Mechanisches Schaltglied

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 9. Mai 1936 an

Konrad Zuse*

Zuse K.G., Neukirchen (Kr. Hünfeld)
Der Zeitraum vom 8. Mai 1945 bis einschließlich 7. Mai 1950 wird auf die Patentdauer nicht angerechnet (Ges. v. 15.7.51)
Patentanmeldung bekanntgemacht am 18. September 1952
Patenterteilung bekanntgemacht am 18. Februar 1954

Es ist bekannt, daß sich Rechenmaschinen mit elektrischen Relais als einzigem Arbeitsglied aufbauen lassen (z.B. Patentschrift 458 481). Diese Tatsache findet ihre logische Begründung darin, daß sich sämtliche Rechenoperationen aus den logischen Grundoperationen Konjunktion $(A + B)$, Disjunktion $(A \vee B)$ und Negation $(\bar{A})$ aufbauen lassen. Die Konjunktion wird durch Hintereinanderschalten, die Disjunktion durch Parallelschalten von Kontakten und die Negation durch Ruhekontakt gelöst, wobei die Kontakte mit Hilfe von Elektromagneten durch die Ausgangsangaben (A, B) gesteuert werden. Die so ermittelten Werte (im Sinne der Aussagenlogik) stellen neue Angaben dar, die wiederum mit Hilfe der Grundoperationen kombiniert werden können, bis sich schließlich die Resultate ergeben. Die bei der Einzeloperation auftretenden Elementarangaben sind zweifach variabel (Ja-Nein-Werte). Aus diesem Grunde eignet sich die Methode besonders für das Rechnen im Sekundalsystem, da hierbei die Ziffern bereits zweifach variable Angaben darstellen (0; 1).

Gegenstand dieser Erfindung sind nun Arbeitsglieder, die die an sich bekannte Aufgabe elektrischer Relais auf mechanische Weise lösen. Es sollen elementare Arbeitsglieder für Rechenmaschinen entwickelt werden, welche die logischen Grundoperationen lösen, so daß sich aus ihnen rechnende Schaltungen aufbauen lassen. Die Erfindung erstreckt sich jedoch nicht auf alle Schaltungen als solche.

Das elektrische Relais stellt einen steuerbaren Schalter dar, bei dem der steuernde Pol über einen Elektromagneten die Verbindung zweier Leiter bewirkt. Bei mechanischen Blechen treten an Stelle der Leiter in ihrer Ebene verschiebbare Bleche, die übereinanderliegen und mit Ausschnitten versehen sind, in denen sich Stifte bewegen. Steuerbleche bestimmen die Stellung der Stifte, wodurch Blechverbindungen geöffnet und geschlossen werden.

* Die Abbildungen und die Anmerkungen zu den Diagrammen stammen von Götz Widiger.

Erteilt auf Grund des Ersten Überleitungsgesetzes vom 8. Juli 1949
(WiGBl. S. 175)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

AUSGEGEBEN AM
1. APRIL 1954

DEUTSCHES PATENTAMT

PATENTSCHRIFT

№ 907 948

KLASSE 42m GRUPPE 15

Z 396 IX b / 42 m

Zuse K. G., Neukirchen (Kr. Hünfeld)

Mechanisches Schaltglied

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 9. Mai 1936 an
Der Zeitraum vom 8. Mai 1945 bis einschließlich 7. Mai 1950 wird auf die Patentdauer nicht angerechnet
(Ges. v. 15. 7. 51)
Patentanmeldung bekanntgemacht am 18. September 1952
Patenterteilung bekanntgemacht am 18. Februar 1954

Es ist bekannt, daß sich Rechenmaschinen mit elektrischen Relais als einzigem Arbeitsglied aufbauen lassen (z. B. Patentschrift 458 481). Diese Tatsache findet ihre logische Begründung darin, daß sich sämtliche Rechenoperationen aus den logischen Grundoperationen Konjunktion ($A + B$), Disjunktion ($A \vee B$) und Negation ($\bar{A}$) aufbauen lassen. Die Konjunktion wird durch Hintereinanderschalten, die Disjunktion durch Parallelschalten von Kontakten und die Negation durch Ruhekontakt gelöst, wobei die Kontakte mit Hilfe von Elektromagneten durch die Ausgangsangaben (A, B) gesteuert werden. Die so ermittelten Werte (im Sinne der Aussagenlogik) stellen neue Angaben dar, die wiederum mit Hilfe der Grundoperationen kombiniert werden können, bis sich schließlich die Resultate ergeben. Die bei der Einzeloperation auftretenden Elementarangaben sind zweifach variabel (Ja-Nein-Werte). Aus diesem Grunde eignet sich die Methode besonders für das Rechnen im Sekundalsystem, da hierbei die Ziffern bereits zweifach variable Angaben darstellen (0; 1).

