Arbeitspapiere der GMD 321

Ursula Schweier
Dietmar Saupe

Funktions– und Konstruktionsprinzipien der programmgesteuerten mechanischen Rechenmaschine "Z1"

August 1988

GESELLSCHAFT FÜR MATHEMATIK
UND DATENVERARBEITUNG MBH

© GMD 1988

Alle Rechte vorbehalten. Insbesondere ist die Überführung in maschinenlesbare Form sowie das Speichern in Informationssystemen, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Einwilligung der GMD gestattet.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior permission of the GMD.

Herausgeber / Editors:

Karl-Heinz Böhling, Herbert Fiedler, Wolfgang Giloi, Gerhard Goos, Herwig Heckl, Peter Hoschka, Stefan Jähnichen, Fritz Krückeberg, Heinz Mühlenbein, Erich J. Neuhold, Carl Adam Petri, Eckart Raubold, Karlheinz Schunk, Gerhard Seegmüller, Michael Timm, Ulrich Trottenberg, Udo Winand, Friedrich Winkelhage, Peter Wißkirchen, Klaus Wölcken, Karl Zander

Verantwortlicher Herausgeber für dieses Heft / Responsible editor for the present paper:

Dipl.-Kfm. Friedrich Winkelhage
Vorstand

Anschriften der Verfasser / Addresses of the authors:

Ursula Schweier
Pestalozzistr. 47b
D–5000 Köln 71

Dietmar Saupe
Oranienstr. 129
D–5000 Köln 91

Die Arbeitspapiere der GMD enthalten vornehmlich Vorab-Veröffentlichungen, spezialisierte Einzelergebnisse und ergänzende Materialien. Im Interesse einer späteren Veröffentlichung wird gebeten, die Arbeitspapiere nicht weiter zu vervielfältigen. Die Autoren sind für kritische Hinweise dankbar.

The "Arbeitspapiere der GMD" primarily comprise preliminary publications, specific partial results and complementary material. In the interest of a subsequent final publication the "Arbeitspapiere" should not be copied. Critical comments would be appreciated by the authors.

ISSN 0723–0508

Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH

Schloß Birlinghoven
Postfach 1240
D-5205 Sankt Augustin 1

Telefon (02241) 14–0
Telex 8 89 469 gmd d
Telefax (02241) 14 28 89
Teletex 2627-224135=GMDVV

Inhalt

		Seite
I	**Geleitwort**	
II	**Vorwort**	1
1	**Einleitung**	2
2	**Geschichte der Zahlen und Ziffernsysteme**	4
3	**Die Entwicklung der mechanischen Rechenmaschinen**	7
	3.1 Vom Abakus zum Rechenschieber	7
	3.2 Die Rechenmaschine von Wilhelm Schickard	10
	3.3 Die Addiermaschine von Blaise Pascal	13
	3.4 Die Vier-Spezies-Maschine des Gottfried Wilhelm v. Leibniz	16
	3.5 " Machinae aritmeticae " von Johannes Polenius	20
	3.6 Die Vier-Spezies-Rechenmaschine von Antonius Braun	21
	3.7 Die Rechenmaschine von Phillip Matthäus Hahn	23
	3.8 Die erste serienmaßige Fertigung von mechanischen Rechenmaschinen	24
4	**Die Lochkarte als Programmträger und Datenspeicher**	25
	4.1 Die Lochkarte als Programmträger	25
	4.2 Die Lochkarte als Datenspeicher	26
5	**Die Entwicklung der mechanischen programmgesteuerten Rechenmaschinen**	28
	5.1 Charles Babbage, der Urheber der programmgesteuerten Rechenmaschinen	28
	5.2 Die programmgesteuerten Rechenmaschinen von Konrad Zuse	31
6	**Zur Person Konrad Zuse**	32

7 Theoretische Vorbetrachtungen zur Rechenmaschine Z1 44

7.1 Mathematische Grundlagen 44
7.1.1 Das duale Zahlensystem 44
7.1.2 Die halblogarithmische Schreibweise 46
7.1.3 Die Grundrechenarten im Dualsystem 49
7.1.3.1 Die Addition 49
7.1.3.2 Die Subtraktion 49
7.1.3.3 Die Multiplikation 50
7.1.3.4 Die Division 50
7.1.4 Die logischen Grundoperationen 51
7.2 Mechanische Schaltgliedtechnik 52
7.2.1 Das einfache Schaltglied 52
7.2.2 Das Verteiler-Schaltglied 54
7.2.3 Das Speicher-Schaltglied 55
7.2.4 Die mechanische Konjunktion 59
7.2.5 Die mechanische Disjunktion 61
7.2.6 Die mechanische Disvalenz 62

8 Funktionsbeschreibung der Baugruppen aus dem Speicherwerk der Z1 64

8.1 Der elektromechanische Antrieb 79
8.2 Der Impulsgeber des Speicherwerks 81
8.3 Konstruktionprinzipien der mechanischen Schaltgliedtechnik 83
8.3.1 Aufbau der Schaltschichten 83
8.3.2 Bewegungs- und Impulsübertragungshebel 87
8.3.3 Fixierung der Funktionsblöcke auf dem Rahmen 89
8.4 Die Programmsteuerung der Z1 91
8.4.1 Der Programmstreifenlocher 94
8.4.2 Der Lochstreifenleser 100
8.5 Das Planwerk (Block 11b) 112
8.6 Das Wählwerk (Block 11a) 122
8.7 Die Speichersteuerung (Blöcke 12a, 12b, 12c) 129
8.8 Die Speicherblöcke (10a, 10b und 10c) 137

9 Hinweise zur Montage der Baugruppen 141

Schlußwort 142

Anmerkungen 143

Literatur 146

Bild- und Tafelverzeichnis 149

Anhang

A1	Ablegepläne des Lochstreifenlesers	A1.1-1.8
A2	Ablegepläne der Speicherblöcke (10a, 10b und 10c)	A2.1-2.9
A3	Ablegepläne der Speichersteuerung (Blöcke 12a, 12b und 12c)	A3.1-3.14

7 Theoretische Vorbetrachtungen zur Rechenmaschine Z1

Bevor auf die Konstruktionsprinzipien der Z1 eingegangen wird, sollen noch einige Vorbetrachtungen angestellt werden. So beispielsweise, warum die Maschine im Dualsystem und in Gleitkomma-Arithmetik rechnet. Aber auch, wie die logischen Verknüpfungen als mechanische Schaltglieder realisiert werden. An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, daß die Binärziffer "Eins" im folgenden stets als "L" dargestellt wird, um Verwechslungen mit der dekadischen "1" zu vermeiden.

7.1 Mathematische Grundlagen

7.1.1 Das duale Zahlensystem

Wie bereits in Kapitel 3.4 erwähnt, schuf Gottfried Wilhelm von Leibniz 1679 das duale Zahlensystem. Es geriet jedoch bei den Rechenmaschinenerfindern und -herstellern in Vergessenheit, und selbst Charles Babbage, der schon an programmgesteuerten Rechenmaschinen arbeitete, blieb dem dekadischen Zahlensystem treu. Konrad Zuse hielt das Zehnersystem für ungeeignet, da mit ihm folglich auch zehnwertige Schaltelemente verbunden waren. Er entschied sich daher für das Dualsystem mit den beiden Binärziffern "0" und "L". Jetzt brauchten nur noch zweiwertige Schaltelemente verwendet zu werden, mit den Zuständen "Ja","Nein" bzw. "Ein" und "Aus". Dies stellte sich für die Konstruktion der Rechenmaschinen, wie wir heute wissen, als großer Vorteil heraus. Da die Zahlenein- und ausgabe jedoch in dem für uns leicht verständlichen Zehnersystem erfolgen sollte, wurde ein Übersetzen vom Dezimal- ins Dualsystem und umgekehrt notwendig. Die daraus resultierende Übersetzungszeit war gegenüber der Rechenzeit jedoch verschwindend gering, da durch die Programmsteuerung umfangreiche Rechnungen möglich wurden. Eine Tatsache, die Konrad Zuse in seinen theoretischen Überlegungen vorwegnahm. Wie sich Dualzahlen gegenüber dem Zehnersystem darstellen, ist Tafel 4 (Kapitel 3.4, S. 19) zu entnehmen. Um die Problematik der hohen Stellenzahlen im Binärsystem zu verdeutlichen, seien hier zwei Zahlenbeispiele angeführt.

Die Zahlen 0,000321 und 310000 des Zehnersystems stellen sich im Binärsystem wie folgt dar:

0.000321=0,00000000000L0L0L0000L.....
310000=L00L0LLL0L0LLLL0000,00000

Diese extrem unterschiedlich großen Zahlen, wie sie in den Naturwissenschaften sehr häufig vorkommen, haben im Binärsystem einen Stellenunterschied von 40 Stellen (2^{18} bis 2^{-21}), wobei man für die exakte Darstellung der Zahl 0,000321 in den Binärstellen sogar noch tiefer als 2^{-21} absteigen müßte. Dieser große Stellenunterschied, dem im Zehnersystem nur 12 Stellen (10^{6} bis 10^{-6}) entsprechen würden, veranlaßte Konrad Zuse zu einer anderen Darstellung von Zahlen. Es boten sich Geräte an, in denen jede Zahl durch ihren Logarithmus dargestellt wurde. Diese Zahlen dann zu addieren, stieß jedoch auf große Schwierigkeiten. Konrad Zuse übernahm aus der Mathematik die Potenzdarstellung im Zehnersystem Tafel 6), und wandte diese auf das Binärsystem an.Er nannte diese (Schreibweise:"die halblogarithmische Darstellung". Heute wird diese Art der Zahlenschreibweise als *"Gleitkomma-Arithmetik"* bezeichnet.

Zahlenbeispiel: 367	$367=10^{2} \cdot 3{,}67$	(Zehnersystem)
	$L0LL0LLLL=L0^{L000} \cdot L,0LL0LLLL$	(Binärsystem)

Tafel 6 **Potenzdarstellung der Zahl 367 im dekadischen und binären Zahlensystem**

Der Umgang mit Zahlen in halblogarithmischer Darstellung wird im nun folgenden Kapitel ausführlich dargestellt.

7.1.2 Die halblogarithmische Schreibweise

In der *halblogarithmischen Schreibweise* wird eine Zahl y folgendermaßen dargestellt:

$$y = B^{a} \cdot b$$

B.....Basis
a.....Exponent (ganzzahlig)
b.....Mantisse mit der Bedingung :
$1 \leq b < B$

Hier zunächst einige Zahlenbeispiele für das Zehnersystem, d.h. B=10 :

y=43	→	$43 = 10^{1} \cdot 4{,}3$	a=1	b=4,3
y=389,17	→	$389{,}17 = 10^{2} \cdot 3{,}8917$	a=2	b=3,8917
y=0,0385	→	$0{,}0385 = 10^{-2} \cdot 3{,}85$	a=-2	b=3,85

Es wird deutlich, daß es sich bei dieser Schreibweise nur um ein Verschieben des Kommas und ein analoges Verändern des Exponenten handelt. Auch daß die Mantisse sich zwischen 1 und der Basis 10 bewegt, ist gut zu erkennen. Für das Binärsystem sieht die Bedingung der Mantisse wie folgt aus:

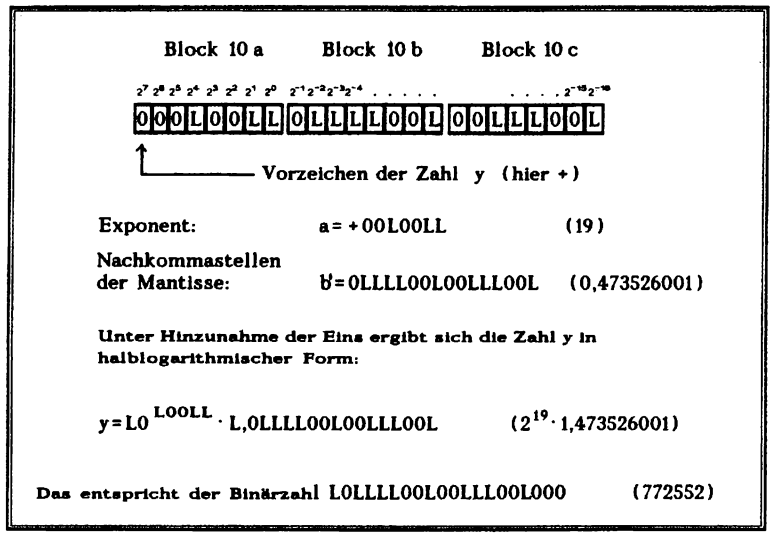
$$1 \leq b < 2 \quad \text{bzw.} \quad L \leq b < L0$$

Auch hier einige Zahlenbeispiele:

y = LLL0L	→	$LLL0L = L0 \cdot L{,}LL0L^{L00}$	a=L00	b=L,LL0L
y= 0,LL0L0LL	→	$0{,}LL0L0LL = L0^{-L} \cdot L{,}L0L0LL$	a=-L	b=L,L0L0LL
y= 0,00LL0LLLL	→	$0{,}00LL0LLLL = L0^{-LL} \cdot L{,}L0LLLL$	a=-LL	b=L,L0LLLL

Die Z1 rechnet und speichert Zahlen in der dargestellten Form. Da die Mantisse mehr Stellen benötigt als der ganzzahlige Exponent, wird diese in den Speicherblöcken 10 b und 10 c abgespeichert (16 Stellen). Weil die Mantisse stets größer oder gleich Eins ist aber kleiner als Zwei ist, wird nur die Zahl hinter dem Komma gespeichert, und vor jeder Ausgabe wird die Eins im Rechenwerk wieder hinzugegeben. Der Exponent ist in Block 10 a abgelegt (8 Stellen), wobei die höchste Stelle (2^{7}) für das Vorzeichen der Mantisse und somit für die gesamte Zahl y bestimmt ist. Für das Vorzeichen gilt folgende Notation: 0 für "+" und L für "-". Demzufolge verbleiben für den Exponenten, der in Komplementdarstellung abgespeichert wird, 7 Stellen (2^{0}....2^{6}).

Die Zahl 772552 z.B. wird dann in einer der 64 Zellen, wie in Tafel 7 gezeigt, abgespeichert.



Tafel 7 Die Zahlendarstellung von 772552 im Speicherwerk

Grundsätzlich lassen sich beliebige Kodierungen im Speicherwerk abspeichern, so z.B. Wörter oder andere verschlüsselte Angaben. Voraussetzung ist natürlich, daß die Verschlüsselung binär erfolgt. Im Zusammenhang mit der Zahlendarstellung ist noch auf die Besonderheit der Stelle 2^6 des Exponenten hinzuweisen. Weist diese Stelle eine 0 auf, so ist der dargestellte Exponent positiv und stellt sich direkt binär dar (nicht als Komplement).

Beispiel: a=26

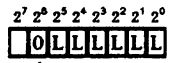
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
	0	0	L	L	0	L	0

Ist dort jedoch "L" abgespeichert, so handelt es sich um einen negativen Exponenten. Um diesen zahlenmäßig zu entziffern, muß das Zweierkomplement gebildet werden (ausführlich in Kapitel 7.1.3.2 behandelt), wobei alle 7 Stellen mit einbezogen werden.

Beispiel: a=-19

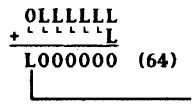
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
	L	L	0	L	L	0	L	
	0	0	L	0	0	L	0	(EK)
+							L	
	-	L	0	0	L	L		(ZK) (-19)

Der größte positive Exponent ist demzufolge:



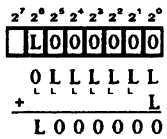
0, d.h., der Exponent ist positiv.

Es kann hier keinen größeren Exponenten als 63 geben, denn addiert man nur "L" hinzu, so ergibt sich in der Stelle 2^6 eine "L" und somit ein negativer Exponent in der Komplementdarstellung:



L, d.h., der Exponent ist negativ.

Der kleinste bzw. der größte negative Exponent lautet wie folgt:



Auch hier ist die Grenzzahl erreicht, denn -65 ergibt ein Vorrücken auf die Stelle 2^7, die aber bereits als Vorzeichen der gesamten Zahl belegt ist.

Die größtmögliche in der Z1 zu speichernde Zahl beträgt somit:

binär: $y = L0^{OOLLLLLL} \cdot L,LLLLLLLLLLLLLLL$

dekadisch: $y = 2^{63} \cdot 1,9999999999999999$

$\underline{y = 1,845 \cdot 10^{19}}$

Die kleinstmögliche in der Z1 zu speichernde Zahl beträgt:

binär: $y = L0^{LLOOOOOO} \cdot L,0000000000000000$

dekadisch: $y = 2^{-64} \cdot (-1)$

$\underline{y = -5.421 \cdot 10^{-20}}$

7.1.3 Die Grundrechenarten im Dualsystem

7.1.3.1 Die Addition

Rechenvorschrift:

0+0 =0	
0+L =L	
L+0 =L	
L+L =0	mit Übertrag

Zahlenbeispiel: 13+15 =28

```
  LL0L
  ¹¹¹¹
+ LLLL
------
  LLL00
```

7.1.3.2 Die Subtraktion

Rechenvorschrift:

0-0 =0	
0-L =L	mit neg. Übertrag
L-0 =L	
L-L =0	

Zahlenbeispiel: 13-8 =5

1) LL0L
   - L000 » EK: 0LLL

2)
```
  0LLL
  ¹¹¹
+   L
------
  L000
```
ZK:

3)
```
  LL0L
  ¹
+ L000
------
 L0L0L
```
Ergebnis: L0L

Die Subtraktion wird auf eine Addition des Komplements vom Subtrahenden zurückgeführt. Dies stellt sich wie folgt dar:

1) Einerkomplement (EK) des Subtrahenden bilden
   { aus 0 wird L und aus L wird 0 }

2) Zweierkomplement (ZK) bilden {zum EK wird L hinzuaddiert}

3) ZK zum Minuend addieren
   Ist der Übertrag L, so wird er gestrichen und dahinter erscheint das Ergebnis, welches positiv ist.

3.1) Ist der Übertrag 0, so ist das Ergebnis negativ und es muß das ZK gebildet werden, woraus das richtige Ergebnis folgt.

Ein weiteres Zahlenbeispiel zur Subtraktion (mit negativem Ergebnis):
14-19 =-5

```
  LLLO
 -LOOLL   »» EK: OLLOO
   ?            +    L
              ZK: OLLOL

 OLLLO
  L L
+OLLOL
 LLOLL
```

Kein Übertrag, d.h. ein negatives Ergebnis liegt vor! Es muß das ZK gebildet werden:

```
       LLOLL
EK:    OOLOO
     +     L
ZK:    OOLOL

Ergebnis: -LOL
```

7.1.3.3 Die Multiplikation

Rechenvorschrift:

0·0 =0
0·L =0
L·0 =0
L·L =L

Zahlenbeispiel:
12·5 =60

```
LLOO·LOL
     LLOO
     0000
  + LLOO
    LLLLOO
```

7.1.3.4 Die Division

Rechenvorschrift:

0:0 =	nicht definiert
0:L =0	
L:0 =	nicht definiert
L:L =L	

Zahlenbeispiel: 610:5 =122

```
LOOLLOOOLO:LOL = LLLLOLO
-LOL
 LOOL
 -LOL
  LOOO
  -LOL
    LLO
   -LOL
     LOL
    -LOL
       0
```

7.1.4 Die logischen Grundoperationen

In der Z1 werden folgende logische Verknüpfungen verwendet, deren mechanische Realisierung in Kapitel 7.2 ausführlich dargestellt ist.

1. *Konjunktion* $A \wedge B$
   Gesprochen: "A und B"
   $A \wedge B$ ist dann und nur dann positiv, wenn A und B positiv sind.

2. *Disjunktion* $A \vee B$
   Gesprochen: "A oder B"
   $A \vee B$ ist dann und nur dann positiv, wenn wenigstens eine der beiden Aussagen A oder B positiv ist.

3. *Negation* $\overline{A}$
   Gesprochen: "A nicht"
   $\overline{A}$ ist dann und nur dann positiv, wenn A negativ ist.

4. *Äquivalenz* $A \sim B$
   Gesprochen: "A äquivalent B"
   $A \sim B$ ist dann und nur dann positiv, wenn A denselben Wert hat wie B.

5. *Disvalenz* $A \not\sim B$
   Gesprochen: "A disvalent B"
   $A \not\sim B$ ist dann und nur dann positiv, wenn der Wert von A entgegengesetzt dem Wert von B ist.

6. *Implikation* $A \rightarrow B$
   Gesprochen: "wenn A, so B"
   $A \rightarrow B$ ist dann und nur dann negativ, wenn A positiv und B negativ ist.

7.2 Die mechanische Schaltgliedtechnik

Wie bereits erwähnt werden in der programmgesteuerten Rechenmaschine Z1 alle logischen Ausdrücke durch mechanische Schaltglieder verwirklicht. Der prinzipielle Aufbau sieht grundsätzlich eine Kombination aus Festblech (Maske), Steuerblech, bewegendem Blech (aktives Bech) und bewegtem Blech (passives Blech) vor. In definierten Ausschnitten der Bleche sitzt ein meist zylindrisch geformter Schaltstift, der sich je nach Stellung des steuernden Bleches und der Form der Ausschnitte in den übrigen Blechen verschieben läßt. Bei dieser Bewegung nimmt der Schaltstift das bewegte Blech mit und bringt dieses aus seiner "0"-Stellung in die Stellung "L" oder umgekehrt. Der Schaltstift liegt auf einem Grundblech auf und läßt sich nur in horizontaler Richtung bewegen. Es kommen folgende drei Grundtypen von Schaltgliedern zur Anwendung:

- das einfache Schaltglied
- das Verteiler-Schaltglied
- das Speicher-Schaltglied

Aufbau und Funktionsweise der einzelnen Schaltgliedtypen sowie die mechanische Realisierung der grundlegenden Verknüpfungen Konjunktion, Disjunktion und Disvalenz sind nachfolgend beschrieben.

7.2.1 Das einfache Schaltglied

Das einfache Schaltglied ist in der Lage, zwei definierte Positionen einzunehmen. Es kann somit die binären Ziffern "0" und "L" darstellen. In Bild 42 ist der schichtförmige Aufbau dieses Schaltgliedes zu erkennen. Die abgebildeten Bleche können sich jeweils nur in *einer* horizontalen Achse bewegen und sind nicht drehbar gelagert. Dies gilt auch für die Bleche aller übrigen Schaltgliedtypen. Das gezeigte Schaltglied befindet sich in Schaltstellung, das heißt, das steuernde Blech hat den Schaltstift in eine Stellung gebracht, die es dem bewegenden Blech ermöglicht, bei einer Veränderung seiner Lage in negative x-Richtung das bewegte Blech mitzunehmen (Schaltstellung "L"). Eine Stellungsänderung des steuernden Bleches in positive y-Richtung hat eine Entkopplung des bewegenden und des bewegten Bleches zur Folge (Schaltstellung "0").

Das Festblech dient zur Führung des Schaltstiftes und gibt gleichzeitig mit seinem Ausschnitt die Bewegungsmöglichkeiten des Schaltstiftes an. Bild 43 zeigt das Schaltsymbol für das einfache Schaltglied.

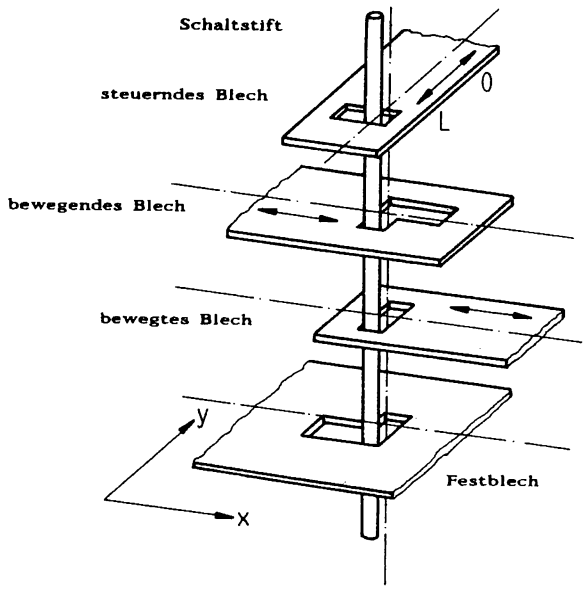


Bild 42 Darstellung des einfachen Schaltgliedes (die Abbildung ist in der Höhe verzerrt)

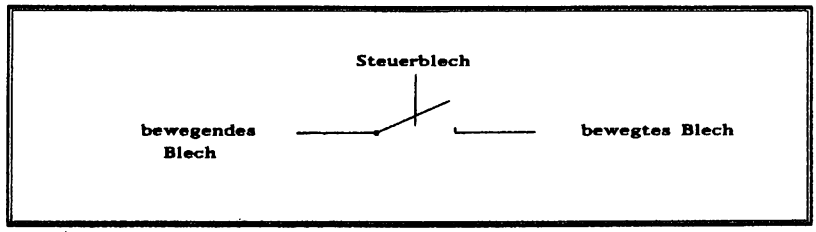


Bild 43 Schaltsymbol für das einfache Schaltglied

7.2.2 Das Verteiler – Schaltglied

Bild 44 zeigt die symbolische Darstellung des Verteiler- Schaltgliedes. Der mechanische Aufbau dieses Schaltgliedtyps ist in Bild 45 veranschaulicht. Die bewegenden Bleche geben in ihrer "0"-Stellung den gesamten Ausschnitt des Festbleches frei, so daß der Schaltstift jede beliebige Stellung innerhalb des quadratischen Feldes einnehmen kann. Im folgenden Takt kann das steuernde Blech eine Bewegung in x-Richtung durchführen. Befindet es sich in seiner linken Stellung, wie in Bild 45 dargestellt, so wird der Schaltstift im darauffolgenden Takt durch die Schaltkante des bewegenden Bleches (1) in negative y-Richtung verschoben. Befindet sich das steuernde Blech in rechter Stellung, so erfolgt eine Verschiebung des Schaltstiftes in positive y-Richtung, ausgelöst durch die Schaltkante des bewegenden Bleches (2). Der Schaltstift nimmt bei seinen oben beschriebenen Bewegungen das bewegte Blech in die jeweilige Richtung mit. Das Verteiler-Schaltglied findet folgende Anwendungen:

- Umlenkung eines Schaltimpulses
- Taktverzögerung eines Schaltimpulses
- Verteilen eines Schaltimpulses auf verschiedene Schaltglieder

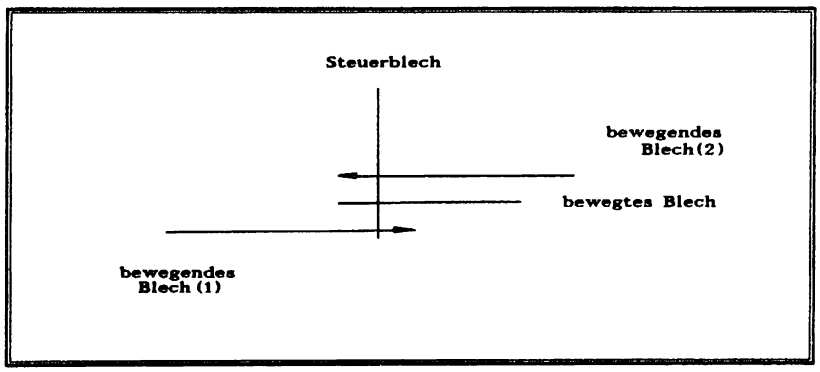


Bild 44 Schaltsymbol für das Verteiler-Schaltglied

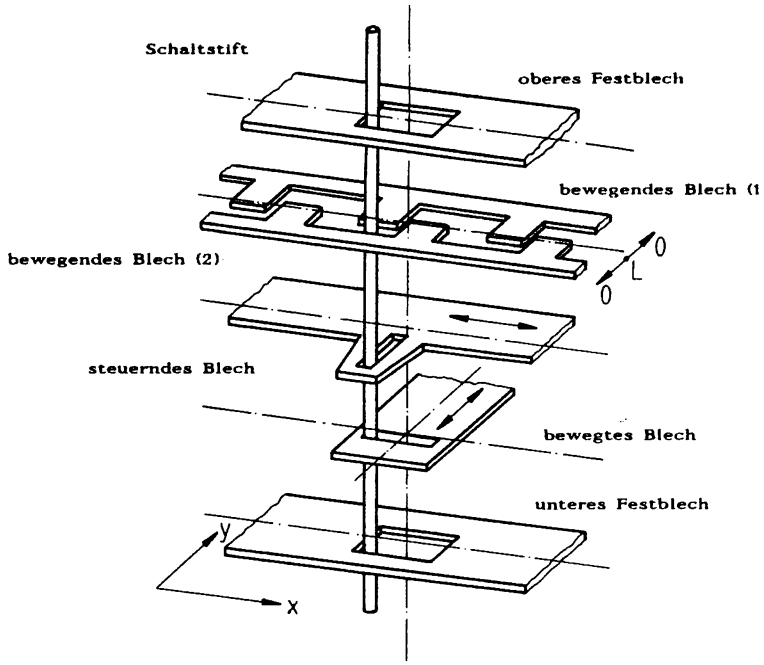


Bild 45 Explosionsdarstellung des Verteiler - Schaltgliedes (die Abbildung ist in der Höhe verzerrt)

7.2.3 Das Speicher – Schaltglied

Bild 46 zeigt vier einzelne Speicher-Schaltglieder in einer Explosionszeichnung. Die Anordnung der einzelnen Schaltbleche ist in der höhenverzerrten Zeichnung gut zu erkennen. Jede Zeile dient der Aufnahme eines Ja-Nein-Wertes, das heißt eines Bits. Die symbolische Darstellung einer Speicherzeile ist in Bild 47 gezeigt.

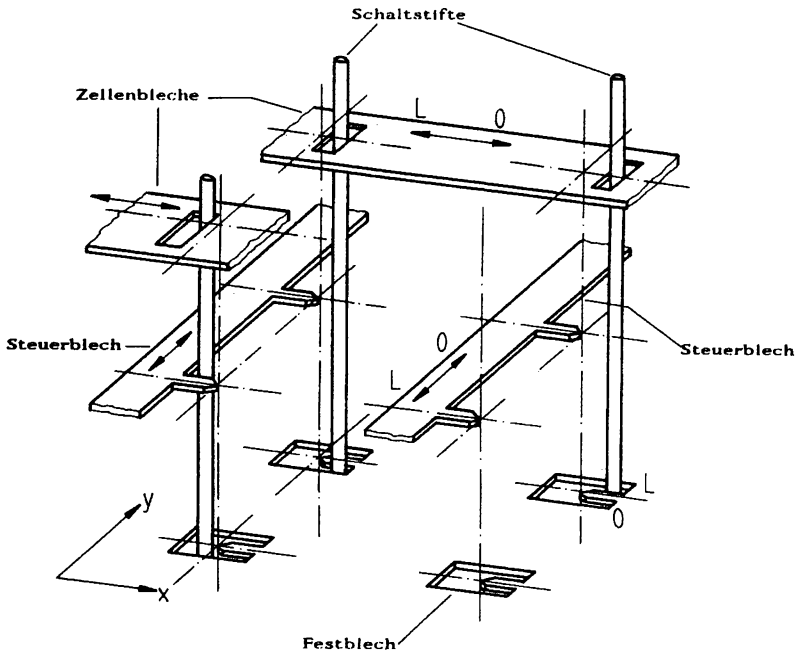


Bild 46 Höhenverzerrte Explosionsdarstellung von vier Speicher-Schaltgliedern

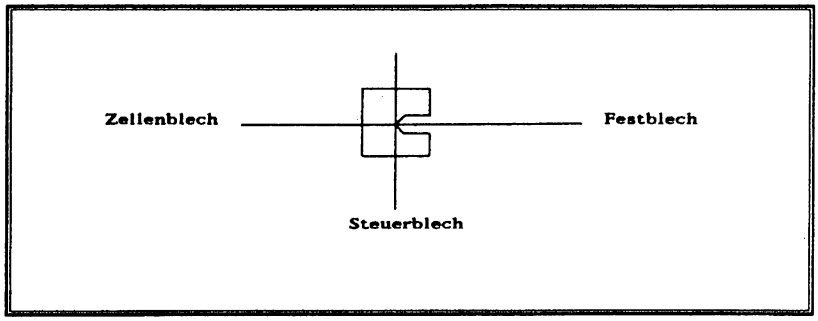


Bild 47 Schaltsymbol der Speicherzelle

Die Bewegungsabläufe während des Speichervorgangs sind Bild 48 zu entnehmen. Zur besseren Übersicht ist in dieser Abbildung das Festblech nur durch seine Schaltnase angedeutet. Die Steuerbleche werden bei einzuspeichernder Ziffer "0" nach rechts und bei Ziffer "L" nach links verschoben (a). Dann wird das Zellenblech nach oben verstellt (b). Daraufhin werden die Steuerbleche wieder zurück in ihre Grundstellung gebracht, so daß die Schaltnasen des Grundblechs und der steuernden Bleche einander genau gegenüber zu liegen kommen. Die Schaltstifte werden bei dieser Bewegung durch die Schaltnasen der Steuerbleche mitgenommen (c). Abschließend ist auch das Zellenblech wieder zurück in seine Grundstellung zu bringen(d). Steht der Schaltstift nach diesem gesamten Ablauf rechts neben der Schaltnase des Festbleches, so ist der Wert "L" abgespeichert, befindet er sich links von der Schaltnase, so stellt dies den Wert "0" dar.

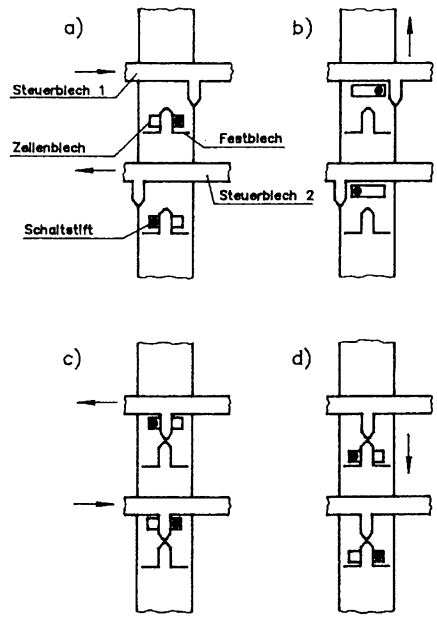


Bild 48 **Darstellung der Bewegungsabläufe während des Speichervorgangs. Die Festbleche sind in den Abbildungen der besseren Übersicht halber durch ihre Schaltnase angedeutet.** [32]

Die einzelnen Phasen während des Lesevorgangs in einer Speicherzelle sind in Bild 49 veranschaulicht. Der Schaltstift befindet sich im oberen Schaltglied links (Ziffer "0") und im unteren Schaltglied rechts (Ziffer "L ") neben der Schaltnase des Festblechs (a). Zunächst wird das Zellenblech wieder nach oben gezogen (b). Im folgender Arbeitstakt führt es daraufhin eine sogenannte Lesebewegung durch, wobei es im abgebildeten Fall nach links verschoben wird. Bei gespeicherter Ziffer "L" besteht über den Schaltstift eine Kopplung mit dem Steuerblech, welches beim Lesevorgang als bewegtes Blech dient. Bei eingespeicherter Ziffer "0" wird sowohl der Schaltstift als auch das Steuerblech nicht von der Lesebewegung des Zellenblechs beeinflußt (c). Über Schaltglieder, die an die steuernden Bleche angeschloßen sind, werden die ausgeführten Bewegungen verarbeitet (hier nicht abgebildet). Im letzten Arbeitsschritt wird das Zellenblech zurück in seine Arbeitsstellung gebracht.

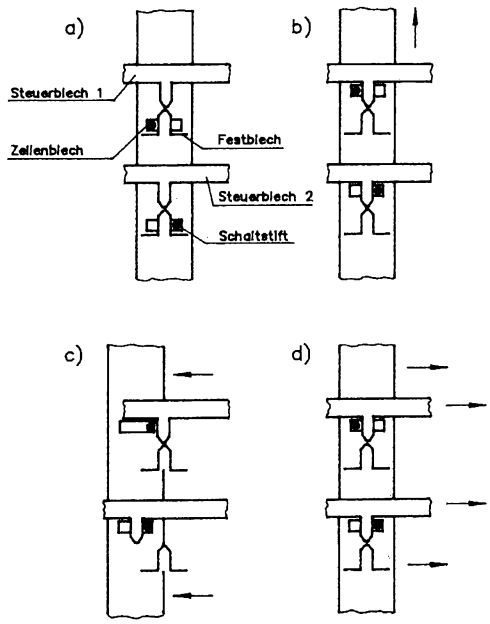


Bild 49 Darstellung der einzelnen Phasen während des Lesevorgangs in einer Speicherzelle. Die Grundbleche sind der besseren Übersicht halber nur durch ihre Schaltnasen angedeutet. [33]

7.2.4 Die mechanische Konjunktion

Die konjunktive Verbindung zweier oder mehrerer einfacher Schaltglieder ist als symbolische Schaltung in Bild 50 dargestellt.

