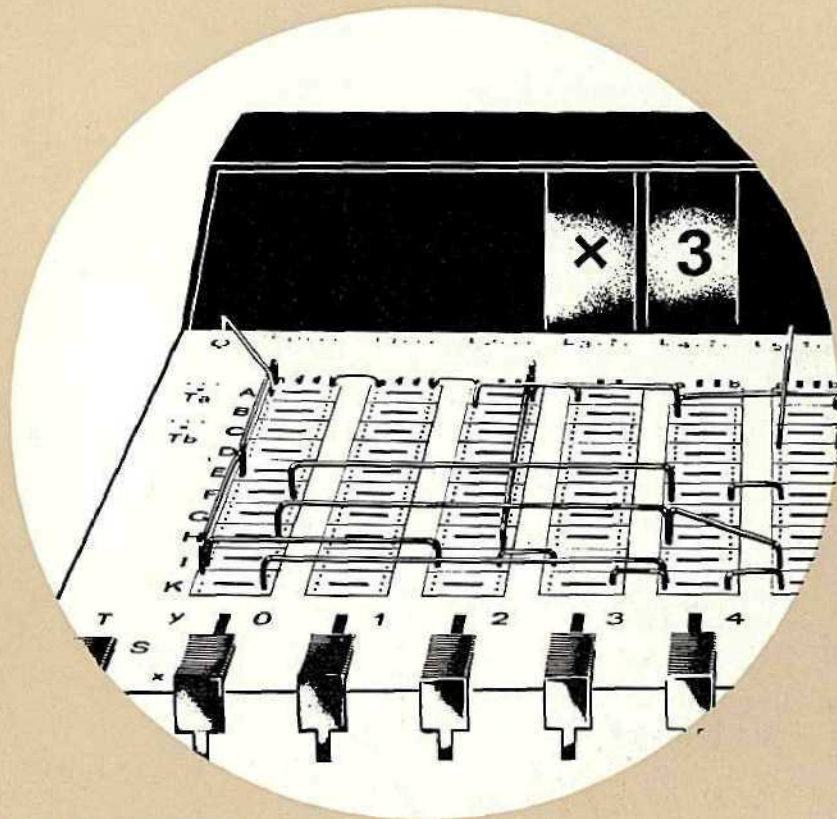


ROLF LOHBERG

SPIELCOMPUTER LOGIKUS



Durch zahlreiche Programme
aus Alltag und Technik
vermittelt der Spielcomputer Logikus
eine gründliche und praktische
Einführung in die Funktionsweise
moderner Datenverarbeitung.

kosmos

FRANCKH VERLAG STUTTGART

SPIELCOMPUTER
LOGIKUS

SPIELCOMPUTER LOGIKUS

Durch zahlreiche Programme aus Alltag und Technik vermittelt der Spielcomputer LOGIKUS eine gründliche und praktische Einführung in die Funktionsweise der modernen Datenverarbeitung.

VON
ROLF LOHBERG

2. durchgesehene Auflage



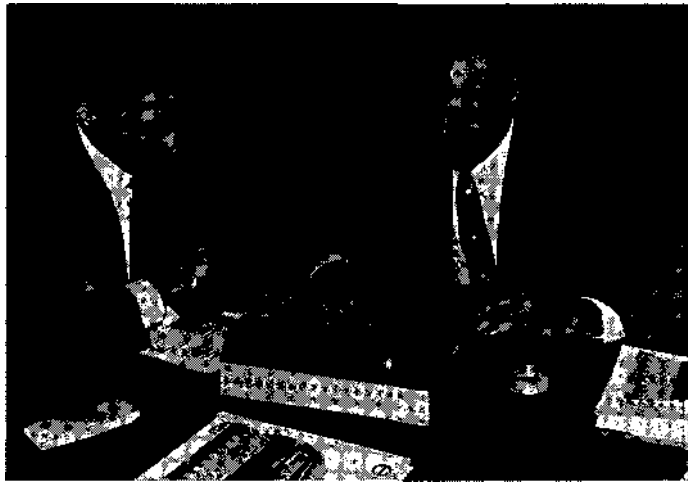
FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG STUTTGART

Zeichnungen von E. Haferkorn, F. Nebelosteny und J. Weimer.
Den Umschlag gestaltete E. Dambacher.

Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart 1969 / Alle Rechte, besonders das Übersetzungsrecht,
vorbehalten / © Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart 1968 / Printed in Germany
Konstruktion des Spielcomputers: KOSMOS-Entwicklungslabor
Druck: Gmähle-Druck, Buch- und Offsetdruckerei, Stuttgart-Bad Cannstatt

Zum Geleit

Computer werden unsere zukünftigen Lebensformen gründlich verändern: In Naturwissenschaft und Technik kann man heutzutage nicht mehr mitreden, ohne die Funktion der Computer begriffen zu haben. Bei allen produktiven Tätigkeiten werden die Hilfsmittel der Computer ausgiebig benutzt: Fertigungsautomaten, Verwaltungsarbeit, Be-



Prof. Dr. Karl Steinbuch (rechts) im Gespräch mit Verleger E. Nehmann

lehrung, Verkehrssteuerung usw. Wer dieser zukünftigen Entwicklung geistig nicht folgen kann, ist nicht mehr Zeitgenosse im eigentlichen Sinn des Wortes. Die Denkmolelle, welche Verständnis dieser zukünftigen Technik ermöglichen, müssen in früher Jugend aufgebaut werden.

Mit dem nunmehr vom Kosmos-Verlag herausgebrachten Spielcomputer LOGIKUS können Schüler schon im frühen Alter die Grundprinzipien moderner Computer erlernen. Das Besondere und Erstaunliche an diesem Spielcomputer ist, daß er nicht nur Wissen vermittelt, sondern daß seine Benutzung richtigen Spaß macht. Wer einmal begonnen hat, mit diesem Spielcomputer zu arbeiten, wird nicht nur die vorgegebenen Aufgaben lösen, sondern auch darüber hinaus nachdenken und erfinden.

Ich wünsche diesem Spielcomputer LOGIKUS in unser aller Interesse eine weite Verbreitung.

Prof. Dr. Karl Steinbuch

Direktor des Instituts für
Nachrichtenverarbeitung und
Nachrichtenübertragung der
Universität Karlsruhe

Die Vorbemerkung

„Nicht die Erfindung der Atombombe ist das entscheidende technische Ereignis unserer Epoche, sondern die Konstruktion der großen mathematischen Maschinen, die man, vielleicht mit einiger Übertreibung, gelegentlich auch Denkmassen genannt hat. Wir können durchaus von einer neuen Stufe der technischen Welt oder der technischen Zivilisation sprechen.“

Das sagte der Mathematiker und Philosoph Max Bense vor mehr als einem Dutzend Jahren. Diese „großen, mathematischen Maschinen“, die man heute allgemein „Elektronenrechner“ oder „Computer“ zu nennen pflegt, waren etwas völlig Neues, etwas Umwälzendes.

Bis dahin hatte man Maschinen nur als Verstärker der menschlichen Kraft und Geschicklichkeit gekannt: Sie hoben Lasten, bohrten Löcher oder sägten. Nun gab es auf einmal Geräte, die dem Menschen auf geistigem Gebiet halfen, die ihm als „Intelligenzverstärker“ dienen konnten: Maschinen, die nicht nach den Gesetzen der Mechanik, sondern nach den Regeln der Logik arbeiteten.

Wie sie das tun, nach welchen Überlegungen sie geschaltet sind und wie man ihnen beibringt, logische Schlüsse zu ziehen, das zu studieren ist ein spannendes Abenteuer. An unserem LOGIKUS können Sie es studieren! Er gleicht in seiner Grundkonzeption den großen Elektronenrechnern. Bitte schlagen Sie nachher als erstes die Seite 95 dieses Büchleins auf, wo Sie lesen werden, wie man den LOGIKUS zusammensetzt! Das wollen wir nämlich Ihnen überlassen, damit Sie sich gleich von Anfang an mit der Funktionsweise unseres kleinen Computers vertraut machen.

Nun sind große Elektronenrechner nicht nur darauf angelegt, logische Probleme zu lösen. Sie sind auch so gebaut, daß sie riesige Mengen von Zahlen und Daten in Blitzgeschwindigkeit verarbeiten können. Das unterscheidet sie von unserem LOGIKUS. Anstelle seiner Schiebeschalter und Steckverbindungen haben die großen Rechner Tausende von elektronischen Schaltelementen eingebaut. Deshalb sind sie auch so teuer. Denn ein Gerät, bei dem auch die bescheidenste Schalteinheit so kompliziert aufgebaut ist wie ein Radioapparat, kann nicht billig sein.

Mit diesem Angebot kann unser LOGIKUS natürlich nicht dienen. Sonst würde er viele tausend Mark kosten, und damit wären Sie sicher nicht einverstanden.

Andererseits würden wir es aber auch gar nicht so hübsch finden, wenn er vollelektronisch arbeitete. Denn dann wäre er ebenso schwer durchschaubar wie seine großen Brüder. In eine Diode kann man ja nicht hineinblicken wie in eine Stöpselverbindung. Und einem Transistor sieht man - im Gegensatz zu einem Schiebeschalter - nicht an, was er gerade tut. Die Hälfte des Vergnügens - nämlich verfolgen zu können, wie die logischen Schaltungen im einzelnen aufgebaut sind und wie sie wirken - hätten Sie und wir bei einem vollelektronischen LOGIKUS nicht mehr.

Und das wäre doch schade!

Erster Teil: Die Spiele

Ernsthafte Leute werden ganz gewiß den Kopf schütteln über diese Leichtfertigkeit, aber das hilft nun nichts: Wir fangen unsere Beschäftigung mit einem Computer damit an, daß wir uns Würfelspiele ausdenken.

Natürlich könnten wir Vieles und Bedeutsames zu unserer Entschuldigung anführen. Zum Beispiel, daß die größten Wissenschaftler oft nebenbei die größten Spieler waren. Oder daß es sogar höchst wissenschaftliche Spieltheorien gibt, die zu vielen Erkenntnissen auf den Gebieten der Technik und Soziologie geführt haben. Oder...

Aber das ist gar nicht nötig. Wenn wir hier 14 Seiten lang spielen, so dient das keinem anderen Zweck als dem, daß wir uns mit unserem LOGIKUS vertraut machen wollen. Es ist doch so, daß dieser Spielcomputer ein vorwiegend technisches Gebilde ist, ein recht kompliziertes sogar, das viele von den Schaltmöglichkeiten in sich trägt, die auch einen großen Elektronenrechner auszeichnen. Nun interessiert uns seine Technik aber gar nicht so sehr. Es

geht uns vielmehr um die Logik, also um das geistige Innenleben des LOGIKUS (der ja eben deshalb so heißt). Wir wollen uns mit logischen Problemen beschäftigen und mit der „instrumentellen Intelligenz“, die selbst solch kleine Geräte auszeichnet. Wir wollen den LOGIKUS „programmieren“, wie es die Programmierer an großen Elektronenrechnern tun, und wir wollen auf ihm rechnen.

Wenn wir nun sofort mit diesen logischen Klimmzügen beginnen würden - so etwa, wie wir es im zweiten Teil tun -, so hätten wir zweierlei auf einmal zu bewältigen: Erstens die Schalttechnik unseres Computers und zweitens die geistige Akrobatik der Logik. Dabei müßte zwangsläufig eines zu kurz kommen: Entweder Sie konzentrieren sich auf den Umgang mit Draht und Schaltern und haben den Kopf nicht frei für unsere lichtvollen Erörterungen über das Seelenleben eines Computers. Oder aber Sie folgen unseren Höhenflügen auf das Gebiet der Logik und kommen derweil mit der Drahtstöpselei nicht zurecht.

Beides wäre uns peinlich (Ihnen vermutlich auch), und deshalb machen wir's anders. Wir exerzieren das Stöpseln und Schalten an ein paar vergnüglichen Spielen, die Ihnen keinen geistigen Aufwand abverlangen, dafür aber Spaß machen. Und wenn's dann ernst wird, wenn die Logik an die Reihe kommt und das Computer-Rechnen, dann beherrschen Sie die Schalterei im Schlaf und haben den Kopf frei für unser eigentliches Thema.

Einverstanden? Gut. Fangen wir an mit der Spielerei!



1. Lampen und Schaltschieber

Wir nehmen nun an, daß Sie sich mit dem Anhang dieses Büchleins bereits ausgiebig und praktisch beschäftigt haben, daß der LOGIKUS also bereits fertig zusammengebaut vor Ihnen steht und Ihrer Befehle harrt.

Lassen Sie ihn noch ein paar Minuten harren! Wir wollen uns erst darüber verständigen, wie wir seine einzelnen Teile nennen wollen. Damit's nachher keine Mißverständnisse gibt.

Da haben wir ganz vorne eine Reihe von elf Schaltern. Zehn davon lassen sich hin- und herschieben. Sie sind mit den Zahlen 0 bis 9 bezeichnet. Das erscheint Ihnen natürlich verrückt, weil jeder normale Mensch sie mit den Zahlen von 1 bis 10 belegen würde. Da wir uns aber hier nicht wie normale Menschen fühlen dürfen, sondern so tun wollen, als seien wir Mathematiker, wählen wir die Zahlenfolge 0 bis 9. Mathematiker sind nun mal so.

Diese Schalter können in zwei Stellungen geschoben werden, hin und her. Das kennen wir von jedem Lichtschalter - der läßt sich ein- und ausschalten. Bei unseren Schaltschiebern gibt es aber kein „aus“, sondern zweimal ein „ein“ - einmal so, einmal so. Es sind sogenannte Umschalter - etwa so, wie es beim Autolicht einen Umschalter gibt, mit dem man nach Belieben wechselweise das Fern- oder das Abblendlicht einschaltet oder, besser gesagt, vom einen aufs andere umschaltet.

Mit der Umschalterei am LOGIKUS werden wir uns gleich nachher noch beschäftigen. Zunächst nur dies: Die beiden Schaltstellungen bezeichnen wir mit x und y . In unserem LOGIKUS sind das x und das y eingepreßt - sehen Sie?

Um uns die Mühe zu sparen, jedesmal zu schreiben „Bewegen Sie bitte den dritten Schaltschieber in die hintere Schaltstellung!“, werden wir's kürzer machen und Ihnen einfach mitteilen: „ S_2 in Stellung y !“ - und Sie wissen dann Bescheid.

Vom elften Schalter haben wir noch nicht gesprochen. Er sitzt ganz links und ist nur ein Taster (weshalb er „T“ genannt wird), eine Art von Klingelknopf also, der nur eingeschaltet ist, solange Sie den Finger draufpressen.

Das also sind die Schalter. Was sie schalten, wurde uns beim Aufbau des LOGIKUS schon klar: eine Reihe von zehn Glühlampen, die zusammen das sogenannte Lampenfeld bilden. Auch sie sind genau bezeichnet: von L_0 bis L_9 .

Nun müssen wir hier gleich einen sehr plausiblen Irrtum verhindern. Es würde nahe liegen, daß die Schaltschieber und die Lampen mit den gleichen Zahlen zusammengehören; L_3 sitzt zum Beispiel ganz exakt über S_3 . Aber das darf uns nicht täuschen: Zwischen den Schaltschiebern und den Lampen besteht keinerlei elektrische Verbindung, wenn wir sie nicht durch das Stöpseln unserer Verbindungsdrähte herstellen. L_3 hat, so betrachtet, mit S_3 nicht mehr zu schaffen als mit S_7 oder S_9 .

2. Das Programmierfeld

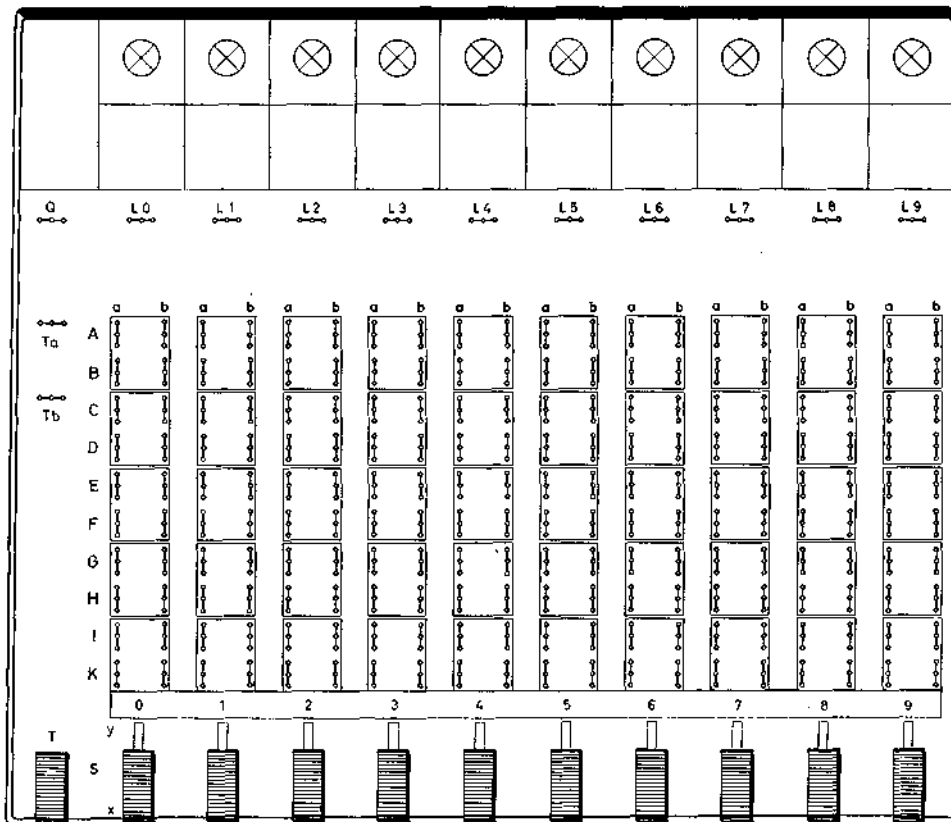
Zwischen den Schaltschiebern und dem Lampenfeld liegt ein Brett, das mit seinen zahllosen Löchern aussieht wie das Bett eines Fakirs, dessen Nägel anderswo gebraucht wurden. Das ist das sogenannte Programmierfeld, und die Löcher sind nicht zahllos, sondern genau gezählt: Es sind 639 Stück.

Dieses Programmierfeld ist das Nervenzentrum unseres Computers. Hier stellen wir - indem wir die Löchlein durch Drähte verbinden - die Kontakte zwischen den Schaltschiebern und den Lampen her. Und hier machen wir, wenn wir nicht aufpassen, die Fehler, die nachher daran schuld sind, wenn unser Computer falsch rechnet.

Aber bis zum Rechnen ist's noch lange hin. Zuerst müssen wir uns noch über das Programmierfeld unterhalten.

Ganz oben sehen Sie eine Reihe von elf mal drei Löchern. Die Lochgruppe ganz links ist mit „0“ bezeichnet. Denken Sie sich, das hieße „Quelle“! Denn dort kommt der Strom raus.

Die anderen zehn Lochgruppen tragen die Bezeichnungen der zehn Lampen; hinter ihnen stecken die Kontakte für das Lampenfeld.



Am besten lassen wir jetzt gleich einmal unser Licht leuchten, damit wir sehen, wie unser Computer funktioniert. Bitte schneiden Sie ein Stück vom blauen Schaltdraht

ab, etwa dreißig Zentimeter lang, und entfernen Sie an beiden Enden je elf Millimeter der Isolierung, wie Sie es im Anhang gelesen haben! Das soll zunächst unser Prüf- und Experimentierdraht sein. Haben Sie ihn fertig? Gut so.

Sein eines Ende stecken Sie in Kontakt 0. Wie bitte? Da sind drei Löcher, und in welches...?

Richtig. Das müssen Sie noch wissen: Sämtliche Kontakte auf unserem Programmierfeld treten als Dreiergruppen auf. Anders gesagt: Zu jedem Kontakt gehören immer drei Löchlein. Wozu es so viele sein müssen, werden Sie später noch sehen. Zunächst genügt dies: In welches der drei Löchlein einer Gruppe Sie Ihr Drahtende stecken, ist dem Spielcomputer völlig egal. Elektrisch sind alle drei gleichwertig.

Steckt der Draht in einem Löchlein von Q? Gut. Nun fummeln Sie sein anderes Ende in irgendein beliebiges Löchlein zwischen L_0 und L_9 . Sagen wir: in eins von L_5 . Was passiert? L_5 leuchtet. Das hoffen wir jedenfalls, denn sonst ist etwas kaputt.

Nun müssen wir schon wieder eine Bemerkung dazwischenschieben, einen kleinen elektrotechnischen Exkurs. Sie wissen ja, daß zu einer vernünftigen elektrischen Verbindung zwei Drähte gehören; jeder Elektrostecker hat zwei Stifte, jede Steckdose zwei Löcher. Das muß so sein, weil die Elektronen sich wie die Wurst in der Wursthaut durchs Kabel schieben und deshalb eine Hin- und eine Rückleitung brauchen.

Aber unser Computer braucht das nicht. Oder, besser gesagt: Für den ganzen Rückleitungsmechanismus haben Sie schon beim Zusammenbau gesorgt. Der findet an der Unterseite des LOGIKUS im Verborgenen statt. Dort haben Sie extra deshalb einen langen blanken Draht angeklemt. Das braucht Sie jetzt nicht mehr zu kümmern; Sie kommen mit der Hinleitung des Stroms von den „Einspeisekontakten“ 0 zu den Lämpchen L_0 bis L_9 aus.

Auch das wird Ihnen noch Umstände genug machen, denn mit dem direkten Weg von Q zu den Lämpchen, wie wir ihn eben mit Hilfe des Prüfdrahts bewerkstelligten, werden Sie sich ja kaum zufriedengeben.

Bitte schneiden Sie ein weiteres Drahtstück herunter - wir wollen den Taster T ausprobieren!

Dazu führen Sie den Strom mit dem einen Draht von Q nach Ta (was auf deutsch „Tasterkontakt a“ bedeutet). Dann schaffen Sie der Elektrizität mit Hilfe des zweiten Drahts einen Weg von Tb nach - sagen wir - L_2 .

Zunächst wird sich nichts ereignen. Aber wenn Sie jetzt den Taster T drücken, leuchtet Lampe 2. Stimmt's? Schön.

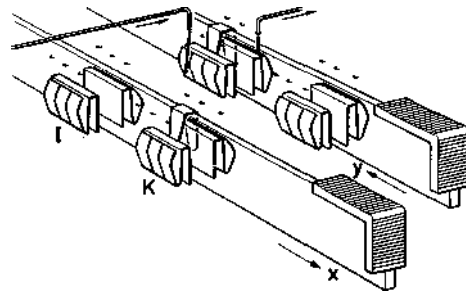
Wie meinen Sie? Ob Sie beim Hantieren mit den Drähten keinen elektrischen Schlag kriegen können? Nein. Es handelt sich nur um viereinhalb Volt; die reichen nicht einmal aus, um einen Floh zu elektrisieren.

3. Die Schalterelemente

Nun kommt das Komplizierteste: Der Schaltmechanismus auf dem Programmierfeld. Die Sache ist so: Die zehn Schaltschieber S_0 bis S_9 , die Sie am unteren Rand des LOGIKUS hin- und herbewegen können, zeigen in ihrer Bescheidenheit gar nicht, was hinter ihnen steckt. Wie bei einem Eisberg, dessen größter Teil unter Wasser schwimmt, gehören auch hier zu jedem sichtbaren Schaltschieber fünf unsichtbare Umschalter, die mechanisch mit ihm gekoppelt sind.

Wenn Sie also S_3 hin- und herschieben, so bedienen Sie in Wirklichkeit nicht nur einen, sondern fünf verschiedene Schalter. Unter unserem Programmierfeld sind also im Verborgenen fünfzig Umschalter montiert, fünfzig elektrische Weichen, mit denen man abwechselnd zwei Stromwege freigeben kann. Auf nebenstehender Zeichnung sehen Sie schematisch dargestellt, wie solch ein Umschalter gebaut ist und wie er sowie seine drei Brüder mit dem Schaltschieber zusammenhängen.

Wir wollen diese einzelnen Umschalter künftig „Schalterelemente“ nennen, damit's keine Verwechslungen gibt. Jeder Schaltschieber bedient also fünf Schalterelemente.



Wenn Sie genau hinsehen, dann erkennen Sie den Platz der insgesamt fünfzig Schalterelemente auch von außen am Programmierfeld. Sie sehen immer vier mal drei Kontaktlöcher, die durch eine Umrandung zusammengehalten werden, nicht wahr? Darunter steckt jedesmal ein solcher Umschalter.

Damit Sie sich nicht verirren, haben wir den Schalterelementen Bezeichnungen gegeben, und zwar haben wir das wie beim Schachspiel gemacht, wo man die einzelnen Felder ja auch nach den Buchstaben und Zahlen benennt, die am Rand angeschrieben sind. Von den Zahlen sprachen wir schon; es sind natürlich die gleichen, die an den Schaltschiebern stehen: 0 bis 9. Die Buchstaben finden Sie am linken Rand des Programmierfelds: A bis K. Das sind zehn Buchstaben. Folglich gehören zu jedem Schalterelement zwei Buchstaben: A und B, C und D. Und so weiter. Das haben wir so gemacht, weil ja jedes Schalterelement - als Umschalter - zwei Schaltstellungen hat. Die eine wäre, beim obersten Schalterelement, A, die andere B.

Jeder Schaltschieber bewegt die fünf ihm zugeordneten Schalterelemente einheitlich, gewissermaßen im Gleichschritt. Wenn Sie also S_4 in Stellung y schieben, dann werden die fünf zugeordneten Schalterelemente in Stellung A, C, E, G und I gebracht. Ziehen Sie S_4 wieder auf x, so schalten die Elemente auf B, D, F, H und K.

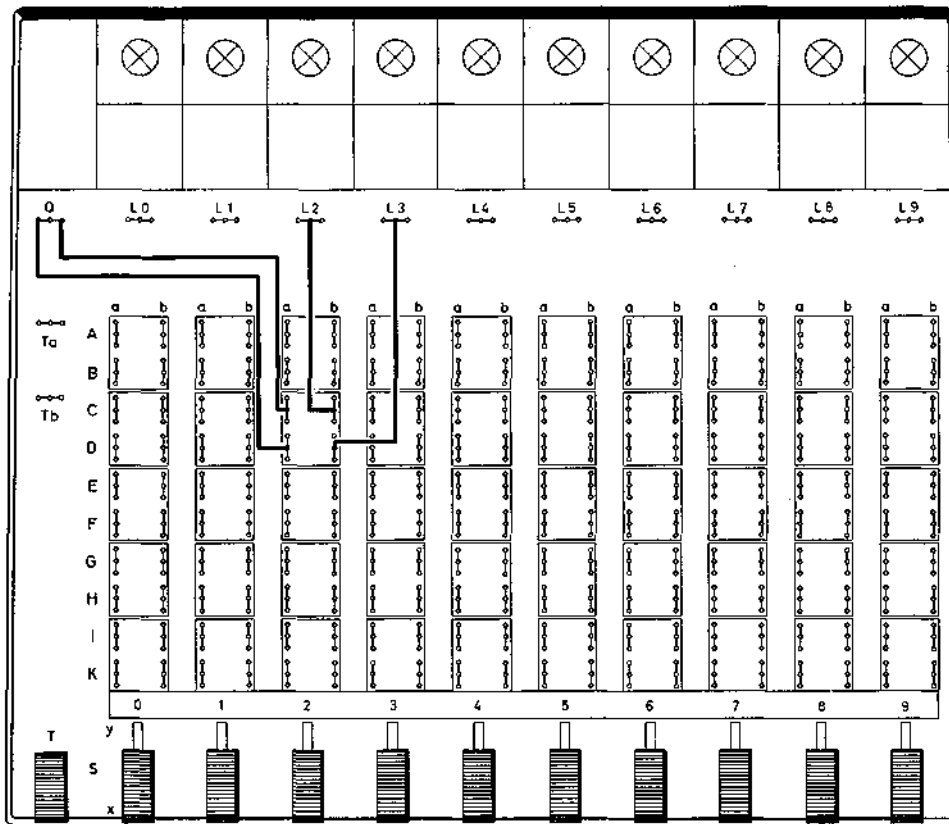
Und falls Ihnen das alles jetzt schon schrecklich kompliziert erscheint und Sie's beim ersten Durchlesen noch durchaus nicht begriffen haben, dann schadet das überhaupt nichts. Wichtig war, daß wir's mal gesagt haben, damit Sie's nachlesen können. Ob Ihnen dieses Gemengsei aus Mechanik und Elektrizität schon jetzt, gleich am Anfang, klar wird oder erst viel später, das spielt gar keine Rolle. Nach ein paar Tagen geht's Ihnen von selbst ein. Keine Sorge!

Ach ja, von a und b müssen wir noch reden, von diesen kleinen Buchstaben, die auch noch zu den Schalterelementen gehören. Nun, damit haben wir einfach den „Eingang“ und „Ausgang“ des Schalterelements bezeichnet; zwischen dem a und dem b wird geschaltet.

