



Title: Planfertigungsgeräte
Author(s): Konrad Zuse
Date: 1944
Published by: Konrad Zuse Internet Archive
Source: Document - ZIA ID: 0322

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

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

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

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



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

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

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

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

Planfertigungsgeräte*

Dipl.-Ing. Konrad Zuse
Ingenieurbüro und Apparatebau Berlin

1944

Aufgabe der Planfertigungsgeräte ist es, die Herstellung der Rechenpläne für das algebraische Rechengerät (V4) wesentlich zu erleichtern. Diese Geräte stellen ein Übergangsstadium zu den logistischen Rechengeräten dar (siehe den Bericht "Rechenplangesteuerte Rechengeräte für technische und wissenschaftliche Rechnungen").

Der Ausbau der Geräte kann in mehreren Stufen erfolgen. Ins Auge gefaßt sind zunächst folgende Entwicklungsstufen:

- I. Eintastung einer Formel an einer Tastatur in der üblichen mathematischen Schreibweise.
- II. Ableitung von Rechenplänen spezieller Struktur aus Rechenplänen allgemeiner Struktur (Einschmelzen von Rechenplänen).
- III. Zusammensetzung von Rechenplänen aus Teilplänen und Unterplänen (Montageverfahren).

Stufe I

In dem augenblicklichen Ausbaustadium des algebraischen Rechengeräts muß zunächst aus dem mathematischen Ansatz eine Folge von Rechenplangleichungen abgeleitet werden (siehe obenerwähnten Bericht). Diese stellt den Rechenplan dar. Danach muß jedoch noch die eigentliche Befehlsfolge gebildet werden, welche die einzelnen Operations-, Speicher- und Ablesebefehle, Übersetzungs-, Umstellungs- und Lampenfeldschaltbefehle enthält. Dieser Vorgang ist rein mechanischer Natur und wird von dem Planfertigungsgerät der Stufe I automatisch

*ZuP 010/024. Version 1. Durchgesehen von R. Rojas, L. Scharf

gelöst. Es ist hierbei lediglich nötig, die Formel so in die Maschine einzutasten, wie sie geschrieben wird. Also z. B.:

$$v \cdot (ab + cd)^2(b - c\sqrt{r^2 - v^2}) = P$$

Die Tastatur sieht etwa wie folgt aus:

①	⑩	○	○	○	⑤①					
②	○	○	○	○	○					
③	○	○	○	○	○					
④	○	○	○	○	○	(+	-	×	:
⑤	○	○	○	○	○)	√	2	3	↓
⑥	○	○	○	○	○					
⑦	○	○	○	○	○	=	ma.	mi.	Fp.	Sig
⑧	○	○	○	○	○					
⑨	⑪	○	○	○	⑤②					

Links haben wir die Tasten für die Variablen. Sie sind so gesetzt, daß man neben die Tastenreihe Papierstreifen legen kann, die mit den in den Formeln vorkommenden Ausgangswerten beschriftet werden. Man kann dann keine Fehler in der Zuordnung der Variablen zu den Tasten machen. Rechts haben wir die sonstigen Zeichen einschließlich hoch 2, hoch 3, Absolutstrich und die Hilfsoperationen wie Maj. usw. Verschiedene Klammerzeichen sind nicht nötig, da die Kennzeichnung einer Formel mit nur einer Klammerart bereits eindeutig ist. Z. B.:

$$[(a + b)g + i]r = ((a + b)g + i)r$$

Eine Zweideutigkeit ist hier nicht möglich.

Bruchstriche werden mit Hilfe der Klammerzeichen und des Divisionszeichens dargestellt:

$$\frac{a + b}{c} = (a + b) : c$$

Ebenso muß am Schluß einer Wurzel ein "Klammer zu"-Zeichen gesetzt werden.

Die Maschine kontrolliert zunächst selbsttätig, ob eine sinnvolle Zeichenfolge getastet wird. Sie läßt z. B. folgende Zeichenfolgen nicht zu:

$a \ b \) \ c$	Klammerzeichen zu viel
$a + -c$	zwei Operationszeichen hintereinander
$((a \ b) + c$	Klammerzeichern stimmen nicht
$a + b = bc$	rechts von den Gleichungszeichen 2 Variablen, also keine explizite Gleichung
$a = b = c$	zu viel Gleichheitszeichen

Dagegen wird das Multiplikationszeichen selbsttätig ergänzt, falls dieses nicht getastet wird:

$$(abc + f)d = (a \cdot b \cdot c + f) \cdot d$$

Ebenso berücksichtigt die Maschine selbsttätig, daß das Zeichen \cdot enger bindet als das Zeichen $+$.

