

# Noch 'ne Dr-Schaltung!

## Oder: Wie man mittels „Schaltungsgebra“ Kontakte spart!

Manfred Hutter, Frankfurt am Main

Herr Bredin hat in Heft 1/XVI eine Schaltung angegeben, mit der er die Drucktasten-Fahrstraßenwahl für einen kleinen Bahnhof durchführt. Der Gleisplan dieses Bahnhofes sei hier nochmals wiedergegeben (Abb. 1). Das Charakteristische an seiner Schaltung ist die Trennung der sonst gemeinsamen Rückleitung der Antriebsspulen. Außerdem werden drei verschiedene Gruppen von Tasten unterschieden.

In Heft 6/XVI gibt Herr Schulz zum gleichen Gleisplan zwei verbesserte Schaltungen an. Verbessert sind sie in dem Sinne, daß der verhältnismäßig mühsame mechanische Umbau der Antriebe unterbleiben kann, was besonders bei großen Bahnhöfen erfreulich ist, und auch verbessert, weil anstelle der 31 Kontakte nur noch 21 bzw. 20 (und nur mehr 2 Gruppen von Tasten) benötigt werden, was dem Geldbeutel zugute kommt.

Diesen drei Schaltungen möchte ich nun noch eine weitere hinzufügen, bei der nicht nur die Tatsache bemerkenswert ist, daß sie nur noch 17 Kontakte enthält, sondern vor allem die Art, wie sie entstand: Sie ist nämlich „errechnet“ worden.

Dabei ist „rechnen“ ein recht hochtrabendes Wort für die Anwendung der sogenannten Schaltungsgebra, denn es wird nicht zusammengezählt oder multipliziert, sondern nur umgeformt und zusammengefaßt. Das „wo“ und „wie“ gehorcht dabei allerdings festen Regeln, die in ihrer Gesamtheit die Schaltungsgebra ausmachen, genau wie die verschiedenen Regeln der normalen Algebra.

Beiden ist auch noch gemeinsam, daß mit Gleichungen gearbeitet wird. Dabei wird aber in der Schaltungsgebra nicht eine Gleichheit von linker und rechter Seite ausgedrückt, sondern eher eine Folge. Diese entsprechenden Ausdrücke, die in Form einer Gleichung geschrieben werden, heißen Schaltfunktionen.

Von der Schaltungsgebra soll heute aber nur so viel berichtet werden, wie zum Verständnis der Entwicklung der besagten Schaltung nötig ist. Ein Artikel über die Grundlagen der Schaltgebra ist in Vorbereitung und soll gelegentlich erscheinen, denn man kann sie auch für allerlei andere nützliche Sachen anwenden.

Die Art, in der die Schaltung entstanden ist, ist ganz exakt und frei von jeder Probererei und umständlicher Knobelei. Sie garantiert bei konsequenter Anwendung des „Rezeptes“ ein Minimum an Kontaktaufwand.

Wenn man den Gleisplan (Abb. 1) betrachtet, so wird es gewiß nicht schwerfallen, für jede Antriebsspuhle aufzuschreiben, unter welchen Bedingungen sie vom Strom durchflossen werden soll; z. B.:

Spule 1.1 soll Strom führen, wenn Taste A und D betätigt wird.

Es liegt hier eine sogenannte UND-Verknüpfung vor. In der Schreibweise der Schaltgebra wird das UND durch das kaufmännische „&“ ausgedrückt, wodurch sich folgende „Schaltfunktion“ ergibt:

$$1.1 = A \& D.$$

Das ist eine einfache, klare und übersichtliche Schreibweise. Man braucht eigentlich nichts zu lernen, außer dem „&“-Zeichen, das manchem allerdings erst nach einigen Fingerübungen glückt. Bitte verwenden Sie nicht das Plus-Zeichen (+), denn man hat das „&“ gerade deshalb gewählt, um die UND-Verknüpfung nicht mit einer normalen mathematischen Addition zu verwechseln.

