
Title: Theorie der mechanischen Schaltglieder
Author(s): Konrad Zuse
Date: 1952
Published by: Konrad Zuse Internet Archive
Source: Document - ZIA ID: 0260

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

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

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

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



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

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

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

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

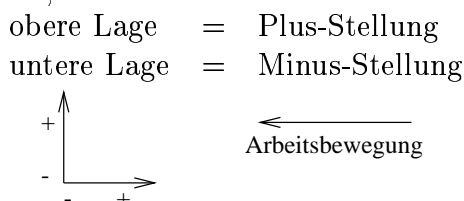
Theorie der mechanischen Schaltglieder*

Dipl.-ng. K. Zuse

Zur Klarstellung der Schaltgliedtypen:

Jeder Schaltgliedtyp ist in 8 verschiedene Symmetrieverfahren (siehe weiter unten) in Bezug auf seine Lage im Koordinatensystem (x, y) möglich. Es wird bei der Typendarstellung stets folgendes angenommen:

1. Arbeitsbewegung waagrecht von rechts nach links ($-x$ =Richtung)
2. Steuerbewegung senkrecht,



Neben den bei Prinzipschaltungen bereits eingeführten Symbolen sind bei isolierter Darstellung weitere Symbole zur Kennzeichnung der bewegenden und bewegten Glieder und der Richtung der Arbeitsbewegung erforderlich.

- ▷— Wirkungspeil, wie bisher
- >— Laufpeil, links bewegende, rechts bewegte Glieder, keine Gleichrichterwirkung. Der Laufpeil ergibt sich in der Gesamtschaltung aus der Lage der Impulse.
- ←— Richtungspeil, gibt Bewegungsrichtung eines Gliedes bei Arbeitsbewegung an.

Bei der Darstellung in symbolischer Form kann die in Bezug auf die Blechausschnitte und die Symmetrieverfahren gleiche Schaltgliedform auf zwei Arten dargestellt werden, und zwar so, daß sich einmal das bewegende Glied links und das bewegte rechts befindet und zum anderen umgekehrt. Es entspricht dies den auf

*ZuP 019/001. ZIA 0260. Version 1, Abbildungen fehlen. Durchgesehen von R. Rojas, L. Scharf.

Zug bzw. Druck arbeitenden Verbindungen oder dient lediglich der Vermeidung von Überschneidungen bei der Schaltungsdarstellung.

Die 8 Symmetriestrukturen eines Schaltgliedtyps:

- a) Schaltgliedtyp bezogen auf die Nullstellung des Steuergliedes (je 2 Spiegelsymmetrie-Formen)
- b) Schaltgliedtyp bezogen auf die Richtung der Arbeitsbewegung (je 4 Rotationssymmetrie-Formen)

Ein Beispiel wird am Typ 1 (Fig.1) demonstriert.

Bei Festlegung des Kreislauftyps sind nur 4 rotationssymmetrische Formen möglich. Es genügt dann zur Kennzeichnung der Symmetriestruktur die Angabe des Schrittes, in welchem die Arbeitsbewegung stattfindet.

A. Schaltgliedtypen

1. Positiv arbeitende Schaltglieder	Nr. des Typs
a) doppelseitige Verknüpfung	
a.1 Mit Sperrung, Schaltnase am bewegenden Glied	1
a.2 Ohne Sperrung, Schaltnase am bewegenden Glied	2 ¹
a.3 Ohne Sperrung, Schaltnase am bewegten Glied	3
b) einseitige Verknüpfung, ohne Sperrung	
b.1 Schaltnase am bewegenden Glied, Freigabe am bewegten Glied	4
b.2 Schaltnase am bewegenden Glied, Freigabe am bewegenden Glied	5
b.3 Schaltnase am bewegten Glied, Freigabe am bewegten Glied	6
2. Negativ arbeitende Schaltglieder	
a) doppelseitige Verknüpfung	
a.1 mit Sperrung, Schaltnase am bewegenden Glied	9
a.2 ohne Sperrung, Schaltnase am bewegenden Glied	10

¹Typ 2 und 3 können für den Fall, daß das bewegende Glied ein Impulsglied ist, anstelle von Typ 4, 5, 6 treten. Ebenso die Typen 10 und 11 anstelle der Typen 12, 13 und 14. (Keine besondere Freigabe erforderlich, da Impulsglied stets bewegt wird und es somit das bewegende Glied in nicht geschalteter Stellung freigibt.)