Gegenstand dieser Erfindung sind nun Arbeitsglieder, die die an sich bekannte Aufgabe elektrischer Relais auf mechanische Weise lösen. Es sollen elementare Arbeitsglieder für Rechenmaschinen entwickelt werden, welche die logischen Grundoperationen lösen, so daß sich aus ihnen rechnende Schaltungen aufbauen lassen. Die Erfindung erstreckt sich jedoch nicht auf alle Schaltungen als solche.

Das elektrische Relais stellt einen steuerbaren Schalter dar, bei dem der steuernde Pol über einen Elektromagneten die Verbindung zweier Leiter

Faksimile der Patentschrift 907 948

Die Abbildungen 1 bis 7 zeigen beispielsweise Ausführungsformen von mechanischen Schaltgliedern. Es zeigt

- Abb. 1 einen Schnitt durch ein Schaltglied senkrecht zur Arbeitsebene,
- Abb. 2 ein Schaltglied zum Verbinden der in X-Richtung verschiebbaren Bleche a und b, gesteuert durch das in Y-Richtung verschiebbare Blech c,
- Abb. 3 eine Abwandlung des Schaltgliedes von Abb. 2 zum Verbinden des Bleches a mit b oder c (in X-Richtung verschiebbar), gesteuert durch ein in Y-Richtung verschiebbares Blech d,
- Abb. 4 ein Schaltungsbeispiel,
- Abb. 5 ein Speicherschaltglied mit dem Zweck, eine zweifach variable Angabe zu speichern,
- Abb. 6 die Arbeitsgänge des Speicherschaltgliedes während des Ablesens,
- Abb. 7 die Arbeitsgänge während des Speicherns.

Wir haben folgende Arten von Blechen: 1. Bewegende und bewegte Bleche, zwischen denen die Verbindung hergestellt werden soll, 2. Steuerbleche, die die Stellung der Stifte bestimmen, 3. feste Bleche, die die Bewegung der Stifte und somit der Bleche begrenzen und die beweglichen Bleche trennen.

Es ist vorteilhaft, die Bleche doppelt auszuführen und sie so übereinander anzuordnen, daß sie symmetrisch zur Mittelebene liegen.

Abb. 2 zeigt eine Elementarform eines mechanischen Schaltgliedes, a ist das bewegende, b das bewegte, c das steuernde und d ein Führungsblech, a und b sind in X-Richtung verschiebbar und haben Ausschnitte, in die ein Stift paßt, der die beiden Bleche verbindet. Dieser Stift läßt sich jedoch durch das in Y-Richtung verschiebbare Blech c in Arbeits- und Grundstellung bringen. Die Ausschnitte der Bleche a und b sind so geformt, daß die Bleche nur in der Arbeitsstellung des Stiftes verbunden sind. Das Steuerblech hat einen länglichen Ausschnitt, so daß der Stift nur in Y-Richtung gebunden ist, in X-Richtung aber die Arbeitsbewegung ausführen kann. Das Grundblech d hat einen winkelförmigen Ausschnitt, der in der Arbeitsstellung den Stift in der X-Richtung freigibt und in der Grundstellung den Stift in X-Richtung sperrt.

Die Arbeitsweise ist folgende: Die Bleche a und b haben zunächst die Anfangsstellung. Das Steuerblech wird in die gewünschte Stellung gebracht. Dann wird a nach rechts bewegt; entsprechend der Stellung c wird b mitgenommen oder nicht.

Abb. 3 zeigt ein ähnliches Schaltglied, mit dem Zweck, a in der einen Steuerstellung mit b und in der anderen mit c zu verbinden.