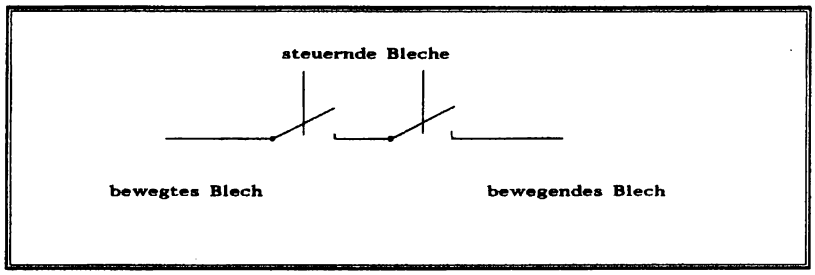


Bild 50 Symbolischer Schaltplan der konjunktiven Verknüpfung

Die mechanische Realisierung der in Bild 50 gezeigten Schaltung erfolgt über einfache Schaltglieder in Verbindung mit sogenannten "schwimmenden" Blechen. Diese Bleche dienen dem impulsübertragenden Schaltglied als bewegtes Blech, dem daran konjunktiv angeschlossenen Schaltglied hingegen als bewegendes Blech. Die Anordnung der Schaltelemente ist Bild 51 zu entnehmen. Es sind hier drei Schaltglieder konjunktiv verbunden. Die steuernden Bleche befinden sich alle in "0"- Stellung. Eine Impulsübertragung von dem bewegenden Blech auf das bewegte Blech ist jedoch nur dann möglich, wenn alle drei Steuerbleche in "L"-Lage gebracht werden. Betrachten wir beispielsweise die Kombination "00L" der Steuerbleche, so ist zu erkennen, daß das bewegende Blech in der Lage ist, seine Stellungsänderung auf das rechte schwimmende Blech zu übertragen. Dieses ist jedoch durch die "0"-Stellung des mittleren Schaltgliedes nicht mit dem links liegenden schwimmenden Blech gekoppelt und kann daher den Schaltimpuls nicht weiterleiten. Eine Schaltung des bewegten Bleches ist folglich nicht möglich.

Für die mechanische Realisierung der konjunktiven Verknüpfung ist, wie das aufgeführte Beispiel zeigt, zu beachten, daß die schwimmenden Bleche sowie das bewegende Blech ihren L- förmigen Ausschnitt in einer zum Festblech um 180° gedrehten Lage aufweisen.

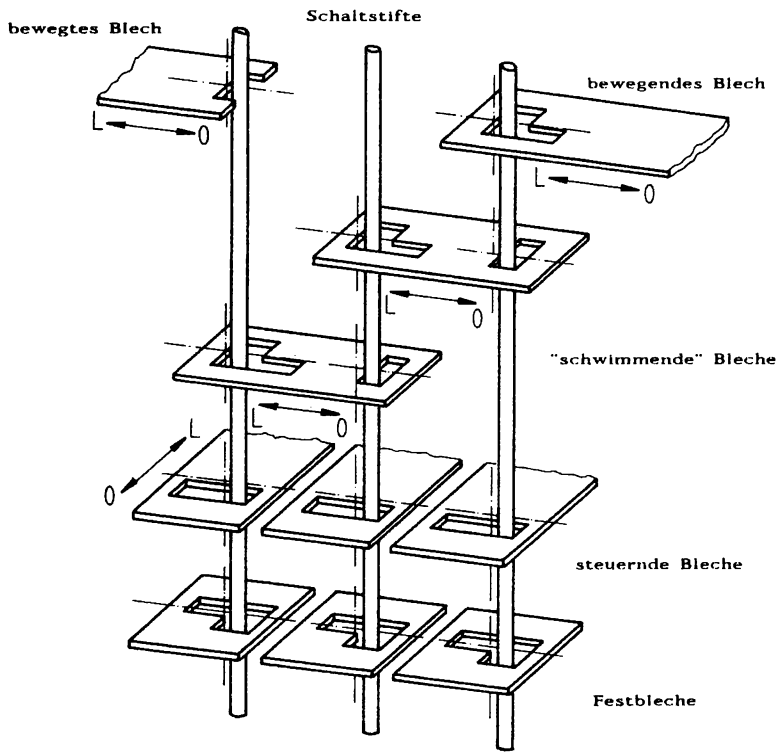


Bild 51 **Konjunktive Verknüpfung dreier einfacher Schaltglieder durch "schwimmende Bleche" (die Darstellung ist in der Höhe verzerrt).**

7.2.5 Die mechanische Disjunktion

Die mechanische Ausführung einer disjunktiven Verküpfung ist mit dem bereits dargestellten einfachen Schaltgliedtyp auf verschiedenen Wegen möglich. Der grundsätzliche Aufbau einer solchen Schaltung sei anhand des Beispiels in Bild 52 erläutert. Hier ist es zunächst wichtig, daß das Grundblech in keiner Richtung sperrend wirkt, d.h. es besitzt keine L-förmigen, sondern quadratische Ausschnitte. Die beiden disjunktiv verknüpften Schaltzellen befinden sich zu Beginn in ihrer "0"-Stellung. Das bewegte Blech soll dann und nur dann durch das bewegende Blech in "L"-Stellung gebracht werden, wenn sich wenigstens eines der beiden steuernden Bleche in "L"-Stellung befindet. In der abgebildeten Position führt das bewegende Blech beim Übergang in "L"-Stellung einen Leerhub aus, da die Schaltstifte nicht an den Schaltkanten anliegen und somit nicht bewegt werden können. Wird eines der steuernden Bleche in "L"-Stellung geschaltet, so sind das bewegende und das bewegte Blech über die Schaltstifte miteinander gekoppelt. Durch die längsförmigen Ausschnitte in dem bewegten Blech ist eine zwangsweise Kopplung der beiden Schaltglieder gewährleistet, selbst wenn nur eines der beiden Steuerbleche auf "L" steht. Das Schaltsymbol für die disjunktive Verknüpfung ist in Bild 53 enthalten.

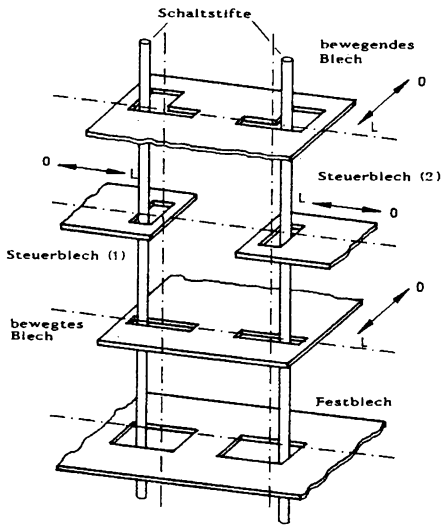


Bild 52 **Explosionsdarstellung der disjunktiven Verknüpfung zweier Schaltglieder**

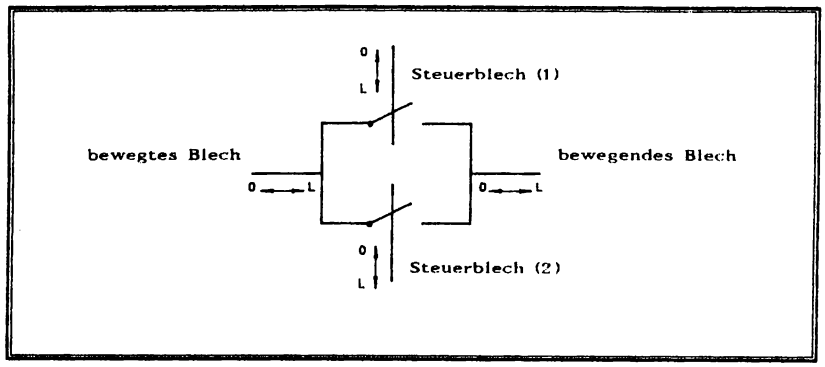


Bild 53 **Schaltsymbol für die disjunktive Verknüpfung zweier Schaltglieder**

7.2.6 Die mechanische Disvalenz

Die mechanische Disvalenz arbeitet ähnlich wie die Konjunktion mit Hilfe von sogenannten "schwimmenden Blechen". Bild 54 zeigt die disvalente Verknüpfung zweier Schaltglieder in einer Explosionszeichnung. Das zugehörige Schaltsymbol ist in Bild 55 dargestellt. Das bewegte Blech soll dann und nur dann durch das bewegende Blech in seine "L"-Stellung befördert weden, wenn die beiden steuernden Bleche sich in entgegengesetzter Lage befinden. Um diese Bedingung zu erfüllen, sind zwei "schwimmende" Bleche erforderlich. Die Lage der L-förmigen Ausschnitte in diesen Blechen sind gegeneinander gespiegelt. In Bild 54 befinden sich beide Steuerbleche in Mittelstellung. Wird das linke Steuerblech in seine "L"-Lage gebracht und das rechte Steuerblech in "0"-Lage, so erfolgt das Schalten des bewegten Bleches über das untere "schwimmende" Blech. Es dient dem linken Schaltglied als bewegtes Blech, dem rechten hingegen als bewegendes Blech. Das obere schwimmende Blech gibt für diesen Fall in beiden Schaltgliedern den Schaltstift frei. Steht das linke Steuerblech auf "0" und das rechte auf "L", so erfolgt die Kopplung der beiden Schaltglieder über das obere "schwimmende" Blech. Das untere "schwimmende" Blech gibt beide Schaltstifte frei. In den Schaltstellungen "0,0" und "L,L" ist keine Impulsübertragung auf das bewegte Blech möglich.

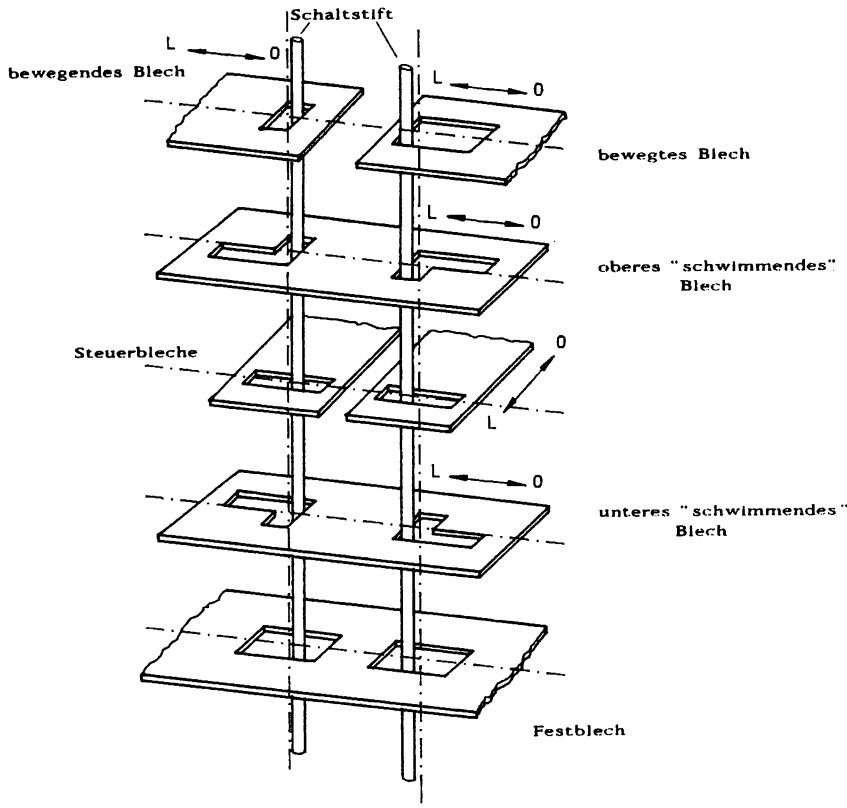


Bild 54 Explosionsdarstellung der disvalenten Verknüpfung mechanischer Schaltglieder

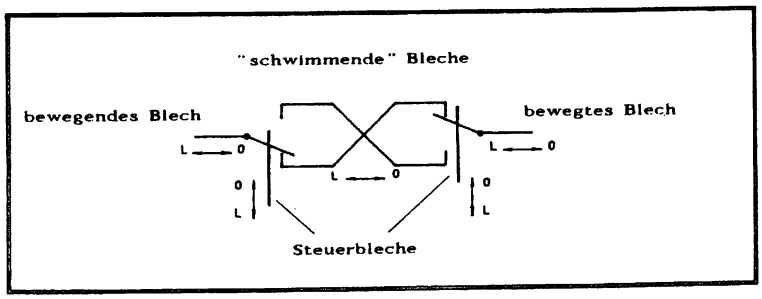


Bild 55 Schaltsymbol der mechanischen Disvalenz

8 Funktionsbeschreibung der Baugruppen aus dem Speicherwerk der Z1

Das mechanische Speicherwerk der Z1 baut sich aus folgenden Grundsegmenten auf:

- mechanischer Antrieb
- Impulsgeber
- Programmstreifenlocher
- Lochstreifenleser
- Planwerk (Block 11b)
- Wählwerk (Block 11a)
- Speicherblöcke (10a, 10b und 10c)
- Speichersteuerung (Blöcke 12a, 12b und 12c)

Die aufgeführten Blöcke werden von einem Stahlrahmen getragen, der auf Rollen gelagert ist. Das gesamte Speicherwerk steht auf Stahlschienen. Es kann somit leicht vom Rechenwerk getrennt und separat montiert und geprüft werden. Die einzelnen Funktionseinheiten sind so konzipiert, daß sie jederzeit getrennt abnehmbar sind. Bild 56 stellt die räumliche Anordnung der Segmente schematisch dar.

In der Vorderansicht des gesamten Speicherwerks (Bild 57a und 57b) ist der schichtförmige Aufbau der Anlage zu erkennen. Zwischen oberer und unterer Platte erfolgt die Impulsübertragung auf drei Niveaus (N1-N3). Über sogenannte Impulshebel findet die Übertragung der Bewegungen des Impulsgebers auf die verschiedenen Schaltschichten statt. Diese sind auf der oberen Platte aufgebaut und haben je nach Funktion etwa 3-9 mm Höhe pro Schicht.

Der Antrieb der Rechenmaschine erfolgt mittels eines 220V-Wechselstrommotors mit 250 W. Über ein Getriebe ist dieser an den Impulsgeber gekoppelt. Die Verbindung ist so konstruiert, daß der Antrieb wahlweise manuell (Handkurbel) oder über den Motor erfolgen kann. Der Impulsgeber sorgt für die Zerlegung eines Arbeitsspiels (eine Umdrehung der Handkurbel) in vier Arbeitstakte (= Arbeitsschritte). Je nach Art und Reihenfolge der auszuführenden Operationen werden die Schaltgliedgruppen über Impulshebel an die entsprechenden Arbeitsschritte (I—IV) angeschlossen.

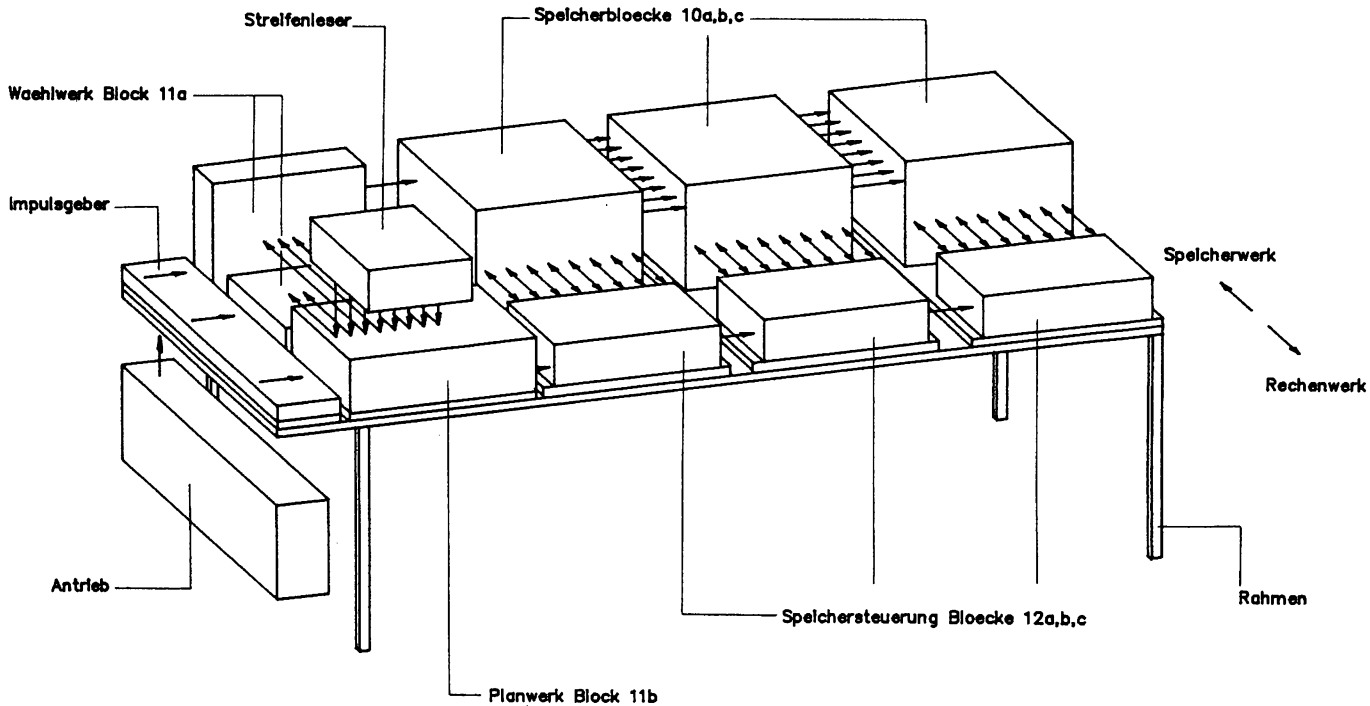


Bild 56 Symbolische Übersichtsskizze der räumlichen Anordnung der einzelnen Funktionsblöcke der Z1 (die Pfeile geben die Richtung des Informationsflußes an)

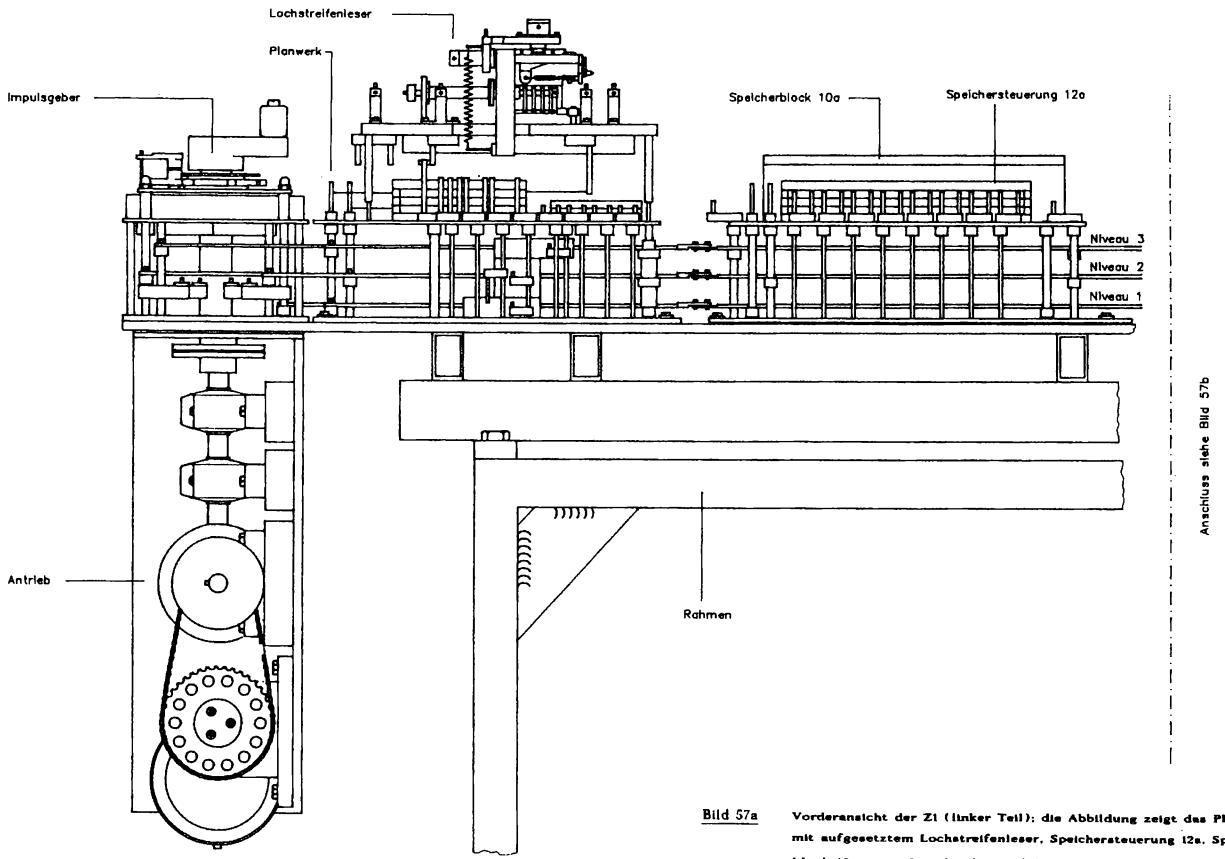


Bild 57a Vorderansicht der Z1 (linker Teil); die Abbildung zeigt das Planwerk mit aufgesetztem Lochstreifenleser, Speichersteuerung 12a, Speicherblock 10a sowie Impulsgeber und Antrieb (Anschlußzeichnung siehe Seite 67)

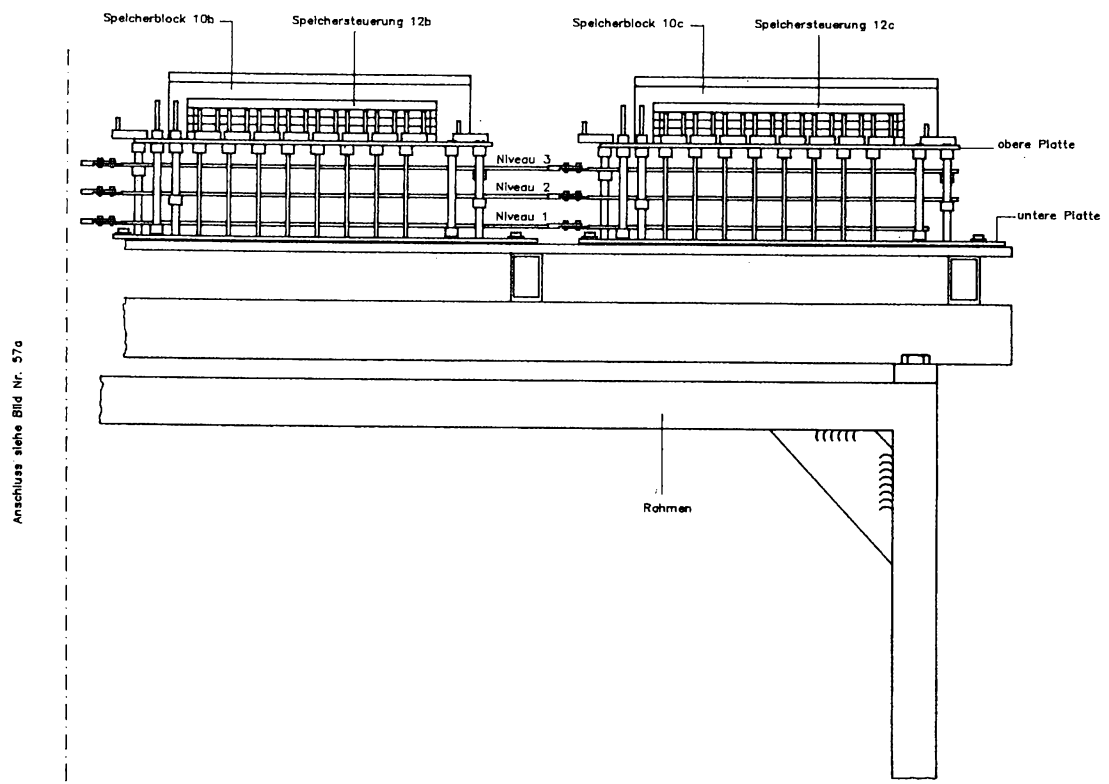


Bild 57b Vorderansicht der Z1 (Anschlußzeichnung des Bildes 57a); die Abbildung zeigt die Speichersteuerblöcke 12b und 12c sowie die Speicherblöcke 10b und 10c

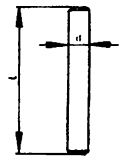
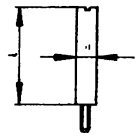
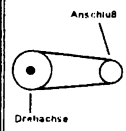
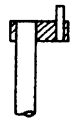
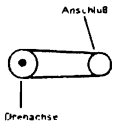
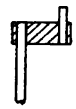
Symbol	Bezeichnung	mechanische Realisierung	Erläuterungen
	Orientierungsstift		Dieser Stift durchstößt den gesamten Funktionsblock und garantiert die exakte Lage der Schaltglieder. Die Länge l ist variabel, der Durchmesser d beträgt 4mm.
	Führungsstift		Durch Führungsstifte wird die Bewegungsachse der Schaltbleche festgelegt. Sie werden mit dem M4 Gewinde in die Grundplatte eingeschraubt. Die Länge l ist der Höhe der Schaltschichten angepasst, d beträgt 6mm.
	Impulshebel		Der Impulshebel dient zur Bewegungsübertragung vom Impulsgeber auf das Schaltblech (siehe auch Kapitel 8.3). Durchmesser der Drehachse = 8mm Durchmesser des Anschlusses = 5mm
	Bewegungshebel		Dieser Hebel dient zur Bewegungsübertragung zwischen den einzelnen Schaltschichten (siehe auch Kapitel 8.3). Durchmesser der Drehachse = 5mm Durchmesser des Anschlusses = 5mm
	Bewegungspfeil		Der Bewegungspfeil gibt die Bewegungsrichtung eines Schaltbleches an.
	Wirkungspfeil		Der Wirkungspfeil gibt an, welches Blech von einer bestimmten Schaltbewegung beeinflußt wird.

Bild 59a **Erklärung der in den Impulsverteilungszeichnungen und den Symbolschaltplänen verwendeten Symbolik**

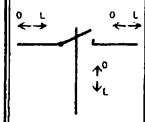
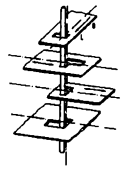
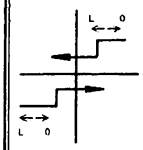
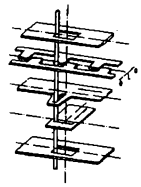
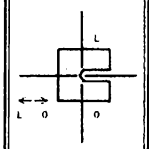
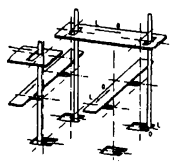
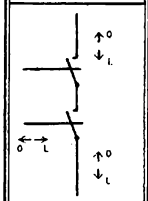
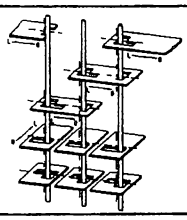
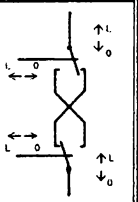
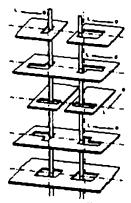
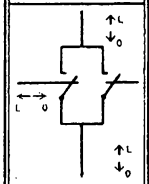
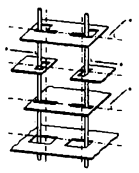
Symbol	Bezeichnung	mechanische Realisierung	Erläuterungen
	einfaches Schaltglied		Übertragung einer Ja/Nein-Information (siehe auch Kapitel 7.2.1)
	Verteiler-schaltglied		Verteilen, Umlenken oder Verzögern eines Schaltimpulses (siehe auch Kapitel 7.2.2)
	Speicher-schaltglied		Speicherung eines binären Zustands (1 Bit) (siehe auch Kapitel 7.2.3)
	mechanische Konjunktion		UND-Verknüpfung von mechanischen Schaltgliedern (siehe auch Kapitel 7.2.4)
	mechanische Disvalenz		Eine Impulsweitergabe ist nur bei entgegengesetzter Stellung der Schaltglieder möglich. (siehe auch Kapitel 7.2.6)
	mechanische Disjunktion		ODER-Verknüpfung mechanischer Schaltglieder (siehe auch Kapitel 7.2.5)

Bild 59b **Fortsetzung der Symbolerläuterungen in Bild 59a**

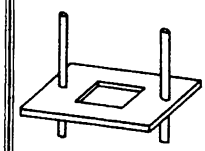
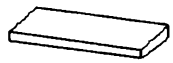
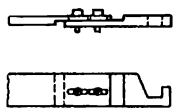
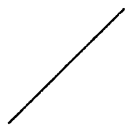
Symbol	Bezeichnung	mechanische Realisierung	Erläuterungen
	Festblech		Schaltblech, welches mit seinen Ausschnitten die Bewegungsrichtungen des Schaltstiftes begrenzt
	Impulsstange		Verbindungselement vom Impulsgeber zu den einzelnen Funktionsblöcken
	Impulsstangen-verbindung		Meist werden die Impulsstangen an den Verbindungsstellen zu benachbarten Funktionsblöcken zur besseren Trennbarkeit unterbrochen. Die Verbindung ist über zwei Schrauben justierbar.
	S1, S2, S3 ..... R1, R2, R3 ..... L1, L2, L3		Impulshebel im Speicherwerk Impulshebel im Rechenwerk Impulshebel im Lochstreifenleser
	N1, N2, N3		Bezeichnung der drei Impulsübertragungsniveaus
	I , II , III , IV		Bezeichnung der vier Arbeitstakte

Bild 59c **Fortsetzung der Symbolerläuterungen in Bild 59b**

Die Symbolschaltpläne weisen eine ähnliche Gestaltung wie elektrische Schaltpläne auf. Hier sind Wirkungsweise und Verknüpfung der Schaltglieder einer Schaltschicht erfaßt. Die Teilenummern der zugehörigen Schaltbleche sind an den entsprechenden Symbolen vermerkt. Weiterhin sind die Anschlüsse an die Impulshebel gekennzeichnet. In den Impulsverteilungszeichnungen befinden sich die Impulsstangen mit ihren Anschlüssen. Sie zeigen die Ankopplung der Funktionsblöcke an den Impulsgeber.

Eine komprimierte Darstellung der gesamten Abläufe im Speicherwerk sei zunächst mit Hilfe der Ablaufpläne in den Bildern 60a–c gegeben. Für jeden Arbeitsblock sind hier die Impulsfolgen während eines Arbeitszyklus (= 8 Arbeitstakte) graphisch dargestellt. In den vier Spalten finden sich die Bezeichnungen der jeweiligen Blöcke und Impulse, die Taktangaben mit zugehöriger Bewegungsrichtung der Impulshebel sowie kurze Erläuterungen zu den beschriebenen Vorgängen. Die ansteigenden Flanken in den Diagrammen zeigen den Übergang eines Impulshebels in seine Arbeitsstellung. Die abfallende Flanke bezeichnet die Rückbewegung in den Ruhezustand. Die Markierungen durch ein Kreuz stehen für die Bewegung eines Zwillingshebels (siehe 8.3); hier werden beide Ausschläge des Impulshebels (Hin- und Rückbewegung) als Arbeitsbewegung benötigt.

Ablaufdiagramm Speicherblöcke 10a – 10c				1. Spiel				2. Spiel			
Impuls	Takt	Block	Erläuterungen	I	II	III	IV	I	II	III	IV
S3	III →	11a,10	Schicht wählen (cs)								
S4	II ←	11a	Löschen cs								
S6	IV ↑↓	10	Schicht einstellen								
S7	II ←	11a,10	Speichern (cb ziehen)								
S8	I ←	11a,10	Lesen (cb ziehen)								
S2	IV →	11a	Löschen cb								
(S7)	II ←	10	Speichern (cb' ziehen)								
(S8)	I ←	10	Lesen (cb' ziehen)								
S9	IV →	10	Löschen cb								
S11	III ↕	10,12	Ausrichten ca''								
S14	I ↕	10,12	ca'' spreizen								
			Speichern ca''								
S10	II ↑	10,12	Lesen ca''								

Bild 60a **Graphische Darstellung der Impulsfolge in den Speicherblöcken 10a-10c**

Ablaufdiagramm Wählwerk Block 11a				1. Spiel				2. Spiel			
Impuls	Takt	Block	Erläuterungen	I	II	III	IV	I	II	III	IV
(L2)	I → ←	11b	Befehl Streifenleser auf pa								
S1	II ↑ ↓	11a,11b	Adresse einstellen auf pb								
S2	III →	11a	Zelle vorwählen cw								
	III →	11a	Information von cw auf cw'								
S4 (S7)	II ←	11a	Löschen cw'								
S5	IV ↑ ↓	11a	Einstellen cw''								
S7	II ←	11a	Speichern (cb ziehen)								
S8	I ←	11a	Lesen (cb ziehen)								
S2	III →	11a	Löschen cb								
S3	III →	11a	Schicht wählen cs								
S4	II ←	11a	Löschen cs								
S6	IV ↓ ↑	10	Schicht einstellen								

Bild 60b **Graphische Darstellung der Impulsfolge im Wählwerk (Block 11a)**

Ablaufdiagramm Speichersteuerung Block 12a–c				1. Spiel				2. Spiel			
Impuls	Takt	Block	Erläuterungen	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Speichern S13	III ↑	12,R	Werte aus Rechenwerk auf ca								
	IV ⇄	12	Einstellen der Hebel cc								
S14	I ↕	10,12	Zahlen auf ca''								
S11	III ↕	10,12	Ausrichten der Hebel ca''								
Lesen S10	II ↑	12	Lesebewegung, Zahlen auf ca''								
S11'	IV ↓	12	Löschung in Schaltschicht 2								
S15	III ←	12	Zahlen auf ca								
S16	II →	12	Löschen ca								
S13'	IV →	12	Löschen cc								

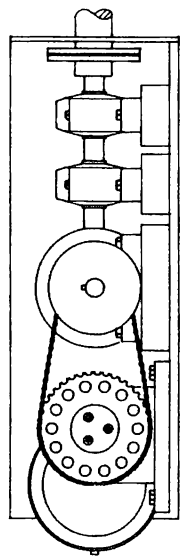
Bild 60e **Graphische Darstellung der Impulsfolge in der Speichersteuerung (Blöcke 12a-12c)**

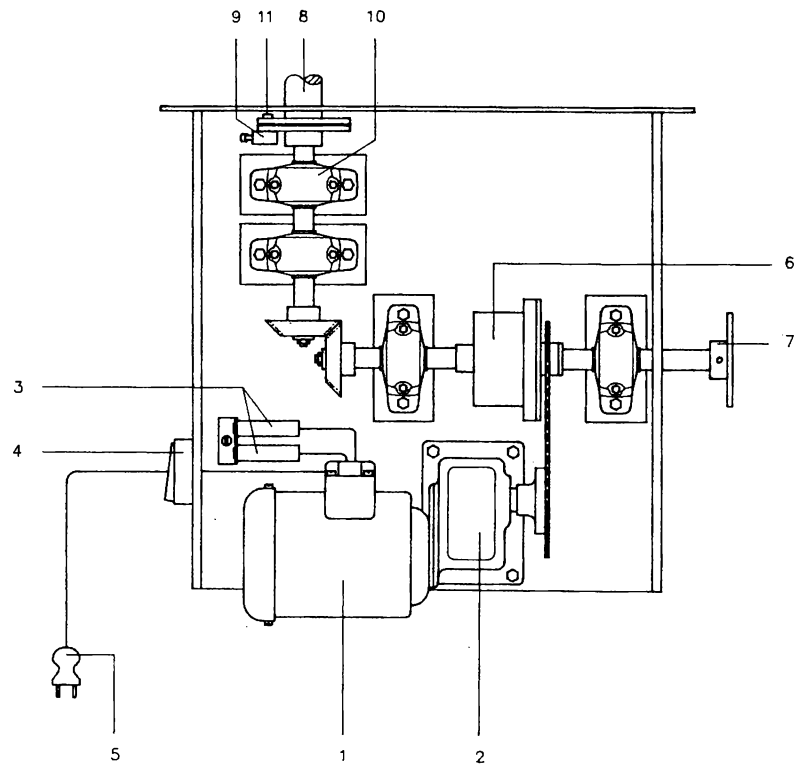
8.1 Der elektromechanische Antrieb

Die gesamte Antriebseinheit ist seitlich am Speicherwerk unterhalb des Impulsgebers angebracht (Bild 57a). Der Antrieb dient für beide Hauptgruppen (Speicherwerk und Rechenwerk). Der Aufbau des Antriebs ist Bild 61 zu entnehmen. Die Seitenansicht von rechts ist bei entferntem Seitenblech gezeichnet. Während des Betriebes wird zum Schutz vor rotierenden Teilen eine Plexiglasabdeckung an der Frontseite angeschraubt. Um bei ausgeschaltetem Motor noch den Handbetrieb zu gewährleisten, ist der Freilauf (Pos. 6, Bild 61) zwischengeschaltet. Da der automatische Freilauf für den Handbetrieb zuviel Reibung aufweist, wurde nachträglich der Ankopplungsmechanismus (Pos. 9) installiert. Dieser wird durch Lösen der M6-Schraube seitlich herausgeklappt, wodurch der Mitnehmerbolzen (Pos. 11) sich nicht mehr im Eingriff befindet und es zu einer völligen Entkopplung von Impulsgeber und Antrieb kommt. Die Motordrehzahl wird durch ein Vorgelege (Pos. 2) stark untersetzt (i=95). Eine Korrektur auf eine höhere Drehzahl erfolgt über den Kettenantrieb ($i=1/1{,}\overline{55}$), so daß die eigentliche Antriebsdrehzahl der Impulsgeber 47 min^{-1} (0,78 Hz) beträgt. Es ergibt sich hieraus folgende Taktfrequenz: f=0,195 Hz. Nachfolgend sind ergänzend die Kenndaten von Motor und Kondensatoren aufgeführt:

Motor:
Hersteller: Groschopp & Co
Nr. 7753498 0532500
3~ Mot. MOM 100-70
Y/Δ380/220 V 0,8/1,4 A
250 W cos φ= 0,7
1~Mot. C 25 µF U_c= 240 V
Δ 220 V 1,45 A
180 W cos φ= 0,96
2850 min^{-1} 50 Hz

Kondensator:
Hersteller: Bosch
12 µF ± 10%
240 V~ DB/HPFNT
260 V~ DB/HSFNT
340 V~ AB 10% ED/SD 2h/HSFPU





1.....Wechselstrommotor 220 V, 250 W
2.....Untersetzungsgetriebe (i=95)
3.....Kondensatoren
4.....EIN/AUS-Schalter für den Antriebsmotor
5.....Netzstecker 220 V
6.....Freilauf
7.....Anschlußscheibe für den Impulsgeber des Rechenwerks
8.....Anschlußwelle für den Impulsgeber des Speicherwerks
9.....Ankopplungsmechanismus
10.....Lagerböcke (FAG Typ: SNE 507)
11.....Mitnehmerbolzen

Bild 61 Der elektromechanische Antrieb der Z1

8.2 Der Impulsgeber des Speicherwerks

Der Impulsgeber liefert die für das Speicherwerk erforderlichen Takte. Diese Takte (Impulse) werden von einer exzentrisch ausgefrästen Kurvenscheibe (Pos. 1) erzeugt. Vier symmetrisch angeordnete Abtasthebel (Pos. 3) sind über Nadellager (Pos. 4) in der Fräsnut geführt. Der Exzenter wurde so gewählt, daß jeweils am Ende eines Taktes unmittelbar der nächste Takt erfolgt. In Bild 62 ist eine solche Übergangsstellung zweier Takte zu sehen (Takt IV »» Takt 1). Bei einer Umdrehung der Kurvenscheibe wird jeder Abtasthebel einmal durch den Exzenter nach außen, d.h. in Arbeitsrichtung (stets mit Pfeil gekennzeichnet) gebracht. Auf diese Weise werden die vier Hauptimpulsstangen (Pos. 5) nacheinander in Arbeitsstellung geschoben und fallen sofort wieder in Ruhestellung zurück; die Hauptimpulshebel stehen dann rechtwinklig zu den Hauptimpulsstangen. Diese Stangen liegen, wie in der Vorderansicht zu sehen, auf gleicher Höhe etwas unterhalb von Niveau 2 (N2). Die Hauptimpulshebel (Pos. 6) sind von ihrem Drehpunkt (schwarz ausgezeichnter Kreis) bis zum Eingriffsstift 45mm lang. Die Abtasthebel, die über eine Achse fest mit den Hauptimpulshebeln verbunden sind, weisen eine Hebellänge von 60 mm auf. Durch diese Hebeldifferenz wird der Hub von 16 mm (durch den Exzenter erzeugt) auf 12 mm untersetzt. Die Impulshebel (Pos. 7) haben konstante Hebellängen von 45 mm, wodurch die Impulsstangen (S1.....S19) jeweils einen Hub von 12 mm ausführen. Dieser Hub wird an den Anschlußstellen zu den Schaltgliedern auf 8 mm untersetzt. Die Impulsstangen sind, je nachdem wie die angeschlossenen Blöcke es verlangen, auf drei verschiedene Höhenniveaus (N1, N2, N3) verteilt. Diese Niveaus sind in der gesamten Maschine gleich, damit die Verbindungsstellen der einzelnen Blöcke ineinandergreifen. Die Impulsstangen sind in der Richtung ihres Hubes verstellbar (Pos 11), somit ist der Hub in seiner Lage, jedoch nicht in seiner Größe einstellbar! Da die Hauptimpulsstangen gleich mehrere Impulshebel antreiben, sind sie in ihrer Führung überbestimmt; das heißt, sie sind an mehr als zwei Punkten geführt. Jeder zusätzliche Führungspunkt (Anschluß von Impulshebeln an eine Hauptimpulsstange) verursacht bei geringstem Versatz seiner "Sollposition" Biegespannungen in den Hauptimpulsstangen. Diese Spannungen würden insbesondere im Handantrieb einen unnötigen Mehraufwand an Antriebsleistung bedeuten. Um diese Biegespannungen auszugleichen, sind in den Hauptimpulsstangen sogenannte "Verjüngungen" eingearbeitet, die den Ausgleich der Überbestimmung realisieren. In der Draufsicht ist die obere Platte (Pos. 8) demontiert, wodurch auch die Fixierbolzen (Pos. 10) (ausführlich in Kap. 8.3 beschrieben) deutlich zu sehen sind.