a.3 ohne Sperrung, Schaltnase am bewegten Glied	11
b) einseitige Verknüpfung, ohne Sperrung	
b.1 Schaltnase am bewegenden Glied, Freigabe am bewegten Glied	12
b.2 Schaltnase am bewegenden Glied, Freigabe am bewegenden Glied	13
b.3 Schaltnase am bewegten Glied, Freigabe am bewegten Glied	14
3. Umschaltglieder	
a) bewegendes Glied gemeinsam	
a.1 doppelseitige Verknüpfung	16
a.2 einseitige Verknüpfung, Freigabe am bewegten Glied	17
a.3 positiv einseitig, negativ doppelseitig	18
a.4 negativ einseitig, positiv doppelseitig	19
Typ 16 kann anstelle von Typ 17 treten, falls das bewegende Glied ein Impulsglied ist.	
b) bewegtes Glied gemeinsam	
b.1 doppelseitige Verknüpfung, allgemeiner Typ	20
b.2 doppelseitige Verknüpfung, spezieller Typ	21
(Bei Bewegung eines bewegenden Gliedes darf das andere mitgenommen werden)	
b.3 einseitige Verknüpfung, Freigabe am bewegten Glied, allgemeiner Typ	22
b.4 einseitige Verknüpfung, Freigabe am bewegten Glied, spezieller Typ entsprechen b.2)	23
b.5 einseitige Verknüpfung, Freigabe am bewegenden Glied	24
b.6 – b.9) Mischformen aus b.1, b.2 und b.3, b.4, b.5.	26 bis 31
c) gegenläufig wirkend	
c.1 negativ: Bewegend → bewegt } doppelseitige positiv: Bewegt → bewegend } Verknüpfung	32
c.2 wie c.1, c ist Impulsglied	33
c.3 wie c.1, jedoch einseitige Verknüpfung	34
c.4 negativ: Bewegt → bewegend } doppelseitige positiv: Bewegend → bewegt } Verknüpfung	36
c.5 wie c.4, b ist Impulsglied	37
c.6 wie c.4, jedoch einseitige Verknüpfung	38

d) Kettenschaltglieder	
d.1 ohne Sperrung, mit Impulsglied	48
d.2 ohne Sperrung, ohne Impulsglied (Impulsglied ersetzt durch Rückbewegung von a)	49
d.3 mit Sperrung, mit Impulsglied	} b muß an Impuls angeschlossen sein
d.4 mit Sperrung, ohne Impulsglied	
d.5 mit Sperrung, mit Impulsglied	52
d.6 mit Sperrung, mit Impulsglied	b variabel
d.7 mit Sperrung, ohne Impulsglied	
d.8 mit Sperrung, ohne Impulsglied	

B. Typische Schaltungsbeispiele zur Verwendung der einzelnen Schaltgliedtypen

1. Allgemeine Gesichtspunkte:

Negative Schalt- bzw. Sperrnasen *müssen* seitliche Bewegung haben (Ausweichen).

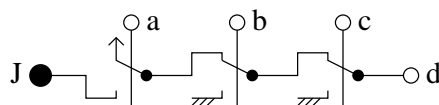
Positive Schalt- bzw. Sperrnasen *dürfen nicht* seitliche Bewegung haben.

Nasenfreie Ausschnitte können seitliche Bewegung haben.

Daher darf kein Blech positive und negative Schaltnasen zugleich enthalten.

Zahl der ausweichenden Bleche (zweidimensional bewegliche Bleche) möglichst gering halten, daher gegebenenfalls negative Schaltnasen so legen, daß mehrere an einem Blech liegen.

2. Konjunktionen:



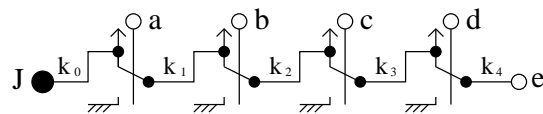
Vorzugsweise: doppelseitige Knüpfung mit Sperrung, Typen 1 und 9.

Vorteil: Vollsperrung

Nachteil: Mitunter mehr ausweichende Bleche als nötig. Das kann ggf. durch Verlegung der Schaltnasen an das bewegte Blech vermieden werden.

