Rückfragen und für Analysen die Werte der Einzelbelege, aus denen sich die Endsumme zusammensetzt, zur Verfügung stehen. Diese Aufgabenstellung der Rückfrage nach der Zusammensetzung der kumulativ errechneten Werte ist das größte Problem beim Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen und konnte bei noch keiner Anlage allgemeingültig und vollständig gelöst werden. Es bedarf noch einer umfangreichen Forschungstätigkeit, bis die elektronische Datenverarbeitung auch in diesem Punkt voll und ganz den Erfordernissen der Praxis gerecht wird.

Als eine, wenn auch nicht ideale Lösung des Problems soll für das oben erwähnte Beispiel folgender Weg zur Diskussion gestellt werden:

Bei der Bearbeitung der Lohnscheine werden gleichzeitig die Zeit, der Betrag und die Kontierungsbegriffe je Einzelbeleg auf einem Magnetband übernommen. Da die Lohnscheine je ausführende Kostenstelle zur Verarbeitung gelangen, sind die Einzelbelege ebenfalls nach ausführenden Kostenstellen sortiert auf diesem Einzelbelegband aufgezeichnet. Bei mehreren Buchungsabschnitten im Monat ist bei jedem Kostenstellenwechsel der Vortrag der vorhergehenden Buchungsperiode mit zu übernehmen bzw. es sind am Monatsende die Einzelbelegbänder der einzelnen Buchungsabschnitte zu einem Band, unter Berücksichtigung der kostenstellenmäßigen Reihenfolge, zu vereinen. Bei der Analyse der kumulativ errechneten Werte sind die jeweiligen Kontierungsmerkmale in den Rechner einzugeben. Der Rechner schreibt dann automatisch die einzelnen Belege aus dem Einzelbelegband heraus. Bezieht sich der zu analysierende Wert nur auf eine Kostenstelle, so ist es nur erforderlich, daß die Belege dieser Kostenstelle vom Rechner bearbeitet werden. Werden jedoch bei dem zu analysierenden Wert alle oder der größte Teil der Kostenstellen berührt, so muß das gesamte Einzelbelegband vom Rechner bearbeitet werden. Dieses Einzelbelegband wird auch für die Durchführung der Kostenverteilung verwendet. Bei der Bruttolohnabrechnung wird gleichzeitig die Aufteilung der Beträge und Zeiten nach Lohngruppen und Nomenklaturstufen je ausführende Kostenstelle vorgenommen. Dafür sind  $(2 \cdot 8 + 2 \cdot 6) \cdot 70 = 1960$  Speicherplätze erforderlich. Stehen z. B. nur 1000 Speicherplätze im Rechner für diese Arbeiten zur Verfügung, so könnten die Aufteilungen nur für 35 Kostenstellen durchgeführt werden. In diesem Fall ist es am zweckmäßigsten, nach jeweils 35 Kostenstellen den Inhalt dieser Speicherplätze auf ein Magnetband (Summenband I) auszugeben, damit die Speicherplätze im Rechner für die nächsten 35 Kostenstellen zur Verfügung stehen. Die Bruttolohnabrechnung wird meist in mehreren Abschnitten durchgeführt, so daß bei den einzelnen Buchungsabschnitten während des Monats die Werte der jeweiligen 35 Kostenstellen des vorhergehenden Buchungsabschnittes als Vortrag vom Magnetband einzugeben sind.

Für die Aufteilung der Beträge nach Kostenart und Kostenträger je zu belastende Kostenstelle ist zu berücksichtigen, daß die Belege auf dem Einzelbelegband nach ausführenden Kostenstellen sortiert sind und nicht nach zu belastenden Kostenstellen. Stehen für diese Arbeiten ebenfalls nur 1000 Speicherplätze zur Verfügung, so ist in einem Durchlauf bei 40 Kostenarten und 60 Kostenträgern die Aufteilung der Werte von 10 Kostenstellen möglich, dabei müssen alle Belege den Rechner durchlaufen. Bei 70 Kostenstellen sind insgesamt 7 Durchläufe notwendig, wobei nach jedem Durchlauf die in den 1000 Speicherplätzen kumulativ erfaßten Werte auf ein Magnetband (Summenband II) auszugeben sind. Zur Beurteilung der gesamten Arbeitsweise mit Magnetbändern ist es erforderlich, daß der Zeitbedarf für die einzelnen Arbeitsabschnitte festliegt. Für die nachfolgenden Zeituntersuchungen wurden die Rechenzeiten relativ hoch angesetzt, da als Hauptforderung für die Gesamtanlage ein möglichst geringer Preis angestrebt werden soll. Zwangsläufig ergibt sich daraus eine, im Vergleich zu Großanlagen, geringe Rechengeschwindigkeit.

#### 1. Bruttolohnabrechnung

Belegeingabe	0,5 s
Bruttolohnband eingeben	0,33 s
Rechenzeit	1,00 s
Ausgabe an Bruttolohnband	0,33 s
Ausgabe an Einzelbelegband	0,09 s
	<hr/>
	2,25 s

Die Ausgabezeit an das Einzelbelegband ergibt sich pro Beleg deshalb so gering, da jeweils 10 Belege zu einem Block zusammengefaßt werden, so daß die Ausgabezeit nur alle 10 Belege mit 0,86 s auftritt. Für die während der Arbeit auftretende Nebenarbeit, wie Magnetband-

wechsel, Zuführung neuer Belege, Kostenstellenwechsel usw., ist ein Zeitzuschlag hinzuzurechnen, der mit 20 % als genügend angesehen wird. Damit ergibt sich die Stundenleistung zu  $\approx 1350$  Lohnscheinen. Bei einem Beleganfall von 70 000 Lohnscheinen pro Monat und unter der Annahme, daß 50 bis 60 % der Belege am Monatsende anfallen, ist eine Verarbeitungszeit am Monatsende von etwa 4 Schichten erforderlich.

#### 2. Nettolohnabrechnung

Bruttolohnband eingeben	0,33 s
Nettolohnband eingeben	0,25 s
Rechenzeit	6,00 s
Ausgabe an Druckwerk $4 \times 0,25$	1,00 s
Ausgabe an Bruttolohnband	0,33 s
	$\approx 8,00$ s

Die Ausgabezeit an das Druckwerk wurde deshalb so hoch angesetzt, da auf dem Nettolohnstreifen sehr viele Werte ausgedruckt werden müssen. Damit das Druckwerk nicht zu breit wird, wurde angenommen, daß der Lohnstreifen in 4 Zeilen ausgedruckt wird. Rechnet man zu der Gesamtzeit ebenfalls wieder etwa 20 % hinzu, so ergibt sich eine Stundenleistung von etwa 380 vollständigen Nettolohnberechnungen einschließlich der neuen Durchschnittsberechnungen für den folgenden Monat.

#### 3. Aufstellung der Kostenverteilung

Für die Aufteilung der Kosten entsprechend der einzelnen Kontierungsbegriffe sind die beiden Summenbänder mit den insgesamt 8960 Werten auszudrucken. Für die Erstellung des Summenbandes I für die Kostenaufteilung je ausführende Kostenstelle treten praktisch keine zusätzlichen Zeiten auf. Für die Kostenaufteilung nach den zu belastenden Kostenstellen tritt ein Zeitbedarf von schätzungsweise 3 Stunden je Durchlauf auf. Bei 7 Durchläufen ergibt sich eine Gesamtzeit von etwa 21 Stunden einschließlich der Übernahme der errechneten Werte auf das Summenband nach jeweils 10 Kostenstellen. Das Ausdrucken der beiden Summenbänder dürfte bei einem Paralleldruckwerk ähnlich der Tabelliermaschine etwa 0,5 Std. Zeit beanspruchen. Bei der Ausschreibung der Summenbänder ist es ohne weiteres möglich, Soll-Ist-Vergleiche durchzuführen, wenn parallel ein weiteres Magnetband mit den Planzahlen in den Rechner einläuft. Gerade in dieser Richtung, der automatischen Plankontrolle, ergeben sich noch große Möglichkeiten für die Anwendung der automatischen Datenverarbeitung. Diese Arbeiten liegen auch zeitlich günstig, da diese Arbeiten erst dann begonnen werden können, wenn die gesamte Lohnabrechnung, Materialabrechnung usw. durchgeführt ist und die Einzelbelege des folgenden Monats noch nicht vorliegen bzw. noch nicht verarbeitet werden müssen.

#### 4. Herausschreiben von Einzelbelegen

Soll die Zusammensetzung eines Kostenträgers oder eines anderen Sortierbegriffes innerhalb einer Kostenstelle ermittelt werden, so ist der entsprechende Sortierbegriff in den Rechner einzugeben. Das Einzelbelegband ist dann auf diese Kostenstelle zu führen. Im Durchschnitt ergeben sich 1000 Lohnscheine je Kostenstelle. Rechnet man mit 100 Einzelbelegen, die heraussortiert werden sollen, und einer Druckgeschwindigkeit von 2 Zeilen je Sekunde, so ergibt sich ein Zeitbedarf von etwa 3 min (ohne Vorbereitungszeit). Soll jedoch die Zusammensetzung von Werten untersucht werden, die alle Kostenstellen berühren, so ist eine Gesamtsuchzeit von etwa 2 Stunden erforderlich, zuzüglich der Druckzeit für das Herausschreiben der Einzelbelege.

Betrachtet man die angeführten Zeiten im Zusammenhang, so erkennt man, daß die Arbeiten, die mit hohem Rechenaufwand verbunden sind und bei denen die zu bearbeitenden Werte in einer sortierten Reihenfolge vorliegen, in wesentlich kürzerer Zeit durchgeführt werden können, als mit den bisher üblichen Methoden. Dagegen treten bei der Verarbeitung umsortierter Belege und bei der Analyse der Zusammensetzung von kumulativ errechneten Werten relativ hohe Bearbeitungszeiten auf. Der Zeitbedarf bei Arbeiten mit hohem Rechenaufwand wird hauptsächlich von der Rechengeschwindigkeit bestimmt, der Zeitbedarf der übrigen

Arbeiten dagegen wird in erster Linie von der Eingabegeschwindigkeit und der Anzahl der internen Speicherplätze mit wahlfreiem Zugriff bestimmt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß den angeführten Bearbeitungszeiten eine kleine und damit relativ langsame Anlage zugrunde gelegt wurde.

#### 4. Bedeutung der Ein- und Ausgabeleistungen bei Datenverarbeitungsanlagen

Wenn von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen gesprochen wird, so ist in erster Linie gemeint die hohe Rechengeschwindigkeit und die große Speicherkapazität sowie die logische Entscheidungsfähigkeit zur integrierten Verarbeitung von Zahlen. Viel zuwenig steht dabei im Vordergrund, welche Eingabe- und Ausgabeleistungen derartige Anlagen haben oder haben sollten. Es muß ganz klar und eindeutig herausgestellt werden, daß der Wirkungsgrad und damit der ökonomische Nutzeffekt bei Datenverarbeitungsanlagen in hohem Maße von den Bedingungen abhängig ist, die bei der Eingabe der zu verarbeitenden Zahlen und bei der Ausgabe der verarbeiteten Zahlen gegeben sind. Betrachten wir einmal die Ein- und Ausgabeleistungen bei den herkömmlichen Büromaschinen.

Zunächst ist festzustellen, daß sich bei den auf mechanischer Basis beruhenden Buchungsautomaten die Leistungen in bezug auf Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe noch gut harmonisch zusammenfügen. Bedingt durch die relativ langsamen mechanischen Bewegungen, hat die Bedienungskraft während des Bearbeitungs- bzw. Ausgabevorganges Gelegenheit, die nächsten Zahlenwerte geistig zu erfassen und über die Tastatur in die Buchungsmaschine einzugeben, ohne daß unnötige Wartezeiten entstehen. Bei der begrenzten Arbeitsgeschwindigkeit der Buchungsmaschinen ist es also nicht erforderlich, die maschinen- oder handschriftlichen Notizen auf den Urbelegen in von Maschinen lesbare Zeichen umzuwandeln, um mit Hilfe eines günstigeren Informationsträgers eine höhere Eingabeleistung zu erreichen.

Bereits bei den Lochkartenanlagen ändert sich dieses Verhältnis schon recht wesentlich. Obwohl Eingabe, Verarbeitung und Ausgabe nicht mehr in einer Maschine vereinigt, sondern auf mehrere Maschinenarten mit verschiedenen Funktionen aufgeteilt sind (z. B. Magnetlocher, Sortiermaschinen, Tabelliermaschinen usw.) und obwohl sich die Anzahl der verschiedenen Maschinenarten innerhalb einer Lochkartenanlage proportional zur Leistung halten kann, sind doch erhebliche Diskrepanzen zwischen der Eingabeleistung — darunter verstehen wir bei den Lochkartenanlagen den Aufwand für das manuelle Aufbereiten der Belege durch Lochen und Prüfen — und der eigentlichen Verarbeitungszeit vorhanden. Das wird besonders deutlich, wenn man dem erforderlichen Loch- und Prüfaufwand die Auswertungszahlen gegenüberstellt.

Von einer Locherin werden je nach Fertigkeit und Schwierigkeitsgrad zwischen 80 und 300 Karten je Stunde gelocht. Die Prüfleistungen liegen bis zu 20 % höher. Dagegen werden von unseren elektronischen Sortiermaschinen heute max. 60 000 Karten in der Stunde bewältigt. Die Doppler verarbeiten etwa 7000 Karten in der Stunde. Etwa 6000 Karten in der Stunde meistert ein moderner elektro-mechanischer Rechenlocher bei 8stelligen Multiplikationen, während die Tabelliermaschine 9000 Karten in der Stunde verrechnet und liest.

Diese unterschiedlichen Leistungsziffern führen u. a. mit dazu, daß der Einsatz der Lochkarten für Arbeitsgebiete — die zwar einen umfangreichen Beleganfall verursachen aber nur wenige Auswertungen erfordern — umstritten ist.

Wenn schon bei den auf elektro-mechanischer Basis arbeitenden Lochkartenanlagen die Eingabe — d. h. die Umwandlung der Urbelege in von Maschinen lesbare Lochkarten — das Kriterium darstellt, um wieviel größer muß diese Diskrepanz bei elektronischen Anlagen werden, wo für den Ablauf der einzelnen Pro-

grammschritte nur wenige Millisekunden notwendig sind. Diese Probleme tauchen weniger bei dem Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen für wissenschaftliche oder technische Berechnungen auf, als vielmehr bei dem Einsatz für die Zwecke, bei denen eine Vielzahl von Belegen erfaßt und verarbeitet werden müssen, also z. B. für das Rechnungswesen, für Produktions- und Kapazitätsplanung usw. Es wäre also unter diesen Gesichtspunkten völlig unsinnig, die auf vielen tausenden Belegen anfallenden Zahlen von einer Bedienungskraft manuell über eine Tastatur in die elektronischen Datenverarbeitungsanlagen eingeben zu wollen, da

- die Anlage zu viele Wartezeiten bekommen würde und
- die anfallenden Belege von einer Anlage nicht in diesem erforderlichen Abrechnungszeitraum verarbeitet werden könnten.

Damit steht und fällt also mit der Eingabeleistung der wirtschaftliche Nutzeffekt des Einsatzes der Elektronik für die Datenverarbeitung.

Auch der Ausgabeleistung kommt bei derartigen Anlagen eine wesentlich höhere Bedeutung zu, als dies bisher bei den Buchungsmaschinen und Lochkartenanlagen der Fall ist. Sinn und Zweck des Einsatzes elektronischer Datenverarbeitungsanlagen ist es, weitestgehend das gesamte Betriebsgeschehen in der Produktions- und Zirkulationssphäre zahlenmäßig zu erfassen und zu durchleuchten. Abgesehen von der Vielseitigkeit und großen Arbeitsgeschwindigkeit derartiger Anlagen wird diese Forderung nach leistungsfähigen Ausgabe-geräten noch begünstigt durch die fast unbegrenzte Ausweitungsmöglichkeit externer Speicher, wie sie sich z. B. in Form des Magnetbandes anbieten.

Der Personenkreis, der an der Auswertung der Daten interessiert ist, wird durch die Flexibilität der Elektronik immer größer, und verständlicherweise möchte jeder Beteiligte in kürzester Zeit seine Teilergebnisse vorliegen haben, um die Zahlen operativ auswerten zu können.

Andererseits liegt schon in dem Umstand, daß die Datenverarbeitungsanlage einen vielseitigen Einsatz im Betrieb verlangt und daß außerdem extrem große Speichermöglichkeiten gegeben sind, die Forderung begründet, daß sehr viele Ausgaben erforderlich sind und daß somit die Ausgabezeiten auf ein Mindestmaß beschränkt werden müssen. Dabei muß jedoch unbedingt die Tendenz sein, aus der elektronischen Datenverarbeitungsanlage keine Papierfabrik zu machen, sondern es sollen nur die entscheidenden und für eine Auswertung unbedingt erforderlichen Informationen ausgedruckt werden. Der Zeilendrucker muß vor allem dort eingesetzt werden, wo er unbedingt erforderlich ist, wie z. B. für die Fakturierung.

Als Extrakt zu der Bedeutung der Ein- und Ausgabeleistungen bei Datenverarbeitungsanlagen im allgemeinen kann gesagt werden, daß sie den funktionellen Aufbau und den Wirkungsgrad derartiger Anlagen entscheidend mitbestimmen.

#### 4.1 Die Eingabeleistungen

Das Hauptaugenmerk bei dem Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen ist darauf zu richten, daß Zahlen nur einmal eingegeben werden und daß deren integrierte Verarbeitung — d. h. die Verrechnung, Speicherung usw. nach den verschiedensten Gesichtspunkten — durch den logischen Ablauf einer Folge von vorgegebenen Programmschritten gesteuert wird. Nach wie vor ist jedoch die Art der Zahleneingabe das Kriterium. Dasselbe bezieht sich auf die Eingabe und Speicherung der Programmfolge selbst, da es keiner Bedienungskraft zugemutet werden kann, nach jedem Programmwechsel das neue Programm — das sich in der Regel aus einigen hundert Programmschriften zusammensetzt — über die Tastatur in den Rechner einzugeben. (Es muß dabei noch erwähnt werden, daß ebenfalls die Möglichkeit besteht, mehrere Programmfolgen gleichzeitig zu speichern, deren jeweiliger Einsatz lediglich durch Programm-Auswahltasten oder verschlüsselte Zahlen bestimmt wird.)

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit entfällt die Eingabe von Hand für diese Zwecke völlig. Die vorhandenen Tastaturen bei derartigen Anlagen sind lediglich zur Korrektur der Daten bzw. der Programmschritte vorgesehen bzw. ermöglichen ein vom Programm unabhängiges Abfragen der Speicher. Die Eingabe muß also mittels Informationsträger erfolgen, die mit großer Geschwindigkeit den Elektronenrechner in kürzester Zeit mit genügend Zahlenmaterial füttern. Als Informationsträger dieser Art werden hierfür verwendet

Lochkarten, Lochband und Magnetbänder.

Dabei ist festzustellen, daß sich bisher 80 bis 90 % aller Benutzer von Datenverarbeitungsanlagen für die Eingabe der Umsatzzahlen der Lochkarte bedienen. Durch die parallele Darstellung der Zahlen eignet sich die Lochkarte besonders gut für die Eingabe. Außerdem kann durch die Möglichkeit der Vorsortierung von Lochkarten die Kapazität an Speichern mit wahlfreiem Zugriff auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

Schwerpunkt bleibt bei der Lochkarte immer wieder die Aufbereitung, d. h. die Umwandlung der Urbelege in die von Maschinen lesbaren Lochzeichen, da sich das bisherige manuelle Aufbereiten der Daten, d. h. das Lochen der Lochkarten mit Hilfe von Hand- oder Motorblocklochern sowie das anschließende Prüfen derselben immer wieder als hemmender Faktor auswirkt. Der Begriff „Automatische Datenverarbeitung“ ist dadurch sehr in Frage gestellt.

Es wird deshalb in immer stärkerem Maße der „Nebenbeiaufbereitung“ der Belege Bedeutung zugemessen, indem bei ihrer etwa notwendigen ersten Erfassung gleichzeitig Informationsträger in Form von Lochkarten, Lochband oder Magnetbändern mittels Schreibmaschinen, Addiermaschinen und Buchungsautomaten mit gewonnen werden.

Die Vorteile der Lochkarte als Informationsträger für die Eingabe von Daten wurden bereits erwähnt. Es sei nur noch hinzuzufügen, daß mit ihr Eingabegeschwindigkeiten erreicht werden, von max. 800 Zeichen pro Sekunde oder 6000 bis 36 000 Lochkarten pro Stunde, wobei jedoch bei derartigen Geschwindigkeiten recht erhebliche Kosten durch den erforderlichen Zwischenspeicher in Kauf genommen werden müssen.

Während die Lochkarte im Hinblick auf die Sortierfähigkeit recht erhebliche Vorteile besitzt, ist ihre mangelhafte Flexibilität bei der Verwendung für die integrierte Datenverarbeitung ein wesentlicher Nachteil. Dieser Mangel an Flexibilität läßt sich bereits feststellen, wenn Bestandsführungen oder sonstige Fortschreibungen mittels Lochkarten durchgeführt werden sollen und tritt ganz besonders kraß zutage, bei komplizierten Planungsarbeiten mit einer Unmasse von Faktoren — wie dies z. B. bei der Produktions- und Kapazitätsplanung, Arbeitskräfte- und Materialplanung der Fall ist. Derartige integrierte Arbeitsabläufe lassen sich mit Lochkarten entweder überhaupt nicht oder nur mit erheblichem Aufwand an Material und Zeit durchführen. Diese Einschränkungen führten bei Datenverarbeitungsanlagen zwangsläufig zur Zuordnung externer Magnetbandspeicher.

Das Lochband ist materialmäßig der billigste Informationsträger für die Eingabe. Eine Rolle von 250 m Länge kostet etwa 1,50 DM und kann etwa 100 000 Zeichen aufnehmen. Verglichen zur Lochkarte wären dazu für die gleiche Menge Zeichen 1250 80stellige Lochkarten zum Werte von 10,— DM erforderlich. Außerdem nimmt das Lochband bedeutend weniger Raum für die Lagerung und Aufbewahrung im Archiv in Anspruch. Dafür liegt die Lesegeschwindigkeit beim Lochband am niedrigsten. Die optimale Leistung dürfte bei mechanischer Abführung des Lochbandes zwischen 20 bis 60 Zeichen pro Sekunde liegen, während bei photo-optischer Abtastung und kontinuierlichem Vorschub bereits wesentlich höhere Geschwindigkeiten erreicht werden. Für Datenverarbeitungsanlagen, die mit relativ niedriger Frequenz arbeiten, ist diese Leistung durchweg ausreichend. Denn selbst wenn nur 20 Zeichen pro Sekunde erkannt und eingegeben werden können, ergibt dies eine

Eingabegeschwindigkeit von 72 000 Zeichen pro Stunde, das sind 9000 8stellige Zahlen oder Worte pro Stunde. Legt man die Zahlen aus den Ausführungen über die Magnetbandkontenführung für Materialrechnungen zu Grunde, so kommen z. B. pro Materialentnahmeschein 4 Worte in Frage:

1. Artikel-Nr.	6stellig	1 Wort
2. Beleg-Hinweise	4stellig	1 Wort
3. Kostenart	4stellig	1 Wort
4. Kostenstelle	4stellig	1 Wort
5. Kostenträger	4stellig	1 Wort
6. Umsatz-Menge	8stellig	1 Wort

Es ergibt sich somit eine stündliche Eingabeleistung von 2250 Belegen pro Stunde, so daß die angenommen monatlich anfallenden 30 000 Belege dieses Betriebes in etwa 20 Stunden verarbeitet sind, d. h. der Wert des Material-Umsatzes wurde errechnet, die neuen Bestände pro Artikel auf dem dafür vorgesehenen Magnetband ermittelt und die Sortierung nach Bestandskonten der Finanzbuchhaltung und Planpositionen bzw. nach den Punkten 3 und 4 oder 3 und 5 auf dem Magnetrommel-Speicher vorgenommen.

Da auf 1 cm Lochband 4 Zeichen oder Ziffern eingestanzelt werden können, werden für 1 Beleg 8 cm und für 30 000 Belege 2400 m = 10 Bänder à 250 m Lochband benötigt. Das ergibt einen wertmäßigen Aufwand von 15,- DM gegenüber 240,- DM für 30 000 Lochkarten. Hinzu kommt der bereits erwähnte Vorteil der geringen Lagerfläche, die nur einen Bruchteil von dem beträgt, die sonst die in 15 Kartons zu je 2000 Stück untergebrachten Lochkarten benötigen. Bezüglich der Sortierfähigkeit sind die gleichen Einschränkungen zu machen wie beim Magnetband.

Bei einer Bearbeitungszeit von etwa 20 Stunden für 30 000 Belege könnte also die Datenverarbeitungsanlage in etwa 3 Schichten die gesamte Materialbuchhaltung des Betriebes bewältigen und die Anlage stünde die übrige Zeit des Monats für andere Zwecke, z. B. Brutto- und Nettolohnbuchhaltung, für Planung der Maschinenbelegung, Verkaufsabrechnung usw. zur Verfügung.

Welche Vorteile sich nun bei der Verwendung von Magnetbändern für die Eingabe von Daten in den Elektronenrechner ergeben, wurde bereits in dem Abschnitt über die Magnetband-Kontenführung erläutert. Das entscheidende Merkmal ist wohl die enorme Geschwindigkeit. Es werden damit Leistungen erreicht, die bei den bekannten Datenverarbeitungsanlagen allgemein zwischen 1000 bis 20 000 Zeichen pro Sekunde liegen. Rein theoretisch würde das einer Eingabemenge von ungefähr 900 000 80stelligen Lochkarten pro Stunde entsprechen.

Es ist verständlich, daß mit der Größe und Flexibilität einer Datenverarbeitungsanlage auch die Forderung nach höherer Eingabeleistung wächst. Denn je umfangreicher die Programme und damit je größer die Anzahl der Programmschritte sind, um so größer muß auch die Rechengeschwindigkeit sein, damit die zur Verarbeitung der Informationen erforderliche Zeit auf ein Mindestmaß zusammengedrückt und die Anlage für viele Arbeitsgebiete eingesetzt werden kann. Um jedoch beim Ablauf der Programme keine Stockungen eintreten zu lassen, müssen in der erforderlichen Zeit genügend Informationen zur Verarbeitung zur Verfügung stehen, womit also die Eingabeleistung im unmittelbaren Zusammenhang mit der Größe der Datenverarbeitungsanlage steht und ebenfalls erheblichen Einfluß auf die Preisgestaltung nimmt.

Da wir bei unseren Ausführungen immer die Anwendung derartiger Anlagen auf breiter Ebene betrachten, gehen wir von Rechnern mit geringerer Rechengeschwindigkeit und ebenfalls von geringerer Eingabeleistung und damit auch von wesentlich niedrigeren Anschaffungskosten aus. Selbst bei der niedrigsten Eingabeleistung von 1000 Zeichen pro Sekunde würde die als Beispiel unter 3. erwähnte Materialabrechnung von 15 000 Artikeln und monatlich 30 000 Belegen in etwa 6 Stunden verarbeitet werden, während für die tägliche Abrechnung die benötigten Zeiten bei etwa 1 Stunde liegen dürften. Dabei ist unter Verarbeitung bzw. Abrechnung zu verstehen:

- 1 Das Einlaufen des Material-Umsatzbandes
- 2 Das Einlaufen des Material-Bestandsbandes
- 3 Das Ausschuchen der Artikel, für die der Umsatz vorliegt
- 4 Das Zurücklaufen des Material-Bestandsbandes bis zur 1. Information des gefundenen Artikels
- 5 Multiplikation des Mengen-Umsatzes mit dem Verrechnungspreis zum Wert-Umsatz
- 6 Saldieren der Mengen- und Wertbestände mit dem Umsatz
- 7 Multiplikation des Mengen-Bestandes mit dem Verrechnungspreis zum neuen Wert-Bestand
- 8 Vergleichen der beiden ermittelten Wert-Bestände
- 9 Ausgeben des Wertumsatzes auf das Material-Umsatzband
- 10 Ausgeben der neuen Mengen- und Wert-Bestände auf das Material-Bestandsband durch Übersprechen der alten Bestände
- 11 Verteilen des Mengen- und Wertumsatzes nach den statistischen Gesichtspunkten auf dem Magnetrommel-Speicher entsprechend der zur Verfügung stehenden Speicherkapazität

Sehr wesentlich für die Erreichung von höheren Eingabeleistungen ist die Entscheidung, nach welchem Prinzip die Bandgeräte arbeiten sollen, d. h. ob beispielsweise nach jeder eingegebenen Information der Bandablauf gestoppt wird, um die Verarbeitung im Elektronenrechner vornehmen zu können, bevor die nächste Information eingegeben wird. Dies würde zwar einerseits die Gesamt-Anlage verbilligen, andererseits aber die Arbeitsgeschwindigkeit erheblich verringern, da durch die vielen Start-Stop-Lücken — die nach jeder Information auf dem Magnetband eingehalten werden müssen — ein bedeutend höherer Bedarf an Magnetbändern infolge der geringeren Kapazität an gespeicherten Worten entsteht, für den sich wiederum längere Bandlaufzeiten erforderlich machen.

Zweckmäßiger erscheint es deshalb, bereits auf dem Informationsträger eine größere Anzahl von Worten zu einem Wortblock zusammenzufassen und diesen auf einen Zwischenspeicher des Rechners zu geben. Die rechnerische Verarbeitung dieses Wortblocks kann dann von hier aus vorsichgehen. Durch die Bildung von Wortblöcken auf den Magnetbändern entstehen bedeutend weniger Start-Stop-Lücken und damit größere Eingabeleistungen, da der Platz auf dem Bandspeicher entsprechend mehr Informationen aufnehmen kann, wodurch die Bandlänge zusammengedrängt wird.

Wie bereits erwähnt, sind auch durch Bandspeichergeräte mit geringer Bandgeschwindigkeit sowie durch Elektronenrechner mit niedrigeren Frequenzen recht beachtliche Eingabeleistungen zu erzielen. Grundsätzliche Disproportionen können jedoch auch hier auftreten, und zwar durch die Aufbereitung der Urbelege, d. h. durch die erforderliche Umwandlung der maschinen- oder handschriftlich ausgefertigten Belege in Informationsträger, die von elektronischen Datenverarbeitungsanlagen gelesen und ausgewertet werden können.

Organisatorisch wäre es durchaus denkbar, diese Aufbereitung der Belege mit Kleinst-Registrierkassen bzw. Kleinst-Buchungsmaschinen dezentral durchzuführen, wobei gleichzeitig der Informationsträger mit erstellt werden müßte. D. h. also, daß die Werkstattschreiberinnen in den Meisterbereichen die Erfassung der Lohnscheine und die Kollegen im Materiallager die Erfassung der Wareneingangs- und Materialentnahmescheine mit Hilfe derartiger Kleinmaschinen vorzunehmen haben. Die Auswertung der Informationsträger kann dann in der Rechenzentrale des Betriebes mittels Datenverarbeitungsanlage erfolgen. Dabei ist jedoch die unter 3. bereits erwähnte Notwendigkeit zur Vorsortierung der Umsätze nach der Reihenfolge zu beachten, wie sie auf dem betreffenden Bestandsband gegeben ist, d. h. auf dem Band, das die zur Verrechnung der Umsätze erforderlichen konstanten Angaben — beispielsweise nach Artikel-Nummern oder nach Lohnempfängern geordnet — beinhaltet. Dies muß in dem Zusammenhange als das größte Kriterium angesehen werden, wenn man von der Verwendung der Lochkarte als Eingabe-Medium absieht. Man kann deshalb sagen, daß dem Magnetband einerseits wegen seiner großen Verarbeitungsgeschwindigkeiten und Flexibilität besondere Bedeutung zukommt bei der Eingabe arithmetisch geordneter Zahlen — wie dies z. B. bei der Magnetband-Kontenführung der Fall ist —, daß es aber andererseits für die Eingabe unsortierter Umsätze und deren Verrechnung mit arith-

metisch geordneten Konten gewissen Einschränkungen unterliegt. Aus diesem Grunde ist es allgemein bei den meisten Datenverarbeitungsanlagen zu einer Kombination von Magnetband und Lochkarte gekommen, indem die regellos anfallenden Umsätze mit Hilfe von sortierten Lochkarten eingegeben und mittels Magnetbändern verarbeitet und gespeichert werden. Sehr wesentlich würde zur Überwindung der Disproportionen zwischen Aufbereitung und Verarbeitung der Belege die Anwendung der automatischen Zeichenerkennung beitragen, die bereits in den USA und auch in anderen Ländern für die automatische Lesung der Urbelege angewandt wird.

Was ist unter der automatischen Zeichenerkennung für unser Anwendungsbeispiel aus der Arbeitsvorbereitung und Materialabrechnung zu verstehen?

Bereits bei der Ausstellung werden die konstanten Angaben (Auftrags-Nr., Auftrags-Menge bzw. Losgröße, Kontierungen, Maschinen-Gruppe, Lohngruppe, Materialart, Materialbedarf pro Stück usw.) — die für eine weitere Auswertung im Elektronenrechner vorgesehen sind — mittels ferrithaltiger Tinte auf die Belege aufgedruckt.

Dieser Magnetit-Aufdruck müßte zweckmäßigerweise im Industriebetrieb bereits bei der Ausfertigung der Arbeitsbegleitpapiere in der Arbeitsvorbereitung erfolgen, womit bereits der größte Anteil aller abzurechnenden Belege — nämlich die Lohn- und Materialentnahmescheine — erfaßt werden könnte. Es müßten dann lediglich noch die variablen Angaben (Gutstück, Arbeiter-Nr., Stamm-Kostenstelle, Bezeichnung des Ausweichmaterials, tatsächlich entnommene Menge usw.) — nach der Durchführung des Arbeitsganges bzw. nach der Ausgabe des Materials — durch die Werkstattschreiberin bzw. durch den Material-Ausgeber mittels kleiner Magnet-schrift-Drucker hinzugefügt werden.

Das Ziel bei der automatischen Zeichenerkennung auf magnetischer Basis ist es, die Belege nicht mit codierten Schriftzeichen — wie z. B. beim Magnetband — zu versehen, sondern die Belege so zu beschriften, daß sie auch von jedermann ohne weiteres lesbar sind. Damit würde der Druck mit den magnetischen Impulsen übereinstimmen und Doppelarbeiten — wie wir sie z. B. von der Verbund-Lochkarte her kennen, wo die gedruckten bzw. geschriebenen Angaben nochmals gelocht werden müssen — könnten entfallen.

Es hat sich in bezug auf die Schriftart in einigen Ländern das ERMA-Verfahren mit der Analogie-Schrift E13B durchgesetzt. Diese Schrift — die trotz einiger Abweichungen von der normalen Druckschrift noch ohne weiteres lesbar ist — bietet bei optimalem Aufwand ein hohes Maß an Sicherheit bei der Verarbeitung im Hinblick auf die Erkennung. Die so beschrifteten und jederzeit auch optisch lesbaren Belege gelangen zur Abrechnungs-Zentrale des Betriebes. Hier wird zunächst mit Hilfe von Sortiermaschinen für elektro-magnetisch beschriftete Belege die Sortierung — ähnlich wie beim Lochkartenverfahren — vorgenommen. Dabei wurde in der einschlägigen Fachpresse wiederholt auf den Vorteil aufmerksam gemacht, daß auch Belege einwandfrei sortiert werden, die

- a) unterschiedliches Format haben und
- b) Beschädigungen und starken Verschmutzungen unterliegen.

Der Aufdruck automatisch erkennbarer Schriftzeichen bereits auf den Belegen birgt gegenüber anderen Informationsträgern — wie z. B. Lochband und Magnetband — durch die mögliche Vorsortierung den Vorteil in sich, daß eine größere Flexibilität in der Anwendung elektronischer Datenverarbeitungsanlagen erreicht wird und die Kapazität an teureren Speichern mit wahlfreiem Zugriff auf ein Mindestmaß beschränkt werden kann. Dabei ist das charakteristischste Merkmal an der automatischen Zeichenerkennung, daß alle magnetischen Schriftzeichen zugleich visuell lesbar sind. Außerdem würden — wie bereits erwähnt — die Disproportionen zwischen Aufbereitung und Verarbeitung der Belege weitestgehend eingeeignet.

## 4.2 Die Ausgabeleistungen

Der Ausgabeleistung bei elektronischen Datenverarbeitungsanlagen kommt mindestens die gleiche Bedeutung zu wie der Eingabeleistung. Die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten derartiger Anlagen bedingen für die Sichtbarmachung der vielen elektronisch ermittelten Speicher- und Rechenergebnisse für die verschiedensten Teilgebiete der Verwaltungsarbeit bestimmte Ausgabeleistungen und damit auch bestimmte Arbeitsgeschwindigkeiten der Druckvorrichtungen. Hinzu kommt, daß durch die großen Speicherkapazitäten — besonders bei Bandspeichern und Magnetrommel-Speichern — die Datenverarbeitungsanlagen in sich schon derartige Forderungen in bezug auf die Ausgabe tragen. Dabei gibt es für die Hochleistungsdrucker der Elektronenrechenanlagen zwei verschiedene Methoden, mit denen die Steuerung des Druckes vorgenommen wird. Die einfachere und damit billigere Methode ist das direkte Drucken vom Rechner aus. Bei dieser direkten Ausgabe der errechneten und gespeicherten Zahlen wird im Augenblick der Ausgabe der Rechner für andere Arbeiten gesperrt, d. h., es ist bei der Art und Größe derartiger Anlagen nicht möglich, mehrere verschiedenartige Programme unabhängig voneinander gleichzeitig ablaufen zu lassen.

Die Schreibleistungen beim direkten Ausdrucken vom Rechner liegen zwischen 9000 und 60 000 Zeilen pro Stunde.

Wesentlich teurer und daher meist nur bei größeren Elektronenrechenanlagen angewandt, ist die Methode der indirekten Ausgabe über Lochkarten oder Magnetband. Bei derartigen Anlagen ist es möglich, mehrere Programme parallel ablaufen zu lassen, ohne daß eine gegenseitige Behinderung erfolgt.

Die Druckleistungen reichen von 30 000 bis neuerdings 180 000 Zeilen pro Stunde, wobei diese letztgenannten Höchstleistungen im xerographischen Verfahren erreicht wurden.

Unabhängig von der Art der Steuerung betragen die Schreibstellen pro Zeile im allgemeinen 60, 120 und 130 Stellen.

Wir hatten uns bei unseren bisherigen Betrachtungen davon leiten lassen, daß elektronische Datenverarbeitungsanlagen für den Einsatz in der Verwaltung preisgünstig gestaltet werden müssen, um sie auf breiter Ebene in unserer Wirtschaft einsetzen zu können und daß dies auf Kosten technischer Höchstleistungen in bezug auf Geschwindigkeit usw. geht. Wenn für derartige Anlagen Zeilendrucker mit 60 oder 120 Schreibstellen und einer Druckleistung von 2 Zeilen pro Sekunde bei direkter Ausgabe vom Rechner vorgesehen würden, so könnte damit bereits bei entsprechender Rechengeschwindigkeit und Speicherkapazität eine recht günstige Ausgabeleistung erreicht werden. Es könnten z. B. — rein theoretisch gesehen — die Arbeitspapiere für 5000 Teile (pro Teil im Durchschnitt 33 Zeilen) in etwa 23 Stunden nach dem unter Abschnitt 3.1 gezeigten Muster ausgedruckt werden.

Die rund 15 000 Artikel umfassende Materialbuchhaltung — die ebenfalls auf Magnetband gespeichert ist — könnte in etwa 2 Stunden tabelliert werden. Pro Artikel würde 1 Zeile mit folgenden Angaben benötigt:

Spalten-Angaben →	Artikel-Nr.	Best.-Kto.	Mengen-einheit	Vorrats-Norm	Lager-Nr.	Verrechnungs-Preis	Lagerbestand-Menge/Wert	Dispo-Bestand-Menge
Stellen-Anzahl	6	2	1	6	2	6	12	12
= insgesamt 59 Druckstellen								

Die in diesen Ausführungen erwähnten 1500 Speicherplätze auf der Magnetrommel könnten nach jedem Sortiergang in etwa 12 bis 13 Minuten mit Hilfe des Zeilendruckers tabelliert werden.

Dabei muß es beim Drucken möglich sein, auf Wunsch nur bestimmte Speicherplätze bzw. eine bestimmte Reihenfolge von Speicherplätzen des Band- oder Trommel-Speichers zu tabellieren.

Besondere Bedeutung muß auch der Funktion des Format-Tabulators an der Druckvorrichtung beigemessen werden, damit auch Vordrucke in verschiedenen Formaten beschriftet werden können. Der jeweils erforderliche Zeilenvorschub muß durch programmierte Befehle erfolgen. Dies erscheint besonders notwendig, wenn wir an das Beschriften der Arbeitspapiere für die Arbeitsvorbereitung denken, wo bereits die Auftrags-, Arbeitsbegleit- und Terminkarten — bedingt durch die unterschiedliche Anzahl der Arbeitsgänge pro Teil — unterschiedliche Formate haben. Auch das Beschriften der Material- und Lohnscheine muß bei Benutzung des Zeilendruckers für die Ausstellung der Arbeitsunterlagen formatmäßig berücksichtigt werden.

In Verbindung mit der Ausgabeleistung ist auch die Adressenrechnung von außerordentlicher Wichtigkeit für die organisatorische Nutzenanwendung von Speichern mit wahlfreiem Zugriff, wie z. B. von Magnettrommelspeichern.

Wir hatten bereits bei der Beschreibung der nach dem Koordinaten-System angeordneten Speicherplätze auf der Magnettrommel darauf hingewiesen, daß jeder Speicherplatz eine numerische Adresse besitzt, die beispielsweise bei einer Anzahl von 2000 Speicherplätzen von 0 bis 1999 reichen würde. Es wurde deshalb aus Gründen der technischen Vereinfachung die Forderung gestellt, daß die verschiedenen Kontierungsbegriffe oder Sortiermerkmale, wie z. B. Kostenarten, Kostenstellen und Kostenträger usw., in eine fortlaufende Nummernfolge umgeschlüsselt werden. Diese Nummern sollten den bisherigen Kontierungen angehängt und auf die jeweiligen Informationsträger (Magnetband) übernommen werden, um in möglichst einfacher Weise die Verteilung der Zahlen auf der Magnettrommel und die Zuordnung der Speicherplätze durchführen zu können. Bei der Ausgabe der Zahlenwerte von der Trommel

muß nun von organisatorischer Seite unbedingt die Forderung gestellt werden, daß die numerischen Adressen der Magnettrommel zwar mit ausgedruckt werden können, daß aber gleichzeitig die Umrechnung und der Abdruck der tatsächlichen Kontierungsbegriffe oder der sonstigen statistischen Bezeichnung — wie sie im betreffenden Betrieb eingeführt sind — erfolgt, um nicht mit verschlüsselten Zahlen und Ergebnissen arbeiten zu müssen. Dies könnte z. B. in der relativ einfachen Weise geschehen, daß die echten Kontierungsmerkmale auf bestimmten Speicherplätzen der Magnettrommel gespeichert und durch eine programmierte Adressenrechnung parallel zur numerischen Adresse mit ausgegeben werden.

Abschließend soll nochmals betont werden, daß bei der Festlegung bestimmter Leistungsziffern für die Ein- und Ausgabe das Gesamt-Leistungsvermögen der betreffenden Datenverarbeitungsanlage sowie die voraussichtlichen Einsatzgebiete im Zusammenhang betrachtet werden müssen. Nur das harmonische Zusammenspiel aller Faktoren ermöglicht die Bestimmung des bestmöglichen Wirkungsgrades.

Diese Ausführungen lassen erkennen, daß bei der Anwendung der Elektronik für die Automatisierung der Verwaltungsarbeit allein schon für die Teilgebiete

#### Magnetband-Kontenführung und Ein- und Ausgabeleistung

ein sehr umfangreicher und bis in die kleinsten Details gehender Fragenkomplex zu klären ist. Die Bewältigung dieser vor uns stehenden Aufgaben kann keinesfalls durch einzelne Personen erfolgen, sondern muß auf einen möglichst breiten Mitarbeiterstab verlagert werden. Hierfür gewisse Voraussetzungen zu schaffen, sollte Aufgabe dieses Kolloquiums sein.

NTB 491



Wir beraten Sie gern.  
Fordern Sie noch heute den  
Registrierkassen-Katalog  
des VEB Secura-Werke an.

### Umsatzsteigerung durch eine Registrierkasse?

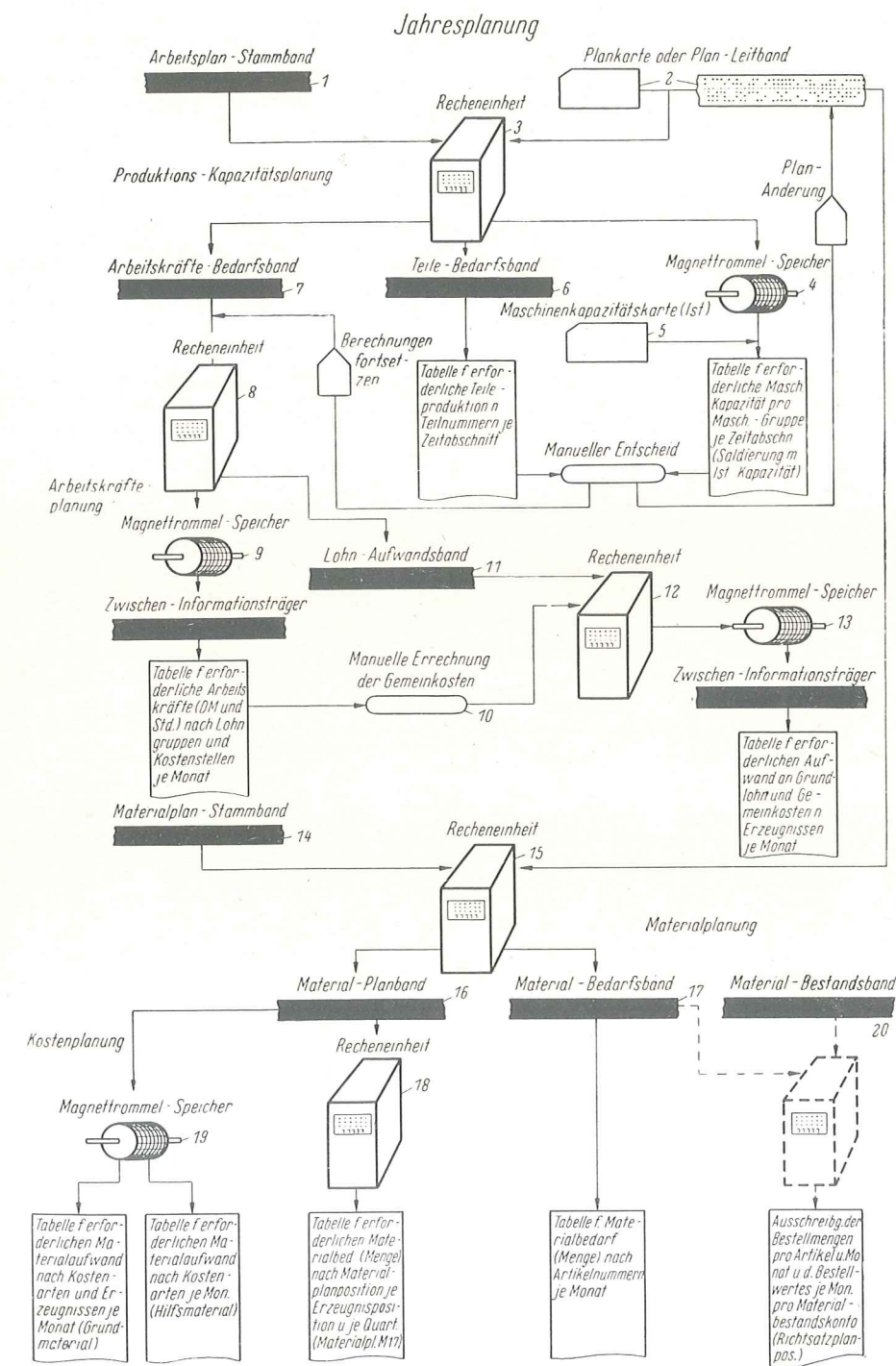
Tausende von Beispielen haben in Jahrzehnten bewiesen, daß diese Frage eigentlich schon längst beantwortet ist. Immer wieder stellen Geschäftsinhaber nach Einsatz einer Registrierkasse fest: der Umsatz steigt, mehr Kunden sind bedient worden. Durch die schnelle Bedienungsmöglichkeit und hohe Automatik der Registrierkasse wird der Vorgang des Kassierens nicht mehr zu einer zeitraubenden Angelegenheit. Der Verkäufer gewinnt mehr Zeit für die reine Kundenbedienung und erhöht zwangsläufig seine Arbeitsproduktivität. Tatsachen — die einige Gedanken lohnen und die jeder Geschäftsinhaber bedenken sollte.