Gelesen wird die Schaltfunktion fast wie der Satz weiter oben:

1 Punkt 1, wenn A und D.

Dabei ist wiederum wichtig, daß das Gleichheitszeichen als „wenn“ gelesen wird, was

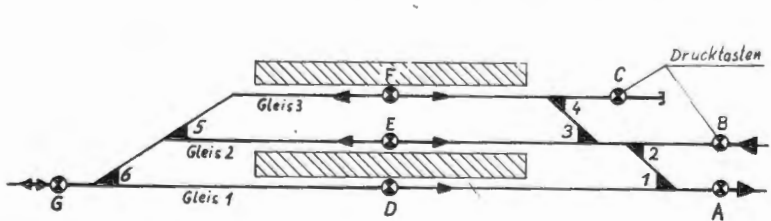


Abb. 1. Die seinerzeit in Heft 1/XVI von Herrn Bredin angegebene Gleisplan. Die Weichenspulen werden wieder mit 1=Gerade und 2=Abzweig bezeichnet; „Weiche 1 Abzweig“ wird also kurz mit „1.2“ gekennzeichnet.

den Charakter der Folge betont, wobei wir den Satzschluß „betätigt wird“ stillschweigend verschlucken wollen.

Für die Spule 1.2 wird die Sache schon etwas komplizierter, da hier zwei UND-Verknüpfungen auftreten:

Spule 1.2 führt Strom, wenn A und E oder wenn A und F betätigt werden. Es erscheint hier auch eine neue Verknüpfung, nämlich die ODER-Verknüpfung. Sie wird in der Schaltgebra durch ein „v“ ausgedrückt, denn das lateinische Wort für „oder“ heißt „vel“. Die Schaltfunktion für 1.2 lautet also:

$$1.2 = (A \& E) \vee (A \& F).$$

Die Klammern müssen wir setzen, um zu zeigen, daß zwei UND-Verknüpfungen durch das Oder verknüpft werden. In unserem Falle gibt die Klammer an, welche zwei Tasten jeweils gleichzeitig betätigt werden müssen, nämlich die beiden, die in einer gemeinsamen Klammer stehen.

Auf diese Weise lassen sich die Bedingungen für alle Weichenantriebsspulen formelartig aufstellen, wobei aber darauf zu achten ist, daß keine Bedingung vergessen wird; denn was in der Ausgangsformel fehlt, das kann die Schaltung später auch nicht ausführen!

Wir erhalten für die zwölf Antriebsspulen aber nur 10 Schaltfunktionen, wenn wir überlegen, daß die Gleisverbindungen über die Weichen 1 und 2 sowie 3 und 4 nur dann richtig gestellt sind, wenn beide Weichen auf Abzweigung stehen. Die Spulen 1.2 und 2.2 werden also die gleiche Schaltfunktion zeigen, ebenso die Spulen 3.2 und 4.2. Wir stellen deshalb nur jeweils eine Schaltfunktion auf und schalten die betreffenden Spulen kurzerhand parallel, da sie identische Schaltfunktionen haben (Zeichen  $\equiv$ ):

$$\begin{aligned} 1.1 &= A \& D \\ 1.2 \equiv 2.2 &= (A \& E) \vee (A \& F) \\ 2.1 &= (B \& E) \vee (B \& F) \\ 3.1 &= (A \& E) \vee (B \& E) \\ 3.2 \equiv 4.2 &= (A \& F) \vee (B \& F) \\ 4.1 &= C \& F \\ 5.1 &= G \& F \\ 5.2 &= E \& G \\ 6.1 &= D \& G \\ 6.2 &= (E \& G) \vee (F \& G) \end{aligned}$$



Abb. 2. UND-Verknüpfung (&) ist gleichbedeutend mit einer Serienschaltung.

Abb. 3. ODER-Verknüpfung (v) entspricht einer Parallelschaltung.

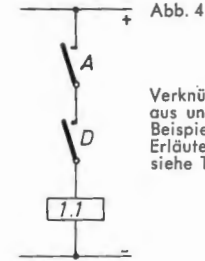
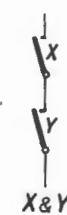


Abb. 4. Verknüpfungen aus unserem Beispielplan. Erläuterungen siehe Text.