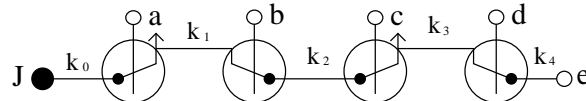
Beispiel: $\bar{a} \wedge \bar{b} \wedge \bar{c} \wedge \bar{d} \Rightarrow e$

a) Lösung wie oben:



Glieder k_0, k_1, k_2, k_3 müssen zweidimensional beweglich sein.

b) Lösung mit verlegten Schaltnasen:



Schaltgliedtypen: Nr. 1, 3 = Typ 11

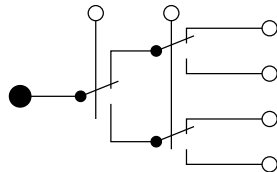
Nr. 2, 4 = Typ 9

Vorteil: Nur die Glieder k_1, k_3 zweidimensional beweglich.

Nachteil: Keine volle Sperrung.

3. Verzweigende Konkunktionen (Tannenbaumschaltung):

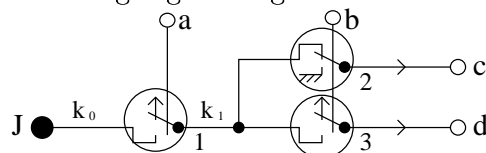
Der Tannenbaumschaltung läßt sich eine Anordnung von Umschaltgliedern direkt zuordnen, wenn man auf die Sperrung der bewegten Bleche verzichtet.



Schaltgliedtyp 16

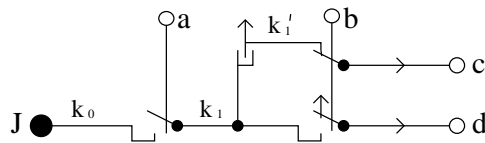
Ein Beispiel für eine Schaltgliedanordnung entsprechend der Tannenbaumschaltung mit Vollsperrung ist in der Patentanmeldung Mechanische Schaltglieder S. 20 gegeben.

Eine charakteristische Verzweigung ist folgend:



Die Schaltglieder 2 und 3 könnten durch ein Umschaltglied ersetzt werden, jedoch unter Verzicht auf die Sperrung der Glieder c und d . Das Glied k_1 enthält jetzt eine negative Schaltnase (Schaltglied 2) und eine positive Schaltnase (Schaltglied 3). Der zum Schaltglied 1 gehörende Ausschnitt von k_1 ist dagegen ohne Schaltnase (einfacher Querschlitze).

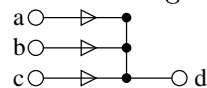
Glied k_1 muß aufgetrennt werden in k_1 und k'_1 , da dasselbe Blech nicht zugleich positive und negative Schaltnasen enthalten darf.



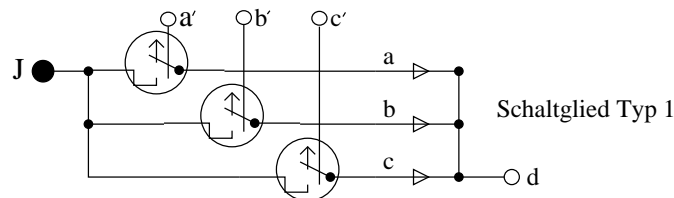
4. Disjunktionen:

a) Durch einseitige Einwirkung mehrerer Glieder auf ein gemeinsames.

$$a \vee b \vee c \Rightarrow d$$

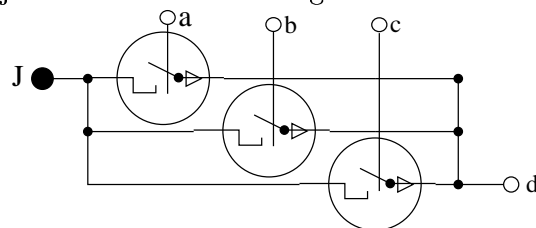


Konstruktiv: z.B. Bleche a , b , c wirken auf Bügel d ein. Die Schaltglieder, durch welche die Glieder a , b , c bewegt werden, können dann doppelseitig wirkend mit Sperrung sein:



Bei negierten Disjunktionsgliedern müssen entsprechend negativ arbeitende Schaltglieder verwandt werden (Typ 9). Bei allen diesen Ausführungen ist zu beachten, daß das gemeinsame Glied (d) gesondert in die Grundstellung gebracht werden muß (Löschung).

b) Lösung der Disjunktion durch einseitig wirkende Schaltglieder.