VEB SECURA - WERKE BERLIN N 4

### Organisationsbeispiel für integrierte Datenverarbeitung

- Jahresplanung**
- 1) Inhalt des Arbeitsplan-Stammbandes (Magnetband)
- a) Angaben je Teil
  - Teile-Nummer
  - Erzeugnisnummer  $x_i$
  - Teile-Stückzahl je Erzeugniseinheit
  - Teile-Vorlaufzeit (Fertigstellung vor Endtermin des Erzeugn.)
- b) Angaben je Teil und Arbeitsgang
- Arbeitsgangnummer
  - Arbeitsgang-Vorlaufzeit (bezogen auf Teilvorlaufzeit)
  - Maschinengruppe
  - Ausführende Kostenstelle
  - Kostenart des Lohnes
  - Mehrmaschinenbedienung
  - Lohnpolitischer Zuschlag
- Arbeitsgangnummer usw.
- 2) Inhalt des Planleitbandes oder der Planleitkarte
- Zeitabschnitt (Monat)
  - Angaben je Erzeugnis
  - Erzeugnis-Planposition
- Erzeugnis-Planposition usw.
- 3) Errechnung der pro Teil und Termin benötigten Stückzahlen sowie der  $t_N$ -Zeiten nach Maschinengruppen und Lohngruppen pro Arbeitsgang.
- 4) Sortierung und Speicherung der  $t_N$ -Zeiten nach Maschinengruppen und Terminen bzw. Plan-Abschnitten.
- 5) Durch Saldierung der erforderlichen Maschinenkapazität zu den einzelnen Terminen mit der vorhandenen Maschinenkapazität-Ermittlung der Über- oder Unterdeckung (Berücksichtigung der durchschnittlichen Norm-Übererfüllung pro Maschinengruppe).
- 6) Inhalt des Teile-Bedarfsbandes (Magnetband)
- a) Angaben je Teil
  - Teilnummer
  - Wirtschaftliche Losgröße
  - Teile-Bedarf im Zeitabschnitt 1
  - ...
  - Teile-Bedarf im Zeitabschnitt n
  - b) Angaben je Teil und Erzeugnis
  - Erzeugnisnummer
  - Teile-Vorlaufzeit
  - Erzeugnis-Stückzahl im Zeitabschnitt 1
  - ...
  - Teile-Stückzahl im Zeitabschnitt n
  - Erzeugnisnummer usw.
- 7) Inhalt des Arbeitskräfte-Bedarfsbandes (Magnetband)
- Angaben je Erzeugnis und Arbeitsgang
  - Erzeugnisnummer
  - Ausführende Kostenstelle (Arbeitsgang 1)





# Die Anwendung von Rechteckferriten in Schiebelineien und Matrixspeichern sowie Meßverfahren zur Bestimmung ihrer Kennwerte

Ing. G. EBERT, KDT, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

Der Bau elektronischer Rechenanlagen für die Automatisierung geistiger Routinearbeit in den Betrieben und Verwaltungen unserer Wirtschaft, die zu einer entscheidenden Senkung der Anzahl der dort Beschäftigten führen wird, ist eine wichtige Aufgabe unserer Volkswirtschaft. Wesentliche Baustufen moderner elektronischer Rechenanlagen sind Matrixspeicher und Verschiebelinien, die sich durch Einsatz von Rechteckferriten bereits hervorragend bewährt haben. Rechteckferritkerne sind billige Massenartikel, bei denen die Gesamtkosten zum wesentlichen Teil durch die Prüfkosten bestimmt werden. Es wird ein Überblick vom dem derzeitigen Stand der Meßtechnik sowie Anwendungen in Schiebelineien und Matrixspeichern gegeben.

## 1 Messung von Rechteckferritkernen

### 1.1 Gütekriterien für Rechteckferritkerne

Eine Analyse der heute bekannten, für den Einsatz in elektronischen Rechenmaschinen geeigneten Schaltungen, die mit Rechteckferritkernen arbeiten, ergibt im Hinblick auf die vorzunehmende Kernprüfung eine Einteilung in Magnetverstärker-, Schalter- und Speicherkerne.

Bei Magnetverstärkern liegt im allgemeinen sinusförmige oder annähernd sinusförmige Magnetisierung vor, so daß zur Prüfung der Kerne Wechselstrommeßverfahren bei höherer Frequenz geeignet sein werden. Schalter- und Speicherkerne unterliegen Impulsbelastungen. An Hand der in Bild 1 gezeigten idealisierten Hystereseschleifen von Schalter- bzw. Speicherkerne soll die grundsätzliche Arbeitsweise erklärt und aus ihr die Prüfkriterien bestimmt werden.

In beiden Anwendungsgebieten wird dem positiven Remanenzpunkt der Wert „1“, dem negativen Remanenzpunkt der Wert „0“ zugeordnet. Das Schalten des Kernes in den positiven Remanenzpunkt wird mit „Schreiben“, der umgekehrte Vorgang mit „Lesen“ bezeichnet.

#### Schalterkerne:

Der Kern befindet sich im Zustand 0. Durch einen die Koerzitivkraft übersteigenden positiven Stromimpuls kann der Kern in den positiven Sättigungszustand ge-

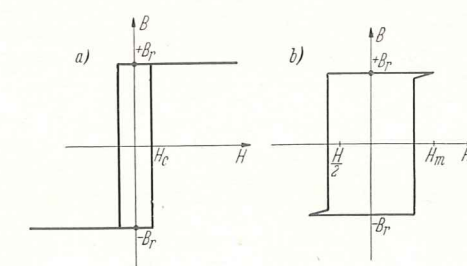


Bild 1. a) Idealierte Hystereseschleife eines Schalterkerns b) Idealierte Hystereseschleife eines Speicherkerne

bracht werden. Beim Abschalten des Impulses kehrt der Kern nicht zum Punkt 0, sondern zum Punkt 1 zurück. Ein weiterer positiver Impuls soll im Kern keinen Flußwechsel verursachen. Während der Zeit, in der der Kern seinen Fluß ändert, wird in der Wicklung 2 (Bild 2) eine Spannung induziert, die zur Energieübertragung vom Impulsgenerator auf einen Verbraucher R benutzt werden kann. Da das Kernmaterial keineswegs eine wie in Bild 1 gezeigte Hystereseschleife besitzt, wird auch beim Lesen einer „0“ in der Ausgangswicklung eine Spannung induziert. Setzt man diese Spannung ins Verhältnis zu der beim Lesen einer 1 induzierten Spannung, so erhält man als Gütekriterium das Nutz-Störspannungsverhältnis des Kernes. Dieses Verhältnis steht in direktem Zusammenhang mit dem Verhältnis von remanenter zu maximaler Induktion (kurz als  $B_r/B_m$ -Verhältnis bezeichnet). Der Zusammenhang ist aus folgender kurzer Rechnung zu sehen. Bei linearem Flußwechsel gilt:

$$\frac{uV_1}{uV_2} = \frac{N \cdot q \cdot \frac{B_m (1 + \frac{B_r}{B_m})}{T_1}}{N \cdot q \cdot \frac{B_m (1 - \frac{B_r}{B_m})}{T_0}} \quad (1)$$

$$\frac{uV_1}{uV_2} = \frac{1 + \frac{B_r}{B_m}}{1 - \frac{B_r}{B_m}} \cdot \frac{T_0}{T_1}$$

Das wichtigste Kennzeichen eines Schalterkerns ist, daß die zur Ummagnetisierung benutzte Feldstärke eine die Koerzitivkraft wesentlich übersteigende Amplitude besitzt. Die durchgeführte Hystereseschleife entspricht praktisch der äußeren Grenzschleife. Damit die zur Ummagnetisierung benötigten Durchflutungen möglichst klein sind, ist eine niedrige Koerzitivkraft der Materialien erstrebenswert. Diese Koerzitivkraft ist daher das zweite Gütekriterium. Die dritte zur Dimensionierung von Baustufen benötigte Größe ist die Schaltzeit des Kernes. Es ist dies die Zeit, die der Kern zum Schalten vom Zustand 0 in den Zustand 1 benötigt.

#### Speicherkerne:

Die zum Umschalten des Kernes benötigte Feldstärkeamplitude ist nur wenig größer als die Koerzitivkraft und setzt sich normalerweise aus zwei koinzidenten Halbimpulsen zusammen. Zur Charakterisierung der

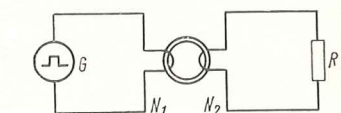


Bild 2. Energieübertragung durch Schalterkern

Schleife, wird das Rechteckigkeitsverhältnis benutzt (Bild 1b). Es ist als das Verhältnis der Induktion bei halber negativer Aussteuerung zur Maximalinduktion bei positiver Aussteuerung definiert.

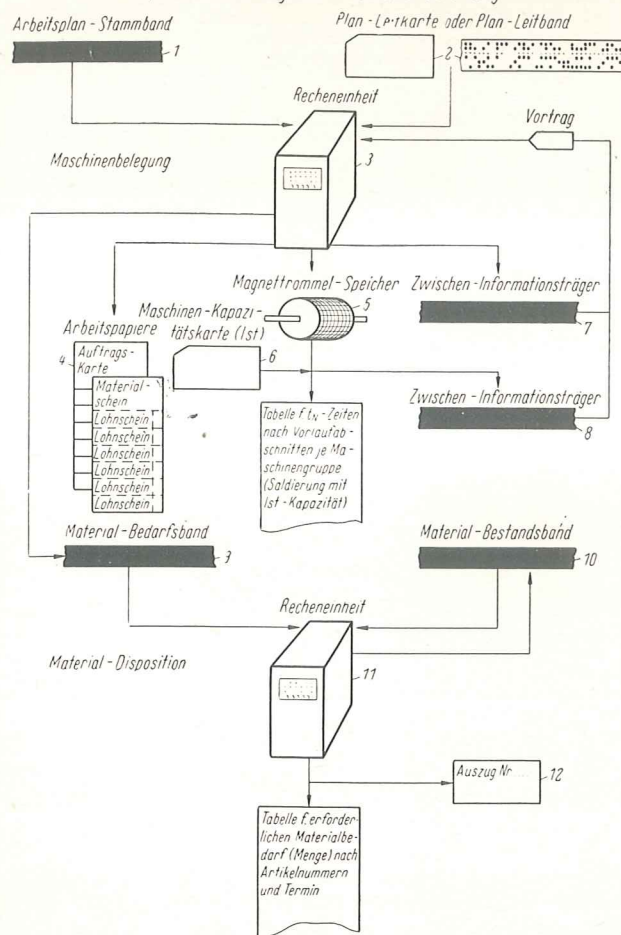
$$R_s = \frac{B(-\frac{H}{2})}{B(+H)} R_s < 1$$

Da sich die beste Rechteckform der Hystereseschleife bei Ferritkernen nicht bei einer Aussteuerung, die zu einer tatsächlichen Sättigung des Materials führt, sondern bei einem sehr viel niedrigerem Wert ergibt, ist das Rechteckigkeitsverhältnis von der anliegenden Feldstärke abhängig. Neben dem optimalen Wert der Feldstärke, der möglichst niedrig liegen sollte, interessiert auch bei diesen Kernen die Umschaltzeit. Das optimale Rechteckigkeitsverhältnis kann auch hier wieder auf entsprechende Spannungsänderungen bei impulsförmiger Magnetisierung zurückgeführt werden. Hierauf wird später eingegangen.

### 1.2 Meßverfahren zur Bestimmung der Eigenschaften

Wie in Punkt 1.1 schon angedeutet wurde, können Ferritkerne sowohl mit kontinuierlichen als auch mit sprunghaften Feldstärkeänderungen geschaltet wer-

## Operativ-Planung und Arbeitsvorbereitung



- 5) Sortierung und Speicherung der  $t_N$ -Zeiten nach Maschinengruppen und Vorlaufabschnitten.
- 6) Durch Saldierung der erforderlichen Maschinenkapazität mit der vorhandenen Maschinenkapazität in den einzelnen Vorlaufabschnitten Ermittlung der Über- oder Unterdeckung unter Berücksichtigung der Normübererfüllung.
- 7) Auf diesen Zwischen-Informationsträger werden die Werte der Arbeitsgänge je Teil gespeichert, die außerhalb der auf der Magnettrommel speicherbaren Vorlaufabschnitte liegen. (Magnetband)
- 8) Nach Abschluß der Arbeiten für einen Vorlaufabschnitt werden die auf der Magnettrommel gespeicherten Werte auf diesen Zwischen-Informationsträger übernommen. Vor Beginn des nächsten Arbeitsabschnittes sind diese Werte als Vortrag in den Speicher einzugeben, Magnetband.
- 9) Inhalt des Material-Bedarfsbandes (Magnetband)  
Angaben je Artikel  

Artikelnummer	Menge
Auftragsnummer	Vorlaufabschnitt
- 10) Inhalt des Material-Bestandes (Magnetband)  
Angaben je Artikel  

Artikelnummer	Mengeneinheit
Nächste Auszugsnummer	Verrechnungspreis
Planposition	Umsatz-Fortschreibung (Abgang)
Bestandskonto der Finanzbuchhaltung	Lagerbestand Menge
Lagernummer	Lagerbestand Wert
Vorratsnorm	Dispositionsbestand Menge
(Richtsatzplan-Bestand)	
- 11) Verrechnung des Material-Bedarfes mit den Dispositions-Beständen auf dem Material-Bestandsband.
- 12) Für jeden bewegten Artikel wird für den Material-Disponenten ein Auszug angefertigt, mit mindestens folgenden Angaben:  

Artikelnummer	Vorlaufabschnitt
Auszugsnummer	Auftragsmenge
Auftragsnummer	Dispositionsbestand

OHNE  
**Kolibri**  
REISE  
ICH  
NIE

Sie ist  
**die**  
Reiseschreib-  
Maschine

**GROMA**

VEB GROMA BÜROMASCHINEN Markersdorf (Chemnitzal)



den. Meßverfahren, die auf diesen beiden Möglichkeiten der Feldstärkeänderung aufbauen, unterscheiden sich wesentlich in ihrer Aussagefähigkeit über das anwendungsseitige Verhalten von Schalt- und Speicherkernen. Es werden deshalb beide Verfahren behandelt.

### 1.21 Meßverfahren mit kontinuierlicher Feldstärkeänderung

Diese Verfahren haben den Vorteil, daß sich kontinuierlich, etwa sinusförmig, verlaufende Ströme auch bei höheren Frequenzen und Feldstärken relativ leicht erzeugen lassen. Es besteht bei derartigen Strömen außerdem ohne Schwierigkeit die Möglichkeit, den zum Schalten des Kerns benötigten Strom auf einen so hohen Wert zu transformieren, daß er dem Kern über eine Windung zugeführt werden kann und damit auf die mühsame Bewicklung der oft recht kleinen Prüflinge verzichtet werden kann. Ein Nachteil der Messung mit kontinuierlicher Feldstärkeänderung ist, daß über das Impulsverhalten des Kerns schwer Aussagen gemacht werden können.

### 1.211 Dynamische Aufzeichnung der Hystereseschleife

Die Meßanordnung arbeitet nach dem bekannten Prinzip (Bild 3). Der den Primärstrom veränderlicher Frequenz erzeugende Generator ist so zu dimensionieren, daß in die Wicklung  $N_1$  stromkonstant eingespeist werden kann. Betrachtet man den Flußwechsel im Kern als annähernd linear, so kann der Kern während der Schaltzeit durch einen konstanten ohmschen Wider-

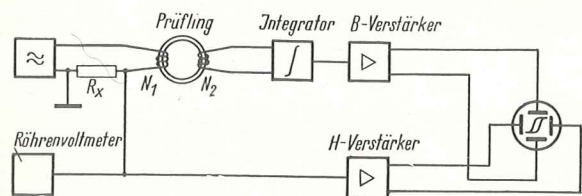


Bild 3. Meßprinzip zur dynamischen Hystereseschleifen-aufzeichnung

stand ersetzt werden. Seine Größe erhält man bei obiger Annahme durch Gleichsetzen der beim Umschalten im Kern verbrauchten Energie mit der in gleicher Zeit in einem Widerstand  $R$  verbrauchten Energie.

$$J^2 \cdot R \cdot T = \int_0^T u \cdot i \cdot dt = q \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

$$J^2 \cdot R \cdot T = \int_0^T N \cdot i \cdot q \cdot \frac{dB}{dt} \cdot dt$$

$$J^2 \cdot R \cdot T = N \cdot J \cdot q \cdot (Br + Bm)$$

$$R = \frac{N \cdot q \cdot (Br + Bm)}{J \cdot T}$$

$$\text{mit } H = \frac{J \cdot N}{l}$$

$$R = \frac{N^2 \cdot q \cdot (Br + Bm)}{H \cdot l \cdot T} \quad (2)$$

Der gesamte, auf die Ausgangswicklung des Generators übersetzte Innenwiderstand muß mindestens betragen

$$R_i' = (10 \dots 20) \cdot R$$

Der Innenwiderstand kann durch den Widerstand  $R_x$  erhöht werden. Der Spannungsabfall an diesem Widerstand wird zur Strommessung bzw. Feldstärkebestimmung benutzt. Aus der in der Sekundärwicklung  $N_2$  induzierten Spannung kann durch Integration die Maximalinduktion  $B_{max}$  ermittelt werden. Hierzu

kann ein RC-Glied (Bild 4a) für das  $R \gg \frac{1}{\omega C}$  gilt oder eine der vielen unter dem Namen Millerintegrator bekannt gewordenen Schaltungen, etwa die im Bild 4b gezeigte, verwendet werden.

Für einen RC-Integrator gilt:

$$U_c = \frac{1}{C} \int i dt$$

mit  $i = \frac{U_E}{R}$ , da  $R \gg \frac{1}{\omega C}$  gilt

$$U_c = \frac{1}{RC} \int U_E dt$$

$$U_c = \frac{N}{R \cdot C} \int d\Phi$$

$$U_c = \frac{N \cdot \Phi}{RC}$$

$$B = \frac{U_c \cdot C \cdot R}{N \cdot q} \quad (3)$$

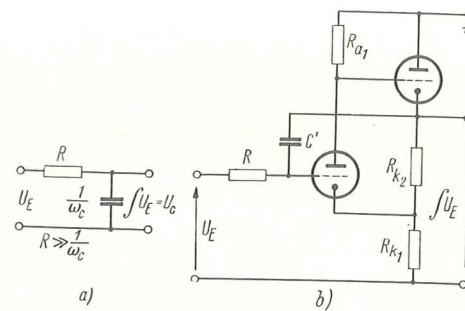


Bild 4. Integrationschaltungen

Die H- bzw. B-proportionalen Spannungen werden über hochwertige Verstärker den Ablenkplatten eines Oszillographen zugeführt. Durch entsprechende Dimensionierung des B-Verstärkers kann bei diesem Verfahren auch die Sekundärwindungszahl  $N_2$  des Kerns bis auf eine Windung reduziert werden.

Die in Bild 5 und Bild 6 gezeigten typischen Hystereseschleifen je eines Schalter- und Speicherkerns wurden mit einer derartigen Anordnung aufgenommen.

Aus der auf dem Oszillographen abgebildeten Hystereseschleife können die Werte für  $Br/Bm$ ,  $R_s$ ,  $H_c$  ohne Kenntnis der Verstärkungsfaktoren der vorgeschalteten Verstärker  $B_m$  bei Kenntnis dieses Wertes, abgelesen werden.

In den Bildern 7 bis 9 sind einige, mit dieser Anordnung gemessene Werte als Funktion der Feldstärke dargestellt. Es zeigt

Bild 7  $R_s = f(H_{max})$ ;  $Br/Bm = f(H_{max})$

Bild 8  $B_m = f(H_{max})$ ;  $H_c = f(H_{max})$

Bild 9  $R_s = f(H_{max})$

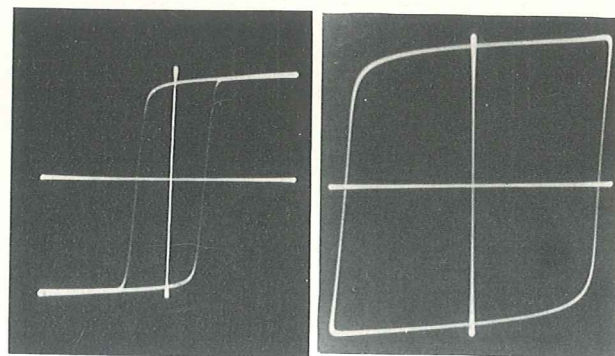


Bild 5. Oszillographisch aufgenommene Hystereseschleife eines Schalterkerns der Type Hescho 5 mm

Bild 6. Oszillographisch aufgenommene Hystereseschleife eines Speicherkerns der Type Valvo 2 mm (6D3)

Neben anderen Messungen kann mit diesem Verfahren auch die Temperaturabhängigkeit einzelner Parameter bestimmt werden. Bild 10 und Bild 11 zeigen das Rechteckigkeitsverhältnis von 2 Kernen als Funktion der Feldstärke bei verschiedenen Temperaturen. In Bild 12 ist nochmals  $R_s$ , bezogen auf  $45^\circ C$ , dargestellt. Diese Messungen zeigen, daß sich der Maximalwert

des Rechteckigkeitsverhältnisses bei steigender Temperatur nach kleineren Feldstärkewerten verlagert und das Maximum dabei ständig kleiner wird.

### 1.212 Messung der $\frac{dB}{dH}$ -Kurve

Die in der Wicklung  $N_2$  des Prüflings induzierte Spannung kann auch ohne die in Bild 3 gezeigte Integrationsstufe ausgewertet werden. Benutzt man zur Horizontalablenkung wieder eine dem Feldstrom proportionale Spannung, so wird auf der Braunschen Röhre der 1. Ableitung der Hysteresekurve dargestellt

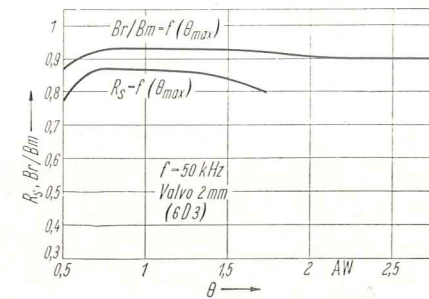


Bild 7.  $Br/B_m$  und Rechteckigkeitsverhältnis als Funktion der Feldstärke

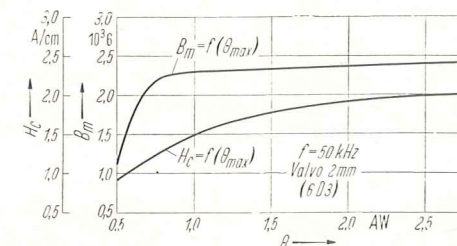


Bild 8. Koerzitivkraft und Induktion als Funktion der Feldstärke

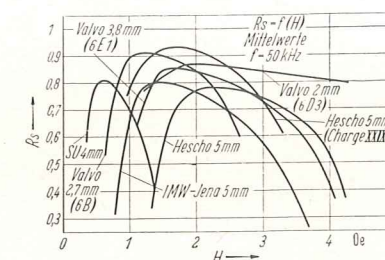


Bild 9. Rechteckigkeitsverhältnis verschiedener Kerne als Funktion der Feldstärke

(Bild 13). Die beiden Spitzen der  $\frac{dB}{dH}$ -Kurve haben einen Abstand zueinander, der der doppelten Koerzitivkraft entspricht. Die Koerzitivkraft kann aus dem Verhältnis  $\frac{a}{b}$  (siehe Bild 13) berechnet werden.

$$H_c = \frac{a}{b} \cdot H_{max} \quad (4)$$

Da die Messung des Verhältnisses  $\frac{a}{b}$  nicht sehr genau möglich ist, wurde versucht, zur Horizontalablenkung eine gegenüber dem Erregerstrom phasenverschobene Spannung zu benutzen. Hierdurch verändern die Spannungsspitzen ihre Lage zueinander. Bringt man beide Spitzen zur Deckung, so kann bei bekanntem Phasenwinkel die Koerzitivkraft berechnet werden. Da der Phasenwinkel von der Meßfrequenz abhängig ist, muß für jede Meßfrequenz eine Eichkurve aufgenommen werden.

Das  $R_s$ - und  $\frac{dB}{dH}$ -Verhältnis kann aus der  $\frac{dB}{dH}$ -Kurve nicht bestimmt werden. Durch Messung der Spannungen bei halbem Strom  $J$  und ganzem Strom  $J$  kann man jedoch eine Abschätzung des Nutz-Stör-Spannungsverhältnisses bei Koinzidenzbetrieb vornehmen. Für einen Kern der Firma Valvo Typ 6D3 wurde nach Bild 13 ein Wert von 12 : 1 gemessen.

### 1.22 Meßverfahren mit sprunghaftigen Feldstärkeänderungen

Den bisher beschriebenen Meßmethoden haftet der Nachteil an, daß die aus der Hystereseschleife ermittelten Werte nur indirekte Aussagen über das Impulsverhalten des Kerns machen. Es ist zwar möglich, aus dem  $Br/B_m$ - bzw.  $R_s$ -Verhältnis Aussagen über Nutz-Störspannungsverhältnis (siehe Formel [1]) zu machen, betrachtet man aber zum Beispiel den Zusammenhang zwischen  $Br/B_m$ -Verhältnis und Nutzstörspannungsverhältnis im Intervall  $0,8 < Br/B_m < 1$ , so erkennt man, daß zwischen den beiden Kurven kein linearer Zusammenhang besteht (Bild 14).

Bild 10. Rechteckigkeitsverhältnis als Funktion der Feldstärke  $p =$  Temperatur

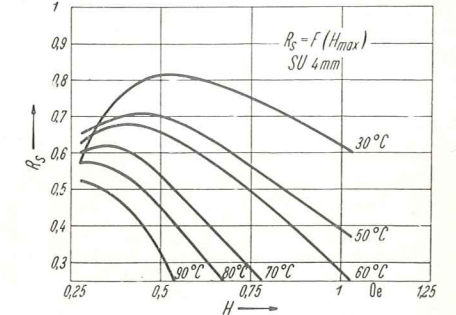


Bild 11. Rechteckigkeitsverhältnis als Funktion der Feldstärke  $p =$  Temperatur

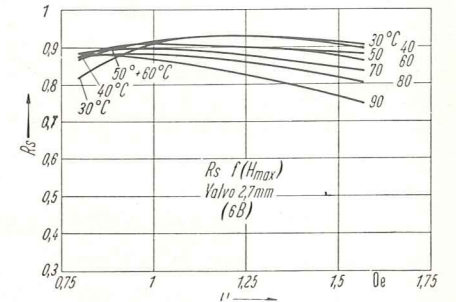
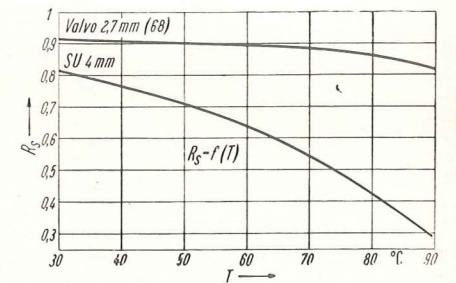


Bild 12. Rechteckigkeitsverhältnis als Funktion der Temperatur, bezogen auf  $R_s, max$  bei  $45^\circ C$



Da die oszillographische Messung von  $Br/B_m$  mit einem konstanten Fehler behaftet ist, wird sich dieser Fehler, wie aus Bild 14 abgelesen werden kann, bei  $Br/B_m \rightarrow 1$  immer stärker auswirken.

Wie bei jeder Messung, sind auch hier die zuverlässigsten Resultate bei einer stark an die im praktischen Betrieb auftretenden Beanspruchungen angelehnten Messung zu erhalten. Da außerdem die bei sprunghaftigen Feldstärkeänderungen ermittelten Ergebnisse relativ leicht eine automatische Auswertung des Er-

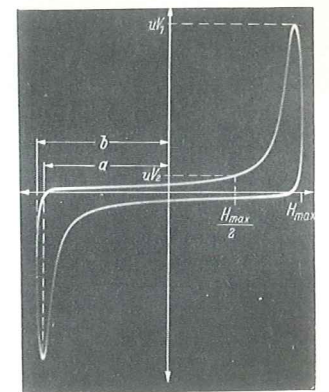


Bild 13. Bestimmung der Nutz- und Störspannung bei Koinzidenzbetrieb aus der  $\frac{dB}{dH}$ -Kurve. Kern: 2 mm Valvo (6 D3)

gebnisses möglich machen, muß unbedingt diesem Verfahren der Vorrang gegeben werden.

### 1.221 Statische Aufzeichnung der Hystereseschleife

Der Art ihrer Aufzeichnung nach, ist dieses Verfahren unter die Gruppe der Meßverfahren mit Feldstärke-

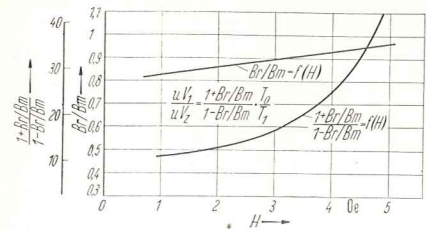


Bild 14. Zusammenhang von  $Br/B_m$  und Nutz-Störspannungsverhältnis

sprüngen zu rechnen. Eine derartig aufgenommene Hystereseschleife hat aber keine größere Aussagefähigkeit als die dynamisch aufgezeichnete Hystereseschleife und ihr haften deshalb die Mängel der Meßverfahren mit kontinuierlichen Feldstärkeänderungen an. Der statischen Hystereseschleifenaufnahme haftet außerdem der Nachteil an, daß die Empfindlichkeit ballistischer Galvanometer oft nicht ausreicht und deshalb auf eine Bewicklung des Prüflings nicht verzichtet werden kann. Sie soll daher hier nicht weiter betrachtet werden.

### 1.222 Impulsmäßige Aufzeichnung eines Astes der Hystereseschleife

Bei diesem Verfahren werden dem Kern entsprechend Bild 15 abwechselnd Leseimpulse konstanter Amplitude und Schreibimpulse veränderlicher Amplitude zugeführt. Die durch die konstanten Leseimpulse in der Sekundärwicklung des Prüflings induzierten Spannungsimpulse werden einem Oszillographen zur y-Auslenkung zugeführt. Die Modulationsspannung wird entsprechend Bild 16 zur x-Auslenkung verwendet. Ist der Impulsabstand klein genug, so wird auf der Braunschen Röhre die in Bild 15 neben der Hystereseschleife dargestellte Hüllkurve abgebildet. Der Verlauf dieser Kurve wird deutlich, wenn man bedenkt, daß die Ausgangsspannung bis zum Überschreiten des Knickes der Hystereseschleife im IV. Quadranten nur

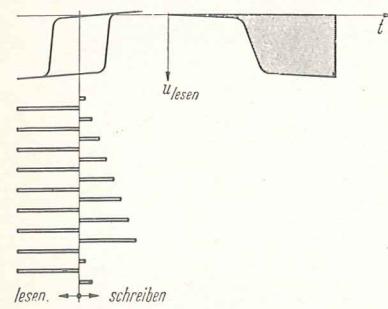


Bild 15. Lesespannung eines Speicherkerns als Funktion des Schreibstromes

schwach, nach Überschreiten dieses Schwellwertes bis zum Sättigungsbereich aber stark ansteigt. Die Auswertung der oszillographisch abgebildeten Hüllkurve ist zeitraubend und erfordert einige Erfahrungen. In Bild 17 ist eine Fotografie der nach diesem Verfahren aufgenommenen Kennlinie des Kerns dargestellt.

### 1.223 Impulsmeßplätze

1.2231 Impulsmeßplatz für Schalterkerne  
Alle wichtigen Eigenschaften von Schalterkernen können mit einem aus zwei Schritten bestehenden Impulsprogramm nach Bild 18 gemessen werden. Bild 19 zeigt das Prinzipschaltbild.

Die von einem Taktgenerator veränderlicher Frequenz ausgelösten Impulse  $T_1$  und  $T_2$  werden über Impulsdauer bestimmende Glieder getrennten Endstufen zugeführt, die auf einen gemeinsamen Ausgangstransformator arbeiten. Die Amplitude und die Breite beider Impulse sind damit getrennt regelbar. Für bestimmte Meßaufgaben ist es zweckmäßig, beide Zweige auf gleiche Impulsbreite und Amplitude umschalten zu können. Von der Sekundärseite des Ausgangstrafos wird das Impulsprogramm dem Prüfling über eine Windung zugeführt. Werden die Impulse breiter als

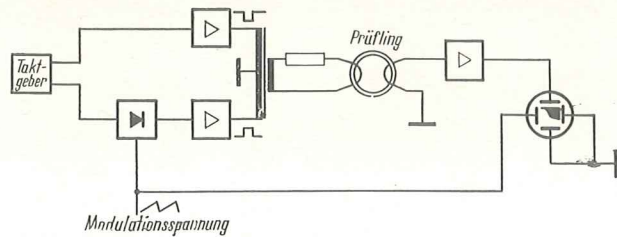


Bild 16. Meßprinzip zur Aufzeichnung eines Hystereseschleifenastes mit Impulsen

die Schaltzeit des Kernes eingestellt, so kann mit diesem einfachen Programm gleichzeitig die Nutz- und Störspannung in Abhängigkeit von der Feldstärke bestimmt werden. Die Störspannung ergibt sich als Ausgangsimpuls am Ende der Stromimpulse durch den Flußwechsel ( $B_m - Br$ ).

Die Bilder 20a und 20b zeigen die auf diese Weise gemessenen Nutz- und Störspannungen von guten und schlechten Schalterkernen. Die Messung der Schaltzeit geschieht durch Ausmessen der Kernaussgangsspannung beim Lesen einer 1 mittels Zeitmarken oder ähnlichem. Als Schaltzeit  $T$  ist die in Bild 21 angegebene Zeit definiert. Außer ihr interessiert noch die Zeit  $T_A$  bis zum Erreichen der maximalen Ausgangsspannung. Sie ist ebenfalls in Bild 21 angegeben.

Mit dieser Meßanordnung kann die Schaltzeit als Funktion der Feldstärke bei den Bedingungen



Bild 17. Oszillographisch aufgenommene Hüllkurve eines Hystereseschleifenastes. Kern: 2 mm Valvo (6 D3)

- a) Lesestromamplitude = Schreibstromamplitude = variabel
- b) Lesestromamplitude variabel, Schreibstromamplitude konstant

gemessen werden. Die nach diesen beiden Bedingungen aufgenommenen Kurven Schaltzeit als Funktion der Feldstärke zeigt Bild 22.

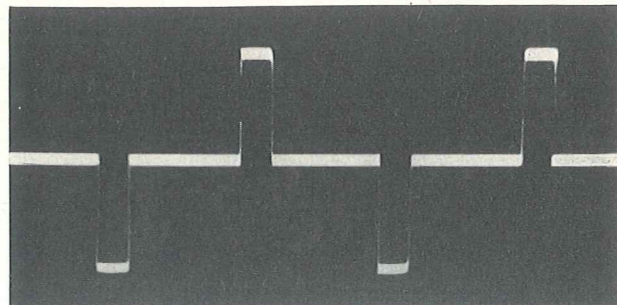


Bild 18. Impulsprogramm zur Messung von Schalterkernen

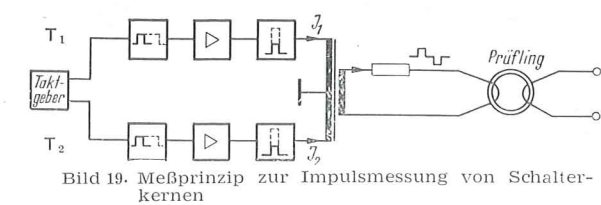


Bild 19. Meßprinzip zur Impulsmessung von Schalterkernen

1.2232 Impulsmeßplatz für Speicherkerne  
Wie bereits in Abschnitt 1.1 erwähnt wurde, dient zur Charakterisierung der Kerngüte von Speicherkernen das Rechteckigkeitsverhältnis  $R_s$ . Es kann durch Impulsspannungsverhältnisse, wie sie beim Betrieb einer

Matrix auftreten, ersetzt werden. Bild 23 zeigt einen Matrixspeicher, der so aufgebaut ist, daß Lesen und Schreiben durch koinzidente, von der Spalten bzw. Zeilen-

auswahl zugeführte Halbimpulse  $\frac{J_n}{2}$  geschehen. Die in einem Kern gespeicherte Information kann bis zum Lesen in verschiedener Weise gestört werden. Im einzelnen sind folgende Fälle interessant:

a) Im Kern ist eine „1“ gespeichert. Bis zum Lesen dieser Information wird am Kern kein Störimpuls wirksam (Bild 24 a). Die beim Lesen erhaltene Spannung  $uV_1$  wird als „ungestörte 1“ bezeichnet.

b) Im Kern ist eine „1“ gespeichert. Bis zum Lesen werden am Kern durch das Lesen von anderen Kernen, die in gleicher Spalte oder Zeile angeordnet sind,  $n$  Störimpulse der Größe  $-\frac{J_n}{2}$  wirksam (Bild 24 c).

Die beim Lesen erhaltene Spannung  $dV_1$  wird als „gestörte 1“ bezeichnet.

c) Im Kern ist eine 0 gespeichert. Bis zum Lesen werden am Kern durch das Schreiben von anderen Kernen, die in gleicher Spalte oder Zeile angeordnet sind,  $n$  Störimpulse der Größe  $+\frac{J_n}{2}$  wirksam (Bild 24 c). Die beim Lesen erhaltene Spannung  $dV_2$  wird als „gestörte 0“ bezeichnet.

Verschachtelt man die in den Bildern 24 a-c angegebenen Impulsprogramme ineinander, so kann die Auswertung aller drei Größen zu gleicher Zeit erfolgen. Die Erzeugung eines derartigen Impulsprogramms ist schon recht aufwendig und stellte hohe Anforderungen an die Elektronik. Im folgenden wird kurz eine Meßanordnung beschrieben, die ein aus 20 bis 30 Impulsen bestehendes Programm liefern kann (Bild 25).

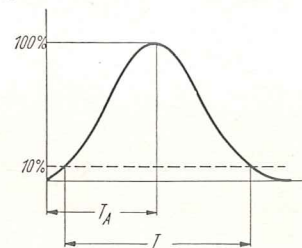


Bild 21. Definition der Schaltzeit

Vom Taktgeber werden über eine Steuervorrichtung Impulse an den Impulsverzögerer abgegeben. Dieser Verzögerer arbeitet so, daß nach  $n$  Taktimpulsen am  $n$ -ten Ausgang ein Impuls abgegeben wird. Der Impulsverzögerer enthält  $n$  Ausgänge, die über einen Programmwähler 4 Ausgangsleitungen zugeführt werden. Jede Ausgangsleitung steuert einen Verstärkerzweig, in dem Polarität, Amplitude und Dauer des Impulses eingestellt werden können. Die Ausgänge aller vier Verstärker sind so miteinander gekoppelt, daß das am Programmwähler eingestellte Impulsprogramm dem Kern über eine Windung zugeführt wer-

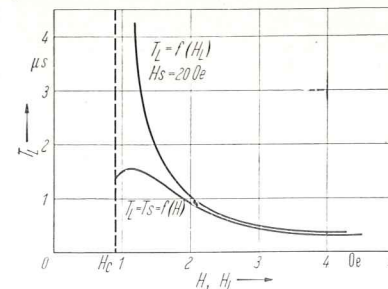


Bild 22. Schaltzeit eines Schalterkerns als Funktion der Feldstärke

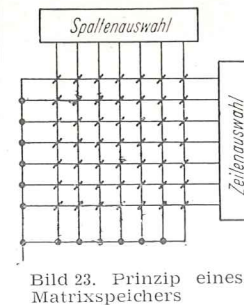


Bild 23. Prinzip eines Matrixspeichers

den kann. Zur Verdeutlichung der beim Bau einer solchen Apparatur auftretenden Schwierigkeiten seien einige Daten genannt, die jeder der Verstärkerzweige garantiert erfüllen muß, wenn mit dem Gerät quantitative Messungen durchgeführt werden sollen.

Impulsbreite: 1 - 12  $\mu$ s

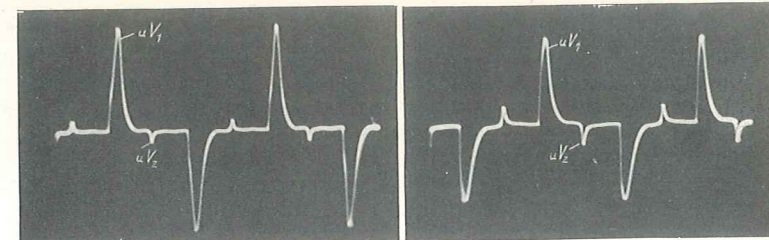


Bild 20. a) Nutz- und Störspannung eines guten Schalterkerns  
b) Nutz- und Störspannung eines schlechten Schalterkerns

- Anstiegszeit:  $< 0,2 \mu$ s
- Abfallzeit:  $< 0,2 \mu$ s
- Amplitude: 0 bis 1,5 A
- Überschwingen:  $< 2 \%$
- Folge: 1 ms bis 20  $\mu$ s

Ein mit der Anordnung nach Bild 25 erzeugtes Impulsprogramm, mit dem die Messung von ungestörter 1, gestörter 1 und gestörter 0 gleichzeitig möglich ist,

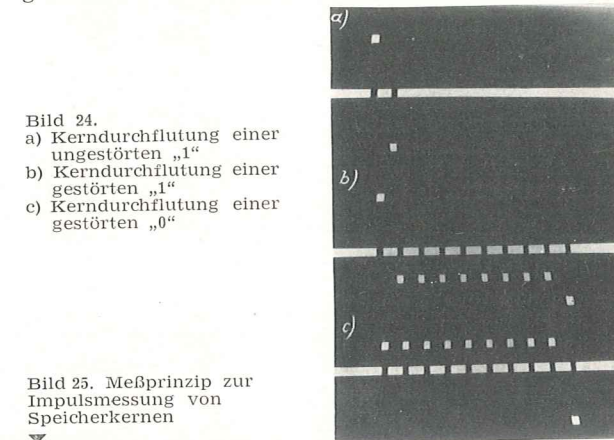
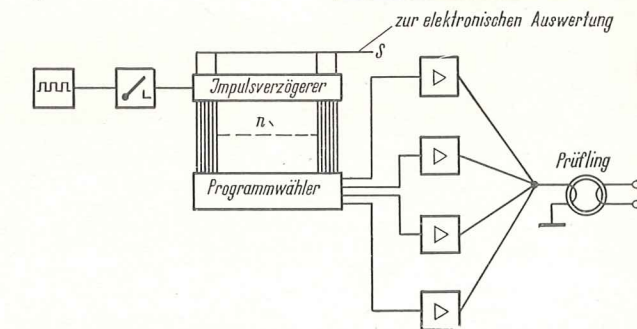


Bild 24. a) Kerndurchflutung einer ungestörten „1“  
b) Kerndurchflutung einer gestörten „1“  
c) Kerndurchflutung einer gestörten „0“

Bild 25. Meßprinzip zur Impulsmessung von Speicherkernen



zeigt Bild (26). Ein Einzelimpuls ist in Bild 27 zu sehen. Durch Programmsynchronisierung können die drei interessierenden Spannungen auf einem Oszillogramm übereinander geschrieben werden. Dies ermöglicht eine gute Auswertbarkeit. Für die einzelnen Impulse werden in der angelsächs. Literatur folgende Kurzzeichen verwendet:

- $J_w$  = Schreibimpuls
- $J_{pw}$  = Störimpuls beim Schreiben
- $J_r$  = Leseimpuls
- $J_{pr}$  = Störimpuls beim Lesen

Koinzidenzspeicher arbeiten normalerweise so, daß  $J_w = J_r = 2 J_{pw} = 2 \cdot J_{pr} = J_n$  gilt, wobei  $J_n$  der Nennwert des Umschaltstromes ist. Das Störverhältnis beträgt also 0,5.

Die im praktischen Betrieb auftretenden Abweichungen vom Nennstrom  $J_n$  machen sich ungünstig bemerkbar, wenn  $J_r$  bzw.  $J_w$  kleiner als  $J_n$  und  $J_{pw}$  bzw.  $J_{pr}$  größer als 0,5  $J_n$  werden. Um noch für eine 10prozentige Abweichung von den Nennströmen eine einwandfreie Arbeitsweise des Speichers zu garantieren, werden die Kerne mit Impulsen der Größe  $J_w = J_r = 0,9 J_n$  und  $J_{pw} = J_{pr} = 0,55 J_n$  geprüft. Dies entspricht einem Störverhältnis von 0,61. Für einen Musterkern der Type 6D3 wurden für die

drei charakteristischen Spannungen die in Bild 28 für ein Störverhältnis von 0,5 und in Bild 29 für ein Störverhältnis von 0,61 gezeigten Kurven oszillographisch aufgenommen. Die Abhängigkeit der ungestörten 1, gestörten 1 und gestörten 0 vom Nennstrom ist bei Störverhältnissen von 0,5 und 0,61 in Bild 30 dargestellt.

## 2. Der Einsatz von Rechteckferriten in Datenverarbeitungsanlagen

In der elektronischen Rechentechnik, bei der Maschinenprogrammsteuerung sowie automatischen Funktions- und Fertigungskontrolle werden Speicher benötigt, die ein bestimmtes Informationsprogramm über lange Zeit speichern und innerhalb kurzer Zeit abgeben bzw. um eine beliebig wählbare Stellenzahl verschieben können. Da die Anzahl der zu speichernden Informationen oft recht groß ist, muß versucht werden, billige bistabile Bauelemente anzuwenden. Schaltungen mit magnetischen Bauelementen, insbesondere solchen, die mit Ferritkernen mit rechteckiger Hystereseschleife aufgebaut sind, muß in diesem Zusammenhang besondere Bedeutung zugemessen werden. Der Ferritkern ist wegen seines langen Lebens, des daraus folgenden hohen Zuverlässigkeitsgrades sowie der Eigenschaft, daß er keinen Ruheenergieverbrauch besitzt, besonders interessant. Ferritkerne werden im wesentlichen in zwei Arten von Speichern, nämlich den Verschiebespeichern und den Matrixspeichern, eingesetzt.

### 2.1 Der Einsatz von Rechteckferriten in Verschiebespeichern

Ein wesentliches Merkmal aller Verschiebespeicher ist, daß allen Speicherelementen ein gemeinsamer Rück-, Nullstell- oder Verschiebeimpuls zugeführt wird. Jeder Verschiebeimpuls soll eine Verschiebung der gespeicherten Informationsfolge um eine Stelle auslösen. Als Beispiel sei die nachstehende Informationsfolge betrachtet:

110011101011  
110011101011

In der unteren Zeile ist die Informationsfolge der oberen Zeile um eine Stelle nach rechts verschoben. Diese Verschiebung soll durch einen Verschiebeimpuls erfolgen. Die Eingabe der zu speichernden Werte kann parallel oder in Serie jeweils zwischen den Verschiebeimpulsen erfolgen. Verschiebespeicher lassen sich mit allen bistabilen Elementen aufbauen. Oft werden Flip-Flop-Schaltungen, die mit Röhren oder Transistoren aufgebaut sind, verwendet. Diesen Schaltungen haftet jedoch der Nachteil an, daß ihnen während der gesamten Speicherzeit Energie zugeführt werden muß. Außerdem sind sie teuer, stör anfällig und in ihrer Lebensdauer begrenzt.

#### 2.1.1 Arbeitsweise von Verschiebespeichern

##### 2.1.11 Die Notwendigkeit eines Zwischenspeichers

Als wichtigstes Problem eines Verschiebespeichers, in dem die Informationen gleichzeitig weitergerückt wer-

den sollen, ergibt sich die Notwendigkeit des zeitweiligen Speichers der Informationen während des Verschiebens oder Ablesens. Es sei angenommen, daß der Ausgang eines ersten Rechteckferritkernes mit dem Eingang eines zweiten, dessen Ausgang mit dem Eingang eines dritten usw. verbunden ist. Die Verschiebeimpulse sollen immer so gerichtet sein, daß alle Kerne nach 0 zurückgestellt werden. Je nachdem, ob sich ein Kern im Zustand 1 oder 0 befand, wird er während des Ablesens zu seinem Ausgang Energie übertragen oder nicht übertragen. Gibt der Kern Energie ab, so muß diese dem Eingang des nächsten Kernes mit einer Polarität zugeführt werden, die diesen Empfängerkern nach dem Zustand 1 schaltet. Nimmt man an, daß im Speicher (Bild 31) die in der ersten Zeile angegebene Informationsfolge gespeichert ist, so soll nach Wirksamwerden eines Verschiebeimpulses der in Zeile 2 einge-

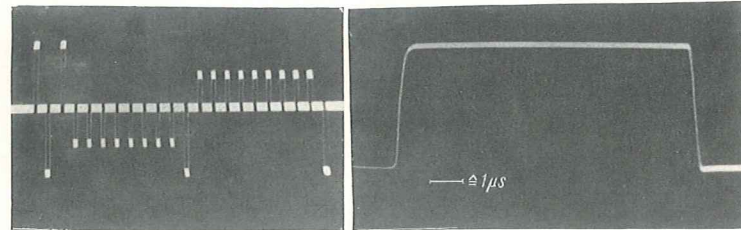


Bild 26. Impulsprogramm zur gleichzeitigen Messung von ungestörter 1, gestörter 1 und gestörter 0  
Bild 27. Einzelimpuls des im Bild 26 gezeigten Impulsprogramms

tragene Zustand erreicht sein. Mit der in Bild 31 angegebenen Prinzipschaltung ist dies jedoch aus folgenden Gründen nicht möglich:

1. Der am Ausgang von Kern 2 zur Verfügung stehende Impuls kann im Kern 3 nicht wirksam werden, da der gleiche Impuls, der Kern 2 nach 0 schaltet, den Kern 3 im Zustand 0 festhält.
2. Die zum Ausgang vom Kern 2 übertragene Energie wirkt über die Eingangswicklung auf Kern 1 zurück.

Dieses Problem löste man durch Verwendung von 2 bzw. 3 Kernen für eine gespeicherte Dualstelle. Entsprechend müssen zum Weiterschalten der Information um eine Stelle 2 bzw. 3 Kerne durchlaufen werden. Hierzu ist natürlich jeweils ein Taktimpuls erforderlich. Hiervon ausgehend, erfolgt die Einteilung magnetischer Verschiebespeicher nach der zum Verschieben um eine Stelle erforderlichen Taktimpulszahl. Im folgenden soll ein Überblick über die bisher bekannten Verfahren gegeben werden.

#### 2.1.12 Speicher nach dem Dreitaktverfahren

Im vorigen Abschnitt wurde die nachteilige Kopplung der Speicherkerne beschrieben. Schaltet man vor und nach dem eigentlichen Speicherkern einen Zwischenspeicherkern, so wird diese Beeinflussung vermieden.