Diese Schaltglieder dienen dem Problem des eigentlichen Rechnens. In Rechenmaschinen tritt nun noch das Problem auf, Angaben, meist Zahlen, festzuhalten, die erst später gebraucht werden. Da hier nur Elementarbausteine entwickelt werden sollen, genügt es, ein Speicherschaltglied zu entwickeln, welches eine Elementarangabe, nämlich eine zweifach variable Angabe (z.B. Sekundalziffer), speichert. Ein solches Speicherschaltglied zeigen die Abb. 5,

6, 7. Die Bleche sind nur soweit gezeichnet, wie es zum Verständnis ihres Ineinanderarbeitens erforderlich ist.

a ist ein steuerndes und bewegendes Blech; es ist einmal in Y-Richtung verschiebbar und wirkt dann steuernd, zum anderen in der Y-Stellung (in der Zeichenebene oben) in X-Richtung verschiebbar und wirkt dann bewegend. b ist ein bewegtes und steuerndes Blech, und in X-Richtung verschiebbar, c ist ein festes Blech mit einem U-förmigen Ausschnitt.

Die Bleche sind in Abb. 5 in der Grundstellung gezeichnet. Der Stift ist der eigentliche Träger der Speicherung. Er befindet sich entweder in dem linken oder dem rechten Schenkel des U-förmigen Ausschnittes von c, was den beiden Möglichkeiten der zu speichernden Angabe entspricht.

Abb. 6 zeigt die einzelnen Bewegungsschritte des Speicherschaltgliedes während des Ablegens untereinander in zeitlicher Folge, links für die linke, rechts für die rechte Stellung des Stiftes. Das Blech wird zuerst nach oben (Y-Richtung), dann zur Seite (X-Richtung) bewegt. Hierbei wird das Blech c mit nach rechts verschoben, falls der Stift links liegt, oder c bleibt liegen, falls der Stift rechts liegt. Die gespeicherte Angabe ist also auf das Blech c übertragen.

Abb. 7 zeigt die Bewegungsschritte während des Speicherns für die linke, rechts für die rechte Stellung des Stiftes. Das Blech wird zunächst nach rechts verschoben, so daß der obere Teil des Ausschnittes von c frei ist. Dann wird a nach oben (Y-Richtung) verschoben. Jetzt wird der Stift durch Verschieben von b in X-Richtung entweder nach links oder nach rechts verschoben, darauf zuerst a und dann b in die Grundstellung gebracht. Die Stellung des Stiftes entspricht dann der Stellung von c.

Die Kombination der beschriebenen Schaltglieder zu Schaltungen erfolgt derart, daß die Schaltglieder der Schaltung entsprechend nebeneinander angeordnet werden. Die festen Führungs- oder Grundbleche können dann aus einem Stück hergestellt werden. Die Bleche führen von Schaltglied zu Schaltglied; so kann das bewegte Blech des einen Schaltgliedes bei dem nächsten die Funktion des bewegenden oder steuernden Bleches haben.

Abb. 4 zeigt ein Schaltungsbeispiel, links mit mechanischen Schaltgliedern, rechts mit elektrischen Relais. Es wird die Aufgabe der logischen Äquivalenz gelöst:

$$(e + f) \vee (\bar{e} + \bar{f}) \text{ äq } b\,.$$

Sie kann zur Bestimmung des Vorzeichens bei Multiplikation und Division dienen. Den Vorzeichen der beiden Faktoren entsprechen die Leiter bzw. Bleche e und f. Bei gleichen Vorzeichen sind die Leiter bzw. Bleche a und b über c oder d verbunden, so daß b an Spannung liegt bzw. das Blech bei Verschieben des Bleches a mit verschoben wird. Bei ungleichen Vorzeichen sind entsprechend der Zeichnung a und b nicht miteinander verbunden.

Die mechanischen Schaltglieder lassen sich leicht nebeneinander und in Schichten übereinander anordnen, so daß gegenüber elektrischen Relais große Raumersparnis erzielt wird. Da sich die Schaltungen aus gleichen Elementen