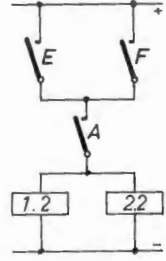


Abb. 5

Damit haben wir unseren Gleisplan schon vollständig in Schaltfunktionen aufgelöst. Die erste und auch einzige Regel der Schaltgebra, die wir für diesen Gleisplan benötigen, ist eine Umformung, die einige Funktionen etwas vereinfacht, z. B.:

$$(X \& Y) \vee (X \& Z) = X \& (Y \vee Z)$$

Diese Regel besagt, daß ein Buchstabe, der in sämtlichen Klammerausdrücken einer Schaltfunktion vorkommt, vor die Klammer gesetzt werden kann, wobei der Klammerinhalt dann aus den verbleibenden Buchstaben besteht. Die Zeichen & und v werden dabei jeweils vertauscht!

Wenden wir diese Regel auf die Funktionen 1.2, 2.1, 3.1, 3.2 und 6.2 an, so erhalten unsere 10 Schaltfunktionen schon ein anderes Gesicht:

$$\begin{aligned} 1.1 &= A \& D \\ 1.2 &= A \& (E \vee F) \\ 2.1 &= B \& (E \vee F) \\ 3.1 &= E \& (A \vee B) \\ 3.2 &= F \& (A \vee B) \\ 4.1 &= C \& F \\ 5.1 &= G \& F \\ 5.2 &= E \& G \\ 6.1 &= D \& G \\ 6.2 &= G \& (E \vee F) \end{aligned}$$

Jetzt ist es an der Zeit, zu überlegen, wie eine &- und eine v-Verknüpfung eigentlich praktisch ausgeführt wird: Eine &-Verknüpfung ist eine Reihenschaltung (Abb. 2) und eine v-Verknüpfung eine Parallelschaltung (Abb. 3) von Kontakten. Als Kontakte verwenden wir die Arbeitskontakte derjenigen Taste, die wir durch den jeweiligen Buchstaben gekennzeichnet hatten; z. B. ist 1.1 = A & D in Abb. 4 dargestellt.

Bei Schaltfunktionen mit Klammerausdrücken (z. B. 1.2) muß zuerst der Klammerausdruck „verarbeitet“ werden; zuerst also eine Parallelschaltung der Kontakte E und F zeichnen, und dann den Kontakt A in Reihe mit dieser Kontaktkombination legen (Abb. 5). Wir erinnern uns hier noch, daß die beiden Magnetspulen 1.2 und 2.1 parallelgeschaltet werden müssen; das hat aber nichts mit der

Parallelschaltung von E und F zu tun, sondern damit, daß sie stets zur gleichen Zeit arbeiten müssen und deshalb praktisch als eine Spule aufzufassen sind.

Noch ein Wort zu den „Tastengruppen“, von denen in den einleitenden Abschnitten die Rede ist. Diese Methode hier bringt das Minimum von 17 Kontakten nur deshalb, weil gar keine Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen gemacht werden. Elektrisch gesehen sind ja sowieso alle Tasten gleichwertig, auch in den Schaltungen von Herrn Bredin und Herrn Schulz, denn es ist ja gleichgültig, welche Taste von zweien man zuerst drückt; die Wirkung ist stets dieselbe. Daß man immer eine Streckentaste und eine Bahnhofstaste zusammen betätigen muß, um irgendwelche Weichen gemacht werden, diese Bedingung steckt ja längst in den einzelnen Schaltfunktionen drin. Man sollte also nicht alle Kontakte einer Taste z. B. an den Plus-Anschluß legen wollen, damit verbaut man sich die Möglichkeiten, noch mehr Kontakte einzusparen, sondern man muß in einzelnen Kontakten denken. In Abb. 4 liegt z. B. ein A-Kontakt an Plus (+), in Abb. 5