2.1.121 In Bild 32 a wird ein Verfahren nach diesem Prinzip gezeigt. Es sei angenommen, Kern 1 und 4 befinden sich im Zustand 1, Kern 2, 3, 5, 6 im Zustand 0. Durch Anlegen eines ersten Taktimpulses T 1 werden Kern 1 und 4 gelesen. Über Diode und Widerstand wer-

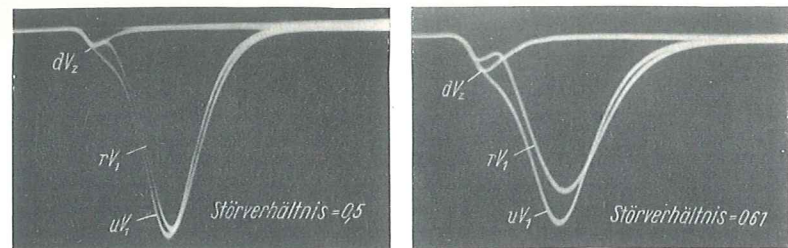


Bild 28.  $uV_1$ ,  $rV_1$ ,  $dV_z$  für ein Störverhältnis von 0,5 Kern: 2 mm Valvo (6 D3)  
Bild 29.  $uV_1$ ,  $rV_1$ ,  $dV_z$  für ein Störverhältnis von 0,61 Kern: 2 mm Valvo (6 D3)

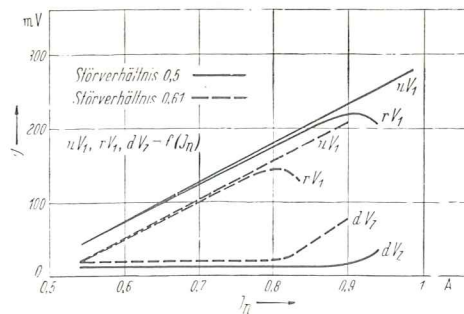


Bild 30. Abhängigkeit von  $uV_1$ ,  $rV_1$ ,  $dV_z$  vom Nennstrom für die Störverhältnisse 0,5 und 0,61. Kern: 2 mm Valvo (6 D3)

den die Informationen in Kerne 2 und 5 übertragen. Dies ist jetzt möglich, da an Kernen 2 und 5 zur Zeit T 1 kein Taktimpuls anliegt und diese Kerne demnach nicht im 0-Zustand festgehalten werden. Die Diode im Ausgangskreis der Kerne 2 und 5 verhindert, daß die Informationen in den übernächsten Kern übertragen werden. Die Rückinformationsübertragung wird dadurch verhindert, daß Kern 3 durch den gleichen Taktimpuls T 1 der Kerne 1 und 4 liest im Zustand 0 fest-

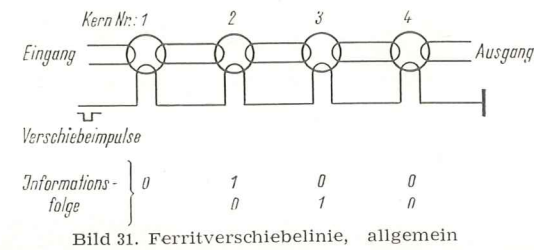


Bild 31. Ferritverschiebelinie, allgemein

gehalten wird. Die zeitlich T 1 folgenden Takte T 2 und T 3 übertragen die Informationen in gleicher Weise weiter.

2.1.122 Das Aufbringen der Festhaltewicklung kann durch das in Bild 32 b gezeigte Verfahren vermieden werden. Es werden den Kernen wieder 3 Taktimpulse zugeführt, die sich jedoch zeitlich überlappen. Die Impulse müssen bei diesem Verfahren doppelt so lang wie die Schaltzeit des Kernes sein. Während der ersten Periode hat der Impuls die Aufgabe, den Kern zu lesen. In der zweiten Periode, in der der nächste Kern gelesen wird, soll er den Kern zwecks Rückinformationsvermeidung im Nullpunkt festhalten. Vorteil dieser Variante ist die Einsparung einer Wicklung, jedoch ist die doppelte Impulsenergie erforderlich.

#### 2.1.13 Speicher nach dem Zweitaktverfahren

Die Erzeugung mehrerer verzögerter Taktimpulse ist unwirtschaftlich und begrenzt den Einsatzbereich von Verschiebespeichern. Verbesserungen wurden durch verschiedene Verfahren erreicht.

2.1.131 Bei dem in Bild 33 a gezeigten Verfahren geschieht die Vorwärtsübertragung in der gleichen Weise wie beim Dreitaktverfahren. Jeder Kern ist jedoch parallel zu seiner Eingangswicklung mit noch einer Diode verbunden. Sie ist für den beim Lesen auftretenden Rückimpuls leitend und verhindert dadurch das Auftreten einer Rückinformation. Nachteil dieses Verfahrens ist, daß der Eingangskreis während des Lesens kurzgeschlossen ist. Hierdurch erhöht sich die zum Lesen benötigte Impulsenergie.

2.1.132 Bei der in Bild 33 b dargestellten Variante erfolgt das Lesen der Information in bekannter Weise. Im Übertragungsstromkreis ist jedoch ein zusätzlicher Widerstand vorgesehen, der für den Rückstellimpuls in Serie mit der Verschiebewicklung geschaltet wird. Der durch den Rückstellimpuls hervorgerufene Spannungsabfall am Widerstand steuert den Längsgerichter in eine den Informationsrückfluß verhindernde Polarität. Vorteile dieses Verfahrens

a) Einsparung eines Gleichrichters,

b) der Energieverlust beim Lesen ist geringer, da der Kern keine Kurzschlußwicklung besitzt.

Nachteile dieses Verfahrens: Zum Steuern ist eine zusätzliche, allerdings konstante Impulsleistung erforderlich.

Zur Steuerung der Längsgerichter sind noch verschiedene andere Verfahren entwickelt worden.

2.1.133 In Bild 34 erfolgt die Zuführung der Verschiebeimpulse in Serie, die der Steuerimpulse für die Gleichrichter parallel. Die Längsgerichter werden bei dieser Schaltung jeweils nur die Zeit gesperrt, in der ein

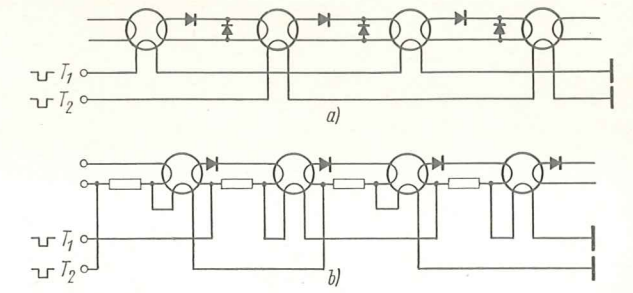


Bild 33. a) Zweitaktverfahren mit Kurzschlußdiode  
b) Zweitaktverfahren mit vorgespannter Diode (Vorspannungserzeugung erfolgt durch Verschiebestromgeneratoren)

Rückimpuls auftreten kann. Es ist aber grundsätzlich auch der umgekehrte Weg gangbar.

2.1.134 Bild 35 a zeigt eine Schaltung, bei der die Längsdiode durch eine Vorspannungsbatterie ständig gesperrt ist. Wird an den in Reihe mit der Batterie liegenden Überträger ein Impuls angelegt, der die Batterievorspannung kompensiert, so ist eine Informationsübertragung möglich.

2.1.135 Für Verschiebespeicher, die ständig ein bestimmtes Informationsprogramm beinhalten, ist eine Schal-

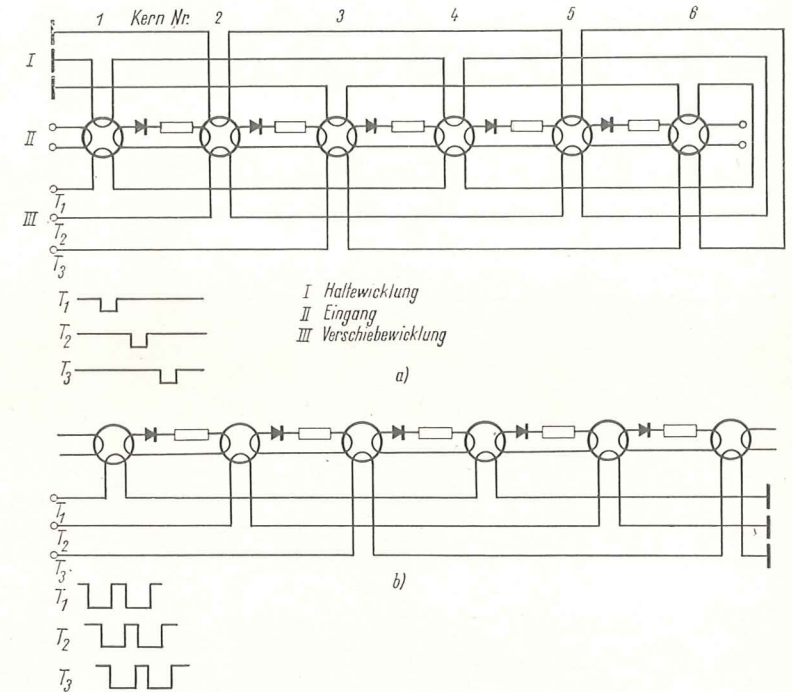


Bild 32. a) Dreitaktverfahren mit Festhaltewicklung  
b) Dreitaktverfahren ohne Festhaltewicklung

ung (Bild 35 b) entwickelt worden, bei der zur Steuerung keine zusätzliche Vorspannungs- oder Impulsquelle erforderlich ist. Es sei angenommen, der in Bild 35 b gezeigte zweistellige Speicher ist als Umlaufspeicher geschaltet und beinhalte ständig die Informationsfolge 01. Wird die 1 zum Beispiel von Kern 3 nach Kern 4 übertragen, so ruft der Strom im Übertragungskreis 3 bis 4 einen Spannungsabfall am Widerstand R hervor, der zum Sperren des Übertragungskreises 2 bis 3 benutzt wird.

2.1.136 Vereintigt man die in den Abschnitten 2.1.131, 2.1.132 beschriebenen Anordnungen in der im Bild 35 c gezeigten Art, so ergibt sich ein vorteilhafteres Verfahren. Die Vorwärtsübertragung erfolgt in der früher beschriebenen Weise. Die Rückinformation wird durch geeignete Wahl des Verhältnisses  $R/R_d$  unterdrückt. Diese Schaltung ist ihrer Vorteile willen von E. A. Sands einer mathematischen Analyse unterzogen worden.

2.1137 Zur Entkopplung des Geber- und Empfängerkernes kann statt 2 Gleichrichtern auch ein Transistor verwendet werden. Wenn die im Transistor auftretende Phasenumkehr ausgenutzt wird, kann man mit 2 Wicklungen auskommen. Bild 36 a zeigt diese Schaltung. Ein Vorteil ist, daß durch Einschalten eines aktiven Elementes die dem Kern zuzuführende Impulsenergie geringer ist.

2.1138 Neben der in diesem Aufsatz beschriebenen Art von Verschiebelinien werden für spezielle Zwecke Schaltungen mit bedingter Übertragung benötigt, d. h., das Eingangssignal am Empfängerkern wird neben dem Ausgangssignal des Geberkernes noch von einer dritten Größe abhängig gemacht. Die in Bild 36 b als Verschiebelinie verwendete Schaltung kann für diese Zwecke besonders leicht abgewandelt werden. Sie wird als Differenzverfahren, Übertragungsschleife mit geteilter Wicklung oder mit vorgespannter Diode bezeichnet. Die Wirkungsweise dieser Schaltung ist am besten zu verstehen, wenn man sich den Kern während des Schaltens von 1 nach 0 als hohen Widerstand, beim Verharren im Nullzustand als niedrigen Widerstand vorstellt. Die Empfängerwicklungen sind gegenseinnig

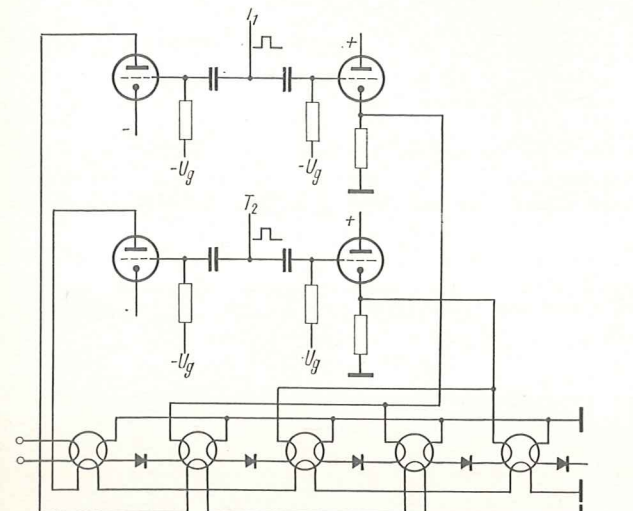


Bild 34. Zweitaktverfahren mit vorgespannter Diode. (Vorspannung wird durch zusätzliche Generatoren erzeugt)

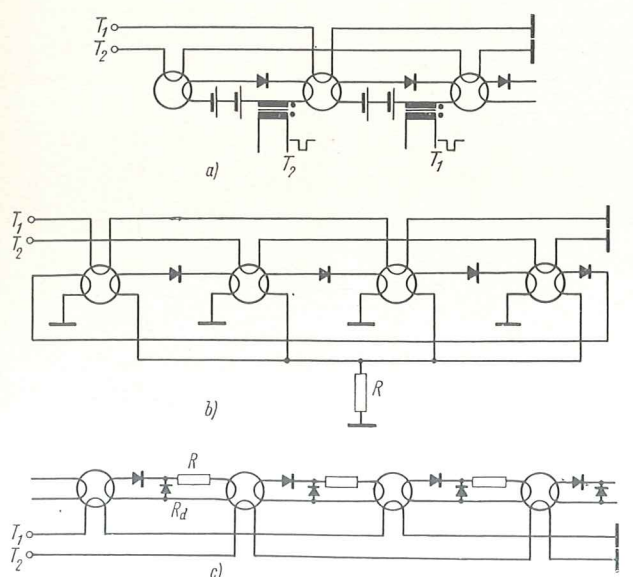


Bild 35. a) Zweitaktverfahren mit vorgespannter Diode (Vorspannung wird über transformatorisch eingekoppelte Impulse aufgehoben) b) Zweitaktverfahren mit vorgespannter Diode für konstanten Speicherinhalt c) Zweitaktverfahren mit Querspannungsteiler

angeordnet. Nimmt man an, alle Kerne außer Kern 2 befinden sich im Nullzustand, so ergibt sich beim Anlegen des  $T_2$ -Verschiebeimpulses folgendes:

Kern 2 schaltet von 1 nach 0 und erhöht den Scheinwiderstand des oberen Zweiges, so daß der größte Stromanteil über den unteren Zweig fließt und über die untere der Differenzwicklungen im Kern 3 eine Information einschreibt. Rückübertragungen sind bei diesem Verfahren durch die gegeneinandergeschalteten Dioden nicht möglich.

2.1139 Durch Zusammenschaltung ferromagnetischer Kerne und ferroelektrischer Zellen mit jeweils rechteckiger Hystereseschleife wurde das Problem der Zwischenspeicherung ebenfalls gelöst. Die Wirkungsweise ferroelektrischer Zellen wird klar, wenn man sie als Analogon zu ferromagnetischen Werkstoffen mit der in Bild 1 dargestellten Hystereseschleife betrachtet. Es ist lediglich die Feldstärke durch die Spannung und der magnetische Fluß durch den Verschiebeimpuls zu ersetzen.

Zur grundsätzlichen Erläuterung zeigt Bild 36 c eine Speicherschaltung nach diesem Prinzip. Wird durch Impuls  $T_2$  in Kern 1 eine Information gelesen, so wird diese in die vorher nach 0 gestellte ferroelektrische Zelle eingeschrieben. Diese wird anschließend durch Impuls  $T_1$  gelesen und schreibt die Information in Kern 2. Setzt man den Preis einer ferroelektrischen Zelle gleich dem eines Rechteckferritkernes, so ergibt sich durch den Wegfall sämtlicher Dioden eine beachtliche Steigerung der Preiswürdigkeit.

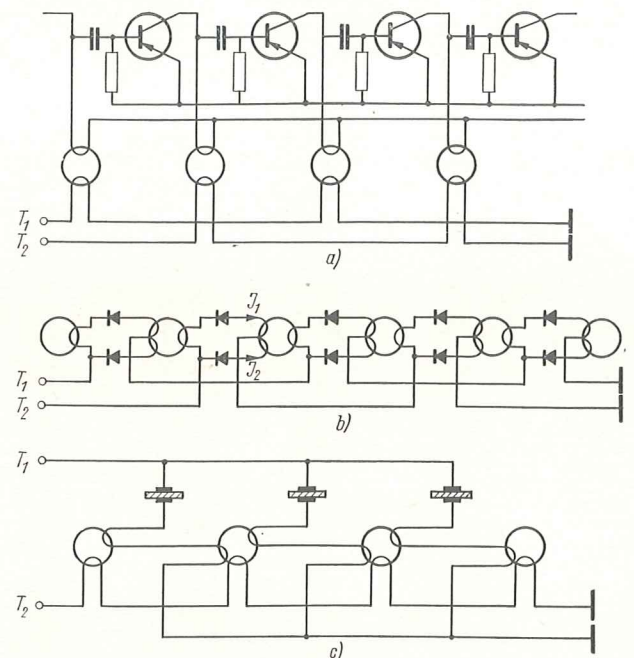


Bild 36. a) Zweitaktverfahren mit Transistorkopplung b) Zweitaktverfahren mit ferroelektrischer Zelle c) Zweitaktverfahren mit ferroelektrischer Zelle

#### 2.1140 Speicher nach dem Eintaktverfahren

Das Problem der zeitweiligen Speicherung während des Lesens wurde nach einigen Verfahren, die keinen zusätzlichen Kern je Stelle benötigen, gelöst.

2.1141 Bei dem in Bild 37 a gezeigten Verfahren wird ein Kondensator als Zwischenspeicher benutzt. Wird durch den an allen Kernen wirksamen Verschiebeimpuls in einem Kern eine 1 gelesen, so wird über die Diode ein Kondensator aufgeladen. Nach dem Abklingen des Verschiebeimpulses schreibt der sich über den Widerstand  $Z$  entladene Kondensator in den Folgekern eine 1 ein. Der Vorteil dieses Einkern-Verschieberegisters ist:

- a) eine 50prozentige Reduzierung des Materialaufwandes im eigentlichen Speicher und im Steuerwerk,
- b) größere Einfachheit in der Struktur und Arbeitsweise,
- c) ausgezeichnetes 0-zu-1-Verhältnis.

Aus diesen Elementen lassen sich auf einfache Weise logische Verknüpfungen herstellen.

2.1142 Aus der Sowjetunion sind Schaltungen (Bild 37 b) bekannt geworden, die speziell für den Einsatz in Fernsprechanlagen entwickelt wurden und auf ähnlichem Prinzip wie die in Abschnitt 2.1141 beschriebenen Anordnungen arbeiten.

Der allgemeine Widerstand  $Z$  wird durch eine Induktivität  $L$  ersetzt. Ein Quergleichrichter parallel zum Zwischenspeicher verbessert die Rückflußverhältnisse. Zur Erhöhung der 0-Stabilität wird ein Kompensationskern verwendet. Auf Kompensationschaltungen wird später besonders eingegangen.

2.1143 Ein anderes Verfahren nutzt zur Verzögerung die Ladungsträgeranhäufung von bis in die Sättigung gesteuerten Transistoren aus. Bei der in Bild 38 a gezeigten Schaltung erfolgt zusätzlich eine Leistungsverstärkung zwischen Geber- und Empfängerkern.

#### 2.115 Verfahren zur Verbesserung der Nutz-Störspannungsverhältnisse

Bei allen bisher beschriebenen Verfahren wurde eine ideal rechteckige Hystereseschleife der verwendeten Materialien zugrunde gelegt. Die heute erreichbaren Verhältnisse zwischen remanenter und maximaler Induktion liegen bei 0,95. Es wird also beim Lesen einer 0 in die Ausgangswicklung eine geringe Energie übertragen. Da sich dieser Vorgang von Kern zu Kern wiederholt, besteht die Gefahr, daß eine 0 am Eingang des Speichers von Kern zu Kern größer wird und schließlich den Pegel einer 1 erreicht. Um derartige Störinformationen zu vermeiden, wurden verschiedene Wege untersucht.

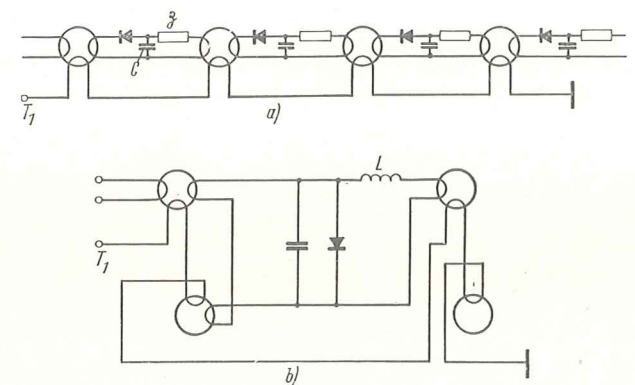


Bild 37. a) Eintaktverfahren mit kapazitivem Zwischenspeicher b) Eintaktverfahren mit 0-Kompensation und Querspannungsteiler

#### 2.1151 Stördrückung durch Schwellspannung

Durch Einführung einer Vorspannungsquelle für das Halbleiterelement im Übertragungskreis kann ein Schwellwert eingestellt werden, der die aufgetretenen Störimpulse unterdrückt.

Die in Abschnitt 2.1134 beschriebene Schaltung (Bild 38 b) kann ebenfalls so dimensioniert werden, daß Störimpulse unterdrückt werden. Günstig wirkt sich bei allen Schaltungen eine Integration im Übertragungskreis, wie sie beim Eintaktverfahren (2.1141) und (2.1142) durchgeführt wird, aus. Es wird in diesen Fällen die Spannungsabhängigkeit des Diodendurchlaßwiderstandes ausgenutzt.

#### 2.1152 Stördrückung durch Kompensationskerne

2.11521 Eine nicht ideal rechteckige Hystereseschleife, wie sie in Bild 39 gezeigt wird, kann durch entgegengesetzt in Reihe geschalteten Kern mit linearer Kennlinie kompensiert werden. Nach diesem Verfahren lassen sich sogar Anordnungen mit  $B_r/B_m > 1$  herstellen. 2.11522 Da meist eine ideal kompensierte Schleife gefordert wird, werden zum Speichern und zum Kompensieren gleiche Kerne verwendet. Der Kompensationskern wird nur vom Remanenz- zum Sättigungs-

punkt und zurück magnetisiert. Bild 40 a zeigt ein solches Verfahren für Verschiebelinien. Auf allen Kernen sind je eine Eingangsspule, Ausgangsspule und Verschiebespule aufgebracht. Die Eingangs- und Ausgangswicklungen sind in Reihe, die Verschiebewicklungen gegeneinander geschaltet.

2.11523 Das Aufbringen der Eingangswicklung auf dem Kompensationskern ist nicht erforderlich, da während des Einschreibens nicht kompensiert zu werden braucht. Eine Verschiebelinie dieser Art zeigt Bild 40 b.

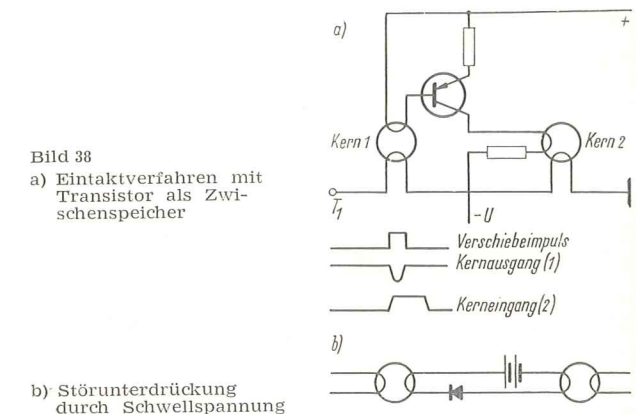


Bild 38. a) Eintaktverfahren mit Transistor als Zwischenspeicher b) Stördrückung durch Schwellspannung

2.11524 Bei dem unter Punkt 2.1138 beschriebenen Differenzverfahren ist ebenfalls eine Stördrückung durch Kompensationskerne möglich (Bild 40 c).

#### 2.12 Dimensionierung von Verschiebespeichern

Aus den vielen Varianten, die beim Bau von Verschiebelinien möglich sind und in Abschnitt 2.11 dargelegt wurden, erkennt man, daß es schwer möglich ist, Dimensionierungsvorschriften für diese Schaltungen zu verallgemeinern. Es soll die ihrer Vorteile wegen oft verwendete Zweitaktverschiebelinie mit Querspannungsteiler (Bild 35 c) bei Verwendung von Selen-gleichrichtern berechnet werden. Betrachtet man die bisher in Verschiebelinien eingesetzten Gleichrichter, so stellt man fest, daß häufig wegen der kritischen Verluste im Übertragungskreis niederohmige Typen, wie Golddrahtdioden und Germanium-Flächengleichrichter, verwendet wurden. Da diese niederohmigen Gleichrichter relativ teuer sind, wurde versucht, sie durch billige Selengleichrichter zu ersetzen. Selengleichrichter haben jedoch fünf- bis fünfzigmal höhere Durchlaßwiderstände sowie sehr große Sperrschichtkapazitäten.

Der Amerikaner Sands hat auf dem Gebiet der Berechnung der Zweitaktverschiebelinie mit Querspannungsteiler, allerdings mit idealen Gleichrichtern und bei Verwendung der gleichen Type im Längs- und Querspannungsteiler, wertvolle Vorarbeiten geleistet. Die Verwendung kapazitätsbehaltener Gleichrichter erfordert bei der Berechnung der Übertragungsschleife wesentlich größeren Aufwand.

#### 2.121 Die Ersatzschaltung eines Ferritkerns

Sands ersetzt den Ringkern während der Umschaltzeit durch einen äquivalenten Widerstand. Diese Darstellung wurde bereits in Abschnitt 1.211 benutzt. Zweckmäßigerweise wird mit dem Scheinwiderstand  $R_0$  je Windungsquadrat gerechnet. Es gilt dann

$$R_0 = \frac{R}{N^2} = \frac{q(B_r + B_m)}{H \cdot l \cdot T} \quad (5)$$

Die Formel setzt  $H \cdot T = \text{konstant}$  voraus. Diese Bedingung ist bei Sands, der metallische Werkstoffe mit rechteckiger Hystereseschleife verwendet, bei denen die Arbeitsfeldstärke wesentlich über der Koerzitivkraft liegt, erfüllt. Bei Ferritwerkstoffen ist  $H \cdot T = f(H)$ , wie Bild 41 zeigt, ungenügend konstant. Die Ursache hierfür ist, daß die Bedingungen, unter denen  $T = f(H)$  normalerweise aufgenommen wird, nicht unmittelbar auf die Verhältnisse in der Verschiebelinie

übertragbar sind. Eine wichtige Voraussetzung für einwandfreies Arbeiten der Verschiebelinie ist, daß die Länge der Verschiebeimpulse stets größer als die gewünschte Leseschaltzeit des Kernes sein muß. Dies hat aber zur Folge, daß im Kern während der Differenz von Verschiebeimpulszeit und Leseschaltzeit eine

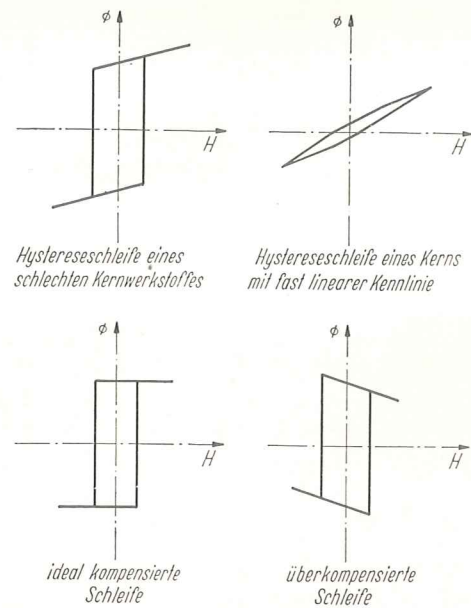


Bild 39. Kompensation der Hystereseschleife eines schlechten Kernwerkstoffes

wesentlich höhere Feldstärke wirkt. Diese Feldstärke hinterläßt wiederum eine der Grenzhystereseschleife entsprechende Koerzitivkraft, die beim Schreiben überwunden werden muß. Zur meßtechnischen Erfassung dieser Veränderung wird das unter Punkt 1.2231 beschriebene Verfahren angewendet. In Bild 22 sind die gemessenen Schaltzeitkurven dargestellt. Die Funktion  $T_L = f(H_L)$ ;  $H_s = \text{konstant}$  kann im Bereich  $H_c < H_L < H_\infty$  als Hyperbel mit den Asymptoten  $H_L = H_c$  und  $T_L = 0$  betrachtet werden. Es gilt dann

$$T_L = \frac{1}{H_L - H_c} \quad (6)$$

$$T_L \cdot (H_L - H_c) = 1 = \text{konstant} \quad (7)$$

Der Verlauf von  $T_L \cdot (H_L - H_c) = f(H_L)$  ist ebenfalls in Bild 41 dargestellt. Es ist deutlich zu sehen, daß das nunmehr gewonnene Produkt  $T_L \cdot (H_L - H_c)$  die Forderung nach einem konstanten Ersatzwiderstand  $R_o$  besser erfüllt. Für  $R_o$  gilt nunmehr, allerdings nur im Bereich  $H_2 > H_c$

$$R_o = \frac{1,256 (B_r + B_m)}{(H_L - H_c) \cdot T_L \cdot l} \cdot q \cdot 10^{-8} \quad (8)$$

$$M = T_L \cdot (\Theta_{HL} - \Theta_{Hc}) \quad (9)$$

$$R_o = \frac{B_r + B_m}{M} \cdot q \cdot 10^{-8} \quad (10)$$

### 2.122 Vereinfachende Voraussetzungen

1. Die Ferritkerne werden während der Übertragungszeit wie konstante lineare Widerstände betrachtet. (Entsprechend der Definition von  $R_o$ .)
2. Das Kernmaterial hat eine rechteckige Hystereseschleife.
3. Gleichrichterwiderstände in Durchlaßrichtung werden wie konstante ohmsche Widerstände behandelt.
4. Wicklungskapazitäten werden vernachlässigt.
5. Streuinduktivitäten werden vernachlässigt.
6. Die an die Verschiebelinie angelegten Verschiebeimpulse sind rechteckig, ihre Anstiegszeit  $\ll$  Impulsdauer.

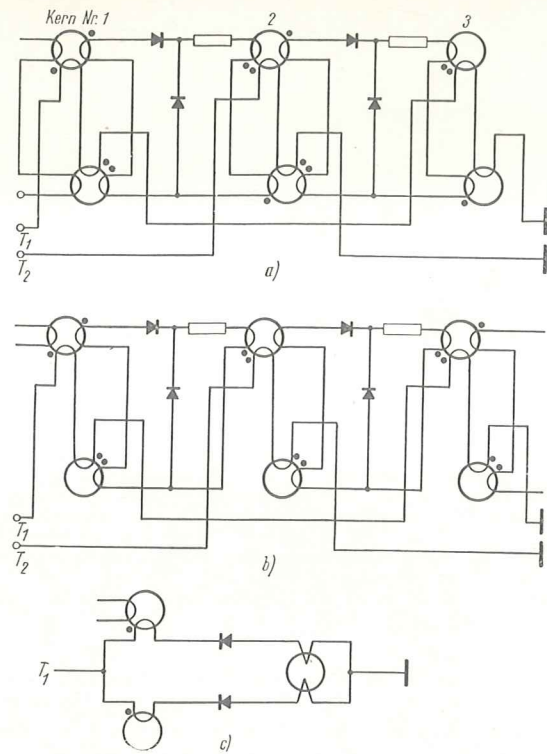


Bild 40. a) Vollständige Kompensation einer Zweitaktverschiebelinie mit Querspannungsteiler  
b) Ausgangsseitige Kompensation einer Zweitaktverschiebelinie mit Querspannungsteiler  
c) Kompensation des Differenzverfahrens

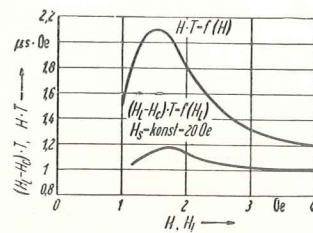


Bild 41. Schaltzeit-Feldstärkeprodukt als Funktion der Feldstärke

7. Die Abmessungen, Wicklungen und magnetischen Eigenschaften aller Kerne sind gleich.

8. Als Längsgleichrichter  $Rd_2$  soll ein Typ mit geringer Sperrschichtkapazität verwendet werden, damit sich der Kern während des Einschreibens im Leerlauf befindet. Der Durchlaßwiderstand wird deshalb relativ hoch sein.

9. Der Gesamtwiderstand im Übertragungskreis soll auch hier möglichst niedrig sein. Damit das Rückinformationsverhältnis in zulässigen Grenzen gehalten wird, muß entweder  $R_1$  groß oder  $Rd_1$  klein sein. Wegen Forderung 8 muß  $Rd_1$  klein werden. Die Sperrschichtkapazität ist dann so groß, daß sie nicht mehr vernachlässigt werden kann.

### 2.123 Das Ersatzschaltbild

In Bild 42 werden der bei Übertragung einer Information von Kern 2 nach Kern 3 wirksame Schaltungsteil und die dazugehörige Ersatzschaltung gezeigt. Für den Strom  $i_3$  ergibt sich aus physikalischen Überlegungen

der in Bild 43 gezeigte Verlauf. Der Strom  $\frac{\Theta_{Hc}}{N_2}$  ist zur Überwindung der Koerzitivkraft erforderlich. Die schraffierte Fläche entspricht  $M$ . Aus ihr kann der erforderliche Eingangsstrom berechnet werden. Es gilt

$$M = N_2 \left( \int_{t_A}^{T_2} i_3 dt + \int_{t_2}^{t_E} i_3 dt \right) - \frac{\Theta_{Hc}}{N_2} \left[ (T_2 - t_A) + t_E \right] \quad (11)$$

$$F = R_1 + N_2^2 R_o \quad (12)$$

$$M = N_2 \int_{t_A}^{T_2} i_3 dt - \frac{\Theta_{Hc}}{N_2} (T_2 - t_A) \quad (13)$$

$$+ \int_{t_2}^{t_E} i_3 \cdot e^{-\frac{t}{FC_1}} dt - \frac{\Theta_{Hc}}{N_2} t_E \quad (14)$$

$$M = N_2 (a + b) \quad (15)$$

Hier wie im folgenden soll der Rechnungsgang nur in groben Zügen angedeutet werden. Über den Strom  $i_3$

$$i_3 = i N_1 N_3 \frac{1}{\beta} \left( 1 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} t} \right) \quad 0 < t < T_2 \quad (16)$$

erhält man für a und b mittels Laplace-Transformation

$$a = i N_1 N_3 \frac{1}{\beta} \left[ T_2 + \frac{\alpha}{\beta} \left( e^{-\frac{\beta}{\alpha} T_2} - 1 \right) \right] - \frac{\Theta_{Hc}}{N_2} T_2 \quad (17)$$

$$b \approx FC_1 \left[ i N_1 N_3 \frac{1}{\beta} \left( 1 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} T_2} \right) - \frac{3}{2} \frac{\Theta_{Hc}}{N_2} \right] \quad (18)$$

Für a und b gilt:

$$\alpha = Rd_2 C_1 \left( \frac{1}{R_o} + \frac{N_2^2}{R_1 + Rd_1} \right) \cdot (R_1 + N_2^2 R_o) + FC_1 \cdot N_1^2 \quad (19)$$

$$\beta = \left( \frac{1}{R_o} + \frac{N_2^2}{R_1 + Rd_1} \right) \cdot (Rd_2 + R_1 + R_o N_2^2 + N_1^2) \quad (20)$$

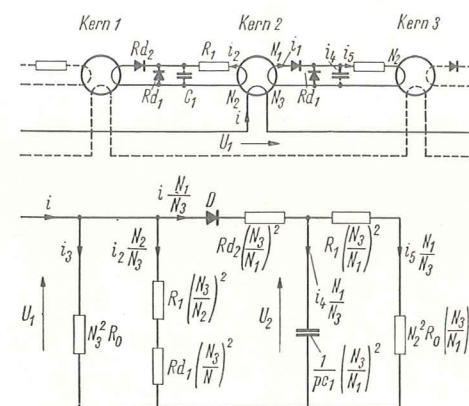


Bild 42. Ersatzschaltbild der Übertragungsschleife bei Einsatz von Selengleichrichtern

Werden für a und b die Ausdrücke (15) und (16) in (13) eingesetzt und diese Gleichung nach i aufgelöst, so erhält man

$$i = \frac{M + \frac{\Theta_{Hc}}{N_2} (T_2 + FC_1 \cdot \frac{3}{2})}{T_2 + \left( FC_1 - \frac{\alpha}{\beta} \right) \left( 1 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} T_2} \right)} \cdot \frac{\beta}{N_1 \cdot N_3} \quad (21)$$

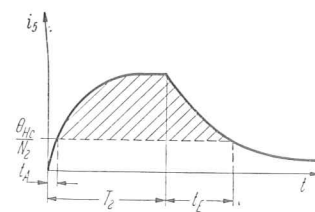


Bild 43. Vereinfachte Darstellung des Stromes  $i_3$  in der Übergangsschleife des Bildes 42

Wird in dieser Gleichung

$$\begin{aligned} C_1 &= 0 \\ \Theta_{Hc} &= 0 \\ Rd_1 &= Rd_2 \end{aligned}$$

gesetzt, so ergibt sich die von Sands abgeleitete Formel für den Eingangsstrom

$$i = i_1 \frac{N_1^2 R_o (R_d + R_1) + (R_d + R_1 + N_2^2 R_o)^2}{N_1 \cdot N_3 \cdot R_o (R_d + R_1)} \quad (22)$$

Diese Gleichung konnte von Sands mit wesentlich geringerem Aufwand aufgestellt werden, da sich im Ersatzschaltbild nur ohmsche Widerstände befinden. Zur Dimensionierung der Steuerstrom liefernden Generatoren ist es wichtig, die Größe der je Bit benötigten Verschiebeleistung zu kennen. Sie ergibt sich aus Bild 42 zu

$$W = i U_1 \quad (23)$$

$$\text{Mit } \frac{1}{Z} = \frac{1}{\left( \frac{N_3}{N_1} \right)^2 (R_o N_2^2 + R_1)} + p C_1 \cdot \left( \frac{N_1}{N_3} \right)^2 \quad (24)$$

gilt für  $\frac{U_2}{U_1}$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{Z}{\left( \frac{N_3}{N_1} \right)^2 \cdot Rd_2 + Z} \quad (25)$$

$$\gamma = \frac{1}{C_1} \left( \frac{1}{Rd_2} + \frac{1}{F} \right) \quad (26)$$

gilt im Oberbereich

$$U_1 = U_2 \frac{F + Rd_2}{F} \cdot \frac{1}{1 - e^{-\gamma t}} \quad (27)$$

Für  $U_2$  gilt im Intervall  $0 < t < T_2$

$$U_2 = i_3 \cdot \frac{N_1}{N_3} \cdot \left( \frac{N_3}{N_1} \right)^2 F \quad (28)$$

Wird für  $i_3$  der Ausdruck (14) eingesetzt und damit  $U_2$  in Gleichung (25) ersetzt, so erhält man für die Eingangsleistung

$$W = i^2 \frac{N_3^2 (F + Rd_2)}{\beta} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} t}}{1 - e^{-\gamma t}} \quad (29)$$

Die maximale Eingangsleistung wird zur Zeit  $T_2$  erreicht.

$$W_{\max} = i^2 \frac{N_3^2 (F + Rd_2)}{\beta} \cdot \frac{1 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} T_2}}{1 - e^{-\gamma T_2}} \quad (30)$$

Die für den gesamten Ummagnetisierungsvorgang benötigte Energie kann aus (27) berechnet werden.

$$E = i^2 N_3^2 \frac{F + Rd_2}{\beta} \int_0^{T_2} \frac{1 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} t}}{1 - e^{-\gamma t}} dt \quad (31)$$

Die Lösung kann nicht mehr geschlossen dargestellt werden.

$$\int_0^{T_2} \frac{1 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} t}}{1 - e^{-\gamma t}} dt = -\frac{1}{\gamma} \ln \frac{e^{-\gamma t} - 1}{1 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} t}} \bigg|_0^{T_2} \quad (32)$$

$$- \sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{T_2} \frac{1}{e^{\frac{\beta}{\alpha} t + n \cdot \gamma}} dt \quad (33)$$

Die maximale Verschiebefrequenz: Sie wird, abgesehen von evtl. Treiberüberlastung, durch folgende Punkte bestimmt:

- a) Schaltzeit des Kernes
  - b) Erwärmung der Gleichrichter
  - c) Erwärmung des Kernes
- Um abschätzen zu können, ob die Schaltzeit des Kernes ausschlaggebend ist, werden zunächst die durch Gleichrichterwärmer verursachten maximalen Verschiebefrequenzen berechnet.

Für den Längsgleichrichter  $Rd_2$  gilt:

$$f_{V_{\max} d_2} = \frac{W_{d_2 \text{ zul}}}{T_2} \quad (34)$$

Die Lösung des Integrals ergibt:

$$\int_0^{T_2} W_{d_2} dt = \left( \frac{i N_1 N_3}{\beta} \right)^2 R_{d_2} \left\{ T_2 - \frac{\alpha}{2\beta} \left( 2 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} T_2} \right) \right. \\ \left. + \frac{\alpha}{2\beta} - 2 FC_1 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{\left( \frac{\beta}{\alpha} T_2 \right)^n}{n \cdot n!} \right. \\ \left. \left[ 2 - 2^n - \frac{\beta}{\alpha} FC_1 \frac{1 - 2^n}{n + 1} \right] \right\} \quad (31)$$

Für den Quergleichrichter  $R_{d_1}$  gilt analog zu der Formel (30)

$$f_{V_{\max} d_1} = \frac{W_{d_1} \text{ zur}}{T_2} \int_0^{T_2} W_{d_1} dt \quad (32)$$

Die Lösung des Integrals ergibt näherungsweise

$$\int_0^{T_2} W_{d_1} dt = R_{d_1} \left( \frac{i N_2 N_3 (F + R_{d_2})}{\beta (R_1 + R_{d_1})} \right)^2 \cdot \frac{1 - e^{-\frac{\beta}{\alpha} T_2}}{1 - e^{-\gamma T_2}} \cdot T_2 \quad (33)$$

Der Berechnung der Gleichrichterbelastung wurde eine Informationsfolge LLLL zugrunde gelegt. Dieser Fall tritt in der Praxis nur in Anlagen, die im Dualsystem arbeiten, auf.

Bei allen anderen Verfahren wird die maximale Frequenz durch das von der Verschlüsselungsart abhängige Verhältnis  $V$

$$V = \frac{\text{Bit pro Dezimale}}{\text{max. Zahl der Bit, in denen eine 1 gespeichert ist pro Dezimale}}$$

erhöht.

Es gilt:

$$f_{V_{\max}} = V \cdot f_{V_{\max}} \quad (34)$$

Die durch Kernerwärmung bedingte maximale Verschiebefrequenz wurde nicht berechnet, da die Abkühlungsverhältnisse nicht genau bekannt sind. Erfahrungsgemäß liegt sie jedoch wesentlich über der durch Gleichrichterwärmung bedingten maximalen Frequenz. Von den durch Punkt a und Punkt b bestimmten Frequenzen ist für die Praxis die niedrigste von Bedeutung.

Mit den angegebenen Gleichungen sowie der Bedingung

$$N_1 = \frac{U_{sp} \cdot 1,3 \cdot T_2}{(Br + Bm) \cdot q} \quad (35)$$

die zur Bestimmung der Windungszahl  $N_1$  von der maximalen Längsgleichrichtersperrspannung ausgeht, wurde eine Verschiebelinie dimensioniert. Verwendet wurden 5-mm-Rechteckferritkerne des VEB Keramische Werke Hermsdorf sowie 5-mm- und 10-mm-Pillenselen-gleichrichter des VEB Gleichrichterwerk Großräschen. Die an dieser Verschiebelinie gemessenen Werte stimmen bis auf einen Fehler von 10 % mit den berechneten Werten überein. In Bild 44 werden einige Oszillogramme wiedergegeben, die typisch für Selengleichrichterverschiebelinien sind.

Es ist zu beachten, daß das Lesen des Kerns in kürzerer Zeit als das Schreiben erfolgt. Bei der von Sands angegebenen Dimensionierung ist der umgekehrte Fall Voraussetzung. Aus Bild 4 sind deutlich die bei der Berechnung getrennt behandelten Zeitabschnitte  $t < T_2$  und  $t > T_2$  zu erkennen. Bild 45 zeigt die in einer als Umlaufspeicher verwendeten Verschiebelinie gespeicherte 28-stellige Informationsfolge.

## 2.2 Der Einsatz von Rechteckferriten in Matrixspeichern

Matrixspeicher werden als Schnellspeicher, die ihre Informationen von langsamen Speichern erhalten, sowie als modifizierte Rechenregister verwendet. Es sind aber auch bereits Anlagen gebaut worden, die als Festwertspeicher Matrixanordnungen benutzen. Aus der Literatur ist bekannt, daß Matrixspeicher bis zu einer

Größe von einigen Millionen Bit gebaut worden sind. Da es unmöglich ist, zweidimensionale Speicher in dieser Größe herzustellen, wurde zum Bau dreidimensionaler Anordnungen übergegangen. Der Einsatz von Rechteckferritkernen für Speichierzwecke erfolgt wegen ihrer Zuverlässigkeit in sehr großem Umfang. Es sind deshalb sehr viele Schaltungsvarianten bekannt geworden, von denen hier nur ein kleiner Teil, der grundsätzlichen Charakter trägt, zur Erklärung verwendet wird.

### 2.2.1 Aufrufverfahren

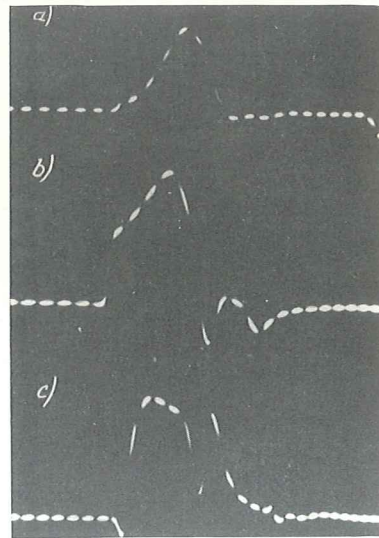
Der Aufruf eines Ferritkerns erfolgt in einer zweidimensionalen Matrix durch zwei koinzidente Stromimpulse mit der Amplitude  $\frac{J_n}{2}$ . Aus diesem Aufruf-

verfahren sind die grundsätzlichen Gütekriterien für Speicherkerne, wie sie in den Abschnitten 1.1 und 1.2.2.3 dargelegt wurden, abgeleitet worden. Bild 23 zeigte bereits früher die Arbeitsweise. Eine zweidimensionale Matrix kann nicht in beliebiger Größe gebaut werden. Neben der später unter Punkt 2.2.3 beschriebenen Störspannungsvergrößerung bei großen Speichern ist es auch vom fertigungstechnischen Standpunkt aus unvorteilhaft, zweidimensionale Speicher mit mehr als  $64^2$  Speicherplätzen zu bauen. Bereits bei Beschädigung eines Kerns (1,25 bis 2 mm  $\phi$ ) bei der Montage ist die Funktion des Speichers nicht gewährleistet. Neben der Auswahl des gewünschten Kerns durch halbe koinzidente Stromimpulse sind für zweidimensionale Speicher auch andere Verfahren entwickelt worden. Es ist zum Beispiel festgestellt worden, daß ein Rechteckimpuls, der nur während der halben Zeit, die ein Kern zum Umschalten benötigt, wirksam ist, in seiner Amplitude wesentlich über den halben Wert des Nennstromes erhöht werden kann, ohne daß der Informationsinhalt des Kerns zerstört wird. Durch Anlegen von zwei Impulsen, die zeitlich einander anschließen, soll ein ausgewählter Kern sicher umgeschaltet werden können.

Der Aufbau großer Speicher erfolgt meist in dreidimensionaler Form. Es werden normalerweise eine Anzahl Speicherebenen zu einem Block zusammengeschaltet. Da auch diese Speicher nach dem Koinzidenzverfahren arbeiten sollen, müßte jeder Teilstrom auf  $\frac{1}{3}$  des Nennstromes reduziert werden. Das vom Kern zu fordernde Störverhältnis würde  $> 0,66$  sein. Derartige Werkstoffe stehen jedoch nicht zur Verfügung, so daß andere Wege beschritten werden mußten, um den Bau dreidimensionaler Speicher zu ermöglichen.

Bild 44

- a) Spannungsverlauf beim Schreiben von Kern 2
  - b) Spannungsverlauf beim Lesen von Kern 2
  - c) Stromverlauf in der Eingangswicklung von Kern 3
- Zeitmarke: 0,2  $\mu$ s



Ein sehr häufig verwendetes Verfahren erfordert die Einführung eines weiteren Leiters, der alle Kerne sämtlicher Ebenen durchläuft und mit  $-\frac{J_n}{2}$  vorge-spannt ist. Der Aufruf erfolgt bei allen drei Ebenen in der gleichen Weise wie bei zweidimensionalen Spei-

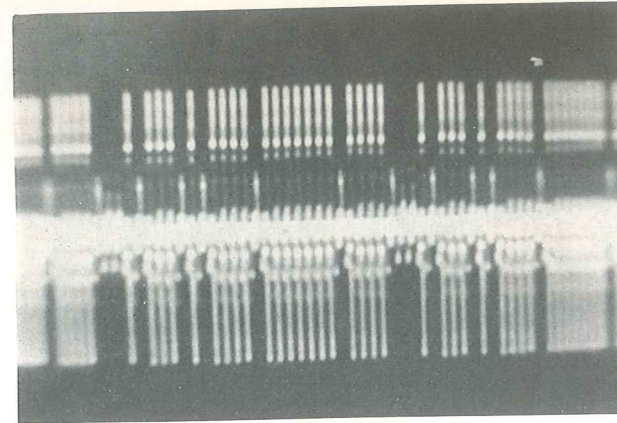


Bild 45. 28stellige, umlaufende Informationsfolge

chern. Durch dieses Verfahren können Kerne mit einem Störverhältnis  $> 0,5$  für dreidimensionale Speicher erfolgreich verwendet werden.