mit immer wiederkehrenden Blechformen aufbauen, eignet sich die Konstruktion hervorragend zur Massenfertigung mit Hilfe der Stanztechnik.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Mechanische Schaltglieder für Rechenmaschinen, dadurch gekennzeichnet, daß gestanzte Bleche mittels Stiften in Verbindung stehen dergestalt, daß ein in Y-Richtung verschiebbares Steuerblech (c) seinen Stift so verschiebt, daß er in der oberen Stellung (Y) in den Einschnitten zweier in X-Richtung verschiebbarer Bleche (a und b) liegt und diese miteinander verbindet, während er in der unteren Stellung (Y) die Bleche (a, b) freigibt (Abb. 2).
2. Mechanische Schaltglieder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bleche doppelt ausgeführt sind und symmetrisch zur Symmetrieebene des Schaltgliedes gelagert sind.
3. Mechanisches Schaltglied nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein durch ein in Y-Richtung bewegliches Steuerblech (d) verschiebbarer Stift in der einen Stellung des Steuerbleches (d) ein Blech (a) mit einem anderen Blech (b) und in der anderen Stellung das eine Blech (a) mit einem dritten Blech (c) verbindet, wobei die drei Bleche (a, b und c) in X-Richtung verschiebbar sind (Abb. 3).
4. Mechanisches Speicherschaltglied nach Anspruch 1 und 2 zum Speichern einer zweifach variablen Angabe, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicherung durch einen zwei Stellungen einnehmenden Stift erfolgt (Abb. 5).
5. Speicherrelais nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Stift sich in Grundstellung entweder in der linken oder rechten unteren Ecke eines U-förmigen Ausschnittes eines festen Bleches (c) befindet und einerseits zwecks Ablesens der gespeicherten Stellung ein Blech (a) erst nach oben und dann nach rechts bewegt wird, wobei bei linker Stellung des Stiftes ein anderes Blech (b) mitgenommen wird, dagegen bei rechter Stellung liegenbleibt, und andererseits zwecks Speicherns 1. das andere Blech (b) nach rechts verschoben wird und den oberen Teil des U-förmigen Ausschnittes freigibt, 2. durch das erste Blech (a) der Stift nach oben verschoben wird, 3. der Stift durch waagerechtes Verschieben des anderen Bleches (b) nach links oder rechts in die gewünschte Stellung gebracht wird und 4. der Stift durch Verschieben des ersten Bleches (a) nach unten die entsprechende Grundeinstellung einnimmt (Abb. 5, 6, 7).

Angezogene Druckschriften:
Deutsche Patentschriften Nr. 377694, 173397, 426451, 443477;
französische Patentschrift Nr. 737538 (deutsche Patentschrift Nr. 664012).

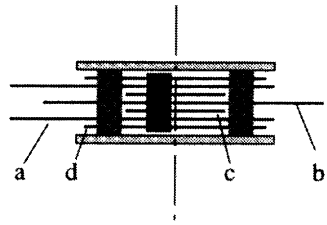


Abbildung 1. Einfaches Schaltglied (Schnitt)

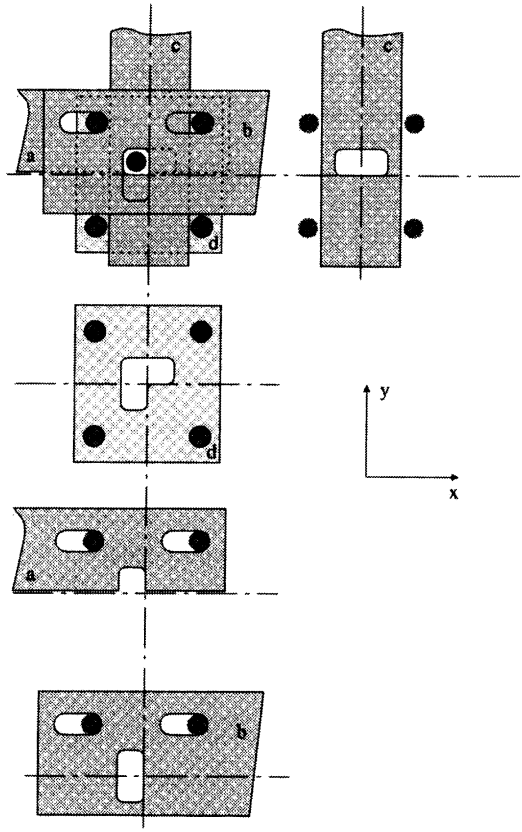
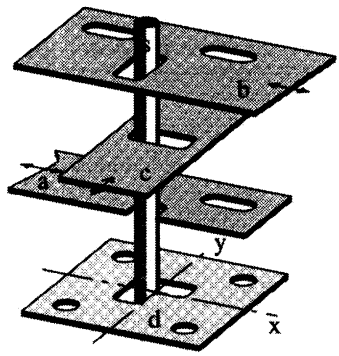


Abbildung 2. Einfaches Schaltglied

Anmerkungen.[1] Die Abbildungen 1 und 2 der Patentschrift zeigen ein einfaches Schaltglied. Im Schnittdiagramm ist zu erkennen, daß aus mechanischen Gründen in der Regel die Bleche doppelt vorhanden sind (beim einfachen Schaltglied die Bleche a, c und d). Aufsicht und dreidimensionale Darstellung zeigen jeweils nur ein Blech. Die perspektivischen Darstellungen auf den folgenden Seiten sind in der Patenschrift nicht enthalten und werden hier zum besseren Verständnis gezeigt. Der Übersichtlichkeit wegen sind sie stark überhöht und zeigen keine Führungsstifte. Die Pfeile geben die möglichen Bewegungsrichtungen an.