Genug Theorie, Erklärung, Beschreibung. Lassen Sie uns schalten und mit den Lämpchen spielen!

4. Experiment Nummer eins

Wenn Sie sich davon überzeugen wollen, wie die Umschalter funktionieren, so führen Sie Ihren Prüfdraht, dessen eines Ende wohl noch in Q steckt, mit dem anderen Ende zu, sagen wir, 2Ca! Den zweiten Prüfdraht nehmen Sie, um 2Cb mit dem Lämpchen L_2 zu verbinden. Wenn Sie nun S_2 hin- und herschieben, geht das Licht L_2 an und aus. Ja?



Schaltbild 1

Nun wollen wir das Umschalten probieren. Bitte nehmen Sie einen dritten Draht, verbinden Sie 2Db mit L_3 ! Schieben Sie S_2 wieder hin und her! Was passiert? Nichts anderes als vorhin auch - L_3 bleibt dunkel? Natürlich! Anders kann's auch gar nicht sein, denn Sie müssen noch eine Verbindung von Q zu 2Da herstellen, damit überhaupt Strom durch Schalterelement 2D zum Lämpchen L_3 fließt.

Haben Sie's? Noch nicht? Sie kommen mit unserer Ziffersprache nicht so ganz zu-recht? Dann sehen Sie doch bitte auf das Schaltbild Nummer 1! Dort finden Sie, von ersten Künstlern gemalt, ein exaktes Bild des LOGIKUS aus der Vogelperspektive. Die Verdrahtung ist genau eingezeichnet.

Übrigens ein guter Rat: Es werden noch viel, viel schwierigere Verdrahtungsprobleme auf Sie zukommen. Sie werden nach unseren Schaltplänen stöpseln wie eine Telefoni-

stin in den zwanziger Jahren. Damit Sie sich nicht im Drahtgewirr verirren, ist es praktisch, jede verlegte Leitung, Stück für Stück, im Schaltplan mit Buntstift nachzuzeichnen. Dann wissen Sie genau, was schon verdrahtet ist und was noch nicht. Hier bei unseren ersten Versuchen ist das freilich noch nicht nötig. Aber schon auf Seite 16 wird es empfehlenswert.

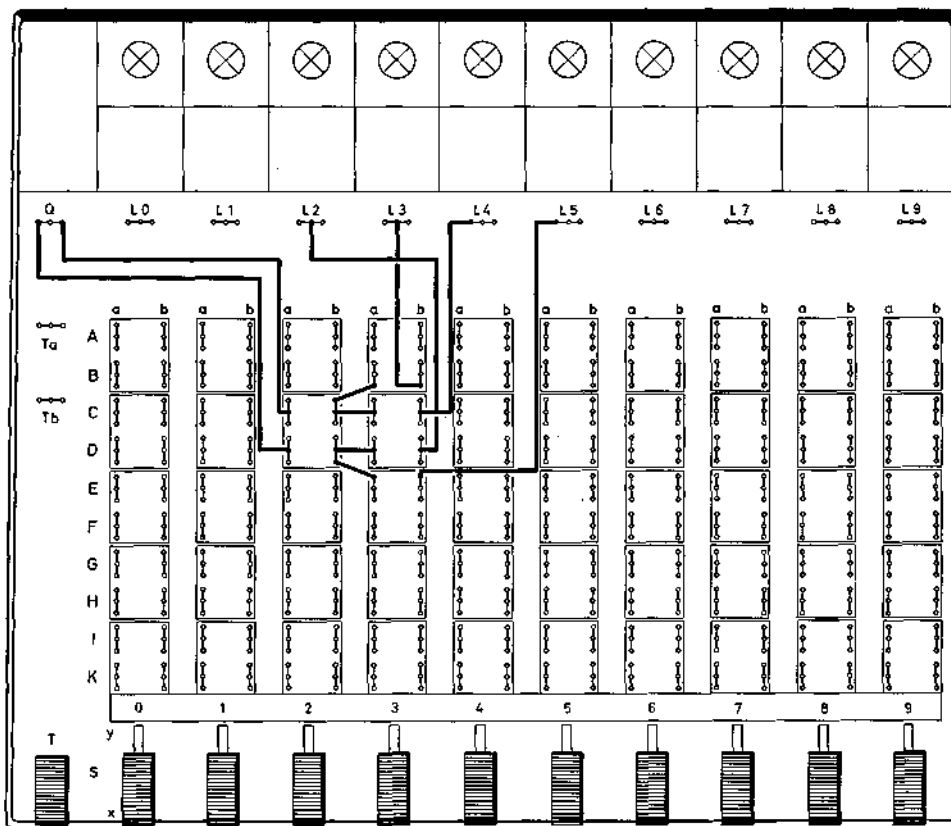
Nun, Sie werden's sehen.

Wie ist's mit unserer ersten Verdrahtung? Klappt's? Das ist fein! Die beiden Lämpchen L_2 und L_3 müssen im Wechsel aufleuchten, wie Sie den Schaltschieber S_2 hin- und herschieben.

Wenn Sie möchten, dann spielen Sie jetzt weiter herum, probieren Sie andere Umschalter, andere Schaltschieber, andere Lämpchen aus! Prüfen Sie auch, ob es stimmt, daß es ganz gleichgültig ist, in welches Loch einer Dreiergruppe Sie das Drahtende stecken!

5. Ein Leuchtband läuft

Eine nette Spielerei können Sie sich so zusammenschalten, wie es das Schaltbild 2 zeigt. Wieder benutzen Sie zuerst das Schalterelement 2C/2D, führen dann aber die



Schaltbild 2

Drähtchen nochmal über - diesmal drei - andere Schalterelemente. So haben Sie am Ende vier Kabel, die Sie an vier Lampen führen können. Nun brauchen Sie nur die beiden Schaltschieber S_2 und S_3 immer hin- und herzuschieben. Erst sind beide in Stellung x, dann schieben Sie S_2 nach y, anschließend S_3 nach y, nun S_2 wieder nach x, dann S_3 nach x. Und wieder von vorne.

Oben im Lampenfeld läuft das Licht jetzt von links nach rechts wie ein Reklame-Leuchtbild. Lustig, nicht wahr? Mehr soll es auch gar nicht sein. Wir wollten Ihnen nur zeigen, wie man mit wenig Schaltaufwand erstaunliche Effekte erzielen kann. Sie werden im Verlauf der nächsten 70 Seiten noch viel mehr staunen, wenn es erst ernst wird!

Aber zunächst bleiben wir beim Spaß. Wollen wir ein Würfelspiel bauen? Also! Bitte legen Sie ins Lampenfeld den Transparentstreifen „Würfel“ ein! Und bitte stöpseln Sie im Programmierfeld nach dem Schaltbild 3.

6. Jetzt wird gewürfelt

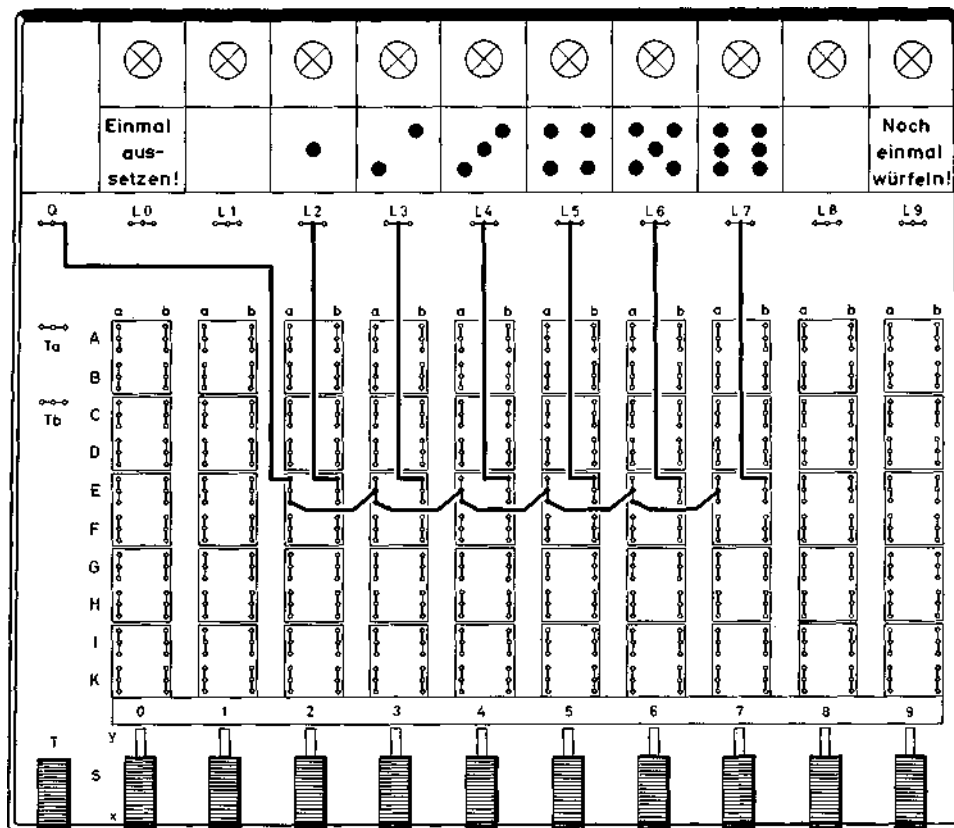
Ganz einfach, die Verdrahtung! Neu für Sie ist dabei, daß wir nicht jedes der sechs benutzten Schalterelemente mit einem langen Draht von Q aus mit Strom versorgen.



Wir machen es einfacher (und damit auch übersichtlicher): Nur das erste, 2E, ist direkt mit Q verbunden. Von 2Ea stöpseln wir ein kleines Drähtchen zu 3Ea, von dort ein weiteres zu 4Ea - und so fort. Auf diese Weise kommt der Strom auch ohne umständlichen Drahtverhau von Q nach 7E.

So oder ähnlich wollen wir es künftig nach Möglichkeit immer machen, um Drahtgewirr zu vermeiden. Nicht, um Draht zu sparen, sondern um die Schaltung übersichtlich zu halten.

Jetzt ist Ihnen auch der Sinn der Dreiergruppe schon klar: Wir werden die drei Löchlein, die zum selben Kontakt führen, so oft brauchen wie zu Hause den Doppelstecker, wenn wir Stehlampe, Radio und Bügeleisen an dieselbe Steckdose anschließen wollen.



Schaltbild 3

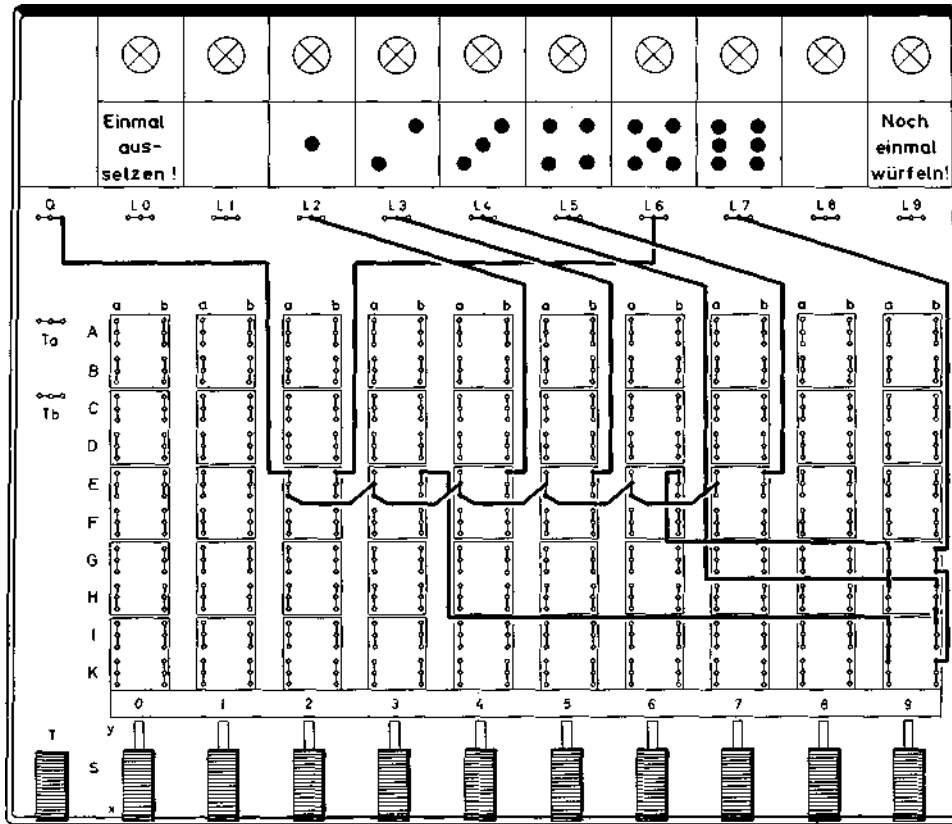
Beim Elektronengehirn ist's nicht anders

Auch bei Großcomputern bemüht man sich, Programmschaltungen so stark zu vereinfachen, wie es nur irgend geht. Man nennt das „eine Schaltung optimieren“. Da es sich bei großen Programmen oft um Tausende, manchmal um Zehntausende von einzelnen Schaltwegen handelt, fällt dort eine Vereinfachung von nur einem oder zwei Prozent natürlich noch ganz anders ins Gewicht als bei unserem LOGIKUS.

Wenn die Verdrahtung nach Schaltbild 3 fertig ist, können Sie schon mit Würfeln anfangen. Sie brauchen nur einen der Schaltschieber zwischen S_2 und S_7 von x nach y zu schieben, und eine Würfelzahl leuchtet auf.

Nur: Zum richtigen Knobeln taugt unser System noch nicht. Denn bei einem Würfel darf man ja nicht wissen, welche Zahl kommen wird. Bei unserem Spiel aber weiß das jeder, der nicht ein ausgemachter Dummkopf ist, gleich aufs erstemal: Die Eins ist der Schalter ganz links, die Sechs ganz rechts. Und so ist es kein Problem, Sechsen zu würfeln, so oft man will.

Die Sache ist also zu durchsichtig. Bauen wir um! Schaltbild 4 zeigt, wie wir uns das denken.



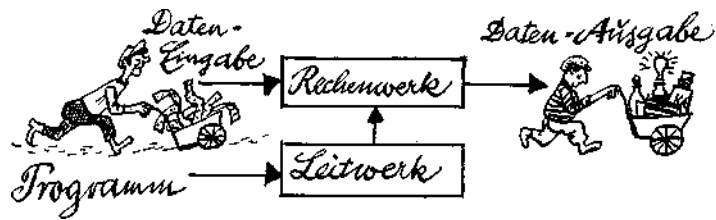
Schaltbild 4

Da sind zunächst die Zuleitungen zu den Würfellampen ein bißchen vertauscht, so daß man nicht auf den ersten Blick erkennt, zu welchem Schaltschieber welche Lampe gehört. Das macht die Würfelei schon spannender. Außerdem haben wir mit Hilfe zweier Schalterelemente, die über S_5 bedient werden, ein kleines Raffinement eingebaut. Wenn Sie mit einem Partner um die höchste Augenzahl würfeln und der nach einigem Hin- und Herschalten zu wissen meint, wo die Sechs liegt - dann brauchen Sie nur S_9 umzuschalten. Sofort gehört die Sechs zu einem ganz anderen Schaltschieber, und Ihr Gegenspieler wundert sich, wo sie so plötzlich hingeraten ist.

7. Der Aufbau eines Computers

Bei diesem Stand der Dinge können wir Ihnen nun schon erzählen, aus welchen Bestandteilen ein Computer - ein großer Elektronenrechner oder unser kleiner LOGIKUS - zusammengesetzt ist.

Sie sehen: Es gibt eine Daten-Eingabe und eine Daten-Ausgabe, ferner ein Rechenwerk und ein Leitwerk sowie ein Programm, nach dem gerechnet (oder sonst etwas getan) wird.



(Außerdem sind in einem Großcomputer, der mit Blitzgeschwindigkeit arbeitet, noch Daten- und Programmspeicher eingebaut. Beim LOGIKUS brauchen wir sie nicht.) Der Vorgang ist klar: Bei der Daten-Eingabe speist man die Zahlen oder Tatbestände ein, die verarbeitet werden sollen. Diese Verarbeitung geschieht im Rechenwerk nach einem genau ausgearbeiteten Programm. Das Ergebnis dieser Berechnung oder logischen Verarbeitung kommt dann über die Daten-Ausgabe wieder ans Tageslicht. Das Leitwerk schließlich ...

Am besten lesen wir jetzt eine halbe Seite aus dem Buch „Elektronenrechner sucht verantwortliche Position“, das - wie der LOGIKUS - im Kosmos-Verlag erschienen ist und in dem von der Wirkungsweise großer und größter Elektronenrechner die Rede ist. Dort steht über das Rechenwerk und das Leitwerk:

„Im Rechenwerk werden die Zahlen, die in Form von elektrischen Impulsen ankommen, miteinander verknüpft: addiert, subtrahiert, multipliziert, dividiert. Mehr als diese vier Grundrechenarten beherrscht kaum ein Elektronenrechner. Kompliziertere Rechnungen - Wurzelziehen oder Integrieren - müssen durch vielfaches Manipulieren mit den Grundrechenarten gelöst werden. Manche Elektronenrechner sind nicht einmal auf Multiplizieren und Dividieren eingerichtet; sie können nur malnehmen, indem sie dieselbe Zahl mehrfach addieren, und sie teilen, indem sie solange subtrahieren, bis es nicht mehr weitergeht.“

Das Leitwerk ist die Befehlszentrale. Hier werden die Programmbefehle abgerufen, einer nach dem anderen, und in Schaltvorgänge umgesetzt. Von hier aus dirigiert die Maschine den Transport der Daten. Hier trifft der Elektronenrechner die Entscheidungen, die man ihm im Programm zugestanden hat.“

Wie ist das nun bei unserem LOGIKUS? Ganz klar: Die Daten-Eingabe - das sind die Schaltschieber. Die Daten-Ausgabe? Natürlich die Lämpchen im Lampenfeld.

Das Rechenwerk setzt sich aus unseren fünfzig Schalterelementen zusammen, die durch das jeweilige Programm - unsere Verdrahtung - in Aktion gesetzt werden.

Aber das Leitwerk? Nun, das konnten wir in den LOGIKUS nicht mehr einbauen. Das Leitwerk sind deshalb Sie, lieber Leser. Einverstanden?

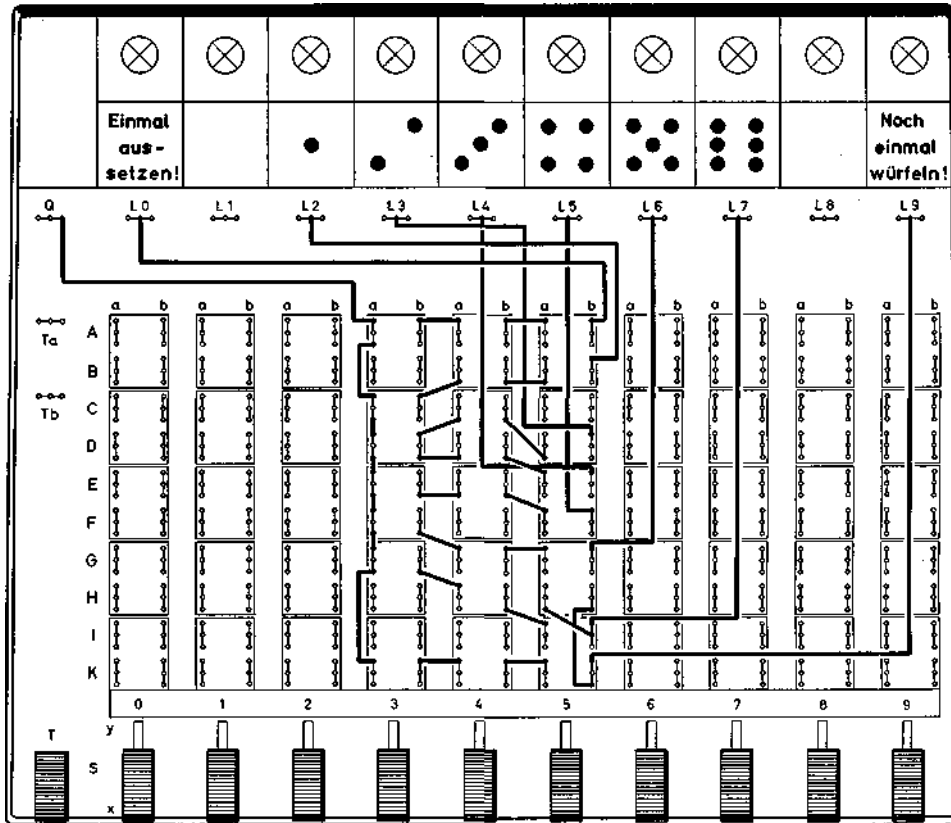
Nachdem wir mit unseren ernsthaften Erkenntnissen so weit gediehen sind, wollen wir uns fürs erste aber doch wieder dem Würfelspiel zuwenden.

Wir wollen uns nichts vormachen: Auch die neue Variation unseres Spiels ist noch reichlich simpel. Aber sie stellt schon Anforderungen ans Verdrahten und Schalten, nicht wahr? Wir möchten Ihnen deshalb den Rat geben, an diesem System noch weiter zu üben, sich selbst Schaltkomplikationen auszudenken und die Verdrahtung so weit zu verwirren, daß Sie selbst nicht mehr wissen, wie Sie es machen müssen, um eine Sechs schaltzuschieben.

Dann ist es ein richtiges Würfelspiel.

8. Die Würfelmaschine

Falls Sie sich bei dieser Verdrahtung in Ihren eigenen Kabeln so verwickeln wie Laokoon in der Schlange, so ziehen Sie am besten alle Drähtchen wieder heraus, legen sie ~ nach Länge sortiert - griffbereit zurecht und verdrahten etwas ganz anderes - zum Beispiel das, was wir Ihnen auf Schaltbild 5 vorbereitet haben. Das sieht sehr klar und durchsichtig aus, ist aber in Wirklichkeit gar nicht so leicht zu durchschauen.



Schaltbild 5

Wieder ist's ein Würfelspiel, aber diesmal sind nur die drei Schaltschieber S_3 , S_4 und S_5 im Dienst. Hier gibt es nun auch eine besondere Spielregel. Man muß zu zweit oder dritt sein, und jeder darf abwechselnd einen der drei Schaltschieber hin- oder herbewegen. Jedesmal leuchtet ein anderes Zahlenbild auf. Die solcherart gewürfelten Augen werden notiert, und wer zuerst auf fünfzig kommt, hat gewonnen.

Probieren Sie's! Wir haben uns mit dieser Knobelmaschine schon stundenlang amüsiert. Hier ist's nun wirklich ein Würfelspiel, weil man lange Zeit braucht, um sich zu merken, zu welcher Stellung der Schaltschieber welche Zahl gehört. Natürlich muß man schnell schalten und immer gleich wieder den Nächsten dranlassen. Der Reiz liegt im Tempo.

Auch bei Großcomputern wird „gewürfelt“. Nicht, um Mensch-ärgere-dich-nicht zu spielen, sondern um wissenschaftliche Arbeit zu leisten. Das „Würfeln“ übernimmt ein sogenannter Zufallszahlen-Generator, der ununterbrochen Zahlen in zufälliger Reihenfolge produziert. Dabei verfährt er im Prinzip kaum anders als wir bei unserer Würfelschaltung. Die Zufallszahlen braucht man, um wirkliche Situationen nachzubilden, die ebenso zufällig sind. Das Verfahren nennt man „Monte-Carlo-Methode“- nach dem Roulette in Monte Carlo, bei dem man ja auch nie weiß, welche Zahl als nächste kommt.

In einem wissenschaftlichen Monte-Carlo-Test kann man zum Beispiel elektrische Schaltungen kontrollieren, die unter stets wechselnden Bedingungen arbeiten sollen. Die Belastbarkeit eines unregelmäßig ausgebauten Telefonnetzes kann man testen, indem man durch Zufallszahlen Fernsprechverbindungen herstellen läßt - denn auch in Wirklichkeit ist es vom Zufall abhängig, wie die Teilnehmer einander anrufen. Sogar komplizierte mathematische Probleme lassen sich mit Zufallszahlen lösen, indem man die Rechnungen solange mit zufälligen Werten durchrechnet, bis die Gleichung aufgeht. Das mag 10000 Versuche bedeuten - aber was ist das schon für einen blitzschnellen Elektronenrechner?

9. Das Fußballspiel

Wenn Sie genug gewürfelt haben, möchten Sie vielleicht Fußball spielen? Auch das ist möglich. Bitte bedienen Sie sich des Schaltbildes 6 und des Transparentstreifens „Fußball“!

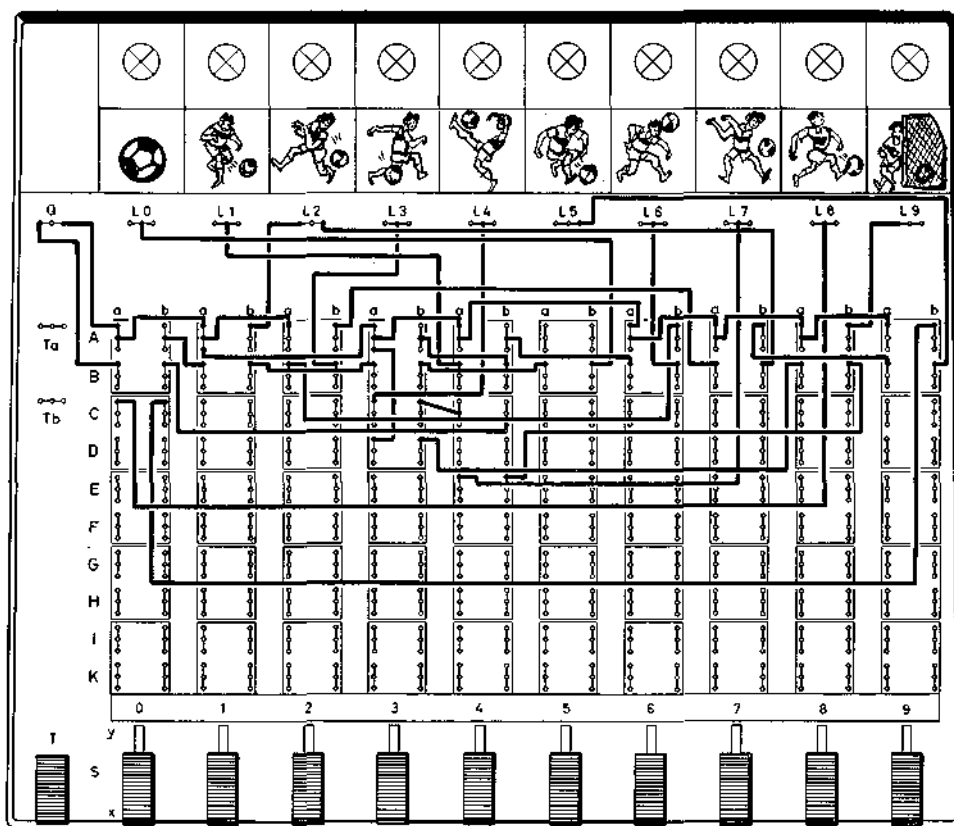
Die Verdrahtung ist jetzt schon ziemlich verwickelt, aber das macht Ihnen ja keine Schwierigkeiten mehr. Die Spielregeln sind ganz einfach. Man stellt zuerst alle Schaltschieber auf Stellung x - bis auf So: Der wird auf y geschoben. Jetzt leuchtet im ersten Lampenfeld ein Fußball auf. Anspiel!

Nun darf abwechselnd jeder Mitspieler drei Schaltschieber verstellen - beliebig, wie er will, aber schön einen nach dem anderen. Er darf sie nach x oder nach y verschieben, wie sich's gerade gibt. Das Ziel ist, das letzte Lampenfeld aufleuchten zu lassen. Dann ist, wie man sieht, der Ball im Tor und der betreffende Spieler bekommt einen Punkt. Anschließend werden dann alle Schaltschieber wieder auf x gestellt, und durch Verschieben von S_0 auf y spielt man erneut an.

Es gibt aber ein paar Spezialregeln. Wenn zwei Lampenfelder gleichzeitig aufleuchten, also zwei Fußballer gleichzeitig sichtbar werden, so ist das ein Foul: Der Spieler muß den zuletzt bedienten Schalter wieder zurückstellen und den nächsten Spieler dranlassen. Werden aber plötzlich alle Lampen dunkel, so ist der Ball ins „Aus“ gegangen und man fängt von vorne an.

Das ist Computer-Fußball. Wie finden Sie ihn? Zumindest kommt man dabei nicht außer Atem.





Schaltbild 6

Die erste Zwischenbemerkung

Im ersten Teil haben wir nur gespielt. Im zweiten beginnt mit streng logischen Übungen der Ernst des Lebens. (Aber es bleibt uns auch da noch Zeit für sehr unterhaltsame Spielereien.)