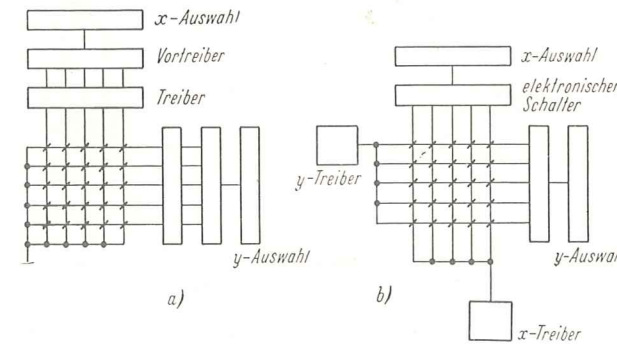


Bild 46. Auswahlprinzipien bei Matrixspeichern

- $J_{Dr}$  = Störimpuls beim Lesen
- $l$  = mittlerer Kernumfang
- $N$  = Wicklung, Windungszahl
- $q$  = Querschnitt
- $R$  = Widerstand
- $R_i$  = Innenwiderstand
- $R_d$  = Diodenwiderstand in Durchlaßrichtung
- $R_o$  = Kernersatzwiderstand pro Windungsquadrat
- $R_s$  = Rechteckigkeitsverhältnis
- $t$  = Zeit
- $T$  = Schaltzeit

### 2.2.2 Auswahlhaltungen

Auswahlhaltungen haben die Aufgabe, eine von zum Beispiel  $n$  dualen Informationen einer zweidimensionalen Matrix mit halben koinzidenten Teilströmen aufzurufen. Dies ist durch verschiedene Verfahren möglich. Im einfachsten Fall wird jeder Leitung ein den halben Treiberstrom liefernder Generator vorgeschaltet (Bild 46 a). Dessen Auswahl kann über eine weitere Matrix, eine sogenannte Wählermatrix oder über Schieberegister erfolgen. Jeder der Generatoren besteht aus mindestens zwei Stufen, die Amplitude und Dauer des Impulses bestimmen. Die zu fordernde Amplitudenkonstanz beträgt etwa  $\pm 5\%$ . Ein vorteilhafteres Verfahren (Bild 46 b) verwendet für Zeile und Spalte je nur einen Generator, der sehr amplitudenkonstant ist und über elektronische Schalter an die ausgewählte Spalte und Zeile angeschaltet wird. Eine weitere Verringerung des Aufwandes ergibt sich bei Verwendung der oben erwähnten Wählermatrix. Bei dieser wird die Tatsache ausgenutzt, daß von Rechteckferritkernen bei entsprechender Dimensionierung konstante Ströme abgegeben werden können. Sämtliche Spalten- und Zeilenauswahlleitungen enden, wie Bild 47 zeigt, in je einer Wähler- oder Schaltmatrix. Deren Eingängen

werden wieder koinzidente Signale zugeführt. Bei diesem Verfahren ist eine Verringerung an Treiberstufen auf  $4\sqrt{n}$  möglich, wobei  $n$  die Anzahl der Speicherplätze ist. Zur Ansteuerung der Schaltmatrix können wiederum Elektronenschalter verwendet werden.

Die benutzten Beispiele wurden nur beim Schreiben betrachtet. Das Lesen erfolgt häufig in gleicher Form mit Impulsen umgekehrter Amplitude, so daß sich die Anzahl der erforderlichen Generatoren verdoppelt. Eine Ausnahme bildet die Wählermatrix, bei der meist nur einmal Generatoren vorhanden zu sein brauchen, da durch die Vormagnetisierung eine Rückstellung des Auswahlkerns erfolgt, die gleich als Schreibstrom benutzt wird.

### 2.2.3 Verbesserung der Nutz-Störverhältnisse

Beim Aufruf eines Kerns in einer aus  $\sqrt{n}$  Zeilen und  $\sqrt{n}$  Spalten bestehenden Matrix werden  $2(\sqrt{n} - 1)$

Kerne mit  $\pm \frac{J_n}{2}$  gestört. Da die Nutz-Störampplitudenverhältnisse, wie Bild 29 zeigte, nicht größer als 12:1 sind, wäre bereits bei 12 gestörten Kernen ein Nutz-Störverhältnis von 1:1 erreicht. Durch diagonales Fäden der Leseleitung kann eine weitgehende Kompensation der Störspannungen erreicht werden. Eine weitere Möglichkeit, die ebenfalls bereits aus Bild 28 a zu erkennen ist, besteht in einer zeitdefinierten Auswertung der Nutzspannung, denn das Nutzspannungsmaximum tritt erst nach dem Störspannungsmaximum auf. Weitere Verbesserungen können durch Integration beider Spannungen, nicht gleichzeitiges Einschalten der Leseimpulse und Einsatz von Kompensationskernen erreicht werden.

NTB 492

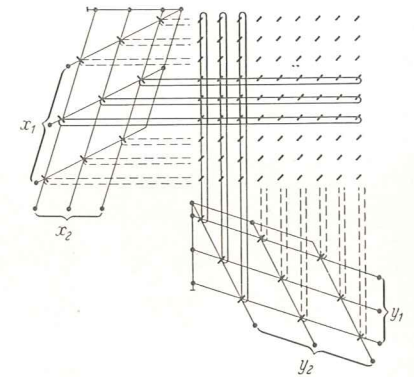


Bild 47. Matrixsteuerung mit Auswahlmatrix

- $T_1$  = Schaltzeit beim Schreiben oder Lesen einer „1“
- $T_0$  = Schaltzeit beim Schreiben oder Lesen einer „0“
- $T_L$  = Leseschaltzeit
- $T_s$  = Schreibschaltzeit
- $U; u$  = Spannung
- $U_{sp}$  = Diodensperrspannung

#### Zusammenstellung der verwendeten Symbole

- $B$  = Induktion
- $B_r$  = remanente Induktion
- $B_m$  = maximale Induktion
- $C$  = Kapazität
- $E$  = Energie, die für einen Ummagnetisierungsvorgang benötigt wird
- $f_v$  = Verschiebefrequenz
- $\mathfrak{H}$  = Feldstärke
- $H_c$  = Koerzitivkraft
- $H_L$  = Lesefeldstärke
- $H_s$  = Schreibfeldstärke
- $J; i$  = Strom
- $J_n$  = zum Schalten eines Kerns benötigter Nennstrom
- $J_w$  = Schreibimpuls
- $J_{Dr}$  = Störimpuls beim Schreiben
- $J_r$  = Leseimpuls

- $uV_1$  = Spannung beim Lesen einer „ungestörten 1“
- $dV_1$  = Spannung beim Lesen einer „gestörten 1“
- $uV_z$  = Spannung beim Lesen einer „ungestörten 0“
- $dV_z$  = Spannung beim Lesen einer „gestörten 0“
- $V$  =  $\frac{\text{Bit je Dezimale}}{\text{max. Zahl der Bit, in denen eine 1 gespeichert ist je Dezimale}}$
- $W$  = Verschiebeleistung je Bit
- $W_d$  = Diodenverlustleistung
- $W_{d_{zul}}$  = zulässige Diodenverlustleistung
- $\omega$  = Kreisfrequenz
- $\Phi$  = magnetischer Fluß
- $\textcircled{H}$  = Durchflutung
- $\textcircled{H}_{Hc}$  = der Koerzitivkraft entsprechende Durchflutung
- $\textcircled{H}_L$  = Durchflutung beim Lesen

NTB 492

**Literatur**

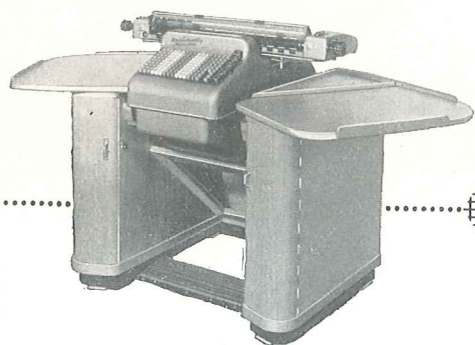
- [1] C. Heck, H. Reiner: Rechteckferrite und die Prüfung ihrer Speichereigenschaften. NTZ (1958) Heft 7, Seite 360-369
- [2] Dr.-Ing. Paul E. Klein, München: Das Elektronenstrahl-Ferroskop. Archiv für Technisches Messen J 8345 - 3. Febr. 1951
- [3] D. Drechsel: Prüfgerät für Ferrite mit rechteckförmiger Hysteresekurve. Nachrichtentechnik 8 (1958) Heft 8, Seite 352-360
- [4] H. Richter: Ferromagnete mit rechteckiger Hysteresekurve und ihre Anwendung. Elektrotechnik Nr. 15/16, April 1958, Seite 93-96
- [5] O. Eckert, E. Weides, K. Wallenfang: Gütebeurteilung von Rechteckferriten für elektronische Rechenmaschinen. Elektronische Rundschau 10 (1955), Seite 371-374
- [6] G. Hüwe: Die Meßtechnik und ein vollautomatischer Meßplatz für Speicherringe. Stenmag-Nachrichten 24. Dez. 1958, Seite 678-680
- [7] H. P. J. Wijn, E. W. Gorter, E. J. Esveldt, P. Geldermans: Bedingungen für eine rechteckige Hystereseschleife bei Ferriten. Philips Technische Rundschau 16 (1954) Heft 4-5, Seite 124-134
- [8] T. H. Bonn, R. D. Torrey, F. Bernstein: B-H Tester Measures Memory Core Parameters. Electronics engineering edition 1958, Jan., Seite 76-80
- [9] An Wang, Way Dong Woo: Static Magnetic Storage and Line. Journal of Applied Physics Vol. 21 (1950), Jan., Seite 49-54
- [10] E. A. Sands: The Behavior of Rectangular Hysteresis Loop Magnetic Under Current Pulse Conditions. Proceedings of the IRE 1952, Okt., Seite 1246-1250
- [11] E. A. Sands: An Analysis of Magnetic Shift Register Operation. Proceeding of the IRE 1953, August, Seite 993-999
- [12] F. van Tongerloo: Magnetische en dielectriche Rekenmaschine - elementen. Vortrag, gehalten auf der „Nederlands Radiogenootschap“ am 24. Juli 1953
- [13] R. D. Kodis, S. Ruhmann, W. D. Woo: Magnetic Shift Register using one core per bit. Convention Record of the IRE Part 7 (1953), Seite 38-42
- [14] John, D. Goodell: Testing Magnetic Decision Elements. Electronics 1954, Januar, Seite 200-203
- [15] I. L. Auerbach, S. B. Disson: Magnetic Elements in Arithmetic and Control Circuits. Electrical Engineering 1955, Sept., Seite 766-770
- [16] Guterman, Kodis, Ruhmann: Logical and Control Functions Performed with Magnetic Coros. Proceedings of the IRE 1955, März, Seite 291-298
- [17] H.-J. Dreyer: Programmgesteuerte Rechenmaschinen. Elektronische Rundschau 1955, Heft 10, Seite 351-352
- [18] Valvo-Informationen Nr. 10 k E, Seite 1-11
- [19] J. G. Koblenz: Bauelemente und Bauteile von Wählamtssteuereinrichtungen auf der Grundlage von kontaktloser magnetischer Kommutierung. Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten Nr. 2, 1958, Seite 5-31
- [20] Jan A. Rajchman: A Myriabit Magnetic-Core Matrix Memory. Proceedings of the IRE 1953, Okt., Seite 1407-1421
- [21] Jan A. Rajchman: Static Magnetic Matrix Memory and Switching Circuits. RCA Review June 1952, Seite 183-201
- [22] William N. Papian: New Ferrite - Core Memory. Electronics März 1955, Seite 194-197
- [23] William N. Papian: A Coincident - Current Magnetic Memory Cell for the Storage of Digital Information. Proceedings of the IRE 1952, April-Heft Seite 475-479



Sicherer - Schneller - Wirtschaftlicher durch Mechanisierung und Automatisierung auf allen Gebieten des Rechnungswesens.

**OPTIMATIC  
Buchungsautomaten  
Klasse 900 und 9000**

bieten Ihnen für die Lösung Ihrer Organisationsprobleme ein Höchstmaß an Funktionen, weitgehende Automatik, programmierten Arbeitsablauf und größte Sicherheit durch wirksame Kontrollen. OPTIMATIC-Buchungsautomaten können auf Wunsch mit automatischer Einzugsvorrichtung für Kontokarten und einer Anzahl von weiteren Sondereinrichtungen ausgestattet werden.



Moderne, formschöne Möbel in Holz- oder Stahlausführung geben der Bedienungskraft alle Bequemlichkeiten eines übersichtlichen Arbeitsplatzes und gewährleisten eine sichere Aufbewahrung der Steuerbrücken.

Fordern Sie Prospekte und lassen Sie sich unverbindlich durch uns beraten.

**VEB OPTIMA BÜROMASCHINENWERK ERFURT**

**Elektroakustische Laufzeitspeicherung**

Dipl.-Phys. G. ALLNOCH, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

Die Grundlage der elektroakustischen Laufzeitspeicherung bildet praktisch die Eigenschaft der Schallwellen, sich mit einer endlichen Geschwindigkeit auszubreiten. Schallwellen, die ja Schwingungen eines elastischen Mittels darstellen, werden ausgenutzt, um elektrische Impulse zu übertragen; d. h. diese elektrischen Impulse werden in Schallimpulse überführt, durchlaufen als solche ein bestimmtes Laufzeitmedium und werden schließlich wieder zu elektrischen Impulsen umgeformt. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Schallimpulse im Schallträger fortpflanzen, hängt von den zur Schallübertragung verwandten Materialien ab. Entsprechend für homogene Mittel und kleine Amplituden kann die Schallgeschwindigkeit als Materialkonstante angesehen werden, wenn  $c$  die Schallgeschwindigkeit ist, gilt für Gase

$$c = \sqrt{\frac{\kappa P_0}{\rho_0}}$$

$P_0$  = Gasdruck im Ruhezustand.  $\kappa$  ist das Verhältnis der spezifischen Wärmen  $\rho_0$  = die Dichte im Ruhezustand. Für Flüssigkeiten gilt die Beziehung

$$c = \sqrt{\frac{1}{K \epsilon_0}}$$

für feste Körper gilt

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho_0}}$$

$K$  = Kompressionsmodul  $E$  = Elastizitätsmodul

Im Falle sehr großer Schalldrucke z. B. Explosionen werden die Gesetze wesentlich komplizierter. Es tritt eine Formänderung der Welle auf. Die angegebenen Formeln sind nur Näherungswerte. Zur exakten Berechnung der Schallfortpflanzung gehen mehr Konstanten ein. Die Zahl dieser Konstanten im einfachen Fall des isotropen Körpers, wie oben gezeigt, sind 2. Bei anisotropen Körpern, den Kristallen, hängen die Konstanten von den betreffenden Kristallsystemen ab. Während das reguläre System 3, das trigonale und tetragonale 6, das monokline 13 Konstanten besitzt, wird das elastische Verhalten des triklinen Systems sogar von 21 Konstanten bestimmt. Während sich in Flüssigkeiten und Gasen nur eine Art elastischer Wellen, nämlich Kompressionswellen, also reine longitudinale Schwingungen ausbreiten, können in festen Körpern außerdem noch Transversal- oder Torsions-schwingungen auftreten, die Transversal- oder Schubwellen zur Folge haben. Der Grund dafür liegt darin, daß in festen Körpern außer einer reinen Kompression bzw. Dilatation auch noch eine Scherung unter dem Einfluß von Schubkräften auftreten kann. In Flüssigkeiten und Gasen gibt es also nur eine Volumenelastizität. Bei festen Körpern tritt neben dieser Volumenelastizität noch eine Formenelastizität auf.

Das hat zur Folge, daß bei einem begrenzten Medium die Art der angeregten Welle noch von der Gestalt des betreffenden Körpers abhängig ist, wodurch die Verhältnisse oft sehr verwickelt werden.

Betrachten wir eine Dehnungswelle in einem stabförmigen Schallträger, so treten zwangsläufig Querwellen auf. Weiter können sich längs eines Stabes Torsionswellen ausbreiten. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Torsionswelle ist kleiner als die der reinen Längswelle. Sie errechnet sich aus der Beziehung

$$c = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

$G$  = Torsionsmodul  $\rho$  = Dichte

Außerdem können quer zur Stabrichtung longitudinale Radialwellen auftreten, die durch Kopplungserscheinungen mit achsialen Schwingungen zu recht komplizierten Schwingungsvorgängen führen können. Neben

diesen Wellentypen sind an der Oberfläche eines festen Körpers noch sogenannte Oberflächenwellen möglich.

**Schallsender und Empfänger**

Für den Hörfrequenzbereich sind Sender- und Empfänger genügend bekannt. Für höhere Frequenzen kommen als Schallsender hauptsächlich Pfeifen und Sirenen in verschiedenen Variationen in Frage. Weiter kennen wir thermische, elektrodynamische und elektrostatische Geber. Als Sender- und Empfänger speziell für die elektroakustische Laufzeitspeicherung kommen Quarze, Bariumtitanate und magnetostruktive Schwingler in Betracht.

Bei Quarzen wird der piezoelektrische Effekt ausgenutzt. Auf die Theorie des piezoelektrischen Effektes wird hier in diesem Rahmen nicht eingegangen.

**Magnetostraktion**

Der magnetostruktive Effekt sieht bekanntlich so aus, daß ein Stab aus ferromagnetischem Material, der in ein Magnetfeld gebracht wird, das parallel zum Stab verläuft, eine Längenänderung erfährt. Diese Längenänderung ist unabhängig vom Vorzeichen des magnetischen Feldes und kann eine Verkürzung oder Verlängerung sein, je nach der Stoffart und der Vorbehandlung. Diese Längenänderungen sind sehr klein und bewegen sich in Größenordnung von  $10^{-6}$  m (Bild 1).

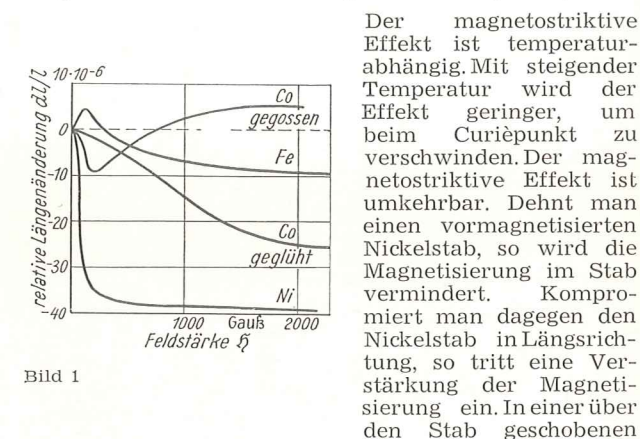


Bild 1

Spule erhält man daher durch solche elastische Deformationen elektrische Induktionsspannungen.

Die Erscheinung der Magnetostraktion läßt sich vom molekularkinetischen Gesichtspunkt aus folgendermaßen verstehen. Der Ferromagnetismus beruht auf dem Vorhandensein von elementaren magnetischen Dipolen. Als Metalle bestehen die Ferromagnetika aus winzigen einheitlichen Mikrokristalliten in dichter Packung. Die kristallographischen Achsen liegen im Raum durcheinander. Die einzelnen Kristallite sind in Weiß'sche Bezirke unterteilt, die aus sehr vielen Molekülen bestehen und die obenerwähnten Dipole bilden. In jedem Weiß'schen Bezirk sind die Dipole gleichsinnig gerichtet, und zwar parallel zur leichten Magnetisierungsrichtung. Dieses ergibt ein Minimum an potentieller Energie. Ist der Stoff nicht magnetisiert, so kommen beim Eisen entsprechend seiner Struktur alle 6, bei Nickel alle 8 innerhalb eines Kristallits möglichen Richtungen des magnetischen Momentes der Weiß'schen Bezirke gleich oft vor und heben sich nach außen infolge der unregelmäßigen Verteilung auf. Durch ein äußeres Feld wird die regellose Verteilung geändert, indem eine größere Zahl von Weiß'schen Bezirken durch  $90^\circ$  oder  $180^\circ$  Wandverschiebungen in diejenigen leichter Magnetisierungsrichtung übergehen, die mit der Richtung des äußeren magnetischen Feldes den kleinsten Winkel bilden. Eine

weitere Magnetisierung bewirkt dann eine Drehung der Magnetisierungsrichtung in die Richtung des äußeren Feldes.

Nun bildet sich gleichzeitig mit der erwähnten spontanen Magnetisierung der Weiß'schen Bezirke eine spontane Verzerrung des Kristallgitters aus. So ist z. B. bei Nickel die Gitterkonstante in Richtung der spontanen Magnetisierung stets etwas kleiner als in der dazu senkrechten Richtung. Werden nun durch ein äußeres Feld die Magnetisierungsrichtungen der einzelnen Bezirke gedreht, so ändert sich damit in den einzelnen Bezirken die Gitterverzerrung. Aus der Vielzahl solcher mikroskopischer Deformationen, die im gleichen Sinne wirken, ergibt sich dann als makroskopische Längenänderung die Magnetostraktion.

Die magnetostruktiven Schwinger haben gegenüber den piezoelektrischen einige Nachteile. Diese sind die schon erwähnte Temperaturabhängigkeit, die nach oben begrenzte Frequenz und die verhältnismäßig breite Resonanzkurve. Diese ist neben mechanischen Verlusten im Schwinger hauptsächlich bedingt durch den sogenannten  $\Delta E$  Effekt. Der  $\Delta E$  Effekt ist die Änderung des Elastizitätsmoduls von ferromagnetischen Stoffen mit der Stärke der Magnetisierung.  $\Delta E$  ist also das Verhältnis.

$$\frac{E - E_{\min}}{E_{\min}}$$

$E_{\min}$  ist der Elastizitätsmodul bei kleinstmöglicher Feldstärke (Bild 2).

Noch ein kurzes Wort zum Elastizitätsmodul. Die normalen statischen Methoden der Dehnung, Torsionsdurchbiegung usw., die hier allgemein bekannt sind, liefern die isothermen Elastizitätskonstanten. Für mittlere und höhere Frequenzen haben wir aber einen adiabatischen Prozeß vor uns; d. h., es findet kein Wärmeausgleich zwischen den Schwingungsbäuchen und Knoten statt. Hierzu benötigt man also, wenn man ganz genau gehen will, dynamische Verfahren zur Bestimmung der Elastizitätskonstanten. Die Bestimmung kann z. B. im Kund'schen Rohr erfolgen. Zwischen dem isothermen und adiabatischen Elastizitätsmodul besteht die Beziehung.

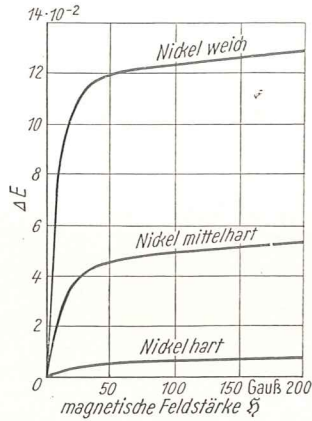


Bild 2

$$E_{is} = 1 - \frac{a^2 T E_{is}}{J \rho c_p}$$

$$\frac{E_{ad} - E_{is}}{E_{ad}} = \frac{\Delta E}{E} = \frac{a^2 T E_{is}}{J \rho c_p}$$

$a$  = der lineare Ausdehnungskoeffizient,  $\zeta$  ist die Dichte,  $T$  = die absolute Temperatur,  $c_p$  = spezifische Wärme bei konstantem Druck,  $J$  = der Arbeitswert der Wärmeeinheit =  $4,186 \times 10^7$  Erg pro Kalorien. Im allgemeinen sind die Unterschiede zwischen  $E_{ad}$  und  $E_{is}$  < als 0,5%. In Fragen der Magnetisierung spielt der Schall auch eine große Rolle. Durch Ultraschalleinwirkung tritt im Metall eine Lockerung der Molekularmagneten ein, wodurch der Vorgang der Ummagnetisierung wesentlich erleichtert wird. Wichtig ist, daß nach Abschalten der Schalleinwirkung eine erhöhte Magnetisierung erhalten bleibt, woraus hervorgeht, daß der Schall irreversible Magnetisierungsprozesse auslöst. Auch beim allmählichen Abschalten des äußeren Feldes, d. h. bei Entmagnetisierung, ist der Ultraschall wirksam, indem er die Entmagnetisierungsprozesse fördert; d. h. das Umklappen der Elementarmagnete in den ungeordneten Zustand erleichtert. Be-

trachtet man hierzu die Hysterese, so nimmt sie mit zunehmender Schallintensität die jungfräuliche Form an, d. h. also, sie wird schmaler. Bei einem Material beliebiger Magnetisierung wird die Remanenz durch Beschallung abgebaut. Die Remanenz kleiner Magnetisierung wird ganz beseitigt, diejenige der Sättigung um etwa 30% verringert. Die Magnetisierungsänderungen entstehen ausschließlich durch den Schallwellendruck, nicht durch Schwingungsbewegungen, Geschwindigkeit oder Beschleunigung der Teilchen. Dies zeigt sich dadurch, daß der Remanenzabbau nur in den Druckbäuchen einer stehenden Welle stattfindet. Die Erklärung hierfür gibt wieder die neue Anschauung über den Magnetisierungsvorgang. Danach sind ja in einem unmagnetischen Material unzählige spontane magnetische Bereiche mit verschiedener Magnetisierungsrichtung nebeneinander und sind durch sogenannte Wände voneinander getrennt. Die Magnetisierung erfolgt nicht durch Drehung und Ausrichtung der Elementarbezirke, sondern zum größten Teil dadurch, daß sich die bereits günstig orientierten Bezirke durch eine Art Wandverschiebung auf Kosten der Nachbarbezirke ausdehnen. Diese irreversiblen Wandverschiebungen können nur durch Druck oder Zugbeanspruchungen gefördert werden.

### Praktische Anwendung der akustischen Laufzeit zur Speicherung von Impulsen

Als Laufzeitmedium kann praktisch jedes beliebige Material Verwendung finden; d. h. also jeder beliebige flüssige, gasförmige oder feste Stoff. Es bleibt nur die Frage, ob sich dieses oder jenes als günstig erweist. Man benötigt also, um einen Speicher zu bauen, ein Laufzeitmedium, einen Sender und einen Empfänger. Der Sender gibt einen Impuls ab, dieser läuft über den Schallträger und wird nach einer bestimmten Zeit, die von dem Material und der Länge des Laufzeitmittels abhängig ist, vom Sender aufgenommen.

Die Arten von Ankopplung zwischen Sender, Schallträger und Empfänger sind sehr verschieden. Im einfachsten Fall nimmt man einen Nickeldraht (Nickel als Reinwerkstoff zeigt einen günstigen Magnetostruktions-effekt) und schiebt über diesen 2 Spulen (Sender und Empfänger), wie es Bild 3 zeigt.

Fließt durch die Sendespule für kurze Zeit ein Strom, so wird durch das so aufgebaute magnetische Feld der Nickeldraht unter der Spule infolge der Magnetostraktion eine elastische Deformation erfahren.

Diese ist beim Nickel eine Zusammenziehung. Nach Abschalten des Stromes wird sich diese zusammengezogene Zone unter der Spule wieder in ihre ursprüng-

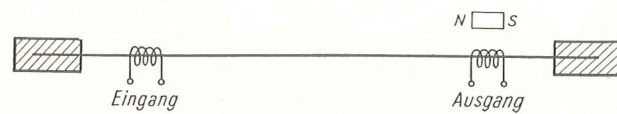


Bild 3

liche Form dehnen. Diese plastische Deformation wird sich zu beiden Seiten der Spule innerhalb des Drahtes als Schallwelle fortpflanzen.

Da sie praktisch nur nach einer Richtung hin benötigt wird, muß die Welle, die sich nach der anderen Seite hin fortpflanzt, totlaufen. Dies geschieht am besten in einem Gummipolster. Fließt durch die Sendespule ein Impulsstrom, so werden mit Hilfe der Empfängerspule, entsprechend Zeit verzögert, Impulse abgehört. Diese Impulsspannungen werden in der Hörspule induziert, da, wie oben erwähnt, der Magnetostruktions-effekt umkehrbar ist und die Schallwellen, die praktisch eine Deformation des Nickeldrahtes unter der Hörspule darstellen und damit die Magnetisierung ändern. Aus oben Angeführtem erkennt man leicht, daß die Impulslänge ungefähr mit der Spulenlänge übereinstimmen muß, d. h. also bei einer  $\mu s$  Impulsbreite muß die Sendespule  $\sim 5$  mm lang sein, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Schallwelle in Nickel 5 mm pro  $\mu s$  ist.

In den Bildern 4 bis 6 sind schematisch die einzelnen Wellenformen der Ausgangsspannungen in Abhängigkeit von der Form der Eingangsströme dargestellt. Bild 4 zeigt die Form der Ausgangsspannung  $U_2(t)$  bei einem konstanten Eingangsstrom  $i(t)$ . Hierbei bestimmt die Länge der Sprechspule die Impulsbreite  $\tau_1$ . Dieser Impuls läuft als Schallwelle durch den Schall-

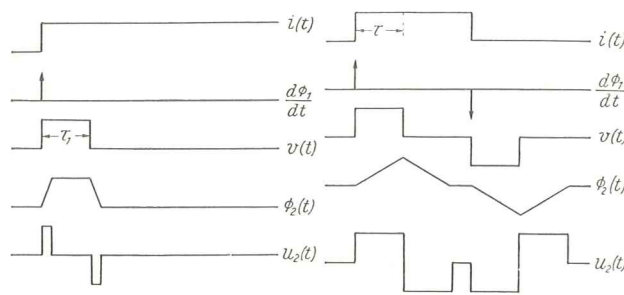


Bild 4

Bild 5

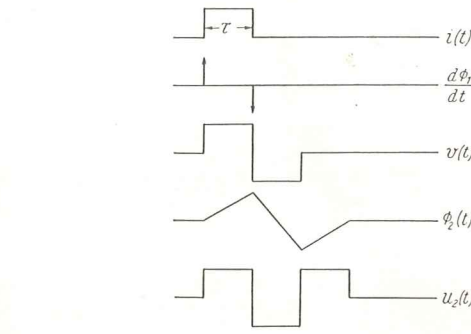


Bild 6

träger und erzeugt unter der Hörspule den Fluß  $\Phi_2$ .

Aus der Flußänderung  $\frac{d\Phi_2}{dt}$  ergibt sich die Ausgangsspannung  $U_2(t)$ .

Bild 5 zeigt die Wellenform, wenn der Eingangsstrom impulsmäßig verläuft u. zw. mit einer Impulsbreite, die größer als die Länge der Sprechspule ist. Die Länge des fortlaufenden Impulses wird wieder durch die Länge der Sprechspule bestimmt. Nach Abschalten des Stromes  $i(t)$  tritt die gegenläufige Deformation auf. (In der Abbildung dargestellt durch  $v(t)$ ).

Bild 6 zeigt die Form der Ausgangsspannung  $U_2(t)$ , wenn Eingangsimpulsbreite und Spulenlänge übereinstimmen.

Die Ankopplung der Spule an den Nickeldraht wird durch den Kopplungsfaktor  $K$  angegeben.  $K^2$  gibt direkt das Verhältnis der im Schwinger erzeugten mechanischen Energie zu der aufgewandten magnetischen Energie an.

$$K^2 = \frac{4\tau \gamma^2 \mu}{E}$$

$\gamma$  = Magnetostruktionskonstante

$\mu$  = Permeabilität

$E$  = Elastizitätsmodul

Aus der Formel ist zu ersehen, wenn die Permeabilität  $\mu$  erhöht wird, erhöht sich auch die Kopplung. Dies kann man erreichen, wenn der Nickeldraht unter Sprech- und Hörspule gegläht wird. Außerdem wird dadurch die Elastizität kleiner, was ebenfalls die Kopplung erhöht. Die abgehörte Impulsspannung ist bei dem so vorbehandelten Nickeldraht etwa um das Vierfache größer als bei ungeglühtem Draht. Lang ausgeglühte Enden des Nickeldrahtes geben, in Gummipolster eingebettet, eine relativ gute Auslaufdämpfung. Diese ist sehr notwendig, da sich sonst an den Enden große Reflexionen ergeben. Die obere Grenze der Impulsfolgefrequenz ist abhängig von der Stärke des Nickeldrahtes. Ist der Draht zu stark, so erfolgt bei

sehr hohen Frequenzen keine Durchmagnetisierung mehr, d. h. die Magnetostraktion wird nicht mehr über den ganzen Querschnitt verteilt sein.

Dieses würde eine relativ starke Dämpfung zur Folge haben. Ein weiteres Problem ist die Lagerung. Um eine größere Speicherdauer zu erhalten, muß der Schallträger, in diesem Falle der Nickeldraht, eine entsprechende Länge haben. Eine große Drahtlänge bringt man günstigenfalls in einer Spirale unter. Wird der Draht zur Spirale aufgewickelt, muß er sehr oft gelagert werden. Diese Lagerstellen müssen so aussehen, daß die ankommenden Schallwellen einmal keine Reflexion erfahren, zum anderen keiner zu großen Dämpfung unterliegen.

Bei den bis jetzt besprochenen Speicherverfahren handelte es sich um Laufzeitspeicher, bei denen reine Dehnungswellen d. h. Längswellen zur Schallübertragung ausgenutzt werden. Es gibt auch noch ein anderes Verfahren, bei dem zur Speicherung Torsionswellen Verwendung finden. Die Torsionswellen pflanzen sich langsamer fort als Längswellen. Bei Nickel etwa mit dem Faktor 0,6. Das hat den Vorteil, daß für größere Speicherdauer der Schallträger kürzer gehalten werden kann. Torsionswellen können nun auf verschiedene Arten erzeugt werden. Sehr geläufig ist ein Verfahren, bei dem ein Nickelband, in dem sich reine Dehnungswellen fortpflanzen, tangential um einen Draht, der als Schallträger dient, gelegt wird und somit die reine Längswelle in eine Torsionswelle überführt. Auf die gleiche Art und Weise werden auf der Empfängerseite die Torsionswellen in Längswellen umgeformt. Bei einem anderen Verfahren wird ein Bariumtitanatzylinder, der entsprechend formiert ist, um den Schallträger gepreßt. Dieser Bariumtitanatzylinder führt bei Anlegen einer Wechsellspannung Torsionsschwingungen aus, die sich somit auf das Laufzeitmedium übertragen und dort als Torsionswellen fortpflanzen. Auf der Empfängerseite sitzt ein ähnlicher Zylinder, der die Torsionswellen in elektrische Spannungen umwandelt.

### Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß zum Bau eines elektroakustischen Laufzeitspeichers auf der Sprech- und Hörseite dieselben Baueinheiten Verwendung finden, wie sie auch bei einer Trommel vorhanden sind. Trotzdem hat der elektroakustische Speicher einige Vorteile. Einmal gibt es keine bewegten Teile, die, wie bei einer Trommel mit äußerster Genauigkeit laufen müssen, zum anderen kann die obere Frequenzgrenze sehr hoch geschoben werden. Aus der Literatur sind Laufzeitspeicher bekannt, die mit einer Frequenz von 24 MHz arbeiten. Einen günstigen Einsatz finden diese Speicher in kleinen schnellen Rechnern als Umlaufspeicher. NTB 493

### Literatur:

F. Kohlrusch: „Praktische Physik“ (B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig) 1953, S. 110–116

L. Bergmann: „Der Ultraschall“ (S. Hirzel Verlag Stuttgart) 1954

L. Rosenberg and A. Rothbart: „Electrical design of the Transducer Networks of a magnetostruktive delay Line“

### Spinecho – Speicherverfahren

Die Ausnutzung der Spinechos zur Speicherung von elektrischen Impulsen ist eine der modernsten Speichermethoden. Sie bietet den Vorteil einer Speicherung von Impulsen in einem relativ kleinen Speichermittel. Die Spinechos beruhen auf der Kombination der mechanischen und magnetischen Eigenschaften des Atomkernes, hauptsächlich des Protons vom Wasserstoffkern in Wasser. Der Kern rotiert mechanisch um seine Symmetrieachse und da der Kern eine Masse hat, besitzt er ein Drehmoment, d. h., er stellt praktisch einen Kreisel dar. Ein Kreisel kann bekanntlich 3 Bewegungen ausführen (Bild 1).

Bestimmend für diese Bewegung sind die 3 Eulerschen Winkel  $\delta$ ,  $\psi$  und  $\varphi$ .  $\delta$  ist der Winkel zwischen Vertikale



und Figurenachse.  $\delta$  ist eine Drehung um die zu beiden senkrechten Knotenlinien, d. h., ein reines Kippen oder die Bewegung eines physikalischen Pendels.  $\delta$  ist ungleich 0,  $\varphi$  ist gleich 0 und  $\psi$  ist gleich 0.  $\psi$  ist der Winkel den die Knotenlinie mit einer festen Richtung in der Horizontalebene, z. B. der X-Achse bildet.  $\psi$  ist eine Drehung um die Vertikale, d. h., eine reine Präzessionsbewegung, dann ist  $\delta$  gleich 0,  $\varphi$  gleich 0 und  $\psi$  ungleich 0,  $\varphi$  ist der Winkel den die Knotenlinie mit einer festen Richtung in der Äquatorialebene des Kreisel, z. B. der Groß-X-Achse einschließt.  $\varphi$  ist eine Drehung um die Figurenachse, d. h., reine Rotation, dabei sind  $\delta$  gleich 0,  $\psi$  gleich 0 und  $\varphi$  ungleich 0.

Zusätzlich hat der Kern ein magnetisches Moment in Richtung der Kreiselachse. Man kann praktisch den Atomkern als elementaren Magneten auffassen. Für einen bestimmten Stoff besteht ein festes Verhältnis zwischen dem magnetischen Moment und dem Drehmoment des Kernkreisels. Dieses nennt man das gyromagnetische Verhältnis  $\gamma$ . In einem sehr starken äußeren magnetischen Feld werden diese Kreisel ausgerichtet; es wird dadurch ein magnetisch resultierendes Nettomoment  $M_0$  erzeugt und ein ebensolches Drehmoment  $I_0$ . Diese Momente bilden die Vektorsumme aller betrachteten Kerne. Nach einer Störung führen diese Kernkreisel eine Präzession um die Feldrichtung nach der Kreiseltheorie durch. Diese Präzession erfolgt mit der Kreisfrequenz  $\omega_0 = \gamma H_0$ .  $H_0$  ist die Feldstärke, die auf jeden Kern einwirkt und Gamma ist das oben besprochene gyromagnetische Verhältnis. Wenn die Feldstärke in verschiedenen Teilen der Probe verschiedene Werte hat, präzedieren die Kerne in verschiedenen Teilen der Probe mit verschiedenen Larmorfrequenzen (Larmorfrequenz = Präzessionsfrequenz). Die Probe bzw. das Speichermittel besteht aus Wasser oder Glycerin. Auf den verschiedenen Präzessionen in einem inhomogenen Feld beruht praktisch die Technik der Spinechos. Praktisch sieht das nun so aus, daß sich das Speichermittel zwischen den Polen eines Magneten befindet, dessen Hauptfeld  $H_0$  in vertikaler Richtung verläuft (Bild 2). Die HF-Spulen sind so angeordnet, daß das Feld senkrecht zu  $H_0$  verläuft. 2 Gleichstromspulen erzeugen die benötigte Inhomogenität. Nach einem HF-Impuls rotieren infolge der Inhomogenität des Feldes  $H_0$  in verschiedenen Teilen der Probe die Kernkreisel mit

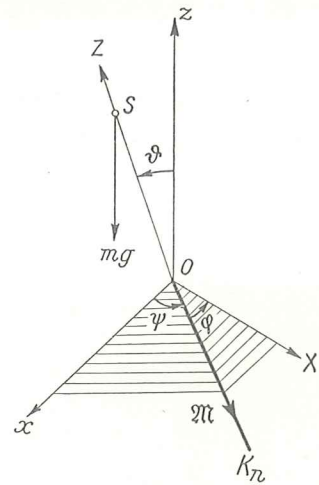


Bild 1

verschiedenen Larmorfrequenzen. Der resultierende Vektor aller Kerne rotiert in einer mittleren Frequenz. Die einzelnen Teilmomentvektoren rotieren mit größerer oder kleinerer Geschwindigkeit und fächern aus oder trennen sich einander in einem Ausmaß, das von der Differenz ihrer Larmorfrequenzen abhängt. Solange

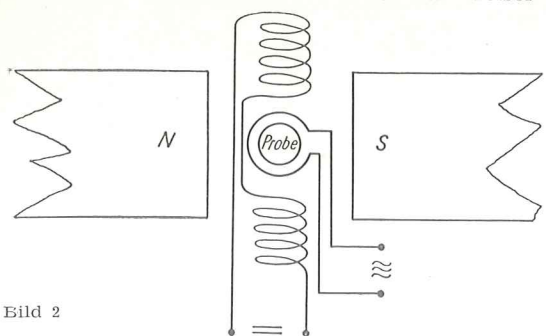


Bild 2

verschiedenen Larmorfrequenzen. Der resultierende Vektor aller Kerne rotiert in einer mittleren Frequenz. Die einzelnen Teilmomentvektoren rotieren mit größerer oder kleinerer Geschwindigkeit und fächern aus oder trennen sich einander in einem Ausmaß, das von der Differenz ihrer Larmorfrequenzen abhängt. Solange

dieses Auseinanderlaufen anhält, entsteht kein Signal. Um ein Echo zu erzeugen, muß ein Erinnerungs-HF-Impuls abgegeben werden, der drehend auf das System wirkt. Die Divergenz wird dann in eine Konvergenz umgewandelt. Wenn Zeit- und Feldbedingungen eingehalten werden, laufen die Teilvektoren wieder auf die Stellung ihres gemeinsamen Gesamtvektors zusammen. Sie verstärken sich dann und geben ein Signal. Dieses ist das Echo des Eingangssignals.

Um dieses noch mal genauer zu erklären, betrachten wir 3 einzelne Momente  $M_1$ ,  $M_2$  und  $M_3$ .

$M_1$  drehe sich mit einer mittleren Geschwindigkeit  $\omega_0$ ,  $M_2$  drehe sich mit einer mittleren Geschwindigkeit  $\omega_0 + \Delta\omega$ ,  $M_3$  drehe sich mit einer mittleren Geschwindigkeit  $\omega_0 - \Delta\omega$ .

Nach dem HF-Erinnerungsimpuls, der ja um  $180^\circ$  drehend wirken soll, haben sich die Positionen vertauscht.

Die Drehebene ist praktisch umgekippt worden. Das langsame Moment  $M_2$  ist nun vor dem mittleren Moment  $M_1$  und das ehemals schnellere Moment  $M_3$  ist hinter dem mittleren Moment. Drehgeschwindigkeit und Drehrichtung bleiben jedoch für alle Momente genauso erhalten, wie vor dem Kippen.

Dadurch wird schließlich  $M_2$  von  $M_1$  überholt. Ähnlich werden  $M_1$  und  $M_2$  von  $M_3$  überholt. Bleibt nun, wie oben schon erwähnt, das Feld  $H_0$  unverändert, so werden eine Zeit nach dem Erinnerungsimpuls alle Momente in Phasenkoinzidenz kommen und ein neues zusammengesetztes Moment  $M_0$  bilden. Dieses resultierende Moment  $M_0$  induziert in der HF-Spule das Signal.

Nach einem anderen Verfahren kann ein Umkippen der Drehebene auch durch eine proportionale Umkehrung der räumlichen Verteilung der Feldinhomogenität erreicht werden. Dieses kann durch zusätzliche Feldspulen erreicht werden.

An den Stellen, an denen vor der Umkehrung die Inhomogenität einen solchen Betrag hatte, daß der an dieser Stelle beeinflusste Kern schneller präzedierte als der resultierende Momentvektor, wird nach der Umkehrung die Inhomogenität so groß gemacht, daß der betreffende Kern langsamer präzediert und umgekehrt. Grundsätzlich unterscheidet man bei dem Spinechospeicherverfahren 2 Arten, nämlich die Spiegelecho und die angeregte Echomethode. Beim Spiegelecho sind Eingangs- und Echoimpuls spiegelsymmetrisch in bezug auf den Erinnerungsimpuls. Beim angeregten Echo ist ein HF-Vorimpuls notwendig. Dieser muß genügend lang und stark sein, um alle Kernmomente der Probe um  $90^\circ$  Grad, d. h. in die XY-Ebene zu kippen, wo sie sich während eines Zeitraumes über die ganze Ebene verteilen und mit verschiedenen Larmorfrequenzen präzedieren. Nach dem Zeitraum  $\tau$  werden die Speicherimpulse gegeben und dadurch Gruppen oder Familien von Momentvektoren auf einem System von Kegeln gebildet, die um die Z-Achse oder um  $H_0$  rotieren. Man nennt dieses auch Speicherung auf der Z-Achse. Der Erinnerungsimpuls muß von solcher Dauer und Stärke sein, daß er die sich drehenden Momentkegel wieder in die XY-Ebene kippt, was zur Folge hat, daß sich die einzelnen Drehvektoren der Momente umkehren. Darauf sammeln sich die Teilvektoren und produzieren ein Echosignal.

Bei dieser Spinechospeicherung ist es so, daß sich große Impulszahl und lange Speicherdauer gegenseitig ausschließen. Man kann eine Speicherdauer bis zu einer halben Sekunde erzielen, wenn man nur wenige Informationen speichern will. Etwas unbequem ist bei dieser Speichermethode das benötigte relativ starke Magnetfeld. Das ist wohl auch ein Hauptgrund, warum man neuerdings auf die Ausnutzung des Quadrupolresonanzeffektes zur Speicherung von Impulsen übergeht. Bei diesem Effekt wird kein äußeres Magnetfeld  $H_0$  benötigt, sondern ein äußeres elektrisches Feld  $E_0$ . Dieses ist auf jeden Fall einfacher zu erzeugen. NTB 493

#### Literatur:

- A. Sommerfeld: Mechanik. (Akad. Verlagsgesellsch. Geest u. Portig KG., Leipzig 1949) S. 187-88  
Auslegeschrift. 1 018 463 Kl. 21 a 1 36 „Verfahren zur Speicherung von elektrischen Impulsen mittels Kern-Spin-Echo“  
Auslegeschrift. 1 011 180 Kl. 42 m 14 „Verfahren zur Speicherung von Impulsen nach dem Kernspinechoverfahren“

## Die Anwendung dünner magnetischer Schichten in der Technik moderner Rechenmaschinen

Dipl.-Ing. H.-B. BEMMANN, KDT, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

### Einleitung:

Bisher wurden in der Technik elektronischer Rechenmaschinen in großem Umfang Ferritkerne als logische Schaltelemente, Speicher und Schieberegister verwendet. Die Schaltzeiten von Ferritkernen liegen im Bereich  $1 \dots 12 \mu s$ ; eine Verkürzung erscheint durch Anwendung partiellen Schaltens bedingt möglich. Die technischen Anforderungen an moderne Kreis- und Speicherelemente, die hohe Impulsfolgenfrequenzen verarbeiten können, laufen in Richtung des ns-Gebiets. Dünne magnetische Schichten erfüllen diese Bedingungen und gestatten Schaltzeiten der Größenordnung 2 ns zu realisieren [1].

Unter einer „dünnen magnetischen Schicht“ versteht man einen sehr dünnen Niederschlag ferromagnetischen Materials, der auf einem unmagnetischen, meist nichtmetallischen Träger (z. B. Glas) aufgebracht ist. Die Schichtstärke bewegt sich vorwiegend in dem Bereich unterhalb einer  $1000 \text{ \AA}$ . Die Ferritkerne besitzen eine obere Frequenzgrenze, die im wesentlichen durch die Hystereseverluste bedingt ist. Eine systematische Forschung führte von den kompakten Materialien zu den dünnen Schichten, ausgehend von der Tatsache, daß durch die Verminderung der Schichtstärke des magnetischen Materials die Wirbelstromverluste beachtlich verringert werden können.

In den folgenden Abschnitten sollen über die physikalischen Eigenschaften, die Anwendung und die Herstellung dünner magnetischer Schichten berichtet werden, die im Verlaufe der letzten Jahre eine große Perspektive für die Rechentechnik eröffnet haben. Tafel 1 zeigt eine Übersicht zwischen Ferritkernen und dünnen Schichten.