Ausgelöst durch diese Befehlsfolge wird der Rechenplan selbsttätig entwickelt und auf ein Lochgerät übertragen. Zur Kontrolle des fertigen Rechenplans kann das Planfertigungsgerät mit einem Abtaster versehen werden und die vorliegende Befehlsfolge wieder rückwärts in eine Formel zurückgebildet werden. Zu diesem Zweck wird das Gerät mit einem Anzeigefeld versehen, an dem Lampen in derselben Anordnung angebracht sind wie die Tasten an der Tastatur.

Die Stufe I erfordert konstruktiv gesehen einen verhältnismäßig geringen Aufwand, so daß es angebracht ist, in Zukunft alle Geräte von vornherein nach diesem Prinzip zu bauen.

Als isoliertes Gerät hat es etwa folgende Teile:

1. eine Tastatur,
2. ein Anzeigefeld,
3. einen Locher,
4. einen Abtaster,
5. ein Relaisgestell mit etwa 120 Relais,
6. einen Antrieb mit Schaltwalze.

Das Gerät hat etwa Tischgröße.

Stufe II: Ableiten von Rechenplänen spezieller Struktur aus Rechenplänen allgemeiner Struktur (Einschmelzen von Rechenplänen)

Dieser Vorgang soll an einem Beispiel erläutert werden:

Angenommen, man hat einen Rechenplan für eine Determinante n . Grades für die volle Matrix der Determinante, also in der Annahme, daß sämtliche Komponenten der Determinanten von 0 verschieden sind, aufgestellt. Dieser rechenplan ist dann selbstverständlich auch für solche Determinanten verwendbar, bei denen mehrere Komponenten den Wert 0 haben. Es werden dann jedoch eine Reihe von überflüssigen Multiplikationen mit 0 durchgeführt. Man kann nun selbstverständlich für die eingeschränkten Determinanten einen besonderen Rechenplan aufstellen, welcher die überflüssigen Operationen nicht enthält.

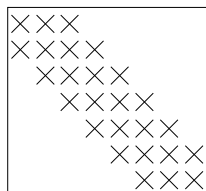
Bei dem jetzigen Ausbaustadium des Gerätes (V4) einschließlich des Planfertigungsgeräts von Stufe I muß dieser reduzierte Plan besonders aufgestellt werden. Die Stufe II hat nun die Aufgabe, einen solchen Rechenplan spezieller Struktur aus einem Rechenplan allgemeiner Struktur selbsttätig abzuleiten. Da es sich bei diesem Prozeß im wesentlichen darum handelt, aus dem vollständigen Rechenplan eine Anzahl von Gliedern fortzulassen, kann man auch von einem Einschmelzvor-gang sprechen.

Die Gesichtspunkte, nach denen ein Rechenplan reduziert wird, können verschiedener Natur sein:

1. eine Reihe von Ausgangswerten ist gleich 0,
2. mehrere Werte sind einander gleich (Symmetriefälle),
3. Aufteilung eines Rechenplans in Grundpläne und Anschlußpläne,
4. Reduktion auf einen Teil der Resultatwerte.

Punkt 1.) wurde bereits besprochen. Diese Methode ist selbstverständlich nicht nur auf Determinanten anwendbar, sondern auf jede Rechnung. Ein besonders ergiebiges Anwendungsgebiet sind Gleichungssysteme. Die in der Praxis vorkom-menden Gleichungssysteme sind meistens so aufgebaut, daß nur ein Teil der Ma-trix besetzt ist.

Eine typische Matrix eines Gleichungssystems aus statisch unbestimmten Rech-nungen ist z. B. folgende:



Die Ersparnis an Rechnungsaufwand gegenüber der vollen Matrix ist hier ganz erheblich. Bei derartigen Systemen kann die volle Matrix den 100- bis 1000fachen Rechenaufwand erfordern, so daß es sich nicht lohnen würde, den Rechenplan der vollen Matrix zu benutzen.

Bei Punkt 2.) besteht die Vereinfachung in der Hauptsache darin, daß weniger Ausgangswerte eingetastet zu werden brauchen und dementsprechend ein vereinfachter Rechenplan gebildet werden muß.

