Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 37 (1946)
Heft: 11

Artikel: Ein Beitrag zur Kenntnis der Schaltungstechnik
Autor: Oehler, Karl
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057330

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

weiterer Großspeicherwerke günstiger liegen und sich in radikaler Weise durch die Erstellung von Atomkraftwerken ändern. Da über kurz oder lang mit einer derartigen Entwicklung der Dinge zu rechnen ist, scheint es nicht abwegig, der elektrischen Raumheizung, insbesondere in Form von Decken-, Wand- und Fussbodenheizung, heute schon erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken und die noch erforderlichen Untersuchungen durchzuführen.

Weitere Literaturhinweise über elektrische Decken-, Wand- und Fussbodenheizung

1. *Bussy, R. M.:* Electric panel heating. Electr. Rev. Bd. 98 (1926).
2. *Grierson, R.:* Notes on electric warming with special reference to low temperature panel systems. Proc. Inst. Heat. & Vent. Engrs. Bd. 28(1929).
3. *Speirs, C. W.:* Electrical heating by radiation. Electr. Rew. Bd. 105(1929), Nr. 2696, S. 139...142.
4. *Ritter, P.:* Elektrische Heizungsanlagen in Wänden und Decken. Gesundh.-Ing. Bd. 58(1935), S. 754.
5. *Bartelds, J. W.:* Elektrische Raumheizung in der Provinz Utrecht, Holland. Elektrowärme Bd. 7(1937), Nr. 2. S. 31...34.
6. *Schraeder, F.:* Elektrische Raumheizung mit besonders günstigem Wirkungsgrad. Elektrowärme Bd. 7(1937), Nr. 8, S. 161...165.
7. *Liebenstein, G. von:* Erfahrungen mit der Bodenheizung «System Jaspers» in einem Wohnhaus. Elektrowärme Bd. 7(1937), Nr. 8, S. 165...168.
8. *Linka, A.:* Bericht über Erfahrungen mit elektrischen Speicher-Heizungsanlagen. Elektrowärme Bd. 7(1937), Nr. 8, S. 174...180.
9. *Kind, W.:* Elektrische Strahlungsheizung. Elektrotechn. Z. Bd. 58(1937), Nr. 29, S. 785...789.
10. *Kind, W.:* Die elektrische Deckenheizung. Elektr.-Wirtsch. Bd. 36(1937), Nr. 23, S. 528...532.
11. *Jaspers, B.:* Elektrische Raumheizung durch milde Wärmestrahlen, insbesondere Fussbodenheizung. Elektr.-Wirtsch. Bd. 36(1937), Nr. 23, S. 532...536.
12. *Castner, E.:* Elektrische Deckenheizung. Haustechn. Rdsch. Bd. 43(1938), S. 540.

Adresse des Autors:
M. Hottinger, Ingenieur, Privatdozent für Heizung und Lüftung an der Eidg. Techn. Hochschule, Voltastrasse 27, Zürich 7.

Ein Beitrag zur Kenntnis der Schaltungstechnik

Von *Karl Oehler*, Zürich

621.316.31

Zur systematischen Behandlung komplizierter Schaltvorgänge, die z. B. in Bahnsicherungsanlagen vorkommen, hat sich eine eigentliche Schaltungstechnik entwickelt. Sie bezweckt, diejenige Lösung einer gegebenen Schaltaufgabe zu finden, welche mit einem Minimum von Schaltkontakten auskommt.

In der vorliegenden Arbeit wird auf den Unterschied zwischen dem Stromlaufschaltplan und dem sonst üblichen Montage- oder Wirkschaltplan hingewiesen. An Hand eines als Beispiel gestellten allgemeinen Schaltproblems wird, ausgehend von einem Aufsatz von Edler, der Weg zur Lösung gezeigt und das Resultat in der Pfeilschen Strichschaltung dargestellt. Das Beispiel soll anregen, die Vorteile der Stromlaufschaltung bei der Behandlung schaltungstechnischer Probleme auszunützen.

Pour l'étude systématique de couplages compliqués, qui interviennent notamment dans les installations de sécurité des services ferroviaires, on a mis au point une technique particulière, dont le but est de fournir la solution qui exige le minimum de contacts.