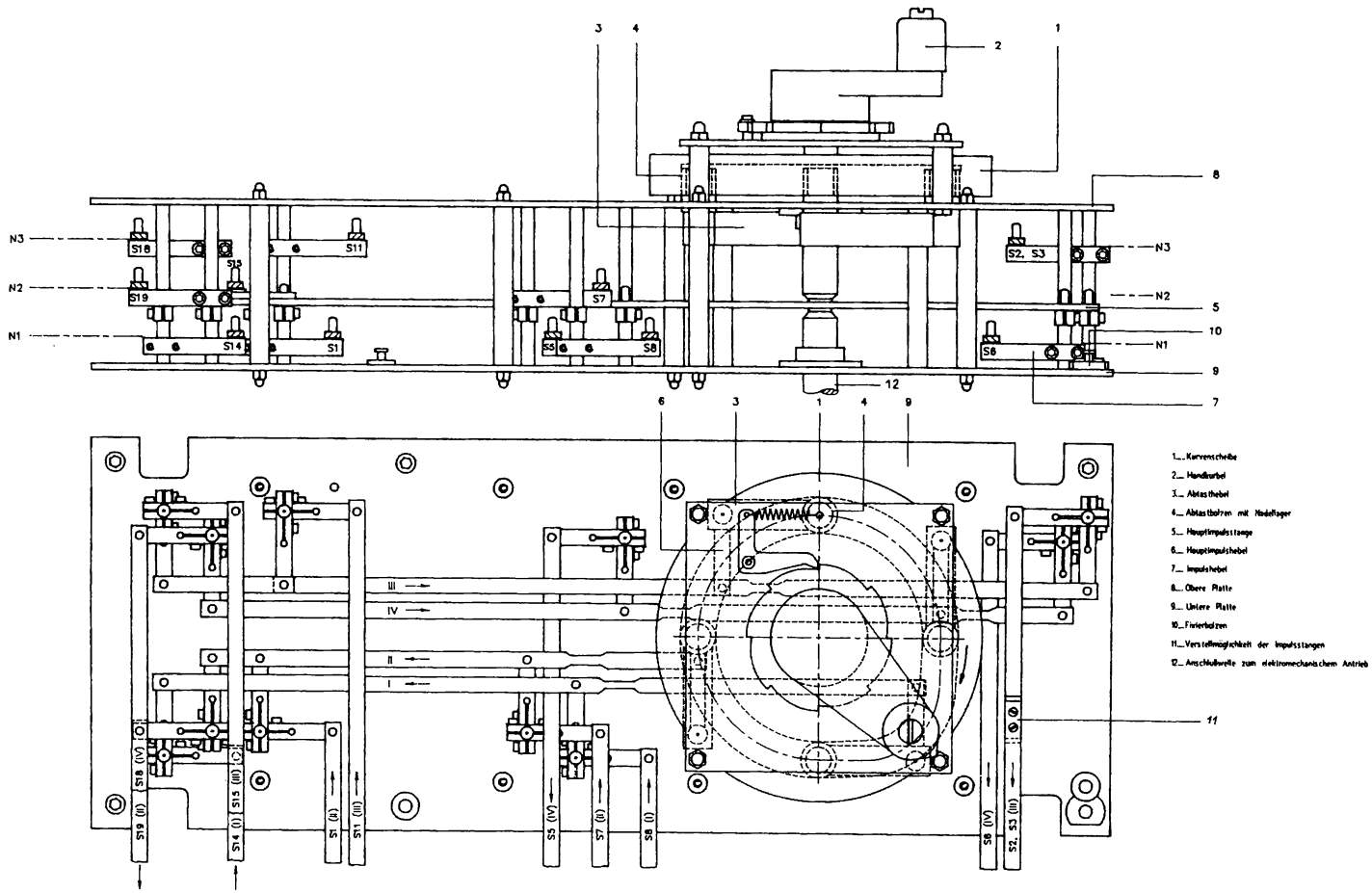


Bild 62 Impulsgeber des Speicherwerks

8.3 Konstruktionsprinzipien der mechanischen Schaltgliedtechnik

Die gesamte Konstruktion der Funktionsgruppen sowie der Einzelteile der Z1 orientiert sich an einem Raster von 15x15mm. Das bedeutet, daß jedes Schaltglied und alle Führungs- und Orientierungsstifte, soweit technisch realisierbar, auf einem fiktiven Rasterpunkt liegen. Dies trägt wesentlich zur Vereinfachung der Erstellung der Konstruktionspläne bei und ermöglicht das einwandfreie Zusammenspiel der einzelnen Arbeitsblöcke. Die exakte Lage der Schaltgliedschichten wird durch sogenannte Orientierungsstifte (ø 6mm) gewährleistet. Sie durchstoßen an definierten Stellen einen gesamten Funktionsblock einschließlich der Impulsübertragungsniveaus.

8.3.1 Aufbau der Schaltschichten

Der prinzipielle Aufbau einer Schaltschicht ist in Bild 63 dargestellt. Zunächst wird eine 10mm dicke Aluminium-Grundplatte auf die obere Platte aufgesetzt und verschraubt. Durch die eingangs erwähnten Orientierungsstifte ist sie genau justiert. In dieser Platte befinden sich M4-Gewindebohrungen zur Aufnahme der Gewinde- und Führungsstifte. Da der Schaltstift aus Stahl auf der weichen Aluminiumplatte Schleifspuren hinterlassen würde, befindet sich direkt auf der Grundplatte ein 1mm dickes Grundblech, auf dem der Schaltstift gleitet. Dieses dient gleichzeitig als Abdeckblech einer Schaltschicht, sofern sich eine weitere Schaltschicht anschließt. Ist dies nicht der Fall, so wird als Abdeckung eine 6-10mm dicke Plexiglasplatte aufgeschraubt. Grundblech oder Abschlußplatte liegen, wie in Bild 63 zu sehen, nicht direkt auf den Schaltblechen, sondern auf Distanzhülsen auf. Diese Hülsen werden auf Gewindestifte aufgesetzt und sind 0,2mm höher als die Schaltstifte. Außer als Sockelfunktion für höherliegende Schaltschichten dienen sie zusätzlich der Führung von Schaltblechen und zur Festlegung der Höhe einer Schaltschicht.Als Schaltstifte werden Wälzkörper aus Zylinderrollenlagern verwendet.

A – J

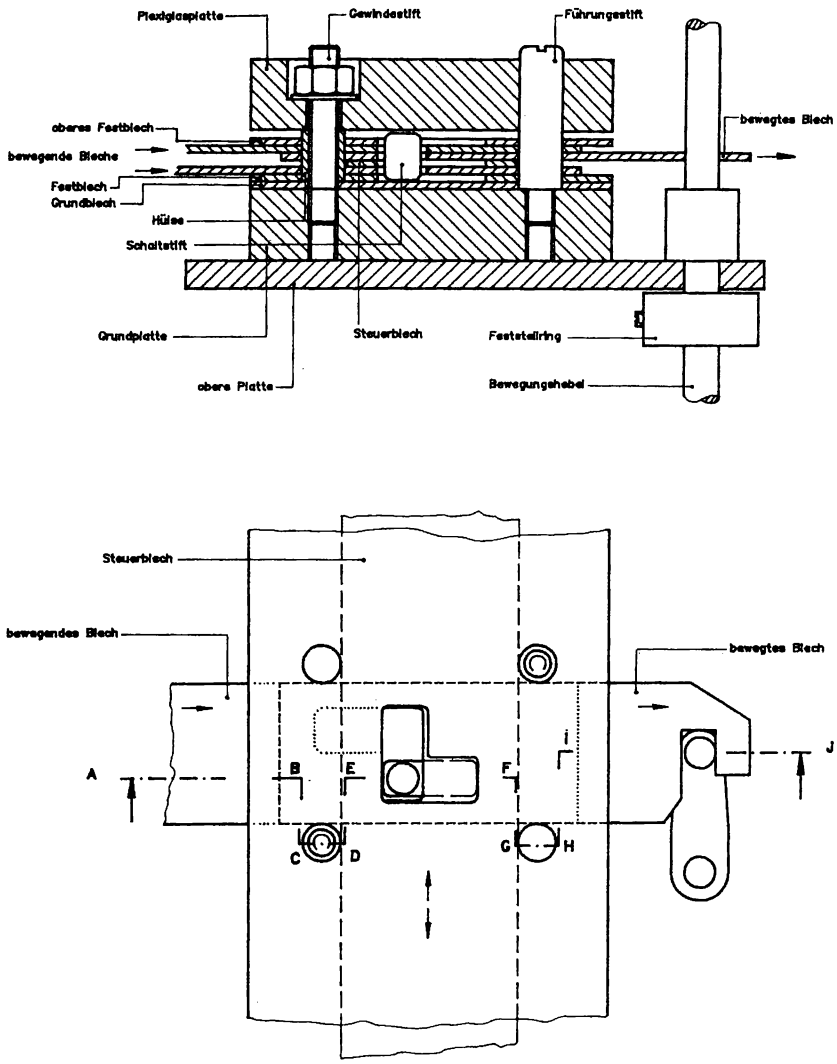
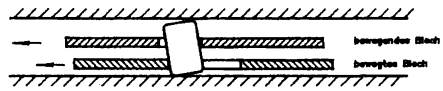
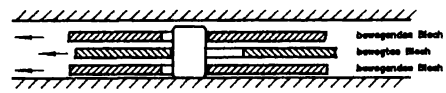


Bild 63 Beispiel für den konstruktiven Aufbau einer Schaltschicht in Vorderansicht und Draufsicht bei abgenommener Plexiglasplatte

Die in der Regel aus 0,5mm dickem Chrom-Vanadium-Stahl gefertigten Schaltbleche liegen lose aufeinander und sind meist in folgendem Rythmus geschichtet: Grundblech, Festblech, bewegendes Blech, bewegtes Blech, Steuerblech, bewegendes Blech und oberes Festblech. Bewegende Bleche und Festbleche liegen doppelt, um ein Kippen des Schaltstiftes zu vermeiden. Dies würde zu ungünstigen Bewegungsverzögerungen, zu einer Verkürzung des Hubes oder zur Kollision des Schaltstiftes mit der oberen Abdeckung der Schaltschicht führen (Bild 64).



FALSCH: durch das aussermittige Angreifen der bewegenden Kraft besteht die Gefahr des Kippens für den Schaltstift



RICHTIG: bei doppelter Lage der bewegenden Bleche wird ein Kippen des Schaltstiftes vermieden

Bild 64 **Anordnung der Schaltbleche zur Vermeidung einer Kippbewegung des Schaltstiftes**

Bei der Konstruktion der Schaltbleche ist besonders darauf zu achten, daß eine saubere Führung jedes einzelnen Bleches gewährleistet ist. Hierzu dienen die schon erwähnten Führungsstifte und die auf die Gewindestifte aufgesetzten Hülsen. Beide weisen einen Außendurchmesser von 6mm auf. Da die Impulshebel und damit auch die angeschlossenen Schaltbleche eine leichte Drehbewegung ausführen, ist ebenso die Gefahr einer überbestimmten Führung zu berücksichtigen,

die das Verkanten des Schaltbleches zur Folge hätte. Das Blech darf daher nicht in mehr als zwei Punkten geführt werden. Die beiden Beispiele in Bild 65 geben verschiedene Führungsmöglichkeiten an.

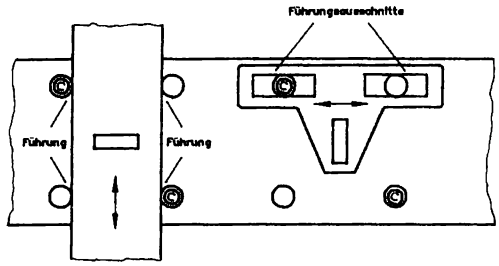
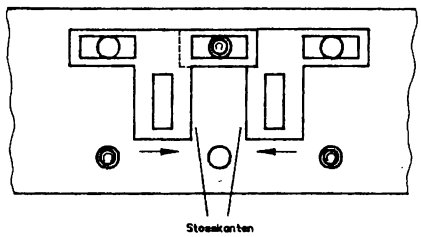
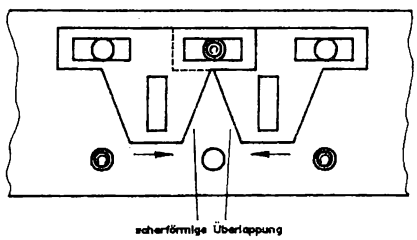


Bild 65
Möglichkeiten zur Führung von Schaltblechen über Führungsstifte und Hülsen

Da die unterschiedlichen Schaltbleche häufig eine gegenläufige Arbeitsrichtung aufweisen, ist bei der Formgebung besonders zu beachten, daß diese sich nicht gegenseitig in ihrer Bewegung behindern. Die Stoßgefahr wird durch scherförmiges Überlappen der Bleche vermieden (siehe Bild 66).



FALSCH:
bei rechwinkligem Aufeinanderstossen zweier gerader Kanten besteht die Gefahr der gegenseitigen Behinderung der Schaltbleche



RICHTIG:
durch scherförmiges Überlappen der Schaltbleche wird eine Stossbehinderung vermieden

Bild 66 **Beispiel einer konstruktiven Maßnahme zur Vermeidung von Stoßstellen**

8.3.2 Bewegungs- und Impulsübertragungshebel

Die Bewegungs- und Impulsübertragungshebel liegen in drei Grundformen vor (Bild 67). Die Sonderform des Winkelhebels wird zur 90°-Umlenkung eines Impulses verwendet. Der Zwillingshebel dient in der Regel als Anschluß für Verteilerschaltglieder.

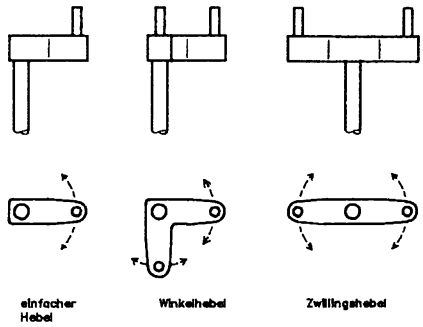


Bild 67 Grundtypen von Bewegungs- und Impulsübertragungshebeln

Impulsübertragungshebel dienen zur Weitergabe der Schaltimpulse des Impulsgebers auf die einzelnen Schaltglieder. Die konstruktive Auslegung ist in Bild 68 dargestellt. Die Auslenkung dieses Hebels ist auf ± 4mm beschränkt. Eine Justiermöglichkeit des Hubes besteht über den abgebildeten Klemmhebel, an dem auch die Impulsstange eingehangen ist. Die Lagerung erfolgt über Paßbohrungen in der oberen und der unteren Platte. Zur Sicherung gegen vertikales Verschieben ist unter der oberen Platte ein Feststellring auf den Impulshebel geschraubt. Die Drehachse (ø 8mm) ist in eine entsprechende Bohrung des oberen Anschlußhebels eingepresst. Zur Sicherung gegen Verdrehen ist diese Verbindung zusätzlich verstiftet. Der Anschlußstift ist ebenfalls eingepreßt. In seiner Länge ist er der Höhe der jeweiligen Schaltschicht angepaßt.

Der Bewegungshebel ist ähnlich aufgebaut wie der Impulsübertragungshebel. Es fehlt hier lediglich der Klemmhebel zum Anschluß an den Impulsgeber. Die Aufgabe dieses Hebels ist die Übertragung von Bewegungen zwischen den einzelnen Schaltgliedern. Die Drehachse ist, da sie nur geringe Kräfte zu übertragen hat, etwas schwächer dimensioniert als die des Impulshebels. Die Lagerung erfolgt ebenfalls in Paßbohrungen der oberen und der unteren Platte.

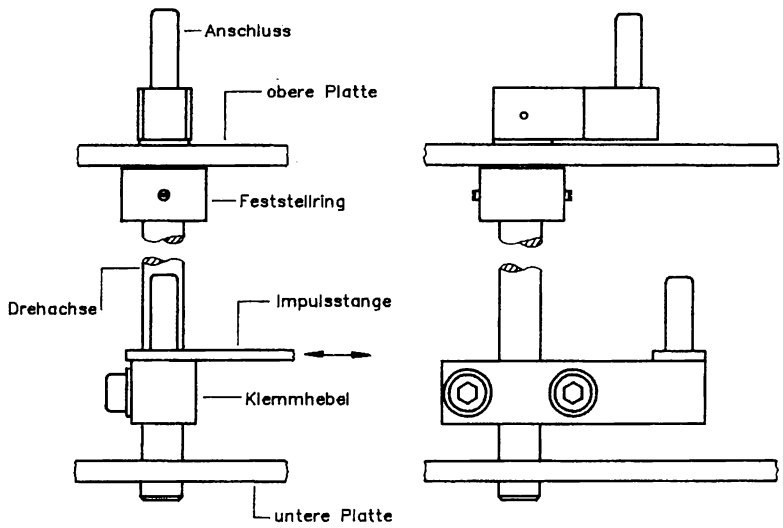


Bild 68 Konstruktive Auslegung des Impulsübertragungshebels (die Übertragung der Impulse erfolgt in drei übereinanderliegenden Niveaus, wovon hier nur das unterste dargestellt ist)

8.3.3 Fixierung der Funktionsblöcke auf dem Rahmen

Das Fixieren der Funktionsblöcke auf dem Rahmen erfolgt über drei Spezialbolzen, die in Bild 69 dargestellt sind. Der Fixierbolzen wird in eine Paßbohrung der unteren Platte und des Rahmens eingesetzt und garantiert damit den exakten Sitz des Blocks. Um die Notwendigkeit einer zweiten im Hundertstelbereich exakten Bohrung zu vermeiden, wird als zweite Fixierung ein sogenannter Ausgleichbolzen verwendet, der als stark abgeflachter Zylinder ausgearbeitet ist und somit senkrecht zur Abflachung ein geringes Spiel zuläßt. Der Schraubbolzen dient zur Sicherung des Ausgleichbolzens gegen Verdrehung und gegen unbeabsichtigtes Herausheben aus der Bohrung. Zur Montage der Bolzen wird ein Spezialwerkzeug benötigt, das auf den Bolzenkopf aufgeschoben und mittels einer Klemmschraube befestigt wird. Bild 70 zeigt die beschriebene Anordnung in montiertem Zustand.

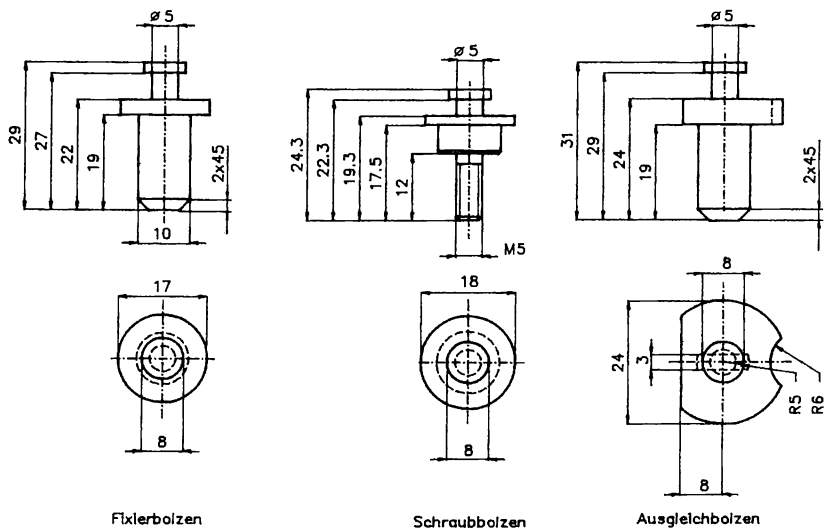


Bild 69 **Konstruktionszeichnungen der Spezialbolzen zur Fixierung der Funktionsblöcke auf dem Rahmen (M 1:1)**

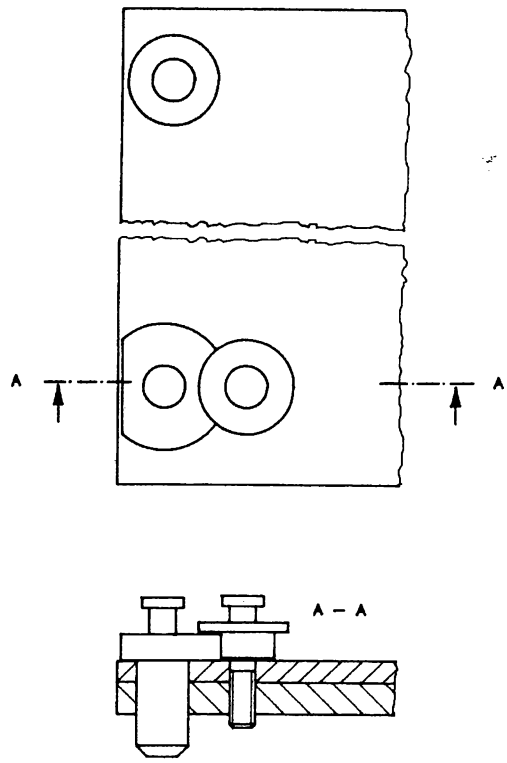


Bild 70 **Darstellung der Spezialbolzen zur Fixierung der Funktionsblöcke in montiertem Zustand**

8.4 Die Programmsteuerung der Z1

Die Z1 arbeitet mit einer linearen Programmierung, d.h., es wird eine Folge von Befehlen chronologisch hintereinander ausgeführt, wobei Verzweigungen nicht möglich sind. Auch die Datenabspeicherung auf dem Programmstreifen ist nicht möglich! Daten bzw. Zahlen können ausschließlich in die Eingabevorrichtung des Rechenwerks eingegeben werden. Die Programme oder, wie man früher sagte: "*Rechenpläne*" enthalten nur *Ein-Adress-Kode* und werden auf Normalfilm (35 mm) mittels des Programmstreifenlochers (Kap. 8.4.1) erstellt. Die Lochung des Filmstreifens erfolgt zweireihig, wobei die beiden Reihen zueinander versetzt angeordnet sind (Bild 71), dadurch erhält jede Lochung auf dem Lochstreifen ihre eigene *Spur*, und bei der Abtastung durch den Lochstreifenleser kann es nicht zu Verwechslungen kommen. Es handelt sich hierbei um eine 8 Bit-Verkodung. Die Notation der Verkodung ist Tafel 8 zu entnehmen. Die mit "X" markierten Stellen entsprechen der Binärziffer "L", also einer Lochung. Grundsätzlich wird von der Maschine an der 7. Stelle zwischen Speicher- bzw. Lesebefehl und Operationsbefehl unterschieden, und zwar mit folgender Festlegung: "L" für Speicher- bzw. Lesebefehl und "0" (also keine Lochung) für Operationsbefehle.

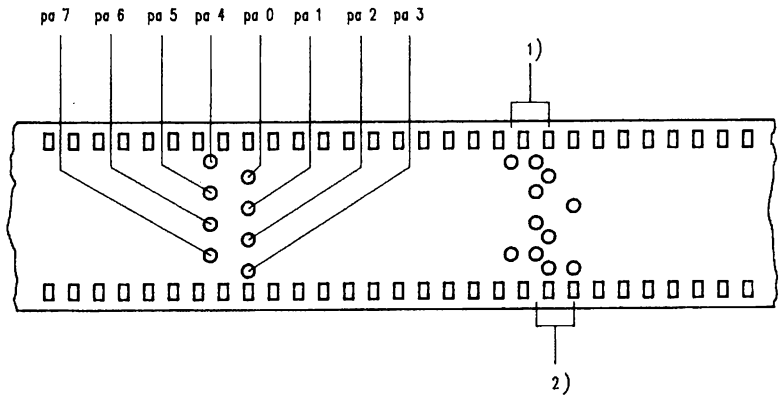


Bild 71 Der Filmstreifen als Programmträger

Befehlskode der Z1									
Befehl	Binärstelle								Bedeutung
	7	6	5	4	3	2	1	0	
Sp	X								Speichern
L	X	X							Lesen
Op.		X							Operationsbefehle
↗		X						X	Zehnersyst.»»Binärsyst.
↘		X				X	X		Binärsyst.»» Zehnersyst.
+		X					X	X	Addition
–		X					X		Subtraktion
x		X				X			Multiplikation
/		X				X		X	Division

Tafel 8 Die Notation der Befehlskode in der Z1

Die Binärstellen 0-7 haben beim Programmstreifenlocher folgende Tastenzuordnung:

Binärstelle	Taste
0	1
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128

Das Unterscheidungskriterium für den Speicher- bzw. Lesebefehl liegt in der 6. Binärstelle [Speichern ($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ L O.....) und Lesen ($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ L L.....)], wobei hier die Stellen 0,1,2 für die Wahl der Speicherzellen und die Binärstellen 3,4,5 für die Speicherschichten belegt sind. Anhand von zwei Beispielen soll dies verdeutlicht werden:

1) *Speichern von Zelle 5 in Schicht 3:* ($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ L O O L L L O L)
2) *Lesen von Zelle 2 in Schicht 7:* ($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ L L L L L O L O)

Diese beiden Beispiele sind in Bild 71 als Lochung auf dem Programmstreifen wiederzufinden. Hier wird auch deutlich, warum die beiden Lochreihen (links in Bild 71 zu sehen) 1 ½ Perforationsabstände voneinander entfernt liegen. Dadurch ist eine *Verschachtelung* der Programmschritte möglich (Bild 71 , rechts), und der Lochstreifenleser tastet nach jedem Spiel (4 Takte) einen neuen Befehl ab. Die in Tafel 8 aufgelisteten Befehlskode sind maßgebend für die Programmerstellung. Bei der Programmierung ist darauf zu achten, daß vor jeder Zahleneingabe der Befehl *"Übersetzen vom Zehner- ins Zweiersystem"* erfolgt. Umgekehrt muß vor jeder Zahlenausgabe der Befehl *Rückübersetzen aus dem Zweier- ins Zehnersystem"* erfolgen. Die Programmierung der Z1 soll in Tafel 9 durch ein einfaches Formelbeispiel verdeutlicht werden: $E=m \cdot c^2$

Programmzeile	Befehl	Kodierung	Bedeutung	Erläuterung
1	↗	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ O L O O O O O L)	Dezimal» Dual	Eingabe von "c"
2	Sp	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ L O O O O O O O)	Speichern	"c" in Schicht 0, Zelle 0
3	↗	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ O L O O O O O L)	Dezimal» Dual	Eingabe von "m"
4	Sp	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ L O O O O O O L)	Speichern	"m" in Schicht 0, Zelle 1
5	Le	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ L L O O O O O O)	Lesen	lesen von "c" (1. Oper.)
6	Le	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ L L O O O O O O)	Lesen	lesen von "c" (2. Oper.)
7	x	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ O L O O O L O O)	Multiplizieren	"c" mit sich selbst mult.
8	Le	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ L L O O O O O L)	Lesen	lesen von "m"
9	x	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ O L O O O L O O)	Multiplizieren	"c^2" mit "m" mult.
10	↘	($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}$ O L O O O L L O)	Dual» Dezimal	Resultatsausgabe

Tafel 9 Programmierbeispiel anhand der Gleichung $E=m \cdot c^2$

8.4.1 Der Programmstreifenlocher

Diese bereits in der Z3 verwendete Apparatur dient ausschließlich zur Erstellung der Rechenpläne (Programme) (Bild 72).

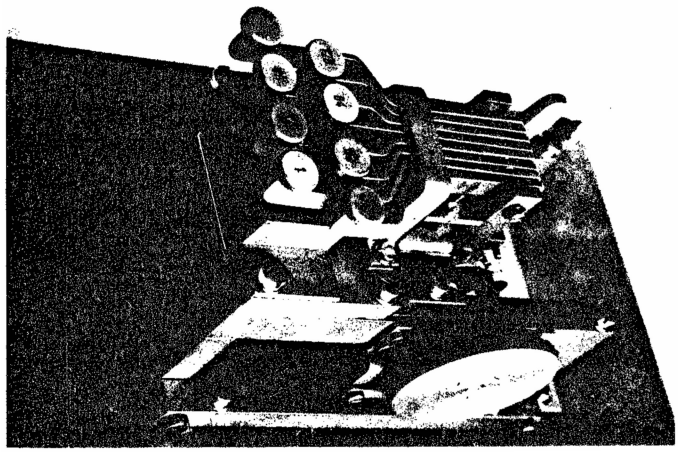


Bild 72 Der Programmstreifenlocher der Z1

Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich auf die vier Ansichten des Programmstreifenlochers (Bild 74 - Bild 77). Der schräg angeschnittene Filmstreifen (Bild 73) wird unterhalb der Tasten zwischen die Platten Nr. 29 und Nr. 30 eingeschoben (siehe Bild 74). Der Lochstreifen wird an dem federbelasteten Niederhalter Nr. 6 vorbeigeschoben, bis die Perforation die Transportwalze Nr.1 erreicht hat. Der Hebel Nr. 11 muß nun von der Transportwalze weggeklappt werden, so daß der Film unter die Führungswelle Nr.12 geleitet wird. Mit Hilfe des geänderten Vorschubrades Nr. 3 sollte der Film mindestens soweit vorgedreht werden, daß auf beiden Seiten die Perforation zwischen Transportwalze und Führungswelle anliegt. Nun kann die eigentliche Erstellung eines Rechenplans beginnen, wobei mit Hilfe der Tasten die Lochung des Filmstreifens durchgeführt wird. Nach jeder eingelochten Programmzeile muß ein Transport des Films über eine Raststellung mittels des Vorschubrades erfolgen.

Nach der letzten eingegebenen Programmzeile wird der Lochstreifen entlang der Platte Nr. 29 abgeschnitten und herausgedreht. Wie in Bild 73 zu sehen ist, liegen die Stanzlöcher in der vorderen Reihe genau auf gleicher Höhe mit der Perforation. Die Lage der Ausstanzungen muß mit Hilfe des Rasthebels Nr. 42 einjustiert werden, wozu die Rastrolle Nr. 43 in einem Langloch geführt ist.