Eine Vereinfachung entsprechend Punkt 3.) ist dann von Vorteil, wenn eine größere Rechnung in verschiedenen Variationen durchgerechnet werden soll, wobei ein Teil der Ausgangswerte konstant bleibt. Derartige Fälle kommen oft in der Statik

vor. Z. B. können in einem statischen System sowohl die Kräfte als auch die Maße variiert werden. Werden nur die Kräfte variiert, so fällt der Teil der Rechnung weg, der die Variationen der Maße berücksichtigt. Der ursprüngliche Gesamtplan zerfällt dann in zwei Teile, einen Systemplan und einen anderen anschließenden Plan für die einzelnen Lastfälle. Auch hier besteht der Prozeß darin, daß der ursprüngliche Rechenplan eingeschmolzen wird, d.h. eine Reihe von Gliedern fortfallen.

Ein entsprechender Vorgang liegt bei Punkt 4.) vor, wenn z. B. an einem statischen System nur bestimmte Momente und Spannungen interessieren und der vollständige Rechenplan für das gesamte System bereits vorliegt.

Konstruktiv besteht ein Planfertigungsgerät der Stufe II aus einer Tastatur, einem Abtaster für Rechenpläne, einem Locher für Rechenpläne und einem Relaisgestell. Die Zahl der benötigten Relais hängt von der Länge der zu reduzierenden Rechenpläne und der Zahl der darin vorkommenden Variablen ab. Es empfiehlt sich, das Gerät zunächst in elektrischer Ausführung für etwa 50–100 vorkommende Variablen zu bauen, und wenn das Prinzip entwickelt ist und die mechanische Konstruktion durchgebildet ist, entsprechend mechanische Ausführungen des Geräts für Rechnungen größeren Umfangs zu bauen. Bei 60 Variablen würde das Gerät etwa 200 elektromagnetische Relais benötigen.

Das Planfertigungsgerät der Stufe II kann mit dem Planfertigungsgerät der Stufe I vereinigt werden, wobei das Gerät der Stufe I einiger Ergänzungen bedarf.

Stufe III: Zusammensetzung von Rechenplänen aus Teilplänen und Unterplänen

Das Arbeiten mit einem Planfertigungsgerät der Stufe III ist ein Montageverfahren, bei dem mehrere Rechenpläne aus einem Vorrat bereits vorhandener Pläne zusammengesetzt werden. Hierher gehört das Einflechten von häufig wiederkehrenden Unterplänen und die Übertragung eines Rechenplans aus dem Reellen ins Komplexe, wobei anstelle jeder einzelnen Operation wie Addition, Multiplikation usw. der entsprechende Rechenplan für das Rechnen mit komplexen Zahlen gesetzt werden muß. Hierbei sind doppelt so viel Werte einzutasten und doppelt so viel Speicherzahlen in Anspruch zu nehmen. Man kann dann einen Rechenplan für eine komplexe Determinante ohne weiteres aus einem Rechenplan für eine reelle Determinante ableiten.

Ebenso ist es möglich, in eine längere Rechnung, bei der an mehreren Stellen immer wieder Gleichungssysteme vorkommen, deren Rechenpläne bereits vorhanden sind, diese an den betreffenden Stellen einzuflechten, so daß die Arbeit des wiederholten Aufsetzens eines Rechenplans fortfällt.

Konstruktiv ist dieses Verfahren einmal so lösbar, daß man die einzelnen Pläne,

aus denen der Gesamtplan aufgebaut werden soll, als Lochstreifen bereitlegt. Der Gesamtplan wird dann dadurch gebildet, daß man die einzelnen Pläne in den Abtaster setzt und auf den Locher überträgt, wobei unter Umständen eine Umbenennung der Speicherzellen stattfinden muß, denn in dem Gesamtplan sind den Variablen des Unterplans andere Speicherzellen zugeordnet als in den einzelnen Plänen. Hierzu wird ein Speicherwerk benötigt, in dem diese Zuordnungen gespeichert werden. Es können auch die Unterpläne selbst in einem Speicherwerk aufgenommen werden. Bei elektromagnetischer Konstruktion ist dies nur bei kleineren Rechenplänen wirtschaftlich, z. B. an Unterplänen für die komplexen Rechnungen. Bei Verwendung des mechanischen Speicherwerks kann man jedoch Rechenpläne größeren Umfangs mechanisch speichern.

Auch das Planfertigungsgerät der Stufe III kann als Ergänzung des Planfertigungsgeräts der Stufe I-II ausgeführt werden, wobei nur einige Bedienungstasten und Relais ergänzt werden müssen. Im ganzen ergibt sich dann ein Planfertigungsgerät, welches aus etwa folgenden Teilen besteht:

1. Tastatur,
2. Anzeigefeld,
3. Abtaster,
4. Locher,
5. Relaisgestell mit 400 Relais,
6. Antrieb mit Schaltwalze.

Das Gerät bedeckt etwa eine Fläche von $1 \times 3 \text{ m}^2$.