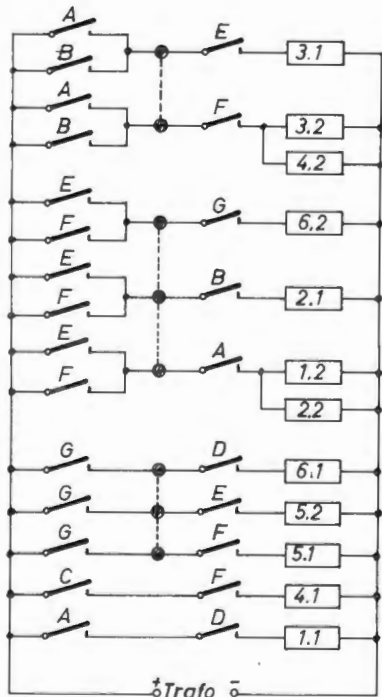


Abb. 6. Gesamtschaltung vor der Zusammenfassung.

liegt ein A-Kontakt nicht an Plus, obwohl man die Kontaktkombination genauso gut auch um 180° gedreht verwenden könnte, wobei dann A an Plus läge. Daß ich es aber so und nicht anders gezeichnet habe, hat seinen guten Grund, den Sie noch erkennen werden.

Wenn wir nämlich jetzt in allen zehn Schaltfunktionen die Buchstaben durch Kontakte ersetzen, so erhalten wir eine Schaltung nach Abb. 6. Dabei habe ich die Magnetspulen nicht mehr in ihrer vorherigen Reihenfolge gezeichnet, sondern ich habe sie etwas anders gruppiert, um den nächsten Arbeitsgang besser zu verdeutlichen. Wenn ich dabei in Reihe geschaltete Kontakte vertausche, so kann ich das straflos tun, denn anstelle von z. B. 5.2 = E&G kann ich genauso gut 5.2 = G&E schreiben; funktionsmäßig ist es dasselbe. Übrigens ist das auch schon wieder eine Regel der Schaltungs algebra und bedeutet: Die Reihenfolge der Faktoren ist beliebig.

Betrachtet man die zehn Schaltfunktionen, so wird man feststellen, daß die Klammer (E v F) dreimal und die Klammer (A v B) zweimal auftaucht. Diese Funktionen habe ich direkt untereinander aufgezeichnet. In den restlichen Funktionen kommt noch dreimal G vor. Auch diese drei stehen untereinander, und zwar sind alle Kontakte so angeordnet, daß Kontakte oder Kontaktgruppen, die in mehreren Funktionen vorkommen, alle auf der Plus-Seite stehen.

An diesem Punkt sind wir eigentlich noch nicht viel weiter als Herr Bredin mit seiner endgültigen Schaltung in Heft 1/XVI. Wir haben aber durch das Parallelschalten von 2 x 2 Spulen doch schon sechs Kontakte weniger als dort, nämlich 25. Aber wir haben noch einen weiteren Vorteil: Die Schaltung ist nämlich jetzt so übersichtlich aufgezeichnet, daß es keiner großen Erleuchtung mehr bedarf, um festzustellen, daß die dicken Punkte, die mit gestrichelten Linien verbunden sind, jeweils alle zwei bzw. drei gleichzeitig an die Plus-Leitung gelegt werden. Sie sind also elektrisch gesehen gleich und können deshalb anstelle der gestrichelten Linie durch einen Draht verbunden werden. Damit sind nun jeweils mehrere Kontakte derselben Taste parallelgeschaltet und es leuchtet ein, daß diese dann bis auf den einen notwendigen weggelassen werden können. Dabei wollen wir von der Kontaktbelastbarkeit, die hier nicht zur Debatte steht, einmal absehen (zumal sich die Kontaktlast nicht vergrößert, da ja immer nur eine Fahrstraße eingestellt wird). Die endgültige Schaltung spart also gegenüber den 25 Kontakten nochmals 8 ein, so daß nur noch ein „kümmerlicher“ Rest von 17 Kontakten übrigbleibt (Abb. 7).