Das einfache Schaltglied entspricht in seiner Funktion einem Schalter: je nach Stellung des Steuerbleches c wird eine Bewegung von Blech a an Blech b weitergegeben. Nur wenn das Steuerblech c in positiver y-Richtung verschoben ist, sind die Bleche a und b über den Schaltstift gekoppelt. Das Grundblech d und die vier Führungsstifte schränken die Bewegungsmöglichkeiten des Schaltstiftes ein.



a: Bewegendes Blech
b: Bewegtes Blech
c: Steuerblech
d: Festblech
s: Schaltstift

[1] Alle Bildunterschriften und Anmerkungen stammen von Götz Widiger.

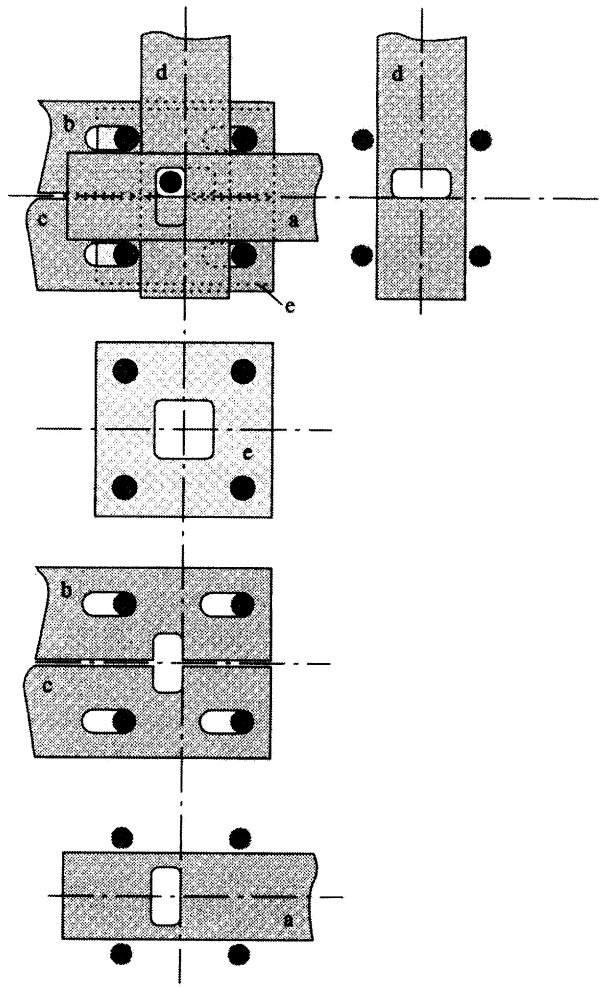
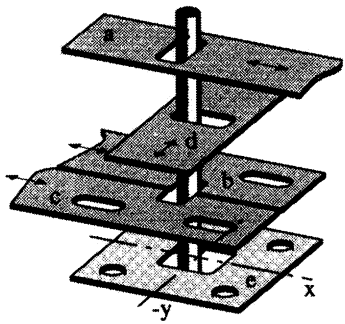


Abbildung 3. Variante des ersten Schaltgliedes

Anmerkungen. Abbildung 3 zeigt eine Variation des einfachen Schaltgliedes. Je nach Stellung von Steuerblech d wird eines der beiden bewegten Bleche (b bzw. c) über den Schaltstift mit dem bewegenden Blech a gekoppelt. Das Festblech e schränkt dabei die Bewegungsmöglichkeiten des Schaltstiftes ein.



a: Bewegendes Blech
b, c: Bewegte Bleche
d: Steuerblech
e: Festblech
s: Schaltstift