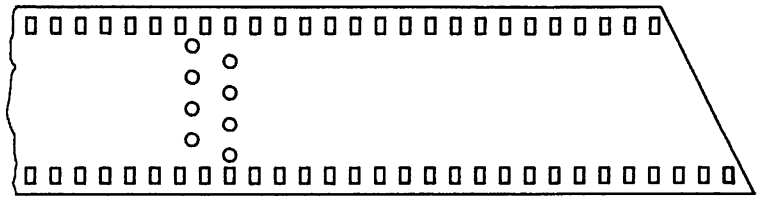
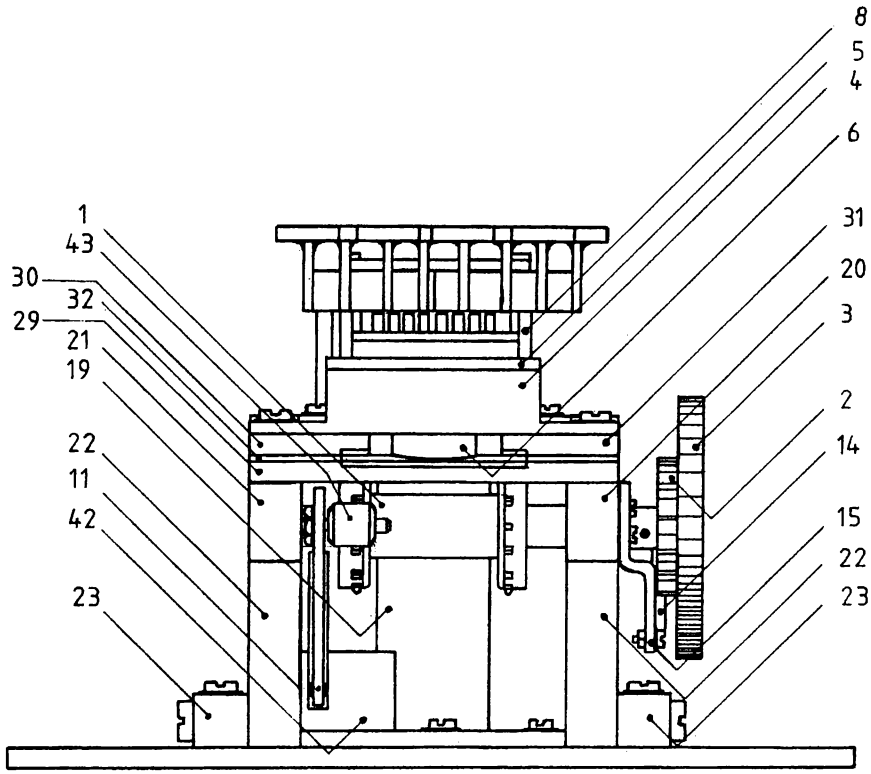
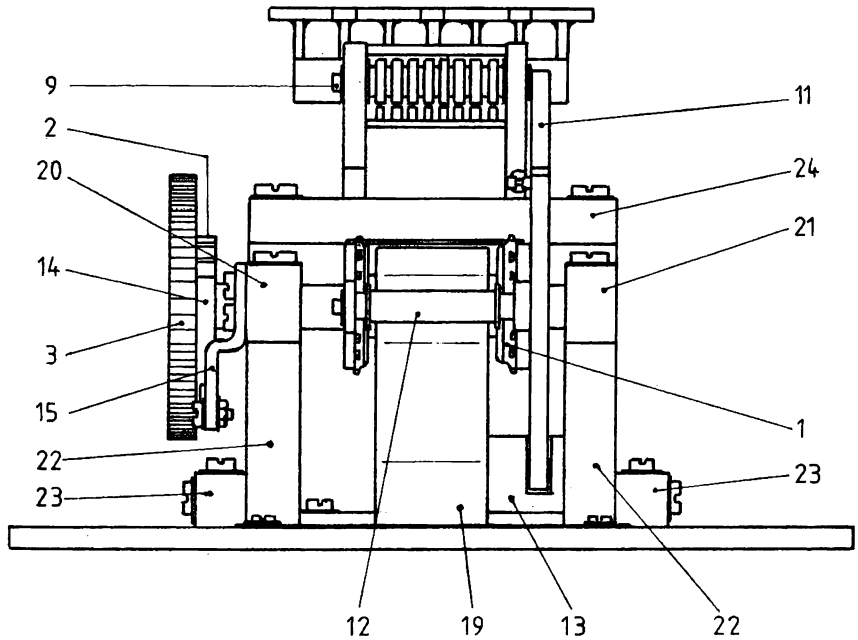


Bild 73 Der Filmstreifen als Programmträger



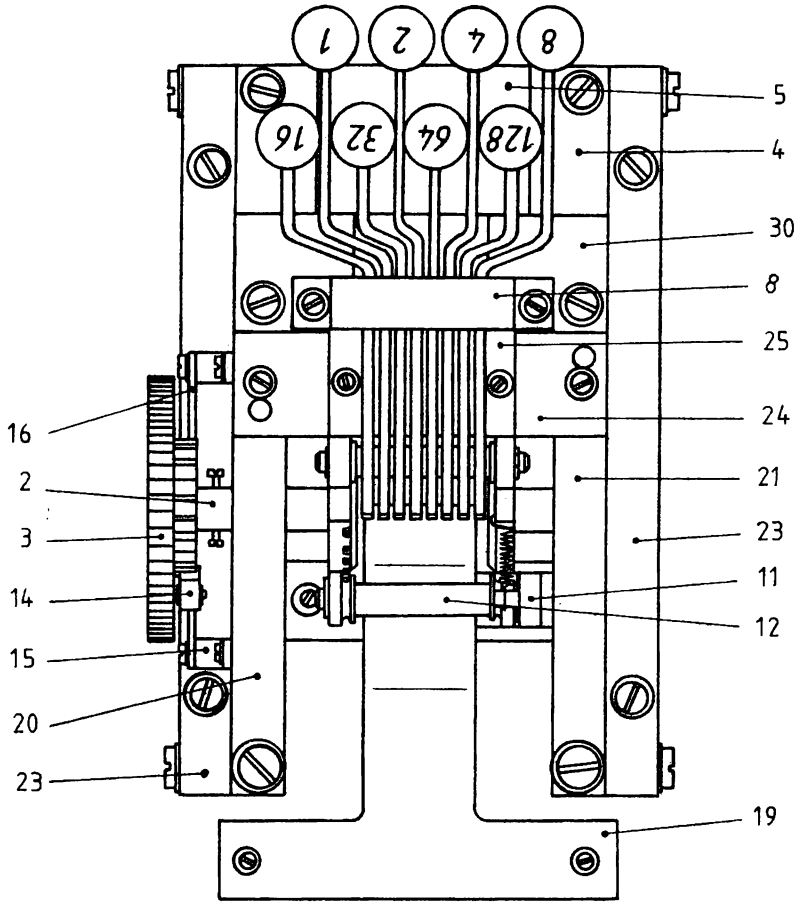
1.....Transportwalze
2..... Zahnradscheibe
3..... Vorschubrad (gerändelt)
4..... Federbuchsenplatte
5..... Platte
6..... Federbuchse
8..... Bügel
11.....Hebel
14..... Rasthebel
15.....Bügel
19.....Blech
20.....Querstange
21.....Querstange
22..... Stütze
23..... Befestigungsstange
29..... Platte
30.....Führungsplatte
31.....Führungsplatte
32.....Distanzplatte
42.....Befestigung
43.....Rastrolle

Bild 74 Rückansicht des Programmstreifenlochers



1.....Transportwalze
2.....Zahnradscheibe
3.....Vorschubrad (gerändelt)
9.....Stift
11.....Hebel
12.....Führungsrolle
13.....Befestigung
14.....Hebel
15.....Bügel
19.....Blech
20.....Querstange
21.....Querstange
22.....Stütze
23.....Befestigungsstange
24.....Locherplatte

Bild 75 Vorderansicht des Programmstreifenlochers



2.....Zahnradscheibe
3.....Vorschubrad (gerändelt)
4.....Federbuchsenplatte
5.....Platte
8..... Bügel
11.....Hebel
12.....Führungswelle
14.....Rasthebel
15..... Bügel
16.....Streifen
19.....Blech
20.....Querstange
21.....Querstange
23..... Befestigungsstange
24..... Locherplatte
25..... Befestigungsplatte
30..... Führungsplatte

Bild 76 Draufsicht des Programmstreifenlochers

3..... Vorschubrad (gerändelt)
4..... Federbuchsenplatte
5..... Platte
8..... Bügel
11..... Hebel
13..... Befestigung
15..... Bügel
16..... Streifen
19..... Blech
20..... Querstange
22..... Stütze
23..... Befestigungsstange
24..... Locherplatte
25..... Befestigungsplatte
26..... Stanznadeln
29..... Platte
30..... Führungsplatte
32..... Distanzplatte

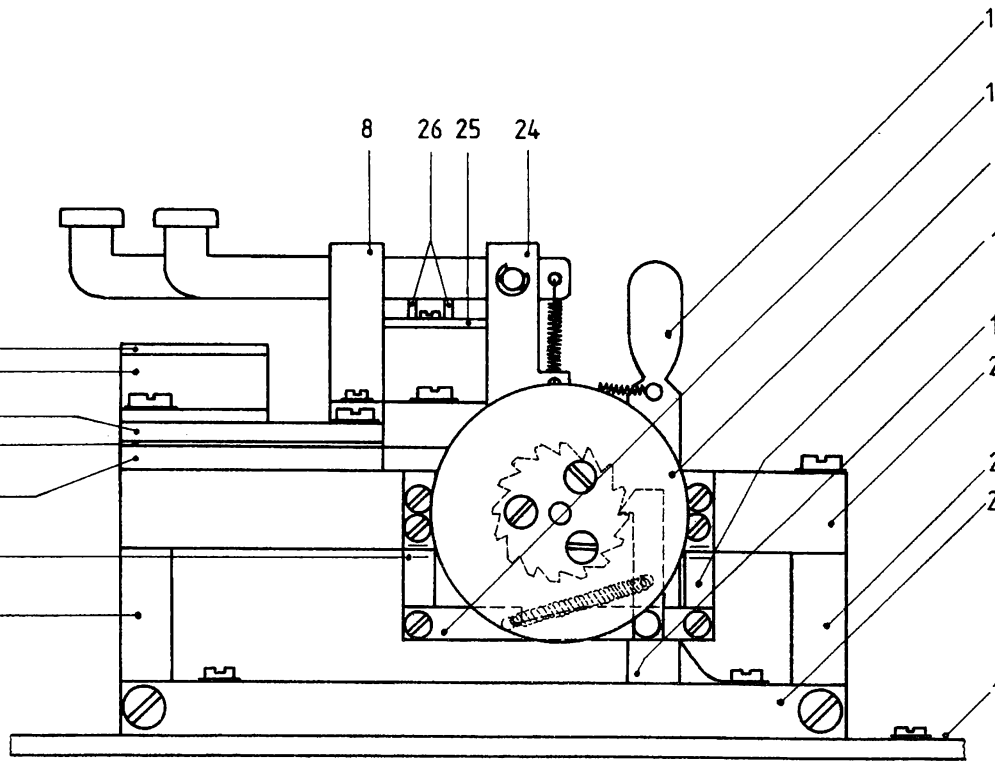


Bild 77 Seitenansicht des Programmstreifenlochers

8.4.2 Der Lochstreifenleser

Der in Bild 78 dargestellte Lochstreifenleser dient zur Durchführung der Programmsteuerung. Mit Hilfe dieses Gerätes wird der Rechenplan (maschinenfertiges Programm), der auf Lochstreifen festgehalten ist, abgetastet.

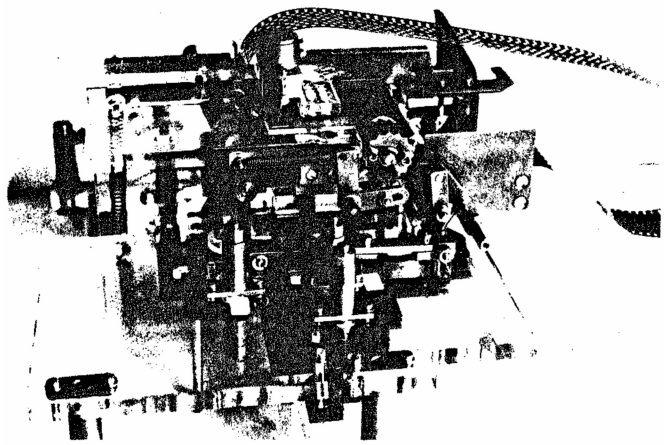


Bild 78 Der Lochstreifenleser mit eingelegtem Programm

Der Streifenleser wird mit vier Schrauben auf das Planwerk (Block 11b) aufgeschraubt. An das Planwerk ist er mit Steckverbindungen angeschlossen. Zu diesem Zweck werden konisch zugeschliffene Stifte mit einem Durchmesser von 5 mm in die Anschlußschlitze der jeweiligen Bleche gesteckt. Diese Verbindungsstellen sind sehr deutlich in Bild 79 zu sehen. Hier ist der Streifenleser in gekippter Darstellung, auf einem Holzgestell aufsitzend, abgebildet. In der Mitte des Bildes sind die 8 Anschlußstellen (pa0.....pa7), die gleichzeitig die Schlitze der bewegten Bleche (150.6 a....150.6 h) darstellen, zu sehen. Bei der Montage des Lochstreifenlesers ist darauf zu achten, daß die Verbindungsteile sich in linker oder rechter Maximalposition befinden, damit beim Aufsetzen des Streifenlesers auf das Planwerk keine Bleche verbogen werden.

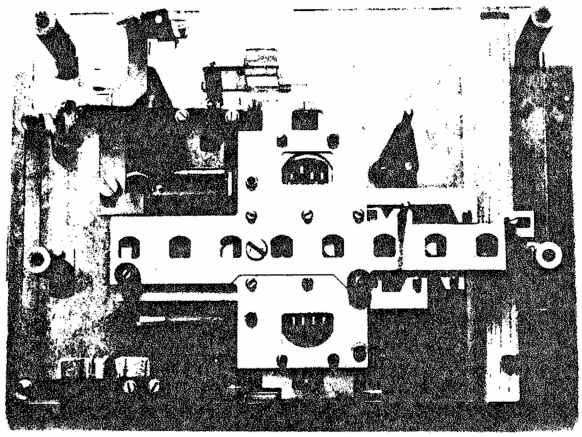
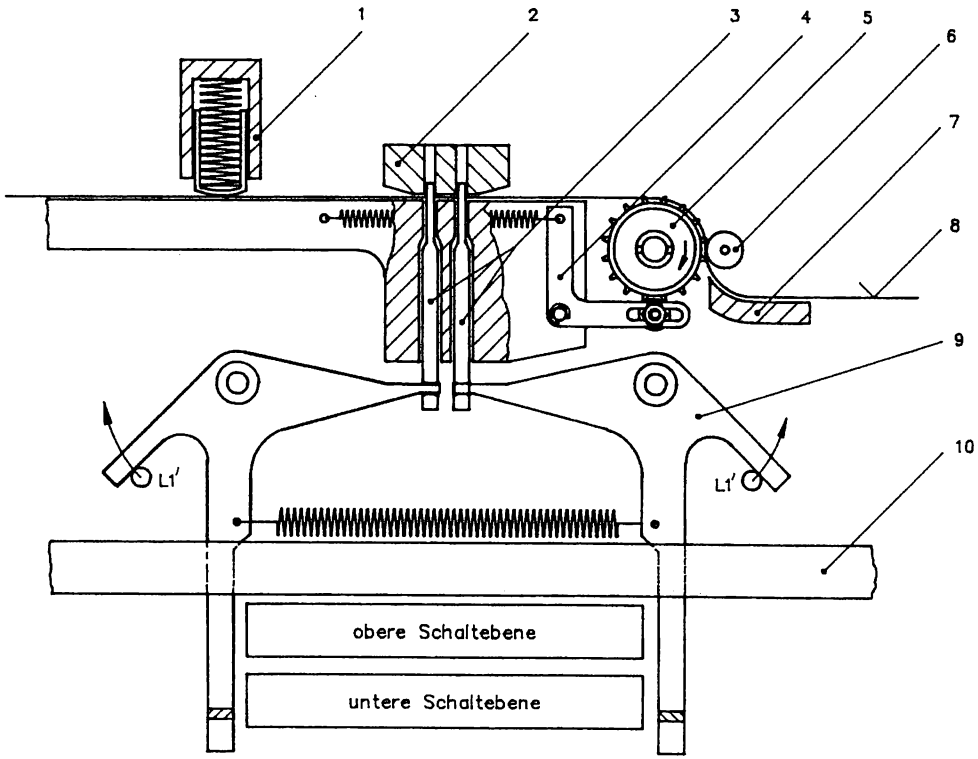


Bild 79 Der Lochstreifenleser in gekippter Darstellung

Insgesamt existieren 12 Verbindungsstellen zwischen Planwerk und Streifenleser:

- 8 Bit-Information (pa0.....pa7), die einreihig in der Mitte des Lochstreifenlesers angeordnet ist (Bild 79)
- L1 (Hebel zum Absenken der Abtaststifte)
- L2 (Zwillingshebel, die miteinander gekoppelt sind und die bewegende Kraft für die Bleche [150.6 a-150.6 b] einleiten)
- L3 (Doppelwinkelhebel zur Spreizung der steuernden Bleche [150.5 a, 150.5 b])
- L4 (Winkelhebel, der den Transport des Filmstreifens durchführt)

Auch der Übertragungsmechanismus von L1 ist in Bild 79 oben links zu erkennen. Dieser Mechanismus ist in den Abbildungen Bild 83 - Bild 88 bewußt nicht dargestellt, um die Übersichtlichkeit nicht unnötig zu beeinträchtigen. Aus den beiden großen Bohrungen des Festbleches ragen die 8 Bewegungshebel heraus, die jedoch nur in ihrem Rechteckquerschnitt zu sehen sind. Diese Bewegungshebel sind in ihrer Vorderansicht in Bild 80 zu erkennen, welches auch die Führung des Filmstreifens zeigt. Die Führung und der Transport sind ähnlich realisiert wie bei dem Lochstreifendrucker. Die Transportwalzen, zum Beispiel, sind identische Bauteile. In Bild 80 sind ebenfalls nur die zur Erläuterung notwendigen Teile gezeigt, um die Übersichtlichkeit der Abbildung zu gewährleisten.



1.....Niederhalter
2.....Gegenhalter
3.....Abtaststifte
4.....Rasthebel
5.....Transportrad
6.....Führungswelle
7.....Führungsblech
8.....Filmstreifen
9.....Bewegungshebel
10.....Grundplatte (Plexiglas)

Bild 80 Schematische Anordnung der Abtastvorrichtung des Lochstreifenlesers

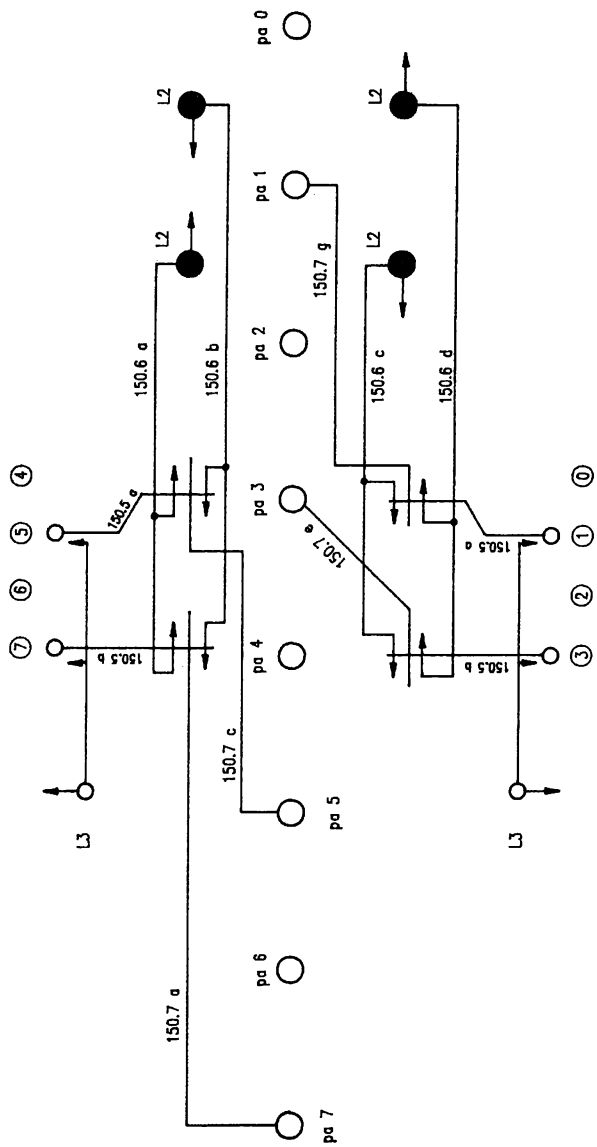


Bild 81 Die obere Schaltebene des Lochstreifenlesers

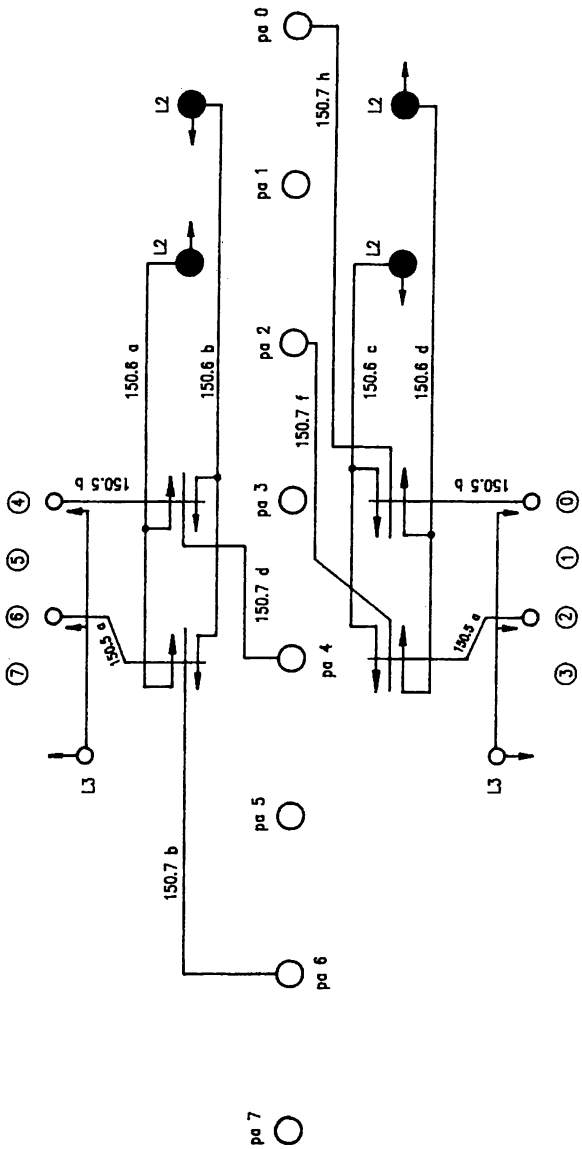


Bild 82 Die untere Schaltebene des Lochstreifenlesers

Die obere und untere Schaltebene ist jeweils nur schematisch dargestellt. Während des Betriebes werden in Takt IV die Hebel L1', die indirekt über einen Umlenkmechanismus von L1 angesteuert sind, gemäß den Pfeilen bewegt. Dadurch schwenken alle 8 Bewegungshebel aus und ziehen die Abtaststifte nach unten. L1 verharrt bis Takt III in dieser Stellung, wodurch ein Weitertransport des Programmstreifens in Takt II überhaupt erst möglich ist. Die vier Rückholfedern zwischen den Bewegungshebeln stoßen bei der Rückbewegung von L1' die Abtaststifte nach oben, sofern die Lochung (^{76543210}LLLLLLLL) anliegt bzw. kein Film eingelegt ist, und schieben gleichzeitig in den beiden Schaltebenen die steuernden Bleche (150.5a und 150.5b) zusammen (hierauf wird auf den nachfolgenden Seiten noch ausführlich eingegangen). Die Rückholfedern zwischen den Bewegungshebeln sind in ihrer Zugkraft sehr eng toleriert. Sie müssen einerseits ausreichende Kraft für das Bewegen der steuernden Bleche besitzen und dürfen andererseits nicht zu kräftig sein, um beim Durchstoßen der Abtaststifte den Programmstreifen nicht zu beschädigen (sofern die Binärziffer "0" anliegt). Eine Besonderheit des Streifenlesers ist, daß in den beiden Schaltebenen Vierkantschaltstifte verwendet werden – eine Maßnahme, die der ausgefallenen Form der bewegenden Bleche zu zuschreiben ist, da deren Schaltnasen für zylindrische Schaltstifte zu klein sind. Auf den nun folgenden Seiten wird sehr ausführlich gezeigt, wie der Lochstreifenleser die Informationen des Programmstreifens während eines Spiels (4 Takte) an das Planwerk überträgt. Diese Arbeitsschritte sind hier anhand einer einfachen Programmzeile gezeigt: (^{76543210}LLOLLLLL). Da in diesem Programmschritt die 5. Binärstelle als einzige kein Loch aufweist, wird in den folgenden Bildern nur die Situation in der *oberen Schaltebene* dargestellt, in der die 5. Stelle verarbeitet wird (siehe auch Schaltsymbolpläne der oberen und unteren Schaltebene, Bild 81 und Bild 82). Alle Abbildungen sind im Gegensatz zu den Ablegeplänen (siehe Kap. 9) in Anhang (A1) von oben her gesehen. Es werden auch nur diejenigen Bleche gezeigt, die im Augenblick aktiv bzw. die für das Verständnis von Bedeutung sind.

Der Ablauf der Programmabtastung wird in Bild 83 mit der Arbeitsstellung von Takt II beginnend dargestellt. Das bedeutet, der Transporthebel bewegt über einen Sperrklinkenmechanismus das Transportrad (Pos. 5, Bild 80), welches mit Hilfe der Perforationsausschnitte den Filmstreifen um einen Perforationsabstand (4,75 mm) weitertransportiert. In dieser Darstellung sind bereits die steuernden Bleche (150.5 a und 150.5 b) mit abgebildet, deren Schaltnasen nur eine Binärstelle, d.h. nur einen Bewegungshebel erfassen (hier die Stellen: 1, 3, 5, 7). Der Hebel L1 befindet sich seit Takt IV noch in Arbeitsstellung, daher sind auch die Bewegungshebel in ihrer gespreizten Lage zu sehen.

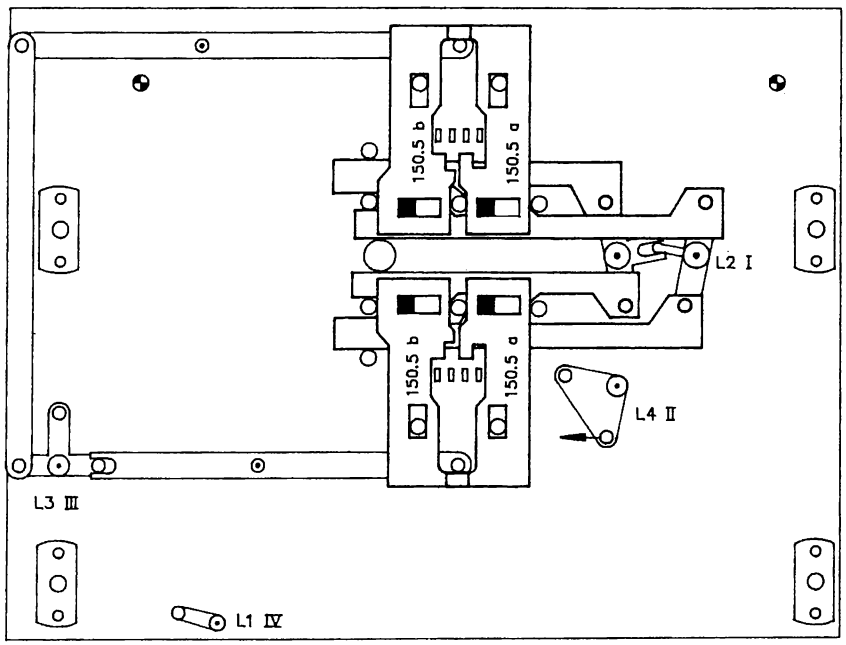


Bild 83 Takt II in Arbeitsstellung

Gegenüber dem vorherigen Schritt hat sich die Stellung von L4 geändert, der sich jetzt wieder in seiner Ausgangsstellung befindet (Bild 84). Zu diesem Zeitpunkt ist das Transportrad von dem Rasthebel (Pos. 4, Bild 80) fixiert worden, so daß ein Zurückdrehen des Lochstreifens, verursacht durch die Rückbewegung des Sperrklinkenmechanismus, verhindert wird. L1 ist ebenfalls in seine Ruheposition gedreht, wodurch erstmalig die Programmzeile ($\overset{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}{\text{LLOLLLLL}}$) anhand der Stellung der Bewegungshebel zu erkennen ist.

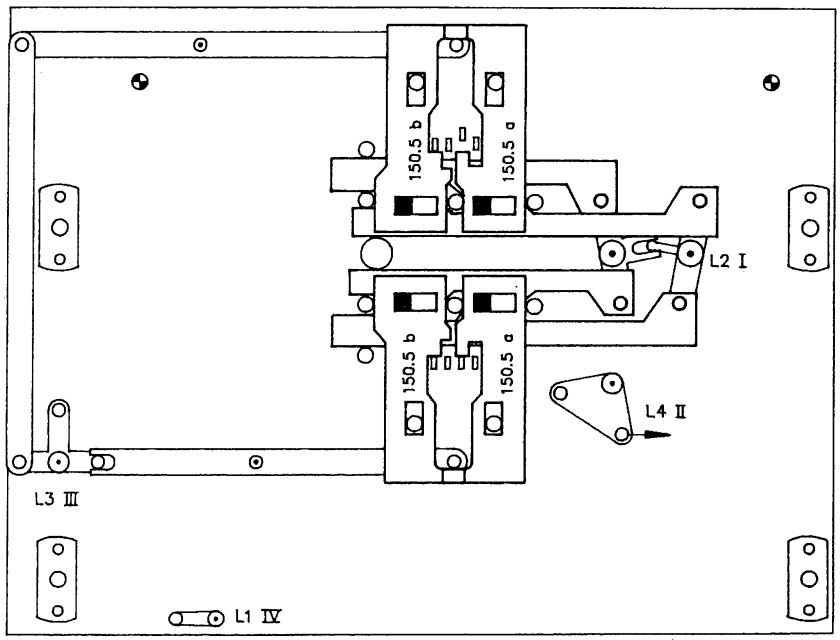


Bild 84 Der Übergang von Takt II zu Takt III

Takt III befindet sich in Arbeitsstellung (Bild 85), d.h. L3 bewegt die beiden langen Schwenkarme, deren Hebellängen so gewählt sind, daß alle steuernden Bleche den gleichen Hub verrichten. Die Schaltnasen der steuernden Bleche schwenken die Bewegungshebel entgegengesetzt zur Federkraft nach außen, auf gleiche Höhe mit dem Bewegungshebel 5 (die Bewegungshebel sind nur in ihrem Rechteckquerschnitt zu sehen). Die Schaltstifte sind mit nach außen verschoben worden.

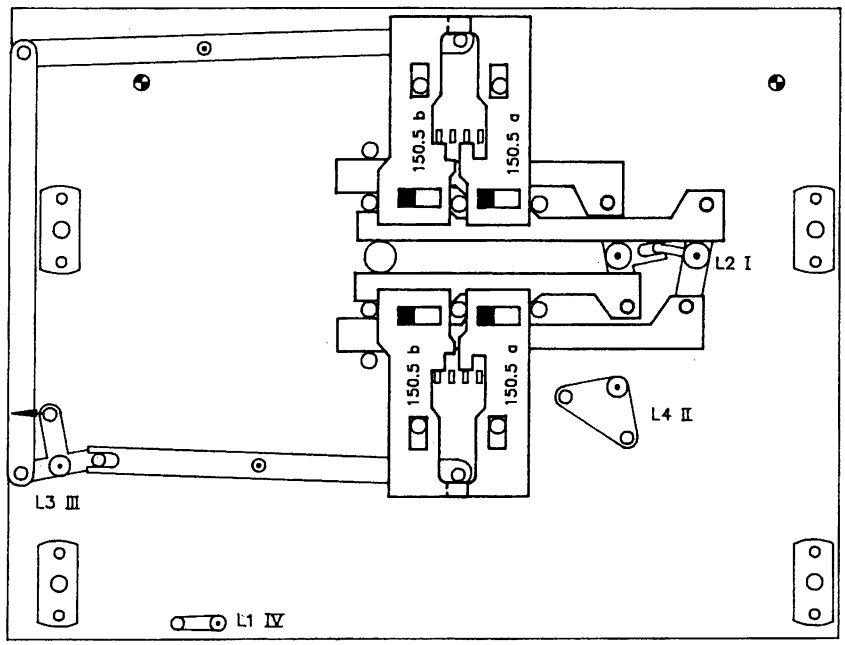


Bild 85 Takt III in Arbeitsposition (Maximalstellung)

Bild 86 zeigt, wie L3 in die Ausgangslage zurückgeschwenkt ist und den steuernden Blechen den Arbeitshub ermöglicht. Diese werden nämlich von den federbelasteten Bewegungshebeln zurückgeschoben, außer dem Bewegungshebel der 5. Binärstelle, der durch den Abtaststift bzw. Filmstreifen an seinem Rückhub gehindert wird. So verharrt auch das steuernde Blech in der durch L3 ausgeschwenkten Lage. Allein der Schaltstift der 5. Stelle befindet sich nun in äußerer Position. Hier hat sich bereits das Abtasten der Programmzeile auf die steuernden Bleche übertragen.

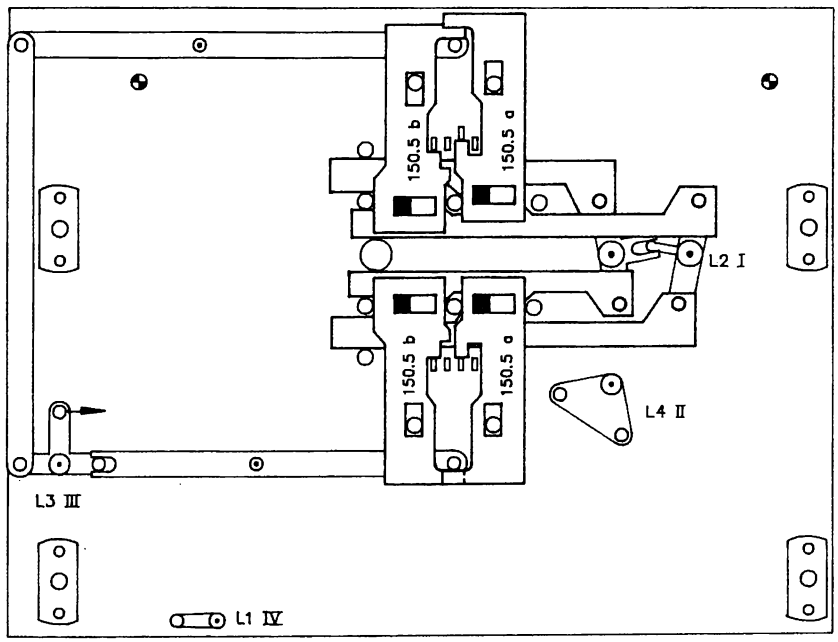


Bild 86 Die Situation zwischen Takt III und Takt IV

Der Hebel L1 hat sich in Bewegung gesetzt und bereitet ein Abtasten der nächsten Programmzeile vor, indem er die Abtaststifte über die Bewegungshebel zurückzieht (Bild 87). Die Bewegungshebel befinden sich nun in einer symmetrischen Anordnung und die steuernden Bleche sind augenblicklich nicht von Federkräften belastet, so daß sie in ihrer Lage bleiben. Nun sind alle Vorbereitungen für das Schalten der 5. Binärstelle getroffen. Die für die Erläuterung bedeutsamen bewegten Bleche (150.7c und 150.7e) sind in ihrer von der vorherigen Programmzeile diktierten Stellung zu sehen. Beide Bleche sind gegenwärtig in linker Position, d.h. in "L"-Stellung zu sehen.

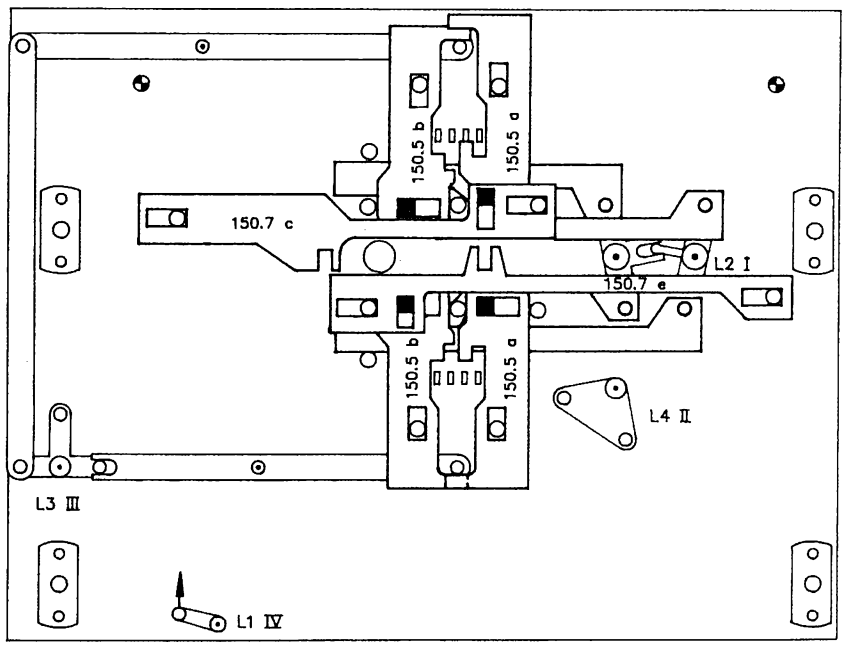


Bild 87 Takt IV in Arbeitsstellung

Takt I tritt wieder in Aktion, doch die bewegenden Bleche (150.6a....150.6d) erfassen nur den sich in Schaltstellung befindlichen Stift (5. Stelle). Dieser Schaltstift schließlich bewegt das *bewegte Blech* (150.7 c), das wiederum über den Schaltschlitz (mit Pfeil markiert) pa5 auf "0" schaltet (Bild 88). Im Planwerk liegt nun die Programmzeile ($\overset{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}{\text{LLOLLLLL}}$) an!

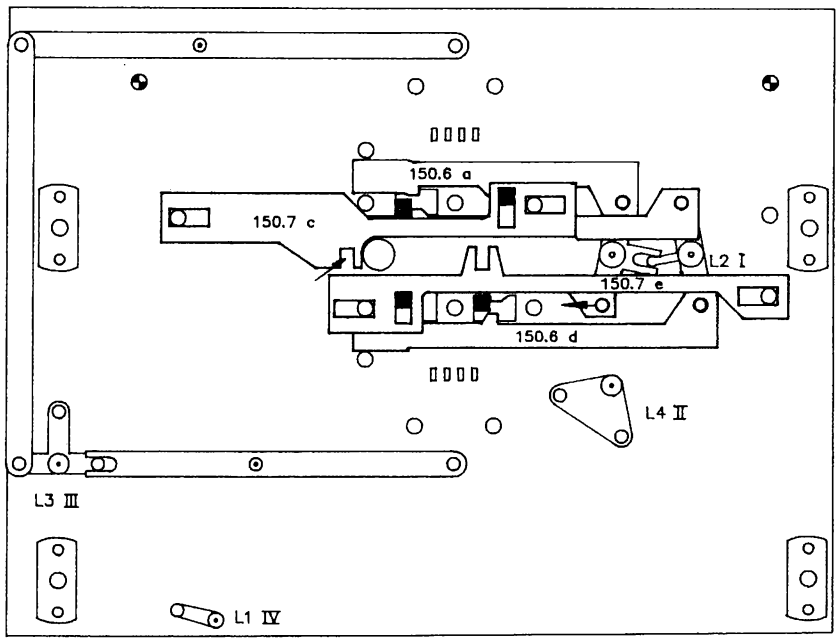


Bild 88 Takt I tritt wieder in Arbeitsstellung

8.5 Das Planwerk (Block 11b)

Das Planwerk ist, wie aus Bild 57a und Bild 58 zu entnehmen, unterhalb des Lochstreifenlesers zwischen der Speichersteuerung (Block 12a) und dem Impulsgeber des Speicherwerks angeordnet. Die Hauptaufgabe des Planwerks ist die Informationsweitergabe des Streifenlesers bzw. des Programms an die jeweiligen Blöcke (Wählwerk, Speichersteuerung und Rechenwerk). Informationen an das Rechenwerk, also Operationsbefehle, werden über die Schnittstelle an der Vorderseite des Planwerks übergeben. Es sind dies im einzelnen die Hebel Pb7, Pb6, Ps', Pl', Ln und die vier Winkelhebel Op0.....Op3 (Bild 89-91). Ferner wird durch das Planwerk der Antrieb der Impulshebel (L1.....L4) des Lochstreifenlesers realisiert, wobei L1 über S17 (III) und L3 über S18 (IV) fest verbunden sind und nicht ausgeschaltet werden können. Die Hebel L2 und L4 dagegen können über Schaltglieder ein- bzw. ausgeschaltet werden. Der Grund dafür wird im weiteren Verlauf noch ausführlich beschrieben.