Eine feine Sache ist dabei, daß wir die Abb. 6 garnicht einmal benötigt hätten, denn diese letzte Möglichkeit der Zusammenfassung, die übrigens mit Schaltalgebra nichts

mehr direkt zu tun hat, hätte man gleich aus den Schaltfunktionen entnehmen können. Nach einem bißchen Umstellen und Zusammenfassen steht so eine fertige Schaltung mit einem Minimum an Kontakten in Form von Schaltfunktionen auf dem Papier und man braucht sie nur noch in eine Kontaktschaltung überzuführen. Damit das auch in jedem Falle klappt, verfähre man nach folgendem „Rezept“:

1. Man nehme seinen Gleisplan und gebe jedem Gleis, das Beginn oder Ende einer Fahrstraße ist, eine Taste mit Buchstaben.

2. Man nummeriere alle Weichen. X.1 heißt: Weiche X, gerader Strang; X.2 heißt: Weiche X, gebogener Strang. Bei DKw mit 1 Antrieb entsprechend. DKw mit 2 Antrieben: jeden Antrieb getrennt bezeichnen; X.1 heißt dann: Gleis, das weiter oben (nördlicher) liegt; X.2 heißt: unteres Gleis.

3. Aufstellen der Schaltfunktionen für jede Weichenantriebsspule; dabei können auch Funktionen mit mehreren Klammern auftreten, z. B. 7.2 = (A&E) v (A&F) v (A&H).

4. Nachprüfen, ob alle Schaltfunktionen vollständig sind, also nicht eine mögliche Fahrstraße vergessen wurde.

5. Prüfen, ob zwei Funktionen gleich sind. Wenn ja, nur eine Funktion weiterbenutzen und Spulen parallel schalten.

6. Vereinfachen nach der angegebenen schaltungs algebraischen Regel:  $(X&Y) v (X&Z) \equiv X&(Y v Z)$ . Das gilt sinngemäß auch für mehr als 2 Klammern, z. B.  $7.2 = A&(E v F v H)$ .

7. Umordnen der Schaltfunktionen. Wenn gleiche Klammerausdrücke in mehreren Funktionen vorkommen, diese untereinanderschreiben, dabei mit der längsten gemeinsamen Klammer beginnen.

8. In der vorherigen, nach aufsteigenden Spulennummern geordneten Funktionsaufstellung die verwendeten Funktionen durchstreichen, um Doppelbenutzung zu vermeiden.

9. Sind noch gemeinsame Klammerausdrücke vorhanden, dann wie unter Punkt 7 verfahren. Sind keine gemeinsamen Klammern mehr da, dann nach gemeinsamen Buchstaben ordnen.

10. Die nach Punkt 9 benutzten Funktionen wie bei Punkt 8 durchstreichen.

11. Sind keine gemeinsamen Klammern oder Buchstaben mehr vorhanden, dann die restlichen verbliebenen Funktionen in die neue Aufstellung übernehmen.

12. Untereinanderstehende gleiche Klammern oder Buchstaben werden nur einmal benötigt und sind in der Kontaktschaltung an die Speisespannung zu legen.

13. Buchstaben durch Kontakte der betreffenden Tasten ersetzen und sich erinnern, daß & = Reihenschaltung und v = Parallelschaltung bedeutet.

14. Fertig!

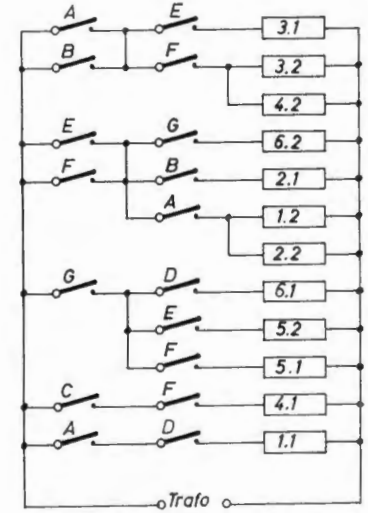


Abb. 7. Endgültiges Schaltbild mit minimalsten Kontaktaufwand.