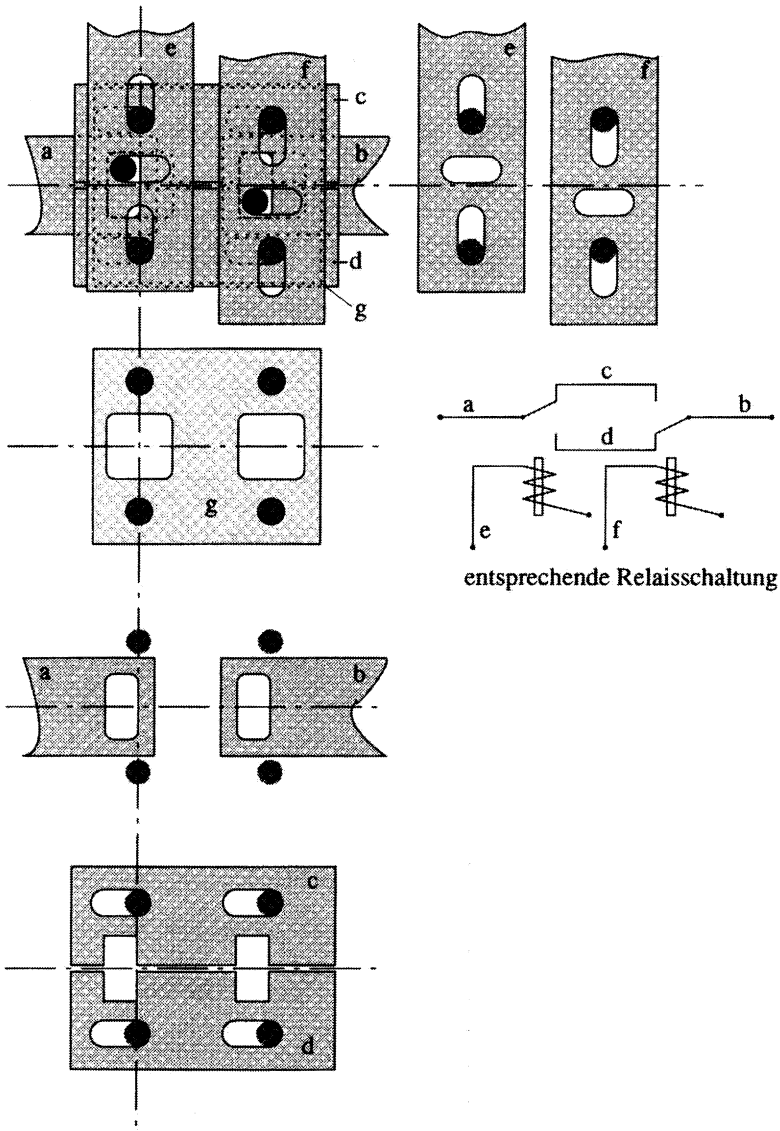
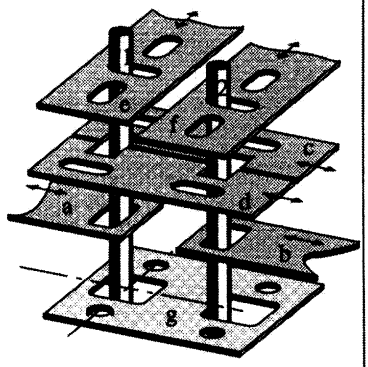


Abbildung 4. Schaltung für logische Äquivalenz

Anmerkungen. Abbildung 4 stellt ein Schaltungsbeispiel, die mechanische Realisierung der logischen Äquivalenz, dar. Blech a und b sind dann und nur dann über die zwei Schaltstifte und eines der beiden schwimmenden Bleche c und d gekoppelt, wenn die beiden Steuerbleche e und f sich in der gleichen vertikalen Position befinden.



a:	Bewegendes Blech
b:	Bewegtes Blech
c, d:	Schwimmende Bleche
e, f:	Steuernde Bleche
g:	Festblech
s_1, s_2:	Schaltstifte

Die Abbildung rechts in der Mitte (gegenüberliegende Seite) zeigt die entsprechende Relaisschaltung.