M. Oehler mentionne tout d'abord la différence qui existe entre le schéma des courants et les schémas de montage ou de couplage usuels. Puis, à l'aide d'un problème général de couplage servant d'exemple, il indique la voie à suivre pour le résoudre, en partant d'un article de M. Edler, et expose le résultat obtenu par le couplage de Pfeil. Cet exemple est destiné à montrer les avantages qu'il y a à utiliser le couplage des courants pour la solution des problèmes de couplage.

Ueber die Schaltungstechnik sind schon eine ganze Reihe von Arbeiten erschienen [1]), die sich insbesondere zum Ziel setzen, die Vorteile der Anwendung des sog. Stromlaufschaltplanes darzutun. Es lassen sich sogar Normungsbestrebungen für diese Stromlaufschaltpläne verzeichnen (DIN/VDE 719). Die Stromlaufpläne unterscheiden sich von den sonst üblichen Montage- oder Wirkschaltplänen im wesentlichen dadurch, dass nicht der räumliche (mechanische) Zusammenhang der Schaltelemente, sondern der elektrische Zusammenhang dargestellt wird. Einzig diese Darstellung entspricht dem Erfordernis eines «Schalt»planes, aus dem in erster Linie hervorgehen soll, durch welche Schaltelemente und in welcher Weise die verschiedenen Stromkreise beeinflusst werden.

Was jedoch den Aufbau einer Schaltung mühsam macht, ist der Weg von der gestellten Bedingung bis zum Schaltplan, auch wenn für diesen eine möglichst einfache und übersichtliche Darstellung gewählt wird.

Die Aufgabe besteht auch hier, wie überall in der Technik, darin, dass eine Lösung gefunden wird, die mit einem Minimum an Mitteln auskommt, d. h. sowohl die Zahl der Kontakte, als auch die Zahl der nötigen Verbindungsleitungen soll möglichst klein sein. Da die Verbindungsleitungen unter Umständen sehr teuer sein können (Kabel), wenn die Schaltelemente, die auf einen Stromkreis einwirken, weit auseinander liegen, so ist es bei der Wahl unter den verschiedenen Lösungen gelegentlich nötig, diejenige mit mehr Kontakten, aber weniger Verbindungsleitungen vorzuziehen.

Die heute meist angewendete Methode für den Aufbau eines Schaltplanes besteht darin, die einzelnen nicht gleichzeitig möglichen Stromläufe aufzuzeichnen, die der gestellten Schalt-Bedingung entsprechen, und nachträglich durch Zusammenziehen gemeinsamer Stromkreisteile (Kürzung) zu einer Schaltung zu gelangen, die die gestellte Aufgabe mit möglichst geringem Aufwand an Kontakten und Verbindungsleitungen löst. Dabei muss man sich auf das Probieren verlassen, wenn man das Minimum an Aufwand feststellen will. Jedem, der sich intensiv mit solchen Problemen abgibt, ist es jedoch wahrscheinlich schon aufgefallen, dass es einige wenige Gesetzmässigkeiten gibt, deren Kenntnis das Auffinden der Lösung erleichtert und sogar gestattet, für gewisse Schaltungsprobleme allgemein

[1]) R. Edler: Der Weg von den Schaltbedingungen zum Stromlaufschaltplan (mit Literaturverzeichnis). E und M Bd. 62 (1944), Nr. 3/4, S. 30...52.

gültige Lösungen zu finden. Dies soll an einem Beispiel gezeigt werden, wobei ein Problem gewählt werden soll, das Edler in seinem Aufsatz behandelt; das Problem soll jedoch ganz allgemein gestellt werden:

Es soll ein Stromkreis dann *geschlossen* sein, wenn von n Schaltelementen deren m gleichzeitig die Arbeitsstellung einnehmen.

Es soll die nötige Zahl von Kontakten und die nötige Zahl von Verbindungsleitungen angegeben werden für beliebige Zahlen n und m.

Zunächst sei in einem zahlenmässigen Beispiel angenommen:

$$n = 7 \qquad m = 2$$

Edler verwendet eine Form der geschriebenen Schaltung, bei der jedes Schaltelement mit einem Nummernpaar bezeichnet wird, wobei die gerade Nummer einen Arbeitskontakt, die ungerade Nummer einen Ruhekontakt bezeichnet. Was für Schaltelemente dabei vorliegen, spielt für die Untersuchung keine Rolle. Es können Tasten, Relais, Schalter usw. sein. In der von Edler verwendeten Form müsste also der erste Stromzweig folgendermassen angesetzt werden:

$$\text{N} - 2 - 4 - 5 - 7 - 9 - 11 - 13 - \text{X} \qquad (1)$$

Darin bedeuten N und X die beiden Punkte, zwischen denen sich die verschiedenen Kontakte befinden, die den über N und X führenden Stromkreis schliessen oder öffnen sollen. Die Kontakte 2 und 4 sind die Schliesskontakte der beiden ersten Schaltelemente 1/2 bzw. 3/4, während 5, 7, 9, 11 und 13 die Ruhekontakte der Schaltelemente 5/6, 7/8, 9/10, 11/12 und 13/14 bedeuten.