So wird es also gemacht. Was man jedoch nicht machen darf, sei hier noch an einem Beispiel klargestellt. Wenn man nämlich versucht, eine Schaltfunktion für zwei verschiedene Zusammenfassungen zu benutzen, so geht das schief. Z. B.:

- 1.1 = A&D
- 1.2 = A&(E v F)
- 2.1 = B&(E v F)

Faßt man die beiden untereinanderstehenden A zusammen bzw. die beiden Klammern (E v F), so ist mit der mittleren-Funktion das geschehen, was nicht erlaubt ist (Abb. 8). Man darf in diesem Beispiel nur die Klammern zusammenfassen oder nur die A-Kontakte. Da beim Zusammenfassen der Klammern zwei Kontakte wegfallen, bei A dagegen nur einer, dürfte die Wahl nicht schwerfallen. Das ist auch der Grund, warum man immer mit dem längsten Klammerausdruck anfangen sollte, wenn man zusammenfaßt.

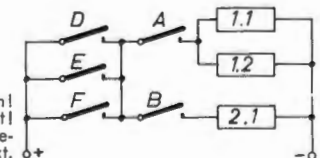


Abb. 8. Falsch! So geht es nicht! Nöhere Erläuterung siehe Text.

Die Kontaktschaltung für obige drei Funktionen bei der falschen Zusammenfassung ist in Abb. 8 dargestellt! Dabei zeigt sich, daß beide Spulen der Weiche 1 parallelgeschaltet sind, was vollendeter Unfug ist. Die Schaltfunktionen haben sich auch unzulässig verändert, so daß diese Schaltung unbrauchbar ist.

Sollten Sie dagegen „Skrupel“ bekommen, welche Funktion man am besten mit welcher zusammenfaßt, wenn z. B. die in der tabellarischen Übersicht nach Abb. 9 angegebenen Funktionen auftreten, so können Sie das beliebig machen; es ändert nichts an der erreichten minimalen Kontaktzahl, wohl aber an der Kontaktzahl der verschiedenen Tasten.

Durch geschicktes Zusammenfassen läßt sich z. B. erreichen, daß alle Tasten nahezu gleiche Kontaktzahl erhalten, oder aber auch, daß eine oder zwei der vorhandenen Tasten möglichst viele Kontakte erhalten, die man durch eine „Relais-Vervielfachung“ erhalten kann, während auf alle anderen Tasten nur ein einziger Kontakt entfällt, oder dergleichen mehr. Man muß nur eben darauf achten, daß eine Funktion nicht mit zwei verschiedenen Buchstaben bzw. Klammern

	ergibt z. B.	oder	
$\left. \begin{array}{l} 1.1 = A \& D \\ 4.1 = C \& F \\ 5.1 = G \& F \\ 5.2 = E \& G \\ 6.1 = D \& G \end{array} \right\}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1.1 = A \& G \\ 6.1 = G \& D \\ 5.1 = F \& D \\ 5.2 = E \& F \\ 4.1 = C \& F \end{array} \right\}$		$\left\{ \begin{array}{l} 1.1 = A \& D \\ 6.1 = G \& D \\ 4.1 = C \& F \\ 5.1 = G \& E \\ 5.2 = G \& E \end{array} \right\}$
Gesamtkontaktzahl	8 Kontakte		8 Kontakte
Taste	A C D E F G		A C D E F G
Kontaktzahl	1 1 1 1 2 2		1 1 1 1 1 3

Abb. 9. Diese tabellarische Zusammenstellung deutet die Möglichkeiten der Kontaktverteilung auf die einzelnen Tasten an.

mit zwei anderen Funktionen zusammenhängen.