Übrigens wollen wir uns gar nichts vormachen: Auch die Spiele, mit denen wir uns eben beschäftigten, waren im Grunde streng logische Angelegenheiten. Man bemerkt das nur nicht gleich auf den ersten Blick. Aber unser LOGIKUS kann gar nicht anders: Er muß streng logisch vorgehen. Man kann allenfalls durch raffinierte Verdrahterei und Schaltkunststücke bewirken, daß diese Logik nicht sofort durchschaubar ist. So haben wir es zum Beispiel gemacht, als wir bei den ersten Würfelspielen die Lampenanschlüsse absichtlich vertauschten, um es unseren Mitspielern schwerer zu machen. Es gibt zwei hübsche, sehr schwer aussprechbare und darum doppelt imponierende wissenschaftliche Ausdrücke, die zu diesen Problemen gehören: „deterministisch“ und „stochastisch“.

„Deterministisch“ - das bedeutet „vorherbestimmt“. Alle soliden technischen Geräte sind zum Beispiel deterministisch. Oder sie sollten es wenigstens sein. Wenn ich bei meiner Schreibmaschine aufs E tippe, dann soll nachher auch ein E auf dem Papier stehen. Wenn ich einen Motor anschalte, dann soll der laufen. Wenn ich in einen Zigarettenautomaten oben das richtige Geldstück hineinwerfe, dann erwarte ich, daß unten eine Packung Zigaretten herauskommt. Das ist „deterministisch“.

„Stochastisch“ heißt, grob übersetzt, „zufällig“. Ein Würfel beim Mensch-ärgere-dich-nicht ist zum Beispiel stochastisch. Das Verhalten von Lebewesen ist weitgehend stochastisch: Niemand weiß genau, was sie im nächsten Augenblick tun werden - oft sie selber nicht. Auch stochastische Maschinen gibt es: Die Spielautomaten zum Beispiel, bei denen man nicht weiß, ob man sein Geld wiederkriegt oder nicht.

Unser LOGIKUS ist ein rein deterministisches Geschöpf. Zwar sieht es aus, als ob er - als Knobelmaschine oder beim Fußball - auch zuweilen stochastisch arbeiten würde. Aber das scheint nur so. Wir empfinden sein Verhalten als zufällig, weil wir nicht auf den ersten Blick durchschauen können, was - nach streng vorherbestimmten Regeln, die wir selbst ihm durchs Verdrahten einprogrammiert haben - im Innern des LOGIKUS vorgeht.

Wenn der LOGIKUS nicht so absolut deterministisch eingestellt wäre, könnten wir alle die streng logischen Experimente, die jetzt auf uns warten, gar nicht durch-exerzieren.

Ihnen zum Trost: Mit so komplizierten Begriffen wie eben - mit „Determinismus“ und „Stochastik“ und ähnlichem - kommen wir Ihnen auf den folgenden Seiten nicht. Das haben wir uns nur in der Zwischenbemerkung gestattet.

Zweiter Teil: Die Logik

Wenn es um die Logik geht, so können wir einen Fachmann zitieren, der, obwohl er schon mehr als 150 Jahre tot ist, immer noch als Kapazität gilt. Das ist unter Wissenschaftlern selten. Es handelt sich um Herrn Philipp Emanuel Kant, der unter anderem die „Kritik der reinen Vernunft“ geschrieben hat und dort sagt, Logik sei die Wissenschaft, die „nichts als die formalen Regeln alles Denkens ausführlich darlegt und strenge beweiset“.

Wenn Sie nun in Zweifel ziehen, daß ein schlichter Kunststoffkasten wie unser LOGIKUS „die formalen Regeln alles Denkens“ darlegen oder gar beweisen kann, so haben Sie freilich recht. Die Regeln alles Denkens beherrscht er nicht; tun's ja die meisten Menschen kaum. Aber einige Regeln des Denkens beherrscht er durchaus und mit seiner Hilfe können wir Ihnen sogar zeigen, wie „Denken“ vor sich geht - allerdings nur, soweit es logisch ist.

1. Und und Oder

Die unermüdlichen Wissenschaftler haben herausgefunden, daß alles, was auf der Welt einigermaßen logisch aussieht, mit Bleistift und Papier als eine Art Schaltbild festgehalten werden kann. Nach diesen Schaltbildern lassen sich logische Gesetze formulieren. Nach ihnen lassen sich aber auch mechanische, elektrische und andere Apparate bauen. Auf diese Weise entstehen Eisenbahnfahrpläne, Dezimalwaagen, Relativitätstheorien und schließlich auch Elektronenrechner.

Die zwei häufigsten logischen Schaltungen, die es gibt, heißen „Und“-Schaltung und „Oder“-Schaltung, und sie sind längst nicht so kompliziert, wie es sich anhört.

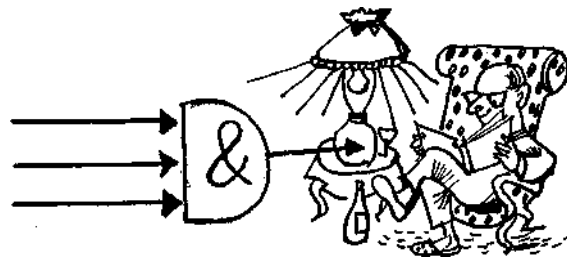
Eine Und-Schaltung ... Nun, stellen Sie sich eine Nachttischlampe vor, ein Lämpchen mit einem langen Zuleitungskabel! In dieses Kabel ist nicht nur *ein* Schalter für dieses Lämpchen eingebaut; es sind zwei. Nur wenn man den einen *und* den anderen einschaltet, brennt die Lampe. Das ist eine Und-Schaltung.

Nun wird es wenig Leute geben, die sich zwei Schalter in die Zuleitung zur Nachttischlampe einbauen. Zu dieser Hilfserklärung mußten wir auch nur greifen, um ganz klar zu machen, was wir meinen. Es ist eine recht mechanistische Erklärung.

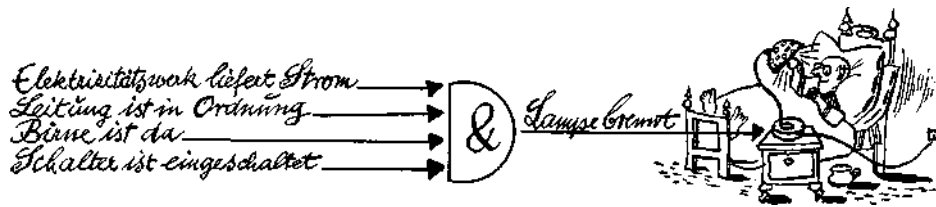
Wir können aber auch mit einer logischen Erklärung der Und-Schaltung dienen. Die wäre (um beim Beispiel der Nachttischlampe zu bleiben) etwa folgende:

Wenn das Elektrizitätswerk Strom liefert *und* die Leitung in Ordnung ist *und* eine Birne in der Lampe ist *und* ich den Schalter einschalte, *dann* brennt die Lampe. Fehlt auch nur eine dieser Bedingungen, so kann die Lampe nicht brennen.

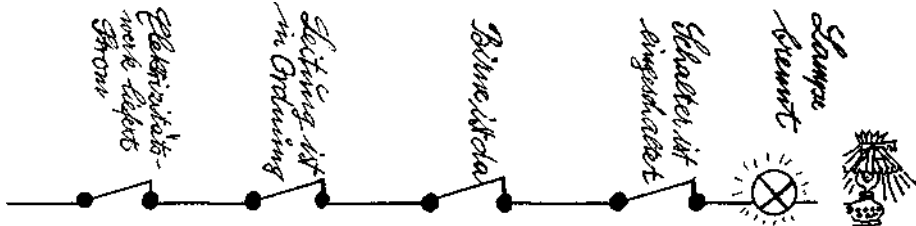
In logisch geschulten Computer-Kreisen malt man eine Und-Schaltung so wie hier rechts:



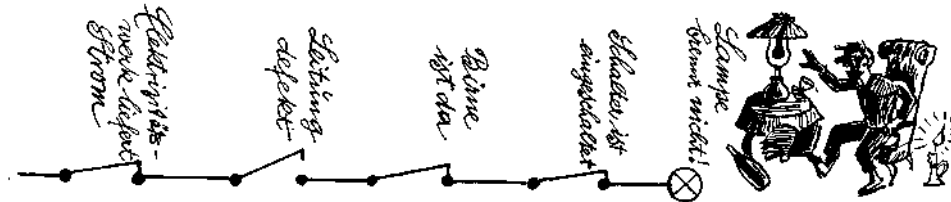
Und unser System mit dem Nachttischlämpchen würde demnach so aussehen:



Wenn man dieses logische Schaltbild in ein elektrisches Schaltbild umwandeln will, wie es der Elektroinstallateur gern hätte, dann muß man es so zeichnen:



Jeder Schalter würde dann einer der Bedingungen entsprechen. Ist nur ein Schalter nicht geschlossen, also nur eine Bedingung nicht erfüllt (beispielsweise die Leitung defekt), so brennt die Lampe nicht:



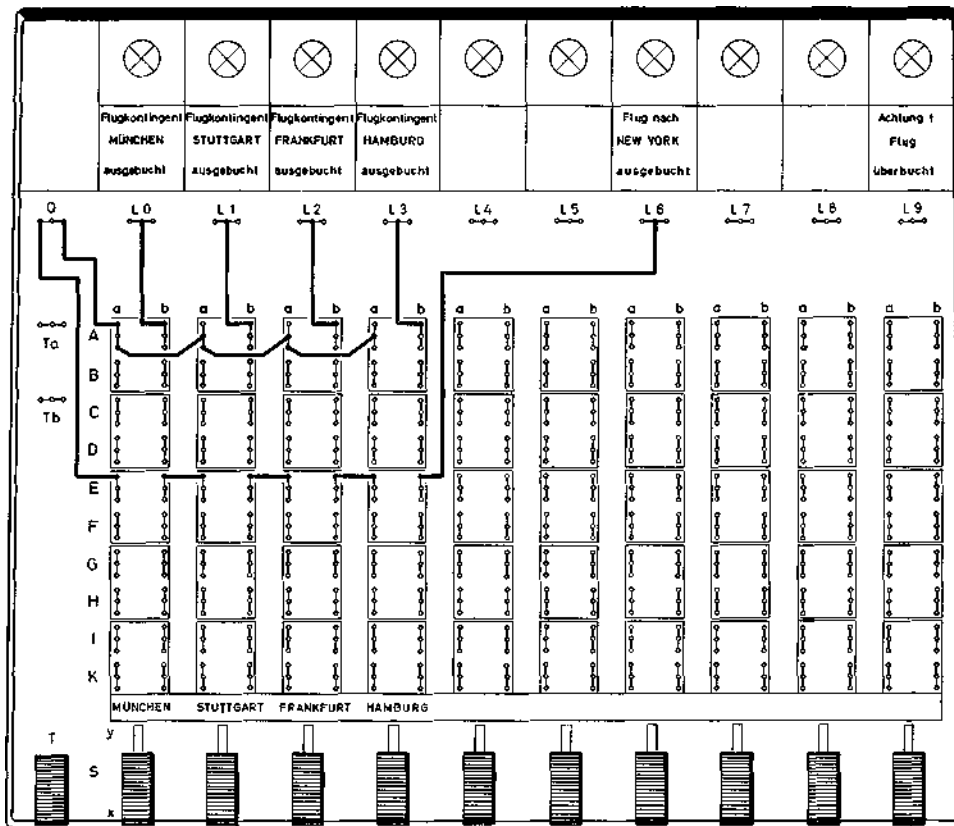
Und Sie sehen nun schon selbst: Es ist das einfachste Ding der Welt, solch eine Und-Schaltung auf unserem LOGIKUS nachzubauen. Es sind ja genügend Schalter da.

2. Der Flug ist ausgebucht - mit Und-Schaltungen

Wir haben schon eine solche Und-Schaltung für Sie vorbereitet, und zwar - was Sie sicher interessieren wird - aus dem Bereich der Luftfahrt. Bitte legen Sie den Transparentstreifen „Flug“ in den Lampenkasten und schieben Sie den zugehörigen Streifen „Flug“ in die über den Schaltschiebern angebrachte Vertiefung!

Das System, das wir da ausgeknobelt haben, stammt eigentlich gar nicht von uns, sondern von den Luftverkehrsgesellschaften selbst. Sie wissen ja: da gibt es seit neuestem Computer, die in der Zentrale solch einer Luftverkehrsgesellschaft stehen, sich von jedem Flughafen regelmäßig die Zahl der verkauften Plätze für jeden Flug, für jede Maschine melden lassen und so in der Lage sind, immer rechtzeitig „Halt!“ zu schreien, wenn die Maschine voll ausgebucht ist. Für ein solches System braucht

man einen Elektronenrechner, der eine siebenstellige Summe kostet, und das wollen wir Ihnen nicht zumuten. Deshalb müssen wir beim LOGIKUS ein wenig bescheidener sein. Aber das Prinzip des großen Bruders können wir nachbilden. Bitte sehen Sie sich das Schaltbild Nummer 7 an!



Schaltbild 7

Was sich da bei den Schalterelementen A_0 bis A_3 tut, hat mit Logik noch nichts zu tun; das dient nur der Illumination. Oder sagen wir vornehmer: der besseren Überschaubarkeit. Verdrahten Sie's! Auch ohne das Hantieren mit Draht sehen Sie als nun erfahrener Schalttechniker schon, daß es hier lediglich darum geht, beim Bewegen eines Schaltschiebers von x nach y ein zugehöriges Lämpchen aufleuchten zu lassen. Gar nichts Besonderes. Wenn Sie den Schalter „Stuttgart“ von x nach y schieben, leuchtet auf: „Flugkontingent Stuttgart ausgebucht“.

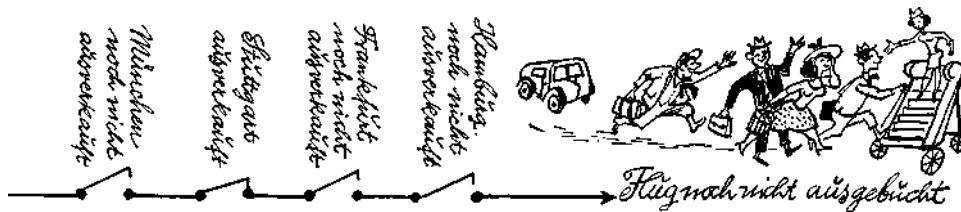
Sie müssen sich nun folgendes vorstellen: Das Flugzeug, auf das unser System hier zugeschnitten ist, fliegt von München über Stuttgart, Frankfurt und Hamburg nach New York. Es faßt insgesamt hundert Plätze. Deshalb hat man jedem der vier deutschen Flughäfen ein Kontingent von 25 Plätzen zugeteilt. Wenn diese Sitzplätze verkauft sind, drückt der Mann am Flugbillettschalter auf einen Knopf, und im Computer leuchtet auf, daß das betreffende Kontingent ausgebucht ist. Dieser Knopf - das ist natürlich unser Schaltschieber 0 oder 1 oder 2 oder 3.

Nun wollen wir bewirken, daß das Leuchtschild „Flug nach New York ausgebucht“ dann aufleuchtet, wenn alle vier Flughäfen ihr Kontingent verkauft haben. Das ist logisch, nicht wahr? Deshalb brauchen wir auch nur eine reine logische Und-Schaltung: Wenn München und Stuttgart und Frankfurt und Hamburg ausverkauft sind, dann ist auch der ganze Flug ausgebucht. Die Und-Schaltung haben wir auf unserem Schaltbild Nummer 7 bei den Schalterelementen der Gruppe E vollzogen. Sie besteht hier bei unserem LOGIKUS schlicht aus kurzen Verbindungsstückchen zwischen zwei Schalterelementen.

Damit wir nicht aus der Übung kommen: In logischer Schaltschrift würde dieses System so aussehen:



Und in der Zeichensprache des Elektrotechnikers hätte es die Gestalt (wobei wir hier annehmen, daß nur Stuttgart ausverkauft ist):



Das also wäre die Und-Schaltung. Wir werden ihr in diesem Büchlein künftig auf Schritt und Tritt begegnen. Wie aber steht es mit der Oder-Schaltung?

3. Der ausgebuchte Flug - mit Oder-Schaltungen

Dürfen wir zunächst wieder auf das Beispiel von der Nachttischlampe zurückkommen? Bei einer Oder-Schaltung hätte sie gleich zwei Zuleitungen und in jeder von beiden einen Schalter. Um das Licht anzuknippen, kann man den einen oder anderen betätigen oder alle beide.

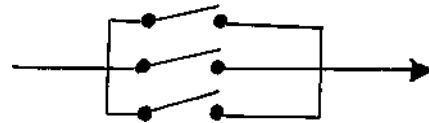
Ein anderes Beispiel aus der so anschaulichen Elektrotechnik: Wer auch immer auf die Klingel drückt, der Briefträger oder Tante Minchen oder der Gerichtsvollzieher - immer passiert das gleiche. Es läutet. Sogar wenn der Briefträger und Tante Minchen gleichzeitig auf zwei verschiedene Knöpfe drücken (der Briefträger, weil er nicht gern Treppen steigt, unten an der Haustür, während Tante Minchen zur Wohnungstür hinaufgeklettert ist): Wieder passiert nichts anderes, als daß die Türklingel läutet. Das ist eine Oder-Schaltung.

Der Computer-Fachmann zeichnet sie so:

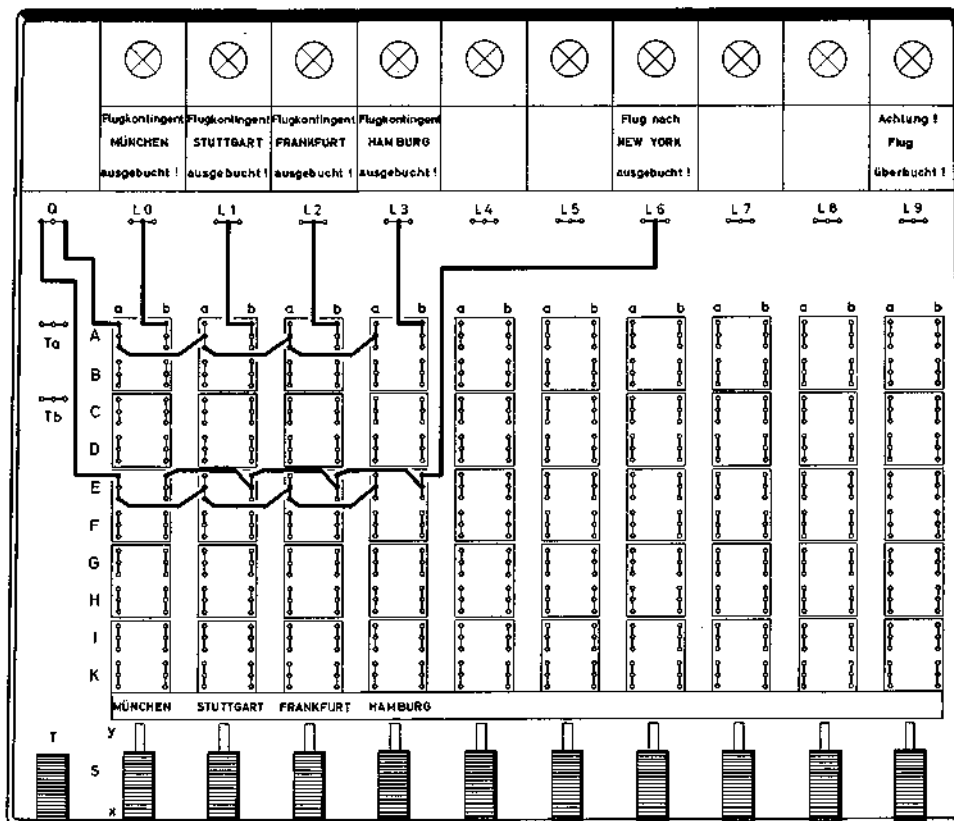


Das V in dem Dreieck bedeutet „Vel“, und das heißt - guten Lateinern sagen wir nichts Neues - „Oder“. Der Elektrotechniker würde eine Oder-Schaltung so zeichnen:

Und wie machen wir's beim LOGIKUS? Bleiben wir ruhig bei der Luftfahrt! Wir stellen uns jetzt einfach vor, daß unsere vier Flughäfen nicht ein Kontingent von jeweils 25 Flugplätzen zugeteilt bekämen, sondern daß jeder



Flughafen hundert Flugplätze zur Verfügung hat - genau so viele, wie das Flugzeug faßt. Und wenn einer seine Karten verkauft hat, ist die Maschine eben voll. Natürlich ist das mit der Wirklichkeit überhaupt nicht in Einklang zu bringen, aber das stört uns gar nicht; es geht ja nur ums Beispiel. Die Schaltung ist wieder höchst einfach - sehen Sie nur das Schaltbild 8 an!



Schaltbild 8

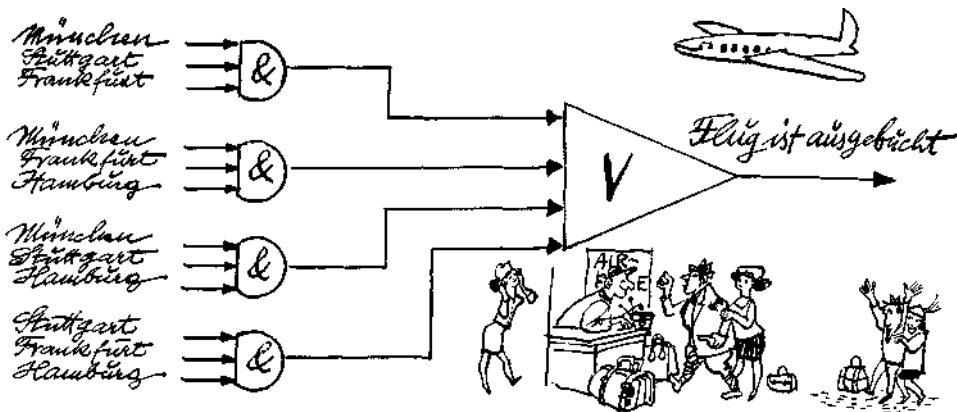
4. Jetzt wäre die Fluggesellschaft zufrieden

Nachdem wir Sie nun mit der Und- und mit der Oder-Schaltung bekanntgemacht haben, können wir ja auch einmal versuchen, mit Hilfe von beiden ein System auszuarbeiten - am besten wieder im Bereich der Luftfahrt -, das der Wirklichkeit schon ziemlich nahe kommt.

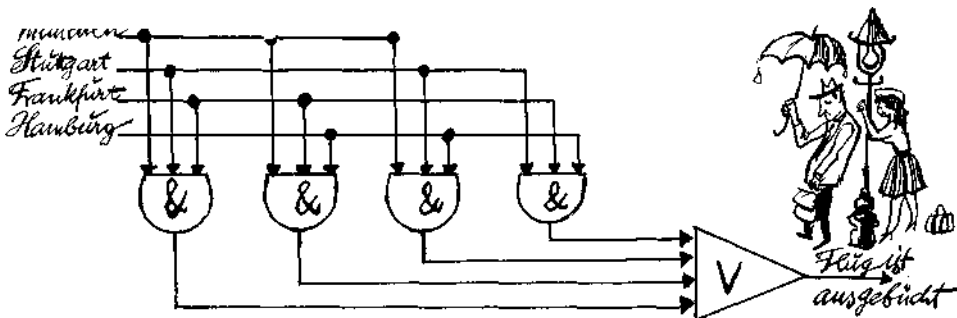
Etwa so: Die Flughäfen München, Stuttgart, Frankfurt und Hamburg haben jeweils ein Kontingent von 30 Flugplätzen. Das Flugzeug faßt 100 Plätze. Sobald drei dieser Flughäfen ihre Karten verkauft haben, ist die Maschine voll, denn es ist wohl anzunehmen, daß dann auch der vierte Flughafen schon eine Reihe von Karten verkauft hat. Jetzt muß unser Schild „Flug nach New York ausgebucht“ aufleuchten. Unser Problem ist es also, eine Schaltung zu finden, die anspringt, sobald drei beliebige der vier zur Verfügung stehenden Schaltschieber betätigt werden. Streng logisch betrachtet, ist das gar kein Problem. Es gibt insgesamt vier Kombinationsmöglichkeiten:

Entweder München und Stuttgart und Frankfurt. Oder München und Frankfurt und Hamburg. Oder München und Stuttgart und Hamburg. Oder Stuttgart und Frankfurt und Hamburg.

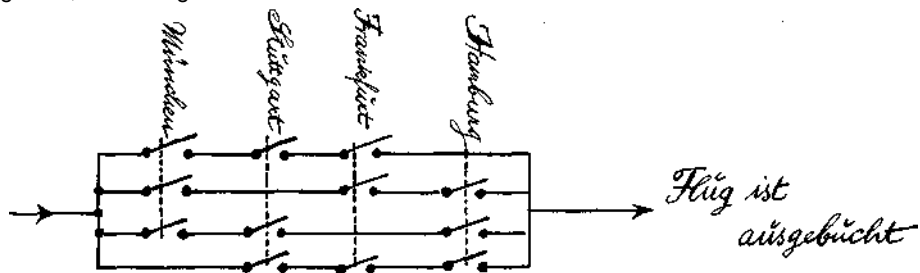
Mit dieser Aufzählung haben wir schon gesagt, wie die Logik dieser Kombinationen beschaffen sein muß: Es sind vier Und-Schaltungen. Da alle diese vier Und-Schaltungen zum gleichen Ziele führen, nämlich zum Aufleuchten der Lampe „Flug nach New York ausgebucht“, müssen alle vier durch eine Oder-Schaltung verbunden werden. Das logische Schaltschema muß also so aussehen:



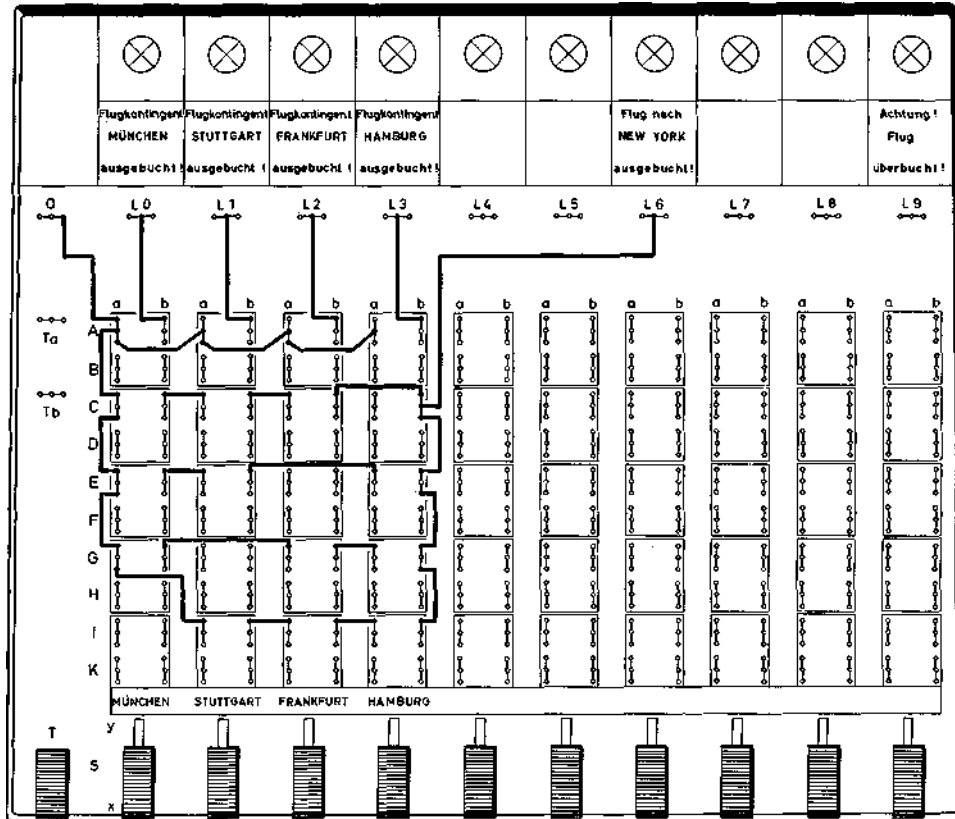
Man kann es auch so zeichnen



Und das elektrische Schaltschema, das ja immer ein bißchen anders aussieht als das logische, hätte folgende Gestalt:



Eigentlich beleidigen wir Sie ja schon, wenn wir nach alledem auch noch im Schaltbild angeben, wie Sie mit den Drähtchen auf dem Programmierfeld des LOGIKUS verfahren sollen. Aber um dem einen oder anderen von Ihnen unnötige Gehirnarbeit zu ersparen, die ihn vielleicht ärgert, zeichnen wir's doch auf - im Schaltbild Nummer 9.



Schaltbild 9

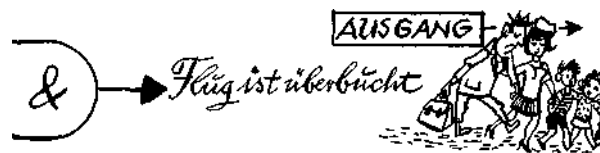
(Beachten Sie dabei bitte, daß wir die oberste Reihe A der Schalterelemente wieder nur dazu benutzt haben, einfach die Lampen von L₀ bis L₃ beim Einschalten der Schaltschieber S₀ bis S₃ aufleuchten zu lassen!)