Tafel 1. Vergleich zwischen Ferritkernen und dünnen Schichten

Eigenschaft	Ferritkerne		dünne magnetische Schichten	
	gegenwärtig	zukünftig	gegenwärtig	zukünftig
Schaltgeschwindigkeit	1 $\mu s$	0,1 $\mu s$ (Anwendung partiellen Schaltens)	100 ns	3...10 ns
Treiberleistung	800 mA an 50 $\Omega$ (Röhrentreiber)	mit gegenwärtiger vergleichbar	400 mA an 5 $\Omega$ (Transistortreiber)	verringert sich mit dem Fleckdurchmesser
Arbeitstemperaturbereich	bis $50^\circ C$	derselbe	wenigstens $100^\circ C$	derselbe
Physikalische Größe	1,25 mm $\varnothing$	dieselbe	= 1,25 mm $\varnothing$ ; 700 $\text{Å}$ dick	= 0,125 mm $\varnothing$ ; 200 $\text{Å}$ dick
Ausgangsspannung als Funktion der Schaltgeschwindigkeit	100 mV für 1 $\mu s$	100 mV für 0,1 $\mu s$	2 mV für 100 ns	ns 0,1 mV für 10 ns
Speicherplätze pro Speichersystem	2 500 000	wahrscheinlich nicht viel größer	320	wahrscheinlich viele Millionen
Kosten	5 Cent pro bit	noch billiger	kommerziell noch nicht angewendet	voraussichtlich sehr billig, da typische Technologie für Massenfertigung
Verdrahtungstechnologie	Handwicklung	teilweise automatisiert	Handwicklung	Vollautomatisierung möglich

### 1. Physikalische Eigenschaften dünner magnetischer Schichten

#### 1.1 Anisotrope Materialeigenschaften

Die üblichen Magnetwerkstoffe besitzen isotrope Eigenschaften. Hier ist aber die einachsige Anisotropie des Materials eine wesentliche Voraussetzung für ihre Funktion. Das verschiedene magnetische Verhalten in verschiedenen Richtungen kann grundsätzlich durch einen veränderten inneren Aufbau oder durch äußeren Einfluß (Zug, Druck) hergestellt werden. In dünnen Schichten werden die Magnetisierungsvektoren der Elementarbezirke bei erhöhter Materialtemperatur (etwa  $300^\circ C$ ) durch ein äußeres Magnetfeld in eine bestimmte Vorzugsrichtung gebracht. Dieser Orientierungsprozeß

wird bei der Herstellung im Vakuumdampf-Verfahren realisiert. Eine Metallegierung wird im Hochvakuum bis zu einer Temperatur erhitzt, bei der das Ausgangsmaterial spontan verdampft. Der Metallampf wird vorzugsweise auf einer Glasunterlage niedergeschlagen. Während der Kondensation wirkt ein statisches magnetisches Feld parallel zur Schichtebene; in dem Film wird eine Vorzugsrichtung der Magnetisierung erzeugt. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur bleibt die Richtung dieses orientierten Materialzustandes (= Achse leichtester Magnetisierung oder easy axis) erhalten. Die Richtung senkrecht zur Achse leichtester Magnetisierung nennt man harte Achse oder hard axis.

Die einachsige Anisotropie ermöglicht durch eine vernachlässigbare Entmagnetisierung in der Schichtebene die Ausbildung einer Eindomänenstruktur (single domain). Die Ausbildung dieser Vorzugsrichtung bedeutet, daß die Magnetisierungsvektoren an allen Stellen der Schicht parallel zueinander liegen. Falls die Magnetisierung aus der Schichtebene herausgedreht wird, so zwingt sie das hohe Entmagnetisierungsfeld in die Ebene zurück.

Entscheidend ist hierbei der Übergang von geschlossenen magnetischen Kreisen zu offenen Strukturen, d. h. dünne magnetische Schichten können durch ein äußeres Magnetfeld geschaltet werden.

In diesem Bericht werden nur dünne Schichten betrachtet, die aus Ni/Fe-Legierungen bestehen. Die Wahl der prozentualen Zusammensetzung geschieht in der Weise, daß die Schicht möglichst spannungsfrei sowie homogen ist. Aus tabellarischem Material [1, 4] geht hervor:

Magnetostraktion bei 83 Prozent Ni-Gehalt Null  
Kristallenergie um 75 Prozent Null

Wandkoerzitivkraft  $H_w$  besitzt für 83 Prozent Ni ein Minimum. Die Zusammensetzung der dünnen Schicht wird auf Grund obiger Anforderungen, also auf 82 Prozent Ni und 18 Prozent Fe festgelegt.

1.2 Energieverhältnisse in einer dünnen Schicht  
In diesem Abschnitt wird eine dünne Schicht mit einachsiger Anisotropie betrachtet, auf die ein äußeres Magnetfeld  $\mathcal{M}$  einwirkt. Der Betrag der Anisotropieenergie beträgt

$$E_k = K \sin^2 \theta \quad (1)$$

wobei K die Kristallanisotropiekonstante bedeutet. Diese Energie muß überwunden werden, um die Magnetisierung  $\mathcal{M}$  um einen bestimmten Winkel  $\theta$  aus der Vorzugsrichtung herauszudrehen (Bild 1).

Für weitere Betrachtungen seien zusätzliche Energiebeiträge (Magnetostruktions- und Verformungsenergie) vernachlässigt. Die Forderung nach minimaler Energie des Systems bedeutet  $\theta = 0^\circ$  oder  $180^\circ$  für die Lage von  $\mathcal{M}$ . Ein äußeres Magnetfeld in der Schichtebene mit den Komponenten  $H_x$  und  $H_y$ , wobei  $H_x$  in leichte Achse und  $H_y$  in Richtung harter Achse zeigt, besitzt die Energie

$$E_H = -|\mathcal{M}| (H_x \cos \theta + H_y \sin \theta) \quad (2)$$

Die Gesamtenergie der Schicht beträgt

$$E = E_k + E_H \quad (3)$$

Aus der Forderung nach dem Minimum der Energie E findet man durch Extremwertbetrachtung

$$\frac{dE}{d\theta} = \frac{d(E_K + E_H)}{d\theta} = 0 \quad (4)$$

die Lage von  $\mathfrak{M}$  für stabiles Gleichgewicht.

[1] bringt die Ableitung der Hystereskurven aus (4) für leichte und harte Richtung, wobei einachsige Anisotropie und Eindomänenverhalten der dünnen magnetischen Schicht vorausgesetzt wird (Bild 1). Für die Messung liegen die Achsen von Treib- und Lesespulen parallel. In leichter Achse wird eine rechteckige MH-Kurve für Frequenzen  $< 1$  kHz gemessen; in harter Achse ergibt sich ein linearer M-H-Zusammenhang.

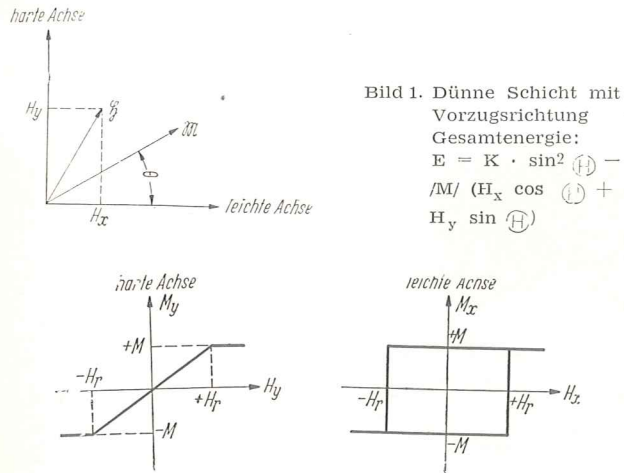


Bild 2. Theoretische M-H Kurven dünner Schichten

#### Ermittlung der kritischen Kurve:

Der geometrische Ort für kleine Feldstärke  $\mathfrak{H}$  in der  $H_x - H_y$ -Ebene, für den das zweite Minimum von  $E(\theta)$  gerade verschwindet, ist eine Asteroide, die sogenannte „kritische Kurve“. Aus den Bedingungen

$$\frac{dE}{d\theta} = \frac{d^2 E}{d\theta^2} = 0$$

errechnet man aus (4):

$$\frac{dE}{d\theta} = 2K \sin \theta \cos \theta + H_x M \sin \theta - H_y M \cos \theta = 0 \quad (5)$$

$$\frac{d^2 E}{d\theta^2} = 2K(-\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) + H_x M \cos \theta + H_y M \sin \theta = 0 \quad (6)$$

Durch Substitution der Anisotropiefeldstärke

$$H_r = \frac{2K}{M}$$

und Umformung erfolgt die Parameterdarstellung:

$$\frac{H_y}{H_r} = \sin^3 \theta \quad (7)$$

$$\frac{H_x}{H_r} = \cos^3 \theta \quad (8)$$

Der geschlossene Ausdruck folgt aus (7) und (8) zu

$$H_x^{2/3} + H_y^{2/3} = H_r^{2/3} \quad (9)$$

Diese Asteroide ist in Bild 3 dargestellt.

Die Richtung von  $\mathfrak{M}$  findet man durch Anlegen der Tangente von der Spitze des H-Vektors an die kritische Kurve [1].

Liegt  $\mathfrak{H}$  innerhalb der Grenzkurve, so bestehen für  $\mathfrak{M}$  zwei stabile Gleichgewichtslagen; außerhalb nur eine. Wird  $H > H_s$ , dann wird eine Gleichgewichtslage instabil, das Umspringen von  $\mathfrak{M}$  ist mit einer sprunghaften Drehung der Elementarbezirke verbunden.  $H_s$  bedeutet die Grenz- bzw. Schaltfeldstärke der dünnen Schicht, so wie sie die Asteroide vorschreibt.

### 1.3 Arten der Magnetisierungsumkehr

In 1.1 wurde die Ausbildung einer uniaxialen Anisotropie in einer dünnen Schicht beschrieben, die für die Funktion maßgebend ist.

Für praktische magnetische Flecke treten Abweichungen von der geforderten Eindomänenstruktur auf. Dafür können folgende Gründe angeführt werden:

- Kristall- und Spannungsanisotropie
- Streuungen der Vorzugsrichtung
- Inhomogenitäten des Entmagnetisierungsfeldes an verschiedenen Stellen der Schicht.

Die oben angeführten Gründe bewirken, daß keine einheitliche Form der Magnetisierungsumkehr eintritt; es sind folgende 3 Arten möglich:

- kohärente Drehung (coherent rotation)
- inkohärente Drehung (incoherent rotation)
- Wandverschiebung (domain wall switching)

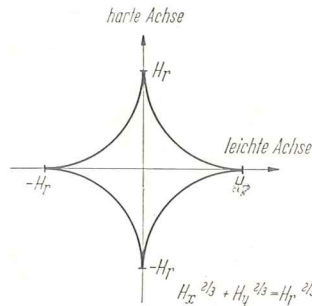


Bild 3. Die kritische Kurve

#### 1.31 Der kohärente Drehprozess

Er setzt eine Schicht mit vollständiger Eindomänenstruktur voraus. Der Drehprozess der Magnetisierung, der reversibel oder irreversibel sein kann, verläuft außerordentlich schnell. Er wird im wesentlichen durch die Größe des angelegten Feldes und die Spindämpfung bestimmt. Theoretisch ist mittels der Landau-Lifshitz-Gleichung dieser Wert in der Größenordnung  $10^{-9}$  s gefunden [3] und durch Meßergebnisse bestätigt worden. Durch Vergrößerung des Winkels zwischen  $\mathfrak{M}$  und  $\mathfrak{H}$  gegen  $90^\circ$  hin wird der Drehprozess beschleunigt. [5] hat mittels eines Sampling-Oszillographen mit einer Zeitauflösung von 0,35 ns Schaltzeiten von 2 ns gemessen.

#### 1.32 Wandschalten

Es tritt ein, wenn  $H < H_s$  angelegt wird. Wächst  $H > H_c$ , dann bilden sich Bezirke mit umgekehrter Magnetisierung, die für eine vollständige Umkehrung der gesamten Schicht durch Wandverschiebungsprozess maßgebend sind. Es ist evident, daß das Wandschalten langsamer als kohärentes Drehschalten verläuft. In [10] finden sich Angaben über Schaltkonstante  $1 \mu s$  Oe. [1] veranschaulicht den Sachverhalt in einem Oszillogramm.

Die rechteckige Hysteresekurve für tiefe Frequenzen hat ihren Ursprung in Wandverschiebungsprozessen. Schon bei Frequenzen  $> 1$  kHz verformen sich die Kurven,  $H_c$  steigt, die Flankensteilheit verringert sich. Gemessene Kurven, die diesen Effekt zeigen, finden sich beispielsweise in [1, 3, 13].

#### 1.33 Der inkohärente Drehprozess

Hier wird das Magnetfeld in leichter Richtung angelegt, es ist größer als  $H_r$ . Das Drehmoment, das auf die Spins wirkt, ist sehr klein und hat infolge der Streuung der Vorzugsrichtung beiderlei Vorzeichen. Entsprechend dreht sich  $\mathfrak{M}$  auch in verschiedenen Richtungen. Auch diese Art der Ummagnetisierung ist langsamer als die kohärente Drehung.

In Bild 4 sind die Bereiche der Flußumkehr in einer dünnen weichmagnetischen Schicht eingetragen, wobei zwischen den einzelnen Bereichen ein stetiger Übergang besteht. Beim Anlegen eines Magnetfeldes setzen auch hier für  $H > H_c$  Wandverschiebungsprozesse ein. Zeitbereich zwischen 10 und 100 ns.

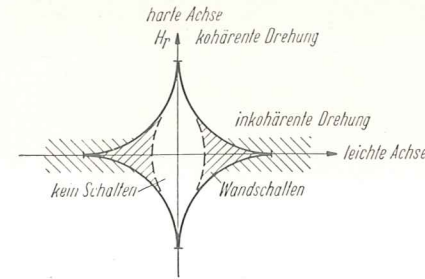


Bild 4. Bereiche der Flußumkehr in einer dünnen Schicht

### 1.4 Charakteristische Feldstärkegrößen für dünne Schichten

Es existieren zwei entscheidende Feldstärkegrößen, die beschreiben das Verhalten der Schicht vollständig [2].

Anisotropiefeldstärke  $H_r = 2 \frac{K}{M}$  oder kreisende Feldstärke; sie gibt den Grenzfeldstärkebetrag an, der senkrecht zur leichten Achse angelegt werden muß, um die Magnetisierung um  $90^\circ$  durch Domänenwanddrehung zu schalten. Verschiedene Autoren führen dafür die Bezeichnung  $H_k$  ein.

Wandkoerzitivkraft  $H_w$ : Es ist die Feldstärke, die erforderlich ist, um die Schicht durch Wandverschiebung zu schalten. In unserer Literatur ist dafür die Bezeichnung  $H_c$  üblich. Der Quotient  $\frac{H_w}{H_r}$  stellt eine charakteristische Größe für die Eigenschaft der Schicht dar [3].

Sämtliche Werte  $\frac{H_w}{H_r} = 1$  können durch verschiedene Schichtbehandlungen erreicht werden.

Das Verhältnis Dicke zu Durchmesser ist maßgebend für das zulässige Entmagnetisierungsfeld. Dieses Feld wirkt der Magnetisierungsrichtung entgegen und ist bestrebt, die Abweichungen der Magnetisierung von der Vorzugsrichtung besonders an den Rändern der magnetischen Flächen zu vergrößern. Der Fleckdurchmesser und die Dicke müssen also stets gleichsinnig variiert werden.

Für ellipsenförmigen Schichtquerschnitt, wo bekanntlich ein homogenes Entmagnetisierungsfeld besteht, wären die Schwierigkeiten beseitigt. Herstellung durch Abdeckung mit Masken ist prinzipiell möglich.

### 1.5 Das kreisende Modell

Aus den beschriebenen Beziehungen kann man die Arbeitsweise der dünnen flächenförmigen Schichten erklären. Eine dünne magnetische Schicht mit Vorzugsrichtung liegt vor.

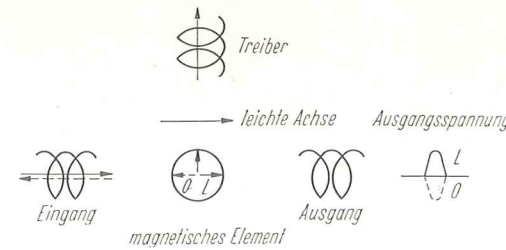


Bild 5. Das kreisende Modell

#### Einschreibvorgang

Infolge Anisotropie liegt  $\mathfrak{M}$  in leichter Achse. Durch einen Treiberimpuls wird  $\mathfrak{M}$  in die instabile Lage in Richtung harter Achse durch einen Torsionsakt aller parallelen magnetischen Spins gedreht. Die zusammenhängende Drehung des magnetischen Einbezirkles ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Anwendung der dünnen Schichten. Wegen der spontanen Drehung der parallelen magnetischen Spin-Momente des gesamten Bezirkles spricht man vom „kreisenden Modell“.

Der Schreibimpuls der Eingangswicklung bestimmt nun, in welche stabile Lage  $\mathfrak{M}$  nach Abschalten des Treiberimpulses zurückfällt. Die beiden Lagen  $0^\circ$  bzw.  $180^\circ$  stellen den binären Informationsinhalt dar.

#### Lesevorgang:

Ein Treiberimpuls kippt  $\mathfrak{M}$  wieder in Richtung der harten Achse. Je nach dem gespeicherten Inhalt wird in der Ausgangswicklung ein positiver oder negativer Impuls (Wicklungssinn!) erzeugt. Der binäre Informationsinhalt erscheint hier als vorzeichenbehaftete Ausgangsspannung (Prinzip dargestellt in Bild 5).

#### Zeitbedingungen:

Der hier beschriebene Wirkungsmechanismus gilt näherungsweise, wenn eine Eindomänenstruktur der Schicht vorliegt. Die Zykluszeit für dünne Schichten setzt sich aus der Summe von Einschreib-, Lese- und Erholungszeit zusammen. Bisher sind – in [2] beschrieben – Zykluszeiten von 100 ns erreicht worden. Ein Herabdrücken dieser Zeit ist unter besonderen Bedingungen möglich. Eine Verringerung der Zykluszeiten kann durch Verkürzung der Lese- und Schreibzeiten erreicht werden. Die Realisierung hängt jedoch davon ab, daß Treiberimpulse mit extrem kurzen Anstiegszeiten zur Verfügung gestellt werden können.

## 2. Anwendung dünner magnetischer Schichten

### 2.1 Anwendung dünner Schichten für Speicher

2.11 Grundlegende Gesichtspunkte für die Anwendung Für die Anwendung dünner Schichten sind drei wesentliche Eigenschaften zu nennen [3]:

- Bistabiles Verhalten von  $\mathfrak{M}$  für äußere Magnetfelder  $\mathfrak{H}$ , die kleiner als  $H_s$  sind.
- Bei Anlegen eines Impulsfeldes erfolgt eine einheitliche Drehung von  $\mathfrak{M}$  in sehr kurzer Zeit, etwa  $10^{-9}$  s.
- Reversible Magnetisierungsänderung bei Frequenzen unterhalb der ferromagnetischen Resonanz.

Für den Aufbau praktischer Systeme werden diese Eigenschaften in geeigneter Weise angewendet. Grundsätzlich gilt hier festzustellen, daß bewährte Methoden der Ferritkerntechnik nicht in einfacher Weise übernommen werden können.

Grund: Anwendung der Ferrite beruht auf ihrer rechteckigen Hysteresekurve (Koinzidenzaufverfahren) dünne Schichten besitzen nur in leichter Achse für tiefe Frequenzen eine hinreichend rechteckige Schleife. Ein Koinzidenzaufverfahren ist nach folgendem Gesichtspunkt möglich: 2 Felder werden in der Weise an eine dünne Schicht angelegt, daß ihre Spitzen einzeln innerhalb der kritischen Kurve, im Bereich kein Schalten, liegen; die Summe beider aber außerhalb, im Bereich kohärenter Drehung liegt.

#### Realisierung:

- Durch zwei parallele Felder, die etwas gegenüber der leichten Achse geneigt sind.
- Zwei zueinander senkrechte Felder, jeweils eines parallel zur harten bzw. leichten Achse.

Die Einzelfelder ergeben nur Störungsspannungen in den Abfrageleitungen (bewirken eine reversible Drehung). Geeignete Maßnahmen der Leitungsführung bringen eine Verringerung der Störspannung.

### 2.12 Betrachtungen über die Speicherkapazität

Aus zahlreichen Veröffentlichungen z. B. [2, 7, 8, 9] geht hervor, daß Speicher mit dünnen magnetischen Schichten die zukünftige Entwicklung der Rechentechnik in starkem Maße beeinflussen werden. Ein maßgebender Faktor ist dabei die beträchtliche Senkung der Herstellungskosten. Wesentliche Schwierigkeiten bestehen momentan darin, eine hinreichend große Anzahl magnetischer Flecken mit reproduzierbaren Eigenschaften herzustellen. (Näheres im Abschnitt 3.)

Für ein gegebenes Dicke-Durchmesser-Verhältnis nimmt die Ausgangsspannung linear mit der Schichtstärke ab, gleichsinnig sinkt bei linearer Schichtdickenverkleinerung der Treiberstrom.

Im Laboraufbau sind Flecken mit 0,125 mm Durchmesser, das entspricht einer Speicherdichte von  $10^9$  Bit je  $\text{cm}^2$  [2], beschrieben worden, wobei Einzeldomäneneigenschaften erzielt werden konnten. Hier werden folgende prinzipielle Realisierungsschwierigkeiten genannt:

1. Nichtanpassungsfähigkeit der gegenwärtigen Verdrahtungstechnik für so kleinen Maßstab.
2. Eine große Anzahl von Drähten, die aus den Speichern herauskommt, muß weitergeleitet werden.
3. Geeignete Weiterverarbeitung des kleinen Nutzsignales: es muß genügend weit über dem Störpegel liegen.

Gegenwärtig wird in dem Lincoln-Laboratory in dem TX-2-Rechner ein Speichersystem mit dünnen Schichten erprobt. Es besteht aus zwei  $16 \times 16$  Anordnungen, die auf 0,1 mm starkes Glas aufgedampft worden sind. Fleckdurchmesser 1/16 Inch, Schichtdicke 600 Å.

### 2.13 Speichergeschwindigkeiten Schaltungen und Schaltzeichen:

Für Treiberstufen und Leseverstärker kommen aus ökonomischen Gründen im wesentlichen transistorisierte Bauteile in Betracht. Infolge der Charakteristik der Magnetflecken werden an die Transistoren in erster Linie Anforderungen an extrem kurze Schaltzeiten gestellt. In [2] sind realisierte Schaltzeiten der Magnetflecken von 100 ns mit Transistoren beschrieben. Diese Werte scheinen Optima des bisher Erreichten zu sein. Hier werden Schaltzeiten einer Größenordnung schneller – 10 ns – mit Transistorenstufen in Aussicht gestellt. Lediglich von [1] wird die angegebene Schaltzeit von 100 ns um ein Vielfaches unterboten. Angegeben werden 2 ns. Gegenwärtig sind Zykluszeiten von 500 ns realisiert (siehe TX-2). Diese Zeit ist im wesentlichen durch die Bauteile von Schreib- und Leseseite bestimmt. Zykluszeiten von 100 ns und kleiner rücken in den Bereich der Möglichkeiten durch Verwendung moderner Hochgeschwindigkeits-Halbleiterelemente, wie Mesatransistor oder Esaki (Tunnel)-Diode.

#### Nicht zerstörendes Lesen:

Eine weitere Geschwindigkeitssteigerung wird durch nicht zerstörendes Lesen erreicht (Einsparen von etwa 50 Prozent an Zeit). Die Realisierung des zerstörungsfreien Lesens geschieht in folgender Weise:  
In harter Richtung wird ein Feld angelegt  $H < H_T$ , das den Magnetisierungsvektor in die harte Richtung dreht. In der Ausgangsleitung wird ein vorzeichenbehafteter Impuls – je nach gespeicherter Information – induziert. Wird das Treiberfeld abgeschaltet, so dreht sich die Magnetisierung wieder in die Ausgangslage zurück. Auf Grund des beschriebenen Wirkungsmechanismus ist kein Koinzidenzauffungsverfahren anwendbar. Dadurch wird der Vorteil dieser Methode eingeschränkt. [8] nennt eine Möglichkeit, um die Speicherzelle für zerstörungsfreie koinzidente Abfrage aufzubauen.

### 2.2 Anwendungen für Schieberegister und Logik

Der prinzipielle Unterschied zwischen der Anwendung dünner Schichten für Speicher einerseits sowie Schieberegister und Logik andererseits ist folgender:

#### Speicher:

An die Größe der Ausgangsspannung werden keine besonderen Anforderungen gestellt, sie muß nur genügend weit über dem Störpegel liegen. In jedem Fall können Verstärker nachgeschaltet werden, die gleichzeitig für viele Schichten dienen (Zeilen bzw. spaltenweise Zuordnung bei Matrixspeichern).

#### Schieberegister und Logik:

Hier gilt die Forderung, daß die Ausgangsspannung eines Magnetflecken so groß sein muß, daß ohne Zwischenschaltung eines Verstärkers die nächste dünne Schicht unmittelbar geschaltet werden kann. Diese Forderung bedeutet Anwendung extrem steiler Treiberimpulse. [1] gibt z. B. folgende Werte an: Fleckdurchmesser 1 cm, Permalloysschicht = 1000 Å dick, Schaltzeit = 2 ns, Ausgangsspannung > 1 V. Die Nutzspeicherung dieser Speicherschicht ist recht beachtlich. Prinzipielle Wirkungsweise eines Schieberegisters: Hierfür ist ein Dreitaktverfahren geeignet.

#### 1. Takt

Zweites Element in Wirkungsrichtung gesehen in harte Achse einstellen; die Rückwirkung ist ausgeschaltet, weil die schwache induzierte Spannung nicht ausreicht, um benachbarte Elemente zu schalten; denn  $M$  liegt dort in leichter Richtung.

#### 2. Takt

Das Informationselement (1. in Wirkungsrichtung gesehen) wird durch den Treiberimpuls in harte Richtung geschaltet; die induzierte Spannung wirkt vorzeichenbehaftet auf das einzuschreibende 2. Element in Wirkungsrichtung gesehen ein.

#### 3. Takt

Abschalten beider Treiberfelder  
Als Voraussetzung für einwandfreie Funktion der Schichten sind Bandleitungen mit extrem niedriger Impedanz erforderlich. [3] nennt Impedanzwerte  $< 1 \Omega$ . Zur Realisierung ist ein sehr kleiner Leiterabstand erforderlich, durch eine aufgedampfte Verdrahtung möglich. Auf diese Weise wird ein genügend starkes und homogenes Steuerfeld erreicht. Die Anwendung dünner Schichten für logische Zwecke befindet sich gegenwärtig noch im Stadium der Planung [1] und bisher ist darüber noch nichts bekannt geworden.

### 2.3 Anwendungen als Schalter für Parametron

Nach [11] ist bekannt, daß dem Parametron-Flip-Flop von einem Referenz-Parametron die bestimmende Phasenlage aufgeschaltet werden kann. An die Schalter werden nur geringe Anforderungen bezüglich Widerstandsverhältnis für offenen und geschlossenen Kreis gestellt. Für bisher übliche Frequenzen waren Röhrenschalter geeignet. Im Dezimeter- und Zentimeterwellengebiet bilden die dünnen magnetischen Schichten den geeigneten Ersatz dafür.

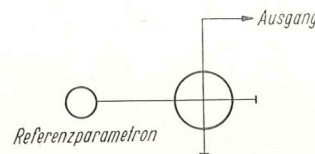


Bild 6. Schalter für Parametron Flip-Flop

Die Phasenlage der Ausgangsspannung der dünnen Schicht ist abhängig von der Lage des Magnetisierungsvektors, der sich bekanntlich durch einen Impuls über eine (im Bild 6 nicht gezeichnete) gesonderte Leistung in etwa 2 ns umschalten läßt.

#### Perspektive:

Erst die Anwendung dünner Schichten für Eingabe und Speicherung mit Schaltzeiten der Größenordnung 2 ns gestatten, die möglichen Geschwindigkeiten von Parametrons mit Halbleiterdioden voll auszunützen.

### 2.4 Anwendung als nichtlineares Kreiselement für Parametrons

Aus [12] ist bekannt, daß durch Verwendung eines 6000 Å Permalloyfilms als nichtlineares Kreiselement mittelschnelle Parametrons aufgebaut worden sind. Die Pumpfrequenz betrug 24 bis 28 MHz, dabei wurden Kreisfrequenzen von 8 bis 12 MHz erreicht. Wesentlich ist hierbei, daß diese dünnen Schichten etwa eine Größenordnung stärker sind als diejenigen, die für Speicherezwecke eingesetzt werden.

### 3. Herstellung dünner Schichten

Für die Aufbringung der Schichten kommen prinzipiell folgende Verfahren in Betracht:

Vakuumaufdampfung, Kathodenzerstäubung und galvanische Abscheidung. Die Herstellung dünner Schichten durch Vakuumaufdampfverfahren – wie bereits in 1. beschrieben – ist die am meisten erfolgversprechende Methode.

#### 3.1 Vakuumaufdampfverfahren

Die Anforderungen an die Materialeigenschaften für die Schichtträger (Substrat) sind sehr vielseitig. Besonderer Wert ist auf eine hohe Oberflächengüte zu legen.

Glasähnliche Stoffe erfüllen im wesentlichen die Anforderungen. In der Literatur nehmen Fragen über Eigenschaften, Zusammensetzung und Oberflächenbehandlung des Substrates einen beachtlichen Raum ein. An dieser Stelle sei auf folgende Literatur verwiesen [13, 14, 15].

Das Vakuum der Aufdampfapparatur soll die Werte  $10^{-5}$  bis  $10^{-8}$  mm Hg erreichen. Der Rezipient muß einen hinreichend großen Innenraum besitzen, damit in einem Verdampfungsablauf möglichst viele Bits niedergeschlagen werden können. Mehrere Substratplatten sowie die dazugehörigen Masken müssen gleichzeitig aufgenommen werden können. Außerdem sind in dem Rezipienten noch Hilfseinrichtungen erforderlich, wie z. B. je eine Einrichtung für die Substrater-

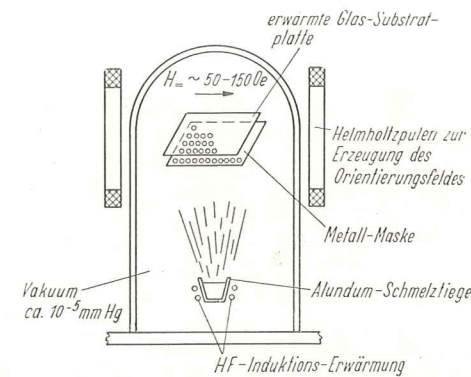


Bild 7. Schema einer Vakuumaufdampfapparatur

wärmung, Schichtdickenmessung und Anbringen eines orientierenden Magnetfeldes. Die Feldstärke soll in der Größenordnung 100 bis 150 Oe liegen. Weitere technische Einzelheiten über die Aufdampfapparatur interessieren in diesem Zusammenhang wenig, es soll daher in Bild 7 nur eine prinzipielle Skizze angegeben werden. In [2] ist eine Anlage erwähnt, die gestatten soll, nacheinander einen Stapel von 40 Anordnungen mit  $16 \times 16$  Elementen zu bedampfen, ohne das Vakuum zu unterbrechen. Die Kapazität erreichte etwa 10 000 Bit je Durchlauf.

### 3.2 Aufdampfen praktischer Speichersysteme

#### Aufgedampfte Verdrahtung:

Die Steigerung der Bitdichte führte zu kleinen Magnetflecken mit einem Durchmesser von 0,125 mm. Hierfür scheidet die bisher übliche Verdrahtungspraxis aus, die im einfachen Legen von Drähten um die Platten herum bestand. Es liegt nahe, die Verdrahtung auf die Glasplatte (Metalle und Isolierschichten) aufzudampfen.

Ein Matrixspeicher mit aufgedampfter Verdrahtung kann mit dieser Technologie prinzipiell in einem Arbeitsgang mit mehreren Schritten hergestellt werden. Im Vakuum befinden sich neben der Unterlageplatte noch verschiedene bewegliche Masken. Während des Herstellungsprozesses werden von verschiedenen Bedampfungsquellen die entsprechenden Materialien verdampft. Durch Verschieben der jeweiligen Maske können Magnetflecken, Abtast- und Treiberwicklungen getrennt und entsprechend den Speicheranforderungen aufgedampft werden. Dieses Ziel der Speicherherstellung wird eine enorme Senkung der Selbstkosten bringen und damit die Überlegenheit gegenüber den Ferritkernen demonstrieren. Das schwierigste Problem im gesamten Komplex der dünnen magnetischen Schichten ist die Reproduzierbarkeit ihrer magnetischen Eigenschaften. Übereinstimmend wird in der Literatur berichtet, daß es äußerst schwierig ist, mehrere Schichten mit völlig äquivalenten Eigenschaften aufzudampfen. Die Perspektiven der Speicherherstellung werden aber dadurch getrübt, daß auf Grund der Anforderungen an die Gleichmäßigkeit erhebliche Ausfälle an aufgedampften Speicherplatten entstehen, weil die einzelnen Flecken nicht die gewünschten Eigenschaften besitzen.

Der Unterschied zum Kernspeicher besteht darin, daß fehlerhafte Kerne vor der Verdrahtung ausgesondert werden können, hier muß bei einem fehlerhaften Element die gesamte Platte ausgeschieden werden.

Herstellung von Matrixspeichern mit erhöhten Erträgen: Auf Grund der eben beschriebenen Tatsachen versucht man, den Ausfall an Platten zu reduzieren.

Beispiel: Für  $8 \times 8$  Anordnungen mit 10% beliebig verteilten schlechten Flecken ist die Wahrscheinlichkeit des Auffindens einer vollkommenen Anordnung  $1 - (0,1)^{64} = 0,00125$  oder etwa 1 in 1000.

Abhilfe: [2] schlägt folgenden Weg vor:

Übereinanderlegen zweier gleichartiger Speicherplatten, so daß für den Wirkungsablauf jedes Bit tatsächlich aus zwei Hälften besteht. Die Wahrscheinlichkeit, mindestens einen guten Fleck je Position zu finden, beträgt:  $1 - (0,1)^2 = 0,99$  oder 1 in 2.

Schlechte und überzählige Flecken müssen beseitigt werden, das geschieht einfach durch Abätzen oder Sandstrahlgebläse. Der Preis wird wegen einer zusätzlichen Platte zwar höher, aber auf Grund der guten Ergebnisse ist der Aufwand absolut gerechtfertigt (TX-2).

Im gegenwärtigen Stand der Herstellungstechnologie würde eine aufgedampfte Verdrahtung in einem Arbeitsgang nur eine Erhöhung der fehlerhaften Speichereinheiten bringen. Daher zieht man es momentan noch vor, in getrennten Arbeitsgängen zu arbeiten.

### Schlußbetrachtungen

Neben diesen ausführlich beschriebenen weichmagnetischen Schichten gewinnen gegenwärtig hartmagnetische Schichten auf der Basis Mangan-Wismut an Bedeutung. Wird jede Domäne als eine Speicherzelle betrachtet, so ergeben sich bei einer Domänengröße von 3000 bis 6000 Å Speicherdichten von  $10^9$  bis  $10^7$  Bit je  $\text{cm}^2$  [3]. Eine wesentliche Schwierigkeit besteht darin, daß das Auslesen auf optischem Wege vorgenommen werden muß (durch Ausnutzung des Faraday- oder Kerr-effektes).

Die Anwendung dünner Schichten steht gegenwärtig erst im Anfang der Entwicklung. Für hartmagnetische Schichten ist es die große erreichbare Speicherdichte; für weichmagnetische Schichten, die außerordentlich kurze Schaltzeit im Bereich von  $10^{-9}$  s, die eine erfolgreiche Aussicht für die Rechenmaschinentechnik versprechen. NTB 494

#### Literatur:

- [1] W. E. Proebster, S. Methfessel and C. O. Kingberg: „Thin magnetic films“. UNESCO/NS/ICIP/K 2
- [2] J. I. Raffel and D. O. Smith: „A computer memory using magnetic films“. UNESCO/NS/ICIP/K 6
- [3] W. E. Proebster: „Dünne magnetische Schichten als Speicher- und Schaltelemente“. Elektronische Rechenanlagen 1 (1959) 4 S. 164–171
- [4] F. Pawlek: „Magnetische Werkstoffe“. Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1952
- [5] W. Dietrich und W. E. Proebster: „Millimicrosecond magnetization reversal“. IBM-Journal 3 (1959) 4 S. 375–376
- [6] C. D. Olson and A. V. Pohl: „Blux reversal in thin films of 82% Ni, 18% Fe“. J. Appl. Phys. 29 (1958) 3, S. 274
- [7] J. I. Raffel: „Operating characteristics of a thin film memory“. J. Appl. Phys. 30 (Suppl.) (1959) S. 60 S
- [8] L. J. Oakland and T. D. Rossing: „Coincident-current nondestructive readout from thin magnetic films“. J. Appl. Phys. 30 (Suppl.) (1959) S. 54 S – 55 S
- [9] Eric E. Bittmann: „Using thin films in high-speed memories“. Electronics 32 (1959) 23, S. 55
- [10] John A. Kessler: „First successful operation of a practical magnetic film memory“. Computers and Automation Okt. 1959 S. 6
- [11] H. Billing und A. Rüdiger: „Das Parametron verspricht neue Möglichkeiten im Rechenmaschinenbau“. Elektron. Rechenanlagen 1 (1959) 3, S. 119
- [12] ohne V.: „Parametric amplifier uses thin films“. Electronics 32 (1959) 46, S. 92
- [13] M. S. Blois Jr.: „Preparation of thin magnetic films and their properties“. J. Appl. Phys. 26 (1955) S. 975
- [14] J. C. Lloyd and R. S. Smith: „Structural and magnetic properties of permalloy films“. J. Appl. Phys. 30 (Suppl.) (1959) S. 274 S
- [15] L. Holland: „Vacuum deposition of thin films“. Chapman and Hall, London, 1956

# Anwendung von Transistoren und Halbleiterdioden in der Rechentechnik

Dipl.-Ing. G. Schulze, KDT, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

## 1. Grundbaustufen von elektronischen Rechenmaschinen

Bei den meisten elektronischen Rechen- und Zählgeräten werden die vorkommenden Zahlen in binäre Ziffern verschlüsselt, und zwar aus dem Grunde, weil man hier mit 2 Schaltzuständen auskommt, die man leicht durch die bekannten Multivibratorschaltungen realisieren kann. Sämtliche anderen Systeme sind stör anfälliger bzw. aufwendiger. So diente das Dualsystem als Grundlage für die Verschlüsselung in dem überwiegenden Teil der bisher gebrachten elektronischen Rechenmaschinen.

### 1.1 Verknüpfungsschaltungen

Neben den Multivibratoren oder Speicherelementen sind für den Aufbau elektronischer Rechenmaschinen Verknüpfungsschaltungen notwendig. Die Multivibratoren kann man als Generatoren der beiden Schaltzustände ansehen, die Verknüpfungsschaltungen dagegen verbinden 2 oder mehrere duale Eingangszustände miteinander zu verschiedenen Aussagen entsprechend der Aussagenlogik dieser Schaltung. Man bezeichnet die beiden dualen Zustände mit

„L“ und „O“  
wahr und falsch.

Zwei primäre Aussagen ergeben 4 verschiedene Kombinationen:

$x_1$	$x_2$
0	0
0	L
L	0
L	L

die als sekundäre Aussage  $16 = 2^4$  verschiedene Aussagen liefern können, entsprechend der Anzahl von verschiedenen Kombinationen, die man mit einem Zähler, bestehend aus 4 FFs, erhalten kann (Bild 1).

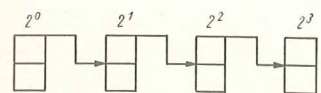


Bild 1

Jeder FF erhält seine Wertigkeit ( $2^0$  bis  $2^3$ ). Die Summe daraus ist 16, einschließlich des Falles, wenn alle FFs „0“ sind.

Es ist nun nicht sinnvoll, 16 verschiedene elektronische Schaltungen aufzubauen, die diese verschiedenen sekundären Aussagen realisieren. Es lassen sich diese auf 2 verschiedene logische Aussagen reduzieren. Dies soll an einem Beispiel erläutert werden.

Die verschiedenen Aussagen sind:

$x_1$	$x_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
O	O	O	L	O	L	L	L	O	O	O	O	L	L	O	L	O	O
L	O	O	L	L	L	L	L	O	O	O	O	L	L	O	L	O	O
L	L	O	L	L	L	L	L	O	O	L	L	L	L	O	O	O	$x_2$

Bild 2

Die Aussage 13 und 15 sind die Negationen ( $\bar{x}_1$ ;  $\bar{x}_2$ ) von jeweils einer Eingangsgröße. Die Aussage 10 wird als „Und“ bzw. Konjunktion bezeichnet. Nur wenn beide Eingänge „L“ sind, dann wird die sekundäre Aussage „L“. So soll nun Aussage 14 auf 10 und 13 bzw. 15 zurückgeführt werden, und zwar über 3, die man mit „Oder“ bzw. Disjunktion bezeichnet, da hier  $x_1$  oder  $x_2$  eine „L“-Aussage hervorruft.

$$14: (\bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2) \vee (x_1 \wedge x_2) = x_1 \vee x_2 \wedge \bar{x}_1 \wedge \bar{x}_2$$

Diese Umformung ist verständlich, wenn man bedenkt, daß das Oder eine Und-Schaltung für die „0“ bei negierten Eingängen ist (Bild 3). Man sieht jedoch aus der schaltungsmäßigen Realisierung dieser Größe,

daß es wirtschaftlicher sein kann, das „Oder“ als 3. logische Aussage einzuführen.

### 1.2 Baustufen eines elektronischen Digitalrechners

Ein elektronischer Digitalrechner setzt sich aus folgenden Grundbaustufen zusammen:

- Logische Schaltungen  
Und-Schaltung  
Oder-Schaltung  
Negation

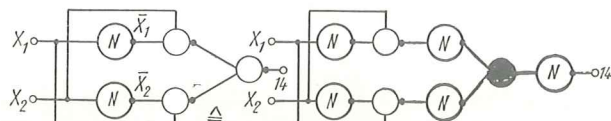


Bild 3

- Speicherelemente (Multivibratoren)
- Verstärker für die Ausgangsgrößen der logischen Schaltungen
- Ansteuer- bzw. Abhörverstärker für Speicher, wenn diese nicht aus FFs aufgebaut sind.

## 2. Aufbau der logischen Grundbausteine elektronischer Rechenmaschinen

Der Transistor und die Halbleiterdiode gestatten es infolge des geringen Platz- und Leistungsbedarfes, elektronische Rechenmaschinen wirtschaftlich aufzubauen. So reduzierten sich die Größe und Anschlussleistung einer Röhrenmaschine auf 10%, wenn man sie mit Halbleiterbauelementen ausrüstet. Die Leistungsaufnahme wird deshalb so stark reduziert, weil der Transistor keine Heizung benötigt und wegen des niedrigen Spannungsbedarfs nahezu als idealer Schalter arbeitet. Es lassen sich Schaltverhältnisse 1:10<sup>4</sup> erzielen.

Es sollen nun die verschiedensten Arten der Grundbausteine gegenübergestellt werden.

### RT-Logik

In dieser Schaltung (Bild 4) werden die Bausteine nur aus Transistoren und Widerständen aufgebaut. Eine Entkopplung der einzelnen Baustufen besteht nicht, außerdem sind die Basisströme der Transistoren abhängig von Spannungen an den Eingängen E, so daß die Transistoren weit in der Sättigung gefahren werden können. Man kann deshalb diese Schaltungen nur für im Verhältnis zur Grenzfrequenz niedrige Arbeitsfrequenzen einsetzen.

Bild 4

	Schaltkreise mit gesättigten, gleichstromgekoppelten Transistoren			
	RT	DT	DCTL	DCT
Logische Verknüpfungen	Widerstände	Dioden	Transistor	Transistor
Verstärkungen	Transistor	Transistor		
Speicherung	FF	FF	FF	FF
Synchronisation	2 Phasen	1 Phase	2 Phasen	1 Phase

### RD-Logik

Dieser Aufbau gestattet es infolge des Begrenzungswiderstandes, an der Basis den Basisstrom unabhängig von den Eingangsspannungen zu machen. Durch die dazu parallelgeschaltete Kapazität wird der Transistor beim Einschalten kurzzeitig weit in die Sättigung gefahren und die Minoritätsträger werden schnell aus der Basiszone abgesaugt, so daß man bei dieser Logik kurze Umschaltzeiten erzielt. Außerdem sind die Baustufen durch die Dioden voneinander entkoppelt. Die Grundbaustufe besteht hier aus einer Und-Schaltung mit nachfolgendem Negator. Man kann auch beides trennen und sie einzeln als logische Grundschaltungen zum Aufbau von elektronischen Rechenmaschinen einsetzen. In ähnlicher Weise läßt sich noch das Oder aufbauen. Die logischen Grundbaustufen sind aus Bild 5 zu ersehen.

Diese Schaltungen zeichnen sich durch ihre Einfachheit aus und können in dieser Form Anwendung finden bei den Arbeitsfrequenzen, wie sie bei Einsatz von NF-Transistoren ( $f_z = 300$  kHz) auftreten. Besonders kritisch ist dabei, wenn Und-Schaltungen Oder-Schaltungen steuern. Es tritt hier eine Teilung des Ausgangspotentials der Und-Schaltung entsprechend dem Verhältnis der Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  auf. Um das zu verhindern, muß  $R_1 \ll R_2$  sein. Durch einen nachgeschalteten Impedanzwandler (Kollektorverstärker) wird wieder ein niederohmiger Ausgang geschaffen.

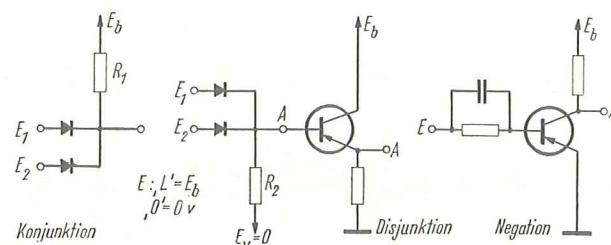


Bild 5

Der Einsatz von HF-Transistoren ( $f_{cl} = 10$  MHz) in Verbindung mit den Dioden-Und- und Oder-Schaltungen beschränkt die Arbeitsfrequenz dieser Anordnung infolge der relativ hohen Anstiegszeit dieser Verknüpfungsschaltungen.

Eine Verbesserung der Schaltzeiten wird durch Ziehpotentiale und Clampingdioden erzielt, so daß trotz höherer Belastung der Baustufen sich wirtschaftliche Zusammenschaltbedingungen erreichen lassen.

Die Belastung der Knoten ist zum überwiegenden Teil kapazitiv, so daß durch diese Schaltung (Bild 6) nur der anfängliche steile Anstieg der e-Funktion ausgenutzt wird. Die Clampingdiode  $D_c$ , die an einer Spannung  $E_c$  liegt, die kleiner als  $E_b$  ist, polt die Dioden D in Sperrichtung, wenn am Eingang E „L“ liegt, so daß damit eine Entkopplung der Eingänge erzielt wird.

### RCT-Logik

Sämtliche logischen Verknüpfungsschaltungen werden in dieser Logik mit dem Negator der RD-Technik ausgeführt. Diese Schaltungstechnik muß angewandt werden, wenn die Arbeitsfrequenz im Verhältnis zur

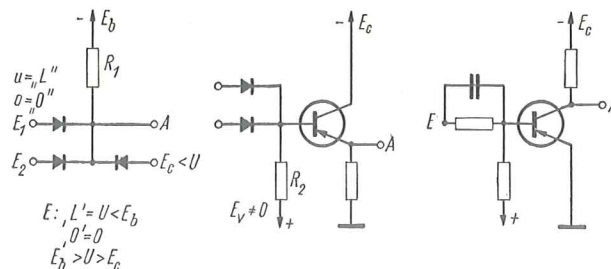


Bild 6

Grenzfrequenz des Transistors groß ist. Sie wird dann allgemein durch die Umschaltzeiten des Transistors bestimmt. Die logischen Schaltungen zeigt Bild 7. Diese logischen Schaltungen liefern jeweils die negier-

ten Ausgangsgrößen zu den entsprechenden Knoten der DT-Technik. Die negierte Undschaltung wird als Shefferscher Strich und die negierte Oder-Schaltung als NOR bezeichnet. Schaltungsmäßig ist die NOR-Schaltung günstiger, weil hier sich nicht die Spannungsabfälle der Transistoren im leitenden Zustand addieren und das „0“-Potential anheben. Die Schaltungen der beiden logischen Verknüpfungen vertauschen sich, wenn man die Zuordnung  $L' = +UV$ ,  $O' = 0V$  wählt. Die Kollektoren liegen dann über dem Arbeitswiderstand an 0 V.

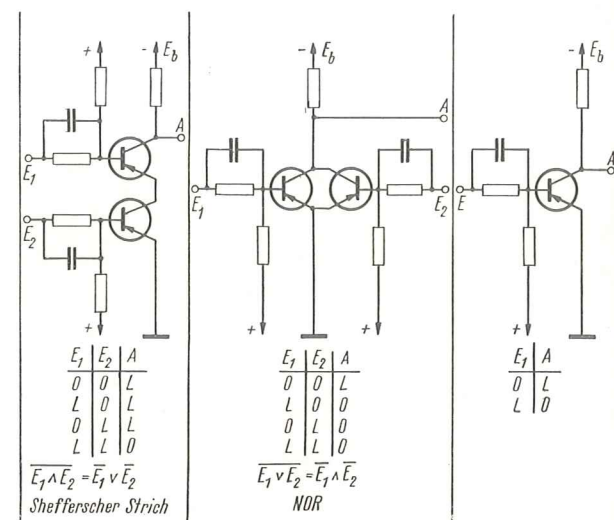


Bild 7

Es ist jedoch zweckmäßiger die NOR-Schaltung als Undschaltung einzusetzen (Bild 8), da diese erfahrungsgemäß in größerer Stückzahl in dem logischen Aufbau einer elektronischen Rechenmaschine auftreten und hier, wie oben beschrieben, ein exakteres Nullpotential auftritt.

### DCTL-Logik

Diese Schaltkreise unterscheiden sich im Prinzip nicht von den logischen Baustufen der RTC-Technik. Es entfallen hier die Widerstände und Kapazitäten im Eingangskreis der Grundbaustufe. Als Bauelemente treten nur die Arbeitswiderstände und Transistoren auf. Ausgänge und Eingänge werden direkt gekoppelt. Zu Bild 9a ist ein Schaltungsbeispiel gezeigt. Bei einem Verstärker in direkter Kopplung z. B. setzt sich der Lastwiderstand von  $T_1$  aus  $R_c$  mit dem dazu parallel-

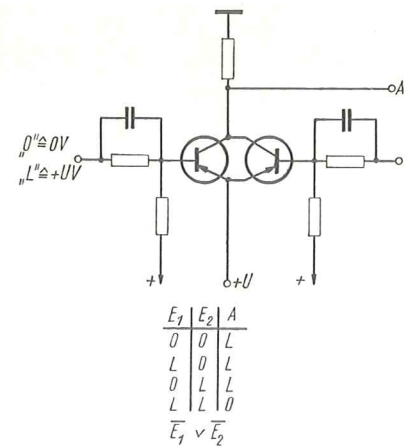


Bild 8

liegenden nichtlinearen Eingangswiderstand von  $T_2$  zusammen (Bild 9b).