Bei diesem Schaltungsbeispiel läßt sich erkennen, daß einzelne Bleche gleichzeitig bewegende und bewegte Bleche sein können: Die schwimmenden Bleche c und d werden (Kopplung vorausgesetzt) durch Blech a bewegt und können ihrerseits Blech b bewegen. Für die Bleche e und f entspricht eine Verschiebung in positiver y-Richtung der „1“ bzw. „L“. Damit ergibt sich folgende Schaltungs-Tabelle:

e	f	b
0	0	a
0	L	0
L	0	0
L	L	a

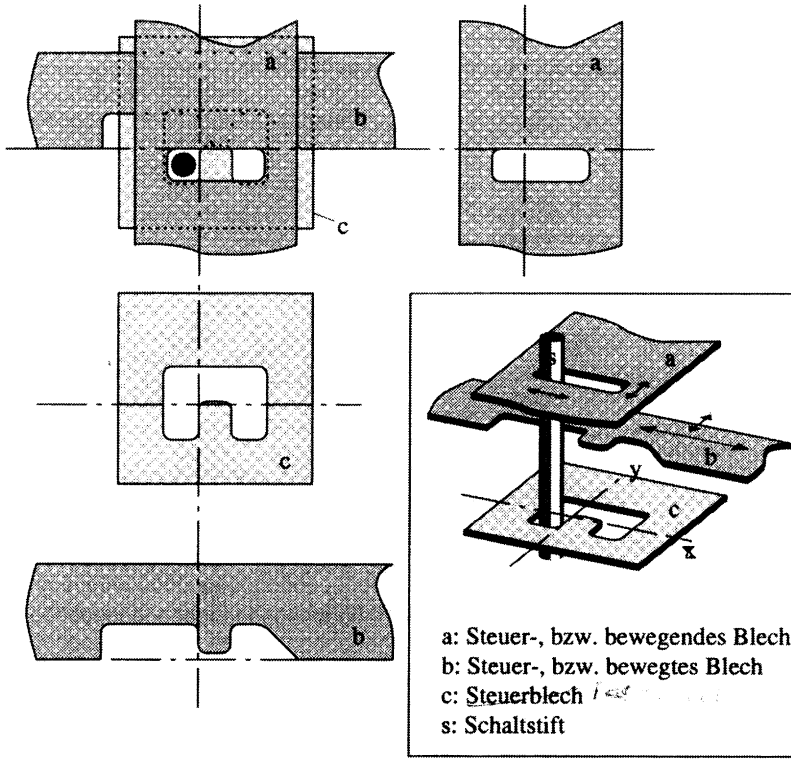


Abbildung 5. Diagramm eines Speicherschaltgliedes

Anmerkungen. Abbildung 5 zeigt ein Speicherglied. Es dient dem Speichern eines Bits. Befindet sich der Schaltstift, wie in der Abbildung gezeigt, links von der Schaltnase des Festbleches *c*, ist eine 1 („L") gespeichert. Die Bleche *a* und *b* fungieren je nach Situation als Steuer-, bewegendes oder bewegtes Blech. Die Bewegungsabläufe beim Auslesen bzw. Einspeichern demonstrieren Abb. 6 und 7.

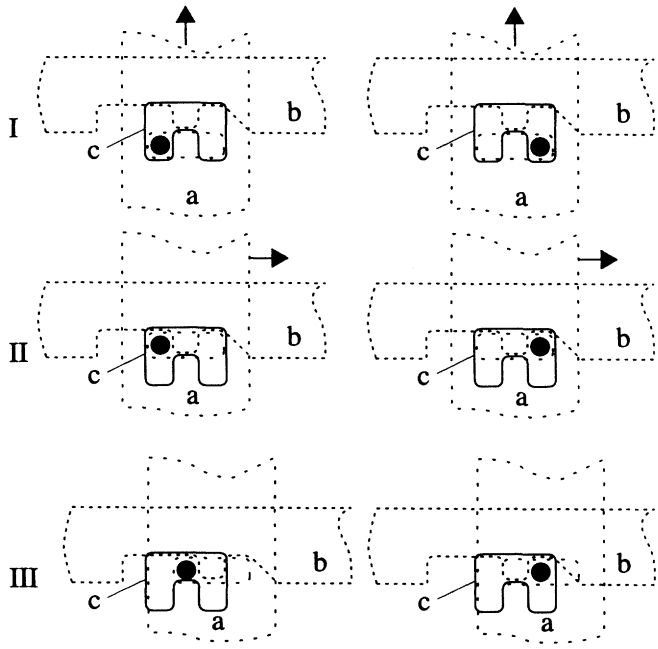


Abbildung 6. Arbeitsgänge beim Ablesen

Anmerkungen. Abbildung 6 zeigt die einzelnen Zustände (I bis III) beim Lesevorgang für zwei Speicherglieder. Das linke Element speichert eine „1", das rechte eine „0". Vom Festblech c ist nur der Ausschnitt - als durchgezogene Linie - gezeichnet. Die Pfeile zeigen die jeweilige Bewegungsrichtung für den Übergang von einem zum nächsten Zustand.