Eine ganz schlichte, durchsichtige Schaltung - nicht wahr?

So ist es bei klaren logischen Vorgängen immer, wenn man sie auf Maschinen - in diesem Fall auf unserem LOGIKUS - nachbildet.

Wenn Sie die Verbindungen bei den Schalterelementen der Reihe A, die ja nur der Verdeutlichung dienen, einmal nicht berücksichtigen, dann sehen Sie sofort: die waagerechten Verbindungen gehören sämtlich zu Und-Schaltungen. Und zwar hat jede Und-Schaltung ihre eigene Reihe - die eine die Schalterelemente der Reihe C, die zweite die der Reihe E und so weiter. Die Oder-Schaltung hingegen zeigt sich durch senkrecht verlaufende Drahtverbindungen, und zwar bei den Anschlüssen die Sie bei b über dem Schaltschieber 3 finden. So einfach ist das!

Und weil es so einfach war, wollen wir die Schaltung noch durch eine kleine Raffinesse ergänzen. Es könnte ja vorkommen, daß alle vier Stationen gleichzeitig ihr Kontingent verkaufen. Dann wäre das Flugzeug überbelegt, und das darf nicht sein - denn Stehplätze werden nicht zugelassen. In der Praxis kommt es dennoch leider manchmal vor, daß man mehr Karten für ein Flugzeug ausgibt, als Passagiere untergebracht werden können. Dann müssen die armen Fluggäste auf andere Maschinen verfrachtet werden. Das macht fürchterlich viel Arbeit und Aufregung. Deshalb ist es ganz gut, eine Warnlampe anzubringen: „Achtung! Flug überbucht!“. Das braucht wieder nur eine ganz einfache Und-Schaltung zu sein, die dann anspricht, wenn alle vier Stationen ihre Kontingente verkauft haben, die also so aussieht:



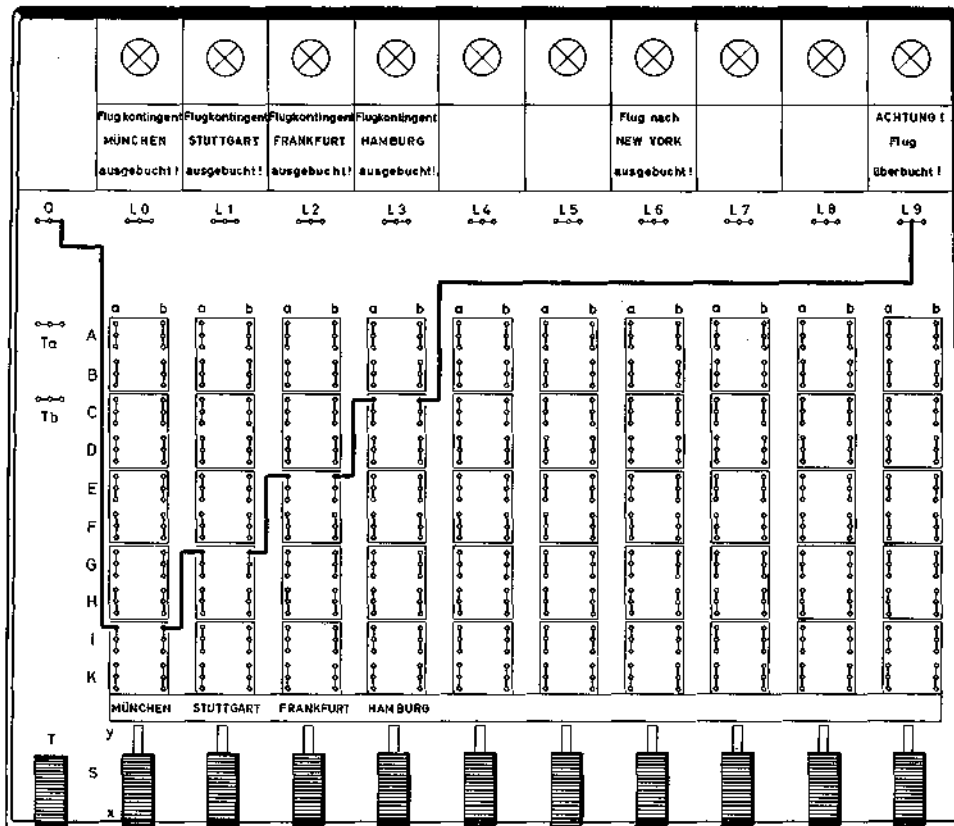
Wir haben auch ein Schaltbild dazu gezeichnet - das Schaltbild 10. Da ist nun gar nichts drauf als diese zusätzliche Schaltung, die Sie mit der Verdrahtung vom Schaltbild 9 kombinieren müssen. Daß die Schaltung hier, obwohl sie eine schlichte Und-Schaltung ist, nicht ganz waagrecht verläuft, sondern diagonal oder treppenförmig, das hat nichts mit computertechnischem Raffinement zu tun. Das ist eine Zwangsmaßnahme, weil wir nicht genügend Schalterelemente auf unserem LOGIKUS haben, um die kürzeste Verbindung herzustellen.

Damit Sie das jetzt als Teil eines „Dreifachsteckers“ benutzte Loch 3Cb für die „Treppenschaltung“ freibekommen, ändern Sie vor Einbau der Schaltung nach Schaltbild 10 bitte die Schaltung nach Schaltbild 9 - auf deren Übersichtlichkeit es ja jetzt nicht mehr ankommt - wie folgt: Drahtbrücke von 2Cb nach 3Cb ganz entfernen, den von L₆ kommenden Draht aus dem Mittelloch 3Cb ziehen und in das Mittelloch 2Cb stecken sowie schließlich den vom oberen Loch 3Eb kommenden Draht aus dem unteren Loch 3Cb herausziehen und in das untere Loch 2Cb stecken.

Beim Elektronenrechner ist es nicht anders

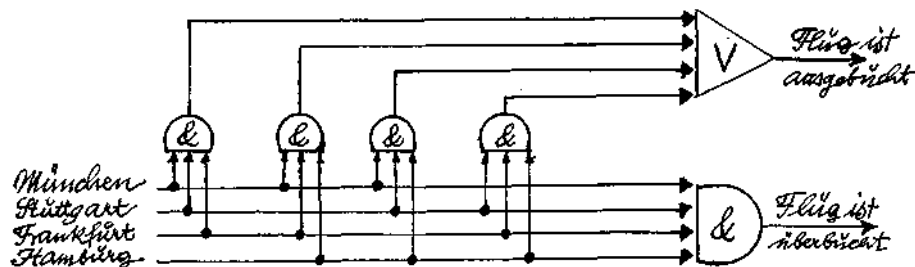
Auch bei den ausgewachsenen Elektronenrechnern passiert es, daß man viele Programmierungen nicht so klar und übersichtlich machen kann, wie man es gern wollte, weil auch bei Großcomputern die Speicherplätze, in denen man Program-

Schaltungen unterbringen kann, begrenzt sind. Auch dort muß man also oft die kühnsten Schaltungen einbauen, damit man noch ein paar Programmbefehle mehr unterbringt.



Schaltbild 10

Der Ordnung halber wollen wir jetzt noch aufzeichnen, wie unsere komplette Schaltung (aus Schaltbild 9 und 10) in der Schaltschrift der Logiker aussieht:



Und jetzt wäre sicher auch die Fluggesellschaft mit unserem Computer-Programm zufrieden.

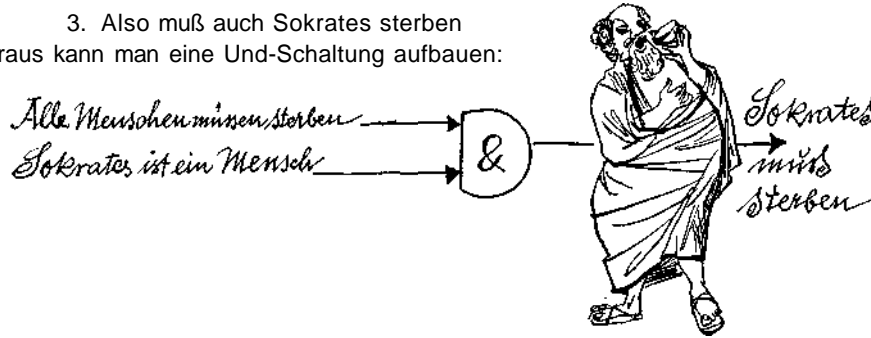
5. Dreißig Zeilen Kybernetik

Erstaunlich, was so ein paar Und-Schaltungen und eine Oder-Schaltung bewirken, nicht wahr?

Noch erstaunlicher ist es, wenn man überlegt, daß unsere LOGIKUS-Schaltung eigentlich genau die gleichen Schlüsse zieht wie ein Mensch, der über die Belegung des Flugzeuges nachdenken würde. Man kann darum annehmen, daß auch die menschlichen Denkvorgänge, also das Reagieren der Gehirnzellen, über Schaltungen vor sich geht, die ähnlich aufgebaut sind wie unsere Und-Schaltungen und Oder-Schaltungen. Schon eine der ältesten logischen Schlußfolgerungen, die uns bekannt wurden, spricht dafür. Sie lautet:

1. Alle Menschen müssen sterben
2. Sokrates ist ein Mensch
3. Also muß auch Sokrates sterben

Daraus kann man eine Und-Schaltung aufbauen:



Nun wäre es übereilt, daraus schon zu schließen, daß unser LOGIKUS denken könne. Die Kybernetik, eine ganz moderne Wissenschaft, hat sich zum Ziel gesetzt, Beziehungen dieser Art zwischen Lebewesen (sprich: menschlichen Gehirnen) und künstlichen Systemen (sprich: LOGIKUS) zu untersuchen. Sie sagt: Der LOGIKUS ist, so geschaltet, das Modell eines kleinen Teiles des menschlichen Gehirns.

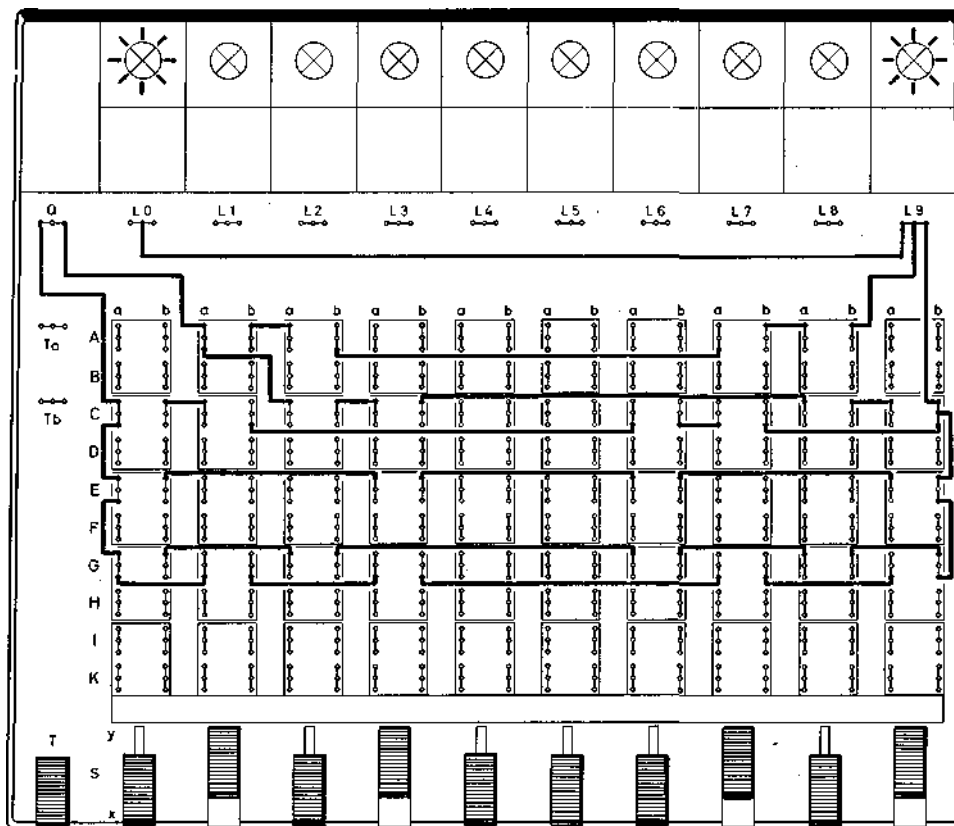
Das Faszinierende ist, daß ja bis heute niemand weiß, wie das menschliche Gehirn wirklich funktioniert. Dessen ungeachtet kann man mit künstlichen Geräten, auch mit unserem kleinen LOGIKUS, seine Funktionsweise nachahmen, so daß gleiche Ergebnisse Zustandekommen. So betrachtet, ist der Name „Denkmaschine“, mit denen die Computer zuweilen gerufen werden, nicht ganz so falsch.

Möchten Sie mehr von der faszinierenden Betrachtungsweise der Kybernetik wissen? Dann lesen Sie doch das Buch „Keiner weiß, was Kybernetik ist“! Es ist eben, im Herbst 1968, im Kosmos-Verlag erschienen.

6. Wir spielen Fangen

Nachdem Sie nun schon so tief in die Grundbegriffe der Schaltlogik eingedrungen sind, könnten wir auch wieder mal ein Spielchen machen. Beispielsweise Verstecken und Suchen. Wie wäre das? Schaltbild 11 zeigt Ihnen, wie Sie das Programmierfeld verdrahten müssen. Einen Transparentstreifen oder ähnliche Utensilien brauchen Sie nicht. Die Spielregel ist einfach: Jeder der beiden Spieler bekommt eine Gruppe von fünf Schaltschiebern - der eine die von 0 bis 4, der andere die von 5 bis 9. Der eine

nimmt sich einen Schal oder ein Tuch, deckt seine Schaltschiebergruppe zu und kriecht mit den Händen darunter. Dann stellt er zwei beliebige Schalter von x nach y. Sein Partner muß nun versuchen, zwei seiner eigenen Schaltschieber so zu stellen, daß zwei Lämpchen aufleuchten.



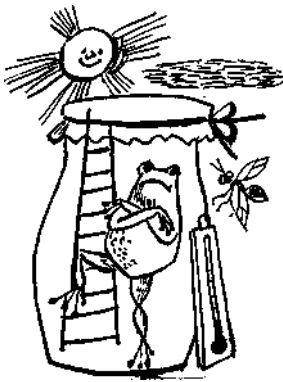
Schaltbild 11

Er darf herumprobieren, und zwar dreimal. Gelingt's ihm beim erstenmal, so bekommt er drei Punkte, schafft er's beim zweitenmal, so werden ihm zwei Punkte gutgeschrieben, gelingt es ihm erst beim drittenmal, bekommt er einen Punkt - und andernfalls gar nichts. Außer der Chance, es nun selbst zu probieren: Er nimmt den Schal, nachdem alle Schalter wieder auf x zurückgestellt sind, bedeckt seine Schaltschieber damit und stellt nun selbst zwei in die von seinem Partner zu erratende Position.

Es ist gar nicht so einfach, die Schalterstellung des Nachbarn zu erraten. Es gibt zu viele Kombinationsmöglichkeiten.

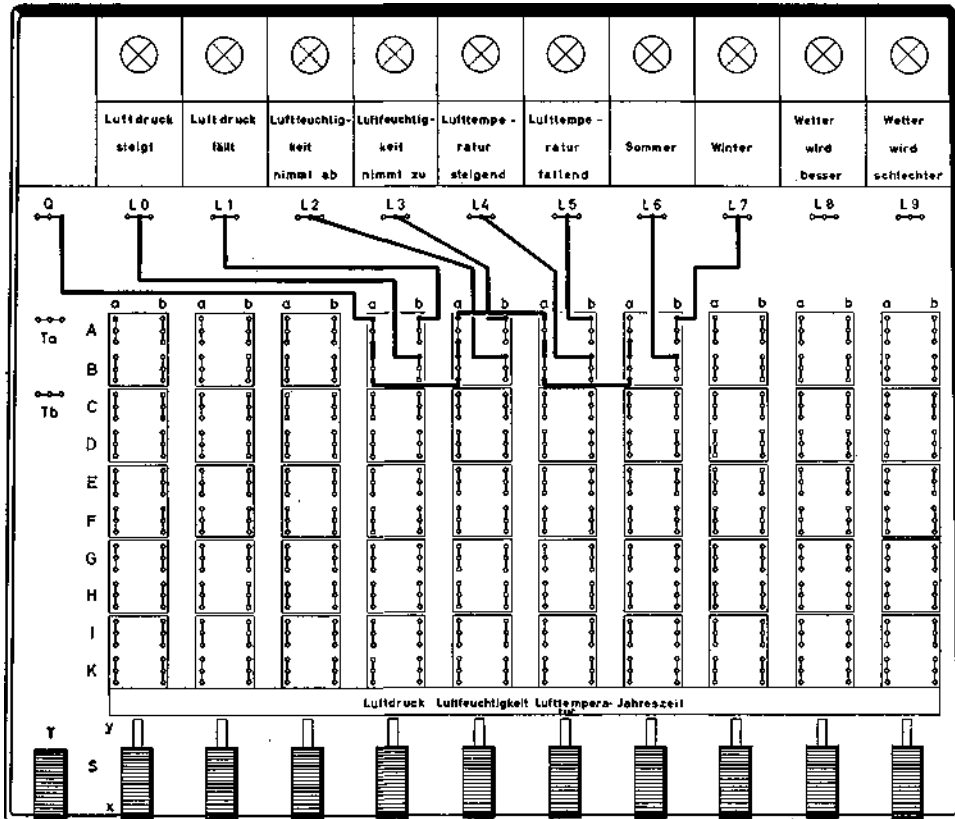
Interessant ist die Schaltung, die - das haben Sie natürlich auf den ersten Blick bemerkt - ganz symmetrisch aussieht. Es sind lauter Und-Schaltungen, die zwei Schalter auf der einen Seite und zwei Schalter auf der anderen Seite symmetrisch verbinden. Wenn alle vier zusammengehörigen Schalter in der richtigen Position sind, ist die Und-Kette geschlossen, und die Lämpchen leuchten auf. Ganz einfach, nicht wahr?

7. Wie wird das Wetter?



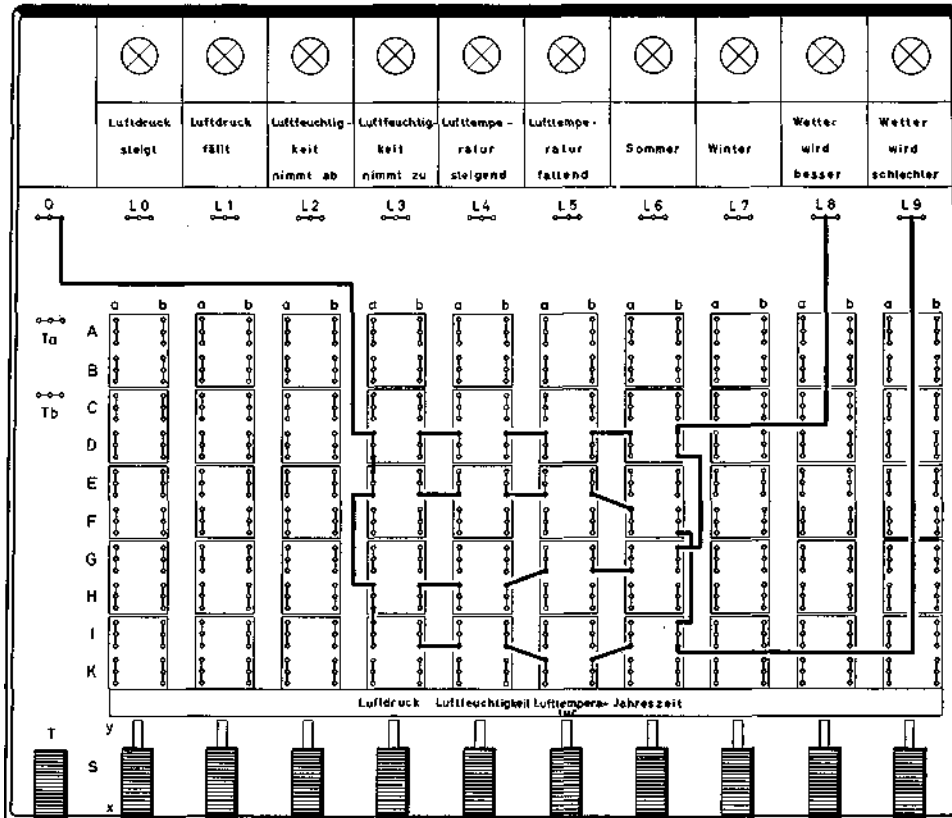
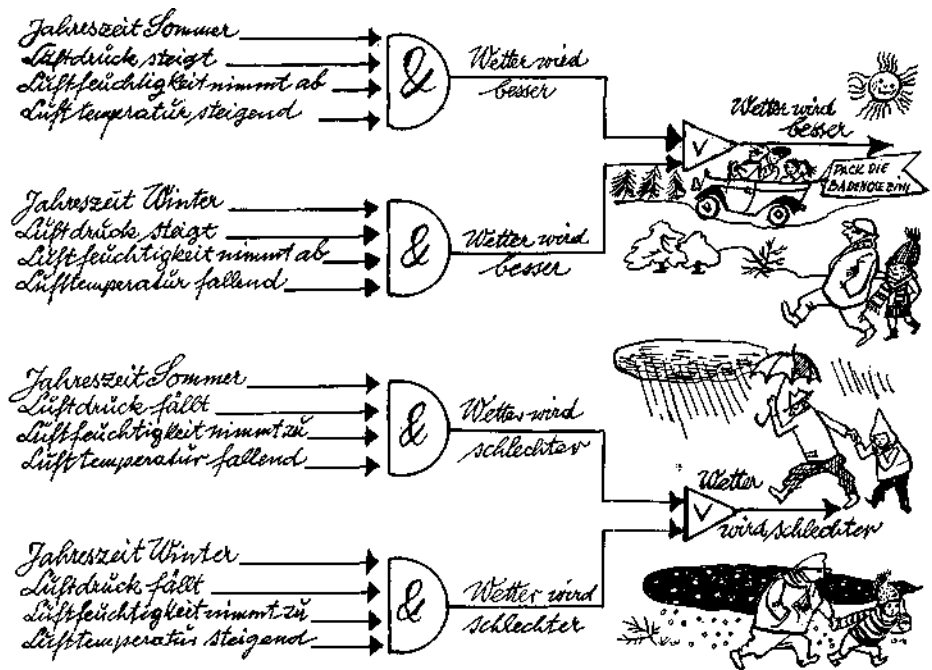
Nach der Spielerei beginnt der Ernst des Lebens wieder. Wir wollen, wie alle Welt, vom Wetter sprechen. Was halten Sie davon, aus dem LOGIKUS einen Laubfrosch zu machen, einen automatischen Wetterpropheten?

Die Verdrahtung haben wir der Übersichtlichkeit wegen in zwei getrennte Schaltbilder (12 und 13) eingetragen. Wenn Sie die Schaltung nach Schaltbild 12 fertiggestellt und probiert haben, stecken Sie bitte den nach 3Aa führenden Draht vom rechten Loch Q in das Mittelloch Q, bevor Sie die Verdrahtung nach Schaltbild 13 vervollständigen.



Schaltbild 12

Schaltbild 12 zeigt, wie die Anzeigelämpchen für die Schaltschieber angeschlossen werden. (Bitte nehmen Sie Transparent- und Schaltschieberstreifen „Wetter“!) Dann geht's ans Programmieren. Das logische Schaltbild dafür sieht so aus:



Schaltbild 13 (Verdrahtung der Prognose-Anzeige)

Auf den ersten Blick sieht die Schaltung fast etwas dürftig aus. Wir haben nur vier verschiedene Faktoren berücksichtigt (der Fachmann sagt: „Vier Variable“), nämlich Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Jahreszeit und Temperatur. Erstaunlicherweise lassen sich aber aus diesen vier Variablen recht brauchbare Wettervoraussagen konstruieren. Mehr Faktoren wollten wir nicht heranziehen, weil die meisten von uns ja keine Möglichkeit haben, feinere Messungen vorzunehmen, die unsere Wettervoraussage exakter machen könnten. Den Luftdruck kann man am Barometer ablesen oder man hört ihn im Radio. Mit der Luftfeuchtigkeit ist's schon schwieriger; am besten verläßt man sich dabei auf sein Gefühl, wenn man kein Hygrometer zur Hand hat. Die Jahreszeit - nun da hoffen wir, daß Sie zwischen Sommer und Winter unterscheiden können. Und für die Temperatur hat man ein Thermometer.

Wenn Sie die Schaltung programmiert und ausprobiert haben, dann werden Sie feststellen, daß die Voraussagen erstaunlich genau sind. Natürlich werden gefuchste Meteorologen uns klar machen, daß es ganz so einfach doch nicht sei, das Wetter vorzusagen, auch wenn unsere Schaltung im großen und ganzen nicht falsch ist.

Natürlich. Unser Wetterprogramm ist ja nur ein Beispiel. Und wenn Sie selbst ein Wetterfachmann sind, der sich privat und intensiv mit Wind, Wolken und niedrigfliegenden Schwalben beschäftigt, dann steht es Ihnen ja frei, die Schaltung zu erweitern. Die technischen Möglichkeiten sind gegeben, das Programmierfeld ist hoch groß genug. (Sie könnten uns dann ja auch mal schreiben, wie Sie's gemacht haben, oder?) Was die Programmierungstechnik betrifft- kurz gesagt: das Verdrahten -, so läßt sich an unserem Wettercomputer etwas Interessantes lernen. Sie sehen auf dem Schaltbild 13, wie die vielen Und-Schaltungen lauter waagerechte Drahtverbindungen ergeben. So sind wir's ja auch gewohnt.

8. Ein verzweigtes System

Man kann das System für die Wetterprognose aber auch anders schalten - und zwar so, wie wir es in Schaltbild 14 getan haben. Im Prinzip ändert sich überhaupt nichts. Wir haben uns hier nur des Tricks der „Verzweigung“ bedient und dadurch eine ganze Menge Draht eingespart. Wir sprachen ja schon auf Seite 15 darüber, daß man auf diese Weise auch bei den großen Elektronenrechnern Schaltungen und Programme „optimiert“, also den sparsamsten Weg aussucht. Bei unserem LOGIKUS kann man, sobald es sich nur darum handelt, Variable durch Und-Schaltungen zu verbinden, allemal diesen Weg der Verzweigung wählen. Woher das Wort kommt, wird Ihnen klar, sobald Sie die Verdrahtung von der Seite betrachten: Wie ein Baum, der sich in eine Krone verzweigt.

(Falls jemand von Ihnen schon so weit in die Abgründe der Informationswissenschaft hinabgestiegen sein sollte: Diese Schaltung ist das exakte Drahtmodell eines informationstheoretischen „Erkennungsbaumes“.)

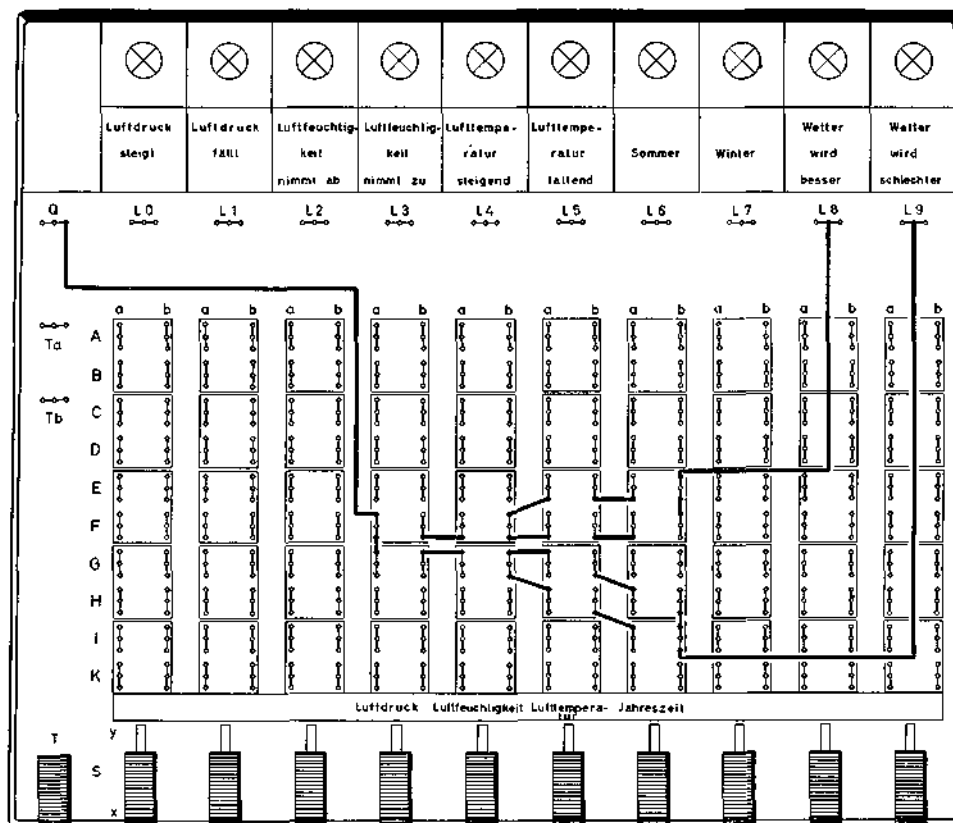
Beim Elektronenrechner ist es nicht anders

Unsere Schaltung für die Wetterprognose entspricht - natürlich stark vereinfacht - den Systemen, die es den großen Elektronenrechnern erlauben, das Wetter vorherzusagen. Natürlich werden im Großen viel, viel mehr Daten - „Variable“ -

benutzt, und vor allem verwendet man für diese Computerprognosen Wetterdaten aus allen Ecken der Welt, die miteinander verglichen, gegeneinander abgewogen und in Zusammenhang gebracht werden. Auf diese Weise läßt sich ein höchst sicheres Bild von der zu erwartenden Wetterlage geben. Diese Art der Wettervorhersage ist erst mit Elektronenrechnern möglich geworden. Mit Hilfe der alten Methoden - durch Vergleichen von Tabellen und dem Ausrechnen von Hand - käme man nie zurecht. Der Karlsruher Professor Karl Steinbuch, eine Koryphäe auf dem Gebiet der elektronischen Datenverarbeitung, schreibt: „Die Zuverlässigkeit einer Wettervorhersage hängt davon ab, wie viele Ausgangswerte berücksichtigt werden.“ Und dann schließt er den originellen Satz an: „Würden diese Ausgangswerte mit normalen Tischrechenmaschinen verarbeitet, dann käme das Wetter vor der Prognose.“

Origineller kann man Sinn und Zweck der elektronischen Wettervorhersage (und das Rechentempo der Großcomputer) gar nicht ausdrücken.