In Bild 10 ist die Konstruktion dieser Kombination gezeigt.

Der Arbeitspunkt ist also festgelegt durch den Schnittpunkt der eingezeichneten Lastlinie mit der Kennlinie des Transistors bei dem entsprechenden Eingangsstrom des Verstärkers  $J_{b1}$ . Man sieht auch daraus, daß der Spannungssprung am Kollektor klein gegenüber  $E_b$  ist. Da die Ausgangsspannung der 1. Stufe gleich der Eingangsspannung der folgenden Stufe ist, muß das Ausgangs- und Eingangskennlinienfeld bei linearer Aussteuerung das in Bild 11 gezeigte Aussehen haben. Kurz zusammengefaßt ist die Wirkungsweise folgende.

Der Eingangswiderstand von  $T_2$  wird durch eine konstante Vorstrom-Einspeisung (je nach Schaltzustand) geändert. Dies drückt sich in einer Spannungsänderung

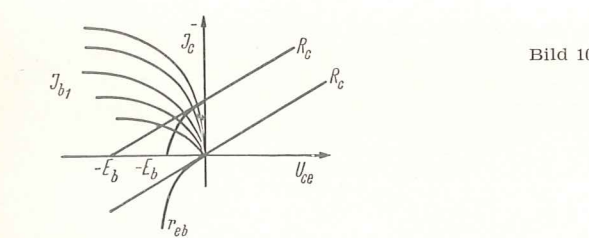
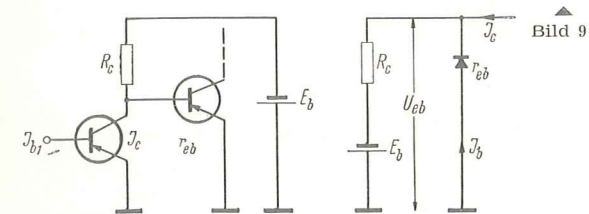
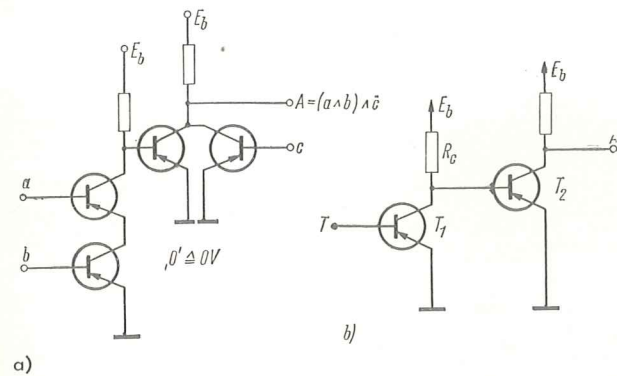


Bild 10

am Kollektor aus. Wie man sieht, müssen an die Transistoren hohe Anforderungen gestellt werden. Die Arbeitsfrequenz verringert sich gegenüber der RCT-Technik. So werden Umschaltzeiten von 2 bis 10  $\mu s$  mit Transistoren  $f_{cl} = 5$  MHz (Arbeitsfrequenz 10 kHz) gegenüber 150 kHz bei Anwendung der RCT-Technik erreicht.

Zusammenfassend kann zu den einzelnen Schaltungstechniken gesagt werden, daß man mit der RCT-Technik und dem entsprechenden Aufwand die höchste Arbeitsfrequenz im Verhältnis zur Grenzfrequenz der verwendeten Transistoren erzielen kann.

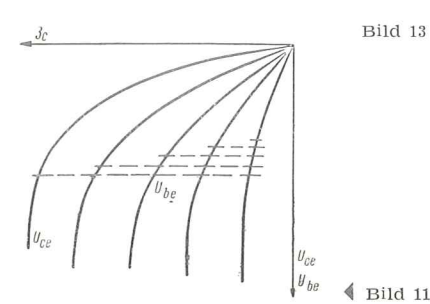


Bild 11

### Speicherelemente

Die logischen Baustufen stellen in elektronischen Rechenmaschinen die Verbindungsglieder zu den einzelnen Speicherstufen dar. Diese geben nach Anruf durch Steuerstufen ihre Informationen ab, die in den logischen Schaltungen entsprechend verändert und wieder zwischengespeichert werden. Als Baustufen, die beide Bedingungen erfüllen, (Speicher- und Steuerstufen) können u. a. Multivibratoren eingesetzt werden. Das Grundelement dieser Schaltung ist ein rückgekoppelter Verstärker, der aus zwei Negatoren aufgebaut werden kann (Bild 12). So ergeben sich für die jeweilige Schaltungstechnik die entsprechenden Multivibratortypen. Diese müssen nun durch andere Baustufen angesteuert werden. Man kann die Schaltungstechnik so aufbauen, daß jeder FF synchron mit dem Arbeitstakt geschaltet wird, (synchroner Arbeitsweise) oder daß sich die Kippstufen untereinander oder von den logischen Schaltungen direkt schalten lassen (asynchroner Arbeitsweise).

### Synchrone Arbeitsweise

Die Ansteuerung muß über Torschaltungen erfolgen. Das Ansteuerglied kann dabei gemäß DT-Technik aus Dioden, oder in der RCT-Technik oder DCTL-Technik mit Transistoren ausgeführt werden (Bild 13).

Die Ansteuerungsglieder beinhalten eine Verzögerung um genau einen Taktabschlag. Der Eingang wird mit dem vorhergehenden Taktimpuls auf L geschaltet (Bild 14) und der FF kippt dann mit dem folgenden Takt, der von dem Ansteuerglied durchgelassen wird.

$A_1$	$A_2$
L	O
O	L
L	O

nicht gestattet

Diese Arbeitsweise hat den Vorteil, daß die Laufzeiten der Informationen durch die logischen Baustufen in den Kippstufen wieder ausgeglichen werden. Es muß jedoch die Summe der Verzögerung der Eingangsspannung des FFs und der Verzögerung im Ansteuerglied kleiner als der Abstand der Taktimpulse sein. Der Aufbau nach der RCT-Technik hat gegenüber der Ansteuerung über das Diodenglied den Vorteil, daß die Flankensteilheit der Taktimpulse nicht von Interesse ist, da der Steuertransistor den Ausgang „gewaltsam“ während der Dauer der Taktimpulse auf Nullpotential zieht. Diese Arbeitsweise ist von großem Vorteil, da Kippstufen dazu neigen, mitunter nicht bei jedem Eingangsimpuls umzuschalten, wenn sie eine lange Zeit in einer Lage gelegen haben.

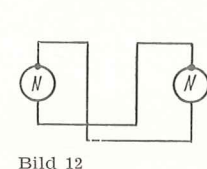
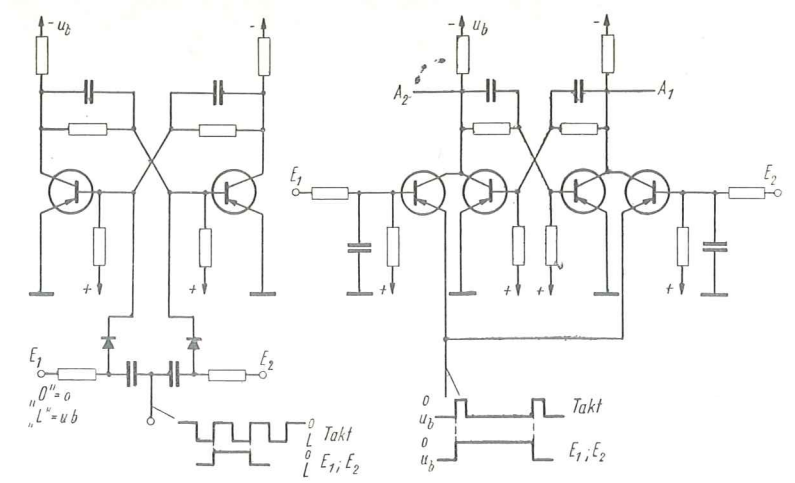


Bild 12

$E_1$	$E_2$
O	O
L	O
O	L
L	L

Bild 14



Dieser „Schlafkrankheitseffekt“ tritt auch bei Röhren infolge von Zwischenschichtbildung der Kathoden auf. Bei Halbleitern wird er mit Widerstandsänderungen in der Sperrschicht erklärt. Diese Erscheinung ist besonders vorhanden, wenn die Ansteuerimpulse durch Differenzglieder aus den Eingangsschaltspannungen gebildet werden, wie es bei dem Diodenansteuerglied und den Schaltungen in asynchroner Arbeitsweise der Fall ist.

### Asynchrone Arbeitsweise

Die Impulse, die die Kippstufen umschalten, werden über Differenzglieder aus den Schaltspannungen gewonnen.

Die FFs kippen dann auf die positive Flanke der Eingangsspannungen. Durch eine geeignete Auswahl-schaltung ist dann auch eine Möglichkeit gegeben, daß der FF triggert, d. h. an beiden Eingängen kann die Schaltspannung „L“ liegen und nur der Eingang kann schalten, dessen zugehöriger Ausgang auf „O“ liegt. In Bild 15 ist ein solcher FF gezeigt.

Um die Eingangsempfindlichkeit dieses FF weitgehend unabhängig von den Streuungen der Transistorparameter zu machen, sind Dioden vorgesehen. Bei einer Spannung, die außerhalb der Kniespannung des Transistors liegen muß und infolge der stromkonstanten Basiseinspeisung am Widerstand R eingeregelt werden kann, wird verhindert, daß der Transistor in die Sättigung gelangt. Es fließt der überschüssige Basisstrom über diese ab. Stromverstärkungsschwankungen von 100% können in dieser Schaltung getragen werden.

Der Vorteil der asynchronen Arbeitsweise liegt im einfachen Aufbau der Logik, denn hier ist die Möglichkeit

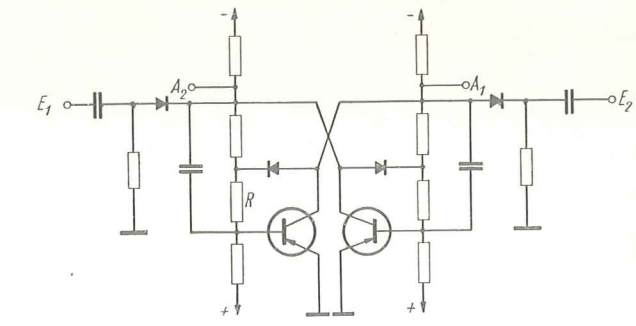


Bild 15

gegeben, daß sich die Kippstufen untereinander direkt schalten können. Es sind keine zusätzlichen Auswahl-schaltungen notwendig. NTB 495

### Literatur

- K. Goßlau und K. Braun: Schaltkreise mit Transistoren in nachrichtenvermittelnden Anlagen. Elektronische Rechenanlagen, München (1959) S. 20-28.
- Hunter: Handbook of Semiconductor Electronics McGraw-Hill Book Company, Inc. 1956.
- Rint: Handbuch für Hochfrequenz und Elektrotechnik, IV. Band, Verlag für Radio - Foto - Kinetik Berlin.
- P. Weitzsch: Traditionelle Aussagenlogik und elektronische Rechen- und Schaltanlagen. Elektr. Rundschau Nr. 12/1956 (4).

## Ladungsträgerspeichereffekt bei Transistoren

Dipl.-Ing. G. SCHULZE, KDT, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

Der Transistor eignet sich infolge seiner günstigen Schaltverhältnisse als gesteuerter Schalter, da im Auszustand nur der Reststrom fließt und  $R_{aus}$  in die Größenordnung von  $10^8 \Omega$  kommt. Auch der Einzustand liegt leistungsmäßig sehr günstig, denn es fällt im Einzustand nur die Kniespannung über dem Transistor ab und der Einwiderstand liegt in der Größenordnung von  $10 \Omega$ . In der Rechenmaschinentechnik wird der Transistor vornehmlich als Schalttransistor eingesetzt mit Ausnahme bei Abhörverstärkern, bei denen die ersten Stufen als Linearverstärker arbeiten. Beim Schalttransistor springt der Arbeitspunkt während endlichen Schaltzeichen zwischen dem Ein- und Ausbereich des  $U_{ce} - J_c$ -Kennlinienfeldes hin und her. Es sollen nun die Schaltverhältnisse (Großsignalverhalten) des Transistors bei verschiedenen Ansteuerungs- und Lastverhältnissen untersucht werden.

### Schaltverhalten des Transistors

Die Ersatzvierpolparameter, die für den Transistor für einen bestimmten Arbeitspunkt gemessen werden, haben nur in einem kleinen Ansteuerungsbereich volle Gültigkeit und sind bei Transistoren im Schalterbetrieb nicht mehr uneingeschränkt anwendbar. Man teilt deshalb das  $U_{ce} - J_c$ -Kennlinienfeld in drei Bereiche ein (Bild 1).

Bereich I (Transistor nichtleitend) Emitter- und Kollektorsperrschicht sind in Sperrichtung gepolt.

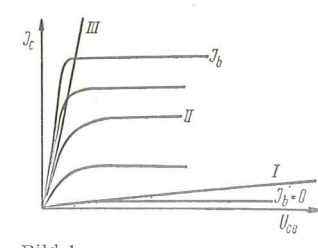


Bild 1

- Bereich II (Arbeitsbereich)** Emitterperrschicht ist in Durchlaßrichtung und Kollektor ist in Sperrichtung gepolt.
  - Bereich III (Transistor leitend)** Emitter- und Kollektorsperrschicht ist in Durchlaßrichtung gepolt.
- Die zugehörigen Trägerdichten  $n(x)$  veranschaulicht Bild 2.

Legt man an den Eingang einer Transistorverstärkerstufe (Bild 2b) einen Stromimpuls, so zeigt der  $I_c$  den in Bild 2c gezeigten schematischen Verlauf. Neben der Anstiegszeit  $T_0$  und Abfallzeit  $T_2$  tritt eine bei den Röhren unbekannte Zeit, die Speicherzeit (storage-time)  $T_1$ , auf. Der Transistor kommt in die „Sättigung“

Bereich III, wenn  $I_{b1} \cdot a' \geq \frac{E_b}{R_c} J_{cmax}$  wird, der Kol-

lektorstrom also vom Außenwiderstand  $R_c$  eine Begrenzung erfährt. Zur Berechnung der Zeiten  $T_0$ ,  $T_1$  und  $T_2$  wird die von J. L. Moll stammende Theorie verwendet. In der Zeit  $T_1 - T_0$  durchläuft der Arbeitspunkt den Kennlinienbereich II und zum Zeitpunkt  $T_1$  wird  $I_c$  begrenzt und der Transistor gelangt in die Sättigung und die Kollektordiode wird in Durchlaßrichtung gepolt. Wie wir später sehen, arbeiten Emitter und Kollektor gleichzeitig als Ermittel und Kollektor. Durch die Begrenzung des  $I_c$  wird die Basis von Ladungsträgern überschwemmt, so daß während  $T_1$ , also nach Abschalten von  $I_{b1}$ , die Kollektordiode noch eine Zeit in Durchlaßrichtung gepolt bleibt und Emitter und Kollektor erst später ihre alleinige Funktion übernehmen. In der Zeit  $T_1 - T_3$  gelangt der Arbeitspunkt wieder in den Arbeitsbereich und der Kollektorsperrschichtwiderstand steigt rapid an.

### Schaltverhalten (Übergangverhalten) im Arbeitsbereich

Um das Übergangverhalten zu beschreiben, soll das Ersatzschaltbild (Bild 3) dienen, das die Verhältnisse genügend genau beschreibt.

Bedingt durch das Eingangsglied des Transistors kann für die  $\alpha$ -Stromverstärkung folgender Ausdruck geschrieben werden:

$$\frac{I_c(s)}{I_e(s)} = a(s) = \frac{a_N}{1 + \frac{s}{\omega_N}} \quad (1)$$

Diese Gleichung hat Gültigkeit bis  $s \approx \omega_N$ . Damit lassen sich für die Emitterschaltung die Einschaltzeiten unter Kurzschlußbedingungen berechnen.

$$a'_N(s) = \frac{a_N(s)}{1 - a_N(s)} \quad (2)$$

$$I_c(s) = \frac{I_b(s) a_N}{1 - a_N + \frac{s}{\omega_N}} \quad (3)$$

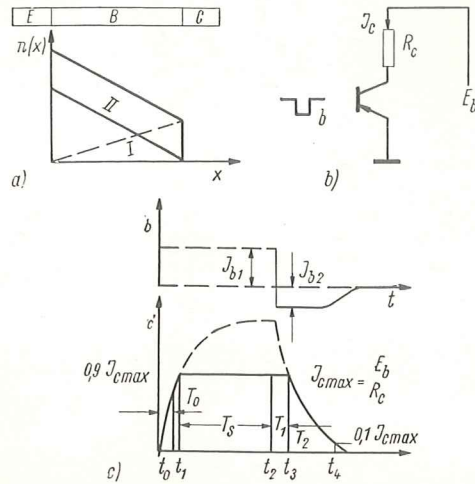


Bild 2

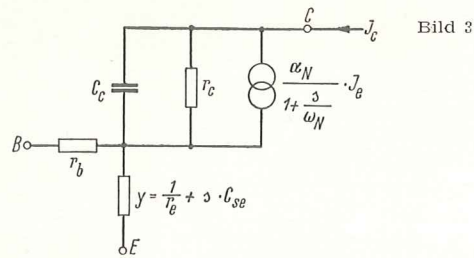


Bild 3

Bei Anlegung eines Einheitssprungs  $J_b(s) = \frac{J_{bl}}{s}$  errechnet sich der Kollektorstrom

$$I_c(t) = \frac{I_b a_N}{1 - a_N} (e^{-[\omega_N(1 - a_N)]t} - 1) \quad (4)$$

Zählt man die Anstiegszeit bis  $0,9 J_c$  ergibt sich:

$$0,9 I_c = \frac{I_b a_N}{1 - a_N} (e^{-[\omega_N(1 - a_N)]T_0} - 1)$$

$$T_0 = \frac{1}{\omega_N(1 - a_N)} \ln \frac{I_b a_N}{I_b a_N - 0,9 I_c (1 - a_N)}$$

$$= \frac{1}{\omega_N(1 - a_N)} \ln \frac{I_b}{I_b - 0,9 I_c \frac{1 - a_N}{a_N}}$$

$$T_{0 \text{ emitter}} = \frac{1}{\omega_N} \ln \frac{I_b}{I_b - 0,9 I_c \frac{1 - a_N}{a_N}} \quad (5)$$

Somit ergeben sich die Anstiegszeiten für die übrigen Schaltungen:

$$T_{0 \text{ basis}} = \frac{1}{\omega_N} \ln \frac{I_E}{I_E - 0,9 \frac{I_c}{a_N}} \quad \text{und} \quad (6)$$

$$T_{0 \text{ coll}} \approx \frac{1}{\omega_N(1 - a_N)} \ln \frac{I_b}{I_b - 0,9 \frac{I_c}{a'_N}} \quad (7)$$

$$a'_N = \frac{1}{1 - a_N}$$

Sind die Kurzschlußbedingungen nicht erfüllt, so steigt  $T_0$  infolge Kollektorkapazität.

#### Berechnung der Speicherzeit $T_1$

Es ist die Zeit, die notwendig ist, den Arbeitspunkt des Transistors vom Sättigungsbereich III in den Arbeitsbereich II zu bringen. Durch Lösung der Diffusionsgleichung lassen sich für den Flächentransistor folgende Gleichungen aufstellen:

$$J_c = a_{11} \left( e^{\frac{q}{kT} \phi_E} - 1 \right) + a_{12} \left( e^{\frac{q}{kT} \phi_C} - 1 \right) \quad (8)$$

$$J_c = a_{21} \left( e^{\frac{q}{kT} \phi_E} - 1 \right) + a_{22} \left( e^{\frac{q}{kT} \phi_C} - 1 \right)$$

$\phi_E$  und  $\phi_C$ : Spannungen über der Ermittler- oder Kollektorsperrschicht.

Die Parameter, die sich aus den Materialkonstanten für das Germanium berechnen lassen, sollen durch folgende Werte ausgedrückt werden:

$J_{E0}$  = Sättigungsstrom der Ermittlersperrschicht  $\phi_C = 0$

$J_{C0}$  = Sättigungsstrom der Kollektorsperrschicht  $\phi_E = 6$

$N_{AN}$  = normale Stromverstärkung

$a_1$  = inverse Stromverstärkung

In Bereich II ist die Kollektordiode in Sperrichtung gepolt. Die Gleichungen vereinfachen sich zu

$$I_e = a_{11} \left( e^{\frac{q\phi_C}{kT}} - 1 \right) - a_{12}$$

$$I_c = a_{21} \left( e^{\frac{q\phi_E}{kT}} - 1 \right) - a_{22} \quad \text{daraus}$$

$$I_c = \frac{a_{21}}{a_{11}} I_e + \left( \frac{a_{12} a_{21}}{a_{11}} - a_{22} \right)$$

$$I_c = -a_N I_e + I_{c0}$$

Für den inversen Betrieb (Emitter und Kollektor vertauscht), ergeben sich die Gleichungen

$$I_E = \frac{a_{12}}{a_{22}} I_c + \left( \frac{a_{12} a_{21}}{a_{22}} - a_{11} \right) = -a_1 I_c + I_{c0}$$

Damit können die Parameter bestimmt werden.

$$I_E = - \frac{I_{E0}}{1 - a_N a_1} \left( e^{\frac{q\phi_E}{kT}} - 1 \right)$$

$$+ \frac{a_1 I_{c0}}{1 - a_N a_1} \left( e^{\frac{q\phi_C}{kT}} - 1 \right)$$

$$I_c = + \frac{a_N I_{E0}}{1 - a_N a_1} \left( e^{\frac{q\phi_E}{kT}} - 1 \right)$$

$$- \frac{I_{c0}}{1 - a_N a_1} \left( e^{\frac{q\phi_C}{kT}} - 1 \right) \quad (9)$$

Sättigungsstrom + für npn Transistoren

Sättigungsstrom - für pnp Transistoren

Man sieht also, daß  $I_E$  und  $I_c$  sich aus zwei Anteilen zusammensetzt. Im Arbeitsbereich ist der 2. Summand

zu vernachlässigen, da die Kollektordiode in Sperrichtung gepolt ist, jedoch im Sättigungsbereich ist dieser Anteil von der jetzt in Durchlaßrichtung gepolten Kollektorsperrschicht nicht mehr zu vernachlässigen.  $I_c$  und  $I_e$  setzen sich in diesem Bereich aus 2 Anteilen zusammen. Um diese Erscheinung rechnerisch in der gewohnten Weise zu erfassen, führt man die Vorgänge auf den normal arbeitenden Transistor und den inversen Transistor zurück. Die Gesamtdichte setzt sich aus der Summe zweier im Arbeitsbereich arbeitender Transistoren zusammen (Bild 4).

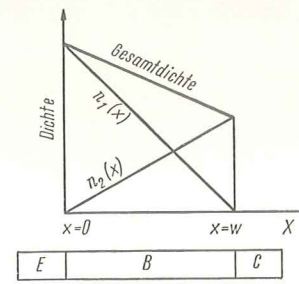


Bild 4

$n_1(x)$  Ladungsträgerdichte, wenn  $\phi_C = 0$  (normal)

$n_2(x)$  Ladungsträgerdichte, wenn  $\phi_E =$  (invers)

$$I_E = -I_{E1} + I_{E2} \quad (10)$$

$$I_c = -I_{c1} + I_{c2} \quad (11)$$

Sind diese beiden Prozesse unabhängig voneinander, so gilt

$$\frac{I_{c2}(s)}{I_{E1}(s)} = a_N(s) = \frac{a_N}{1 + \frac{s}{\omega_N}} \quad (12)$$

$$\frac{I_{E2}(s)}{I_{c1}(s)} = a_1(s) = \frac{a_1}{1 + \frac{s}{\omega_1}} \quad (13)$$

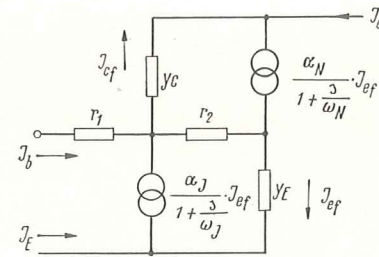


Bild 5

Die Ausgangsströme werden in der Sättigung von den äußeren Schaltelementen bestimmt  $\phi_C \approx 0$  bzw.  $\phi_E \approx 0$ , so daß sich die Teilströme berechnen lassen.

$$I_{E1} = \frac{I_{E0}}{1 - a_1 a_N} \left( e^{\frac{q\phi_E}{kT}} - 1 \right) \quad \phi_C = 0$$

$$I_{E2} = \frac{a_1 I_{c0}}{1 + a_1 a_N} \left( e^{\frac{q\phi_C}{kT}} - 1 \right) \quad \phi_E = 0$$

Das Ersatzschaltbild für einen Transistor im Sättigungsbereich zeigt Bild 5. Hierin bedeuten  $r_1$  und  $r_2$  näherungsweise die Geometrie des Transistors.  $r_1$  ist der ohmsche Bahnwiderstand zwischen dem Rand des Kollektors und dem Basiskontakt, und  $r_2$  ist der Bahnwiderstand zwischen Emitter und Kollektor. Kommt der Arbeitspunkt in das Sättigungsgebiet, so fällt der Eingangswiderstand sehr schnell auf einen Bruchteil des Wertes im Arbeitsbereich. Es wird  $r_b = r_1 + r_2$  (Bild 3). Der Ermittlerwiderstand ist zu vernachlässigen.

Mit den Gleichungen 10 bis 13 lassen sich die beiden Ströme  $I_{E2}$  und  $I_{c1}$  berechnen.

$$I_{E2} = -a_1(s) \frac{I_c(s) + a_N(s) I_E(s)}{1 - a_N(s) a_1(s)} \quad (14)$$

$$I_{c1} = - \frac{I_c(s) + a_N(s) I_E(s)}{1 - a_N(s) a_1(s)} \quad (15)$$

Die Ströme vor dem Ausschalten sind

$$I_e = I_{e1}, I_c = I_{c1}, I_b = I_{b1} \quad \text{und danach}$$

$$I_e = I_{e2}, I_c = I_{c2}, I_b = I_{b2}$$

Daraus folgt

$$I_E(s) = \frac{I_{E2} - I_{E1}}{s}$$

$$I_c(s) = \frac{I_{c2} - I_{c1}}{s}$$

In Gleichung 14 und Gleichung 15 eingesetzt und in den Oberbereich zurücktransformiert:

$$I_{E2}(t) = \frac{-a_1(I_{c2} + a I_{E2})}{1 - a_N a_1} + \left\{ \frac{a_1(I_{c2} - I_{c1}) \left( \frac{\omega_3}{\omega_N} - \frac{\omega_3}{\omega_A} \right) - \frac{\omega_3}{\omega_A} a_N a_1 (I_{E2} - I_{E1})}{(1 - a_N a_1) \left( 1 - \frac{\omega_3}{\omega_A} \right)} \right\} e^{-\omega_A t}$$

$$+ \left\{ \frac{a_1(I_{c2} - I_{c1}) \left( 1 - \frac{\omega_3}{\omega_N} \right) + a_N a_1 (I_{E2} - I_{E1})}{(1 - a_N a_1) \left( 1 - \frac{\omega_3}{\omega_A} \right)} \right\} e^{-\omega_3 t} \quad (16)$$

$$I_{c1}(t) = \frac{-I_{c2} - a_N I_{E2}}{1 - a_N a_1} + \left\{ \frac{(I_{c2} - I_{c1}) \left( \frac{\omega_3}{\omega_1} - \frac{\omega_3}{\omega_A} \right) \left( 1 - \frac{\omega_A}{\omega_N} \right) + a_N (I_{E2} - I_{E1}) \left( \frac{\omega_3}{\omega_1} - \frac{\omega_3}{\omega_A} \right)}{(1 - a_N a_1) \left( 1 - \frac{\omega_3}{\omega_A} \right)} \right\} e^{-\omega_A t}$$

$$+ \left\{ \frac{(I_{c2} - I_{c1}) \left( 1 - \frac{\omega_3}{\omega_N} \right) + a_N (I_{E2} - I_{E1}) \left( 1 - \frac{\omega_3}{\omega_1} \right)}{(1 - a_1 a_N) \left( 1 - \frac{\omega_3}{\omega_A} \right)} \right\} e^{-\omega_3 t} \quad (17)$$

$\omega_A$  und  $\omega_B$  sind die Lösungen der Gleichung  $\omega^2 - \omega \omega^2 - \omega (\omega_N + \omega_I) + \omega_N \omega_I (1 - a_N a_I) = 0$ .

Für einen unsymmetrischen Transistor gilt  $\omega_B < \omega_I < \omega_N < \omega_A$

Die Sättigung beginnt bei  $I_{E1} = 0$  und  $I_{E1} = I_{E2}^2$

$$\frac{I_{E2} - a_N I_{E1}}{1 - a_N a_I} = \frac{\omega_B}{\omega_I} \frac{\omega_B}{\omega_A} e^{-\omega_A t_{1c}} + \frac{1 + \frac{\omega_B}{\omega_A}}{1 - \frac{\omega_B}{\omega_A}} e^{-\omega_B t_{1c}}$$

Das Ende der Sättigung wird erreicht, wenn der Emittterückstrom zu Null wird, d. h. die Ladungsträger, die durch den „inversen Transistor“ vorhanden sind, wur-

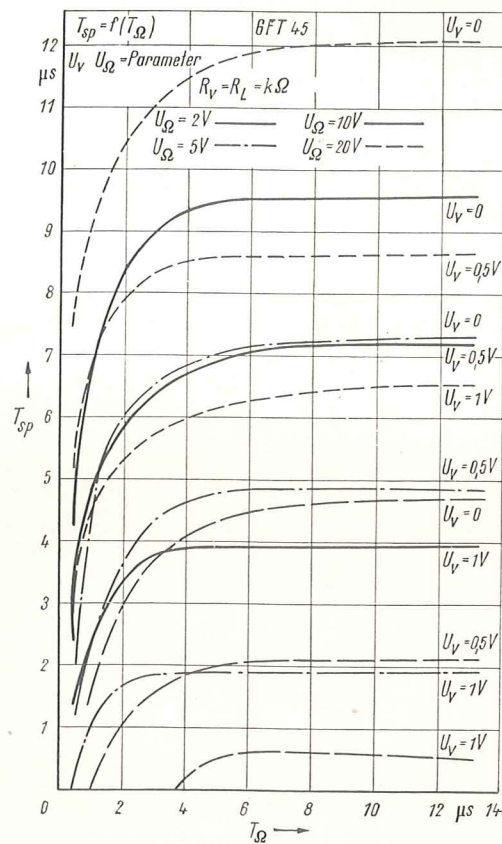


Bild 6

den zu Null abgebaut und der Transistor arbeitet wieder im Bereich II. Die Bedingung ist  $I_{E1} = 0$ ,  $I_{E1} - I_{E2}$  aus Gleichung (16)

$$\frac{I_{E1} + a_N I_{E2}}{a_N (I_{E2} - I_{E1})} = \frac{e^{-\omega_B t_{1E}}}{1 - \frac{\omega_B}{\omega_A}} - \frac{\frac{\omega_B}{\omega_A}}{1 - \frac{\omega_B}{\omega_A}} e^{-\omega_A t_{1E}}$$

Mit  $\omega_A \gg \omega_B$  errechnet sich die Speicherzeit

$$T_{1Basis} = \frac{1}{\omega_B} \ln \frac{I_{E2} - I_{E1}}{I_{E2} + \frac{I_{E1}}{a}} \quad (18)$$

$$\omega_B = \frac{\omega_N \cdot \omega_I (1 - a_N a_I)}{\omega_N + \omega_I}$$

Mit  $I_b + I_c + I_E = 0$

$$T_{1Emitter} = \frac{\omega_N + \omega_I}{\omega_N \cdot \omega_I (1 - a_N a_I)} \ln \frac{I_{b1} - I_{b2}}{I_{c1} (1 - a_N) + I_{b2}} \quad (19)$$

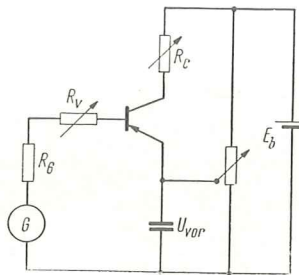
Für die Kollektorschaltung ist  $I_{E2} = I_{E1}$  und  $I_{c2} - I_{c1} = I_{b1} - I_{b2}$

Daraus lassen sich aus Gleichung 16 und Gleichung 17 Beginn und Ende der Sättigung festlegen.

Mit der gleichen Näherung berechnet sich

$$T_{1coll} = \frac{\omega_N + \omega_I}{\omega_N \cdot \omega_I (1 - a_I \cdot a_N)} \cdot \ln \frac{I_{b2} - I_{b1}}{I_{b2} + (1 - a_N) I_{E1}} \quad (20)$$

Bild 7



Die Speicherzeit wird nach einer Eingangsimpulsdauer von

$$\approx 4 \cdot \left( \frac{\omega_N + \omega_I}{\omega_N \cdot \omega_I (1 - a_N a_I)} \right) \approx \frac{4}{\omega_I (1 - a_I)} \quad (21)$$

unabhängig von der Breite dieses Eingangsimpulses (Bild 6).

### Ausschaltzeit T<sub>2</sub>

T<sub>2</sub> ist die Zeit, in der der Strom I<sub>c</sub> auf 0,1 I<sub>c,max</sub> abgesunken ist.

$$I_c(s) = I_b(s) \cdot \frac{a_N}{1 - a_N + \frac{s}{\omega_N}}$$

Beim Abschalten ist  $I_b(s) = -\frac{I_{b2}}{s}$

$$I_c(t) = -\frac{I_{b2} a_N}{1 - a_N} \left( e^{-\omega_N (1 - a_N) t} - 1 \right)$$

T<sub>21</sub> ist die Zeit, die bis zum vollen Anstieg auf I<sub>c</sub> vergeht.

$$T_{21} = -\frac{1}{\omega_N (1 - a_N)} \cdot \ln \frac{I_{b2} a_N}{I_{c1} (1 - a_N) + I_{b2} a_N}$$

T<sub>22</sub> ist die Zeit bis 0,1 I<sub>c</sub>.

$$T_{22} = -\frac{1}{\omega_N (1 - a_N)} \cdot \ln \frac{I_{b2} a_N}{0,1 I_{c1} (1 - a_N) + I_{b2} a_N}$$

$$T_2 = T_{21} - T_{22} = \frac{1}{\omega_N (1 - a_N)} \ln \frac{I_{c1} - \frac{a_N}{1 - a_N} I_{b2}}{0,1 - \frac{a_N}{1 - a_N} I_{b2}}$$

Daraus können die Abschaltzeiten für die übrigen Schaltungen abgeleitet werden.

$$T_{2Basis} = \frac{1}{\omega_N} \ln \frac{I_{c1} + a_N I_{E2}}{0,1 I_{c1} + a_N I_{E2}}$$

$$T_{2col} = \frac{1}{\omega_N (1 - a_N)} \ln \frac{I_{E1} - \frac{I_{b2}}{1 - a_N}}{0,1 I_{E1} - I_{b1}}$$

Die drei Zeiten T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> lassen sich durch die Parameter  $\alpha$  und  $\omega$  des normalen und inversen Transistor berechnen.

### Experimentelle Ergebnisse

Es wurden die Speicherzeiten für 2 GFT 45 mit den Werten in der Schaltung wie sie Bild 7 zeigt gemessen.

$$E_b = -12 \text{ V}$$

$$U_{Vor} = -1 \text{ V}$$

$$R_c = 1 \text{ k}\Omega$$

a) $R_{Vor} = 100 \Omega$	b) $R_{Vor} = 1 \text{ k}\Omega$
$\omega_N = 20,2 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$	$\omega_N = 20,2 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$
$\omega_I = 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$	$\omega_I = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$
$a_N = 0,992$	$a_N = 0,992$
$a_I = 0,91$	$a_I = 0,86$

Die Werte der Schaltung betragen

$$E_b = -12 \text{ V}$$

$$U_{Vor} = -1 \text{ V}$$

$$R_c = 1 \text{ k}\Omega$$

Impulsbreite = 5  $\mu$ s

$R_{Vor} = 100 \Omega$	$R_{Vor} = 1 \text{ k}\Omega$
$T_{1gem} = 3 \mu\text{s}$	$T_{1gem} = 3,5 \mu\text{s}$
$T_{1aber} = 2,2 \mu\text{s}$	$T_{1aber} = 3,8 \mu\text{s}$
Fehler = 26 %	Fehler = 8 %

Bei einer Eingangsimpulsbreite von 5  $\mu$ s war die Bedingung nach Gleichung 21 für den „eingeschwungenen Zustand“ erfüllt. Die Genauigkeit beträgt etwa 20 % und man kann sagen, daß die Berechnung mit Hilfe des inversen Transistors das Speicherverhalten gut annähert. Die Gleichungen 18 bis 20 haben auch Gültigkeit bei  $U_{Vor} = 0$ .  $U_{Vor}$  dient zur Stabilisierung des Auspunktes.  $I_{b2}$  und damit auch die Speicherzeit kann dadurch beeinflusst werden. NTB 499

### Literatur:

Ebers, J. J. and J. L. Moll: Large Signal Behavior of Junction Transistors. Proc. IRE vol. 42 pp 1761 — 1772, December 1954.

J. L. Moll: Large Signal Transient Response of Junction Transistors. Proc. IRE vol. 42 pp 1773 — 1784, December 1954.

## Bedeutung, Ursachen und Messungen der Sperrträchtigkeit von Ge-Spitzendioden

Ing. W. SCHROEDER, KDT, VEB Elektronische Rechenmaschinen Karl-Marx-Stadt

### 1. Einleitung

In den letzten Jahren erschien in den Fachzeitschriften eine große Zahl von Abhandlungen, wie zum Beispiel [1] [3] [4] [5] [6] [7] [8] über die physikalischen Zusammenhänge der Trägheitseigenschaften von Kristalldioden. Fast ausschließlich werden dabei jedoch theoretisch und praktisch nur Flächendioden mit besonders ausgeprägter Trägheit behandelt. Eine theoretische Erfassung der quantitativen Eigenschaften von Spitzendioden dürfte wesentlich schwieriger sein. Zwar sind die Ursachen für die Trägheit die gleichen wie bei den Flächendioden, es können jedoch noch einige zusätzliche Faktoren eine Rolle spielen (z. B. Ausbildung einer zweiten Sperrschicht), die schwer erfassbar sind. Auch die Messung der dynamischen Eigenschaften solcher Spitzendioden ist wesentlich schwieriger durchzuführen, weil die zeitliche Auflösung der erzeugten und zu messenden Impulse ein bis zwei Größenordnungen besser sein muß als bei Flächendioden. Hinzu kommt die Verfälschung der Meßergebnisse durch geringste Streu- und Belastungskapazitäten der Meßschaltung von nur wenigen pF, die sich kaum vermeiden lassen. Dies wird verständlich, wenn man berücksichtigt, daß die wirksamen Speicherkapazitäten bei Spitzendioden in der Größenordnung von nur etwa 10 pF liegen.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich daher nach einigen prinzipiellen Bemerkungen über die Bedeutung und die physikalischen Zusammenhänge der Diodenträgheit in der Hauptsache mit der Beschreibung einer Meßanordnung und den erzielten Meßergebnissen an Universal-Spitzendioden der DDR-Produktion, wobei zum Teil ein Vergleich der dynamischen Werte mit speziellen Schaltdioden vorgenommen wird. Hierbei erfolgt eine Darstellung der quantitativen Trägheits-Eigenschaften und ihre Abhängigkeit von den verschiedenen Schaltungsparametern. Es wurde weiterhin Wert auf die Ermitt-

lung der unter bestimmten Betriebsbedingungen auftretenden Sperrstromspitze gelegt, weil diese vermutlich bei entsprechender Größe im Dauerbetrieb bereits eine Schädigung der Diode herbeiführen kann. Von den Typen OA 645 und OA 705 ist es durch die Messung einer größeren Stückzahl möglich geworden, außerdem die Streubreite der Exemplarstreuung anzugeben. An DDR-Typen wurden außerdem noch Messungen an Exemplaren der OA 702 und der Golddrahtdioden OA 720 und OA 741 vorgenommen.

### 2. Die Bedeutung der Diodenträgheit

Durch die im Laufe der Jahre immer mehr zunehmende Verwendung von Kristalldioden in Schaltungen der Impulstechnik, ganz besonders in großer Stückzahl in elektronischen Rechenanlagen, zeigt sich immer deutlicher, daß für derartige Anwendungen die Angabe der statischen Diodeneigenschaften nicht mehr ausreicht.

Im Gegensatz zu Röhrendioden entspricht bei Kristalldioden das dynamische Diodenverhalten bei Verwendung von Impulsen in der Größenordnung von  $10^{-6}$  s nicht mehr den auf Grund der statischen Kennwerte errechneten Durchlaß- und Sperrwiderständen. Wird eine Kristalldiode vom Sperrzustand plötzlich in den Durchlaßbereich getastet, so folgt ihr Durchlaßstrom nicht augenblicklich der angelegten Durchlaßspannung, sondern nähert sich nur langsam (die Zeit hierfür richtet sich nach den Diodeneigenschaften und den Eigenschaften der Schaltung) seinem endgültigen Wert. Bei Tastung von der Durchlaßrichtung in die Sperrichtung tritt andererseits zum Zeitpunkt  $t = 0$  eine sehr hohe Sperrstromspitze auf, die erst allmählich abklingt, bis der statische Sperrwiderstand erreicht ist. Die in Bild 1 gezeigten dynamischen Diodeneigenschaften nennt man Durchlaß- bzw. Sperrträchtigkeit und die zum Abklingen dieser Wirkung erforderliche Zeit Rekombinationszeit. In ihrer Wirkung entsprechen diese Eigenschaften in Durchlaßrichtung einem induktiven und in Sperrichtung einem kapazitiven Einfluß.

Während bei den heute gefertigten Spitzendioden die Auswirkungen der Durchlaßträchtigkeit weniger ins Gewicht fallen, kann die Sperrträchtigkeit das Einsatzgebiet der Dioden wesentlich einengen. Der Grund dafür, daß bei den zur Zeit hergestellten Spitzendioden der Einfluß der Durchlaßträchtigkeit weniger von Bedeutung ist, liegt in dem relativ großen Durchlaßwiderstand der Diode von etwa 100 ... 300  $\Omega$  begründet. Der induktive Anteil des Durchlaßwiderstandes fällt gegenüber dem ohmschen Anteil wenig ins Gewicht, so daß eine vor-

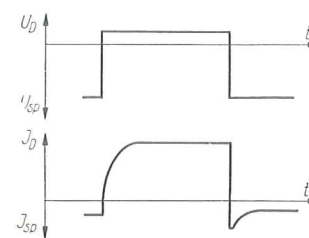


Bild 1. Verlauf des Diodenstromes bei einer angelegten Rechteckspannung

wiegend stromkonstante Speisung der Diode vorliegt. Bei dem Einsatz von Flächen- und Golddrahtdioden liegt der Durchlaßwiderstand bedeutend niedriger, so daß hier auf alle Fälle die Durchlaßfähigkeit mehr Beachtung verdient. Auch bei den Spitzendioden strebt man mit fortschreitender Entwicklung eine Verkleinerung des Durchlaßwiderstandes an, so daß auch bei ihnen die Bedeutung der Durchlaßfähigkeit immer mehr zunimmt.

Der Einfluß der Sperrfähigkeit tritt besonders dann in Erscheinung, wenn die Diode Schaltfunktionen übernehmen soll und die Flanken der Steuerspannung entsprechend steil sind. Wird beispielsweise eine Kristalldiode zur Begrenzung von Impulsen eingesetzt, so bewirkt die Trägheit eine unsaubere Begrenzung des Impulses. Besonders kritisch erweist sich diese Eigenschaft bei Verwendung von Kristalldioden in logischen Verknüpfungsschaltungen, wie zum Beispiel Misch- oder Koinzidenzstufen, wie sie in großer Anzahl in elektronischen Rechenmaschinen vorkommen. Hier kann die Diodenträgheit zum Beispiel zu Rückwirkungen zwischen den einzelnen verschiedenen Eingängen

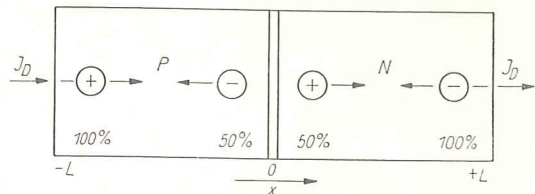


Bild 2. Löcher- und Elektronenstrom in einer Flachendiode mit langen Bahngebieten

oder zum Auftreten von Störspannungen im Ausgang der Stufe führen. Außerdem wird durch sie die maximale Impulsfrequenz begrenzt, da der nächste Impuls erst dann eintreffen kann, wenn alle in dieser Stufe verwendeten Dioden wieder ihre statischen Werte erreicht haben, da sonst Störungen unvermeidlich sind.

### 3. Die physikalischen Zusammenhänge der Trägheitseigenschaften

Im folgenden sollen die wichtigsten physikalischen Erkenntnisse über die Trägheitseigenschaften dargestellt werden, weil dies zum Verständnis des Trägheitseffektes und seiner Messung erforderlich ist. Sowohl die Durchlaß- als auch die Sperrfähigkeit sind grundsätzlich auf die gleichen Ursachen zurückzuführen. Es handelt sich hierbei um eine Ladungsträgerkonzentration in den an die eigentliche Sperrschicht anschließenden Bahngebieten. In diesen erfolgt bei Stromdurchgang durch die Diode eine Anhäufung von freien Ladungsträgern. Bei schneller Umtastung einer Halbleiterdiode aus dem Durchlaß- in den Sperrbereich entspricht die Ladungsträgerkonzentration in den Bahngebieten plötzlich nicht mehr den für den Sperrzustand erforderlichen Werten und die überschüssigen Ladungsträger werden solange abgebaut, bis die dem Sperrzustand entsprechende Ladungsträgerverteilung erreicht ist. Die Zeit, die erforderlich ist, bis sich die statische Ladungsträgerverteilung eingestellt hat, ist abhängig

- von der bei einem bestimmten Durchlaßstrom in der Diode gespeicherter Ladungsmenge und
- von der durch die verschiedenen Faktoren in einer bestimmten Zeit abgebauten überschüssigen Ladung.

#### 3.1 Die Ladungsspeicherung

Betrachten wir einen p-n-Übergang mit Bahngebieten, die im Vergleich zu den Diffusionslängen der Ladungsträger sehr groß sind, so ergibt sich bei sprunghaft zur Zeit  $t = 0$  einsetzenden Strom  $I_D$  in Durchlaßrichtung eine nach Bild 2 verlaufende Ladungserscheinung. An der Stelle  $x = -L$  fließt dann wegen der Voraussetzung langer Bahngebiete der eingepreßte Diodenstrom als reiner Löcherstrom, an der Stelle  $x = +L$  als reiner Elektronenstrom. In der Übergangsschicht, die sich auf die engste Nachbarschaft der Stelle  $x = 0$  erstreckt, setzt sich der Diodenstrom aus Gründen der

Symmetrie zu je 50 Prozent aus einem Löcher- und einem Elektronenstrom zusammen. In das n-Gebiet ergießt sich also zur Zeit  $t = 0$  beginnend ein konstanter

Löcherstrom  $\frac{I_D}{2}$ , ohne daß irgendwelche Löcherladungen abfließen. Es kommt zu einer Speicherung von Löcherladungen, die erst beendet ist, wenn die Zahl, der in der Zeiteinheit in das n-Gebiet einströmenden Löcher gleich der Zahl der in der Zeiteinheit rekombinierenden Löcher ist. Entsprechend kommt es im p-Gebiet zu einer Speicherung von Elektronenladungen. Quantitativ betrachtet ergibt sich nach Heinlein [5] für den Zuwachs der gespeicherten Löcherladungen im n-Gebiet

$$dQ_p = \frac{I_D}{2} dt - \frac{1}{\tau} Q_p dt \quad (1)$$

Durch Integration mit der Anfangsbedingung  $Q_p = 0$  und unter Berücksichtigung beider Bahngebiete erhält man für die gesamte gespeicherte Löcherladung

$$Q_0(t) = I_D \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad (2)$$

Dabei bedeuten  $I_D$  = Durchlaßstrom,  $\tau$  = Lebensdauer der Ladungsträger. In Gleichung (2) kommt zum Ausdruck, daß die gespeicherte Ladungsmenge bei sprunghaft eingepreßtem Strom nach einer e-Funktion mit der Lebensdauer  $\tau$  als Zeitkonstante wächst. Für die stationär gespeicherte Ladungsmenge zur Zeit  $t = \infty$  gilt dann

$$Q_0(\infty) = I_D \cdot \tau \quad (3)$$

Sie ist somit proportional dem Durchlaßstrom und der Ladungsträgerlebensdauer.

Bei einer Diode, deren Bahngebiete im Vergleich zur Diffusionslänge der Ladungsträger kurz sind, setzt sich der Strom an jeder Stelle der Diode aus Ladungsträgern beider Vorzeichen zusammen. In das n-Gebiet strömt an der Grenze zur Übergangsschicht der Löcherstrom

$$I_p(0) = \frac{I_D}{2}$$

ein und am kontaktseitigen Ende fließt ein Löcherstrom

$$I_p(+L) < \frac{I_D}{2}$$

ab. Im n-Gebiet befindet sich somit die Löcherladung

$$Q_p = \left[ \frac{1}{2} I_D - I_p(+L) \right] \tau \quad (4)$$

gespeichert, die bei gleichem Strom  $I_D$  und gleicher Lebensdauer  $\tau$  kleiner ist als im Fall sehr ausgedehnter Bahngebiete. Da die Differenz

$$\frac{I_D}{2} - I_p(+L)$$

nicht proportional mit dem Strom zunimmt, wächst die gespeicherte Ladung weniger als proportional mit dem Strom.