Diese Schreibweise hat offensichtlich den Nachteil, dass die Bezeichnung keine Uebersicht gestattet. Man muss sich stets gegenwärtig halten, dass 5 und 6 ein Schaltelement bezeichnen, d. h. zusammengehören und nicht etwa 4 und 5.

Es scheint mir daher besser, die Schaltelemente mit Buchstaben zu bezeichnen, wobei die Unterscheidung zwischen Arbeits- und Ruhekontakt durch Wahl von grossen bzw. kleinen Buchstaben möglich ist. Der erste Stromzweig würde demnach folgendermassen aussehen:

$$\text{N} - \text{A} - \text{B} - \text{c} - \text{d} - \text{e} - \text{f} - \text{g} - \text{X}$$

Damit die gestellte Bedingung erfüllt wird, sind noch folgende weitere Stromzweige nötig:

$$\begin{array}{c} \text{N} - \text{A} - \text{b} - \text{C} - \text{d} - \text{e} - \text{f} - \text{g} - \text{X} \\ \text{N} - \text{A} - \text{b} - \text{c} - \text{D} - \text{e} - \text{f} - \text{g} - \text{X} \\ \text{usw.} \\ \text{N} - \text{a} - \text{b} - \text{c} - \text{d} - \text{E} - \text{F} - \text{g} - \text{X} \\ \text{N} - \text{a} - \text{b} - \text{c} - \text{d} - \text{E} - \text{f} - \text{G} - \text{X} \\ \text{N} - \text{a} - \text{b} - \text{c} - \text{d} - \text{e} - \text{F} - \text{G} - \text{X} \end{array} \qquad (2)$$

Es gibt im ganzen 21 solche Stromzweige, und die Aufgabe besteht nun darin, so viele Kontakte wie möglich zu kürzen. Eine Kürzung der ersten drei Zeilen sieht z. B. folgendermassen aus:

$$\begin{array}{l} \text{N} - \text{A} \begin{cases} \text{B} - \text{c} \\ \text{b} - \text{C} \end{cases} \text{d} \begin{cases} \\ \\ \text{c} - \text{D} \end{cases} \text{e} - \text{f} - \text{g} - \text{X} \end{array} \qquad (3)$$

Es ist sofort klar, dass diese Methode ausserordentlich langwierig ist, sobald eine grosse Zahl von Stromzweigen vorliegt, wie beispielsweise im gewählten Fall deren 21. Ausserdem müssen die verschiedenen Lösungen daraufhin untersucht werden, welche die günstigste ist, und schliesslich bieten die meisten Lösungen keine Gewähr, dass man das allgemein gültige Gesetz erkennen könnte.

Eine wesentliche Erleichterung ergibt sich dadurch, dass man jeden Kontakt mit seinen Anschlusslinien schräg zeichnet, und zwar den Arbeitskontakt mit seinen Anschlusslinien von links oben

$$\text{A} \qquad \text{b} \qquad (4)$$

nach rechts unten, den Ruhekontakt jedoch von rechts oben nach links unten. Die Anschlusslinien können beliebig lang sein. Durch Aneinanderreihen der Kontakte entsteht nun ein gekrümmter Linienzug; der Vorteil, dass er mit der Schreibmaschine geschrieben werden kann, geht allerdings dabei verloren.