Natürlich muß die Verdrahtung von Schaltbild 12 bestehen bleiben; Schaltbild 14 ersetzt nur die Verdrahtung von Schaltbild 13.



Schaltbild 14

9. Ein Problem für den Grünen Plan

Vielleicht sollten wir wieder einmal ein bißchen spielen? Diesmal haben wir Ihnen eine Denksportaufgabe ausgesucht. Also etwas, was Sie alleine spielen können. Aber natürlich ist es viel hübscher, wenn noch jemand anderes dabei ist, den Sie damit hereinlegen können.



Es handelt sich um ein Problem für den Grünen Plan, und vielleicht kennen Sie die Geschichte auch schon: Das Drama von dem armen Bauern, der mit einem Wolf, einer Ziege und einem Kohlkopf an einen Fluß kommt und übersetzen will. Natürlich stellt sich als erstes die Frage, was einen

Bauern dazu treiben könnte, mit Ziege, Kohlkopf und außerdem noch einem Wolf zu reisen; indessen gibt darauf nicht einmal der LOGIKUS die Antwort.

Der Bauer hat Pech: Es ist nur ein kleines Boot da, und das faßt lediglich zwei von den vieren. Was soll der gute Mann tun? Wenn er zuerst mit dem Kohlkopf übersetzt, frißt derweil der Wolf die Ziege. Nimmt er den Wolf hinüber, so macht sich die Ziege an den Kohlkopf. Es bleibt ihm also gar nichts anderes übrig, als zuerst mit der Ziege überzusetzen, denn der Wolf macht sich nichts aus Kohl. Wenn er aber die Ziege glücklich drüben hat und wieder zurückfährt - was soll er als nächstes hinübernehmen? Setzt er den Wolf drüben ab, um auch den Kohlkopf zu holen, so ist es um die Ziege geschehen. Nimmt er aber den Kohlkopf hinüber, um dann auch noch den Wolf zu holen, so hat er nachher keinen Kohl mehr.

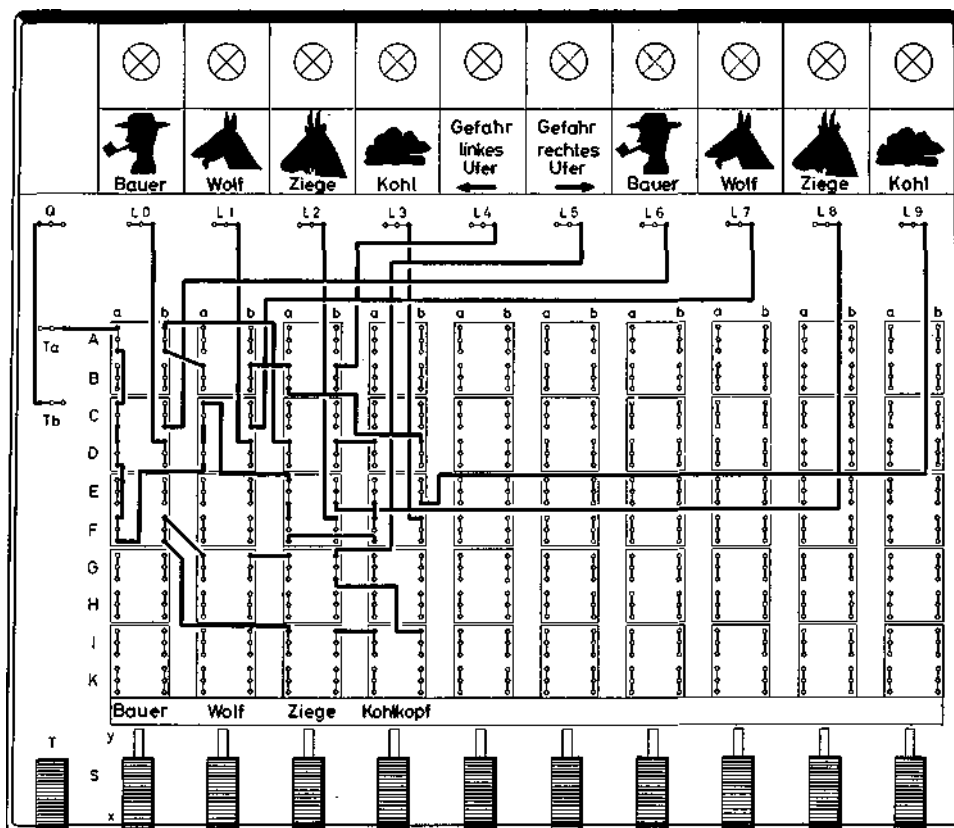
Dieses ganze Bauerntheater haben wir Ihnen für den LOGIKUS programmiert. Sie brauchen dafür nur den Transparentstreifen „Wolf“, das zugehörige Streifchen für die Schaltschieber und den Schaltplan Nummer 15. Dann können Sie anfangen, zu verdrahten. Das Problem scheint ungemein kompliziert. Aber die Lösung ist ziemlich einfach; man muß nur draufkommen.

Zwar wird Ihnen der LOGIKUS die Aufgabe nicht von selbst lösen, aber er hilft Ihnen. Sie werden's schnell merken. An den Schaltschiebern können Sie einstellen, wer gerade übersetzt. Die Lämpchen geben Ihnen an, wer sich zur Zeit auf dem rechten und wer sich auf dem linken Ufer befindet. Zu diesem Zweck sind alle vier tragenden Figuren zweimal dargestellt - einmal links, einmal rechts. Außerdem aber leuchten Gefahrenlampen auf, wenn Sie zwei der Passagiere beisammenlassen, die allein auf keinen Fall beieinander gelassen werden dürfen.

Damit es noch ein bißchen komplizierter wird, haben wir auch den Taster ins Spiel gebracht. Die Lämpchen leuchten noch nicht, solange Sie die Schalter verschieben, sondern erst, wenn Sie anschließend auf den Taster drücken. Dann sehen Sie, ob Sie mit dem Hinüber- und Herüberbefördern der einzelnen Teilnehmer etwas Gescheites zu Wege gebracht haben oder nicht.

Und wenn Sie schließlich herausgefunden haben, was der Bauer anstellen muß, um diejenigen, die sich fressen wollen, immer hübsch auseinanderzuhalten, dann kommt die zweite Aufgabe. Versuchen Sie einmal, anhand der Verdrahtung und mit ein wenig Köpfchen die logische Schaltung mit den Und- und Oder-Symbolen aufzustellen!

Das ist eine noch viel hübschere Denksportaufgabe.



Schaltbild 15

Beim Elektronenrechner ist es nicht anders

Sie wissen nun schon: Ein Computer kann - was immer man aus einem Gefühl des Unbehagens auch dagegen sagen mag - logische Schlüsse ziehen. Sogar ein solch kleines Gerät wie unser LOGIKUS kann es. Er vermag anzugeben, wann es, beispielsweise, beim übersetzen des Bauern mit seinen Tieren und dem Kohl gefährlich wird. Dazu gehört zweifellos ein gewisses Maß an logischen Fähigkeiten, das nicht einmal alle Menschen aufweisen.

Große Elektronenrechner haben diese logischen Fähigkeiten natürlich in viel stärkerem Maß. Aber nicht etwa deshalb, weil sie im Prinzip logischer wären, sondern nur, weil sie mehr Schalt- und Programmierungsmöglichkeiten haben. Sie können deshalb beispielsweise bei der Analysierung eines Feldzugs (wozu man sie schon eingesetzt hat) sofort angeben, welche Truppenbewegungen sinnlos sind. Sie können, wenn man sie Schach spielen läßt, in Sekundenbruchteilen angeben, welche ihrer Züge Erfolg versprechen.

Auf diese Weise sind Großcomputer imstande, einen mittelmäßigen menschlichen Schachpartner zu schlagen. Das klingt frappierend und nach Zauberei. Aber im Grunde ist es nichts anderes als eine konsequente Anwendung der logischen Schaltregeln, die auch bei unserem Spiel mit dem Bauern geholfen haben, Schwierigkeiten zwischen Wolf, Ziege und Kohlkopf zu vermeiden.

10. Onkel Doktor LOGIKUS

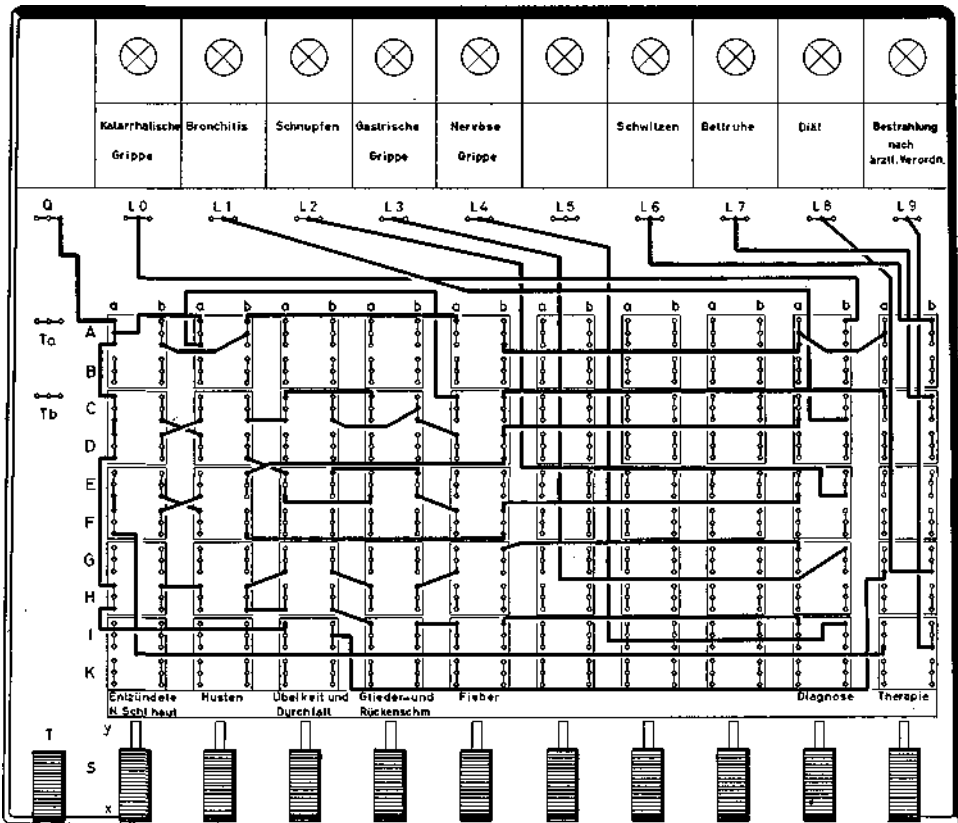


Es wird wieder ernst: Wir reden vom Schnupfen. Hatschi! LOGIKUS kriegt einen weißen Mantel an, ein Stethoskop um den Hals und wird zum Doktor der Medizin befördert. Bitte nehmen Sie den Transparentstreifen „Medizin“ und schieben Sie ihn vor die Lämpchen. Nehmen Sie auch den Streifen für die Schaltschieber mit dem Stichwort „Medizin“, und setzen Sie sich ins Wartezimmer, bis unser LOGIKUS „Der nächste, bitte!“ sagt.

Er will feststellen, welche Art von Erkältungen Sie haben, wenn Sie husten oder niesen, und er erklärt Ihnen auch, was Sie seiner Meinung nach tun müssen, um wieder gesund zu werden.

Wie es im Innern eines solchen automatischen Schnupfen-arztes aussieht, zeigt Ihnen das Schaltbild 16.

Schaltbild 16



Onkel Doktor LOGIKUS läßt einfach mit sich reden. Von S_0 bis S_4 stellt man bei ihm ein, welche Schwierigkeiten man hat - die Symptome also. Welchen Namen die Krankheit hat, an der man leidet, erfährt man, wenn man S_5 auf y stellt. Um zu wissen, was Sie tun müssen, um wieder gesund zu werden, stellen Sie S_5 zurück und schalten dafür S_9 ein. Jetzt sehen Sie, welche Therapie LOGIKUS vorschlägt.

Beim Elektronenrechner ist es nicht anders

Es gibt heute schon große Elektronenrechner, die so programmiert sind, daß sie medizinische Diagnosen stellen können. Sie nehmen die Symptome der Patienten zur Kenntnis - Temperatur, Pulsschlag, Zahl der weißen Blutkörperchen, Beschwerden - und nennen daraufhin die vermutlichen Krankheiten, machen Rezeptvorschläge, geben Heilungshinweise und verweisen auf einschlägige Abschnitte in der medizinischen Literatur.

Sie verhalten sich also ganz genau so wie unser LOGIKUS, nur haben sie mit ihren tausendmal komplizierteren Schaltungsmöglichkeiten die Fähigkeit, ein ganzes medizinisches Lexikon in sich zu speichern.

Einen praktischen Wert in der Medizin werden diese Maschinen freilich erst dann haben, wenn sie Zehntausende von Symptomen und Tausende von Diagnosen „gelernt“ haben. Erstklassige Spezialisten müssen sie „belehren“ (man muß sie also nach den Diagnosen dieser Spezialisten programmieren), nach den Vorstellungen dieser Fachleute müssen Fehlergebnisse korrigiert werden. Wenn die Geräte einmal so weit sind, können die elektronischen Diagnostiker Segen bringen. Natürlich ist nicht daran gedacht, sie den Ärzten gleichzustellen. Aber sie könnten zum Beispiel den Hausärzten helfen, bei einer schwierigen Krankheit auf die richtige Spur zu kommen. Bis jetzt muß solch ein Arzt ja, wenn er die Einzelheiten am Krankheitsbild des Patienten nicht auf Anhieb einordnen und verknüpfen kann, Spezialisten heranziehen oder - häufiger - stundenlang in seinen Nachschlagewerken suchen. Hier könnte ihm das elektronische Diagnosegerät helfen.

11. Das Geheimnis heißt „Zuordnen“

Eben, als wir über die großen Elektronenrechner sprachen, war die Rede vom Hausarzt, der die Einzelheiten am Krankheitsbild „nicht auf Anhieb einordnen und verknüpfen“ kann. Hier ist ein Großcomputer jedem Menschen überlegen. Seine ungeheuer große Zahl von Speichern und Schaltungen erlaubt ihm das blitzgeschwinde „Einordnen und Verknüpfen“ von vielen tausend Einzeltatbeständen. Gedächtnisschwäche oder Konzentrationsschwierigkeiten kennt er auch nach drei durchgearbeiteten Nächten nicht. Allerdings spricht man unter Computerfachleuten nicht von „Einordnen“, sondern von „Zuordnen“.

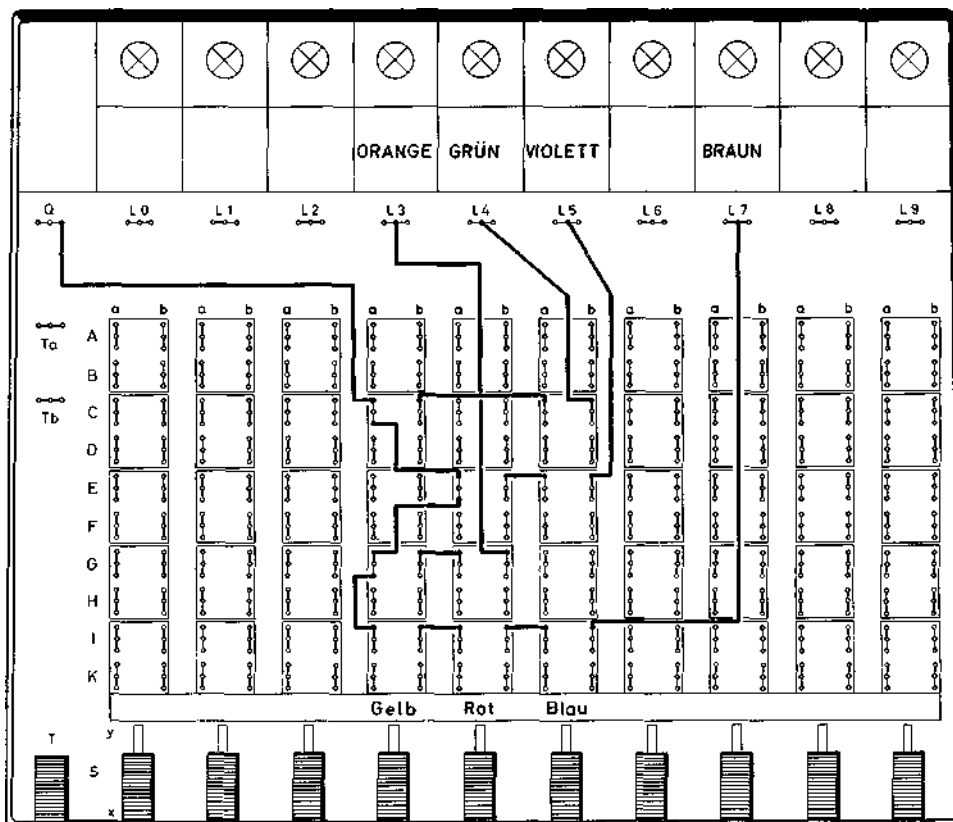
Auch unser kleiner LOGIKUS hat seine Diagnose auf dem Weg der Zuordnung und Verknüpfung gefunden. Sein Programm hat es ihm erlaubt, den Symptomen, die man

ihm mitgeteilt hat, die wohl zutreffende Krankheit und auch den Heilungsweg „zuzuordnen“.

Nach dem Prinzip der Zuordnung hat auch unsere Wettervorhersage gearbeitet, und weitere Zuordnungs-Schaltungen werden wir noch kennenlernen.

Gleich die nächste ist so eine - es handelt sich hier ums Mischen von Farben. Wir haben absichtlich eine ganz einfache Schaltung herausgesucht, damit das System der Zuordnung ganz klar wird. Bitte nehmen Sie den Transparentstreifen „Farbe“, den gleichnamigen Streifen für die Schaltschieber und das Schaltbild Nummer 17 vor!

Schaltbild 17



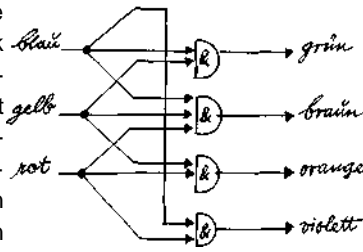
12. Was ist rot und grün?

Es ist ein ganz einfaches Programm, und es beruht auf der jedem Erstkläßler schon geläufigen Erkenntnis, was herauskommt, wenn man Wasserfarben zusammenpanscht. Die Regel dafür sieht, ganz grob gesprochen, so aus:

blau + gelb = grün
 rot + gelb = orange
 rot + gelb + blau = braun

In der Sprache der Computer-Logik stellt es sich dar wie hier auf der Zeichnung mit dem jungen Malersmann:

Leider läßt sich dieses einfache System, das auf den ersten Blick durchschaubar ist, auf dem Programmfeld des LOGIKUS nicht ebenso durchsichtig und symmetrisch aufbauen. Technisches Verdrahten hat eben seine eigenen Gesetze, und die wiederum haben nichts mit der Ästhetik oder mit dem menschlichen Formempfinden zu tun.



Beim Elektronenrechner ist es nicht anders

Weil das Übersetzen von Zuordnungsprozessen oder gar von mathematischen Gleichungen in die Schaltungen eines Elektronenrechners ein radikales Umdenken verlangt, wurde der Beruf des „Programmierers“ erfunden. Seine Aufgabe war es anfänglich, dem Elektronenrechner seine Aufgabe so beizubringen, wie wir es auch beim LOGIKUS tun: Durch Drahtziehen auf großen Stecktafeln.

Später wurde das dann einfacher, indem man den Rechner diese Steckerei gewissermaßen selbst besorgen ließ; statt der Steckkontakte baute man elektrische Schalter ein, die der Computer auf bestimmte Befehle hin ticken ließ. Diese Befehle zu geben, war nun die Aufgabe der Programmierer. Dazu mußten die sich in den „Maschinensprachen“, also in dem Kauderwelsch aus Ziffern und Zeichen, auf die der Computer reagierte, genau auskennen.

Heute ist das wieder anders: Die modernsten Computer sind inzwischen imstande, Befehle, die in einigermaßen verständlicher Sprache formuliert werden, selbst in diese Ziffern und Zeichen zu übersetzen, die in ihrem Inneren dann die Schaltvorgänge bewirken. Aber das ist schon die Oberstufe der Computertechnik, und es ist keineswegs so, daß bei den großen Computertypen das Steckbrett ganz ausgestorben wäre. Man findet es nach wie vor bei vielen Geräten.

Das Farbmischprogramm soll uns nur eines zeigen: das Prinzip der „Zuordnung“. Wenn man die Schalter „Gelb“ und „Blau“ bedient, leuchtet das Lämpchen „Grün“ auf. Dem Computer ist im Programm zur Schaltstellung „Gelb“ und „Blau“ das Ergebnis „Grün“ zugeordnet. Hier liegt kein Denkvorgang im menschlichen Sinn, keine Überlegung zugrunde; unser LOGIKUS schlägt das Ergebnis gewissermaßen nach wie in einer Tabelle.

Allerdings muß man nun an dieser Stelle sagen: Die „logischen Schlüsse“ des menschlichen Gehirns sind zumeist auch nichts anderes als eine solche Art der Nachschlagerei.

13. Von Regengüssen und Regenschirmen



„Wenn es regnet, und ich habe keinen Schirm dabei, dann werde ich naß" - das gilt unter normalen Menschen als durchaus logischer Schluß. Aber er unterscheidet sich kein bißchen von der Folgerung „Wenn ich Gelb und Blau mische, dann kommt Grün heraus", und dazu ist der LOGIKUS, wie wir sahen, durchaus fähig. Würden wir ihm statt den Farben andere Tatbestände aufs Transparentpapier schreiben, würden wir etwa bei den Schaltschiebern vermerken „Es regnet!" und „Ich habe keinen Schirm dabei!", so könnte uns der LOGIKUS, wenn wir ihm das vorher so aufschrieben, glatt erklären: „Dann werden Sie eben naß". Ihm ist das gleich. Wenn man ihn nur richtig programmiert, folgert er die kühnsten Schlüsse.

Und vielleicht sollten Sie es einmal tun: Ihn so programmieren, sich solche logischen Überlegungen ausdenken und dem LOGIKUS eingeben. Man kann diese Schlüsse ja auch noch komplizieren, indem man sich ausdenkt, was passiert, wenn man - um beim Beispiel zu bleiben - im

Regen einen Schirm dabei hat: man bleibt trocken. Oder aber, wenn es nicht regnet: dann bleibt man trocken, ob man einen Schirm dabei hat oder nicht.

Gar nicht so uninteressant, nicht wahr? Wir jedenfalls haben zu Ihrer gefälligen Benutzung eine Reihe unbeschrifteter Transparentstreifen und auch Schaltschieberstreifen beigelegt. Spielen Sie doch ein bißchen damit herum! Sie werden Spaß haben. Und das Programmieren, die Verdrahtung, schaffen Sie inzwischen ja auch ohne unsere Anleitung.

14. Wie man so tut, als ob man denkt

Nun sind wir schon dort angekommen, wo die Frage „Kann ein Computer denn eigentlich denken?", ein Grundproblem moderner Philosophie, vor der Tür steht. Für den Fall, daß es Sie genauso interessiert wie uns, drucken wir hier eine Seite aus einem Buch ab, das sich eingehend mit diesen Problemen beschäftigt. Es heißt „Was denkt sich ein Elektronengehirn?" (geht also vor allem auf Großcomputer ein) und ist - wie der LOGIKUS - im KOSMOS-Verlag erschienen. Es wird dort eine ganze Reihe von Anzeichen für die Denkfähigkeit der Elektronenrechner aufgezählt:

„Wie ist es mit den Rechnern, die das Nim- oder Mühlespiel beherrschen? Mit jenen, die lateinische Sätze übertragen? Jeder humanistisch geschulte Unterprimaner v/ird es uns schriftlich geben, daß dazu Grips nötig ist.

Wie paßt das jedoch wieder zu unserer mehrfach aufgestellten Behauptung, wonach Elektronenrechner bei allen ihren Fähigkeiten doch dumme und stupide Patrone sind? Es paßt schon zusammen, wenn man den Maschinen nicht gleich die ganze Spannweite der menschlichen Denkfähigkeit zuschreibt. Phantasie, Bewußtsein, die Fähigkeit zur Bildung übergeordneter Begriffe - alles das weisen die Elektronenrechner natürlich nicht auf. Aber den simpelsten Denkprozeß, die logische Verknüpfung oder

Zuordnung einfacher Tatbestände, kann man ihnen mit etwas Geduld einprogrammieren.

Ein solcher einfacher Denkprozeß wäre zum Beispiel dies: Ich weiß, daß mein Zug um acht Uhr zehn abfährt. Ich sehe auf die Uhr und bemerke, daß es bereits acht Uhr ist. Ich weiß, daß ich zum Bahnhof fünfzehn Minuten Weg habe. Ich schließe daraus: diesen Zug erreiche ich nicht mehr.

Ein solcher Denkprozeß ist einem Automaten durchaus beizubringen. Er wird die Abfahrtszeit des Zuges mit der Zeit in just dieser Minute vergleichen, die Länge' des Weges einbeziehen und mit absoluter Sicherheit folgern können: Es reicht! Oder: Es reicht nicht!

Aber natürlich kommt auch das beste und klügste Elektronengehirn nicht von selbst auf diese Gedanken. Woher soll es wissen, daß es Züge gibt, Uhren oder gar das Problem des Zuspät-Kommens? Man muß ihm alle Tatbestände und die möglichen Schlußfolgerungen vorher beibringen. Natürlich ist es nicht ausgeschlossen, daß eines Tages ein Elektronenrechner, dem man einige Millionen Tatbestände und viele Tausend möglicher Schlußfolgerungen eingegeben hat, nun selbst zu ganz neuartigen logischen Verknüpfungen kommt, wenn man ihn nur lange genug Fakten und Daten miteinander vergleichen und gegeneinander abwägen läßt. Es ist sogar ziemlich sicher, daß dabei interessante und richtige Verbindungen zwischen den entferntesten Gebieten ans Tageslicht kommen würden. Man vergißt manchmal, wenn man Menschen und Elektronenrechner vergleicht, daß ein Mensch - und mag er noch so begabt sein - jahrzehntelang von vielen anderen Menschen belehrt und erzogen wird, bis sein Geist soweit herausgebildet ist, daß es lohnt, darüber zu reden. Bis jetzt ist noch nie versucht worden, hundert Programmierer zwanzig Jahre lang einem Rechner Lebensweisen beibringen zu lassen. Wer weiß, was da herauskäme!