Einbeziehung der Gleichrichter in die Schaltglieder.

Allgemein: Schaltglieder vom Typ 4 und 12 (positiv bzw. negativ arbeitend, einseitig wirkend, ohne Sperrung).

Bei obigem Beispiel können auch die Schaltgliedtypen 2 und 10 benutzt werden, da die bewegenden Glieder Impulsglieder sind. Sofern mindestens ein bewegendes Glied Impulsglied ist, empfiehlt es sich, auch mindestens ein Schaltglied vom Typ 2 bzw. 12 zu wählen, weil dadurch das gemeinsame Glied gelöscht wird.

Die Einbeziehung der Gleichrichter in die Schaltglieder empfiehlt sich besonders, wenn das gemeinsame Disjunktionsglied (b) als gemeinsames Blech ausgebildet

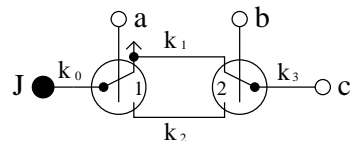
werden kann.

5. Kombinierte Schaltungen

Es seien zwei besonders häufige Schaltungen besprochen.

a) Die Äquivalenz

$$a \sim b \Rightarrow c$$



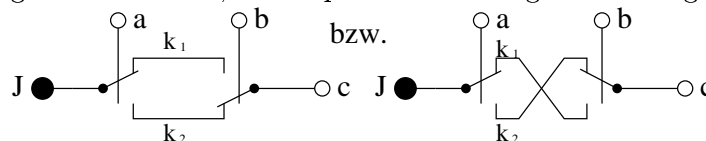
Schaltgliedtypen: 1 = Typ 16
2 = Typ 20 bzw. 21

Die Lösung erfolgt mit zwei Umschaltgliedern. Bei Schaltglied 2 kann anstelle des zunächst in Frage kommenden allgemeinen Typs 20 der spezielle Typ 21 treten, da bei Schaltung von k_1 das Glied k_2 bzw. umgekehrt mitgenommen werden darf. Eine Sperrung von c ist bei einer Lösung mit zwei Schaltgliedern nicht möglich. Es müßten dann die Umschaltglieder in positive und negative aufgelöst werden, bzw. eine besondere Sperrschaltung $a \approx b$ mit eigenen Schaltgliedern zugefügt werden. Die obige Schaltung ist insofern besonders günstig, als die beiden negativen Schaltnasen am Glied k_1 liegen, so daß nur dieses zweidimensional beweglich sein muß.

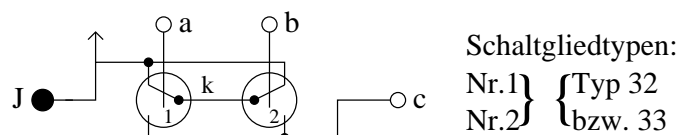
b) Die Disvalenz

$$a \approx b \Rightarrow c$$

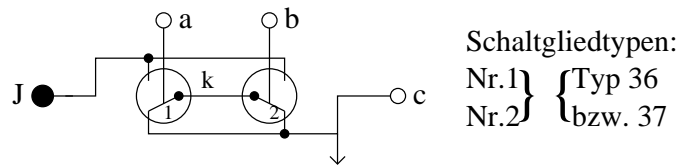
Die zur Lösung der Disvalenz, der Äquivalenz analoge Schaltung wäre folgende:



Diese Lösung hat jedoch den Nachteil, daß die Glieder k_1 und k_2 je sowohl eine positive als auch eine negative Schaltnase haben müßten und somit in sich aufgetrennt werden müßten. Die Schaltung wird deshalb nach dem Dualitätsprinzip umgeformt.



Schaltgliedtypen:
Nr. 1 } {Typ 32
Nr. 2 } {bzw. 33



Wir haben jetzt wieder nur je ein zweidimensional bewegliches Glied mit je zwei negativen Schaltnasen und zwar bei

Form b.1 das bewegende Glied (Impulsglied) J

Form b.2 das bewegte Glied c .

Je nachdem, ob die Ausgestaltung des einen bzw. des anderen Gliedes als zweidimensional bewegliches Blech günstiger ist, muß Form b.1 bzw. Form b.2 gewählt werden.