Im Fall sehr kurzer Bahngebiete ist die Bahnspeicherung unabhängig von  $\tau$  und es ergibt sich aus den Ergebnissen von Herlet [6] für die gespeicherte Ladungsmenge

$$Q_0 = e n_A q l \left\{ \frac{1}{\sigma_i} \left[ (1 + 4i)^{\frac{3}{2}} - 1 \right] - 1 \right\} \quad (5)$$

Dabei bedeuten  $e$  die Elementarladung,  $n_A$  die Dotierungskonzentration,  $q$  den Querschnitt der Diode,  $l$  die Länge der Bahngebiete und  $i$  eine nominierte Stromdichte.

$$i = \frac{I_D}{q 2 e \left( \frac{D}{l} \right) n_A} \quad (6)$$

wobei  $D$  die Diffusionskonstante ist. Für sehr kleine Stromdichten geht diese Lösung in die stromproportionale Lösung

$$Q_0 = e n_A q l i \left( \frac{L^2}{2D} \right) I_D \quad (\text{für } i \ll 1) \quad (7)$$

über und für sehr große Stromdichten in die Näherung

$$Q_0 = e n_A q l \frac{4}{3} \sqrt{i} \quad (\text{für } i \gg 1) \quad (8)$$

Je kürzer die Bahngebiete sind, desto kleiner ist also der Speichereffekt und desto geringer ist die Trägheit der Dioden.

Gleichung (5) und (6) ermöglichen die Berechnung von  $Q_0$  für Dioden mit sehr kurzen Bahngebieten. Da in

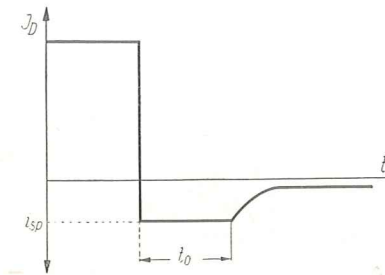


Bild 3. Diodenstromverlauf bei starker Sperrstrombegrenzung

diesen Gleichungen 4 für den Anwender meist unbekannte Größen vorhanden sind, ist die Berechnung wesentlich schwieriger als bei Dioden mit sehr großen Bahngebieten durchzuführen.

#### 3.2 Der Entladevorgang

Bei einer plötzlichen Abschaltung der Durchlaßspannung befindet sich zur Zeit  $t = 0$  die im vorigen Abschnitt erläuterte Ladungsmenge in der Diode. Kehrt weiterhin die Steuerspannung ihre Polarität sofort um, so daß sie jetzt als Diodensperrspannung auftritt, dann bleibt durch die gespeicherte Ladungsmenge der in Durchlaßrichtung vorhandene niedrige Bahnwiderstand der Diode auch in Sperrrichtung für eine kurze Zeit erhalten. (Für die Zeit  $t = 0$  kann dieser Sperrwiderstand sogar 0 werden. Das hat für die praktische Anwendung jedoch wenig Bedeutung, da dies eine unendlich große Flankensteilheit der Sperrimpulsflanke voraussetzt, die praktisch nicht zu realisieren ist.) Als Folge fließt eine beträchtliche Sperrstromspitze, die (für die Zeit  $t = 0$ ) nur von dem Widerstand des Meßkreises bestimmt wird. Ein Teil der überschüssigen Ladung rekombiniert in der Diode auf Grund der endlichen Ladungsträgerlebensdauer  $\tau$ , der Rest fließt über die angeschlossene Schaltung ab. Erst nach Beendigung dieser Vorgänge erreicht die Diode ihren statischen Sperrwiderstand  $R_{sp}$ .

$$dQ = - \frac{1}{\tau} Q dt - i_{sp} dt \quad (9)$$

Dabei entspricht das erste Glied der rechten Seite dem rekombinierenden Ladungsschwund und das zweite Glied den in die äußere Schaltung abfließenden Ladungsanteile. Aus der Integration mit der Anfangsbedingung  $Q = Q_0$  und mit der Näherung, daß nach der Entladezeit  $t_0$  die gesamte Ladung  $Q_0$  verschwunden ist, erhält man für die Entladezeit

$$t_0 = \tau \ln \left( 1 + \frac{R_i Q_0}{U_{sp} \tau} \right) \quad (10)$$

Dabei bedeuten  $i_{sp}$  = Sperrstrom,  $U_{sp}$  = Sperrspannung,  $R_i$  = Innenwiderstand der gesamten Schaltung von den Diodenanschlüssen aus betrachtet. Gleichung (10) gilt allerdings streng nur dann, wenn der Sperrstrom  $i_{sp}$  über die Dauer der Entladezeit  $t_0$  konstant bleibt, d. h.  $R_i$  so groß ist, daß eine merkbare Strombegrenzung durch den Innenwiderstand der Schaltung auftritt. Es handelt sich dann um einen Stromverlauf der Diode entsprechend Bild 3. Durch diese Vereinfachung erscheint der Sperrstrom als konstanter Wert und nicht als  $f(t)$ . Dies trifft für Flachendioden in den weitaus meisten Fällen zu, weil dort durch die größere gespeicherte Ladungsmenge auch  $t_0$  bedeutend größer ist. Hinzu kommt eine wesentliche Strombegrenzung,

auch dann noch, wenn der Sperrwiderstand schon wieder zunimmt und sich bereits dem Bahnwiderstand nähert ( $R_{Bahn} \ll R_i$ ).

Anders liegen die Verhältnisse bei Spitzendioden. Mit einer Verkleinerung von  $Q_0$  ist auch eine wesentliche Abnahme von  $t_0$  verbunden. Bei entsprechendem  $R_i$  wird  $t_0$  daher kleiner als die Impulsanstiegszeit und ist dadurch kaum noch nachzuweisen. In den weitaus meisten Fällen ist deshalb bei Spitzendioden eine wesentliche Strombegrenzung kaum festzustellen. Der Stromverlauf ähnelt hier mehr oder weniger Bild 1. Trotzdem ist aus Gleichung (10) die prinzipielle Abhängigkeit der verschiedenen Faktoren zu erkennen. Es ist zu ersehen, daß auf alle Fälle die Entladezeit abhängig ist von der gespeicherten Ladungsmenge (und damit von  $I_D$ ) vom Innenwiderstand  $R_i$  der Schaltung, der Sperrspannung und der Trägerlebensdauer. Dabei wird in den bisherigen und folgenden Ausführungen vorausgesetzt, daß die Dauer des Ladeimpulses so groß ist, daß mit Sicherheit schon eine stationäre Ladungsverteilung in der Diode erreicht worden ist. Wie aus Gleichung (10) und Gleichung (3) hervorgeht, erhält man mit steigendem  $R_i$  und  $I_D$  praktisch beliebig große Entladezeiten.

#### 4. Meßverfahren zur Messung der dynamischen Diodeneigenschaften

Wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, ist eine absolute Angabe der Trägheitseigenschaften von Kristalldioden praktisch unmöglich, weil die Trägheitszeiten außer von den Eigenschaften der Dioden, selbst noch von der Anordnung der Meßschaltung in sehr starkem Maße abhängig sind. Es ist also nur möglich,

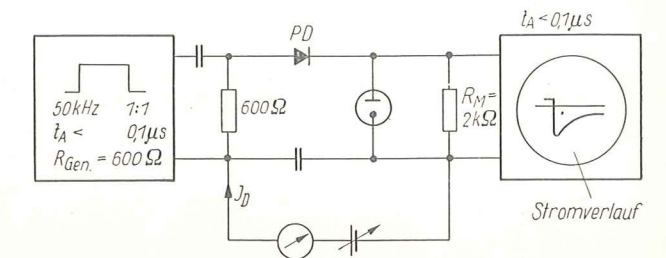


Bild 4. Prinzipielle Meßschaltung für Halbleiterdiodenprüfung mit Rechteckimpulsen

Angaben über Trägheiten der Dioden zu machen, wenn die dabei angewendete Prüfschaltung genau angegeben wird. Von großem Einfluß sind hierbei besonders der Aussteuerbereich der Diode in Durchlaßrichtung ( $I_D$ ), die angelegte Sperrspannung, der Innenwiderstand der Schaltung und ebenfalls die Impulsanstiegszeit.

Ein objektiver Vergleich, welcher von verschiedenen Diodentypen die besten dynamischen Eigenschaften besitzt, gilt daher immer nur für ganz bestimmte Meßbedingungen. Unter anderen Bedingungen kann eine vorher bessere Diode durchaus schlechtere Eigenschaften als eine andere Vergleichsdiode besitzen. Aus diesem Grund haben sich auch bis jetzt noch keine einheitlichen Meß- und Prüfschaltungen für Trägheitsmessungen an Halbleiterdioden eingeführt, obwohl in letzter Zeit einige Diodenhersteller dazu übergehen, eine von IBM angegebene Prüfschaltung für ihre Diodenmessungen zu verwenden, um hierauf die entsprechenden Angaben der Trägheitswerte zu beziehen. Das schließt jedoch nicht aus, daß die gleichen Hersteller für bestimmte Typen von Dioden, insbesondere Golddrahtdioden, mit Prüfschaltungen arbeiten, die von der erwähnten abweichen. Im allgemeinen werden die Trägheitsmessungen an Kristalldioden mit Rechteckimpulsen durchgeführt.

Für Impulsprüfungen werden in der Anwendung Spannungsimpulse den Stromimpulsen vorgezogen, da eine Anordnung mit Stromimpulsen von der Belastung der unvermeidlichen Schaltungskapazität sehr stark abhängig ist. Reine Spannungsimpulse lassen sich jedoch nur sehr schwer realisieren, so daß die meisten Schaltungen zwischen dem Zustand der konstanten Spannung und des konstanten Stromes liegen. Durch eine mög-



lichst niederohmige Anordnung sollen die Meßbedingungen einer spannungskonstanten Speisung weitgehend entsprechen. In Bild 4 ist im Prinzip die erwähnte Prüfschaltung gezeigt, die heute am meisten Anwendung findet. Kleine Unterschiede in den angewendeten Schaltungen sind für die Wirkungsweise nur von geringer Bedeutung. Hiernach liefert ein Impuls-generator Rechteckimpulse mit einer Folgefrequenz von etwa 50 kHz und einem Tastverhältnis 1 : 1. Der Innenwiderstand soll möglichst  $< 500 \Omega$  sein. Die Anstiegszeit der Impulse muß unter 100 ns liegen. Diese Impulse werden auf die Prüfdiode  $P_D$  gegeben, der durch die Gleichstromquelle ein regelbarer Vorstrom  $I_D$  in Durchlaßrichtung eingepreßt werden kann. Erscheint die negative Flanke des Rechteckimpulses, so wird dieser Durchlaßstrom zunächst gesperrt und die Diode in Sperrrichtung entsprechend der eingestellten Impulsamplitude belastet. Der Stromverlauf durch die Prüfdiode wird am Meßwiderstand  $R_M$  (dessen Größe meist mit 2 k $\Omega$  angegeben wird) oszillografisch dargestellt.

Da das Verhältnis Durchlaßstrom zu Sperrstrom ziemlich hoch ist, wäre eine Beobachtung der Sperrstromspitze am Oszillographen sehr schwierig. Aus diesem Grund wird für den Durchlaßstrom der Meßwiderstand durch mehrere parallel geschaltete Röhrendioden kurzgeschlossen, so daß in Durchlaßrichtung als Meßwiderstand nur der sehr kleine Innenwiderstand mehrerer parallel geschalteter Röhrendiodensysteme wirksam ist; in Sperrrichtung dagegen der volle Meßwiderstand von 2 k $\Omega$ . Der prinzipielle Stromverlauf einer in einer derartigen Schaltung gemessenen Diode ist aus Bild 1 zu ersehen. Hierzu muß jedoch betont werden, daß der Strommaßstab auf Grund des überbrückten Meßwiderstandes in Durchlaßrichtung ein anderer als in Sperr-

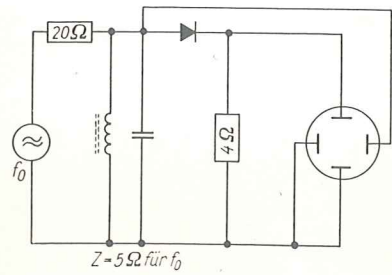


Bild 5. Prinzipschaltung für Diodenprüfung mit sinusförmiger Spannung

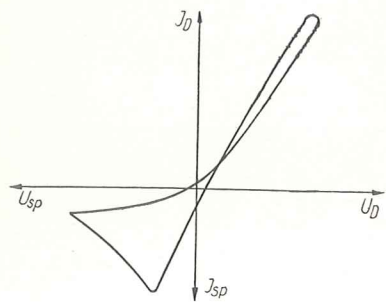


Bild 6. Verlauf von Strom und Spannung bei Diodenprüfung mit sinusförmiger Spannung

richtung ist. Wir erkennen hier deutlich die Sperrstromspitze, die sofort nach Anlegen der negativen Spannung auftritt und die nach einer e-Funktion ähnlichen Kurve abklingt, bis nach einer gewissen Zeit ein Sperrstromwert erreicht ist, der dem statischen Sperrstrom nahe kommt. Neben diesen Schaltungen mit Röhrengeneratoren sind auch solche bekannt, die mit Relais, speziell Quecksilberrelais arbeiten. Prüfungen nach diesem Meßprinzip fanden bis jetzt jedoch nur wenig Anwendung.

Verschiedene Autoren versuchten Meßmethoden zu finden, bei denen eine Ermittlung der Trägheitseigenschaften durch Aussteuerung mit sinusförmigen Span-

nungen ermöglicht wird. Während [3] bei Prüfung der Dioden in Richtschaltungen zur Feststellung kommt, daß die Sperrträgheit durch die Frequenzabhängigkeit der Richtwirkung bei Flächendioden einigermaßen bestimmt werden kann, soll dies bei Spitzendioden nicht möglich sein. Heinlein [4] [8] beobachtet bei Untersuchungen mit sinusförmiger Spannung die Stromspannungscharakteristik der Diode auf einen Oszillographen. Wird die Frequenz der sinusförmigen Spannung entsprechend hoch gewählt, so zeigt sich auf dem Oszillographenschirm eine Stromspannungskennlinie, die der statischen Kennlinie der Diode nur noch zum Teil entspricht, da die Kennlinie mit höher werdender Frequenz einen immer größeren Hystereseeffekt aufweist. Auf Grund dieses Hystereseeffektes läßt sich wohl feststellen, an welchen Aussteuerungspunkten die Diode induktive und kapazitive Eigenschaften aufweist. Es ist jedoch nicht ohne weiteres möglich, von der sinusförmigen Aussteuerung quantitativ genau auf den allgemeinen Fall beliebiger Aussteuerung zu schließen. Die Erfahrungen und Vorstellungen über die physikalischen Ursachen der Trägheit lassen jedoch den Schluß zu, daß die dynamischen Diodenkennlinien für Aussteuerungen mit beliebigem Spannungsverlauf sich prinzipiell ähnlich sind, d. h., qualitativ keine wesentlichen Unterschiede zeigen, sobald nur die aussteuernden Spannungen, die Spannungsgeschwindigkeit, die Stromgeschwindigkeit im Nulldurchgang und die in den Zeitpunkten der Nulldurchgänge in der Diode gespeicherten Ladungen von gleicher Größenordnung sind [8].

Bild 5 zeigt eine Prinzipschaltung für die Diodenprüfung mit sinusförmiger Aussteuerung. Bild 6 zeigt ein Schirmbild, wie es sich bei entsprechend hoher Prüffrequenz  $f_0$  ergibt. Im allgemeinen ist hierzu zu sagen, daß die obere Schleife ein Maß für die Durch-

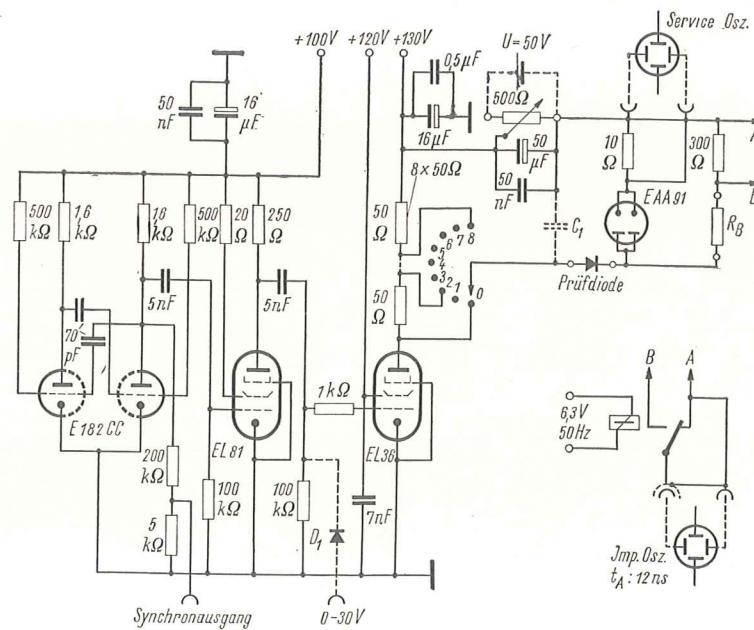


Bild 7. Verwendete Meßschaltung zur Untersuchung der dynamischen Diodeneigenschaften

laßträgheit und die untere ein Maß für die Sperrträgheit ist.

Als Kriterium für die Diodenträgheit werden von den Diodenherstellern meist die Maximalwerte des Sperrstromes angegeben, die zu zwei bestimmten Zeitpunkten nach der Umastung der Diode (zum Beispiel nach 0,5  $\mu$ s und 3,5  $\mu$ s) auftreten. Es ist allerdings nicht bekannt, nach welchen Gesichtspunkten die Diodenhersteller dabei die Festlegung dieser zwei Zeitpunkte vorgenommen haben. Ebenso ist unbekannt, nach welchen Überlegungen die Festlegung der Prüfsperrspannung und des Vorlaststromes in Durchlaßrichtung durchgeführt wurde. So werden für verschiedene Diodentypen

Kennwerte für die Prüfsperrspannungen angegeben, die je nach Diodentyp zwischen 30 und 60 Prozent der maximal zugelassenen Sperrspannung liegen. Ähnlich verhält es sich bei den Durchlaßströmen, die beispielsweise zwischen 10 und 80 Prozent des maximal zugelassenen Durchlaßstromes liegen können.

### 5. Der Aufbau der Meßschaltung

Die Anforderungen an die Meßanordnungen für derartige Trägheitsuntersuchungen sind nicht unerheblich. So müssen leistungsstarke Impulse mit regelbarer Spannungsamplitude bis etwa 100 V bei Anstiegszeiten  $< 0,1 \mu$ s und Innenwiderständen von  $< 500 \Omega$  zur Verfügung stehen. Der zur Darstellung des Meßvorganges verwendete Oszillograph soll bei möglichst geringer Eingangskapazität einen Gleichspannungsverstärker von 0 Hz bis  $> 10$  MHz besitzen. Weiterhin soll die gesamte Meßanordnung so kapazitätsarm wie möglich aufgebaut sein, da sich durch die geringsten Kapazitäten bereits Verfälschungen der Sperrstromspitzen ergeben. Für unsere Untersuchungen wurde eine Meßschaltung nach Bild 7 gewählt.

Die Erzeugung der Taktimpulse geschieht durch einen anodengekoppelten symmetrisch aufgebauten Multivibrator, dessen Impulse steil und stromstark sind. Das wird erreicht durch Verwendung einer Röhre E 182 CC, die in der Lage ist, an 1,6 k $\Omega$  Außenwiderstand Impulse von etwa 80 V und 0,15  $\mu$ s Flankenanstiegszeit zu liefern. Die anschließende Treiber- und Phasenumkehröhre EL 81 arbeitet wegen der erforderlichen kleinen Flankenanstiegszeit mit einem nur 250  $\Omega$  großen Arbeitswiderstand. Als Röhre für die Endstufe wurde wegen des sehr kleinen Innenwiderstandes von 5 k $\Omega$  die EL 36 gewählt, die von der EL 81 angesteuert wird. Die Endstufe arbeitet als Anodenverstärker mit einem Arbeitswiderstand von 400  $\Omega$ , der zur Variierung der Sperrspannung in acht Stufen zu je 50  $\Omega$  unterteilt ist. Zur Vermeidung von Potentialverschiebungen wurde die Meßschaltung galvanisch angekoppelt. Das Nullpotential der Schaltung liegt daher mit dem Oszillographen auf der Anodenspannung. Ein im kalten Zweig der Meßschaltung liegender niederohmiger Spannungsteiler erzeugt den Vorstrom  $I_D$  und gestattet dessen Regelung von 0 ... 100 mA. Um die kapazitive Belastung der Meßschaltung durch den angeschlossenen Oszillographen gering zu halten, wurde dieser nur an eine Anzapfung des Meßwiderstandes gelegt.

Obwohl aus der Literatur derartige Schaltungen mit bis zu 8 Kurzschlußröhrendioden bekannt sind, entschlossen wir uns, nur eine Doppeldiode zu verwenden, weil bereits mit dieser eine ausreichende Überbrückung des Meßwiderstandes beim Fließen des Vorstromes erreicht wurde. Auch konnte durch diese Maßnahme die kapazitive Belastung gering gehalten werden. Eine Kompensation des Röhrendiodenlaufstromes erfolgte nicht. Das hat zur Folge, daß in den gemessenen Impulsbildern ein geringer Stromanteil für diesen Anlaufstrombereich abgerechnet werden muß. Bei einer Kompensation des Anlaufstromes wird der Diodeninnenwiderstand so groß, daß dann mit einer Doppel-

Bild 8. Leerlaufimpuls der Meßschaltung  $U_{ss} = 112$  V Zeitmaßstab 2,5  $\mu$ s/cm

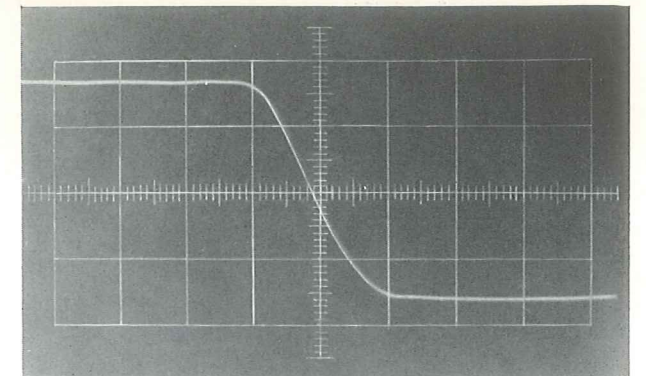
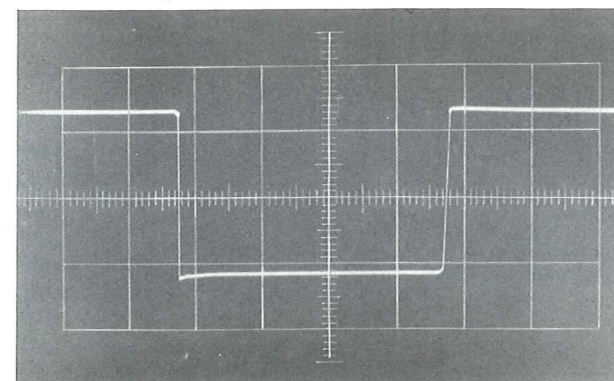


Bild 9. Negative Impulsflanke stark gedehnt bei  $I_D = 30$  mA  $U_{ss} = 93$  V  $Z_M = 50$  ns/cm

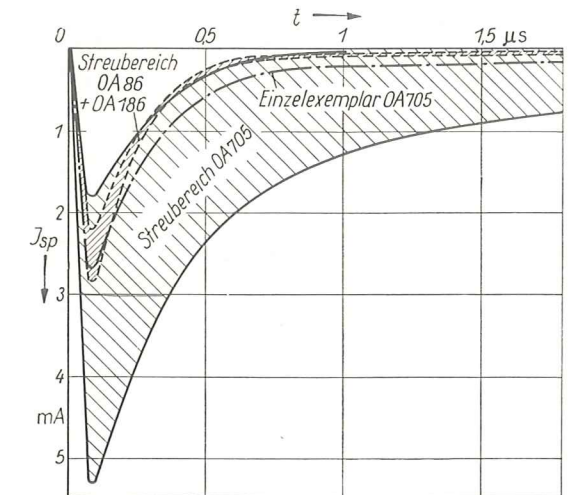
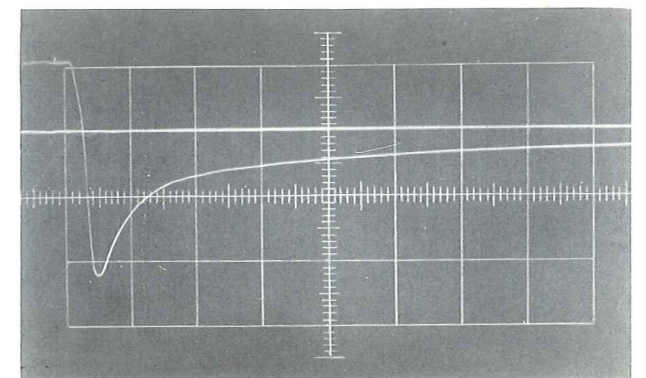


Bild 10. Streubereich von 50 Stück OA 705 und je 5 Stück OA 36 + OA 186  $I_D = 30$  mA  $R_i = 2$  k $\Omega$   $U_{sp} = 30$  V

diode nicht mehr auszukommen ist. Die Messung des Vorstromes kann an einem in den Kurzschlußkreis gelegten Meßwiderstand von 10  $\Omega$  oszillografisch vorgenommen werden.

Der Impuls-generator liefert Rechteckimpulse mit einer Folgefrequenz von 50 kHz und einem Tastverhältnis von 1 : 1. Die Anstiegszeit des negativen Impulses beträgt ohne besondere Maßnahmen etwa 70 ns. Durch Potentialverschiebung mittels einer Diode  $D_1$  am Gitter der Treiberöhre erreicht man eine Impulsverteilung von etwa 40 ns. Andererseits ist durch Zuschalten einer Belastungskapazität  $C_1$  eine Abflachung der Impulsanstiegszeiten bis auf etwa 150 ns möglich. Die Impulsausgangsspannung beträgt im Leerlauf etwa 112 V in acht Stufen zu je 14 V. Zu beachten ist, daß der Diodenschleifenwiderstand aus der Summe des

Bild 11. Zeitlicher Sperrstromverlauf einer Diode OA 705  $I_D = 30$  mA  $U_{sp} = 30$  V  $R_i = 2$   $\Omega$   $Z_M = 200$  ns/cm  $I_M = 1,3$  ma/cm



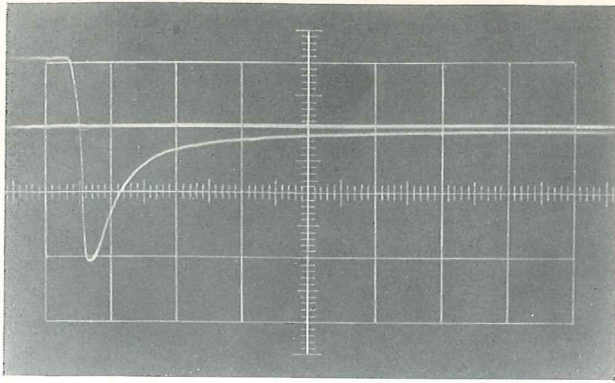


Bild 12. Zeitlicher Sperrstromverlauf einer Diode OA 86  
 $I_D = 30 \text{ mA}$     $Z_M = 200 \text{ ns/cm}$   
 $U_{sp} = 30 \text{ V}$     $I_M = 1,3 \text{ mA/cm}$

auswechselbaren Meßwiderstandes und dem jeweiligen Generatorinnenwiderstand besteht. Für die Messung können folgende Parameter geändert werden:

- Sperrspannung von 14 ... 112 V Leerlauf
- Vorstrom von 0 ... 100 mA
- Flankenanstiegszeit von 40 ... 150 ns
- Belastungswiderstände etwa von 100  $\Omega$  bis mehrere k $\Omega$ .

Die mit diesem Generator erzeugten Impulse besitzen im Leerlauf bei einer Impulsamplitude von 112 Volt eine Impulsform wie sie in Bild 8 gezeigt ist. Zur besseren Beurteilung der negativen Impulsflanke ist diese stark gedehnt nochmals in Bild 9 wiedergegeben. Diese Flanke wurde aufgenommen bei Belastung des Generators mit einer Prüfdiode und einem Vorstrom von 30 mA. Die Impulsspannung ist daher auf etwa 93 Volt zurückgegangen. Trotz dieser merklichen Belastung besitzt die Flanke, wie aus dem Bild zu entnehmen ist, nur eine Anstiegszeit von etwa 70 ... 75 ns. Bei diesen und den folgenden Bildern bezieht sich die Angabe des Zeit- und Strommaßstabes immer auf die Grobteilung (Zentimeterteilung) des Koordinatennetzes.

## 6. Eigene Messungen an Spitzen- und Golddrahtdioden

### 6.1 Exemplarstreuungen

Zur Ermittlung der Exemplarstreuungen erfolgte an 50 Universaldioden der Type OA 705 eine oszillographische Aufnahme des zeitlichen Sperrstromverlaufes. In Bild 10 ist der sich daraus ergebende große Streubereich eingezeichnet. Innerhalb des eng schraffierten Bereiches streuen die Werte von je 5 Stück Schaltdio<sub>7</sub> den OA 86 und der äquivalenten Type OA 186, deren Streubereich wesentlich kleiner ist. (Die strichpunktierte Kurve gehört dem Exemplar einer OA 705, mit dem die unter 6.2 beschriebenen Messungen durchge-

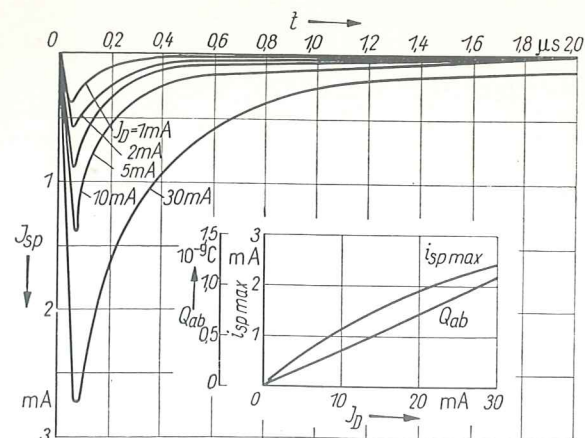


Bild 13. Sperrstromverlauf — abgeführte Ladungsmenge und Sperrstromspitze bei verschiedenen Durchlaßströmen einer OA 705  
 $U_{sp} = 30 \text{ V}$     $R_i = 2 \text{ k}\Omega$

führt wurden.) Bild 10 zeigt außerdem die einwandfrei besseren dynamischen Eigenschaften der „Schaltdioden“. Das wirkt sich weniger in der Größe des Spitzensperrstromes als viel mehr bei Zeiten  $> 0,5 \mu\text{s}$  aus. Dieser grundsätzlich flachere Kurvenverlauf der OA 705 kommt in den beiden fotografierten Schirmbildern Bild 11 und 12 zum Ausdruck, obgleich die maximalen Spitzensperrströme fast gleich sind, ist der Sperrstrom der OA 705 bei  $0,8 \mu\text{s}$  etwa viermal größer als bei der OA 86.

Bei Bild 11 kann der Eindruck entstehen, daß dies auf einen geringeren statischen Sperrwiderstand gegenüber der OA 86 zurückzuführen sei. Messungen mit einem kleineren Zeitmaßstab zeigten jedoch, daß selbst bis  $10 \mu\text{s}$  noch eine merkbare Abnahme des Sperrwiderstandes festzustellen war. Außerdem liegen die statisch gemessenen Sperrströme nur bei  $\approx 100 \mu\text{A}$   $\triangleq$  etwa  $1,5 \text{ mm}$  Strahlenauslenkung auf dem Oszillogramm.

Die von der Stromkurve und der Zeitachse begrenzte Fläche entspricht dem Ladungsanteil  $Q_{ab}$  der gespei-

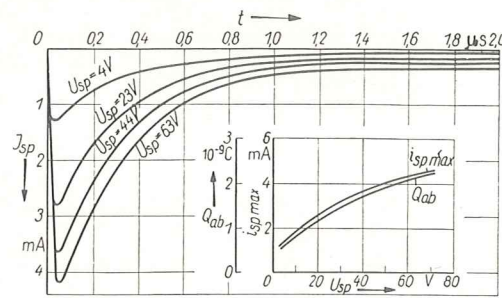


Bild 14. Sperrstromverlauf —  $Q_{ab}$  —  $I_{sp,max}$  bei verschiedenen angelegten Sperrspannungen einer OA 705  
 $I_D = 30 \text{ mA}$     $R_i = 2 \text{ k}\Omega$

cherten Ladung  $Q_0$  der nach außen in die Schaltung abgeführt wird. Diese durch Integration der Fläche zu ermittelnde Ladungsmenge läßt eine gewisse Orientierung auf die zu erwartende Trägheit der Diode zu (Näheres s. 6.3). Auch von der Type OA 645 wurden von 50 Exemplaren die dynamischen Eigenschaften ermittelt. Es ergab sich prinzipiell das gleiche Ergebnis wie bei der Type OA 705.

### 6.2 Einfluß der Schaltungsparameter

Alle in den Bildern 10, 11 und 12 eingezeichneten Stromkurven sind mit den gleichen Schaltungsparametern aufgenommen und besitzen auch nur für diese Gültigkeit.

Wird auch nur ein Parameter ( $I_D$ ,  $U_{sp}$ ,  $R_i$ ,  $t_a$ ) geändert, so können ebenfalls die Sperrstromspitze  $i_{sp}$ , die abgeführte Ladungsmenge  $Q_{ab}$  und der zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t$  fließende Sperrstrom eine Änderung erfahren.

Wie bereits erwähnt, fand für die Variierung der Parameter die in Bild 10 eingezeichnete OA 705 Verwendung, die schon relativ gute dynamische Eigenschaften aufweist. Mittels graphischer Integration erfolgte die Errechnung von  $Q_{ab}$ . Diese ermittelte Ladungsmenge kann jedoch auf Grund der beschränkten Integrations-

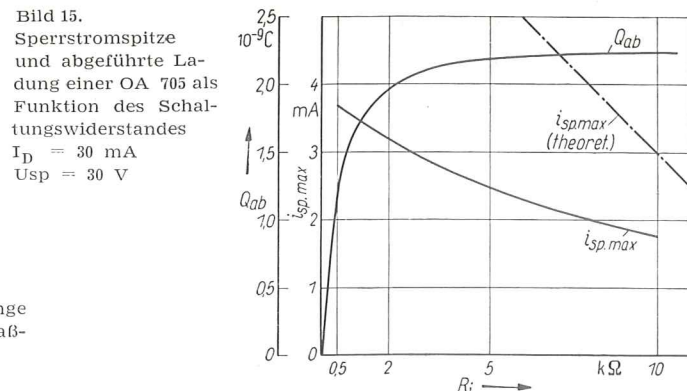


Bild 15. Sperrstromspitze und abgeführte Ladungsmenge einer OA 705 als Funktion des Schaltungswiderstandes  
 $I_D = 30 \text{ mA}$   
 $U_{sp} = 30 \text{ V}$

zeit bis maximal  $2 \mu\text{s}$  besonders bei höheren Sperrströmen etwas niedriger liegen als die tatsächlich abgeführte, weil ein Teil von den Integrationsgrenzen nicht mehr mit erfaßt wird. Das hat jedoch bei der großen Exemplarstreuung keinerlei Einfluß auf die Tendenz der verschiedenen Einflüsse.

6.21 Bei Variierung des Diodenvorstromes  $I_D$  nimmt der Sperrstrom einen Verlauf wie in Bild 13 mit  $I_D$  als Parameter dargestellt ist. Die sich daraus ergebende Abhängigkeit der Ladung  $Q_{ab}$  und des Spitzensperrstromes  $i_{sp}$  von  $I_D$ , die ebenfalls Bild 13 zeigt, ergibt eine gute Linearität zwischen  $Q_{ab}$  bzw.  $i_{sp}$  und  $I_D$ . Abgeführte Ladung und Spitzensperrstrom wachsen also proportional mit dem Vorstrom  $I_D$ . Da nach den physikalischen Erklärungen die in der Diode gespeicherte Ladungsmenge direkt proportional des vorher geflossenen Durchlaßstromes ist und es sich bei der von uns gemessenen Ladungsmenge lediglich um den nach außen abgeführten Teil  $Q_{ab}$  handelt, müßte das Verhältnis der abgeführten zur gespeicherten Ladungsmenge, zumindest in dem hier angegebenen Strombereich konstant sein.

6.22 Etwas anders verläuft dagegen die Abhängigkeit dieser beiden Größen vor der angelegten Sperrspannung.

Hier ist, wie Bild 14 zeigt, mit zunehmender  $U_{sp}$  eine Sättigungstendenz sowohl von  $i_{sp}$  als auch von  $Q_{ab}$  festzustellen. Nach [5] ist zwar mit der Erhöhung von  $U_{sp}$  keine Vergrößerung der gesamten gespeicherten

Ladung  $Q_0$ , aber eine Zunahme des Verhältnisses  $\frac{Q_{ab}}{Q_0}$

zu erwarten. Das bedeutet (da  $Q_0 = \text{const.}$ ) eine Erhöhung von  $Q_{ab}$  mit steigendem  $U_{sp}$ , wobei  $U_{sp} \rightarrow \infty$   $Q_{ab} = Q_0$  wird. Der Kurvenverlauf läßt den Schluß zu, daß  $U_{sp}$  bei Spitzendioden einen ähnlichen Einfluß ausübt.

6.23 Im scheinbaren Widerspruch zu den theoretischen Überlegungen steht allerdings das Ergebnis der Ab-

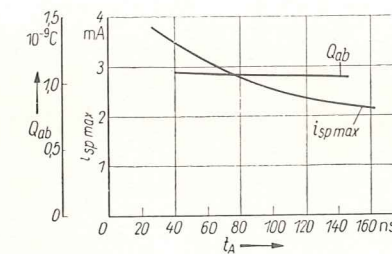


Bild 16. Einfluß der Impulsanstiegszeit  $t_a$  auf  $Q_{ab}$  und  $i_{sp,max}$  bei einer OA 705  
 $I_D = 30 \text{ mA}$   
 $U_{sp} = 30 \text{ V}$   
 $R_i = 2 \text{ k}\Omega$

hängigkeit der beiden Größen  $i_{sp}$  und  $Q_{ab}$  vom Widerstand  $R_i$  des Entladekreises (Bild 15). Wohl nimmt erwartungsgemäß mit steigendem  $R_i$  die Sperrstromspitze ab, doch ist zunächst nicht verständlich, warum  $Q_{ab}$  mit  $R_i$  ansteigt, es ist eher das Gegenteil zu erwarten. Die Ursache für diesen Widerspruch liegt in der endlichen Anstiegszeit der Impulsflanke des Prüfimpulses. Wie bereits in 3.2 angedeutet, würde  $i_{sp}$

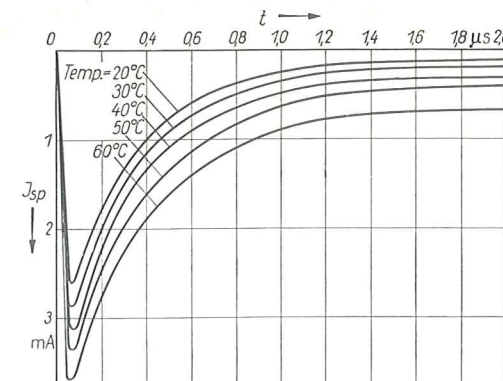


Bild 17. Einfluß der Umgebungstemperatur auf den Sperrstromverlauf einer OA 705  
 $I_D = 30 \text{ mA}$     $U_{sp} = 30 \text{ V}$     $R_i = 2 \text{ k}\Omega$

theoretisch (nämlich bei einer Impulsanstiegszeit von  $t_a = 0$ ) nur durch die anliegende Sperrspannung und  $R_i$  des Meßkreises bestimmt. Der theoretische Spitzensperrstromwert (bei  $t = 0$ ) liegt jedoch wesentlich über den, der bei der vorliegenden Schaltung bei  $t = 70 \text{ ns}$  gemessen wurde. Er hätte eine Größe, wie sie in Bild 15 als gestrichelte Kurve eingezeichnet ist.

Mit einer wesentlichen Vergrößerung der Sperrstromspitze (in der Zeit von  $t = 0$  bis  $t \approx 70 \text{ ns}$ ) ist eine schnellere Entladung der gespeicherten Ladungsmenge  $Q_0$  verbunden. Das führt evtl. zu einer geringen Vergrößerung des Verhältnisses  $\frac{Q_{ab}}{Q_0}$ , was gleichbedeu-

tend mit einer Erhöhung der abgeführten Ladungsmenge  $Q_{ab}$  ist, die jedoch sehr klein sein kann. Es ist also tatsächlich bei einer Verkleinerung von  $R_i$  eine wenn auch nur geringe Erhöhung von  $Q_{ab}$  zu erwarten, auf alle Fälle jedoch keine Abnahme, wie sie Bild 15 zeigt. Dies gilt aber nur für eine unendlich steile Impulsflanke.

Für die Eigenschaften der Dioden unter betriebsnahen Bedingungen haben diese Betrachtungen nur untergeordnete Bedeutung, weil dort die Impulsanstiegszeit immer endlich ist, selbst wenn sie nur wenige ns beträgt. Die Kurven des Bildes 15 besitzen daher durchaus ihre Berechtigung. Sie gelten naturgemäß nur für die Schaltungsparameter, unter denen sie aufgenommen wurden, also auch nur für diese bestimmte Impulsanstiegszeit.

6.24 Daß eine Abhängigkeit des Spitzensperrstromes von der Anstiegszeit besteht und ersterer mit einer Verkürzung von  $t_a$  zunimmt, zeigt Bild 16. Weiterhin ist eine, wenn auch geringe Zunahme von  $Q_{ab}$  mit kürzerer Anstiegszeit festzustellen, was sich durchaus mit den Feststellungen in 6.23 deckt.

6.25 Alle bisher angeführten Meßergebnisse entstanden bei einer Umgebungstemperatur der Diode von etwa  $23^\circ\text{C}$ . Mit der Erhöhung der Umgebungstemperatur ist auch eine Vergrößerung der abgeführten Ladungsmenge verbunden, die etwa quadratisch mit der Temperatur ansteigt. Die Kurven des zeitlichen Sperrstromverlaufes erfahren bei Temperaturerhöhung eine fast parallele Verschiebung, so daß die prozentuale Erhöhung der Sperrstromspitze bedeutend geringer ist als die Stromerhöhung im auslaufenden Teil der Sperrstromkurve (Bild 17).

### 6.3 Begrenzung der Arbeitsfrequenz durch die in Sperrichtung auftretende Verlustleistung

Wie bereits erwähnt, erfolgte die Messung der jeweils auftretenden Sperrstromspitze deshalb, um festzustellen, ob evtl. durch die dabei freiwerdende Verlustleistung eine Änderung der Diodeneigenschaften zu erwarten ist. Für die Diode OA 705 gibt der Hersteller zum Beispiel einen zulässigen Durchlaßstromstoß von 100 mA bei maximal 1 s Dauer und mindestens 1 min Pause an. Bei häufigem Auftreten derartiger Stromstöße können jedoch bereits bleibende Änderungen der elektrischen Diodenwerte auftreten.

Durch Messung an mehreren Dioden OA 705 wurde bei einem Durchlaßstrom von 100 mA ein durchschnittlicher statischer Diodendurchlaßwiderstand von etwa 50  $\Omega$  ermittelt. Aus beiden ergibt sich eine kurzzeitig auftretende Verlustleistung von 0,5 W. Bei dieser muß also bereits mit einer Schädigung der Dioden gerechnet werden. Bei Betrachtung von Bild 14 läßt sich jedoch für die relativ „gute“ Diode bei  $U_{sp} = 100 \text{ V}$  eine Sperrstromspitze von etwa 5 mA abschätzen, was einer Spitzenverlustleistung von 0,5 W entspricht. Hierbei wurde allerdings eine möglichst spannungskonstante Speisung vorausgesetzt, der die verwendete Prüfschaltung sehr nahe kommt (s. 4.). Im vorliegenden Fall besitzt die Diode zum Zeitpunkt der Sperrstromspitze bereits einen Sperrwiderstandwert, der groß gegenüber dem Schaltungswiderstand von  $= 2,5 \text{ k}\Omega$  ist. Dadurch liegt zu dieser Zeit fast die gesamte Impuls-

Selbst wenn auf Grund des schnellen Sperrstromabfalles die oben errechnete Verlustleistung von  $= 0,5 \text{ W}$

nur etwa 0,2  $\mu$ s auftritt, kann allein durch diese Stromspitze eine Beschränkung der maximal verarbeitbaren Impulsfrequenz auftreten. Setzt man das gleiche Verhältnis Impulszeit: Integrationszeit von 1:60 an, wie es vom Hersteller für die Durchlaßrichtung angegeben wird, so ergibt das eine minimale Diodensperrezeit von  $0,2 \cdot 60 = 12 \mu$ s. Bei Verwendung von symmetrischen Rechteckimpulsen ist nochmals die gleiche Zeit für die Durchlaßperiode anzusetzen (in der die Diode auch eine Verlustleistung jetzt jedoch in Durchlaßrichtung verarbeiten muß), so daß die Zeit des gesamten Arbeitstaktes  $2 \cdot 12 = 24 \mu$ s beträgt, was einer

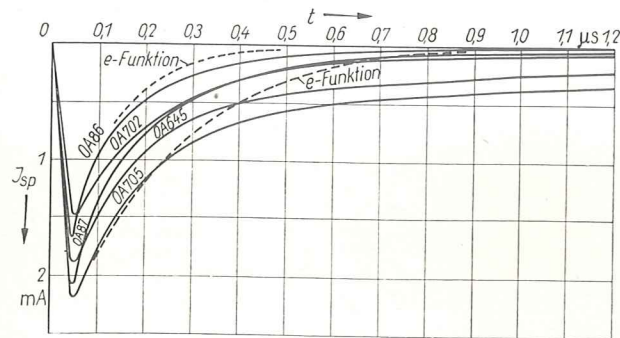


Bild 18. Zeitlicher Sperrstromverlauf verschiedener Spitzendioden unter gleichen Bedingungen  
 $I_D = 30 \text{ mA}$   $U_{sp} = 30 \text{ V}$   $R_i = 2 \text{ k}\Omega$

Folgefrequenz von 40 kHz entspricht. Hierbei wurde vorausgesetzt, daß nach 0,2  $\mu$ s die Verlustleistung = 0 ist. Das entspricht jedoch auf Grund der Zeitabhängigkeit des Sperrstromes nicht den Tatsachen, womit die tatsächlichen Verhältnisse noch ungünstiger werden.

Auch wenn man die auftretende Spitzenverlustleistung unbeachtet läßt und nur die mittlere Sperrverlustleistung durch Integration ermittelt, ergibt sich bei einer Integrationszeit von ebenfalls 12  $\mu$ s eine mittlere Leistung von etwa 30 mW. Der Hersteller läßt in Durchlaßrichtung einen maximalen Dauerstrom von 10 mA zu, was je nach Durchlaßwiderstand etwa 10...30 mW Dauerverlustleistung gleichkommt. Auch unter diesem Aspekt betrachtet, wäre damit in Sperrrichtung die Grenzbeanspruchung erreicht. Dabei ist zu bedenken, daß über die Hälfte der Exemplare höhere Sperrströme aufweisen (s. Bild 10) als die Musterdiode, die bis zum doppelten Wert betragen können. Außerdem kann durch kleineres  $R_i$ , kleineres  $t_A$  und höhere Umgebungstemperatur eine zusätzliche Erhöhung des Stromes wirksam werden. Als Folge ergibt sich eine weitere Herabsetzung der aus Belastungsgründen möglichen Arbeitsfrequenz.

Aus diesen Ausführungen gelangt man zu der Schlussfolgerung, daß bei Verwendung von Dioden OA 705 und weitgehender Ausnutzung der maximal möglichen Sperrspannung von 100 V eine Beschränkung der Folgefrequenz aus Gründen der zumutbaren Verlustleistung durchaus auftreten kann.

#### 6.4 Relativer Vergleich verschiedener Diodentypen

6.41 Im Bild 18 ist der zeitliche Sperrstromverlauf verschiedener Spitzendiodentypen eingezeichnet. Es wurde hierzu jeweils eine Diode mit durchschnittlichen Trägheitseigenschaften ausgewählt. Obwohl die Unterschiede in den Spitzenströmen relativ gering sind, treten wesentliche Unterschiede in den Trägheitseigenschaften auf.

Wie ihre garantierten Trägheitswerte erwarten lassen, fällt der Sperrstrom der Schaltdiode OA 86 am schnellsten auf seinen Endwert. Etwas schlechter zeigt sich die OA 87, ebenfalls eine Schaltdiode, deren Sperrstromwerte zur Zeit 0,5 und 3,5  $\mu$ s nach Herstellerangaben doppelt so hoch wie die der OA 86 liegen, was auch gut mit den gemessenen Kurven übereinstimmt. Ihr steht die OA 702 nicht viel nach; eine keramische

Universaldiode, die nicht mehr hergestellt wird. Einen merkbar flacheren Abfall des Sperrstromes und damit schlechtere dynamische Eigenschaften zeigen die Universaldiode OA 645 und OA 705. Im Kurvenverlauf unterscheiden sich die beiden zuletzt genannten Typen kaum, wenn man die geringere Sperrstromspitze der OA 645 in Betracht zieht. Der Kurvenverlauf läßt sich keineswegs mit einer einzelnen e-Funktion nachbilden (s. 3.). Eine Zusammensetzung aus mehreren Exponentialfunktionen ist jedoch unter Umständen möglich. Diese großen Abweichungen werden besonders deutlich, wenn man versucht, aus dem Anfangsverlauf des Stromes eine entsprechende e-Funktion zu konstruieren und einzuzeichnen, wie es in Bild 18 getan wurde. Während nach 0,8  $\mu$ s nach der e-Funktion noch ein Sperrstromwert von 50  $\mu$ A zu erwarten ist, beträgt er tatsächlich etwa 450  $\mu$ A. Zwar tritt bei der OA 86 eine ähnliche Abweichung auf, jedoch ist die Differenz wesentlich kleiner.