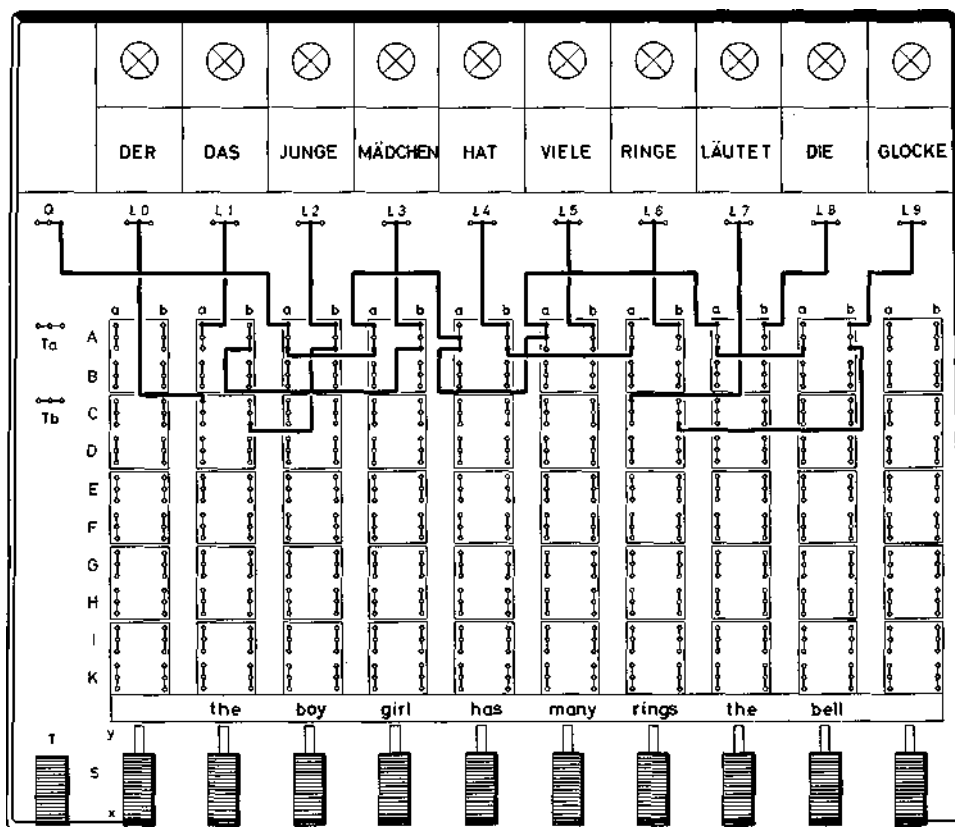
Indessen behaupten vorsichtige Wissenschaftler auch angesichts all dieser Möglichkeiten nicht, daß Elektronenrechner wirklich denken können oder menschliche Intelligenz aufweisen. Man drückt sich vorsichtiger aus. Man sagt: die Elektronenrechner „simulieren menschliche Intelligenz“. Sie tun so, als ob. Aber das genügt ja auch. Viele Menschen begnügen sich damit, menschliche Intelligenz zu simulieren, und sie kommen ganz gut durch. Eine simulierte Intelligenz reicht aus, um im Schachspiel zu brillieren. Schachspielende Automaten sind nichts anderes als Rechenmaschinen, denen man beigebracht hat, welche Züge jeder Figur erlaubt sind und daß es darum geht, den König mattzusetzen. Dann überläßt man es dem Rechenwerk, zu jedem Zug des Gegners die möglichen Gegenzüge auszurechnen, mit allem Für und Wider ein paar Züge in die Zukunft hinein zu kalkulieren und schließlich die den meisten Erfolg versprechende Bewegung auszuführen. Solch ein Rechner wird nie sehr phantasievoll, sondern immer sehr nüchtern spielen. Ein ausgezeichnete Schachspieler, der gewohnt ist, den Gegner über seine Kampftaktik zu täuschen, wird den Rechner in der Regel besiegen. Aber ein mittelmäßiger Spieler ist ihm unterlegen, weil er nicht so schnell und gründlich wie der Automat die Möglichkeiten durchrechnen und abwägen kann.

Auf den Prinzipien des Automaten-Schachs beruhen alle „denkenden“ Programme der Elektronenrechner. Sie sind nichts anderes als angewandte Mathematik. Man hat Programme aufgestellt, die nach dem System des Schachspiels strategische und taktische Situationen im Kriegsfall analysieren und die besten Gegenmaßnahmen angeben. Man hat Programme ausgearbeitet, die Fabrikdirektoren in verwickelten wirt-

schaftlichen Situationen die logisch richtigen Entscheidungen nahelegen. Es gibt Programme, die den Bauern ausrechnen können, in welchem Verhältnis sie Roggen, Mais und Futterrüben anbauen müssen, um sowohl ihre Arbeitskräfte und Maschinen richtig zu nutzen wie die günstigsten Preise auf dem Markt zu erzielen. Alle diese Programme sind - zumindest in der Theorie - sehr wirkungsvoll, und sie leiden eigentlich nur daran, daß sie noch nicht so viele Einzelheiten berücksichtigen, wie für einen Einsatz in der Praxis nötig wäre. Doch werden sie von Jahr zu Jahr verfeinert, und eines Tages mögen sie wirklich so viel wert sein wie ein Industriebereiter oder ein General."

15. Eine Übersetzungsmaschine

Auch die Übersetzungsprogramme, mit denen sich die Elektronenrechner neuerdings hervortun, gehen lediglich auf dem Wege der Zuordnung vor sich. Der Elektronenrechner schlägt buchstäblich in seinen Speichern nach, was denn wohl auch das deutsche Wort für „management“ sei und druckt den entsprechenden Begriff mit Hilfe einer Schnellschreibmaschine aufs Papier. Das Problem ist die Grammatik; dafür hat der Computer spezielle Schaltvorschriften. Wenn es im Englischen nur den unbestimmten Artikel „a“ für Männer, Frauen und Kinder gibt, so muß der Computer eben wissen, daß man im Deutschen „ein“ und „eine“ sagt - und er muß wissen, bei wem



Schaltbild 18

„ein“ und wo „eine“ richtig ist. Genau so ist es natürlich mit den Deklinationen und Konjugationen; auch die muß solch ein Computer beherrschen - und noch vieles mehr.

Ein kleines Übersetzungsprogramm können wir auch mit unserem LOGIKUS durch-exerzieren; wir werden nicht gerade James Bond aus dem Englischen übertragen können, aber wir sehen wenigstens, worauf es bei diesen Dolmetscherprogrammen ankommt, und wie man durch Programmieren die Übersetzungsprobleme löst.

Nehmen Sie also bitte das Schaltbild 18 zur Hand und die beiden Streifen „Sprache“! Da sehen Sie auf dem Streifen für die Schaltschieber einen Satz, der Ihnen möglicherweise auch dann Kopfzerbrechen macht, wenn Sie in der englischen Sprache perfekt sind: „The boy girl has many rings the bell“.

Das gibt keinen Sinn, und das soll es auch nicht. Hier sind nämlich zwei Sätze miteinander kombiniert. Man kann entweder einstellen „*The boy* (oder *the girl*) *has many rings*“ oder aber „*the boy* (beziehungsweise *the girl*) *rings the bell*“. Auf deutsch bedeutet das, daß entweder der Junge (beziehungsweise das Mädchen) viele Ringe hat - oder aber, daß er (beziehungsweise sie) die Glocke läutet.

Wir wollen Ihnen an diesem etwas verrückten Beispiel zeigen, wie man solch ein Übersetzungsprogramm schaltet, damit die deutsche Übersetzung einen Sinn gibt. Beispielsweise muß man *the*, das im Englischen sowohl vor dem boy wie vor dem girl steht, im Deutschen beim Jungen in ein „der“, beim Mädchen in ein „das“ übersetzen. Bei der Glocke kommt sogar noch ein „die“ hinzu. Unser LOGIKUS kann das. Probieren Sie's!

Wir haben ihn so geschaltet, daß beim Bedienen des Schaltschiebers von *the* der Artikel „der“ nur beim gleichzeitigen Einschalten von *boy*, „das“ aber nur zusammen mit „girl“ aufleuchten kann. Es handelt sich um zwei schlichte Und-Schaltungen.

Zweitens ist da die Schwierigkeit mit dem *rings*. Dieses englische Wort kann in Deutsch entweder „läutet“ heißen oder aber auch „Ringe“. Das Übersetzungsprogramm muß sich nun aussuchen, welchen deutschen Ausdruck es diesem englischen Begriff zuordnen will. Durch Vergleich mit anderen Satzteilen stellt das Programm fest, ob es sich um ein Zeitwort oder um ein Hauptwort handelt, und entscheidet danach, ob „läuten“ oder „die Glocke“ angebracht ist. Tritt *rings* zusammen mit dem Wort *has* auf (also als Hauptwort), so wird es prompt als „Ringe“ übersetzt. Steht es aber in Verbindung mit *the bell*, also der Glocke, so hält das Übersetzungsprogramm *rings* mit Recht für ein Zeitwort und behauptet, es hieße „läutet“.

Beim Elektronenrechner ist es nicht anders

Auch Großcomputer, die sich mit Übersetzungsaufgaben beschäftigen, leiden darunter, daß die einzelnen (vor allem durch Zufälligkeiten und leider ganz und gar nicht durch Logik entstandenen) Sprachen doch sehr, sehr kompliziert sind. Die Übersetzungen, die auf diese Weise maschinell angefertigt werden, eignen sich, um wissenschaftliche Texte und Informationen zu übertragen, wo es hauptsächlich auf die Übermittlung des Sachgehalts, nicht aber auf die Schönheit der Sprache ankommt. Davon ist nämlich bei den Übersetzungsprogrammen noch nichts zu merken. Ein Genuß ist das Lesen eines automatisch übersetzten Textes nicht - allenfalls zuweilen ein Spaß.

Dürfen wir noch einmal schnell aus dem Buch „Was denkt sich ein Elektronengehirn“ zitieren? Dort steht zu diesem Thema:

„Elektronische Anlagen übersetzen vom Russischen ins Englische, und mit ihrer Übertragungsgeschwindigkeit von durchschnittlich 17 Wörtern in der Sekunde schlagen sie jeden Konferenz-Dolmetscher. Ihr Wortschatz beträgt etwa 50000 Wörter. In einigen Jahren will man sie so weit haben, daß sie 500000 Begriffe übertragen können, und zwar drei- bis viermal so schnell wie jetzt, über dreißig wissenschaftliche Gruppen arbeiten überall in der Welt an den Problemen elektronischer Übersetzungsmaschinen.

Wir sagten eben, daß die Elektronenrechner schneller arbeiten als menschliche Dolmetscher. Sie arbeiten aber bis jetzt noch keineswegs besser, wenn man die Qualität der von ihnen formulierten Sätze näher betrachtet. Sofern Sie Englisch verstehen, werden Sie gleich wissen, was wir meinen. Eine elektronische Anlage hat Teile der berühmten Rede übersetzt, die Chruschtschow nach dem Abschluß des amerikanischen U 2-Aufklärungsflugzeugs im Mai 1960 hielt. Drei Sätze lauteten so: „Here is on photographs prominent fuel storage tank. It is necessary to say, camera not bad, very clear photograph. But should say that our camera better make photograph, more clear, so in this ratio we very little obtained.“

Auf deutsch würde sich die Übersetzung ungefähr so anhören: „Hier ist auf Fotografien berühmter Benzinlager-Tank. Es muß gesagt werden, Kamera nicht schlecht, sehr klare Fotografie. Aber muß sagen, daß unsere Kamera Fotografie besser macht, klarer, so daß wir in dieser Hinsicht sehr wenig erhielten.“

Der Aufbau der Sätze ist logisch und sie lassen sich auch leicht lesen. Aber es wird wohl in absehbarer Zeit noch nicht gelingen, Dostojewskij in den Stil Shakespeares zu übersetzen. Das werden die Philologen zunächst noch selbst tun müssen.

Aus Quebec wird berichtet, ein Automat habe den Satz „Der Geist ist willig, aber das Fleisch ist schwach“ aus dem griechischen Urtext ins Englische übersetzen sollen. Dabei sei herausgekommen: „Der Whisky wird empfohlen, aber das Fleisch ist nicht sehr gut.“ Die Geschichte klingt lustig, aber jeder Eingeweihte weiß, daß sie falsch sein muß. Die hier unterschobenen Schnitzer sind nämlich ganz und gar nicht typisch für die Fehlreaktionen einer Übersetzungsmaschine. Immerhin zeigt die Anekdote, und damit hat sie recht, daß beim elektronischen Dolmetscher oft erstaunliche Pannen passieren - zumal dann, wenn der Text reale, handfeste Themen verläßt und sich in höhere, abstrakte Sphären hinaufschwingt. Der Versuch, Werke von Oscar Wilde automatisch zu übersetzen, wird aller Voraussicht nach nicht auszudenkende Folgen haben. Schon eine Übertragung von Edgar Wallace läßt Schlimmes befürchten.“

16. Das Rätsel um Herrn Müller und Herrn Maier

Bisher haben wir Ihnen die Programme - also die Verdrahtungen auf dem Programmierfeld des LOGIKUS - immer fix und fertig geliefert. Wenn Sie wollten, konnten Sie das Nachdenken sein lassen und sich aufs Stöpseln beschränken. So muß es ja aber nicht sein, denn inzwischen sind Sie ganz bestimmt so tüchtige Programmierer wie wir. Vielleicht noch ein Stückchen tüchtiger.

Um Ihre Ausbildung weiter zu fördern, wollen wir Ihnen jetzt an einem Beispiel zeigen, wie man auf dem Programmierfeld eigenhändig logische Aussagensysteme mit mehreren Unbekannten auflöst. Bitte fallen Sie nicht in Ohnmacht! Statt „logische Systeme mit mehreren Unbekannten“ könnte man auch sagen: „Ein wissenschaftliches Problem“. Und wenn Ihnen selbst das noch Schrecken bereitet, dann sagen wir einfach: „Ein Rätsel“. Denn auch ein Kreuzwort- oder Silbenrätsel ist nichts anderes als ein logisches Problem mit zahlreichen Unbekannten.

Wir haben uns gedacht, daß wir auf das wissenschaftliche Problem diesmal noch verzichten und Ihnen lieber ein Rätsel anbieten. Eine Denksportaufgabe, wie man sie öfter in den Illustrierten findet.

Unser Rätsel heißt so:

Zur Stammtischrunde eines kleinen Städtchens gehören unter anderem drei Herren - Herr Müller, Herr Maier und Herr Schulze. Einer von ihnen ist der Bürgermeister des Orts, der andere der Apotheker und der dritte der Arzt. Aber welcher der drei Herren hat welchen Beruf? Das müssen wir herausbekommen. Viel wissen wir nicht. Nur drei Tatsachen:

- Herr Müller und der Arzt erzählen sich oft und gerne Witze (1)
- Herr Maier und der Apotheker spielen häufig miteinander Schach (2)
- Der Arzt und Herr Maier haben immer wieder - in aller Freundschaft - Streit miteinander (3)



Zwei Streifen haben wir für Sie vorbereitet: den Transparentstreifen, auf dem die drei Berufe stehen, und den Schaltschieberstreifen, auf dem die drei Namen vermerkt sind. Programmieren sollen Sie jetzt selbst. Es ist ganz einfach. Sie brauchen ja nur dort Verbindungen zu stöpseln, wo eine solche Verbindung auch logisch möglich ist. Aus der Aussage (1), wonach Herr Müller und der Arzt einander Witze zu erzählen pflegen, können wir zum Beispiel schließen, daß Herr Müller nicht der Arzt sein kann ...



Und so weiter.

Wenn Sie's aber gar nicht selber machen, sondern es uns überlassen wollen, Ihnen den richtigen Weg zu zeigen - dann führen wir Sie zur Strafe einen Umweg. Wir bauen ein etwas umständlicheres System auf und erklären Ihnen daran die Wirkung der sogenannten Negationsglieder.

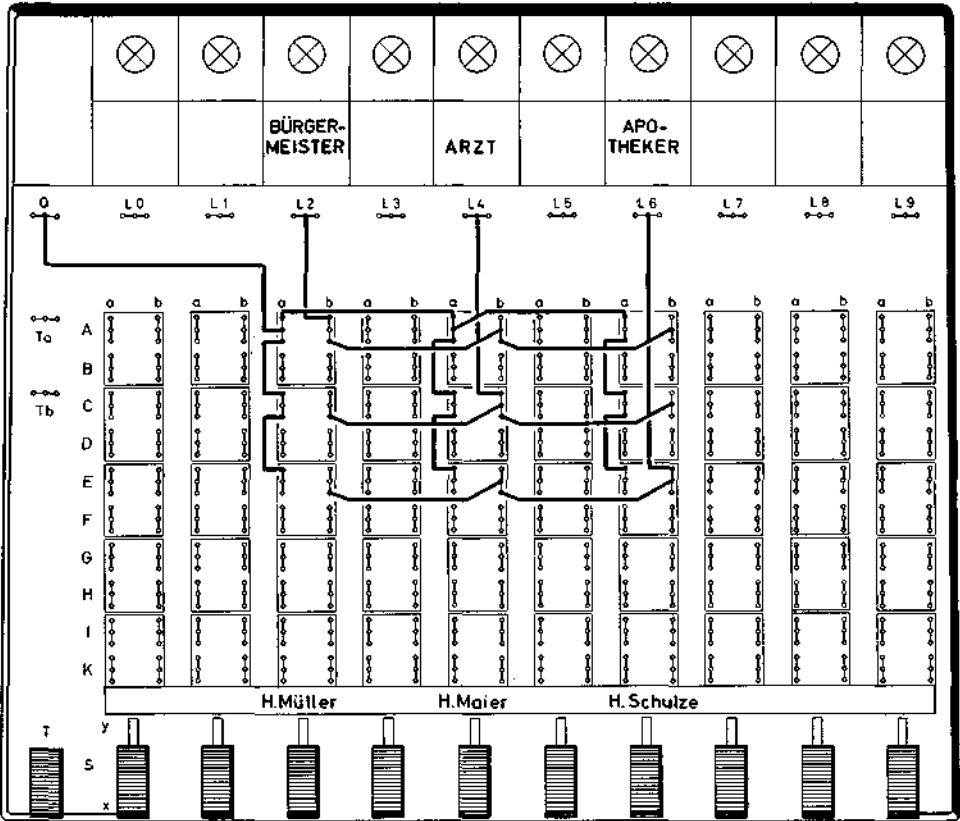
17. Neu: Die Negationsglieder

Sie kommen weder in der Natur noch in der einfachen Elektrotechnik im Reinzustand vor, aber in der logischen Computertechnik braucht man sie. Ein Schalter, der, sobald Sie ihn einschalten, das Licht ausmacht - das ist ein Negationsglied. Es ist der Geist, der stets verneint. Der alles ins Gegenteil verkehrt. Der Strom fließen läßt, wenn der Schalter auf „Aus“ steht. In der Sprache der Computerlogiker zeichnet man das Negationsglied so:



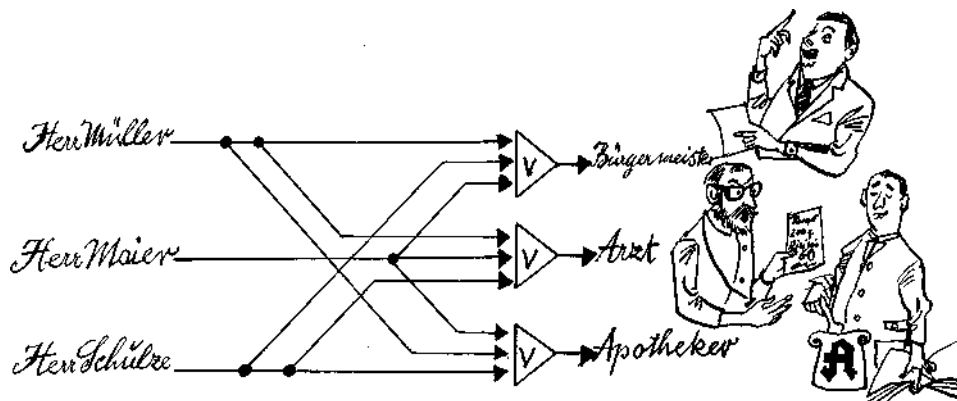
In unserem LOGIKUS sind viele solche Negationsglieder gleich eingebaut. Die unteren Abteilungen der einzelnen Schalterelemente kann man nämlich, wenn man die Schaltung entsprechend aufbaut, als perfekte Negationsglieder betrachten - also die Schalterreihen B, D, F, H und K. Wenn Sie zum Beispiel L₂ über D₂ an Q anschließen, so brennt das Lämpchen, wenn S₂ auf x steht. Und wenn Sie S₂ auf y schieben, geht es aus. Das entspricht nach unserer bisherigen Übung, wo Stellung x eigentlich immer der Schalterstellung „aus“ entsprach, genau der Wirkungsweise eines Negationsgliedes.

Nun schön. Wollen wir sehen, was sich mit diesen Negationsgliedern im Zusammenhang mit den Herren Müller, Maier und Schulze anstellen läßt.



Schaltbild 19

Zuerst bauen wir eine Schaltung nach Bild 19 auf. Es handelt sich um ein reichlich merkwürdiges System, denn es sagt logisch noch absolut nichts aus. Das merken Sie, wenn Sie mit den Schaltschiebern spielen. Ob Sie S₂, S₄ oder S₆ bedienen, Herrn Müller oder Herrn Maier oder Herrn Schulze einschalten oder beide oder alle drei: Immer leuchten sämtliche drei Berufe gleichzeitig auf. Es handelt sich um ein System aus lauter Oder-Schaltungen, und das läßt einfach alle Möglichkeiten offen.

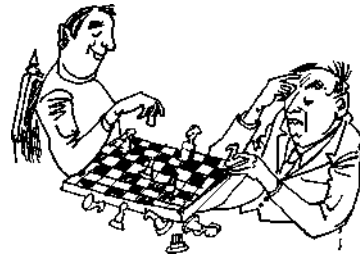


Eine Reihe dieser Möglichkeiten müssen wir jetzt durch den Einbau von Negationsgliedern planmäßig ausschließen. Dazu stehen uns die drei Aussagen zur Verfügung - zunächst (1): Herr Müller und der Arzt erzählen sich oft und gerne Witze.

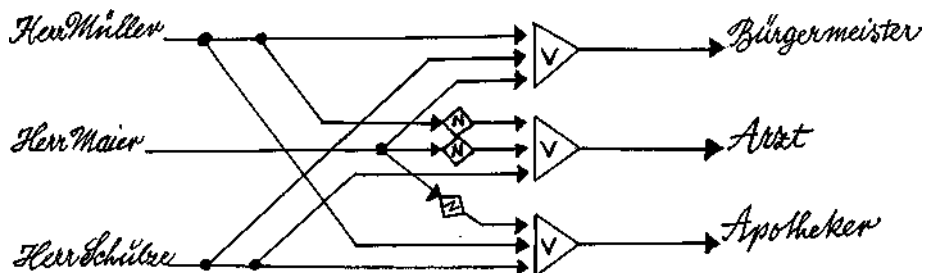
Diese Aussage erfreut uns sehr, denn sie sagt uns, daß der Arzt nicht Herr Müller heißen kann. Darum führen wir nun den Draht, der auf Schaltbild 19 von C4b zum Onkel Doktor führt, auf einem Umweg über ein Negationsglied, das dem Herrn Müller zugehört. Sagen wir: über H_2 .

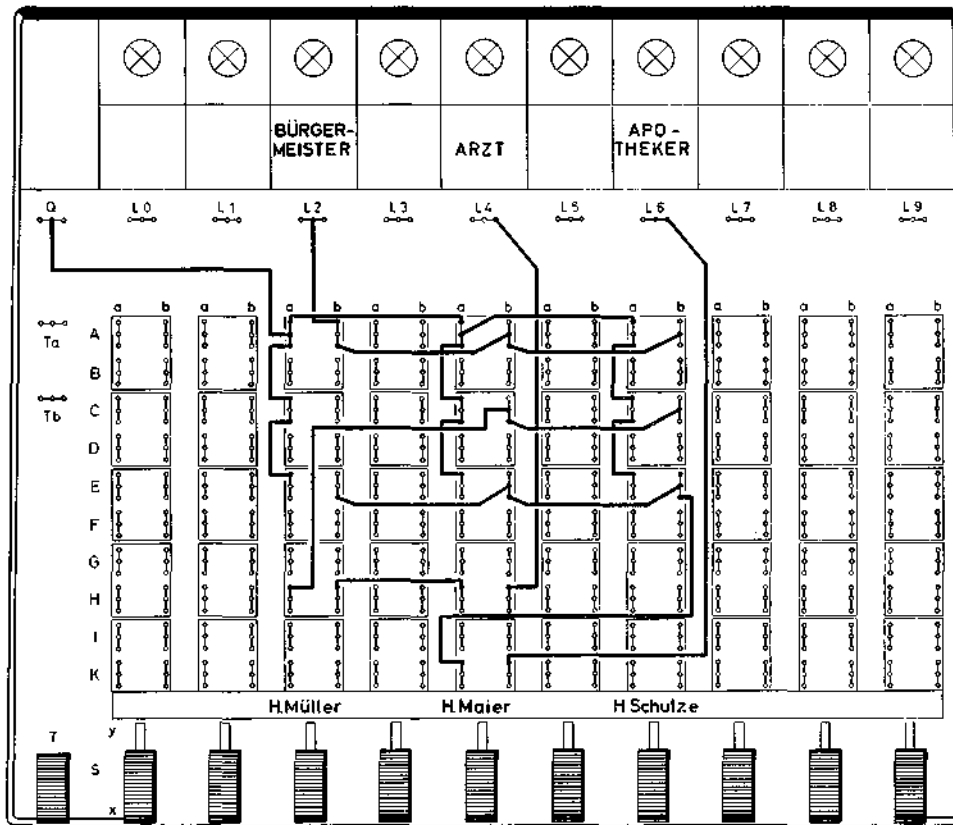
Wenn wir jetzt den Schaltschieber von Herrn Müller auf y stellen, leuchten nur noch Lichter beim Bürgermeister und beim Apotheker auf. Das ist schon ein Erfolg.

Als nächstes nehmen wir uns die Aussage (2) vor. Sie behauptet, daß der Apotheker mit Herrn Maier schachzuspielen pflegt. Das beweist immerhin, daß der Apotheker nicht Herr Maier heißen kann. Folglich kann man Herrn Maier vom Beruf des Apothekers durch ein Negationsglied trennen, das hier K_4 heißen kann.



Aus der dritten Aussage schließlich - sie hatte uns verraten, daß Herr Maier sich ab und zu mit dem Doktor in die Wolle kriegt - können wir entnehmen, daß Herr Maier auch nicht der Arzt sein kann. Also muß zwischen Herrn Maier und dem Arzt ebenfalls ein Negationsglied eingebaut werden. Dazu benutzen wir H_4 , und nun haben wir - auf Grund der drei Aussagen - eine Verdrahtung wie auf Schaltbild 20. Die dazugehörige logische Schaltung sieht so aus:





Schaltbild 20

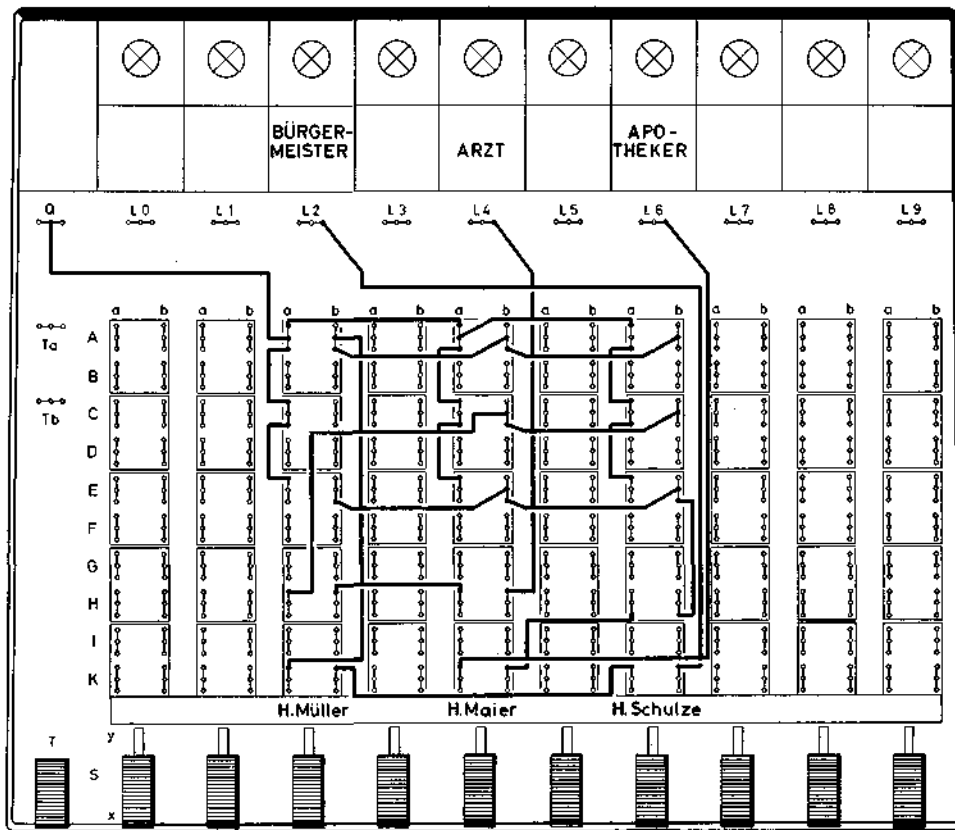
Diese Schaltung zeigt uns einiges Interessante. Zunächst, daß man auch an Negationsgliedern Und-Schaltungen aufbauen kann. Die Verbindung $H_2 - H_4$ beweist es. Und weiter? Schalten Sie S_4 auf y ! Was passiert? LOGIKUS hat den ersten Teil der Denksportaufgabe mühelos gelöst. Herr Maier ist der Bürgermeister.