Eine Besonderheit des Planwerks gegenüber anderen Funktionsblöcken ist, daß hier erstmals Schaltglieder in den drei Niveaus (N1, N2, N3) zwischen der unteren und der oberen Platte eingesetzt werden (Bild 92-94). Dies hat zur Folge, daß eine Untersetzung des Schalthubes durch die Impulshebel ausbleibt und die Schaltstifte somit 12 mm Hub verrichten, im Gegensatz zu 8 mm. Die symbolischen Impulszeichnungen der drei Niveaus zeigen erstmals sogenannte *Durchläufer*. Es handelt sich hierbei um Impulshebel, die lediglich zur Umlenkung von Impulsen dienen und oberhalb der oberen Platte keine Anschlüsse aufweisen. Diese Durchläufer sind in ihrer Symbolik gegenüber konventionellen Impulshebeln durch einen waagerechten Balken auf der Drehachse unterschieden. Oberhalb der oberen Platte des Planwerks befinden sich drei Schaltschichten, deren Schaltpläne in den Bildern 89-94 enthalten sind. Da das Planwerk sehr komplexe Funktionen aufweist, ist eine genaue Beschreibung aller Schaltglieder und Impulshebel im einzelnen nicht zweckmäßig. Einen Gesamtüberblick über die Abläufe im Planwerk ist den Ablaufdiagrammen (Kap. 8, Bild 60c und Bild 60d) zu entnehmen. Hier ist dargestellt, in welchen Takten bestimmte Impulshebel in Arbeitsstellung gebracht werden und für welche Dauer sie gehalten werden. Um die komplizierten Abläufe im Planwerk verständlich zu machen, wird in den nun folgenden Seiten gezeigt, wie einzelne Befehle an die jeweiligen Funktionsblöcke weitergegeben werden. Es empfiehlt sich, die dort beschriebenen Vorgänge genau anhand der Schaltpläne und Impulszeichnungen (Bild 89-94) zu verfolgen.

Die Beschreibung der Schaltschichten soll zunächst anhand der der Programmzeile ($\overset{7}{L}\overset{6}{O}\overset{5}{O}\overset{4}{L}\overset{3}{O}\overset{2}{L}\overset{1}{O}\overset{0}{O}$), die dem Befehl "*Speichern in Zelle 4 der Schicht 2*" entspricht, vorgenommen werden. Der Streifenleser stellt im Planwerk Pa7......Pa0 entsprechend der oben beschriebenen Programmzeile in Takt I ein (bereits ausführlich in Kap. 8.4.2 beschrieben). Dadurch werden in Schaltschicht 1 (Bild 89) die steuernden Bleche (130.46) der Binärstellen 7, 4 und 2 nach links, also in "L"-Stellung geschoben. Takt II bewegt die beiden Zwillingshebel S1, die über die bewegenden Bleche (130.45) der Verteilerschaltglieder die bewegten Bleche (130.47, 130.48, 130.49) der jeweiligen Binärstelle in "L"-Stellung schieben. Die Bleche 130.47 und 130.49, die im Wählwerk als steuernde Bleche wirken, ermöglichen das Ziehen der Zelle 4 in Schicht 2. Das bewegte Blech 130.48 wirkt in den Schaltgliedern Sg1, Sg2 und Sg3 als steuerndes Blech und schließt die Schalter Sg1 und Sg2 bzw. öffnet Sg3. Pb7 wird ebenfalls von Blech 130.48 auf "L" geschaltet. In Takt III wird nun der Impulshebel S17 betätigt, der über das bewegende Blech 150.52 in er dSchaltgliedgruppe Sg1, Sg2, Sg3 den Impuls weitergibt. Über Sg1 erfolgt zwar eine Impulsübertragung auf das "schwimmende" Blech 130.56, jedoch steht der Schalter Sg4 in seiner geöffneten Stellung, so daß eine Impulsübertragung auf Pl nicht erfolgen kann. Sg3 kann ebenfalls keine Impulsübertragung ermöglichen, da dieser Schalter zuvor in Takt II über das Blech 130.48 ausgeschaltet wurde. Es wird nur über die Schalter Sg2, Sg5 und Sg8 der Impuls an das bewegte Blech 130.59 weitergegeben. Diese Schalter stellen eine Konjunktion aus drei Schaltgliedern dar. Denn nur wenn Sg2, Sg5 und Sg8 geschlossen sind, wird das Blech 130.59 und damit der Hebel Ps auf "L" gezogen! Ps wird neben Pf, Pl, und den vier Op stets in Takt II über S19 durch das bewegende Blech 130.67 auf "0" geschaltet (Löschbewegung). Ps überträgt nun den Impuls in Schicht 2 auf das steuernde Blech 130.74 und schiebt somit den Schaltstift im dort befindlichen Verteilerschaltglied nach links. Außerdem wirkt Ps auf das Schaltglied in Niveau 3 (Bild 94) und schließt den dortigen Schalter. Im nun folgenden Takt IV wird dadurch S13 in der Speichersteuerung wirksam. Gleichzeitig werden in Takt IV nun über den Zwillingshebel S18, der sich gemäß den Pfeilen dreht, die bewegenden Bleche 130.69 und 130.70 in Arbeitsstellung gezogen. Hierdurch werden über die bewegten Bleche 130.76 und 130.77 die beiden Hebel Ps' auf "L" geschaltet. Ps' schließt über das steuernde Blech 130.25 in Niveau 1 (Bild 92) den angeschlossenen Schalter. Hierdurch wird im nächsten Takt I über S14 der Impuls an die Speichersteuerung weitergegeben. Die beiden Impulshebel S13 (IV) und S14 (I) leiten in der Speichersteuerung den Speichervorgang in den Speicherblöcken ein (ausführlich in Kap. 8.8 beschrieben).

Ein zweites ausführlich beschriebenes Beispiel soll die Funktionsweise des Planwerks anhand der Schaltpläne deutlich machen. Diesmal wird die Verarbeitung eines Operationsbefehls detailliert beschrieben. Es wird die Programmzeile ($^{7\,6\,5\,4\,3\,2\,1\,0}_{0L000000L}$), die dem Befehl "*Übersetzen aus dem Zehnersystem ins Zweiersystem*" entspricht, verfolgt. Der Streifenleser stellt wieder in Takt I, entsprechend der Lochung des Programmstreifens, Pa7.....Pa0 ein. Über die bewegenden Bleche 130.45 in Schaltschicht1 (Bild 89) werden im Takt II nun die bewegten Bleche 130.48 und 130.49 der 6. und der 0. Binärstelle in Arbeitsstellung geschoben. Es schließen sich somit die Schalter Sg4, Sg6 und Sg12 und es öffnet sich Sg5. Gleichzeitig wird über Pb6 die erste Information an das Rechenwerk gegeben. Der Zwillingshebel S19 schiebt über das Blech 130.67 (Bild 89) in Takt II Pf auf "L". Im nachfolgenden Takt III wird über das bewegende Blech 130.52 in der unteren Schaltgliedgruppe (Sg3, Sg6, Sg9) der Impuls an das bewegte Blech 130.53 weitergeleitet. Dieses stellt über das geschlossene Schaltglied Sg12 die Winkelhebel Op3 und Op0 auf "L" (zweite Information an das Rechenwerk). Über Op3 erhält das Rechenwerk die Information, die für das spätere Schalten des Hebels Ln notwendig ist. Außerdem wird das bewegte Blech 130.67 über die Stoßkante (unterhalb der Teilenummer 130.53) des bewegenden Bleches 130.53 nach links verschoben, wodurch Pf auf "L" gestellt wird. Betrachten wir nun Schicht2: hier wird in Takt IV über S18 das bewegte Blech 130.75 des Verteilerschaltgliedes in "L"-Stellung gebracht, da zuvor in Takt III Pf in "L"-Stellung stand. Pl und Ps stehen in "0"-Stellung, wodurch Pl' und Ps' in Takt IV nicht in Arbeitsstellung gezogen werden. Hierdurch sind, wie in Bild 92 zu sehen, S13' und S14 ausgeschaltet. In der Speichersteuerung werden folglich der Lese- bzw. der Speicherbefehl nicht aktiviert! Pf' zeigt in Schicht 3 (Bild 91) seine Wirkung. Über das steuernde Blech 130.75 werden die angeschlossenen Schalter geschlossen und in Takt I erfolgt über S20 eine Impulsübertragung auf L2 bzw. über S19 (II) auf L4! L2 und L4 sind also aktiv und können somit im Streifenleser den Filmstreifen weitertransportieren, um die folgende Programmzeile abzutasten. In Takt II des 2. Spiels wird vom Rechenwerk Ln auf "L" geschaltet (Bild 89), wodurch die Schaltglieder Sg7, Sg8 und Sg9 geöffnet werden. Dies hat zur Folge, daß in Takt III über S17 das bewegte Blech 130.53 nicht nach links verschoben wird und Pf in dem zuvor von S19 (II) eingestellten Ruhezustand ("0"-Stellung) verharrt. Indirekt ist demzufolge Pf' auf "0" geschaltet (Bild 91), wodurch L2 und damit der Transport ausgeschaltet ist. Die Maschine läuft nun sozusagen "leer", da keine neue Programmzeile abgetastet wird. Dieser Zustand kann nur vom Anwender aufgehoben werden, denn es lag der Befehl "*Übersetzen aus dem Zehnersystem ins Zweiersystem*" an, der die Eingabe einer Zahl anfordert.

Diese Zahleneingabe muß zunächst bestätigt werden, was der Betätigung der Returntaste in heutigen Computern entspricht. Die Bestätigung gelangt über das Leitwerk an die Schnittstelle zum Speicherwerk. Hier wird der Winkelhebel Ln zurück auf "0" geschaltet, womit sich die Schalter Sg7, Sg8 und Sg9 wieder schließen. Nun wird über den oben beschriebenen Vorgang die nächste Programmzeile vorgerückt und abgetastet.

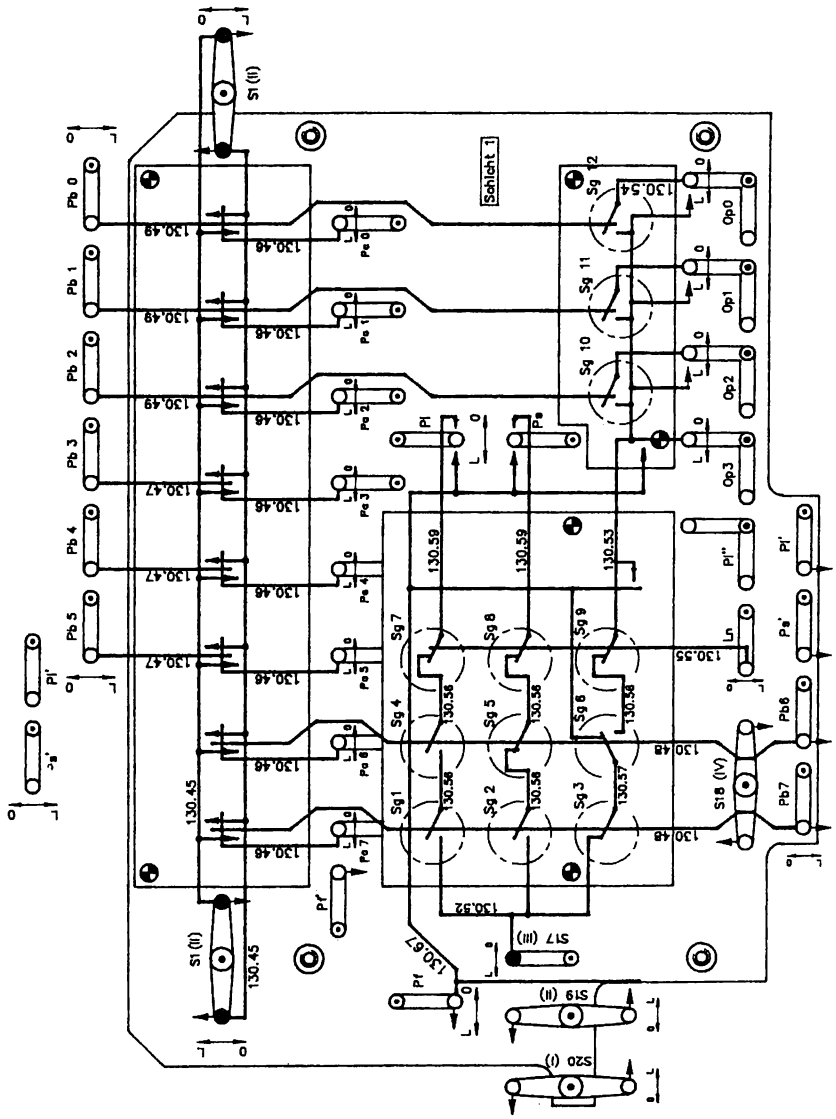


Bild 89 Schaltschicht 1 des Planwerks

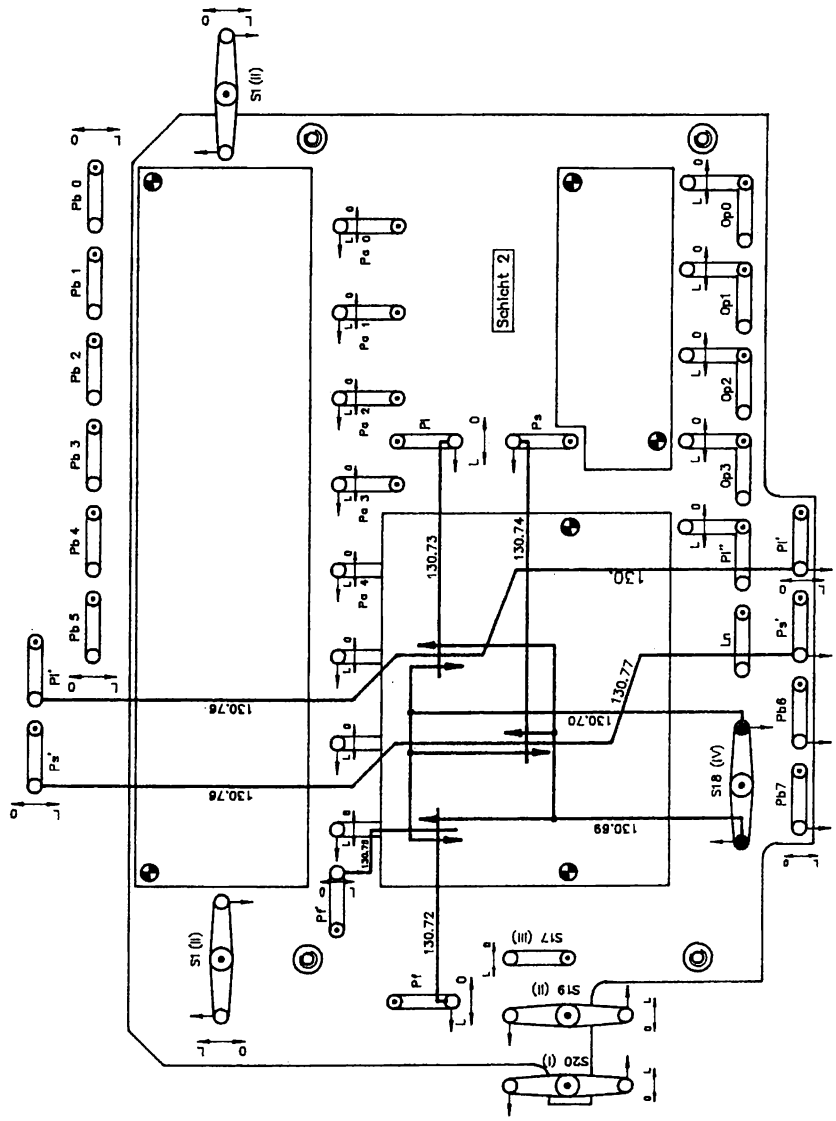


Bild 90 Schaltschicht 2 des Planwerks

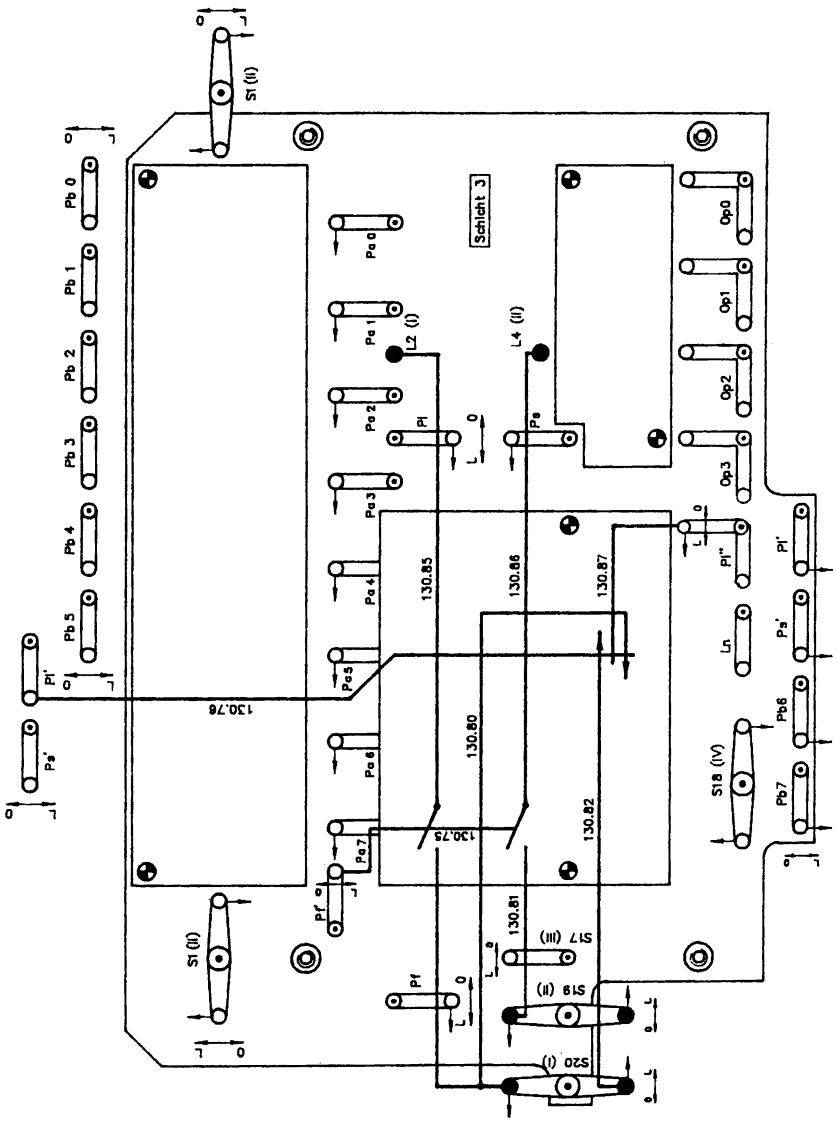


Bild 91 Schaltschicht 3 des Planwerks

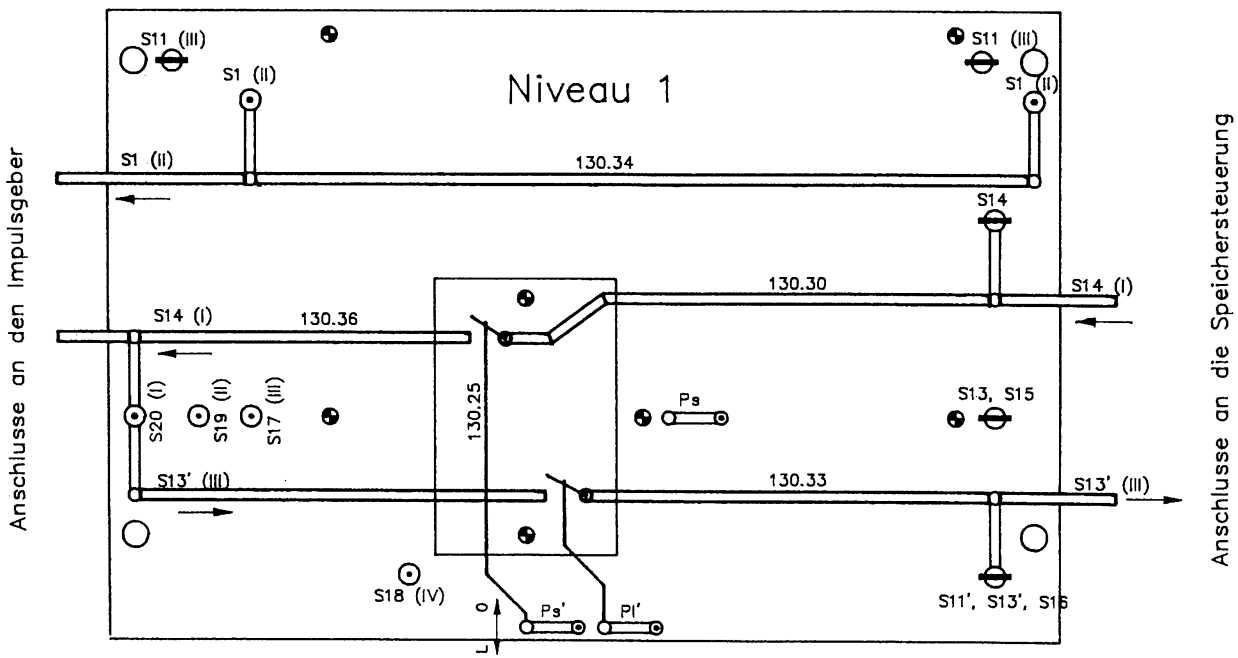


Bild 92 **Symbolische Impulsverteilung des Planwerks in Niveau 1**

Bild 93 Symbolische Impulsverteilung des Planwerks in Niveau 2

Bild 94 Symbolische Impulsverteilung des Planwerks in Niveau 3

8.6 Das Wählwerk (Block 11a)

Das Wählwerk setzt sich aus drei Elementen zusammen, dem Zeilenwähler, dem Schichtenwähler und einer Schaltgliedgruppe, die zur Ausführung der Befehle "Speichern" und "Lesen" dient. Weiterhin existiert eine Schaltgliedreihe vom Verteilertyp, die dafür sorgt, daß die Operationen "Speichern" und "Lesen" im richtigen Arbeitstakt erfolgen. Die Anordnung der einzelnen Segmente ist in Bild 95 dargestellt.

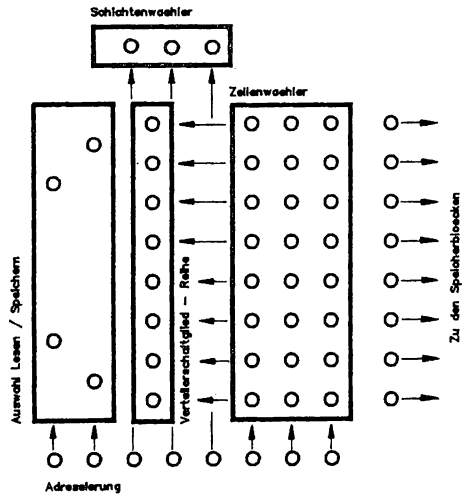


Bild 95 Anordnung der einzelnen Schaltgliedgruppen im Wählwerk

Der Schichtenwähler

Der Schichtenwähler dient zur Ansteuerung der gewünschten Speicherschicht. Er besteht ebenso wie die drei Speicherblöcke aus acht Schaltschichten (0–7). In jeder Schicht befinden sich drei einfache Schaltglieder (Schaltgliedgruppe cs), die konjunktiv miteinander verbunden sind (vergleiche auch Kap. 7.2.4). Hieraus lassen sich $2^3 = 8$ Schaltkombinationen realisieren.

Die Kodierung der einzelnen Schichten ist aus Tafel 10 zu entnehmen.

Schicht	Schaltgl. 1	Schaltgl. 2	Schaltgl 3
0	0	0	0
1	0	0	L
2	0	L	0
3	0	L	L
4	L	0	0
5	L	0	L
6	L	L	0
7	L	L	L

Tafel 10 Kodierung der Schaltschichten im Schichtenwähler nach dem jeweiligen Dezimaläquivalent

Schicht 0 ist im Schichtenwähler die oberste Schicht, Schicht 7 die unterste. Die L-förmigen Ausschnitte in den Festblechen der Schaltgliedreihen sind für die Binärziffern "0" und "L" wie folgt definiert (Tafel 11):

Binärziffer	Lage der L-förmigen Ausschnitte im Festblech
0	
L	

Tafel 11 Definition der Lage der L- förmigen Ausschnitte in den Festblechen der Schaltgliedreihen im Schichtenwähler

Der Schichtenwähler wird über den Impulshebel S3 auf Takt III angesteuert (vergleiche Bild 56). Es erfolgt eine Übertragung dieses Impulses auf die Schaltglieder cs. Der Impulshebel S6 schaltet schließlich die über cs' gewählte Speicherschicht ein.

Der Zeilenwähler

Der Zeilenwähler stellt einen in die Ebene geklappten Schichtenwähler dar. Er weist demnach acht in einer Ebene liegende Konjunktionen zu je drei Bit auf (Schaltgliedgruppe cw). Die Funktionsweise sowie die Kodierung der Schaltglieder entspricht der des Schichtenwählers. Über den Impulshebel S2 (Takt III) werden die Schaltketten betätigt. Die Löschung der gezogenen Speicherzelle sowie der Speicherschicht erfolgt durch S4 (Takt II). Die Photographie in Bild 96 zeigt die Gesamtansicht des Wählwerks. Im Hintergrund befindet sich der Schichtenwähler, in dem die Kombination (0L0) eingestellt ist, was der Schaltschicht 2 entspricht. Im Zeilenwähler, der sich im Vordergrund rechts befindet, ist die Zeile 2 mit der Kombination (0L0) eingestellt.

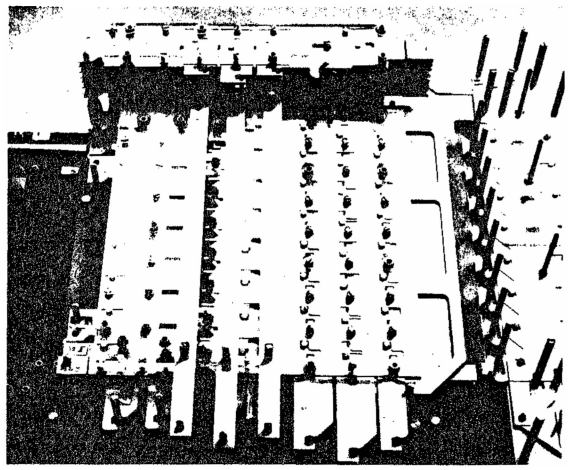


Bild 96 Gesamtansicht des Wählwerks

Die nun folgende schrittweise Beschreibung der Vorgänge während eines Arbeitszyklus (2 Arbeitsspiele bzw. 8 Arbeitstakte) im Wählwerk ist anhand der Symbolschaltpläne (Bild 97, Bild 98) und der Impulsverteilungszeichnung (Bild 99) zu verfolgen. Da die acht Schaltschichten im Schichtenwähler immer nach dem gleichen Prinzip aufgebaut sind, wurde darauf verzichtet, alle acht Symbolschaltungen aufzuführen. In Bild 98 ist lediglich Schicht 0 des Schichtenwählers dargestellt. Der Zellenwähler und die Schaltglieder zur Auswahl der Befehle "Lesen" und "Speichern" sind in zwei Schaltschichten angeordnet.

Zunächst erfolgt über den Impulshebel S1 in Takt II des ersten Arbeitsspiels die Einstellung der Schalthebel pb0 - pb7. Die Speicherzelle wird über pb0 - pb2 gewählt, die Speicherschicht über pb3 - pb5 und die Operationen "Lesen", "Speichern" und "Rechnen" über pb6 und pb7 (entspr. Pl' und Ps'). Der Impulshebel S3 sorgt in Takt III des ersten Arbeitsspiels für die Vorwahl der durch pb0 - pb2 angesteuerten Speicherzelle, d.h., er zieht die entsprechende Konjunktion (Schaltglieder cw) nach rechts, ohne jedoch bereits einen direkten Einfluß auf die zugehörige Speicherzelle auszuüben. Dieser Vorgang wirkt steuernd auf die Verteilerschaltgliedreihe cw' (Bild 97). Im gleichen Takt wird die über pb3 - pb5 gewählte Speicherschicht (Schaltglieder cs) aktiviert und über den Impulshebel S6 eingestellt. Im nun folgenden Takt IV des ersten Spiels führen die Verteilerschaltglieder cw' ihre Arbeitsbewegung durch den Impulshebel S5 aus. Die bewegten Bleche dieser Schaltglieder dienen gleichzeitig als steuernde Bleche für die einfachen Schaltglieder cw". Das der gewählten Speicherzelle (cb) zugehörige Schaltglied cw" wird in seine Arbeitsstellung ("L"-Stellung) gebracht. Sein bewegtes Blech steht in direkter Verbindung mit der entsprechenden Speicherzelle. Im zweiten Arbeitsspiel findet das eigentliche Ziehen der Speicherzelle sowie das Löschen der Schaltglieder cw und cs statt. Wurde zu Beginn des Arbeitszyklus pb7 (Pl') in "0"-Stellung und pb6(Ps') in "L"-Stellung gebracht, so erfolgt das Ziehen der Speicherzelle auf Takt II des zweiten Arbeitsspiels, dies ist gleichbedeutend mit dem Befehl "Speichern". Liegt die Kombination pb7 (Pl')= L, pb6 (Ps')= 0 vor, so wird die Speicherzelle auf Takt I des zweiten Arbeitsspiels aktiviert, was dem Befehl "Lesen" entspricht. Bei der Stellung pb6 (Ps') = pb7 (Pl') = "L", also dem Rechenbefehl, wird das gesamte Speicherwerk für die Dauer der Rechnung über den Hebel Ln des Planwerks stillgelegt. (Die Bezeichnungen Ps' und Pl' weisen auf die funktionale Verknüpfung dieser Schaltanschlüsse mit den Schalthebeln Ps und Pl im Planwerk hin).

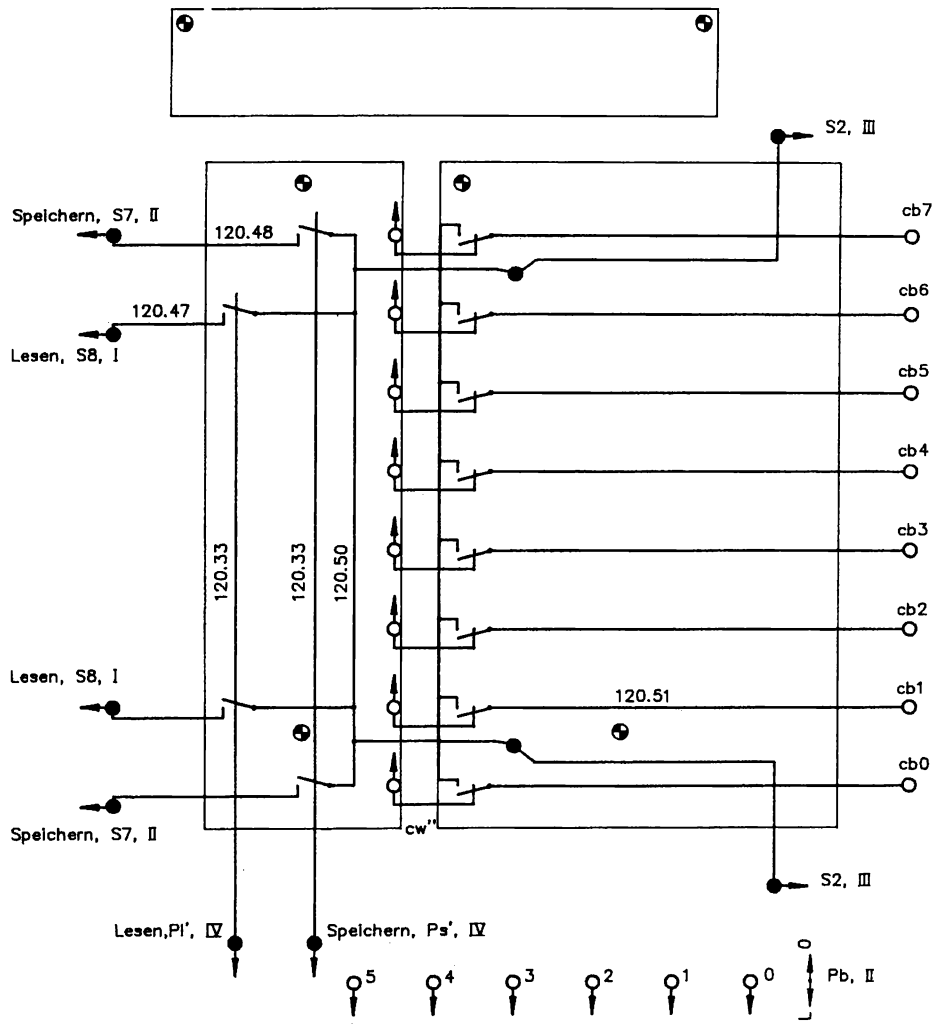


Bild 97 Symbolschaltplan der unteren Schaltschicht im Wählwerk

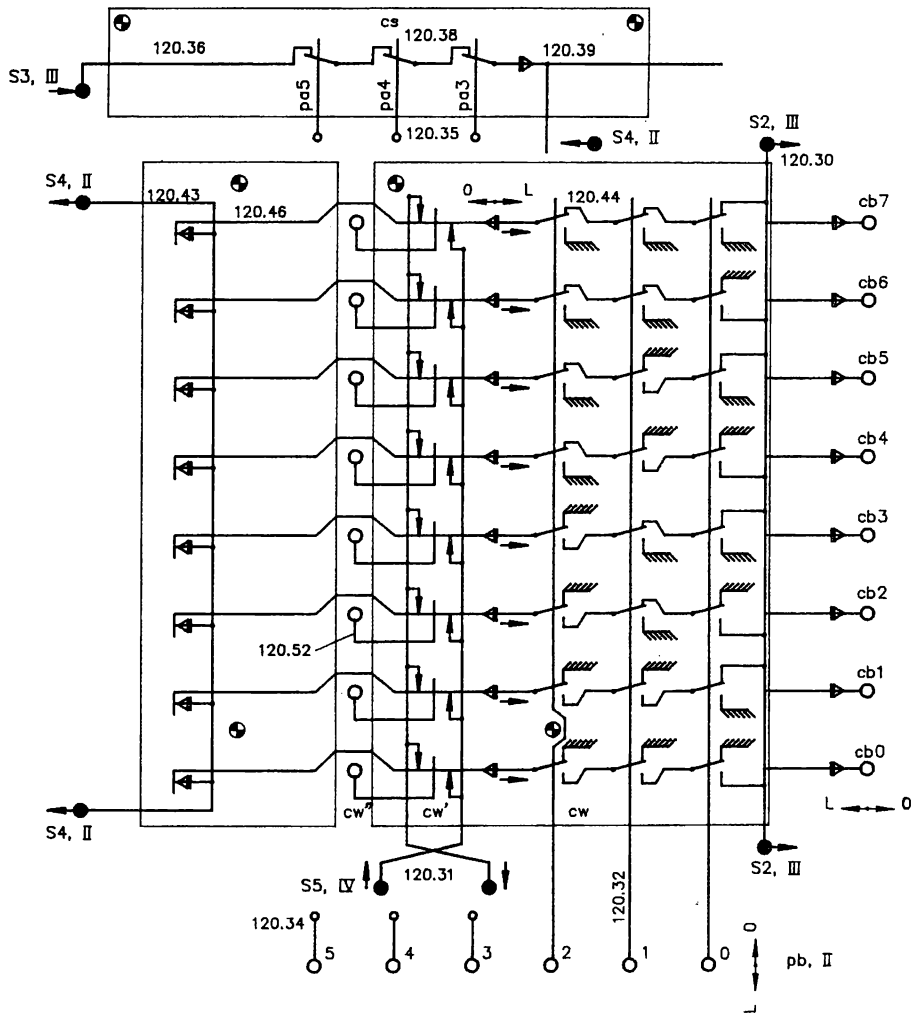


Bild 98 Symbolschaltplan der oberen Schaltschicht im Wählwerk

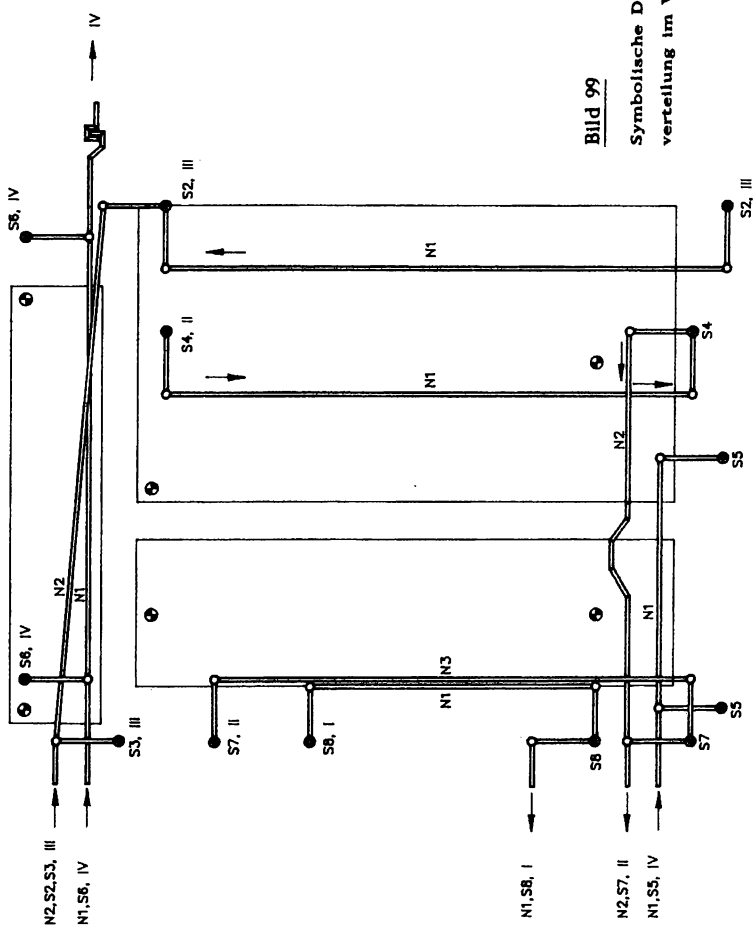


Bild 99

Symbolische Darstellung der Impulsverteilung im Wählwerk

8.7 Die Speichersteuerung (Blöcke 12a, 12b, 12c)

Die Speichersteuerung besteht aus drei Funktionsblöcken, die zur Koordination des Datenaustauschs zwischen Rechenwerk und Speicherblöcken dienen. Sie sind, wie aus der Gesamtansicht der Anlage (Bild 56) hervorgeht, den Speicherblöcken vorgeschaltet. Es erfolgt hier die parallele Übergabe der in den Blöcken 10a-10c gespeicherten Binärziffern an das Rechenwerk bzw. im umgekehrten Prozess die Eingabe der zu speichernden Werte in die Speicherblöcke. Bild 100 zeigt die Photographie eines der drei Speichersteuerblöcke.