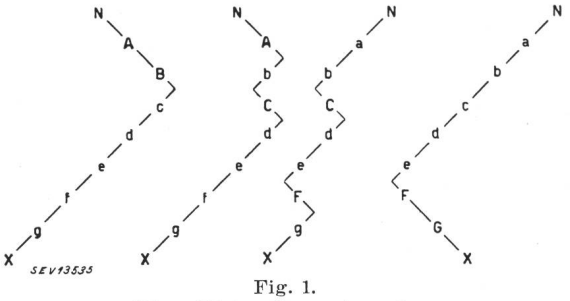


Fig. 1.
Diese Linienzüge entsprechen

der ersten Zeile	der zweiten Zeile	einer beliebigen Zeile	der letzten Zeile

Schreibt man die verschiedenen Stromzweige des gewählten Beispieles auf diese Weise an, wobei man wieder mit Rücksicht auf möglichst kurze Verbindungsleitungen die benachbarten Schaltelemente aufeinander folgen lässt (Berücksichtigung der räumlichen Anordnung der Schaltelemente), so ergeben sich die Linienzüge nach Fig. 1.

Man erkennt ohne weiteres, dass man die verschiedenen Zeilen aufeinanderlegen kann, ohne dass zwei verschiedenartige Schaltzeichen aufeinanderfallen (Fig. 2).

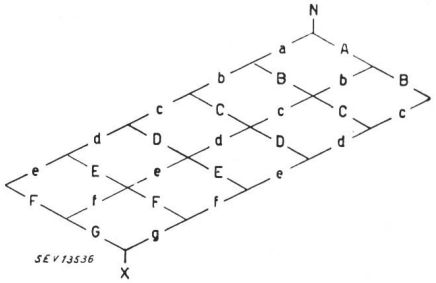


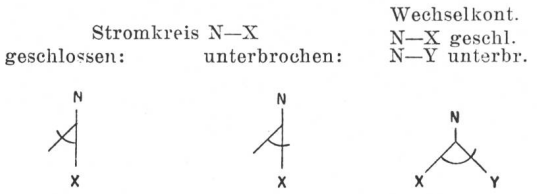
Fig. 2.

In Fig. 2 sind alle 21 Zeilen enthalten, wobei alle irgend möglichen Kürzungen schon vorgenom-

men sind. Eine Prüfung der Figur zeigt, dass man mit weniger Kontakten oder mit weniger Verbindungsleitungen nicht auskommt, dass also das Minimum an Aufwand erreicht ist. Ausserdem sind Ruhe- und Arbeitskontakte desselben Schaltelementes nebeneinander angeordnet, so dass sie zu Wechselkontakten vereinigt werden können. Für jede Stromverzweigung wird damit gleichzeitig ein sicherer Ausschluss gewährleistet.

In Fig. 3 ist die übliche Darstellung mit Ruhestrom- und Arbeitsstromkontakten gezeigt. In Fig. 4 wurde dagegen die Darstellung der Pfeilschen Strichschaltung gewählt, die den Vorteil hat, dass durchgehende Linien für die Stromkreise verwendet werden, was in Verbindung mit der Darstellungsweise der Kontakte eine wesentliche Vereinfachung der zeichnerischen Arbeit erlaubt.

Die Kontaktzeichen bedeuten:



Es spielt dabei keine Rolle, ob der Winkel über dem Kontaktbogen 45°, 90° oder irgendein anderer ist; die Bedeutung des Kontaktzeichens ändert sich dadurch nicht. Diese Darstellungsweise hat sich aus diesen und noch anderen Gründen für die Stromlaufschaltungen im Eisenbahn-Sicherungswesen sehr bewährt und wird dort seit Jahrzehnten angewendet.

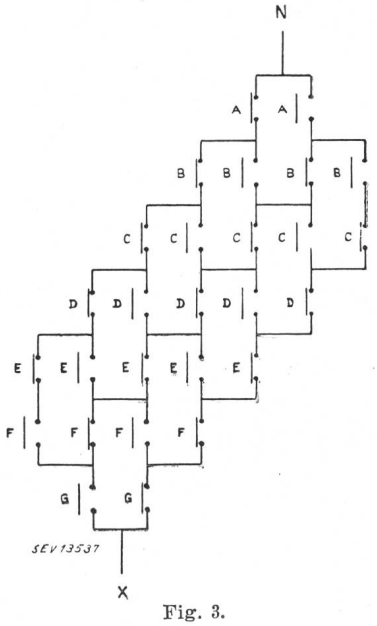


Fig. 3.

Wir hatten uns zur Aufgabe gestellt, die nötige Zahl der Kontakte und Verbindungsleitungen für beliebige n und m festzustellen.

Aus Fig. 2 und 4, mit $n = 7$ und $m = 2$, lässt sich die Zahl der Kontakte sofort ablesen:

$$K = 2m(n - m) + n$$

wobei die Wechselkontakte als zwei Einzelkontakte gezählt wurden. Aus Tabelle I geht die Gesetzmässigkeit hervor.