Dieses erste Zwischenergebnis müssen Sie nun zur weiteren Programmierung heranziehen. Da Herr Müller und Herr Schulze als Bürgermeister nicht mehr in Frage kommen, führen Sie die Zuleitung zum Bürgermeister-Lämpchen L_2 über Negationsglieder der Herren Müller und Schulze - als Und-Schaltung also über, sagen wir, K_2 und K_6 .

Probieren Sie an den Schaltschiebern, ob das ein neues Ergebnis gebracht hat!

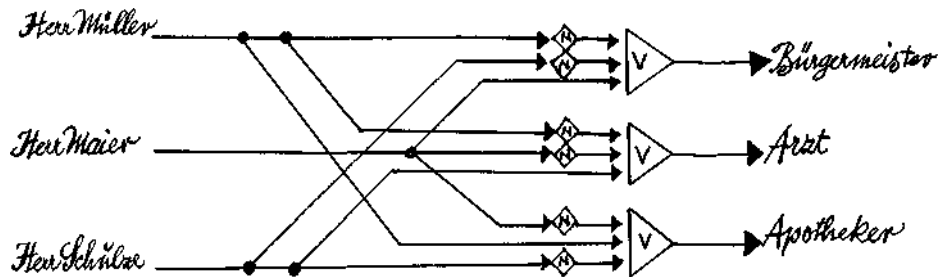
Es hat. Bei Verschieben von S_2 zeigt sich: Herr Müller ist der Apotheker!

Daß nun nur noch Herr Schulze als Doktor übrigbleibt, ist klar. Aber weil wir ordentliche Menschen sind, komplettieren wir die Schaltung. Wir führen die Zuleitung zum Apotheker - der sich als Herr Müller herausgestellt hat - auch noch über ein Negationsglied von Herrn Schulze. Nun ist unsere Programmierung eindeutig - und sie sieht aus wie auf Schaltbild 21.

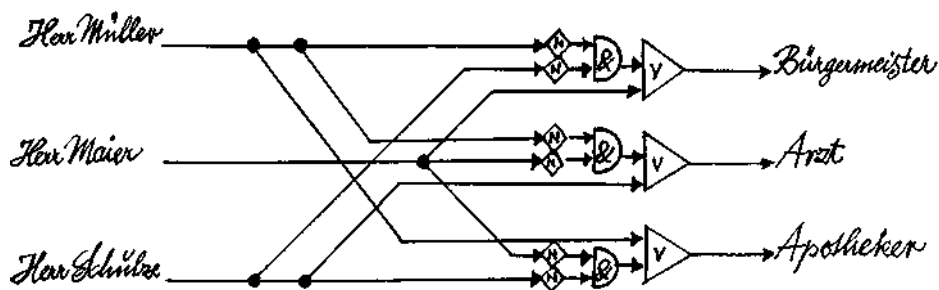


Schaltbild 21

Die logische Schaltung dafür hat diese Form:



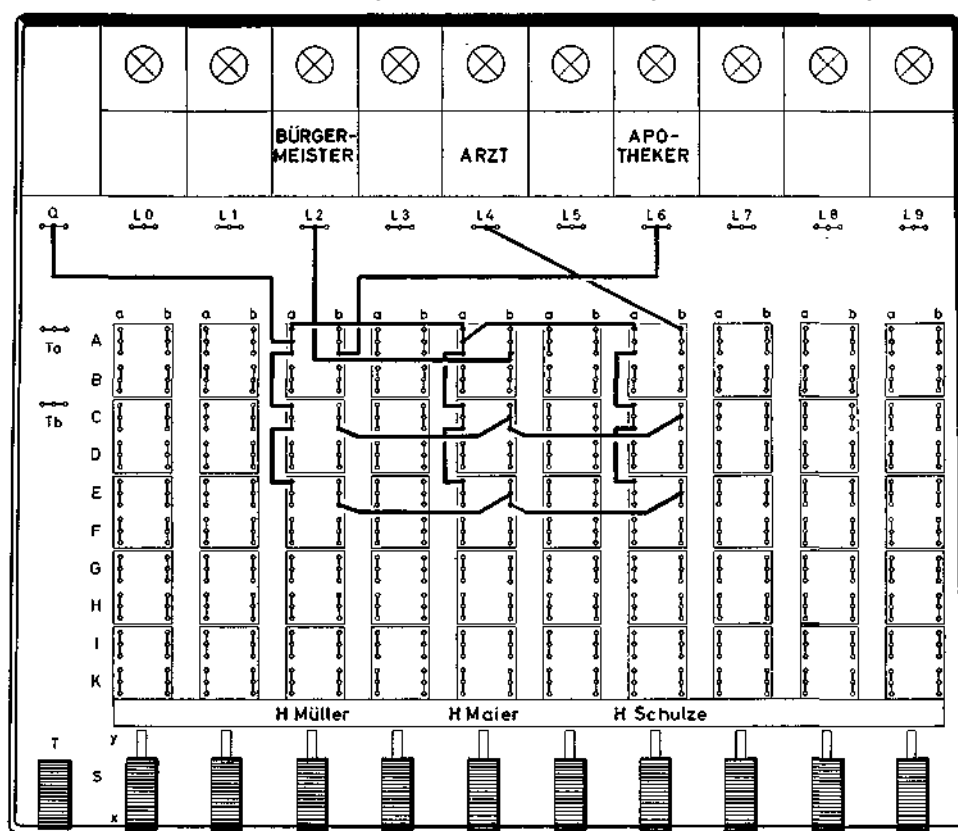
Und wenn man's ganz raffiniert machen will, zeichnet man sie so wie auf der nächsten Seite oben. Dabei kommt, was im Grunde ja nur korrekt ist, zum Ausdruck, daß die Negationsglieder je zwei und zwei durch Und-Schaltungen verbunden sind.



18. Die Über-Optimierung

Menschen, die logisch und zugleich praktisch zu denken gelernt haben, werden sagen, daß sich diese Schaltung ganz bestimmt noch vereinfachen läßt, weil doch die Logik viel mit der Mathematik gemeinsam hat, weil sich deshalb auch logisch plus und minus aufheben, weil man also nur nachzuspüren braucht, wo ein positiver Weg durch ein Negationsglied wieder aufgehoben wird, und dann beide einfach wegläßt...

Gewiß, das kann man machen. Dann kommt zum Schluß eine Verdrahtung heraus wie auf Schaltbild 22. Was ist damit gewonnen? Die Schaltung braucht weit weniger Draht



Schaltbild 22

und Schalterelemente als die von 21. Auf den ersten Blick scheint, sie sei eine erstklassige Optimierung der Schaltung 21.

Aber das täuscht. Es wäre eine Über-Optimierung. Der Verdrahtung von 22 fehlt etwas Entscheidendes, das für die Lösung logischer Aussagesysteme sehr wichtig sein kann (wenngleich es bei unserem Stammtisch noch nicht so stark ins Gewicht fällt).

Die Schaltung nach Bild 22 ist nämlich nicht absolut eindeutig. Verschiebt man zwei Schaltschieber von x nach y , so leuchten zwei Lämpchen gleichzeitig auf. Uns macht das nichts aus; wir schieben eben einen wieder zurück.

Aber was täte ein toter Elektronenrechner in diesem Fall? Er würde womöglich gerade mit dem falschen Ergebnis oder gar mit allen beiden weiterarbeiten und heillose Verwirrung stiften.

Bei der Schaltung nach 21 kann das nicht passieren. Probieren Sie's! Wenn Sie versehentlich zwei Schaltschieber gleichzeitig betätigen, ereignet sich überhaupt nichts. Die Maschine streikt. Das Lampenfeld bleibt dunkel. Es kann sich also auch kein Fehler einschleichen.

Deshalb sichert man in Großcomputern viele Programme durch eingebaute Negationsglieder ab und nimmt lieber den weit größeren Aufwand aus Draht und Schalterelementen in Kauf.

19. Das Spiel mit Katz und Maus

Zum Schluß dieses Teils geben wir uns die Ehre, Ihnen ein absolut wahnsinniges Spiel vorzustellen. Wir haben es „Katz und Maus“ genannt und stundenlang bis zum Rotglühen getrieben.

Schon aus der irrwitzigen Menge Draht, den Sie zum Programmieren brauchen, und aus der astronomischen Vielzahl der Möglichkeiten, dabei Fehler zu machen, sehen Sie, daß es sich um etwas ganz Besonderes handeln muß.

Bereits auf dem Papier - es ist der Schaltplan Nummer 23 - erkennen Sie das von Schaltplan 14 bekannte Bild des „Entscheidungsbaumes“, diesmal sogar doppelt: nämlich spiegelbildlich links und rechts. Es handelt sich also um ein doppeltes Verzweigungsprinzip.

Wenn Sie die ganze Geschichte verdrahtet haben, sind die Regeln einfach. Sie brauchen auch keinen Transparentstreifen und keinen Streifen über den Schaltschiebern.

Zwei Spieler sind nötig. Der eine bekommt die Schaltschieber S_0 bis S_3 , der andere S_6 bis S_9 - jeder also vier Stück. Zu Anfang werden S_0 und S_3 , S_7 und S_8 auf y gestellt.

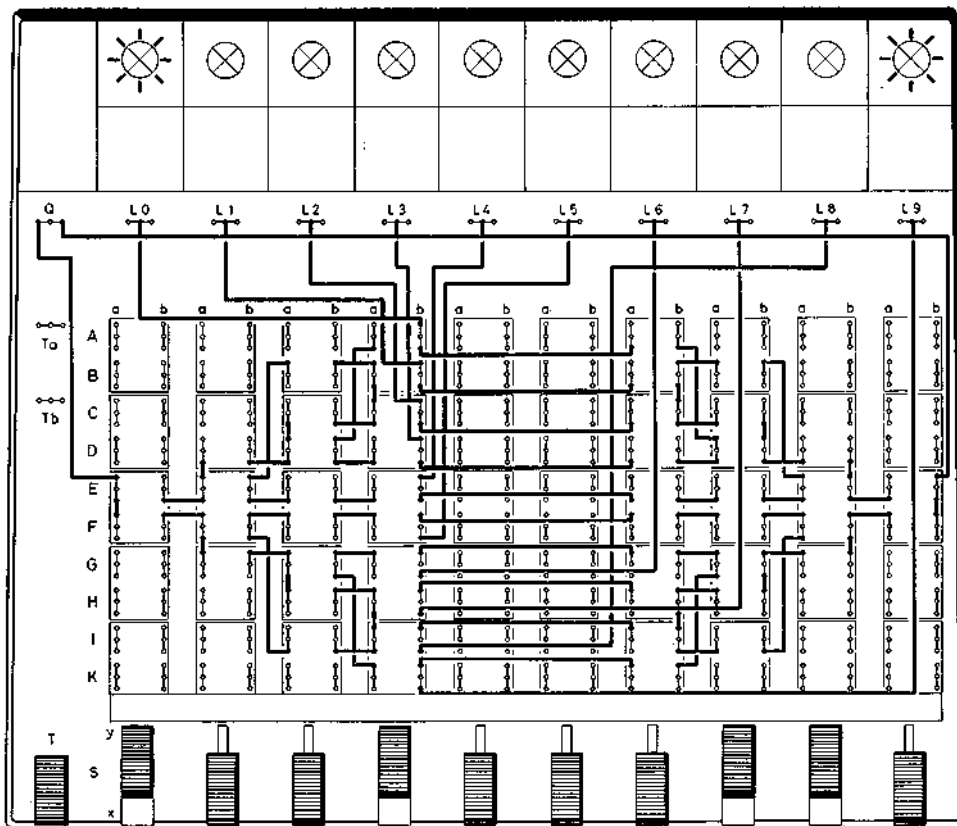
Jetzt muß oben im ganz linken Lampenfeld ein Licht brennen. Das ist die Maus. Und ganz rechts im äußersten Lampenkasten guckt die Katze heraus. Der linke Spieler beaufsichtigt die Maus, der rechte die Katze. Und dann geht's los. Das



Ziel? Der rechte Spieler muß versuchen, mit der Katze möglichst schnell die Maus zu fangen. Das ist dann geschehen, wenn plötzlich nur noch ein Lämpchen leuchtet. Dann hat die Katze die Maus verschluckt. (Manchmal ist auch die Maus töricht genug, der Katze direkt ins Maul zu hüpfen.)

Und so wird gespielt:

Der Katzendarsteller darf als erster einen seiner vier Schalter beliebig bewegen: Die Katze macht einen Satz in irgendein anderes Lampenhäuschen. Nun kommt der Mäuse-



Schaltbild 23

Spieler dran - auch mit einer Schaltschieber-Bewegung. Dann wieder der Katzen-spieler. Und so geht es hin und her.

Man kann diese Jagd ganz langsam spielen. Dann ist sie aber nicht sehr reizvoll. Denn der eine Spieler kann dem andern auf die Schalter sehen. Und das Geheimnis der Schaltung ist ja, daß sie aus zwei symmetrischen Hälften besteht. In dem Augenblick also, in dem die vier Schaltschieber in symmetrischen Stellungen stehen - etwa S_0 , S_3 , S_6 und S_9 auf x und die anderen auf y -, steuern beide gemeinsam ein Lämpchen an. Dann brennt nur dieses eine - und damit hat die Katze die Maus gefressen. Wer also bei langsamem Spiel die Verdrahtung durchschaut hat und dem andern auf die Schaltschieber sieht, kann sich ganz bequem einrichten.

Nein, das muß ganz schnell gehen. Klick-klack, klick-klack! So schnell, daß nur noch ein Elektronenrechner aus den Schaltstellungen des Gegners Nutzen ziehen könnte, nicht aber ein menschlicher Partner. Dann macht dieses Spiel großen Spaß.

Ach ja - wie man Gewinner und Verlierer ermittelt? Ganz einfach. Maus- und Katzen-spieler wechseln sich regelmäßig ab, und man mißt die Zeit, die nötig ist, bis die Katze die Maus gefangen hat. Aber spielen Sie „Katz und Maus“ nur mit einem leidlich zartfühlenden Partner! Grobiane neigen dazu, nach dem dritten verlorenen Spiel den LOGIKUS zu zerschlagen. Und die Maschine kann doch gar nichts dafür! Außerdem brauchen wir sie noch für den dritten Teil.

Die zweite Zwischenbemerkung

Oft wird gesagt, Elektronenrechner oder Computer oder Datenverarbeitungsmaschinen oder wie immer man diese Automaten nennen will, seien hochkomplizierte Rechenmaschinen, die außerdem noch die Möglichkeit hätten, gewisse logische Schlüsse zu ziehen.

Diese Betrachtungsweise hört sich sehr vernünftig an, aber leider ist sie grundfalsch. Es ist gerade umgekehrt. Alle diese Geräte sind von ihrer Struktur, von ihrem inneren Aufbau her, Maschinen, die logischen Gesetzen folgen und daher imstande sind, logische Probleme zu lösen. Das Rechnen gilt in diesem Zusammenhang nur als eine Unterabteilung logischen Denkens, gewissermaßen als eine Anwendung der logischen Gesetze auf Zahlen. Eins und eins ist so nichts weiter als ein logischer Schluß, bei dem zwei herauskommen muß.

Genauso, wie es für alle Gedankengebäude gewisse Gesetze gibt, so gibt es auch für die logischen Verbindungen, die im Rechnen walten, streng logische Gesetze: das Einmaleins beispielsweise.

Der Glaube, daß Datenverarbeitungsmaschinen oder Elektronengehirne in erster Linie Rechner seien, rührt zum großen Teil daher, daß die meisten dieser Geräte für algebraische oder kaufmännische oder wissenschaftliche Berechnungen angeschafft werden. Viele sind auch speziell für diese Aufgaben konstruiert. Aber das liegt ausschließlich an unserer Wirtschaftswunderwelt, in der die Berechnung der Mehrwertsteuer für wichtiger gehalten wird als das Nachdenken über die Sätze von Kant oder Hegel. Wären wir nicht so sehr auf das kaufmännische Rechnen versessen - wer weiß: vielleicht hätten wir mehr elektronische Philosophen als Rechenautomaten.

Wie auch immer: Wir sind in diesem Büchlein dem - ebenfalls logischen - Aufbau gefolgt, welcher der ganzen Computerei zugrundeliegt. Wir haben also zuerst die Logik behandelt und kommen erst jetzt zu ihrer Unterabteilung: dem Rechnen. Daß es dabei mindestens so spannend und unterhaltsam zugehen wird wie bei den Problemen vom Bauer, der Ziege, dem Wolf und dem Kohlkopf - das versprechen wir Ihnen.



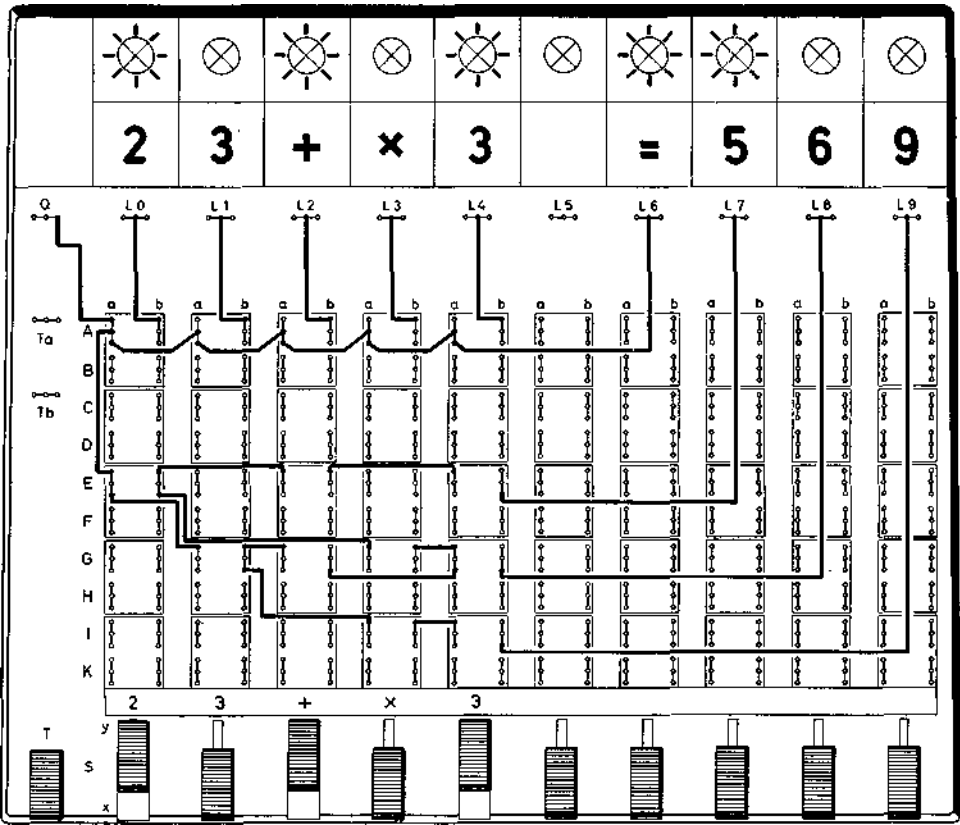
Dritter Teil: Der Computer

In diesem Teil wollen wir unserem LOGIKUS nun das beibringen, was sonst Stoff der zweiten Volksschulklasse ist: das Rechnen. Das also, was gemeinhin einen „Computer“ ausmacht, denn dieses Wort heißt ja auf gut deutsch: „Rechner“.

Die einfachste Rechenapparatur, die aus dem logischen Inventar stammt, kennen Sie ja schon längst. Es ist die Und-Schaltung. Genauso, wie sie logische Gedanken verknüpft, kann sie natürlich auch Zahlen verbinden, um sie - im einfachsten Fall - zu addieren. Das Wörtchen „und“ sagt es ja bereits.

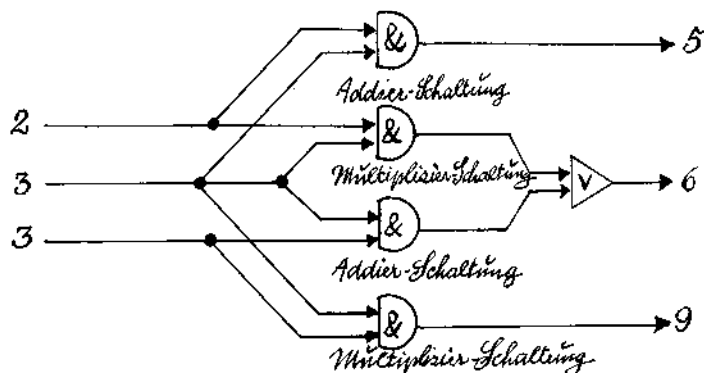
1. Ein kleiner Rechenautomat

Man kann mit einer Und-Schaltung aber nicht nur addieren, man kann genauso gut damit multiplizieren. Auf dem Schaltbild 24 haben wir Ihnen einen kleinen Rechenauto-



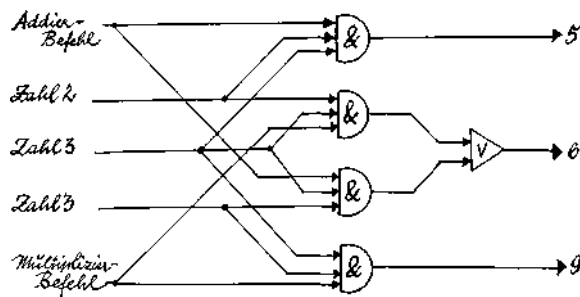
Schaltbild 24

maten zusammengebaut, der allerdings - das sei zugestanden - nicht sehr fähig ist. Das braucht er aber auch gar nicht zu sein. Er dient uns nur als Demonstrationsobjekt und soll Ihnen an einigen Beispielen zeigen, wie mit unserem LOGIKUS gerechnet - und zwar sowohl addiert wie multipliziert - werden kann.



Bitte bedienen Sie sich des Transparentstreifens „Rechnen“ und des dazugehörigen Streifens für die Schaltschieber! Bitte sehen Sie sich dem Schaltbild 24 auch hier die logische Schaltung (links) an! Ganz korrekt ist diese Schaltung aber noch nicht. Eigentlich darf

man die Vorgänge des Addierens und Multiplizierens nicht bloß so an die Schaltungen dranschreiben. Richtig ist es, die „Addiere!“ - oder „Multipliziere!“-Befehle mit in die Und-Schaltungen einzubeziehen. Nämlich so wie hier:



Wir brauchen nicht nur einige Und-Schaltungen, wir brauchen auch eine Oder-Schaltung für das Ergebnis „6“. Diese Oder-Schaltungen sind in der ganzen Computer-Rechnerei immer dann nötig, wenn man auf verschiedenen Wegen zum gleichen

Rechenergebnis kommen kann. Bei den Und-Schaltungen aber sehen Sie etwas, das Sie auf den ersten Blick vielleicht verblüfft: Man setzt sie nicht nur als Addier-Schaltungen ein, was auf Anhieb verständlich ist (da es ja dabei um „Und“-Vorgänge geht), sondern ungeniert auch zum Multiplizieren.

Unser kleines Rechenprogramm hat Nachteile: Es ist nicht eindeutig. Wenn man S_0 und S_1 oder auch S_2 und S_3 gleichzeitig schaltet, so erscheinen - logischerweise - mehrere Ergebnisse im Lampenfeld, und niemand, der nicht selbst rechnen gelernt hat, weiß, welches für welche Schaltstellung gilt.

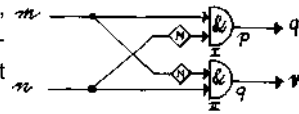
Bei großen Elektronenrechnern fürchtet man solche mehrdeutigen Ergebnisse (die durch einen einzigen Fehler Zustandekommen können) sehr. Sie können sich wie die Wanzen wochenlang unentdeckt durch die Falten der elektronischen Buchhaltung schleichen und kommen dann dort ans Tageslicht, wo man sie am wenigsten brauchen kann.

Deshalb bedient man sich bei großen Computern fleißig der Negationsglieder, die Sie ja inzwischen auch schon kennengelernt haben, um falsche Wege abzusichern.

2. Entweder - oder: Die Antivalenz

Wir wollen das bei unserem kleinen Rechenprogramm auch machen. Hier können wir die Vorteile dieser Sicherung nämlich noch geruhsamer studieren als bei den späteren, komplizierteren Schaltungen. Da es sich bei uns jetzt nur darum handelt, von zwei Möglichkeiten (2 oder 3, Multiplizieren oder Addieren) eine auszuschließen, genügt eine einfache „Entweder-Oder-Schaltung“, eine „Antivalenz“.

Die hat nun mit der „Oder“-Schaltung, wie wir sie kennen, nichts zu tun. Sie setzt sich vielmehr aus zwei Und-Schaltungen und zwei Negationsgliedern zusammen und sieht so aus:

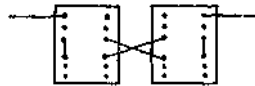


Was passiert, sehen Sie als alte Elektronenlogiker auf den ersten Blick. Wenn zum Beispiel über die Leitung m ein Rechenimpuls daherkommt und über n keiner, dann macht das der Leitung n zugeordnete Negationsglied aus dem „Kein Impuls“ ein „Doch ein Impuls!“, die Und-Schaltung I spricht an, und über p läuft der Impuls weiter.

Wenn über Leitung n ein Rechenimpuls ankommt, über m aber keiner, geht dieser Impuls über Leitung q glatt weiter.

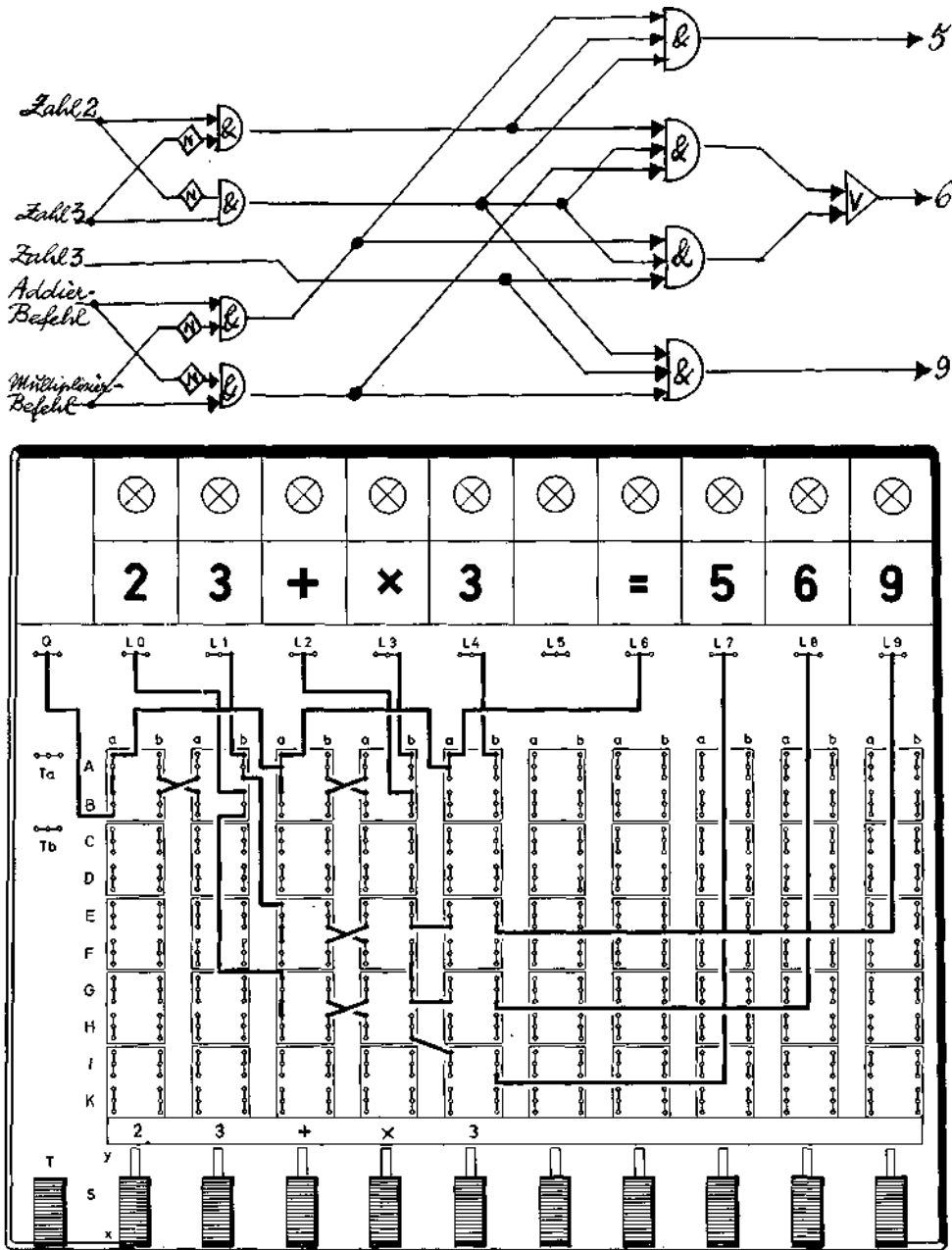
Anders ist es, wenn sowohl Leitung m wie Leitung n gleichzeitig benutzt werden. Dann sperren die Negationsglieder die Und-Schaltungen, und q sowie r bleiben tot. Diese Schaltung sorgt also dafür, daß nur entweder Leitung m-q oder aber Leitung n-r geschaltet werden kann - nie aber beide.