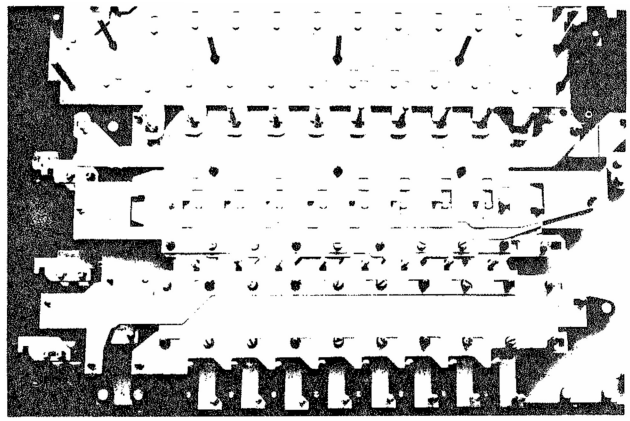


Bild 100 Photographie eines Speichersteuerblocks in der Draufsicht

Die am unteren Bildrand sichtbaren Winkelhebel (ca) bilden die Schnittstelle zum Rechenwerk; die mittleren Bewegungshebel (cc) stellen die Verknüpfung der beiden Schaltgliedgruppen dar; die hintere Hebelreihe (ca") dient zum Informationsaustausch mit den Speicherblöcken (oberer Bildrand).

Zur Realisierung der oben genannten Aufgaben verfügen die Blöcke 12a, 12b und 12c jeweils über vier Schaltschichten in drei Ebenen. Die räumliche Anordnung dieser Schaltschichten sowie die zugehörigen Bewegungshebel sind in Bild 101 schematisch dargestellt.

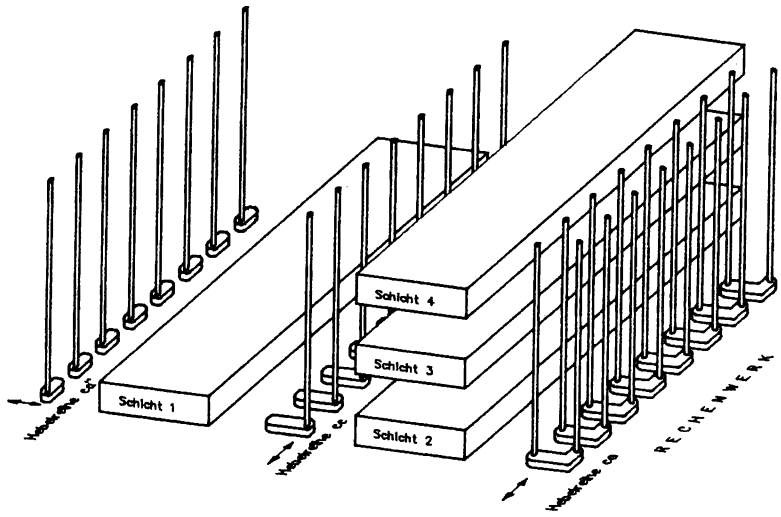


Bild 101 **Schematische Darstellung der Anordnung der vier Schaltschichten sowie der Bewegungshebel in der Speichersteuerung**

Zum besseren Verständnis der nun folgenden Erläuterungen der Arbeitsweise der Speichersteuerung sind die symbolischen Schaltpläne der vier Schaltschichten beigefügt (Bild 102 , Bild 103 und Bild 104) . Der Informationsfluß beim Vorgang des Einspeicherns von Binärziffern in die Speicherzellen läuft über die Schichten 1 und 3. Zunächst erfolgt im Planwerk (siehe auch 8.5) über die Hebel Ps und Ps' die Ansteuerung der zum Speichern erforderlichen Impulshebel S11, S13, S14 und S16. In Takt III des ersten Arbeitsspiels werden die Zahlen aus dem Rechenwerk über die Hebel ca eingestellt. Diese Bewegung wirkt steuernd auf die Verteilerschaltglieder der Schicht 3. In Takt IV des ersten Arbeitsspiels führen diese Schaltglieder, angetrieben von dem Impulshebel S13, ihre Arbeitsbewegung aus, bei der die bewegten Bleche je nach eingegebener Zahl die Hebel cc einstellen. Ebenfalls an die Hebel cc angeschlossen sind die Steuerbleche der Verteilerschaltglieder in Schicht 1. Sie werden demzufolge indirekt von den Schaltgliedern aus Schicht 3 angesteuert.

Der Impulshebel S14 leitet in Takt I des zweiten Spiels die Arbeitsbewegung in Schicht 1 ein, mit der über die bewegten Bleche die Weitergabe der Informationen an die Bewegungshebel ca" gewährleistet ist. Durch diese Hebel erfolgt dann direkt die Übertragung der zu speichernden Werte auf die Steuerbleche der Speicherzellen. Abschließend werden die Hebel ca" über den Impuls S11 ausgerichtet, was das endgültige Positionieren des Schaltstiftes in der Speicherzelle bewirkt.Die ca-Werte wurden bereits in Takt II des zweiten Arbeitsspiels durch S16 gelöscht.

Für den Lesevorgang erfogt ebenso wie beim Speichern die Impulsansteuerung durch das Planwerk. Es werden hierzu die Hebel Pl, Pl' und Pl" benötigt (siehe 8.5). Über den Impuls S10 wird zunächst die Lesebewegung in den Speicherblöcken eingeleitet (Takt II des zweiten Arbeitsspiels). Dies hat die Übergabe der gespeicherten Daten auf die Hebel ca" zur Folge. Es erfolgt eine direkte Durchleitung der Angaben in die Schaltschicht 2. Hier befindet sich eine Schaltgliedreihe bestehend aus einfachen Schaltgliedern. Wird ein Schaltglied durch die Bewegung von ca" in Arbeitsstellung gebracht (geschlossen), so wird nachfolgend der Wert "L" auf die Hebel ca übertragen, bei geöffnetem Schaltglied hingegen der Wert "0". Diese Bewegung wird über den Impuls S15 in Takt III des zweiten Arbeitsspiels ausgeführt. Die Hebel ca übertragen die gelesenen Werte parallel in das Rechenwerk.

Schicht 4 ist eine reine Löschschicht, in der die Impulse S13' (Takt I des zweiten Arbeitsspiels) und S16 (Takt II des zweiten Arbeitsspiels) für die Rückstellung der Bewegungshebel ca und cc sorgen. Die Rückstellung der einfachen Schaltglieder in Schicht 2 ist wegen der besseren Übersicht nicht in den Schaltplan eingetragen, da sie direkt in der Schaltschicht vorgenommen wird. Diese Löschung wird durch den Impuls S11' durchgeführt.

Zur Veranschaulichung der Impulsanschlüsse sei auf die Impulsverteilungszeichnung verwiesen (Bild 105). Da die Impulsstangen zumeist übereinander verlaufen, sind aus der Draufsicht Verlauf und Ankopplung nicht ausreichend verdeutlicht. Es sind daher die Schnittdarstellungen A-A und B-B (Bild 106) hinzugefügt, aus denen im Maßstab 1:2 die Auslegung der Ankopplung hervorgeht.

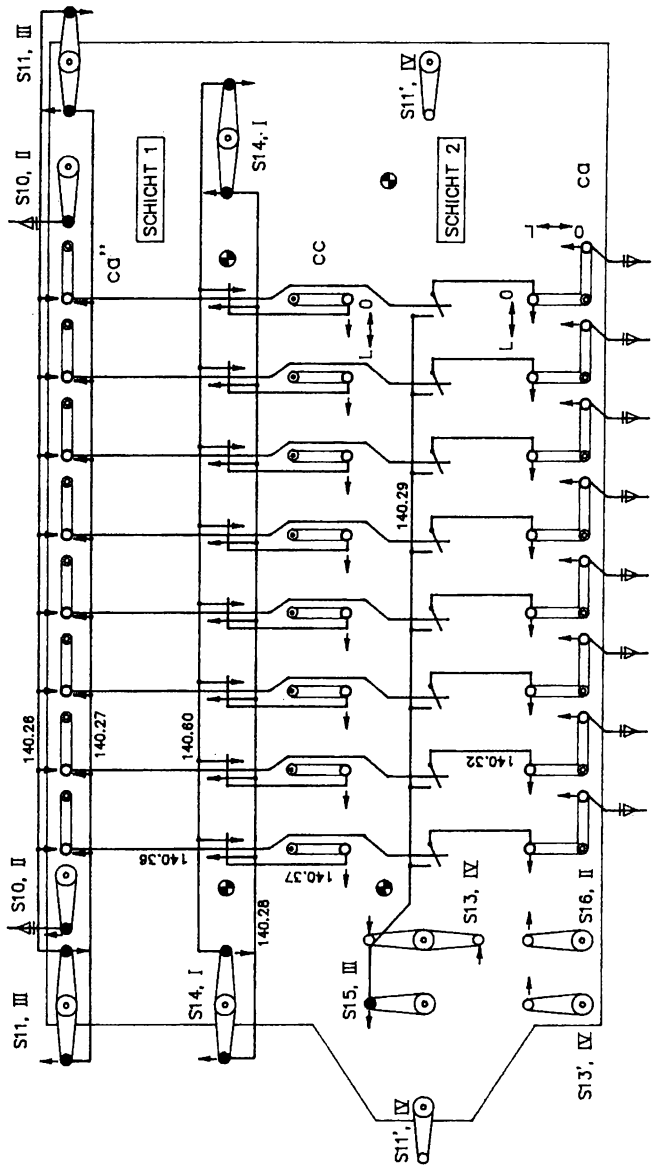


Bild 102 Symbolschaltplan der Schichten 1 und 2 in der Speichersteuerung

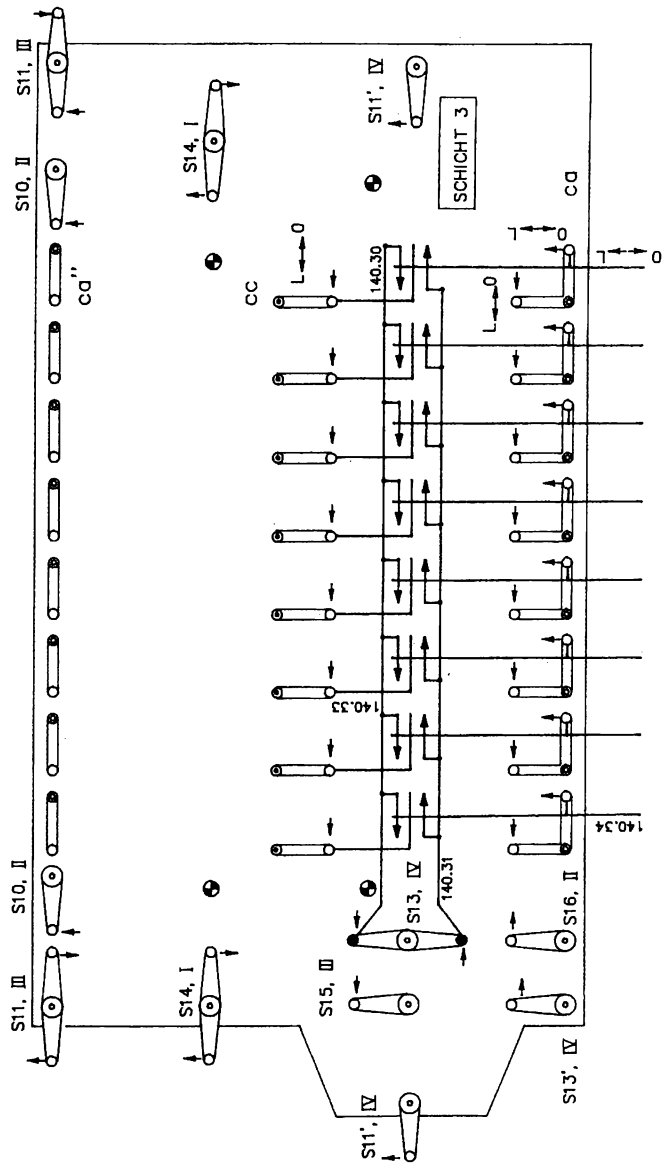


Bild 103 Symbolschaltplan der Schaltschicht 3 in der Speichersteuerung

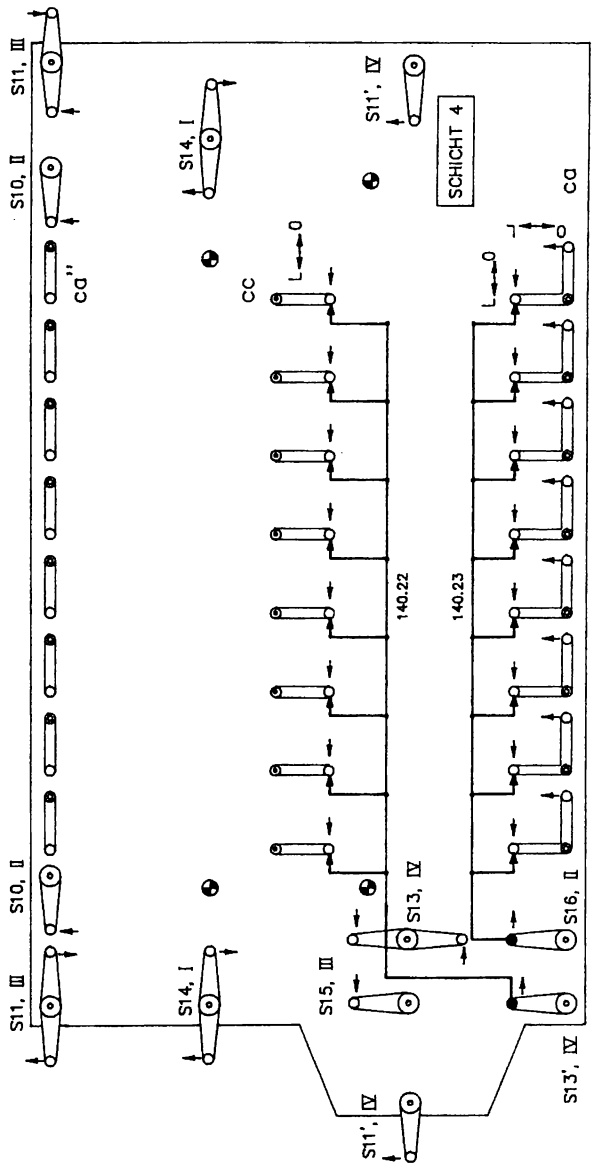


Bild 104 Symbolschaltplan der Schaltschicht 4 in der Speicherteuerung

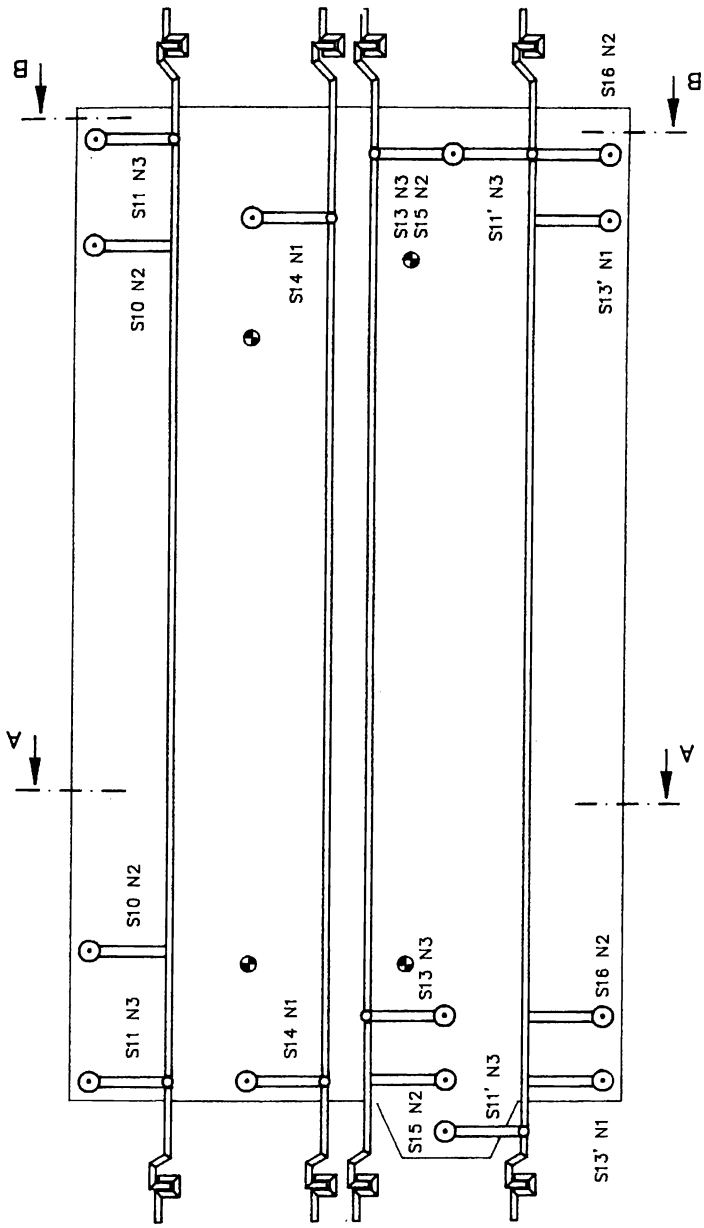
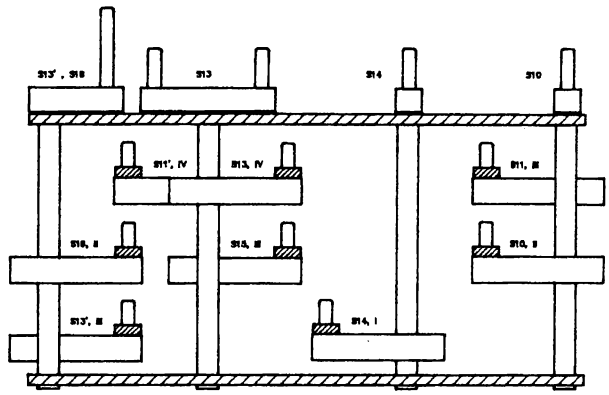


Bild 105 Impulsverteilungszeichnung der Speichersteuerung

Schnitt A–A



Schnitt B–B

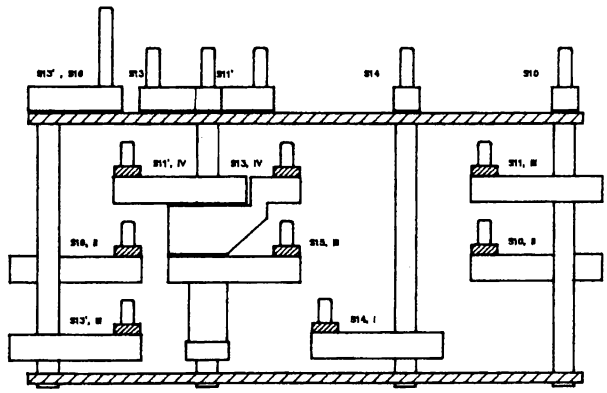


Bild 106 **Schnittdarstellung der Ankopplung der Impulsstangen in der Speichersteuerung**

8.8 Die Speicherblöcke (10a, 10b und 10c)

Die drei Speicherblöcke 10a-10c stellen das interne Speichermedium der Z1 dar. Die darin abgelegten Daten sind zu jedem Zeitpunkt während des Programmablaufs zugriffsbereit, unabhängig von der Reihenfolge, in der sie abgespeichert wurden. Das Grundkonzept dieser Speichereinheiten ist so angelegt, daß sie nicht nur zur Aufnahme von Zahlenwerten verwendbar sind, sondern beliebige binärvercodete Informationen abgelegt werden können. Es besteht also theoretisch die Möglichkeit der Verwendung als kombinatorischer Speicher einer speicherprogrammierbaren Anlage, obgleich in der Z1 eine reine Verwendung als Zahlenspeicher vorliegt. (Wie bereits bekannt, besitzt die Z1 eine externe Programmspeicherung auf Lochstreifen.)

Die drei Speicherblöcke weisen je 8 Speicherschichen zu 8x8 Speicherschaltgliedern auf. Eine Reihe zu 8 Schaltelementen wird über ein Zellenblech (vergleiche Kap. 7.2) zu einer Zelle verbunden. Durch die direkte Kopplung der drei Speicherblöcke ergibt sich folglich eine maximale Wortlänge von 24 Bit pro Zelle. Es können somit bis zu 64 Worte bei einer Gesamtkapazität von 1536 Bit gespeichert werden. Die Partitionierung des Speichers ist bereits in Kap. 7.1.2 ausführlich beschrieben. Bild 107 zeigt eine Photographie des Speicherblocks 10c (10a und 10b sind analog aufgebaut) in Verbindung mit dem Steuerblock 12c (links) in der Draufsicht.

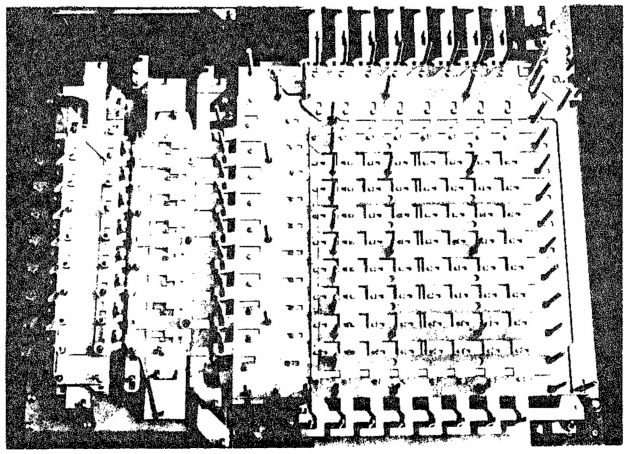


Bild 107 Photographie des Speicherblocks 10c in Verbindung mit der Speichersteuerung

In der Mitte dieses Blocks sind die 64 Speicherschaltglieder der untersten Schaltschicht zu sehen. Im Gegensatz zu den allgemein verwendeten 5mm Schaltstiften sind hier Stifte mit einem Durchmesser von 4mm eingesetzt, um den Platzbedarf der Speicherblöcke zu reduzieren. Ein weiteres wichtiges Element der Speicherblöcke ist der Ankoppelmechanismus an die Speichersteuerung und den benachbarten Speicherblock (bzw. bei 10a an das Wählwerk). Diese Verbindung wird für die gesamte Schaltschicht über den rechts oben in Bild 107 zu sehenden Impulshebel S6 in Verbindung mit einem hierüber betätigten Verteilerschaltglied ein- bzw. ausgeschaltet. Der Anschluß erfolgt an die Bewegungshebel cb und ca". Das genannte Verteilerschaltglied wird durch den Schichtenwähler angesteuert. Da die Funktionsweise des einzelnen Speicherschaltgliedes bereits detailliert beschrieben wurde, werden nachfolgend primär die globalen Zusammenhänge während eines Arbeitszyklus in den Speicherblöcken verfolgt, wobei eine gleichzeitige Betrachtung der Ausführungen in Kap. 7.2.3 zu empfehlen ist. Die Vorgänge sind wiederum mit Hilfe des Symbolschaltplanes (Bild 108) und der Impulsverteilungszeichnung (Bild 109) erläutert. Es sei zunächst der Speichervorgang beschrieben, der mit der Einstellung der Speicherschicht über den Impulshebel S6 in Takt II des ersten Arbeitsspiels beginnt. In dem hierauf folgenden Takt I des zweiten Arbeitsspiels werden die auf ca" (in der Speichersteuerung) stehenden Ziffern auf die Steuerbleche der Speicherschaltglieder übertragen. Sie werden je nach Ziffer (0 oder L) aus ihrer Mittelstellung ausgelenkt. Diese Stellung der Steuerbleche wird über den Takt II (zweites Spiel) hinaus gehalten, da hier zunächst das Ziehen des Zellenblechs durch das Wählwerk erfolgt. Nun befindet sich das Schaltglied in Arbeitsstellung. Erst in Takt III des zweiten Spiels wird der Schaltstift durch das Ausrichten der Schaltglieder ca", was mit einer Rückbewegung der Steuerbleche auf Mittelstellung verbunden ist, in die zu speichernde Position gebracht. Abschließend erfolgt der Übergang des Zellenblechs in seine Ausgangsstellung (Takt IV, zweites Spiel).

Der Lesevorgang beginnt ebenfalls mit der Auswahl der Speicherschicht durch Impuls S6 (Takt IV des ersten Arbeitsspiels). Darauf folgend wird direkt in Takt I des zweiten Arbeitsspiels das Zellenblech gezogen und somit das Schaltglied in Arbeitsstellung gebracht. Das Auslösen dieser Bewegung erfolgt durch den Zellenwähler des Wählwerks. In Takt II des zweiten Spiels wird der Vorgang durch die Lesebewegung des Zellenblechs fortgesetzt. Diese Verschiebung geht je nach Lage des Schaltstifts (0 oder L) auf die Steuerbleche der Speicherschaltglieder über, die den somit abgetasteten Wert auf die Hebel ca" der Speichersteuerung übertragen. Abschließend wird wiederum das Zellenblech (Impuls S9, Takt IV, zweites Spiel) in seine Ausgangsstellung gebracht.

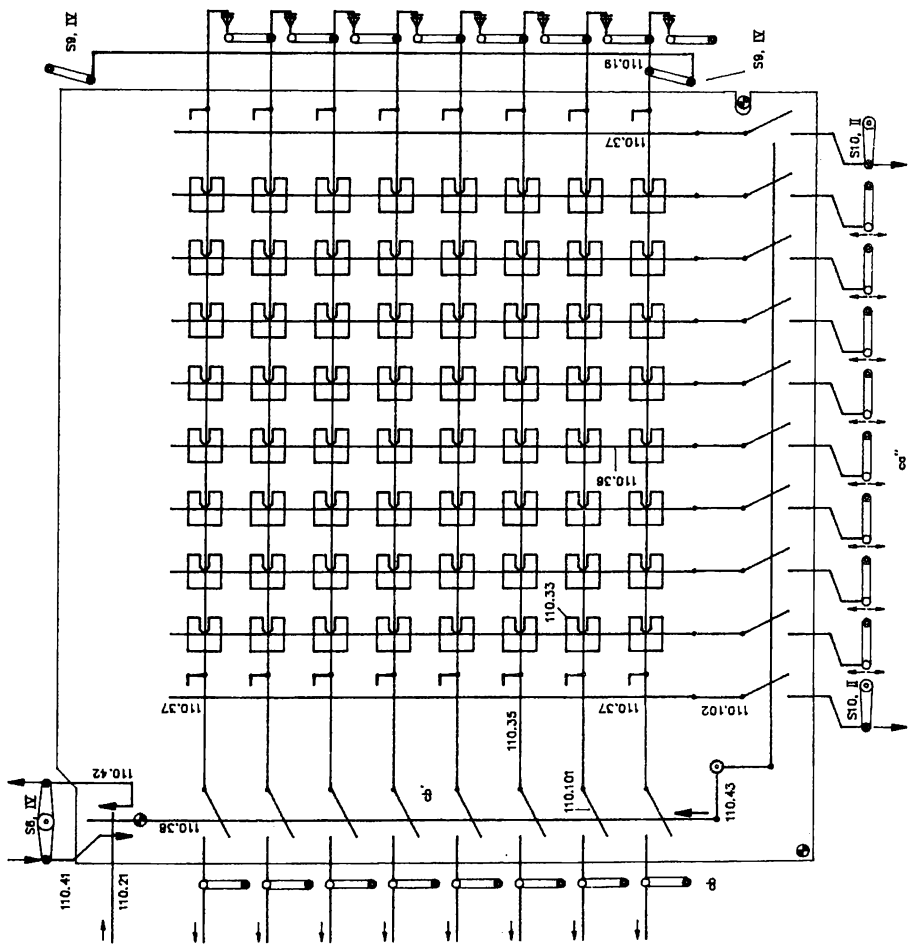


Bild 108

Symbolschaltplan der Speicherblöcke 10a-c

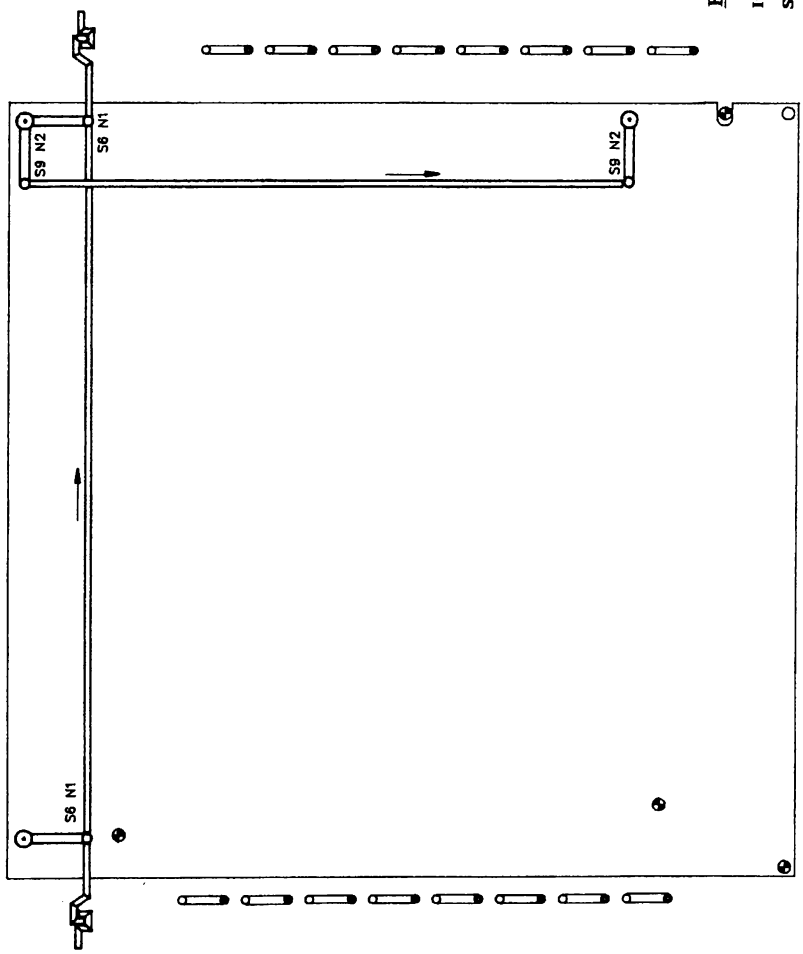


Bild 109

Impulsverteilung in den Speicherblöcken 10a-c

9 Hinweise zur Montage der Baugruppen

Um ein einwandfreies Funktionieren der Schaltblöcke der Z1 zu garantieren sind detaillierte Montagehinweise unerläßlich. Dies beginnt mit der exakten Platzierung der Funktionsblöcke auf dem Unterbau mit den in Kap. 8.3.3 beschriebenen Spezialbolzen. Es hat sich jedoch als zweckmäßig erwiesen, zuvor die Impulshebel und Bewegungshebel in der oberen und unteren Platte einzubauen. Hierzu existieren verschiedene Montagehilfen. Um die Anschlüsse der Impulsstangen an die Impulshebel auf die gewünschte Niveauhöhe zu bringen, stehen entsprechende Lehren zur Verfügung. Weiterhin ist es wichtig, daß diese Anschlüsse rechtwinklig (bzw. parallel)zu den oberhalb der oberen Platte liegenden Anschlüssen an die Schaltschichten stehen. Hierzu werden die Anschlußstifte mit Hilfe von Einrichtschablonen in ihrer Mittelstellung fixiert. Anschließend erfolgt das Ausrichten der Impulsanschlüsse mit einem Anschlagwinkel. Sie werden in ihrer exakten Lage verschraubt. Beim Einsetzen der Impulsstangen ist zu beachten, daß die Verbindungshaken in einheitlicher Stellung liegen, um eine Demontage des gesamten Blocks ohne vorherigen Ausbau der Impulsstangen zu gewährleisten. Die Lagerstellen der Impuls- und Bewegungshebel müssen in regelmäßigen Zeitabständen geölt werden, da zur Lagerung kein Lagermaterial verwendet wurde. Die Montage der Schaltschichten erfolgt gemäß der Darstellungen in Kap. 8.3.1 . Eine zusätzliche unerläßliche Hilfe stellen die Ablegepläne der Schaltbleche dar. Hierin ist die fest definierte Folge der Schaltbleche in einzelnen Zeichnungen mit entsprechenden Teilenummern festgehalten. Die beschriebene Reihenfolge ist unbedingt einzuhalten, da sonst die in den Schaltplänen geforderten Abläufe nicht garantiert werden können. In diesen Plänen befinden sich auch dünne Zwischenbleche, die zwar nicht direkt in den Schaltprozeß eingreifen, jedoch die Funktionstüchtigkeit der Schaltschichten erst ermöglichen. Sie verhindern ein unbeabsichtigtes Bewegen von Blechen aufgrund von Reibung und trennen eventuelle Stoßkanten von Blechen mit gegenläufiger Bewegungsrichtung. In Anhang A1-A3 sind exemplarisch die Ablegepläne für den Lochstreifenleser, die Speichersteuerung und die Speicherblöcke beigefügt.Weiterhin ist bei der Montage der Schaltbleche sorgfältig darauf zu achten, daß diese wegen der Gleiteigenschaften absolut fettfrei eingebaut werden. Zur Erleichterung der Demontage der Schaltschichten wurden für die einzelnen Funktionsblöcke sogenannte Ablegeplatten angefertigt. In eine Metallplatte sind dünne Stahlstifte eingepreßt, die die gleiche Position aufweisen wie die Impulsanschlüsse in den Funktionsblöcken. Die demontierten Bleche können folglich in der gleichen Position abgelegt werden, in der sie dem Funktionsblock entnommen wurden.

Schlußwort

Vor 50 Jahren begann mit Konrad Zuse die Entwicklung der mechanischen programmgesteurten Rechenmaschinen, die über die Elektrotechnik zur Elektonik in Rechenmachinen führte. Die Mechanik in den programmgesteuerten Rechenmaschinen (der Begriff *Computer* setzte sich erst später durch) war gegenüber den viel schnelleren und weniger störanfälligen Relais nicht konkurrenzfähig. Im Laufe der Entwicklung wurden die Ja-Nein-Bauteile (Flipflop) in ihren äußeren Abmessungen immer kleiner, so daß der bis dahin für die mechanische Lösung geltende Vorteil des geringen Bauvolumens aufgehoben wurde. Einen wesentlichen Schritt auf diesem Wege stellten beispielsweise die Arbeiten von Prof. Dr. H. Zemanek dar, der mit seinem Gerät "Mailüfterl" im Jahre 1959 den ersten voll transistorisierten Computer Europas konstruierte. [35] Heute ist dieser Miniatisierungsprozeß noch lange nicht abgeschlossen. Selbst die mikroskopische Größe für integrierte Schaltungen von 100-500 Nanometern (millionstel Millimeter) scheint in naher Zukunft durch sogenannte *Quantenhalbleiterbauelemente* noch weit zu unterschritten werden. Hiermit wird es möglich sein, die gesamte Schaltung eines "Supercomputers" auf einem einzigen Chip unterzubringen. [36] Das Ende dieses Entwicklungsprozesses ist sowohl auf technologischem als auch auf anwendungstechnischem Gebiet noch lange nicht abzusehen. Wie weit sich der Mensch diese Entwicklung zunutze macht, hängt in erster Linie von ihm selbst ab. Die Vergangenheit und die Gegenwart zeigen uns, daß technischer Fortschritt leider nicht selten mißbraucht wird und dem Menschen Schaden zufügt anstatt ihm zu nützen. Daher bringt die Entwicklung des Computers eine große Verantwortung mit sich, insbesondere gegenüber zukünftigen Generationen. Es bleibt zu hoffen, daß der Computer so genutzt wird, wie es im Sinne des Erfinders gedacht war.

Anmerkungen

[1] Korte, Bernhard — Zur Geschichte des maschinellen Rechnens
Bonn, Bouvier Verlag, 1981 S.7

[2] Vorndran, Edgar — Entwicklungsgeschichte des Computers
Fulda, VDE-Verlag GmbH Berlin, 1981 S.13

[3] Korte — S.11

[4] Korte — S.9

[5] Vorndran — S.16

[6] Korte — S.13

[7] Vorndran — S.19

[8] Kaufmann, H. — Die Ahnen des Computers
Econ Verlag, 1975 S.

[9] Vorndran — S.25 ff

[10] Kreber, Marion — -Von Schickart bis Zuse- Erfinder und Computer
Nagold, Semesterarbeit der Lehranstalt des Deutschen Textileinzelhandels, 1982 S.8

[11] Vorndran — S.36

[12] Vorndran — S.39

[13] Korte — S.25

[14] Vorndran — S.40 ff.

[15] Vorndran — S.50

[16] Korte — S.29

[17] de Beauclair, W. — Rechnen mit Maschinen
Germany, Vieweg Verlag Braunschweig, 1968
S.24

[18] Korte — S. 29

[19] Korte — S. 34

[20] de Beauclair, W. und Schmid, D — Geschichtliche Entwicklung der Rechenmaschinen
Sonderdruck aus dem Taschenbuch der Informatik
Karlsruhe, Springer-Verlag Berlin· Heidelberg, 1974, S.6

[21] Korte — S.37

[22] Vorndran — S.57

[23] Vorndran — S.58 f.

[24] Vorndran — S.59 f.