Sollten Sie bei der Planung oder Überprüfung Ihres Dr-Stellwerkes auf Schwierigkeiten stoßen, weil z. B. die hier angegebene Formel nicht ausreicht, so bin ich gerne zur Hilfestellung bereit. Meine Anschrift:

M. Hutter, 6000 Frankfurt/M.-Nordweststadt, Gerhart-Hauptmann-Ring 19.

### (Ein Kopfbahnhof ...)

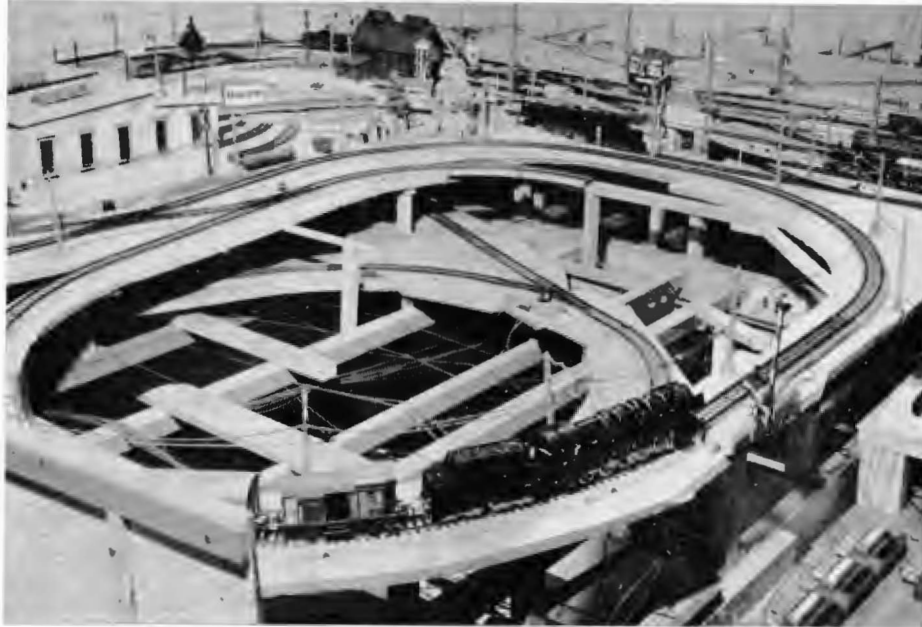


Abb. 1. Ein Bild aus dem Baustadium, bei dem die Leistenkonstruktion des Unterbaues sehr gut zutage tritt.

### Die Märklin-H0-Anlage eines belgischen MIBA-Lesers

## Ein Kopfbahnhof...

... ist die Hauptstation auf der 2,90 x 2,60 m großen Märklin-Anlage des Herrn A. Uschkow aus Knokke in Belgien. Es ist übrigens seine fünfte Anlage, und er hofft, damit nun den Idealzustand erreicht zu haben. Unter diesem Idealzustand versteht er einerseits die Möglichkeit des automatischen Betriebes auf den Streckengleisen, und andererseits die Möglichkeit des unabhängigen Rangierbetriebes im Bahnhof, den er deshalb und um den Rangierbetrieb möglichst interessant zu gestalten, als Kopfbahnhof ausgeführt hat. Um den automatischen Betrieb mit möglichst vielseitigen Zuggarnituren zu ermöglichen, ist auch noch ein verdeckter Abstellbahnhof vorhanden, der sich unter dem „Hauptbahnhof“ befindet.



Abb. 2. Blick auf die Weichenstraße des Kopfbahnhofes. Die durch die verhältnismäßig großen Gleisabstände bedingten Freiflächen sind durch Stellwerke, Weichenwärterbuden usw. ausgefüllt.

Abb. 3. Der Kopfbahnhof mit den stumpf endenden Gleisen. Im Gegensatz zu der in solchem Fall üblichen Lage des Empfangsgebäudes an der Kopfseite der Gleise hat Herr Uschkow die seitliche Lage vorgezogen, die ein irgendwie interessanteres Bild ergibt. Auf Gleis 3 steht eine Garnitur belgischer Wagen (Liliput-Wagen mit neuer Lackierung). Die Endmaste der Oberleitung sind „fabrication maison“, also „hausgemacht“.