Diese Lösungen für die Aufgabe der Disvalenz stellen das typische Beispiel für die Verwendung von gegenläufigen Umschaltgliedern dar. Das mittlere Glied k wirkt in beiden Richtungen. Da das bewegende Glied ein Impulsglied ist, können wieder anstelle der allgemeinen Typen 32 und 36 die speziellen Typen 33 und 37 genommen werden.

6. Verzögerungsketten

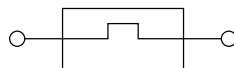
Hierfür kommen sowohl normale positiv arbeitende Schaltglieder (Typ 1) als auch Kettenschaltglieder in Frage (vorzugsweise mit Sperrung, Typ 50, 51). Die Verwendung von Kettenschaltgliedern erfolgt lediglich, um in einem Schaltglied eine Verzögerung von zwei Schritten zu erzielen. Ein Kettenschaltglied ersetzt zwei, mitunter sogar drei positiv arbeitende Schaltglieder und umgekehrt.

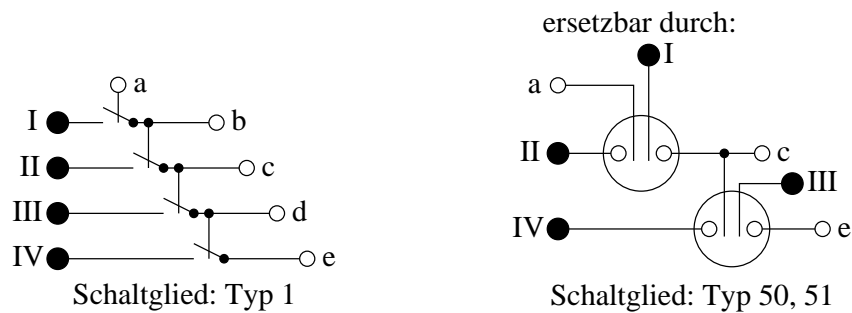
Das Kettenschaltglied hat den Nachteil, daß das bewegende Glied (J bei Typ 48, 49; J_2 bei Typ 50, 51) ein Impulsglied sein muß. Aus diesem Grunde ist es mitunter nicht verwendbar, wenn die Übertragung von weiteren Bedingungen abhängig ist.

Bei den Typen 48, 49 und 52, 53, 54, 55 kann jedoch das quer-bewegliche Blech (b) variabel schaltbar sein.

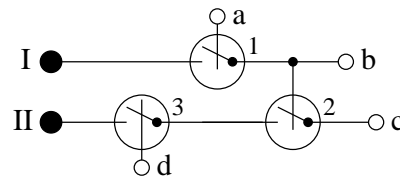
Beispiele:

a) Einfache Verzögerungskette



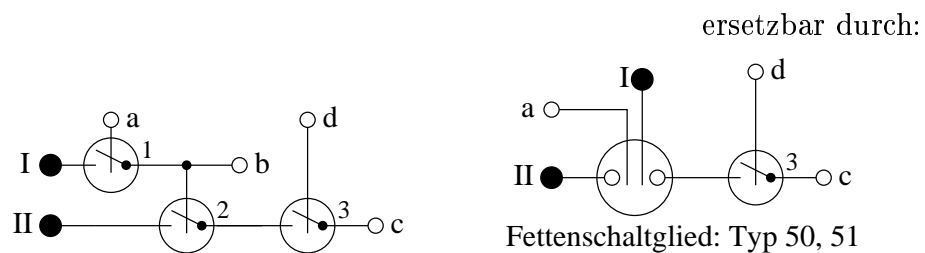


b) Bedingte Verzögerungskette

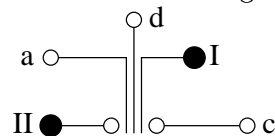


b.1 Die Übertragung von a über b auf c ist von d abhängig gemacht. In diesem Falle sind die beiden Schaltglieder 1 und 2 nicht ohne weiteres durch ein Kettenschaltglied ersetzbar. Verlegt man jedoch das Schaltglied 3 entsprechend dem kommutativen Gesetz, so ist eine Zusammenfassung von 1 und 2 möglich.

b.2



b.3 Durch Verwendung eines Schaltgliedes vom Typ 48, 49 bzw. 52, 53, 54, 55 lassen sich jedoch alle drei Schaltglieder zu einem vereinigen:



Die Schaltgliedtypen 48, 49 haben dabei den Nachteil, keine Sperrung zu haben, und die Typen 52 bis 55 haben eine besonders komplizierte Blechgestaltung.