[25] Korte — S.39

[26] Korte — S.39

[27] Randell, Brian — The Origins of Digital Computers; Selected Papers
Springer Verlag, 1973, S. 65 ff

[28] Zuse, Konrad — Der Computer- mein Lebenswerk
Hünfeld, Springer Verlag Berlin, 2. Aufl. 1984
Die Informationen zu diesem Kapitel sind im wesentlichen dem angegebenen Werk entnommen

[29] Zuse, Konrad — S.13

[30] Rost, D. — COM Siemens-Magazin für Computer&Communications
3/85 S.16 ff.

[31] Zuse, Konrad — S.151

[32] Die Abbildung orientiert sich an den Ausführungen Konrad Zuses in Gigatrend Nr.1, 1985, S. 2 ff

[33] siehe Anmerkung 32

[34] Die Schaltpläne und Impulsverteilungszeichnungen wurden in Anlehnung an entsprechende Aufzeichnungen von Prof. Dr. K. Zuse erstellt.

[35] Eier, Richard "Heinz Zemanek - 60 Jahre", in: Elektrotechnik und Maschinenbau, Sonderdruck aus 96. Jahrgang, Heft 12, 1979, S.1

[36] Bate, Robert T. " Der Quanteneffekt-Transistor", in: Spektrum der Wissenschaft, Ausgabe Mai 1988

Literatur

Bate, Robert T. "Der Quanteneffekt-Transistor", in: Spektrum der Wissenschaft, Ausgabe Mai 1988

de Beauclair, W. Rechnen mit Maschinen
Vieweg Verlag Braunschweig,1968

de Beauclair, W. und Schmid, D. Geschichtliche Entwicklung der Rechenmaschinen, Sonderdruck aus dem Taschenbuch der Informatik Karlsruhe, Springer-Verlag Berlin · Heidelberg, 1974

de Beauclair, W. " Konrad Zuse - His Contribution to the Development of the Programme- Controlled Computer", in: Zuse - 25 Years Development of Programme Controlled Computing Machinery , 1965

Czauderna, K.-H. Konrad Zuse, der Weg zu seinem Computer Z3
Augsburg, Oldenburg - Verlag, 1978

Eier, Richard "Heinz Zemanek - 60 Jahre", in: Elektrotechnik und Maschinenbau, Sonderdruck aus 96. Jahrgang, Heft 12, 1979, S.1

Engler, E. Konrad Zuse und die Frühzeit des wissenschaftlichen Rechnens an der ETH
Zürich, ETH, 1981

Ganzhorn, Karl
Walter, Wolfgang Die geschichtliche Entwicklung der Datenverarbeitung
München, IBM - Deutschland Oldenburg - Verlag, 1975

Gebhardt, Friedr. Skizzen aus den Anfängen der Datenverarbeitung
Bonn - St. Augustin, Oldenburg - Verlag, 1983

Güntsch, F.R. " Konrad Zuse — der bescheidene Genius ", in: 675 Jahre Stadtrecht Hünfeld , Hünfeld 1985, S. 104

Höfling, Helmut — Computer unter uns
Reutlingen, Enslin & Laiblin Verlag, 1978

Kaufmann, H. — Die Ahnen des Computers
Econ Verlag, 1975

Korte, Bernh. — Zur Geschichte des maschinellen Rechnens
Bonn, Bouvier Verlag, 1981

Kreber, Marion — -Von Schickart bis Zuse- Erfinder und Computer
Nagold, Semesterarbeit der Lehranstalt des Deutschen Textileinzelhandels, 1982

Lindlar, Klaus P. — " Ein Lebenswerk – Der Computer ", in: Chip, Nr.12, 1981, S. 146

Pauli, Kurt — " Konrad Zuse ", in: 675 Jahre Stadtrecht Hünfeld, Hünfeld 1985, S. 95

Randell, Brian — The Origins of Digital Computers; Selected Papers
Springer Verlag, 1973

Rost, D. — " Computerpionier wird 75 ", in: COM, Nr. 3, 1985, S16

Rudolph, Hagen — " Computervater ", in: Themen (Verlagsbeilage in Journalist und pr-Magazin), 1987, S.1

Vorndran, E. P. — Entwicklungsgeschichte des Computers
Fulda, VDE - Verlag GmbH Berlin u. Offenbach, 1981

Welzel, Haro D. — " Konrad Zuse und die Computerbauer von heute ", Herausgeber: Philips Data Systems, Siegen, 1980, S.1

Zuse, Konrad — " Algorithmische Sprachen und Plankalkül ", Hünfeld, 1981

Zuse, Konrad — " Computer und Bürokratie ", in: DSWR, Heft 9, 1972, S. 257

Zuse, Konrad — Der Computer - Mein Lebenswerk
Hünfeld, Springer Verlag Berlin, 2. Auflage 1984

Zuse, Konrad — " Der mechanische Speicher für programmgesteuerte Rechenmaschinen ", in: Gigatrend / Essen, Nr. 1, 1985

Zuse, Konrad — " Die historischen Modelle der Zuse Rechengeräte – Entwicklung ", Hünfeld, 1960

Zuse, Konrad — " Die Rolle Berlins bei der Computerentwicklung ", in: ZIB (Informationen zur Gründungsveranstaltung, Berlin, 1984, S. 9

Zuse Konrad — " Programmgesteuerte mechanische Rechenmaschine Z1 ", 1935

Zuse, Konrad — " Rechengeräte – Entwicklung von der Mechanik zur Elektronik ", in: Digitale Informationswandler (Sonderdruck), Herausgeber: Walter Hoffmann, 1962, S. 512

Zuse, Konrad — " Some Remarks on the History of Computing in Germany ", Lecture at the University of California, Los Alamos, 1976

Zuse, Konrad — " Tendenzen der Computer – Entwicklung ", in: Betriebswirtschaftlicher Informationsdienst des Bundesverband Druck e.V., Nr. 1, 1982, S. 1

Zuse, Konrad — " Was war vor 25 Jahren die Basis ? ", in: Angewandte Informatik, Nr. 2, 1982, S. 55

Zuse, Konrad — " Wissenschaft und Rechenmaschine ", in: Bild der Wissenschaft (Autorensonderdruck), 1970, S. 232

Zuse Konrad — " Zusammenstellung von Unterlagen bezüglich der Programmspeicherung und damit zusammenhängender Gedanken ", Teil I – Teil III, Hünfeld, 1986

Bild- und Tafelverzeichnis

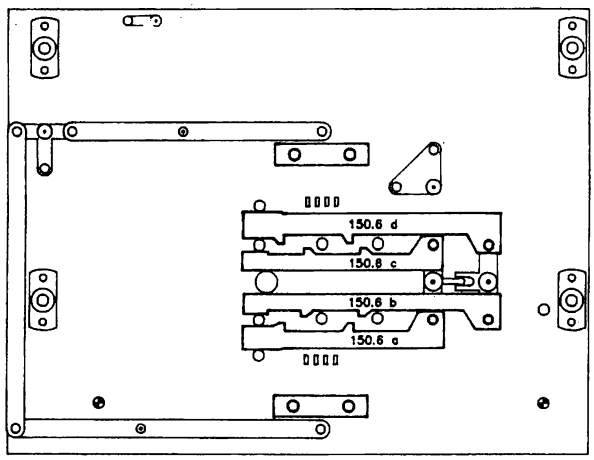
Bild 1	Vorndran, Edgar	Entwicklungsgeschichte des Computers Fulda, VDE-Verlag GmbH Berlin, 1981 S.13
Bild 2	Korte,Bernhard	Zur Geschichte des maschinellen Rechnens Bonn, Bouvier Verlag, 1981 S.11
Bild 3	Vorndran	S.16
Bild 4	de Beauclair W.	Rechnen mit Maschinen Germany, Vieweg Verlag Braunschweig, 1968 S.16
Bild 5	de Beauclair	S.17
Bild 6	Vorndran	S.23
Bild 7	Vorndran	S.25
Bild 8	Vorndran	S.27
Bild 9	de Beauclair	S.18
Bild 10	de Beauclair	S.19
Bild 11	de Beauclair	S.20
Bild 12	de Beauclair	S.20
Bild 13	de Beauclair	S.20
Bild 14	Saupe, Dietmar	
Bild 15	de Beauclair	S.21
Bild 16	Korte	S.27
Bild 17	Vorndran	S.44
Bild 18	de Beauclair	S.22
Bild 19	de Beauclair	S.21
Bild 20	Vorndran	S.50
Bild 21	de Beauclair	S.23
Bild 22	de Beauclair	S.24
Bild 23	de Beauclair	S.24
Bild 24	de Beauclair	S.25
Bild 25	de Beauclair	S.25

Bild 26	Vorndran	S.57
Bild 27	Korte	S.44
Bild 28	Korte	S.46
Bild 29	Vorndran	S.69
Bild 30	de Beauclair	S.33
Bild 31	de Beauclair	S.34
Bild 32	Kreber, Marion	-Von Schickart bis Zuse- Erfinder und Computer , Nagold, Semesterarbeit der Lehranstalt des Deutschen Textileinzelhandels, 1982 S.53
Bild 33	mit freundlicher Genehmigung aus dem Privatbesitz von K. Zuse	
Bild 34	Zuse, Konrad	Der Computer-mein Lebenswerk Hünfeld, Springer Verlag Berlin, 2.Aufl. 1984 S.11
Bild 35	Zuse, Konrad	S.17
Bild 36	mit freundlicher Genehmigung aus dem Privatbesitz von K. Zuse	
Bild 37	COM Siemens-Magazin für Computer&Communications 3/85 S.16	
Bild 38	de Beauclair	S.67
Bild 39	mit freundlicher Genehmigung aus dem Privatbesitz von K. Zuse	
Bild 40	mit freundlicher Genehmigung aus dem Privatbesitz von K. Zuse	
Bild 41	von den Verfassern im Jan. 1988 aufgenommen	
Bild 42-60	Schweier, Ursula	
Bild 61-62	Saupe, Dietmar	
Bild 63-70	Schweier, Ursula	
Bild 71-73	Saupe, Dietmar	
Bild 74-77	Schweier, U. / Saupe, D.	
Bild 78-94	Saupe, Dietmar	
Bild 95-109	Schweier, Ursula	

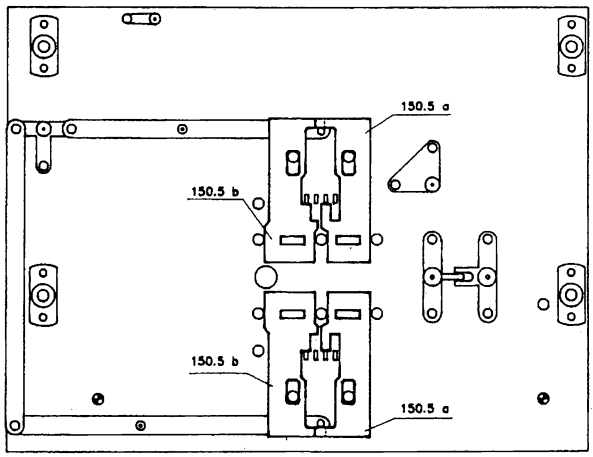
Tafel 1	Vorndran	S. 36
Tafel 2	Vorndran	S. 39
Tafel 3	Vorndran	S. 44
Tafel 4	Vorndran	S. 47
Tafel 5	Gebhardt, Friedrich	Sizzen aus den Anfängen der Datenverarbeitung Bonn-St. Augustin, Oldenburg - Verlag, 1983 S. 17
Tafel 6-9	Saupe, Dietmar	
Tafel 10-11	Schweier, Ursula	

ANHANG A1

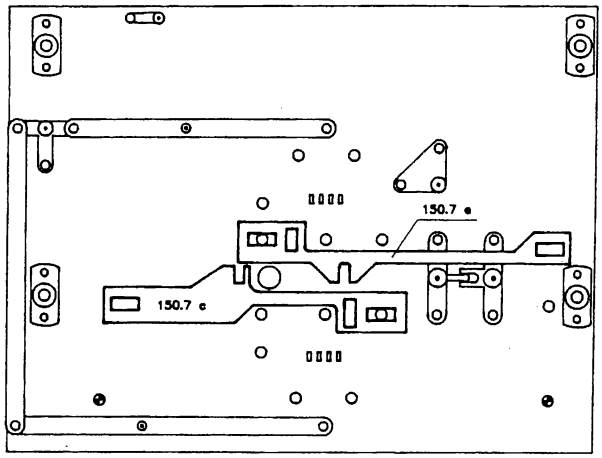
Ablegepläne des Lochstreifenlesers



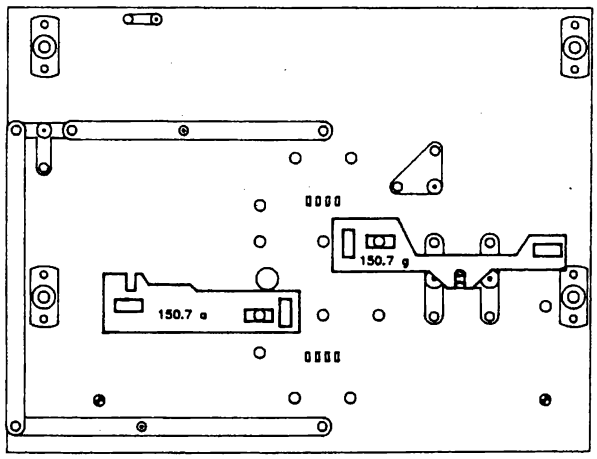
Streifenleser
Lage 1
Teile Nr.:
150.6 a
150.6 b
150.6 c
150.6 d



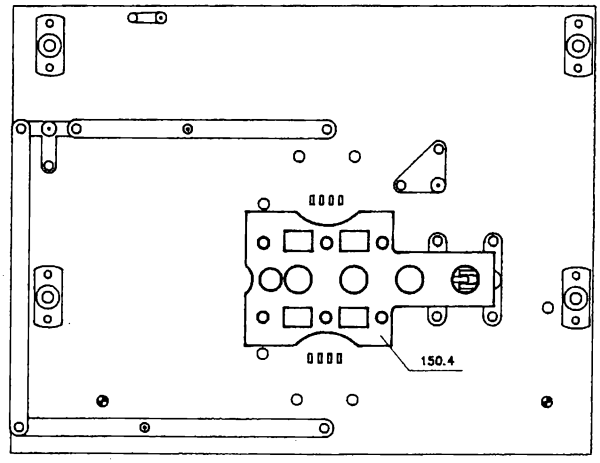
Streifenleser
Lage 2
Teile Nr.:
150.5 a
150.5 b



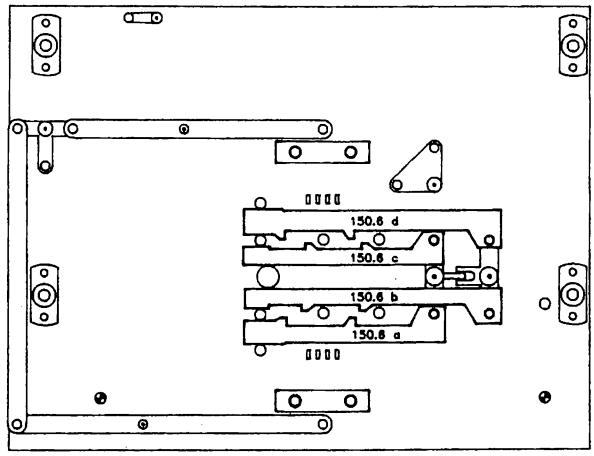
Streifenleser
Lage 3
Teile Nr.:
150.7 c
150.7 e



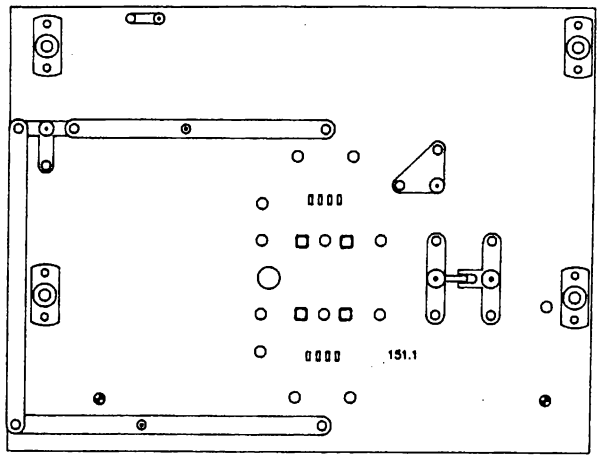
Streifenleser
Lage 4
Teile Nr.:
150.7 a
150.7 g



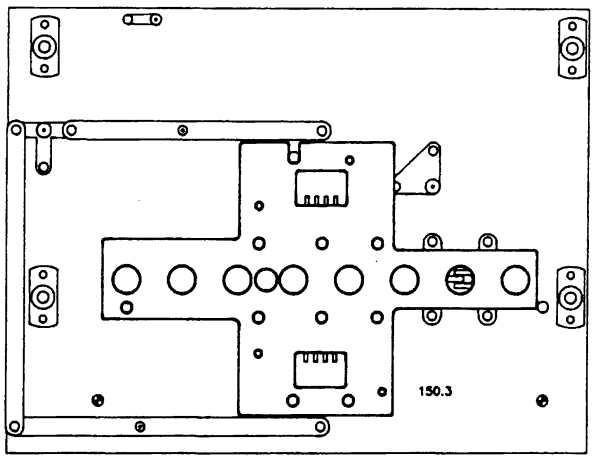
Streifenleser
Lage 5
Teil Nr.:
150.4



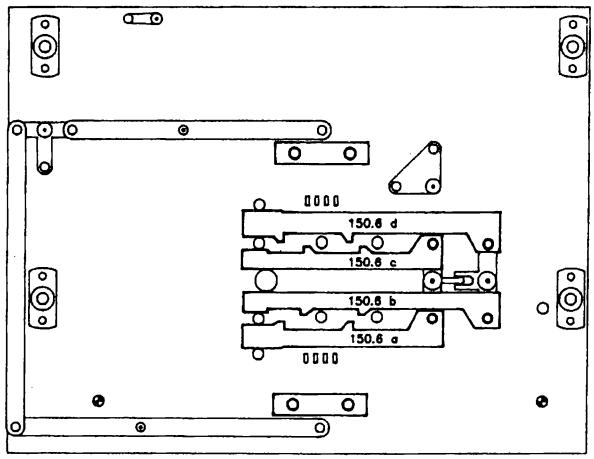
Streifenleser
Lage 6
Teile Nr.:
150.6 a
150.6 b
150.6 c
150.6 d



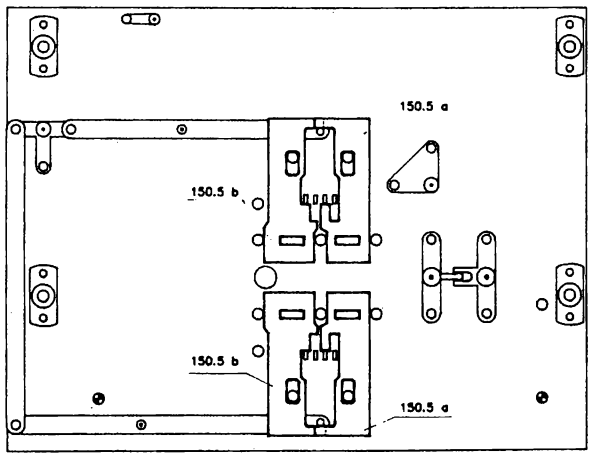
Streifenleser
Lage 7
Teil Nr.:
151.1



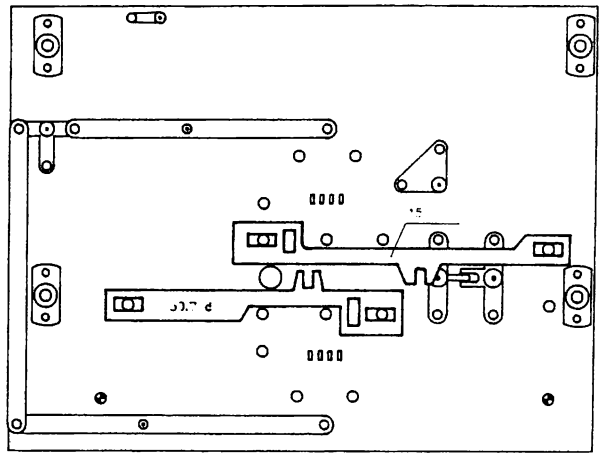
Streifenleser
Lage 8
Teil Nr.:
150.3



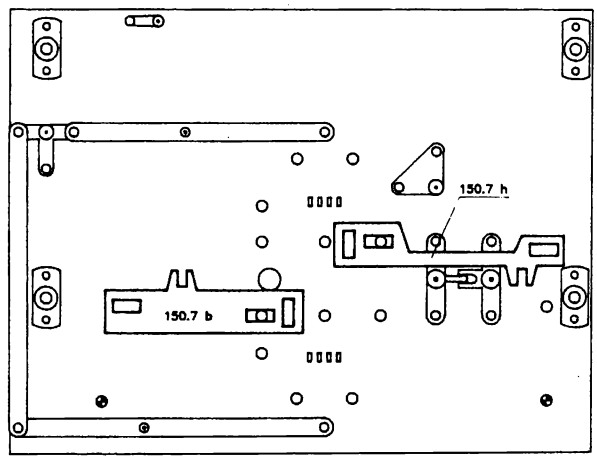
Streifenleser
Lage 9
Teile Nr.:
150.6 a
150.6 b
150.6 c
150.6 d



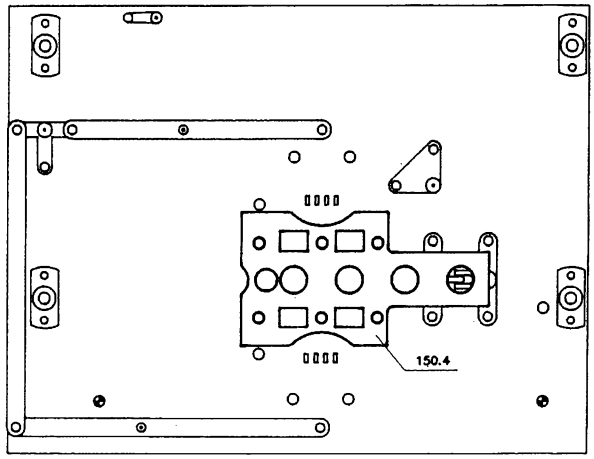
Streifenleser
Lage 10
Teile Nr.:
150.5 a
150.5 b



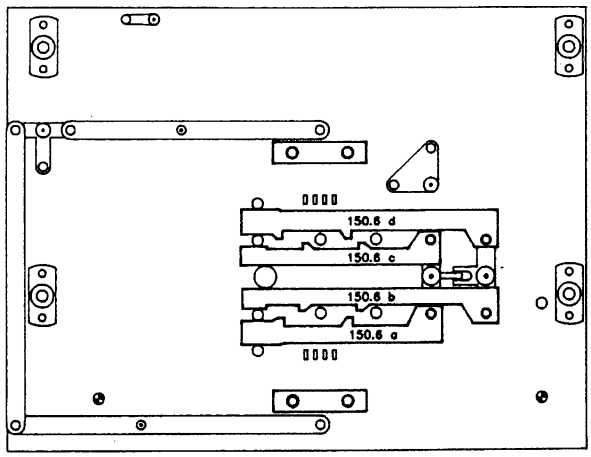
Streifenleser
Lage 11
Teile Nr.:
150.7 f
150.7 d



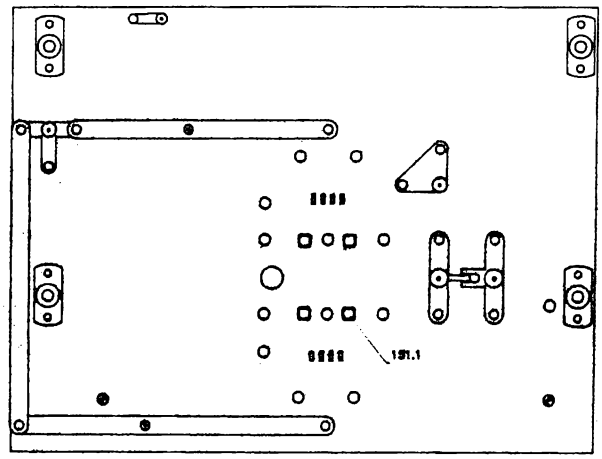
Streifenleser
Lage 12
Teile Nr.:
150.7 b
150.7 h



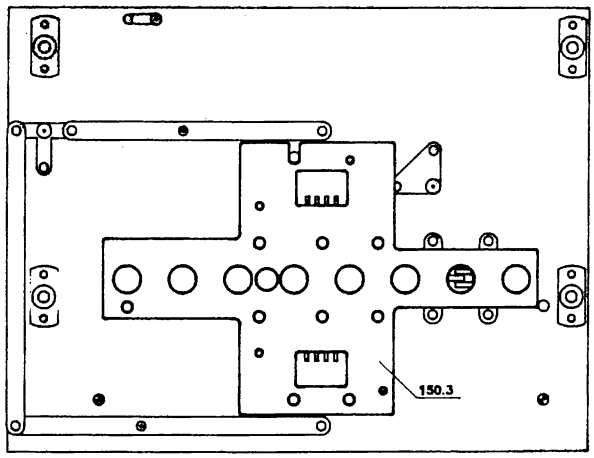
Streifenleser
Lage 13
Teil Nr.:
150.4



Streifenleser
Lage 14
Teile Nr.:
150.6 a
150.6 b
150.6 c
150.6 d



Streifenleser
Lage 15
Teil Nr.:
151.1

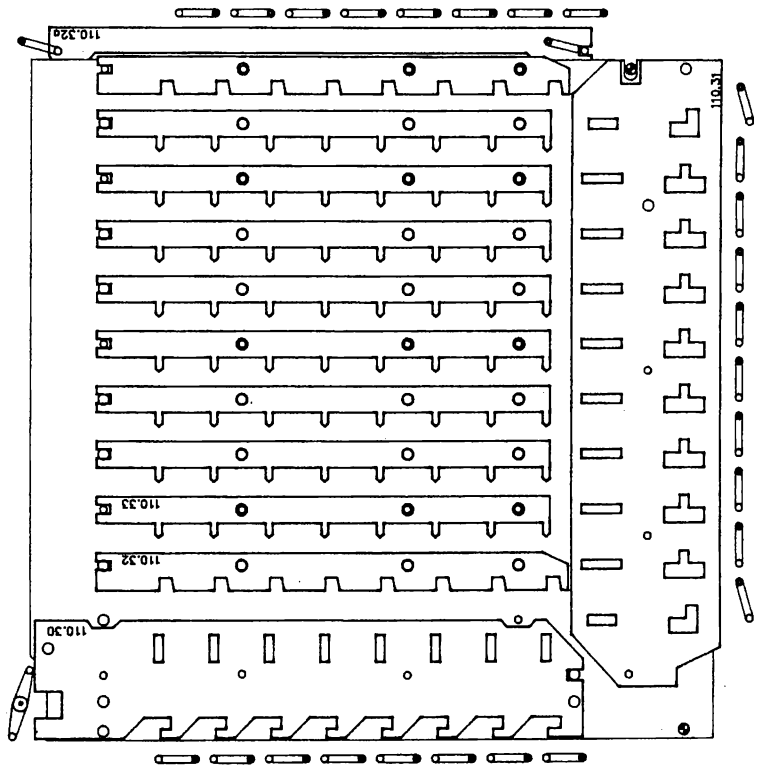


Streifenleser
Lage 16
Teil Nr.:
150.3

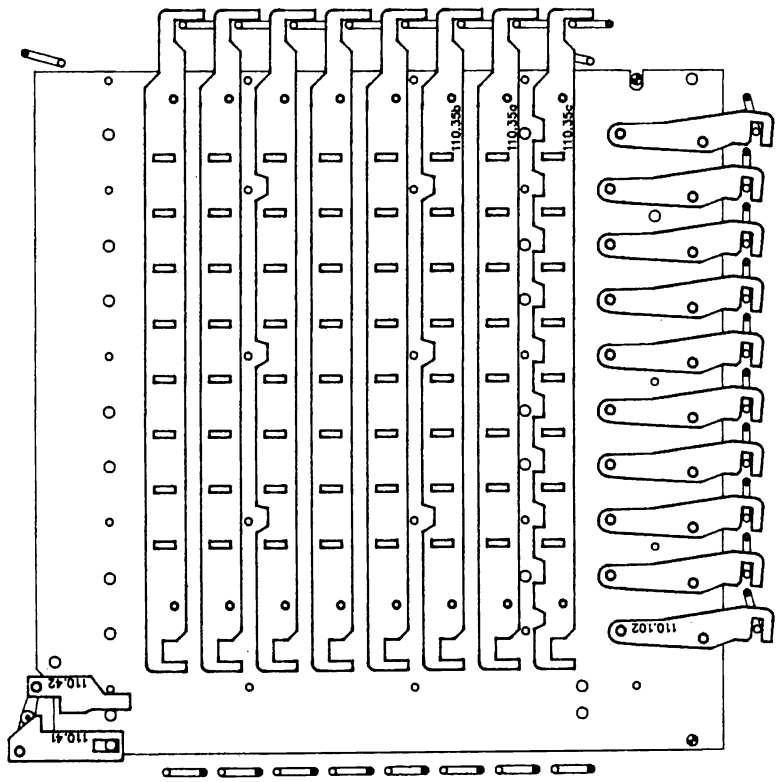
ANHANG A2

Ablegepläne der Speicherblöcke 10a - 10c

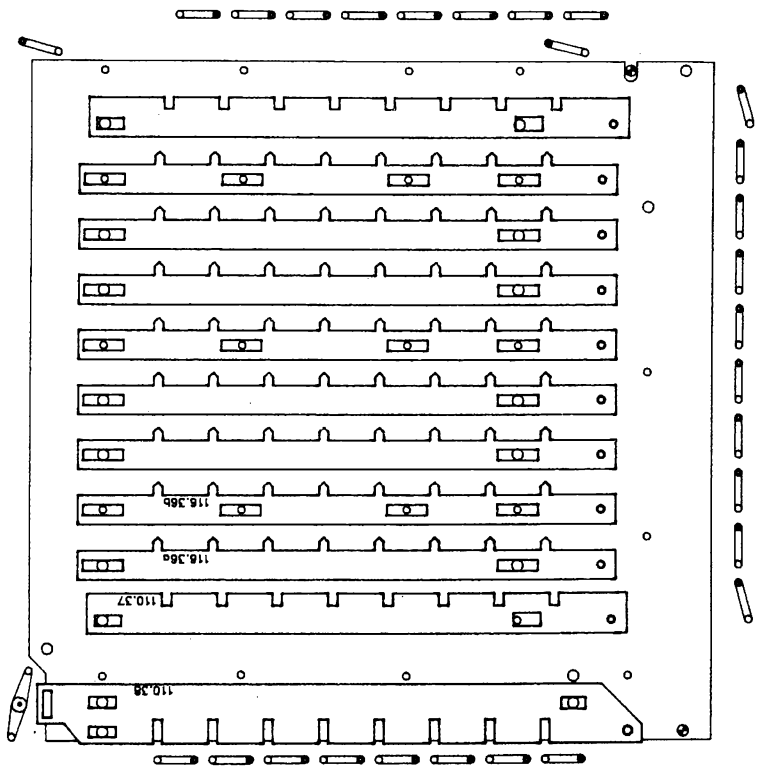
Speicherblock 10
Lage 1
Teile Nr.:
110.30
110.31
110.32
110.32a
110.33

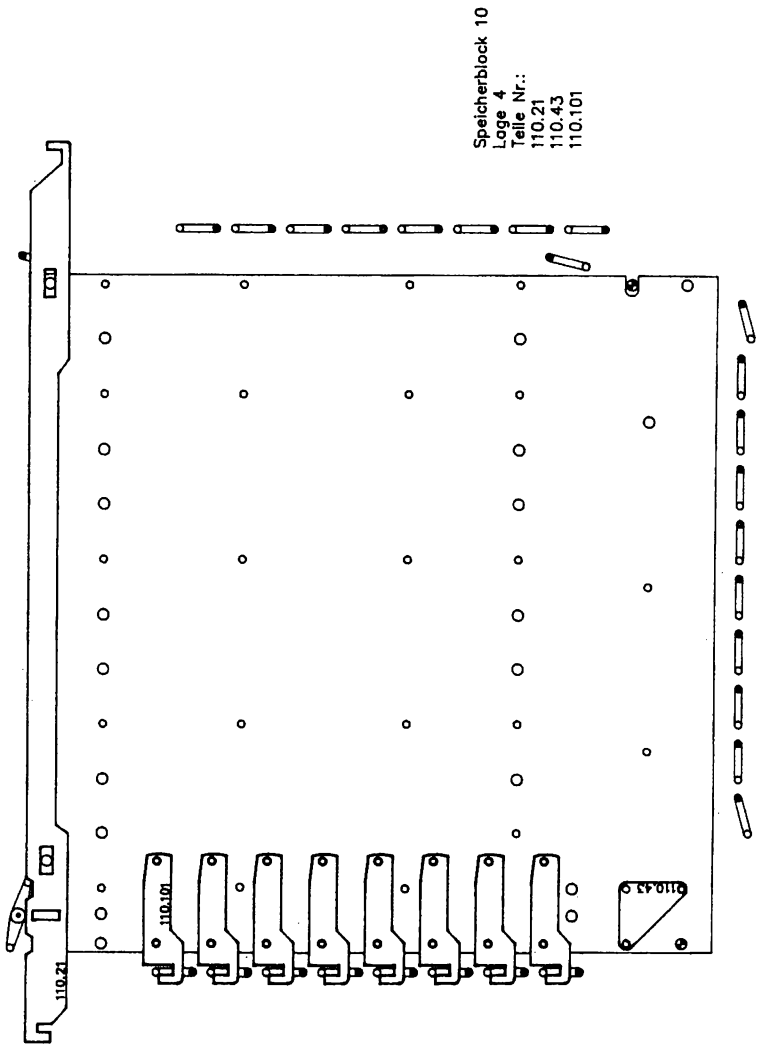


Speicherblock 10
Lage 2
Teile Nr.:
110.35a
110.35b
110.35c
110.41
110.42
110.102

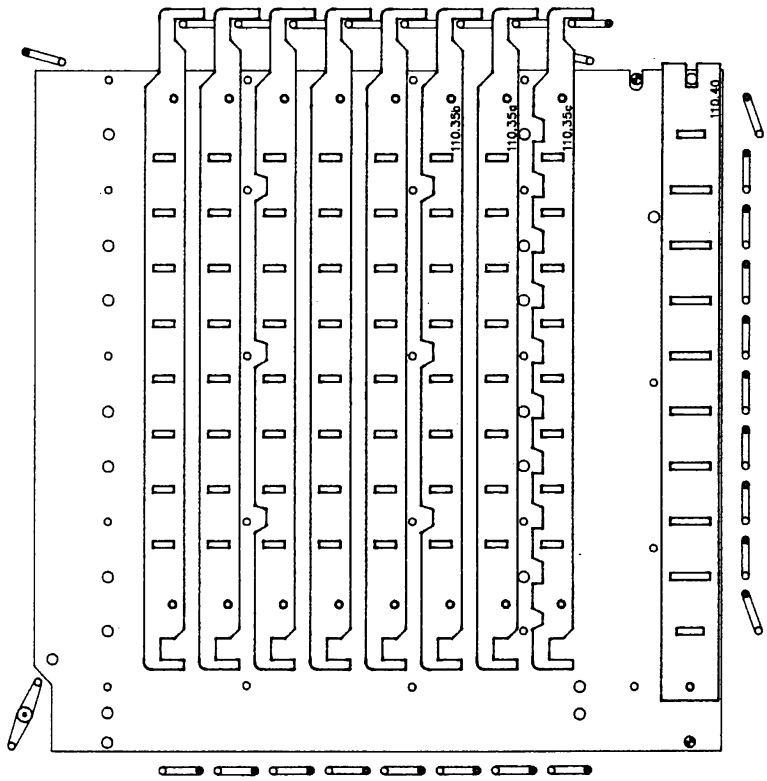


Speicherblock 10
Lage 3
Teile Nr.:
110.37
110.38
116.36a
116.36b

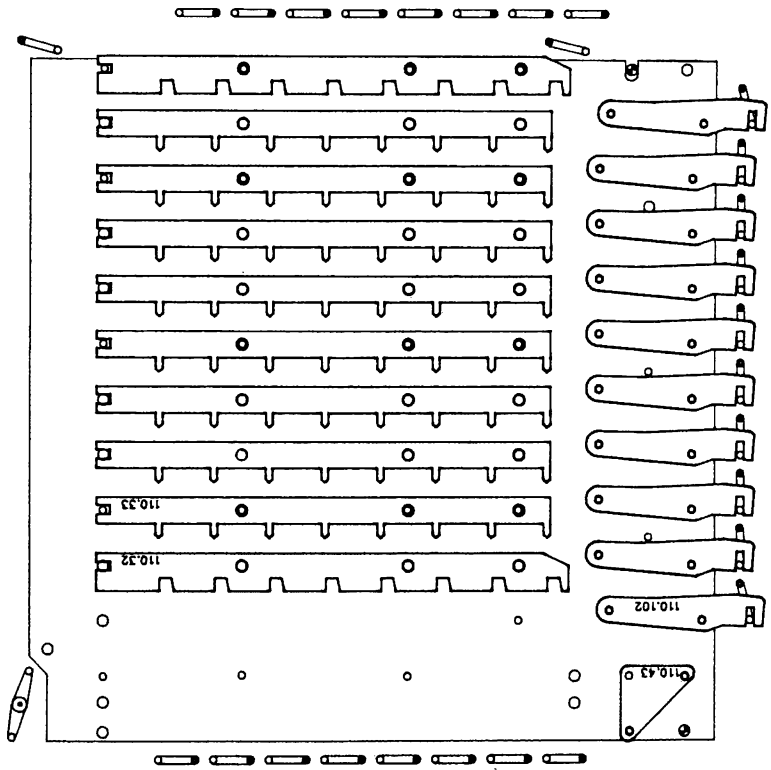



Speicherblock 10
Lage 4
Teile Nr.:
110.21
110.43
110.101
110.101
110.43
110.21

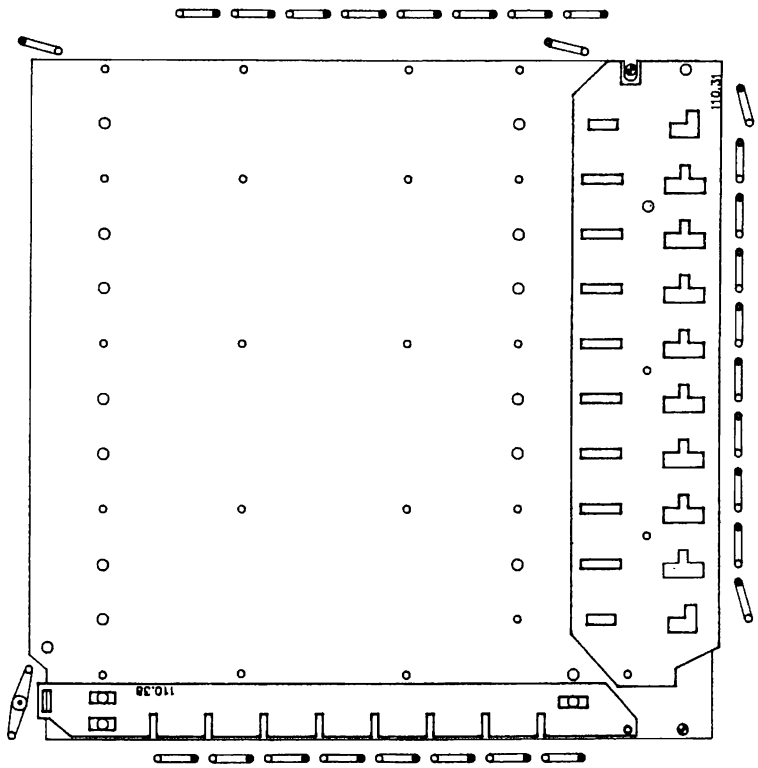
Speicherblock 10
Lage 5
Teile Nr.:
110.35. a
110.35 b
110.35 c
110.40