Tabelle I

n =	0	1	2	3	4	5	6	7
m = 0	0	1	2	3	4	5	6	7
1		1	4	7	10	13	16	19
2			2	7	12	17	22	27
3				3	10	17	24	31
4					4	13	22	31
5						5	16	27
6							6	19
7								7

Zählt man die Verbindungsleitungen zwischen den Kontakten des gleichen Schaltorganes nicht, sondern nur die von einem Schaltorgan zum andern führenden, einschliesslich der Verbindungen zu N und X, so ist die Zahl der nötigen Verbindungen

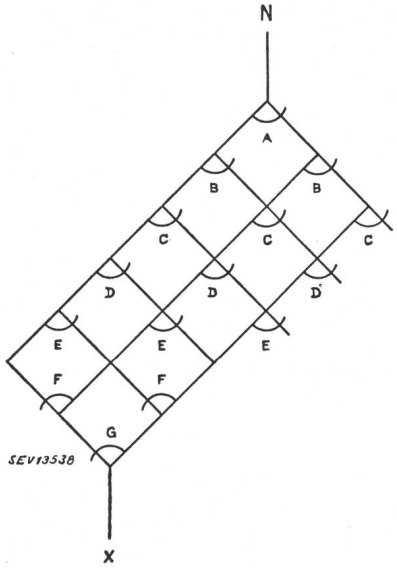


Fig. 4.

identisch mit der Zahl der Ecken der Fig. 4, wie in Fig. 5 nochmals verdeutlicht worden ist. Somit ist

$$V = m(n - m) + n + 1$$

Ein praktisches Anwendungsbeispiel mit $m = 1$ ergibt sich häufig bei der Aufstellung von Schal-

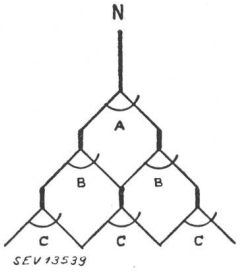


Fig. 5.

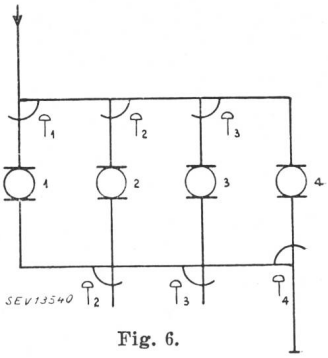


Fig. 6.

tungen für elektrische Eisenbahnsicherungseinrichtungen. Nur lautet dort die Aufgabe etwas anders:

Durch Betätigung einer von n Tasten soll das zugeordnete Relais Strom erhalten, wobei jedoch die Stromkreise aller übrigen $n-1$ Tasten und der ihnen zugeordneten Relais unterbrochen werden sollen. Die Schaltung, die dieser Aufgabe entspricht, ist mit $n=4$ in Fig. 6 dargestellt.

Es dürfte noch von Interesse sein, wie die allgemeine Lösung des Problems aussieht, wenn nicht ein Arbeitsstrom, sondern ein Ruhestrom fliesst. Die Aufgabe lautet dann folgendermassen:

Es soll ein Stromkreis dann *geöffnet* sein, wenn von n Schaltelementen deren m gleichzeitig die Arbeitsstellung einnehmen.

Schreibt man für das gewählte Beispiel $n=7$ und $m=2$ die Stromkreise entsprechend (2) an, so erhält man Fig. 7.

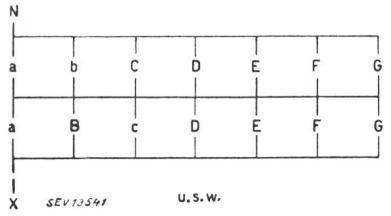
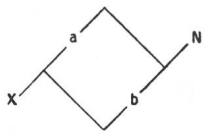
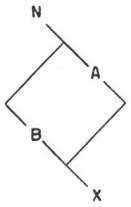


Fig. 7.