I: Grundstellung. Links ist eine binäre 1 gespeichert („L"), rechts eine „0".

I→II: Blech a wirkt als Steuerblech und schiebt den Schaltstift in positive x-Richtung.

II→III: Blech a wirkt als bewegendes Blech (nach rechts), Blech b wird bewegt. Befindet sich der Schaltstift in linker Position („L" gespeichert), wird er durch die Bewegung von Blech a nach rechts verschoben. Durch Kopplung über den Schaltstift wird auch Blech b verschoben. Befindet sich der Schaltstift hingegen in rechter Position („0" gespeichert), wirkt sich die Bewegung von Blech a weder auf den Schaltstift noch auf Blech b aus, und letzteres bleibt in der Ruhestellung.

Drei weitere Schritte, in denen die Bleche in ihre Ausgangsposition gebracht werden, sind hier nicht gezeigt.

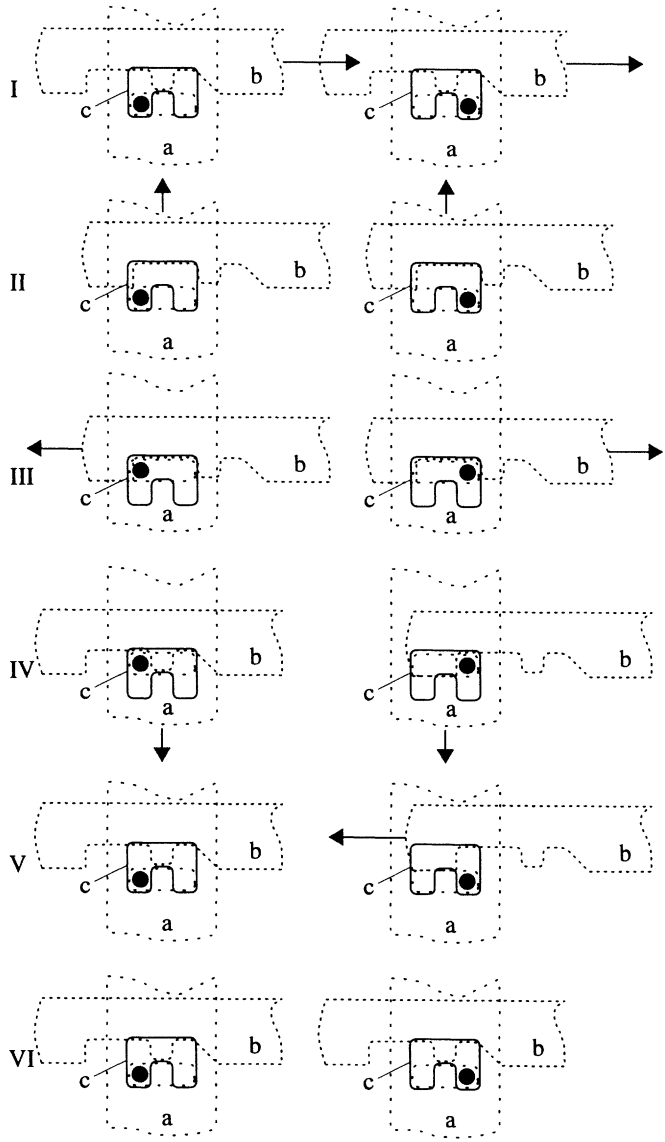


Abbildung 7. Arbeitsgänge während des Speicherns

Anmerkungen. Abbildung 7 zeigt die einzelnen Zustände (I bis VI) beim Schreibvorgang für zwei Speicherglieder. Das linke Element speichert eine „1", das rechte eine „0"; in beide Glieder werden die jeweils gleichen Werte eingespeichert.

I→II: Blech b wird in positive x-Richtung verschoben. Dadurch wird der obere Ausschnitt von c frei.

II→III: Blech a wird nach oben verschoben und wirkt als Steuerblech, d.h. der Schaltstift wird ebenfalls in positive y-Richtung bewegt.

III→IV: Je nach einzuspeicherndem Wert (links „1", rechts „0") wird Blech b nach links oder rechts verschoben. Gegebenenfalls wird der Schaltstift bei dieser Bewegung durch die Schaltnase des Bleches mitgenommen.

IV→VI: Die Bleche a und b werden in ihre Grundstellung gebracht.