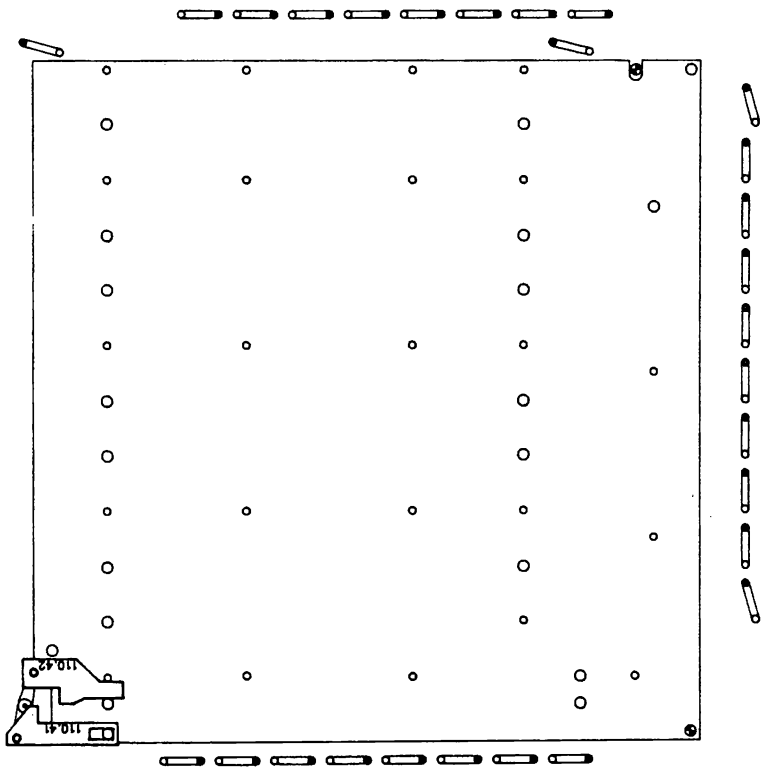
Speicherblock 10
Lage 6
Teile Nr.:
110.32
110.33
110.43
110.102



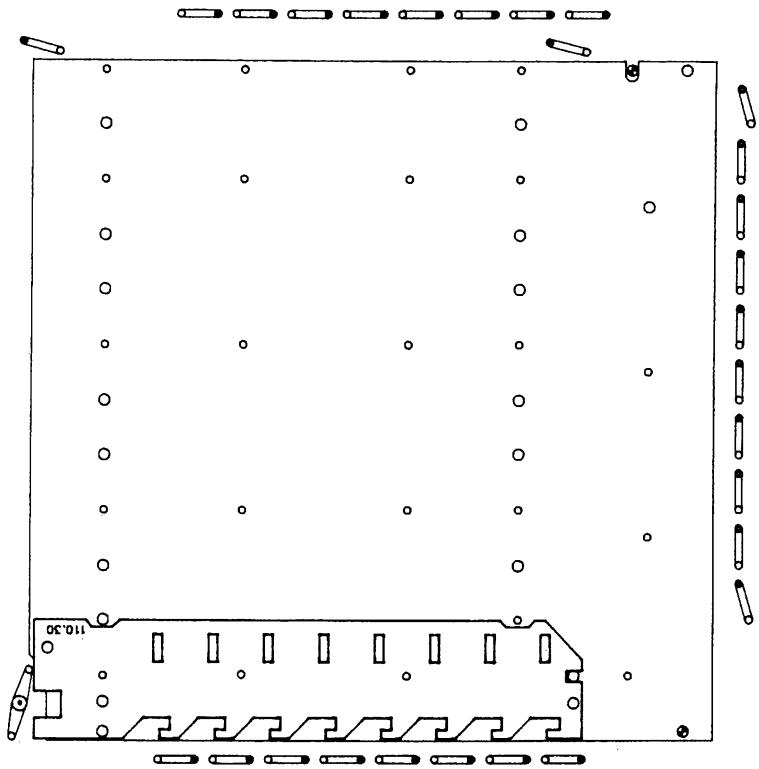
Speicherblock 10
Lage 7
Teile Nr.:
110.31
110.38



Speicherblock 10
Lage 8
Teile Nr.:
110.41
110.42

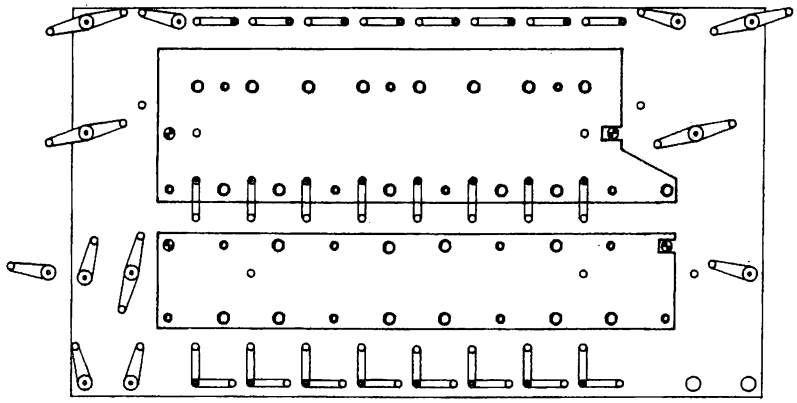


Speicherblock 10
Lage 9
Teil Nr.:
110.30

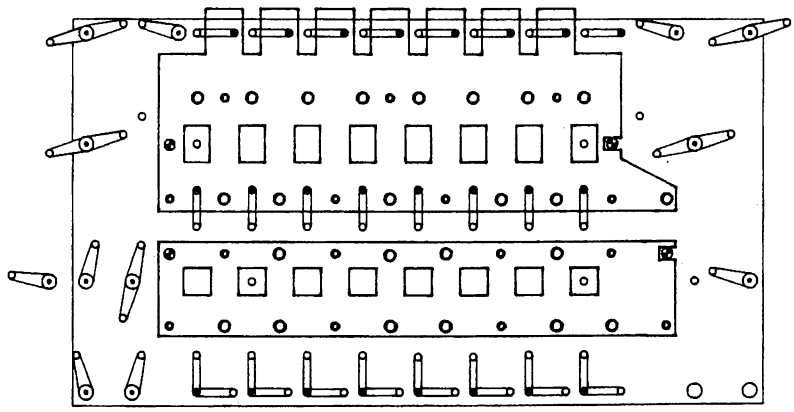


ANHANG A3

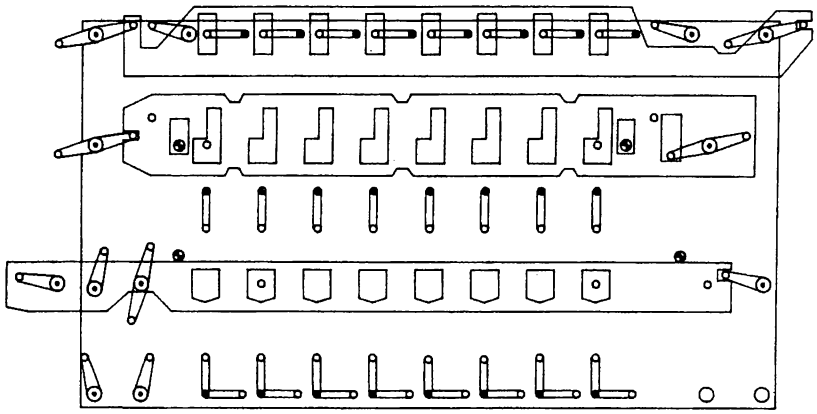
Ablegepläne der Speichersteuerung Blöcke 12a - 12c



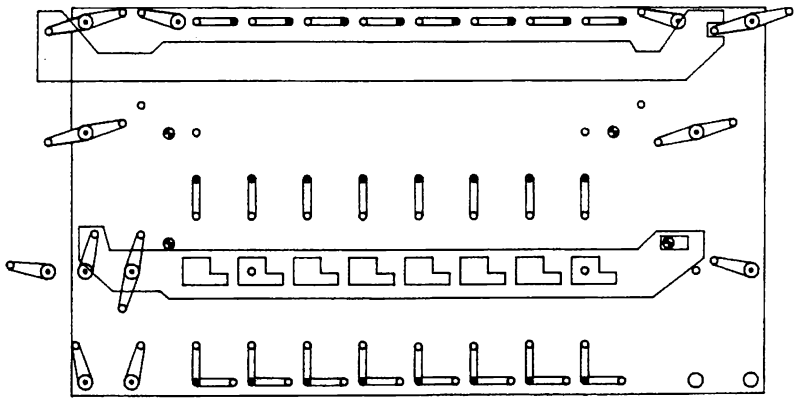
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 1
Teile Nr.: 140.09 , 140.10



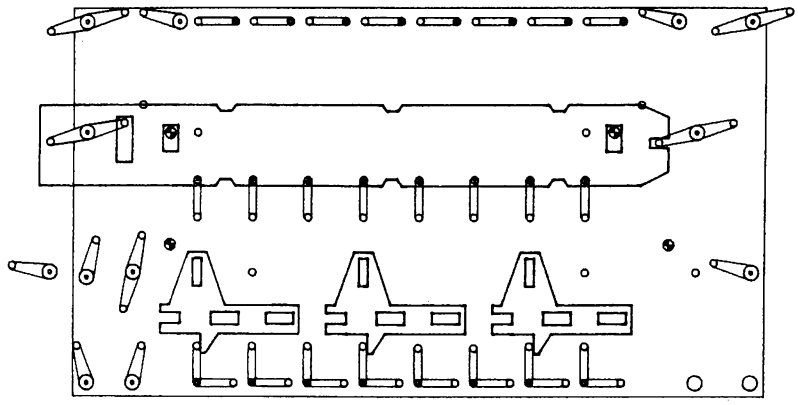
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 2
Teile Nr.: 140.20 , 140.24



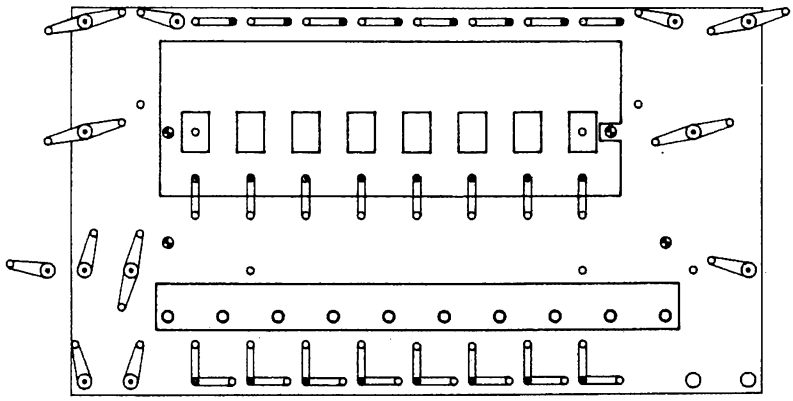
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 , Lage 3
Teile Nr.: 140.26 , 140.28 , 140.60



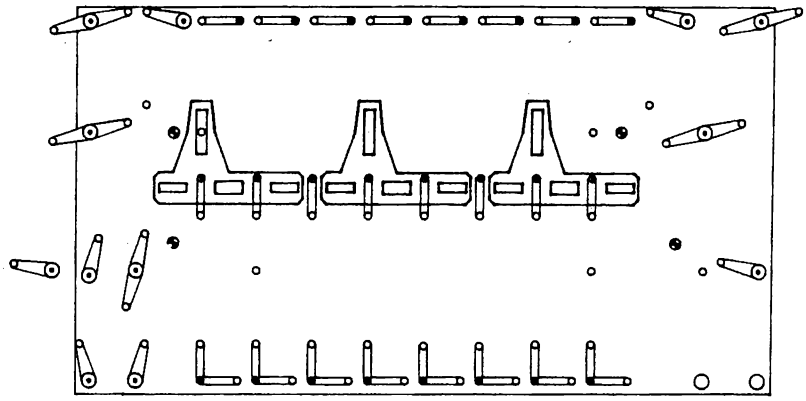
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 , Lage 4
Teile Nr.: 140.27 , 140.29



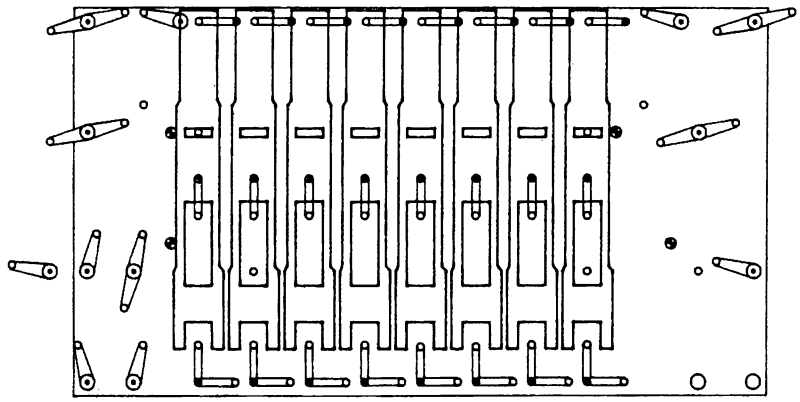
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 5
Teile Nr.: 140.28 , 140.32



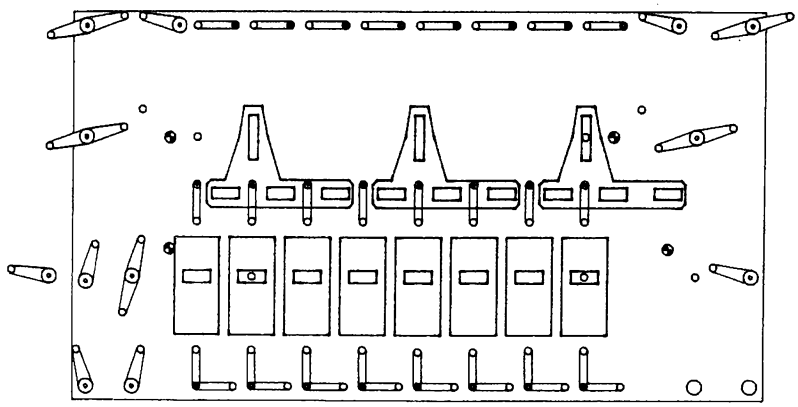
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 6
Teile Nr.: 140.21 , (Zwischenlage)



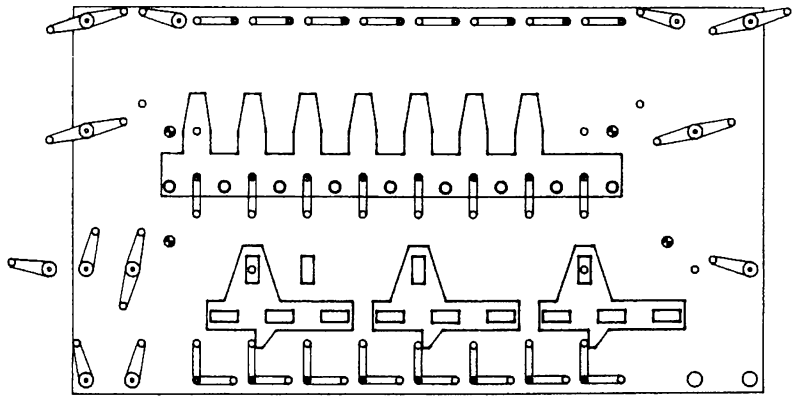
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 7
Teil Nr.: 140.37



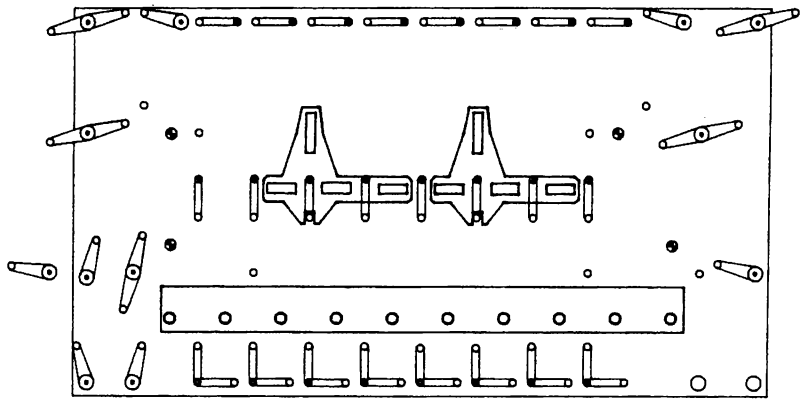
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 8
Teil Nr.: 140.36a



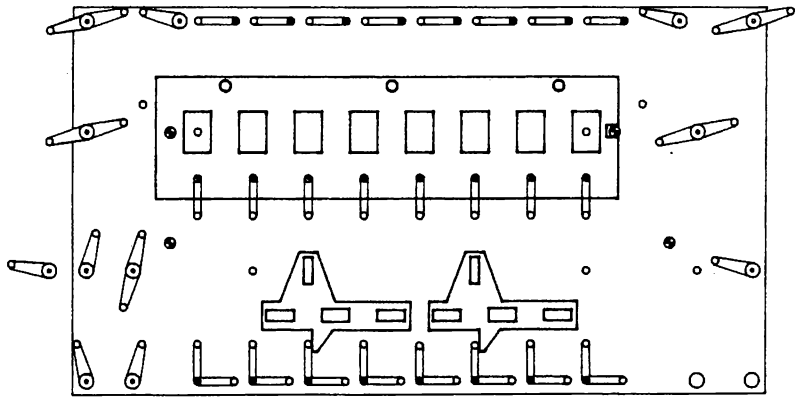
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 9
Teile Nr.: 140.37 , 140.36b



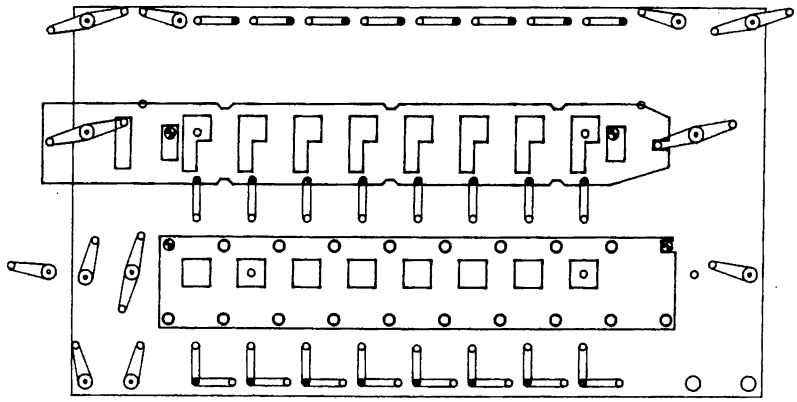
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 10
Teile Nr.: (Zwischenlage) , 140.32



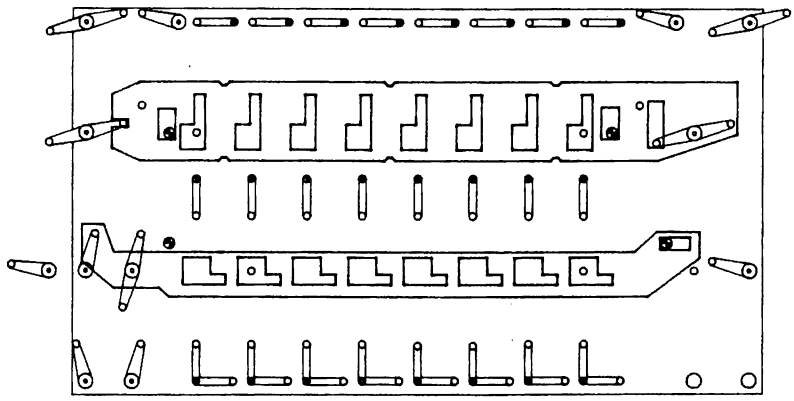
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 11
Teile Nr.: 140.37 , (Zwischenlage)



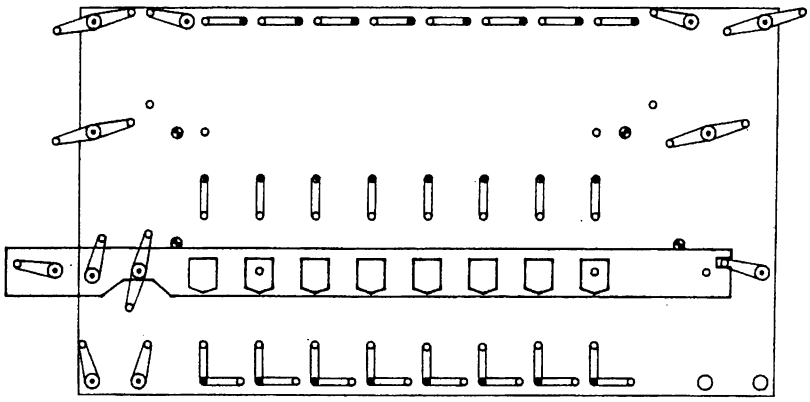
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 ; Lage 12
Teile Nr.: 140.21 , 140.32



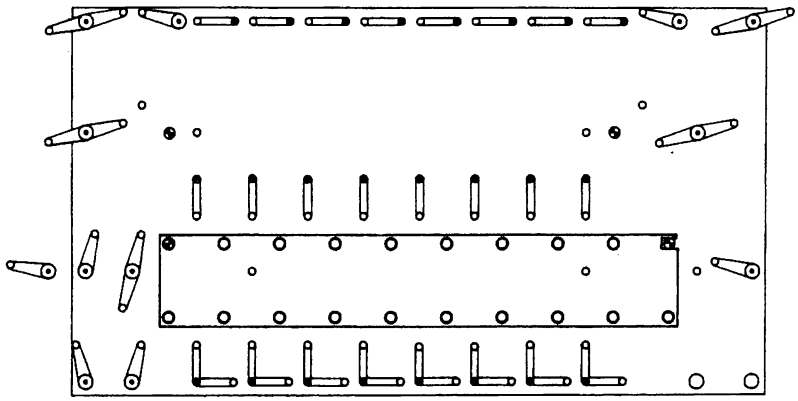
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 , Lage 13
Teile Nr.: 140.28 , 140.24



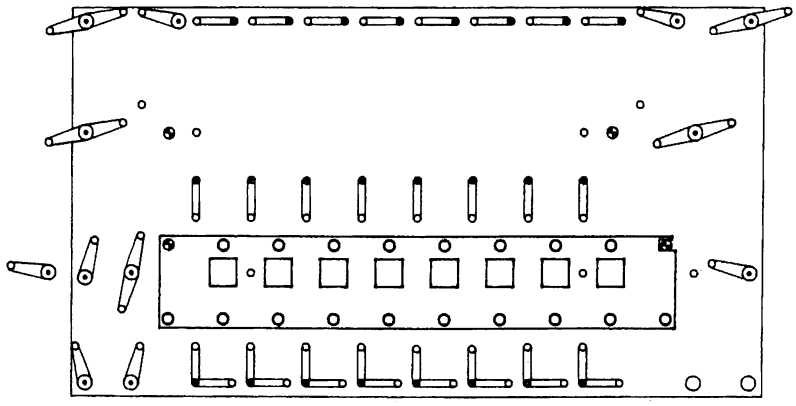
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 , Lage 14
Teile Nr.: 140.28 , 140.29



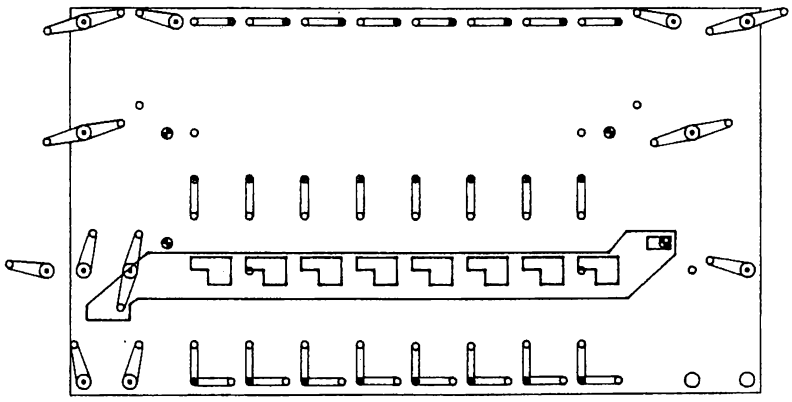
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 , Lage 15
Teil Nr.: 140.60



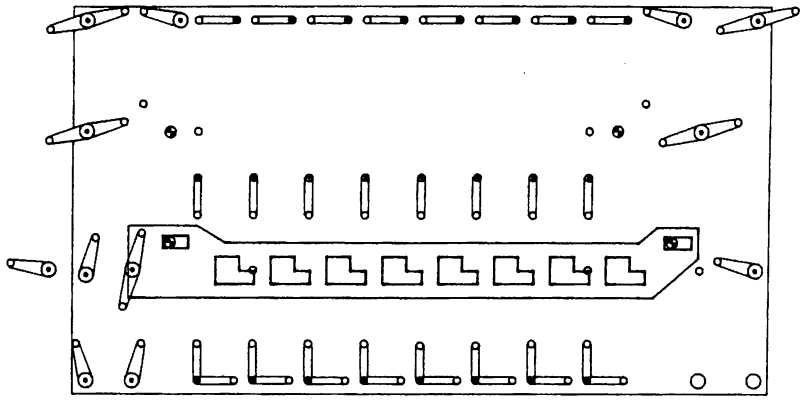
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 1 , Lage 16
Teil Nr.: 140.10



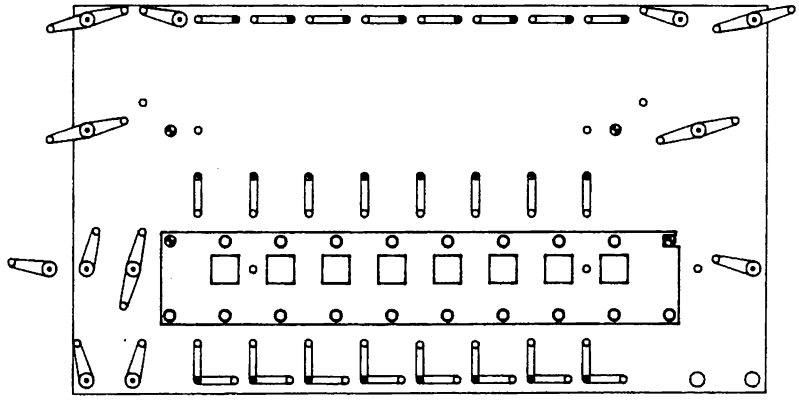
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 2 , Lage 17
Teil Nr.: 140.25



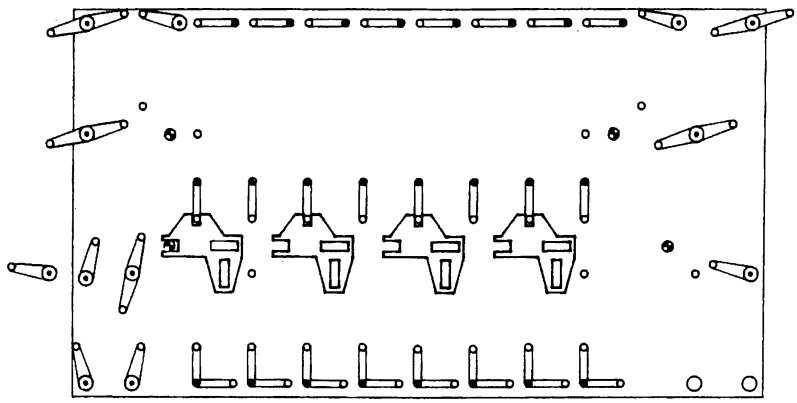
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 2 , Lage 18
Teil Nr.: 140.31



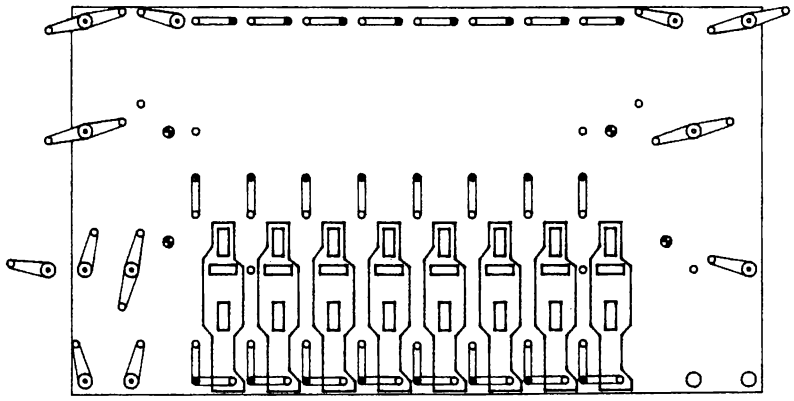
Speichersteuerung Block12
Schaltschicht 2 , Lage 19
Teil Nr.: 140.30



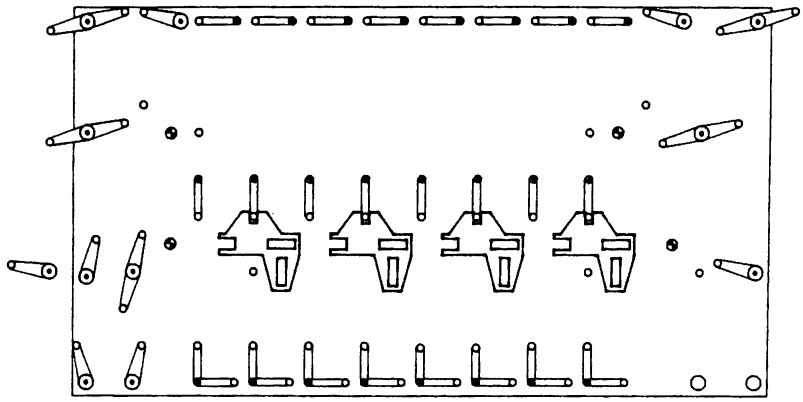
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 2 , Lage 20
Teil Nr.: 140.25



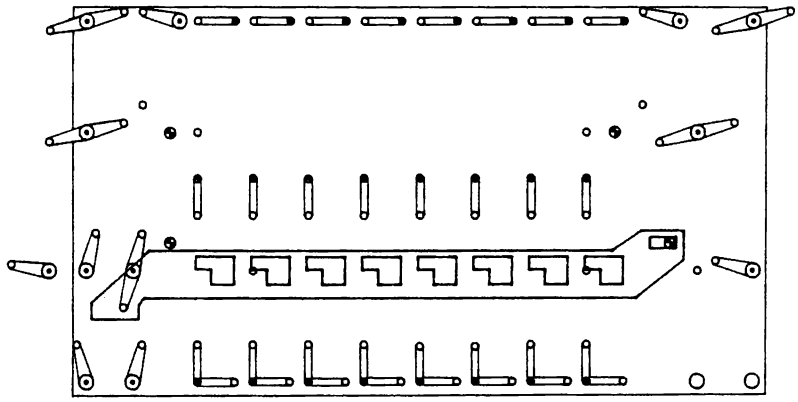
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 2 , Lage 21
Teil Nr.: 140.33



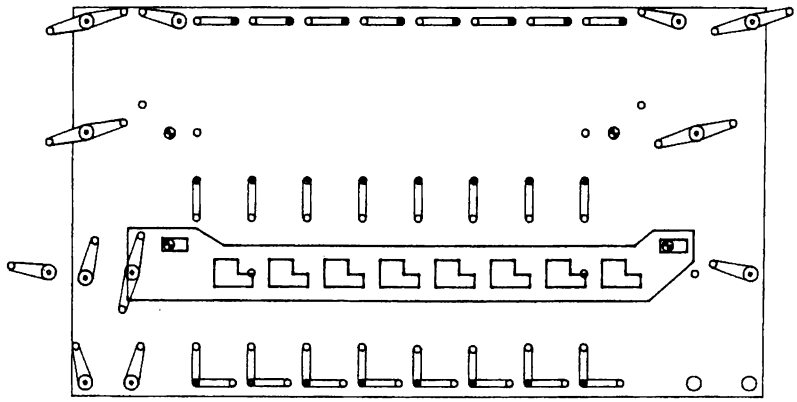
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 2 , Lage 22
Teil Nr.: 140.34



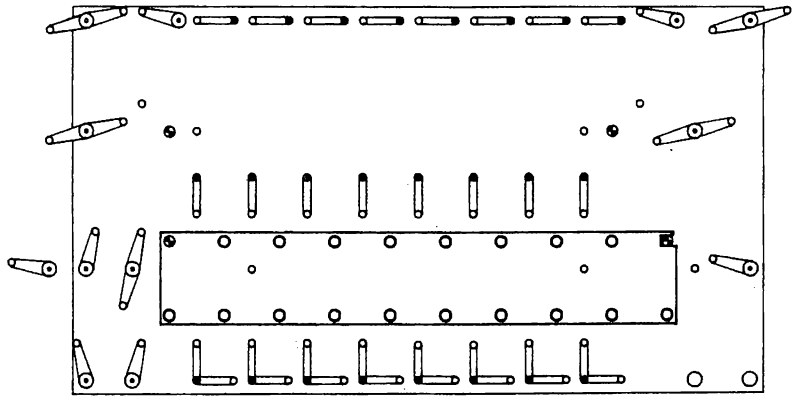
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 2 , Lage 23
Teil Nr.: 140.33



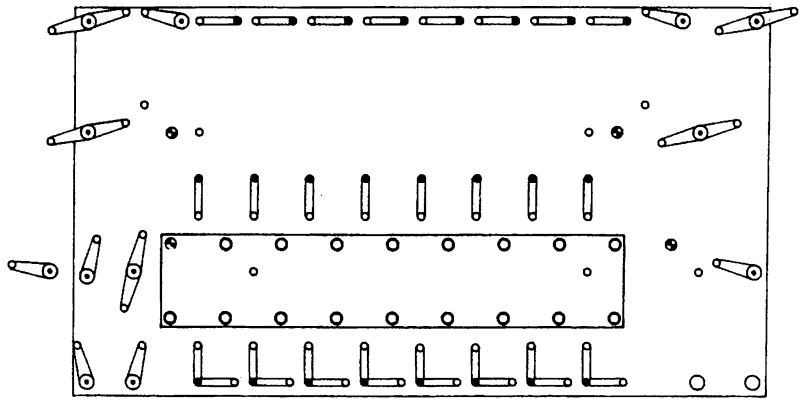
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 2 , Lage 24
Teil Nr.: 140.31



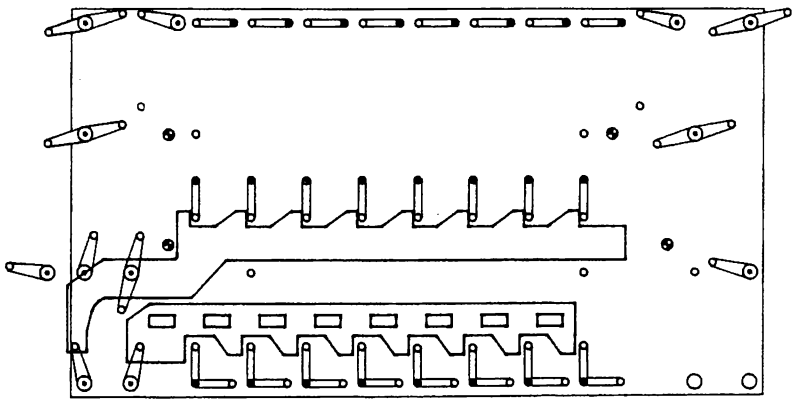
Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 2 , Lage 25
Teil Nr.: 140.30



Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 2 , Lage 26
Teil Nr.: 140.10



Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 3 , Lage 27
Teil Nr.: 140.10a



Speichersteuerung Block 12
Schaltschicht 3 , Lage 28
Teile Nr.: 140.23 , 140.22