Die Kontakte in den einzelnen Zeilen ändern ihren Charakter, und die 21 Zeilen sind, jede als ganzes, in Serie zu schalten. Es scheint kaum möglich, durch Kürzen zu einer vernünftigen Lösung zu kommen. Es wäre möglich, die Lösung dadurch zu finden, dass man die Zeilen analog Fig. 1 aufzeichnet. Dies ist jedoch nicht nötig, da man die Lösung direkt aus Fig. 2 ableiten kann. Man muss sich lediglich die vier Grundregeln der Schaltungstechnik vor Augen halten, die in Tabelle II zusammengestellt sind:

Tabelle II

	Arbeitsstrom wird geschlossen	Ruhestrom wird geöffnet
durch A *und* B		
durch A *oder* B		

Der Uebergang von Arbeitsstrom zu Ruhestrom geschieht dadurch, dass man

1. jeden grossen Buchstaben mit einem kleinen vertauscht und umgekehrt,

2. die Anschlusslinien für jeden Buchstaben um 90° umschwenkt,

3. die generelle Stromrichtung von oben nach unten gegen die Richtung von rechts nach links vertauscht.

Angewendet auf Fig. 2 erhält man Fig. 8.

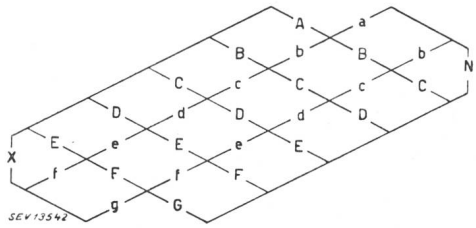


Fig. 8.

Dreht man die ganze Figur um 90°, damit N wieder oben und X wieder unten steht und wendet gleichzeitig die Darstellung entsprechend Fig. 4 an,

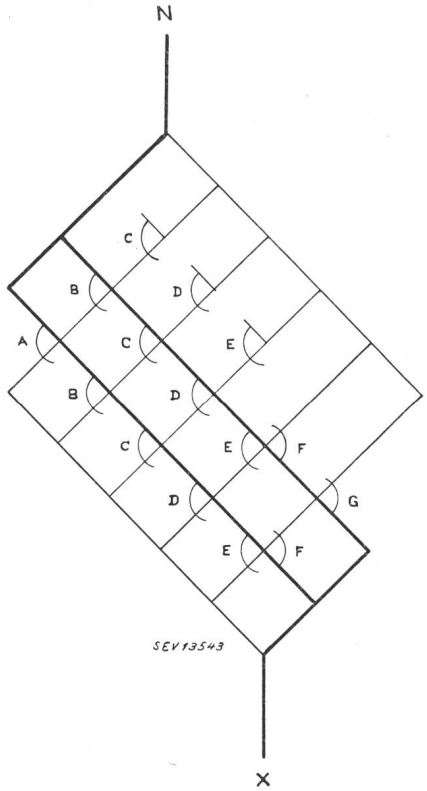


Fig. 9.

so ergibt sich eine Schaltung Fig. 9. Darin sind der Deutlichkeit halber die vom Ruhestrom durchflossenen Leiter etwas stärker ausgezogen.

Die Stromwege sind wegen der vielen möglichen Parallelstromkreise nicht so leicht zu verfolgen; man erkennt jedoch, dass N und X immer noch verbunden bleiben, wenn nur ein Schaltelement in die Arbeitsstellung übergeht. Fig. 10 zeigt die Situation, wenn zwei Schaltelemente in die Arbeitsstellung übergegangen sind (C und E). Die Stromkreisabschnitte gleichen Potentials sind etwas stärker angelegt, damit man leichter erkennt, dass die Bewegung irgendeines Schaltelementes den Schluss zwischen N und X wieder herstellt.

Die Zahl der Kontakte ist gleich geblieben wie bei Fig. 4 und folgt auch demselben Gesetz:

$$K = 2m(n-m) + n$$

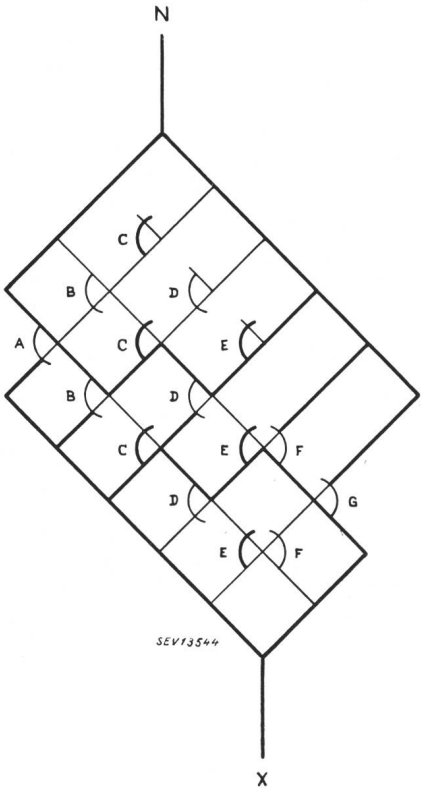


Fig. 10.