Durch die Abweichungen wird eine theoretische Erfassung der quantitativen Eigenschaften von Spitzendioden zumindest erschwert, wenn nicht gar unmöglich. Es hätte demnach für den praktischen Diodenein-

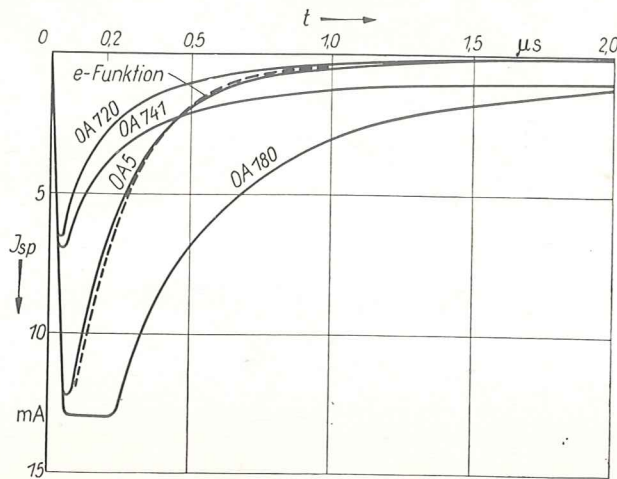


Bild 19. Zeitlicher Sperrstromverlauf verschiedener Golddrahtdioden unter fast gleichen Bedingungen (Parameter siehe Tafel 1)

satz kaum eine Bedeutung, wenn vom Hersteller das dynamische Verhalten einer Diodentypen unter bestimmten Meßbedingungen beispielsweise durch Angabe des Spitzensperrstromes und einer Entladezeitkonstante charakterisiert wurde. Man entschloß sich daher, die Trägheitseigenschaften durch Angabe der maximalen Sperrströme (und damit der minimalen Sperrwiderstände) zu zwei bestimmten Zeitpunkten (meist 0,5 und 3,5  $\mu$ s) zu kennzeichnen, weil diese auch in erster Linie für den Anwender von Bedeutung sind.

Auch die Angabe der abgeführten Ladungsmenge kann aus diesen Gründen kaum für eine quantitative Bewertung der Trägheit dienen. So kann es durchaus vorkommen, daß zwei Dioden, deren  $Q_{ab}$  fast gleich ist, im auslaufenden Teil der Sperrstromkurve ( $t > 0,5 \mu$ s) wesentliche Sperrstromunterschiede aufweisen, weil diese Schwanzströme von wenigen hundert  $\mu$ A nur einen geringen Bruchteil zur gesamten abgeführten Ladungsmenge beitragen.

Für einen qualitativen Vergleich verschiedener Diodentypen kann die Angabe von  $Q_{ab}$  jedoch durchaus angebracht sein. Besonders bei größeren Unterschieden der Ladungsmenge (Differenz etwa  $> 100 \%$ ) läßt sich beurteilen, welche Diode die besseren dynamischen Eigenschaften aufweist.

Schon aus zeitlichen Gründen lag es nicht im Rahmen der Untersuchungen, festzustellen, welche Faktoren die großen Abweichungen von einer normalen Exponentialkurve bewirken. Die Vermutung liegt jedoch nahe, daß bei Spitzendioden der Einfluß derartiger schwerkontrollierbarer Nebenerscheinungen, wie bei-

Tafel 1

Diodentyp	$U_{sp}$ [V]	$I_D$ [mA]	$R_i$ [k $\Omega$ ]	$Q_{ab}$ [10 <sup>-9</sup> C]	$i_{sp}$ (1,0 $\mu$ s) [ $\mu$ A]	Bemerkungen
Spitzendioden						
OA 86	29 V	30	2	0,65	20	Schaltdiode
OA 87	28	30	2	0,95	60	Schaltdiode
OA 702	27	30	2	0,90	90	Universaldiode
OA 645	23	30	2	1,25	250	Universaldiode
OA 705	29	30	2	1,6	380	Universaldiode
Golddrahtdioden						
OA 720	11,5	50	2	1,7	350	Werte bei 25 V fast doppelt so hoch
OA 741	24,5	50	2	3,25	1250	
OA 5	27	50	2	3,6	400	bes. niederohmig bei $I_D = 50 \text{ mA}$
OA 180	25	10	2	9,0	3000	Werte etwa 3 $\times$ höher

spielsweise Oberflächenrekombination, Bildung einer zweiten Sperrschicht u. a. besonders groß ist, weil der „normale“ Ladungsträgerspeichereffekt um mindestens eine Größenordnung kleiner als bei den Flächendioden ist.

6.42 Die zuletzt ausgesprochene Vermutung wird erhärtet durch Messungen an Golddrahtdioden, die in ihrem Aufbau zu den Flächendioden gerechnet werden können. Bild 19 zeigt den zeitlichen Sperrstromverlauf an vier verschiedenen Golddrahtdiodentypen. Im allgemeinen betrug dabei  $I_D = 50 \text{ mA}$  und  $U_{sp} \approx 25 \text{ V}$ . Eine Ausnahme bilden hier lediglich die OA 180 (mit  $I_D = 10 \text{ mA}$ ) und OA 720 (mit  $U_{sp} \approx 11 \text{ V}$ ). Bei gleichen Meßparametern wie die der übrigen Dioden würde somit  $Q_{ab}$  wesentlich (ganz besonders bei der CA 180) ansteigen. Dies ist bei dem Wertevergleich in Tafel 1 unbedingt zu beachten. Der Schaltungswiderstand  $R_i$  betrug bei allen Dioden 2 k $\Omega$ .

Die Sperrstromspitze ist bei allen Dioden größer als bei den Spitzendioden. So betrug zum Beispiel bei der OA 180 bei  $R_i = 500 \Omega$ ,  $I_D = 10 \text{ mA}$  die Sperrstromspitze  $i_{sp} = 30 \text{ mA}$ , also das Dreifache des Vorstromes. Letztere Diode weist einwandfrei die größte Trägheit auf, die unter Berücksichtigung des niedrigeren Vorstromes etwa eine Größenordnung über den übrigen Golddrahtdioden liegt.

Für Golddrahtdioden relativ gute dynamische Eigenschaften zeigt die OA 5. Der Sperrstrom nach 1  $\mu$ s besitzt etwa die gleiche Größe wie bei der OA 705 bei fast dem doppelten Vorstrom und bedeutend geringem Durchlaßwiderstand. Besonders fällt bei ihr die sehr gute Übereinstimmung des zeitlichen Stromverlaufes mit einer entsprechenden e-Funktion auf. Von fünf gemessenen Exemplaren zeigten vier einen Kurvenverlauf, der praktisch mit der eingezeichneten Kurve identisch ist (s. 6.41).

Die Typen OA 720 und 741 besitzen schlechtere dynamische Eigenschaften, wenn man bei der OA 720 die kleinere angelegte Sperrspannung in Betrachtung zieht. Dabei muß man in erster Linie die Änderungsgeschwindigkeit des Sperrstromes betrachten. Eine Gegenüberstellung der quantitativen dynamischen Diodeneigenschaften gibt Tafel 1. In ihr sind außer den Meßparametern die Größe der abgeführten Ladungsmenge und der Wert des Sperrstromes nach einer Zeit von 1  $\mu$ s angegeben. Nach den vorherigen Ausführungen kann es sich hierbei nur um Richtwerte

etwa durchschnittlicher Dioden handeln. Daß die Angabe von  $Q_{ab}$  nicht für eine quantitative Beurteilung geeignet ist, zeigt ein Vergleich der OA 741 und OA 5 deutlich. Bei fast gleichen  $Q_{ab}$  unterscheidet sich  $i_{sp}$  etwa um den Faktor 3.

#### 7. Schlußfolgerungen

Aus den vorgenommenen Untersuchungen an verschiedenen Diodentypen ergeben sich folgende Schlußfolgerungen:

1. Universalspitzendioden zeigen gegenüber speziellen Schaltdioden außer den erwarteten wesentlich schlechteren dynamischen Eigenschaften einen sehr großen Streubereich ihrer Werte, der bei Schaltdioden wesentlich kleiner ist.
2. Auch bei Spitzendioden besteht eine praktisch lineare Abhängigkeit der abgeführten Ladungsmenge vom Vorstrom.
3. Mit zunehmender angelegter Sperrspannung nimmt das Verhältnis  $\frac{Q_{an}}{Q_0}$  zu, wobei  $Q_{ab}$  einen Sättigungswert ( $Q_{ab} = Q_0$ ) zustrebt.

4.  $Q_{ab}$  nimmt durch den Einfluß der endlichen Impulsanstiegszeit mit Erhöhung des Schaltungswiderstandes  $R_i$  zu, was jedoch nur für die bestimmten Meßbedingungen Gültigkeit besitzt.

5. Der Einfluß der Impulsanstiegszeit ist im untersuchten Bereich ( $t_A$  40...150  $\mu$ s) im wesentlichen auf die Änderung der Sperrstromspitze beschränkt. Die abgeführte Ladungsmenge  $Q_{ab}$  ändert sich nur geringfügig.

6. Wie die Untersuchungen zeigten, ist das Trägheitsverhalten der gemessenen Spitzendioden bei einer endlichen Impulsanstiegszeit, wie sie im praktischen Einsatz immer vorliegt, keinesfalls mit einer e-Funktion bzw. durch Angabe deren Zeitkonstante zu charakterisieren. Bei einer Zusammensetzung aus mehreren e-Funktionen wäre der Kurvenverlauf mit einfachen Berechnungsmethoden kaum noch zugänglich.

Eine Errechnung des Sperrstromwertes zu einem vorgegebenen Zeitpunkt unter bestimmten Betriebsbedingungen dürfte damit bei Spitzendioden mit für die Praxis erträglichem Aufwand kaum möglich sein. Aus den gleichen Gründen erscheint die Angabe einer Speicherkapazität nicht sinnvoll, weil mit ihr beim praktischen Einsatz der Dioden kaum etwas anzufangen ist.

7. Besonders bei Einsatz der OA 705 mit hoher Sperrspannung und niedrigem  $R_i$  kann durch die starke in Sperrrichtung auftretende Verlustleistung eine Beschränkung der Arbeitsfrequenz erforderlich sein.

#### Literatur

- [1] Firle, U. a.: Recovery Time Measurements on Pointcontact Germanium Diodes. Proc. IRE Heft 5/55, S. 603-607
- [2] W. Bühler: Anforderungen an Germaniumdioden für elektronische Rechenmaschinen
- [3] Seiler/Wucherer: Die elektrische Trägheit von Halbleiterdioden. NTF Heft 1/55, S. 3-10
- [4] W. Heinlein: Ein Ersatzschaltbild von Germaniumdioden mit großer Trägheit. NTF 1956/H. 5, S. 37-39
- [5] W. Heinlein: Über die Trägheit von Halbleiterdioden im Impulsbetrieb und ihre physikalische Bedeutung. A. E. U. Heft 10/37, S. 387-396
- [6] A. Herlet: Das Verhalten von p-n-Gleichrichtern bei hohen Durchlaßbelastungen. Zeitschrift Naturforsch. Heft 11a/56, S. 498-510
- [7] G. Grimsdell: Diode Hole Storage and „Turn-on“ and „Turn-off“ Time. Electronic Engineering, London, Heft 11/58, S. 645-646
- [8] W. Heinlein: Die Trägheit von Germaniumdioden und ihre Auswirkung in einfachen Gleichrichter- und Begrenzerschaltungen. Frequenz Bd. 12, Heft 5/58, S. 159-163

## Parametrons als Bausteine für die Rechentechnik der Zukunft

Ing. H. KRAUT, VEB Elektronische Rechenmaschinen, Karl-Marx-Stadt

### 1. Grundlagen des Parametrons

Die prinzipielle Wirkungsweise eines Parametrons und seine Eigenschaften sollen zunächst mit Hilfe eines einfachen Modells dargestellt werden (Bild 1). Im wesentlichen besteht ein Parametron aus einem auf

die Frequenz  $f$  abgestimmten Schwingkreis mit mindestens einer nichtlinearen Reaktanz. Wird das nichtlineare Element, z. B. ein ferroelektrischer Kondensator, im Rhythmus der Frequenz  $2f$  zum Zeitpunkt des Leistungsmaximums  $t_1$  (Bild 2) so durchgesteuert,

daß die Kapazität sprunghaft abnimmt, so wächst die Energie im Kondensator von

$$W_0 = \frac{C_0}{2} U_0^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_0} \quad (1)$$

auf

$$W_1 = \frac{C_{\min}}{2} U_{\max}^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C_{\min}} = W_0 \frac{C_0}{C_{\min}} \quad (2)$$

$$= W_0 \frac{1}{1 - \frac{\Delta C}{C_0}}$$

da die Kreisinduktivität eine sprunghafte Ladungsänderung nicht zuläßt.

Zum Zeitpunkt  $t_2$ , also bei  $Q = 0$ , kann die Kapazität ohne Energieentnahme wieder auf den ursprünglichen, für kleine Amplituden maßgebenden Wert  $C_0$  gesteuert werden. Zum Zeitpunkt  $t_3$  erfolgt analog eine weitere Energiezuführung. Daraus folgt eine exponentielle Aufschauklung der Anfangsschwingung bis zu einem durch Energiegewinn, Kreisdämpfung und Verstimmung bedingten stationären Endwert.

Analog wird eine Anfangsschwingung, deren Phasenlage um  $\pi/2$  gegenüber vorstehend angenommener verschoben ist, exponentiell gedämpft, während bei einer um  $\pi$  verschobenen Phasenlage wiederum der volle Energiegewinn auftritt. Die Schaltung kann sich also ausschließlich in den 2 stabilen Phasenlagen 0 oder  $\pi$  aufschaukeln. Da die jeweilige Phasenlage so lange er-

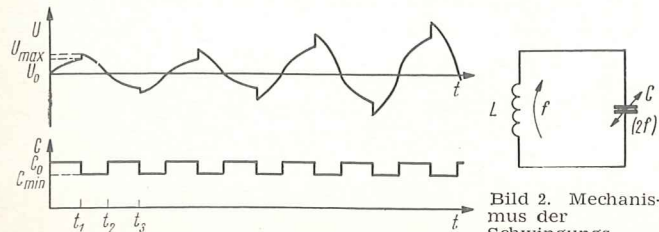


Bild 2. Mechanismus der Schwingungsaufschauklung

Bild 1. Modell eines Parametrons

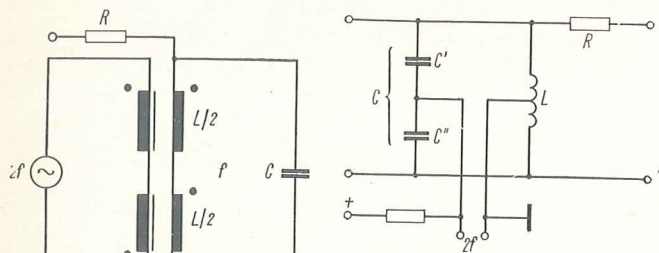


Bild 3. Erreger- und Schwingkreiswicklung (gleichsinnig und gegensinnig gewickelt)

Bild 4. Gegentaktschaltung

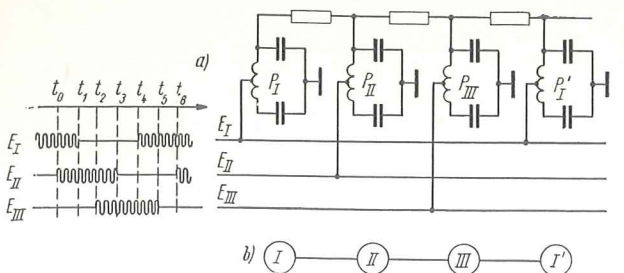


Bild 5. Schieberegister

halten bleibt, wie die Erregung des nichtlinearen Elements anhält, bietet diese Schaltung die Möglichkeit, als Speicher für die binären Informationen 0 oder 1 zu dienen. Eine vorgegebene Phasenlage der Schwingung im stationären Endwert läßt sich durch vorherige Einkopplung einer relativ kleinen Spannung

der Frequenz  $f$  mit einer der beiden möglichen Phasenlagen von einem anderen Parametron erzeugen. Damit weist während der Erregungsdauer jedes Parametron für die Steuerspannung eine definierte Verstärkung auf.

## 2. Das Parametron unter Verwendung von Ferriten und/oder Ferroelektrika

### 2.1 Prinzipien bisheriger technischer Lösungen für die Rechentechnik

#### 2.1.1 Grundprinzip

Bei der praktisch realisierten Schaltung sind Maßnahmen nötig, um die beiden Frequenzen  $2f$  und  $f$  voneinander zu trennen. Eine bekannte japanische Lösung [1] teilt die Schwingkreisinduktivität durch zwei in Serie geschaltete nicht miteinander gekoppelte Ferritkerne auf, von denen die Erreger- und Schwingkreiswicklungen einmal gleichsinnig und einmal gegensinnig gewickelt sind (Bild 3).

Eine andere Schaltung für den Einsatz von ferroelektrischen Kondensatoren benutzt eine Gegentaktschaltung zur Trennung des Pumpstromes vom Schwingkreisstrom (Bild 4).

#### 2.1.2 Informationsübertragung

Die Informationsübertragung entlang eines Schieberegisters geht aus Bild 5a hervor. Für das Parametron II wird im Zeitabschnitt kleiner  $t_0$  die Steuerspannung vom schwingenden Parametron I eingekoppelt. Im Zeitabschnitt  $t_0-t_3$  bleibt die Erregung für das Parametron II eingeschaltet. Davon dient  $t_0-t_1$  zum

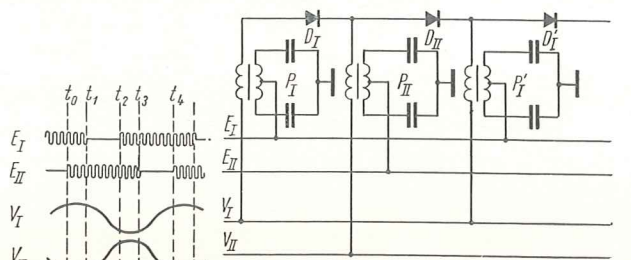


Bild 6. 2-Takt-Register

Aufschaukeln auf den stationären Endwert von Parametron II,  $t_1-t_2$  zum Dämpfen der Schwingung von Parametron I und  $t_2-t_3$  zur Einkopplung des Steuersignals für das Parametron III. Bild 5b zeigt eine schematisierte Darstellung eines solchen Schieberegisters.

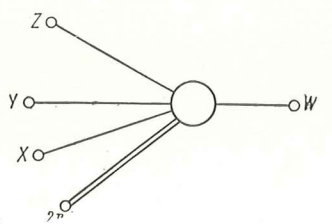


Bild 7. Logische Verknüpfung

Dieses 3-Takt-Prinzip wird bisher vorwiegend in den japanischen Rechnern verwendet. Nachteilig ist dabei, daß je Bit 3 Parametron benötigt werden und daß die Rechengeschwindigkeit durch das Verhältnis Erregerfrequenz zu Informationsübertragungsfrequenz mit  $\approx 80$  sehr stark beschränkt wird. Dieser Wert errechnet sich nach

$$\frac{f_E}{f_C} = 6(n_e + n_a) \quad (3)$$

wobei  $n_e$  bzw.  $n_a$  die Anzahl der (zum Erreichen bestimmter Mindest- bzw. Höchstamplituden) erforderlichen Perioden der Kreisfrequenz sind.

Billinger und Rüdiger [2] schlagen ein 2-Takt-Register (Bild 6) vor, bei dem die Koppelimpedanz durch je eine Diode gebildet und durch je eine Hilfsspannung

gesteuert wird. Damit ist eine Erhöhung der bisherigen Informationsübertragungsfrequenz um den Faktor 1,5 denkbar.

### 2.1.3 Logische Schaltungen

Das Prinzip der Mehrheitslogik (bei  $n$  ungeradzahligem Eingängen wird die Phase durch die Mehrheit der gleichphasigen Eingänge bestimmt) erlaubt alle notwendigen logischen Verknüpfungen. Es gilt nach Bild 7

$$w = xyz \vee x(2r) \vee y(2r) \vee z(2r) \quad (4)$$

$r$  ist ein Referenzparametron. Für  $r = 0$  entsteht das

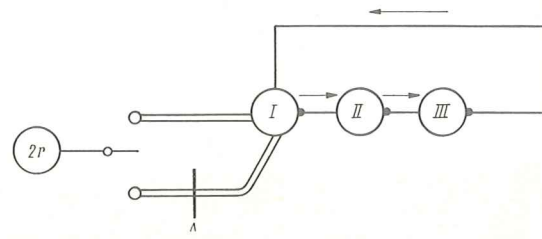


Bild 8. Eingabeeinheit

logische „Und“, für  $r = 1$  das logische „Oder“. Es bietet sich also hier die neuartige Möglichkeit durch Phasenumschaltung des Referenzparametrons programmgesteuert Und-Schaltungen in Oder-Schaltungen und umgekehrt verwandeln zu können. Die Negation läßt sich durch einen als Überträger dienenden Ferritringkern einfach verwirklichen.

Nach Muroga [3] können kompliziertere logische Verknüpfungen teilweise relativ einfach durch Parametrons mit mehreren Eingängen realisiert werden.

### 2.1.4 Ein- und Ausgabe

Bei der Eingabe handelt es sich um die Umwandlung von Gleichstromsignalen in die Phasensprache des Parametrons (Bild 8). Dies geschieht im Prinzip durch Steuerung eines elektronischen Wechselschalters (Röhre, Transistor, Transfluxor) mittels des Gleichstromsignals, der ein Referenzparametron mit doppelter Signalstärke an einen Parametron-Flip-Flop (entspricht 1-Bit-Schieberegister) direkt oder über einen Negator A schaltet.

Auf der Grundlage des Parametron-Flip-Flop lassen sich natürlich auch binäre oder dezimale Zähler durch Serienschaltung mehrerer Flip-Flops mit geeigneten

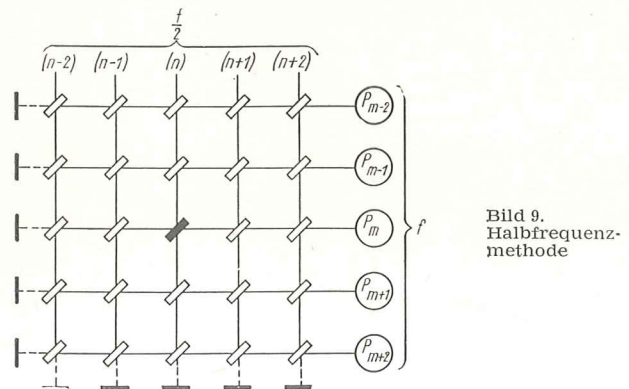


Bild 9. Halbfrequenzmethode

Rückführungen aufbauen und für Eingabezwecke einsetzen. Die Ausgabe erfolgt im Prinzip durch Addition der Spannung des Ausgabeparametrons mit derjenigen eines Referenzparametrons. Die Summe beider, die je nach Phasenlage 0 oder 2 beträgt, wird gleichgerichtet und dient als Gleichstromausgangssignal.

### 2.1.5 Speicher

Für den Verkehr mit Speichern gilt das gleiche Prinzip wie für Ein- und Ausgabe. Da dies relativ aufwendig ist, hat man in Japan für kleine Speicher bereits metallische Verzögerungsleitungen als Träger einer laufzeitbehafteten mechanischen Schwingung eingesetzt, die über einen Bariumtitanatwandler direkt vom Pa-

rametron gespeist und deren Ausgangssignal wieder dem Parametron als Steuerspannung aufgedrückt wird. licher Größenordnung liegen.

Für größere Speicher haben Takahashi und Goto [4] eine sehr wirtschaftliche Lösung mit der sogenannten Halbfrequenzmethode entwickelt (Bild 9). Verwendet wird eine Matrix mit Ferriten, in die direkt vom Parametron eingeschrieben und in das Parametron gelesen wird. Das Einschreiben geschieht durch Überlagerung

einer Frequenz  $\frac{f}{2}$  (eingespeist in einer der  $n$  Spaltenleitungen) mit der vom ausgewählten Zeilenparametron  $P_m$  gelieferten Frequenz  $f$ . Der im ausgewählten Kern entstehende unsymmetrische Feldstärkenverlauf besitzt Scheitelwerte, deren Richtungen von der Phasenlage des steuernden Parametrons abhängig sind und die ausreichen, den Kern zu schalten. Das Lesen

geschieht durch Einspeisen von  $\frac{f}{2}$  in die ausgewählte Spaltenleitung. Wie schon beim Einschreiben soll die Amplitude von  $\frac{f}{2}$  nicht ausreichen, den Kern zu schalten; wohl aber wird ein Teil der Hystereseschleife symmetrisch zum Remanenzpunkt durchlaufen. Die bei ausreichender Aussteuerung praktisch immer vorhandene geringe Nichtlinearität dieses Astes bewirkt in der Zeilenleitung auch die Induktion einer kleinen Komponente der Frequenz  $f$ , die für das Zeilenparametron bereits als Steuerspannung ausreicht und deren Phasenlage vom Remanenzpunkt des Kernes abhängt. Beim Einschalten der Erregung des ausgewählten Zeilenparametrons wird mit wachsender Amplitude die Information gewissermaßen als Nebenprodukt nochmals regeneriert. Besondere Vorteile dieses Verfahrens sind:

1. nichtzerstörendes Lesen
2. Informationskriterium ist nicht mehr  $\frac{d\Phi}{dt}$  sondern die Polarität von  $B_r$
3. geringe Forderungen an die Qualität des Kernmaterials.

### 2.2 Technische Grenzen des Parametrons mit Ferriten oder Ferroelektrika

Die bisherigen japanischen Ausführungen nutzen die Nichtlinearität von Ferriten als steuerbare Induktivität aus. Infolge der mit der Frequenz wachsenden Hystereseverluste wird die obere Erregerfrequenz  $2f$  auf einige wenige MHz beschränkt. In bisherigen japanischen Rechnern konnten mit Erregerfrequenzen von 2 bzw. 6 MHz Informationsübertragungsfrequenzen von 20 bzw. 100 kHz bei einem Erregerleistungsbedarfsverhältnis je Parametron von 1:4 praktisch verwirklicht werden. Für Ferrite dürften diese Frequenzen die obere noch zuverlässig nutzbare Grenze darstellen und für Ferroelektrika dürfte ebenfalls infolge von Hystereseverlusten die nutzbare obere Grenzfrequenz in ähnlicher Größenordnung liegen.

### 3. Das Parametron unter Verwendung von Halbleitern als nichtlineare Reaktanz

Seit Dezember 1957 ist die Idee, die spannungsabhängige Sperrschichtkapazität von Halbleiterdioden als nichtlineares Kreiselement auszunutzen, veröffentlicht

Bild 10. Ersatzschaltbild einer Halbleiterdiode in Sperrrichtung

[5, 6]. Der entscheidende Vorteil dieses Prinzips ist die Tatsache, daß sich die bisherigen Grenzfrequenzen um drei bis vier Größenordnungen erhöhen lassen. Damit ist zu erwarten, daß sich das Parametron zum bisher schnellsten Bauelement der Rechentechnik entwickelt.

### 3.1 Besonderheiten technischer Lösungen mit Halbleiterdioden für die Rechentechnik

Das Ersatzschaltbild einer Halbleiterdiode in Sperrrichtung wird durch Bild 10 dargestellt. Unterhalb der Resonanzfrequenz, die bei geeigneten Ausführungen nicht unter 6 GHz liegt, sind  $R$  und  $C$  praktisch frequenz-

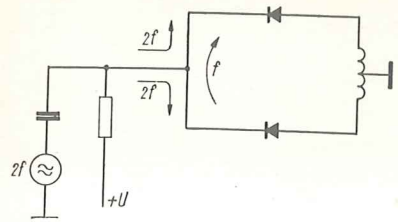


Bild 11. Grundschaltung

unabhängig und haben typische Werte von  $<5\Omega$  und kleiner  $3pF$ . Diese Werte ermöglichen es, daß die Diodenverlustleistung, die mit  $f^2$  wächst, erst für Pumpfrequenzen größer als 10 GHz die zuverlässige Verlustleistung überschreitet.

### 3.11 Grundprinzip

Eine von den möglichen Grundschaltungen zeigt Bild 11. Vom Erregerstrom  $I_{2f}$  werden die in Sperrrichtung vorgespannten Dioden gleichsinnig gesteuert, während für die Kreisfrequenz  $f$  die Kreiskapazität infolge der gegensinnigen Änderung der Augenblickswerte praktisch konstant bleibt.

### 3.12 Informationsübertragung

Für die Informationsübertragung mit Zentimeterwellen wäre das gleiche Prinzip wie bei Ferritkern-Parametrons möglich, allerdings erfordert eine hinreichend kurze Erregerspannungsschaltzeit besondere Maßnahmen, wie sie sich auch schon an verschiedenen Stellen [7, 8] abzeichnen.

### 3.13 Logische Schaltungen

Auf dem Gebiet der Logik macht sich für Zentimeterwellen die räumliche Ausdehnung der Bauelemente unangenehm bemerkbar. Hier kommt die Eigenschaft der Parametrons, daß Phasendifferenzen kleiner  $\pm\pi/2$  der Kreisfrequenz noch aufgefangen werden können, vorteilhaft zur Geltung. Vorteilhaft ist andererseits die Möglichkeit, durch Verlängerung der Leitungen um  $\lambda/2$  die logische Negation durchzuführen sowie durch Verlängerung um einen entsprechenden Bruchteil von  $\lambda$  die Phasendifferenz möglichst klein zu halten.

### 3.14 Eingabe und Speicherung

Bei hohen Erregerfrequenzen ( $\geq 50$  MHz) sind die für die Eingabe bei Ferritkern-Parametrons benutzten Wechselschalter zu langsam. Gleichfalls zu langsam sind die für Speicherezwecke bisher verwendeten Ferritringkerne in Speichermatrizen nach der Halbfrequenzmethode. Diese empfindliche Lücke für ein komplexes Datenverarbeitungssystem hoher Geschwindigkeit wird voraussichtlich in Zukunft weitgehend durch die Verwendung von aufgedampften dünnen magnetischen Nickel-Eisen-Schichten geschlossen werden. Solche Schichten sind seit mehreren Jahren im Weltmaßstab Objekt intensiver Forschungsarbeiten. Nach neuerer Literatur [8] kann man durch Ausnutzung von kohärenten Drehprozessen in mit Vorzugsrichtung aufgedampften dünnen Magnetschichten eine Umschaltung der Remanenz des Magnetisierungsvektors und damit der Phasenlage der induzierten Schwingung innerhalb von etwa 2 ns bewirken. Ein solcher magnetischer Fleck mitsamt aufgedampften Treiber- und Kopplungsleitern dürfte also für Eingabezwecke bis zu Erregerfrequenzen von  $\approx 1$  GHz brauchbar sein. Analog dürfte bei Ersatz der bisherigen Ferritkerne in der Speichermatrix durch aufgedampfte dünne Magnetflecken und Verwendung der Halbfrequenzmethode dieser Speicher bis zu Zeilen-Frequenzen von  $\approx 300$  MHz verwendbar sein.

Die magnetischen Kerne einer solchen Matrix bestehen dann nur noch aus Flecken in der Größenordnung von 1 mm Durchmesser und 1000 Å Dicke. Eine komplette derartiger Matrix wird während eines Aufdampfprozesses in mehreren Arbeitsschritten mitsamt den erforderlichen Streifenleitungen auf eine vorbehandelte Glasplatte extremer Oberflächengüte aufgedampft [9, 10, 11, 12]. Zusammenfassend ist also festzustellen, daß es mit den bisher bekannten Verfahren für Eingabe und Speicherung noch nicht möglich ist, die prinzipiell erreichbaren hohen Arbeitsgeschwindigkeiten mit Halbleiterdioden-Parametrons voll auszunutzen.

## 4. Entwicklungstendenzen und ihre wirtschaftlichen Perspektiven

### 4.1 Einschätzung der bisherigen Entwicklung

Die bisherige Entwicklung verlief in zwei verschiedene Richtungen.

#### 4.1.1 Ferritkernparametron

In Japan hat man auf der Basis des Patentes von Goto mit der japanischen Priorität vom 28. 5. 54 [13] systematisch alle unter Abschnitt 2.1 diskutierten Verfahren entwickelt. Verglichen mit solchen Bausteinen, die Röhren oder Transistoren kombiniert mit Halbleiterdioden verwenden, sind diese Ferritkern-Parametrons um 1 bis 2 Größenordnungen langsamer. Andererseits sind Ferrit-Parametrons relativ billig und zuverlässig. Man hat daher in Japan unter weitgehender Anwendung logisch paralleler Arbeitsweise mehrere Typen mittelschneller Rechner gebaut [1].

#### 4.1.2 Halbleiterdioden-Parametron in Verbindung mit dünnen magnetischen Schichten

Unabhängig von Goto, aber etwa gleichzeitig hat John von Neumann die Möglichkeiten des Parametrons erkannt und am 28. 4. 1954 in den USA zum Patent [5] angemeldet. Dabei erkannte er bereits die Vorteile, die die spannungsabhängige Halbleiterdiode als nichtlineares Kreiselement beinhaltet. Obwohl später in verschiedenen Ländern (Japan, USA, Bundesrepublik) [14, 15, 16, 17] teilweise unabhängig voneinander ebenfalls die sich bietenden Perspektiven erkannt und diesbezügliche Untersuchungen durchgeführt wurden, ist diese Richtung gegenwärtig noch Objekt intensiver Forschungsarbeiten im Weltmaßstab. Nach den bisher zugänglichen Informationen existiert noch kein fertigungsreifer Rechner mit Halbleiter-Parametrons und dünnen magnetischen Schichten. Trotzdem sind die an einzelnen Bausteinen und Baugruppen erzielten Forschungsergebnisse sehr charakteristisch. In den USA sind im Jahre 1958 bereits erfolgreiche Versuche mit Halbleiter-Parametrons für Erregerfrequenzen bis zu 10 GHz durchgeführt worden [16]. Aus der Bundesrepublik sind bisher Forschungsarbeiten mit Erregerfrequenzen bis zu 6 GHz bekannt [2]. In Japan wurden bereits Forschungsarbeiten zum Zwecke der Ausnutzung äußerst preiswerter Selendioden durchgeführt [15]. Andererseits ist als Ergebnis der Forschung über dünne magnetische Schichten bekannt geworden [8], daß die Schaltzeiten solcher Schichtelemente bis zu Werten von 2 ns herabgesetzt werden konnten.

### 4.2 Technisch wirtschaftliche Einschätzung der künftigen Entwicklung

#### 4.2.1 Ferritkern-Parametron

Faßt man Vor- und Nachteile zusammen, so erscheint das Ferritkern-Parametron für mittlere und größere Rechner ( $> 3000$  Parametrons) verglichen mit gleichschnellen Röhren- bzw. Transistorenrechnern voll konkurrenzfähig bzw. überlegen. Für kleine und kleinste Anlagen dürften Ferritkern-Parametrons infolge der dann ins Gewicht fallenden Kosten für die HF-Leistungserzeugung und Steuerung nicht mehr mit gleichwertigen Transistoren-Anlagen konkurrenzfähig sein. Ferritkern-Parametrons haben also gegenwärtig nur beschränkte Bedeutung. In der künftigen Rechentech-nik dürfte diese Bedeutung durch die Weiterentwicklung anderer Parametronarten noch abnehmen.

#### 4.2.2 Halbleiterdioden-Parametron in Verbindung mit dünnen magnetischen Schichten

Die Entwicklungstendenzen laufen in Richtung restloser Ausschöpfung der durch diese Art Parametrons wirtschaftlich erreichbaren Rechengeschwindigkeiten. Die untere wirtschaftliche Frequenzgrenze dürfte dadurch bedingt sein, daß die benötigten Kreis- und Koppelungselemente klein genug werden, um in der Technik gedruckter Schaltungen gefertigt werden zu können. Für noch höhere Frequenzen wächst der wirtschaftliche Nutzen bis zu einer gewissen Grenze mit der verwendeten Frequenz, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Die hohen möglichen Informationsübertragungsfrequenzen von 100 MHz und mehr erlauben außer

der Entwicklung von superschnellen Anlagen auch für die bisher zahlenmäßig überwiegend gefertigten langsamen und mittelschnellen Rechner für den kaufmännischen Sektor alle diejenigen Daten nacheinander zu verarbeiten, die bisher (mit Rücksicht auf die Rechengeschwindigkeit) mehr oder weniger oft parallel verarbeitet wurden. Dies bedeutet letzten Endes eine enorme Reduzierung der Anzahl der benötigten Bausteine für einen Rechner mit der gleichen Anzahl Rechenoperationen in der Zeiteinheit wie bisher.

2. Durch die Einführung von Dezi- bzw. Zentimeterwellentechnik bieten sich für die Herstellung der eigentlichen Bauelemente denkbar ideale Voraussetzungen für eine äußerst rationelle und weitgehende automatisierte Massenfertigung. Dies gilt gleichermaßen für die Herstellung der Parametrons nach dem Prinzip der gedruckten Schaltung als auch für die Herstellung der Speichermatrizen und Eingabeschalter nach dem Aufdampfprinzip.

Nachteilig ist, daß je Parametron immerhin 2 und je Parametron-Flip-Flop immerhin 6 relativ teure Halbleiterdioden mit niedrigem Bahnwiderstand (ähnlich den Golddraht-Dioden) benötigt werden. Wenn auch die derzeitigen Preise für diese Dioden auf Grund der relativ geringen Fertigungstückzahlen noch nicht den richtigen Maßstab für die Zukunft bilden, bleibt doch die Tatsache bestehen, daß es geboten erscheint, die durch die jeweilige Diodentypen mögliche Grenzfrequenz voll auszuschöpfen, wenn ihr Einsatz wirtschaftlich vorteilhaft sein soll. Da andererseits sehr schnelle Anlagen für die gleiche Anzahl Operationen in der Zeiteinheit mit entsprechend weniger Parametrons auskommen, überwiegen für Anlagen unterhalb einer gewissen Datenverarbeitungskapazität die Kosten für die HF-Leistungserzeugung und Steuerung und begrenzen dadurch die vorteilhafte Einsatzfähigkeit dieser Art Parametrons voraussichtlich auf größere Anlagen für kommerzielle Zwecke; ausgenommen superschnelle Anlagen, in denen die Wirtschaftlichkeit untergeordnete Bedeutung hat.

#### 4.2.3 Parametron mit dünnen magnetischen Schichten als nichtlineares Kreiselement

Diese Art Parametron verspricht große wirtschaftliche Bedeutung zu erlangen, da es hiermit auf Grund der geringen Eigenverluste möglich erscheint [18], die Geschwindigkeit gegenüber den bisherigen Ferritkern-Parametrons um mindestens eine Größenordnung zu steigern und gleichzeitig die Herstellungskosten durch das Drucken bzw. Aufdampfen von Bauelementen erheblich unter den Wert für Ferritkern-Parametrons zu senken.

Damit erreichen diese Art Parametrons näherungsweise 0,3 MHz Informationsübertragungsfrequenz, die einer äquivalenten Impulsfolgefrequenz bei impulsgetasteten Röhren- bzw. Transistor-Bausteinen entspricht. Es sind also in Zukunft auch Parametron-Rechner denkbar, die hinsichtlich Arbeitsgeschwindigkeit mit den schnelleren Transistor-Rechnern konkurrieren können, deren Preis aber bis zum Faktor 5 unter denjenigen gleichschneller Transistorenrechner liegen kann.

NTB 497

### Literatur

- [1] E. Goto: The Parametron, a Digital Computing Element which Utilizes Parametric Oscillation. Proc. IRE, Aug. 1959, S. 1304-1316
- [2] H. Billing und A. Rüdiger: Das Parametron verspricht neue Möglichkeiten im Rechenmaschinenbau. Elektron. Rechenanl. 1 (1959) 3, S. 119-126
- [3] S. Muroga: Logical Elements on Majority Decision. Principle and Complexity of their Circuits. Unesco/NS/ICIP/G. 2.10

- [4] H. Takahashi und E. Goto: Memory Systems for Parametron Computers; Paper of Electronic Computer Technical Committee. I.E.C.E.J. 23. Febr. 1956 Zusammenfassung in Sonderdruck: „Dual Frequency Memory System“ der TDK Electronics Co., Ltd., Kanda Matsuzumi-Cho 2, Tokyo (englisch)
- [5] John v. Neumann: „Nonlinear Capacitance or Inductance Switching, Amplifying, and Memory Organs“. U.S. Patent 2,815,488, (Dez. 3. 1957), assigned to IBM
- [6] R. L. Wiginton: A New Concept in Computing. Proc. IRE 47 (1959), S. 516
- [7] A. Uhlir, jr.: The Potential of Semiconductor Diodes in High Frequency Communications. Proc. IRE 46 (1958); 1099-1115
- [8] W. E. Proebster, S. Methfessel and C. O. Kinberg: Thin magnetic films. Unesco/NS/ICIP/K.2
- [9] J. I. Raffel and D. O. Smith: A computer memory using magnetic films. Unesco/NS/ICIP/K.6
- [10] J. I. Raffel: Operating characteristics of a thin film memory. J. Appl. Phys. 30 (Suppl.) (1959) S. 60 S
- [11] J. A. Kessler: First successful operation of a practical magnetic film memory. Computer and Automation, Oct. 1959, S. 6
- [12] E. E. Bitmann: Using thin films in high-speed memories Electronics 32 (1959) 23, S. 55-57
- [13] E. Goto: Schwingkreis mit nichtlinearem Schaltelement, angewendet als Speicher- und Schaltkreis. DAS 1,025. 176 v. 27. 3. 58 (Klasse 42 m 14) Japan, Priorität 28. 5. 54
- [14] Z. Kiyasu, K. Fushimi, K. Yamanaka, K. Kataoka: Parametric Excitation Using Barrier Capacitor of Semiconductor. Jour. of I.E.C.E.J. 40 (1957), S. 162
- [15] Z. Kiyasu, K. Fushimi, Y. Aiyama, K. Yamanaka: Parametric Excitation Using Selenium Rectifier. Jour. I.E.C.E.J. 41 (1958), S. 786
- [16] J. Wesley Leas: Microwave Solid-State Techniques For High Speed Computers. Unesco/NS/ICIP/K. 4
- [17] H. E. Billing und A. O. Rüdiger: The Possibility of Speeding up Computers Using Parametrons. Unesco/NS/ICIP/K. 2.11
- [18] Parametric Amplifier Uses Thin Films. Electronics N. J. 32 (1959) 46, S. 92, 94-95

## Mechaniken für Briefordner, Schnellhefter usw.

**Lebrecht Brandt**  
Metallwarenfabrik · Brotterode / Thüringen

# MERCEDES

- der Pionier der elektrischen Schreibmaschine -

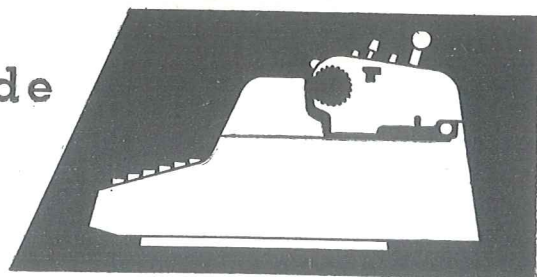
*bringt*

Die neue **ELEKTRA SE 5** 



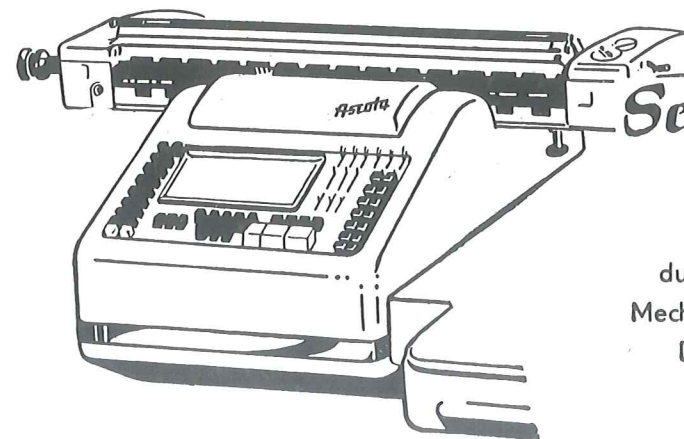
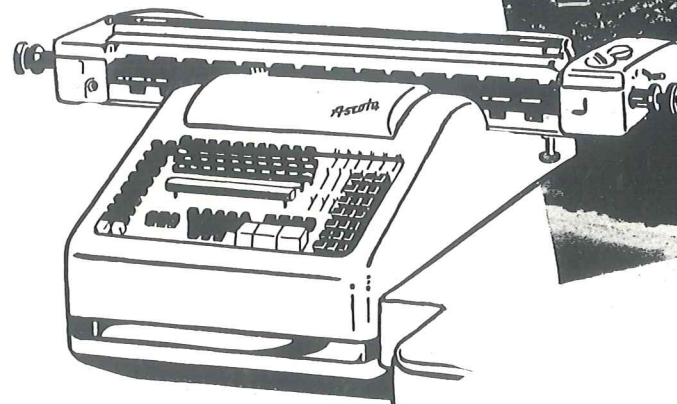
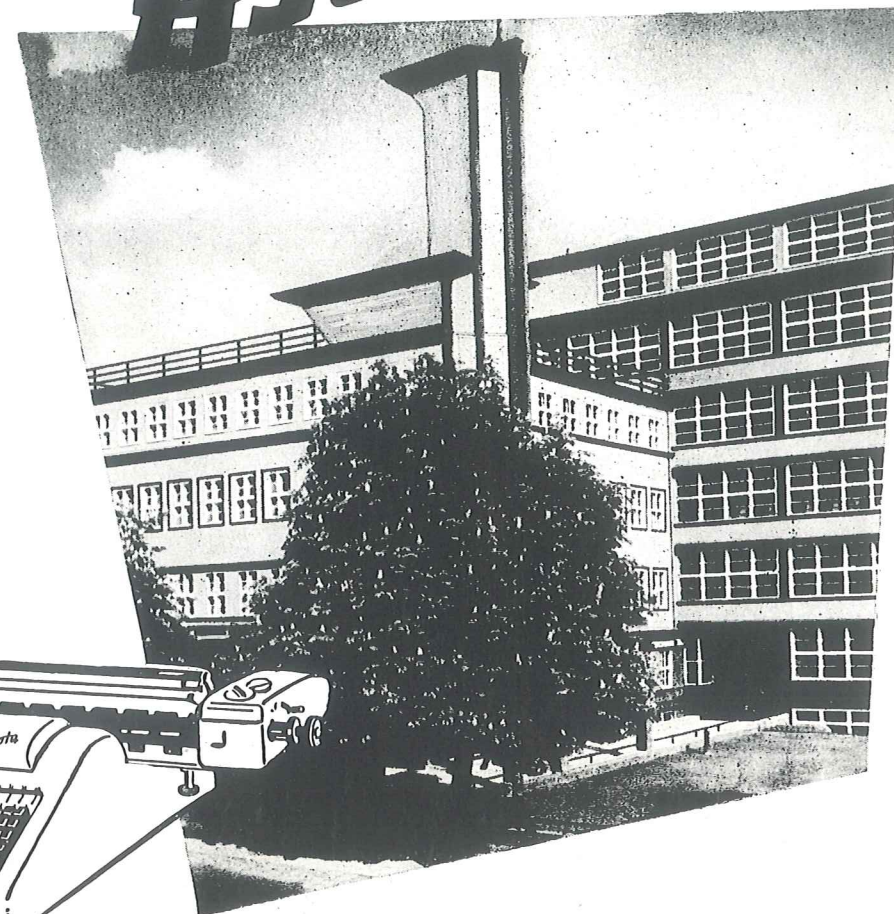
Formschönheit,  
gut abgestimmte  
Farben,  
Geräuscharm,  
Schnelligkeit,  
einfache und  
leichte Bedienung

Das elektrische Schreiben spart Kraft, schont die Nerven,  
fördert die Leistung und gibt  
Arbeitsfreude



MERCEDES Büromaschinen-Werke AG - in Verwaltung - Zella-Mehlis/Thür.

# Ascota



*Seit Jahrzehnten*

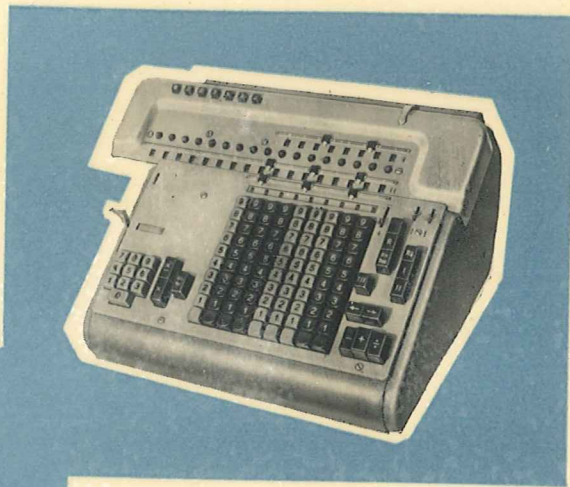
werden in diesem Werk hochwertige  
Saldier- und Buchungsautomaten pro-  
duziert, die in der Welt als Helfer bei der  
Mechanisierung der Büroarbeit begehrt sind.  
Der gute Ruf, den sich die Maschinen  
seit langem in Fachkreisen erworben  
haben, wird sich künftig auf  
ASCOTA-Maschinen  
übertragen

E

*Elektrisch schreiben  
Automatisch rechnen*

Die Mechanisierung der Büroarbeit

hängt in hohem Maße von der Leistungsfähigkeit jeder einzelnen Büromaschine ab. Die technische Vollkommenheit der Modelle aus Sömmerda führte zu ihrer besonderen Wertschätzung als zuverlässige Präzisionserzeugnisse in der ganzen Welt.



**VEB BÜROMASCHINENWERK SÖMMERDA: SÖMMERDA/THÜRINGEN**