Die Zahl der nötigen Verbindungsleitungen ist jedoch infolge der zahlreichen Parallelschaltungen angestiegen, und zwar auf:

$$V = m(n - m) + 2\,(n + 1)$$

Es ist kaum zu erwarten, dass man bei der Lösung anderer Probleme auf so einfache und symmetrische Resultate stossen wird, da die Symmetrie der Resultate selbstverständlich von der Symmetrie der Aufgabe abhängt. Bei der Lösung allgemeiner Probleme wird es deshalb gut sein, mit einer kleinen Zahl von Schaltelementen zu beginnen. Eine Zusammenlegung der Stromkreise zu einer Figur wird unter Umständen nur möglich sein, nachdem die Reihenfolge der Schaltelemente im Stromkreis vertauscht ist oder der Linienzug durch Zwischenschaltung von Verbindungsleitungen ohne Kontakt anders geformt worden ist. Auch wird man in solchen Fällen kaum gleich zu Anfang den minimalen Aufwand erkennen, sondern es wird notwendig sein, das Resultat auf diese Bedingung noch besonders zu prüfen. Das vorliegende Beispiel soll jedoch nur zeigen, wie leistungsfähig der Stromlaufschaltplan in geschriebener oder gezeichneter Form sein kann, und es soll dazu anregen, diese Vorteile in der Behandlung schaltungstechnischer Probleme auszunützen.

Adresse des Autors:
Dr. *K. Oehler*, Restelbergstrasse 16, Zürich.

Neuentwicklungen im Strassenbahnbetrieb Stockholms

(Auszug aus einem Bericht von *T. R. Aström*, Stockholm)

621.335.4(485)
656.4(485)

1. Einleitung

Wie viele europäische Städte musste auch Stockholm seine Verkehrsprobleme unter Berücksichtigung des zu erwartenden stark aufblühenden Automobilverkehrs und in Anbetracht des alten, enggebauten Stadtkerns neu bearbeiten und lösen.

Stockholm wurde bei seiner Gründung im dreizehnten Jahrhundert auf einigen kleinen Inseln gebaut, dehnte sich aber bald auf das angrenzende Festland aus. Während der letzten 300 Jahre wuchs die Bevölkerung von 15 000 auf 650 000 Menschen an. Nicht nur die enge Bauweise des Zentrums, sondern auch ganz besonders die für die heutigen Verhältnisse viel zu kleine Zahl der Brücken zwischen den Inseln und dem Festland bilden heute die hauptsächlichsten Verkehrshindernisse (Fig. 1).

Eine Modernisierung und Verbesserung des Ortsverkehrs in Stockholm hat in zwei Richtungen zu erfolgen. Einerseits sollten neue Verkehrswege geschaffen werden, wobei vielerorts mit weitgehenden Aenderungen des Stadtplanes zu rechnen wäre. Anderseits sind moderne Strassenbahnwagen, Auto- und Trolleybusse einzuführen. Die vorliegende Arbeit soll einen Ueberblick der zum Teil geplanten, zum Teil bereits durchgeführten Verbesserungen der öffentlichen Verkehrsmittel Stockholms geben.

2. Die Entwicklung des Verkehrs in Stockholm während der letzten 20 Jahre

Die grosse Aufwärtsentwicklung des Verkehrs war bedingt durch die starke Bevölkerungszunahme der Stadt, durch die technische Verbesserung der Verkehrsmittel und durch die allgemeine Tendenz, die Wohngebiete aus dem Stadtzentrum an die Peripherie Stockholms zu verlegen.

Der Automobilbestand in Stockholm überschritt im Jahre 1939 die Zahl 29 000. Dies bedeutete eine Dichte von einem Auto auf jeden zwanzigsten Einwohner. Mit einer Verdoppelung des Bestandes musste innerhalb weniger Jahre gerechnet werden.

Fig. 1.
Verkehr im Jahre 1931 auf der Norrbro, der ältesten und wichtigsten Brücke im Zentrum Stockholms