Auf dem LOGIKUS stellt sich eine Antivalenz in der Regel auch im Kreuzstich-Muster dar - genau wie auf dem logischen Schaltbild:



3. Der Rechenautomat wird komplizierter

Unser kleiner Rechenautomat mit Antivalenzen zwischen 2 und 3, Addieren und Multiplizieren sieht jetzt aus wie auf Schaltbild 25. Auch seine logische Schaltung ist noch weitaus aufregender geworden:

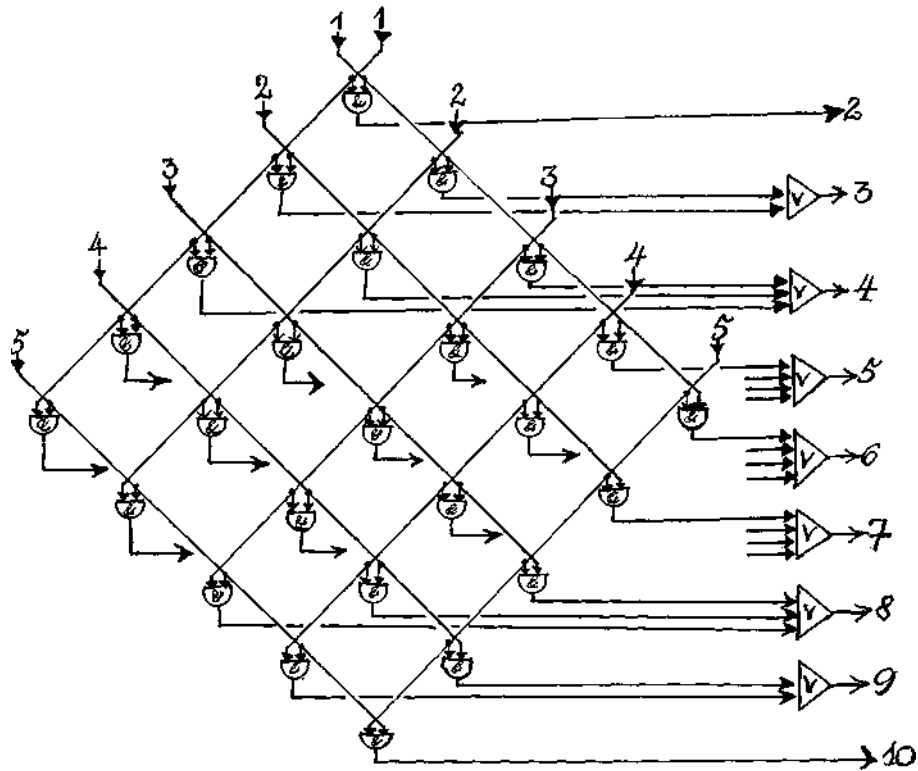


Schaltbild 25

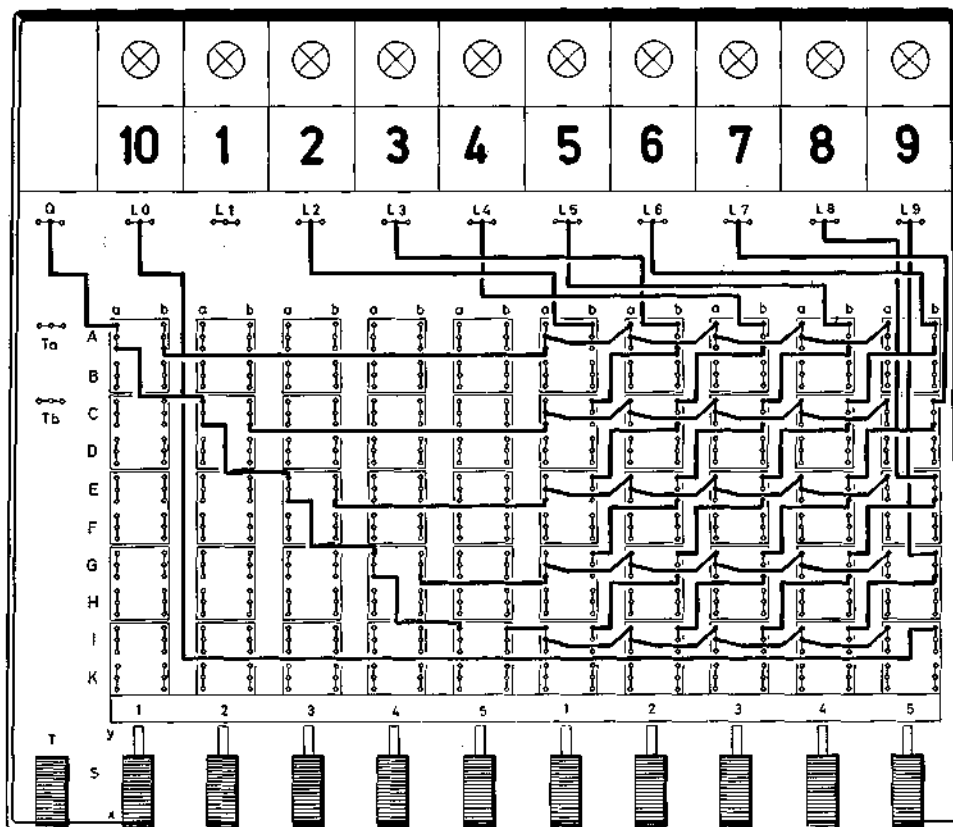
4. Addieren durch Zuordnung

Die kleine Rechenmaschine, die wir eben gebaut haben, hat mit dem Diagnose-Programm aus dem zweiten Teil oder dem Farbmischer vieles gemeinsam: Dieser Rechenautomat arbeitet ebenfalls nach einem „Zuordnungsprogramm“. Man sagt dazu in Computerkreisen: „Rechnen durch Zuordnung“.

Nach dieser Methode können wir ein Rechengerät bauen, das ein bißchen mehr kann als nur 3 und 2 zusammenzählen. Wollen wir mit einem Additionsprogramm anfangen? Gut. Dann sollten wir uns zuerst über die logische Schaltung klar werden. Sie sieht bei einem Additionsrechner mit Zuordnung so aus:



Also auch hier sind es lauter Und-Schaltungen, die am Ende durch Oder-Schaltungen verbunden werden. Das ganze System gleicht einem Gitter oder Netzwerk, und der Fachmann nennt es „Matrix“. Wie unsere Addiermatrix sich verdrahtet im Programmierfeld des LOGIKUS ausmacht, zeigt das Schaltbild 26. Dazu gibt es einen Transparentstreifen und einen Schaltschieberstreifen, die „Addieren“ heißen.



Schaltbild 26

Allzuviel dürfen Sie natürlich auch von diesem Programm nicht erwarten. Es kann im Höchstfall 5 und 5 zusammenzählen, wenn Sie die entsprechenden Schaltschieber verstellen. Unter den linken fünf Schaltern finden Sie die eine Zahl, unter den rechten fünf die andere, die hinzuaddiert werden soll. Das Ergebnis wird dann im Lampenfeld sichtbar.

5. Rechnen, das kein Rechnen ist

Wir wollen uns nichts vormachen: Rechnen durch Zuordnen ist eigentlich gar kein Rechnen. Es ist, wie bei allen diesen Zuordnungsprogrammen, viel eher ein Auffinden



vorher festgelegter Werte. Das zeigt sich sehr schnell dann, wenn man aus unserer Addiermatrix zum Beispiel eine Multipliziermatrix macht. Dazu ist keine andere Verdrahtung nötig, dazu muß kein Drähtchen umgestöpselt werden - es genügt, statt der „Addier“-Streifen zwei andere Streifen einzulegen, die Sie sich nun selbst machen können. Wenn Sie ins Dividieren, Quadrieren oder Potenzieren gehen wollen, so steht

dem nichts im Wege - die Matrix ist zu allem bereit. Sogar wenn Sie Blödsinn machen und ein neues Einmaleins aufstellen, bei dem $3 \times 3 = 17$ und $5 \times 4 = 2$ ist. Sie brauchen nur die Streifen entsprechend zu beschriften, und der LOGIKUS rechnet danach. Das heißt: er rechnet eben nicht. Er schlägt beim „Rechnen durch Zuordnung“ die Ergebnisse nach wie in einer Tabelle oder einem Rechenbuch. Wieviel ist 4×3 ? Aha: 12! Dem Schnittpunkt der Leitungen vom Schaltschieber 4 und vom Schaltschieber 3 ist die Und-Schaltung mit der Ausgangsleitung „12“ ohne zwingende mathematische Notwendigkeit „zugeordnet“.

Auf eine andere Methode, elektronisch zu rechnen - wirklich zu rechnen - werden wir nachher noch kommen.

Beim Elektronenrechner ist es nicht anders

Auch bei den großen Datenverarbeitungsmaschinen ist das „Rechnen durch Zuordnung“ ein beliebter Sport. Man baut den Rechnern solche Matrizen für die kompliziertesten Rechnungsarten ein und bekommt, da der Strom ja nur durch ein paar Und-Schaltungen sausen muß, im Nu die großartigsten Ergebnisse. Natürlich rechnet man bei solchen Geräten nicht mit einstelligen Zahlen wie wir hier beim LOGIKUS; dort geht es oft in die Hunderttausende und Millionen. Man kann nun so vorgehen, für jede Stelle - für die Hunderttausender, für die Zehntausender usw. - jeweils eine eigene Matrix einzubauen. Das ist aber nicht sehr rentabel. Deshalb macht man das anders und führt zunächst die Einer, dann die Zehner, dann die Hunderter usw. durch eine und dieselbe Matrix, speichert die Werte, die dabei herauskommen, und zählt sie nachher noch einmal zusammen. Aber das ist schon die höhere Elektronenrechnerei, mit der wir uns hier leider nicht weiter beschäftigen können.

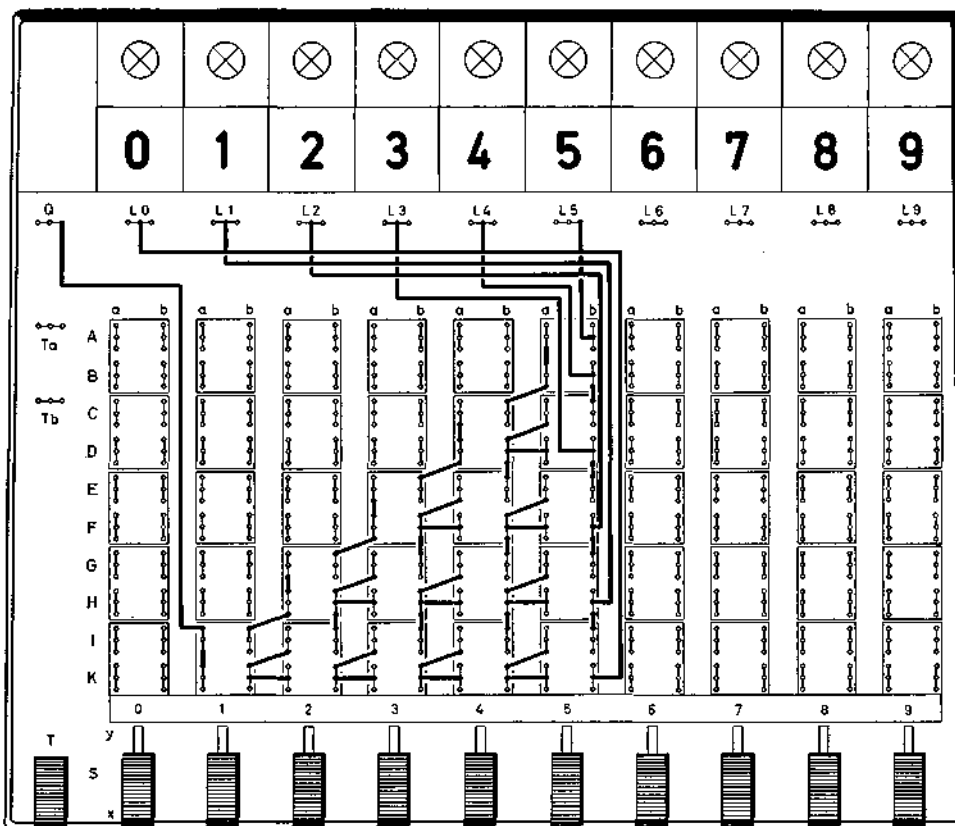
6. Mit dem Zählen fängt's an

Die Mathematiker behaupten, daß unsere (menschliche) Art zu rechnen eigentlich gar nichts weiter sei als ein Zählen. Wenn's in die höhere Mathematik geht, werden nur die Regeln komplizierter. Im Grunde bleibt's doch immer beim Zählen.

Warum auch nicht? Wir können ja auch beim LOGIKUS damit anfangen, ihm als Anfang richtigen Rechnens das Zählen beizubringen. Und zwar wollen wir ein Programm aufbauen, mit dessen Hilfe der LOGIKUS feststellen kann, wie viele von fünf Schaltern von x auf y gestellt sind. Dabei ist es ganz gleichgültig, ob wir nun - gesetzt den Fall, es sind drei Schalter verändert worden - die ersten drei oder die letzten drei nehmen oder den ersten, den zweiten und den fünften. Der LOGIKUS muß einfach wissen, wie viele Schalter gestellt worden sind.

Die Programmierung ist nicht einfach. Sie sehen es selbst auf dem Schaltbild 27. Aber im Grund besteht sie natürlich auch nur aus lauter Und- oder Oder-Schaltungen.

Probieren Sie's mal! Von S_1 bis S_5 können Sie so viele Schalter stellen, wie Sie wollen - der LOGIKUS sagt Ihnen auf Anhieb, wie viele es sind.



Schaltbild 27

7. Wie intelligent ist eine Maschine?

Es ist ganz interessant, diese neuerworbene Fähigkeit unseres kleinen Automaten etwas näher zu untersuchen. Er ist damit etwa so weit wie ein fünfjähriges Kind, dem man eine Handvoll Münzen hinwirft und das dann bestimmen und zählen soll, wie viele von den Münzen die Zahl zeigen und wie viele das Wappen - beispielsweise. Dazu gehört nicht viel, aber doch wohl ein bißchen Intelligenz.

Bitte erschrecken Sie nicht! Nicht wir bringen hier zum erstenmal das Wort „Intelligenz“ im Zusammenhang mit Maschinen. Die Wissenschaftler tun das längst. Sie sind zwar höflich genug, von „instrumenteller Intelligenz“ im Gegensatz zur menschlichen Intelligenz zu sprechen, aber im Grunde bleibt es das gleiche: eine Maschine, ein Automat, ein kleiner Kasten wie unser LOGIKUS kann Zeichen von Intelligenz zeigen. Wir werden davon noch mehr feststellen.

Können wir vielleicht mit unserem Zählprogramm vom Schaltbild 27 noch etwas anderes anstellen?

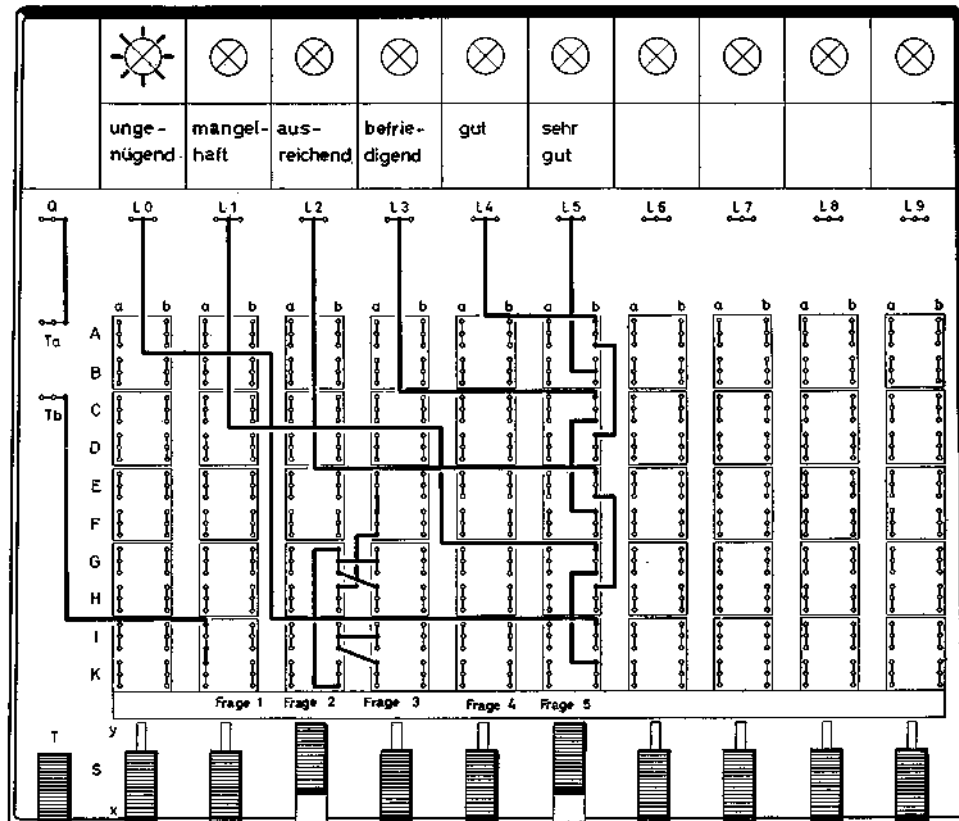
Wir können schon. Wie wäre es, wenn Sie eine kleine Maschine daraus machten, mit der Sie im Bekanntenkreis Intelligenztests anstellen können?

Wir denken uns das so: Sie knobeln fünf mehr oder weniger schwierige Fragen aus, zu denen Sie je zwei Antworten bereitstellen. Zum Beispiel:

- | | | |
|------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|
| | X | Y |
| 1. Frage: Wann wurde Karl der Große zum Kaiser gekrönt? | 900 n. Chr. | 800 n. Chr. |
| 2. Frage: Was ist das Saxophon? | Holzblasinstrument | Blechblasinstrument |
| 3. Frage: Wo ist der Hexenpaß? | Schweiz | Österreich |
| 4. Frage: Was ist der kleinste Teil einer chemischen Verbindung? | Atom | Molekül |
| 5. Frage: Wie ist die Anakonda? | ungiftig | giftig |



Wer die Antwort unter x für richtig hält, stellt den zugehörigen Schaltschieber auf x.
Wer für y ist, stellt ihn auf y.



Schaltbild 28

Im allereinfachsten Fall behalten Sie die Schaltung nach Bild 27 bei und legen nur den Transparentstreifen „Test“ ein. Nur steht dann zu befürchten, daß Ihre Quizpartner

sehr schnell bemerken werden, daß sie die besten Noten bekommen, wenn sie sämtliche Schalter auf y stellen - egal, ob sie nun die richtige Antwort gewußt haben oder nicht.

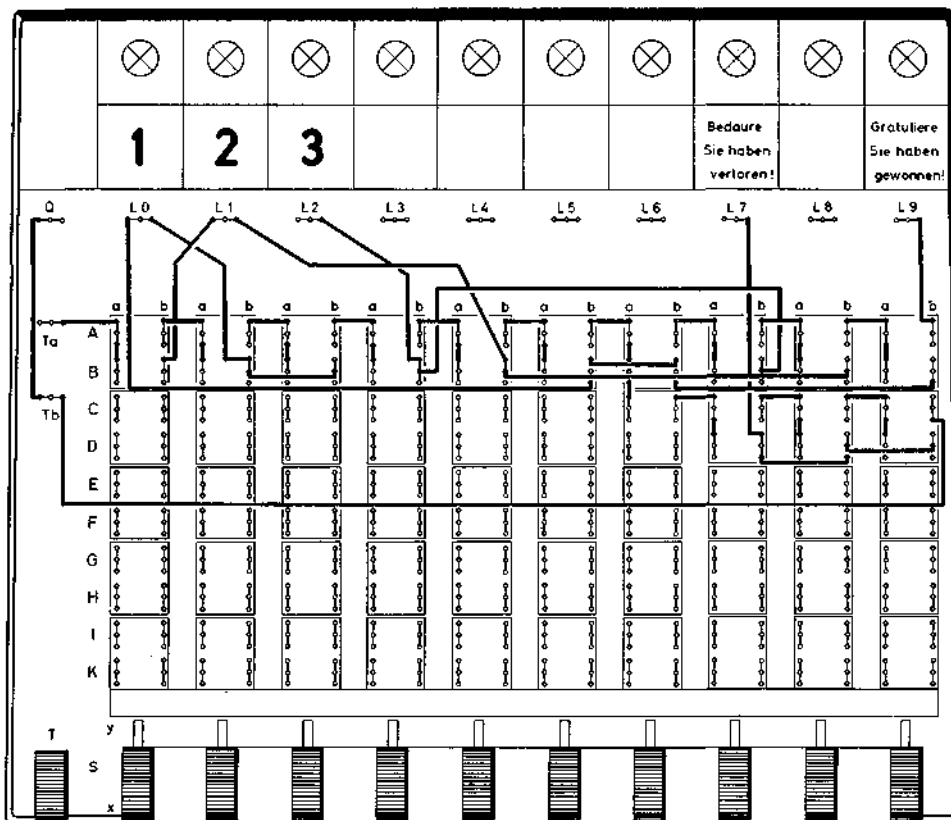
Deshalb würden wir Ihnen zumindest empfehlen, die Zuleitung über den Taster T zu leiten und erst am Ende des Tests die Taste zu drücken, um Ihrem Prüfling zu zeigen, was er gewußt hat.

Aber Sie können es natürlich noch viel raffinierter machen, indem Sie bei zweien oder dreien der Schaltschieber innerhalb der zugehörigen Schalterelemente die Verdrahtung so ändern, daß das Zählwerk dort anspricht, wenn der Schaltschieber nicht auf y, sondern, im Gegenteil, auf x gestellt ist. Das ist zwar nicht ganz einfach, aber für einen geschulten Programmierer, wie Sie inzwischen einer sind, auch nicht weiter schwer.

(Und für den Fall, daß Sie sich's gar nicht ausdenken möchten, haben wir Ihnen auf dem Schaltbild 28 gezeigt, wie Sie Schaltbild 27 dazu abändern können: Hier müssen Schaltschieber 2 und 5 auf x zeigen, damit sie zählen. Bei unserer Quiz-Tabelle auf Seite 67 haben wir diese Änderung in der Verdrahtung bereits berücksichtigt.)

8. „Bedaure, Sie haben verloren!“

Was können wir sonst noch anstellen mit der neuerworbenen Fähigkeit unseres LOGIKUS, so genau zu zählen? Allerhand. Vor allem aber kann er etwas mit uns an-



stellen. Es gibt da nämlich ein Spiel, das er - dank seiner Fähigkeit, absolut sicher (und vorausschauender als wir) zu zählen - gegen Sie als seinen Partner fast immer gewinnt. Vor allem zu Anfang, wenn Sie seine Strategie noch nicht durchschaut haben, ist Ihre Siegeschance höchst minimal. Probieren Sie es einmal aus! Nehmen Sie bitte das Schaltbild Nummer 29 vor. Programmieren Sie danach und legen Sie den Streifen „1, 2, 3“ ein!

Die Spielregeln sind nicht ganz einfach. Außerdem müssen wir gegenüber dieser Maschine, die letztlich davon abhängig ist, daß wir sie richtig schalten, natürlich ganz fair sein. Es geht darum: Abwechselnd dürfen Sie und die Maschine die Schaltschieber, die zu Anfang alle auf x stehen, nacheinander auf y schieben - also bei So anfangend bis zu S_9 . Wer von Ihnen beiden an der Reihe ist, wenn S_9 von x auf y geschoben wird, der hat gewonnen.

Nun wäre darin natürlich kein Witz zu sehen, wenn man immer nur einen Schalter schieben dürfte. Nein, sowohl Sie wie die Maschine dürfen ganz nach Wunsch einen, zwei oder auch drei Schalter nacheinander verschieben.

Da die Maschine selbst ja nicht schieben kann (eigene Hände haben wir ihr nicht mitgeben können), müssen Sie das netterweise für den LOGIKUS tun. Er läßt deshalb, wenn er dran ist, beim Tasterdruck in seinem Lampenfeld die Zahl 1, 2 oder 3 aufleuchten und bittet Sie dadurch, einen, zwei oder drei Schalter für ihn zu stellen.

Wer anfängt, das ist gleichgültig - Sie oder er. Sie können sich's aussuchen. Nehmen wir an, Sie wollen anfangen. Dann verschieben Sie also, sagen wir, zwei Schaltschieber: S_0 auf y und S_1 auf y. Nun drücken Sie auf die Taste T. Eine Zahl leuchtet auf - 1, 2 oder 3. Je nachdem verschieben Sie nach dem Wunsch des LOGIKUS die nächsten Schalter. Dann sind Sie wieder an der Reihe - und so bis zum Schluß.

Sie werden sich wundern: In acht von zehn Fällen wird der LOGIKUS, noch bevor das Spiel zu Ende ist, auf Ihren Tastendruck hin nicht nur eine Zahl nennen, sondern gleichzeitig auch ein freches „Bedaure - Sie haben verloren!“ aufleuchten lassen. Sie dürfen ihm glauben: Sie haben dann tatsächlich verloren.

Wenn Sie's aber gewinnen und selbst den letzten Schaltschieber, S_9 , von x auf y schieben, dann ist der LOGIKUS auch ehrlich genug, zuzugestehen, daß Sie diesmal der Bessere waren. Er gibt es Ihnen schwarz auf weiß und auch noch erleuchtet: „Gratuliere - Sie haben gewonnen!“ Und wenn nun noch jemand kommt und sagt, das Gerede von der instrumentellen Intelligenz sei doch bloß Humbug und Augenwischerei, dann lassen Sie ihn einmal gegen den LOGIKUS spielen. Mal sehen, was er dann sagt!

Und nun wollen wir uns wieder der Mathematik zuwenden.



9. Binäre Automaten

Mit unseren Zuordnungsmatrizen haben wir schon sehr schön gerechnet, wenngleich wir feststellen mußten: eigentlich ist das gar kein Rechnen im strengen Sinn.

Es gibt aber eine Methode, elektronisch wirklich zu rechnen: „Dual“. Es ist die historische Methode der Elektronenrechner, die gewissermaßen klassische. Es ist auch die

mathematisch weitaus interessantere. Wir dürfen sie nicht unterschlagen, denn sie wird auch heute noch von vielen Rechenautomaten benutzt.

Wir müssen jetzt wohl ein bißchen ausholen und tiefer ins Elektronikgewerbe hineinsteigen. Unser LOGIKUS rechnet elektrisch, ein großer Datenverarbeitungsautomat elektronisch. Das ist im Prinzip kein allzu großer Unterschied, denn Elektrizität besteht ja, das weiß man inzwischen, aus Elektronen. Beiden - dem kleinen LOGIKUS wie dem großen Datenverarbeitungsautomaten - ist eins gemeinsam: Sie haben im Grunde immer nur zwei Möglichkeiten, sich auszudrücken, Nachrichten aufzunehmen oder weiterzugeben. Sie kennen nur zwei Zeichen: Schalter ein oder Schalter aus, Licht an oder Licht aus, Strom läuft oder Strom läuft nicht. Was man mit diesen zwei Schaltzuständen alles anstellen kann, haben wir schon gesehen. Es ist nicht gerade wenig.



Um auch das richtige Fremdwort anzubringen: Solch ein Computer arbeitet „binär“. Das Wort „binär“ heißt „zweifach“, und es geistert bereits seit 200 Jahren durch die Wissenschaft; so lange ist es her, daß der Naturforscher Carl v. Linne in der Botanik und Zoologie die „binäre Nomenklatur“ einführte: lateinische Doppelnamen, die erstmals eine geordnete Systematik erlaubten.

Bei uns Computerfachleuten bedeutet „binär“, daß man mit nur zwei „Zuständen“ arbeitet: Licht an oder Licht aus - beispielweise.

Man ist in der Fachwelt schon früh übereingekommen, diesen zwei Zuständen nicht die Bezeichnungen A und B oder x und y oder Max und Moritz zuzuordnen, sondern die Ziffern 0 und 1. Man sagt also, wenn das Lämpchen nicht brennt: es steht auf 0. Wenn es brennt: es steht auf 1. Wenn Strom läuft: 1. Läuft keiner: 0.

Später fand man dann, daß dieses 0 und 1 zu Verwirrungen und Verwechslungen führen kann, wenn man mit Zahlen rechnet. Man hat sich deshalb entschlossen, statt Null und Eins O und L zu sagen. Auch hier kennzeichnet L wieder das brennende Lämpchen, O das kalte.

Warum diese großartige Erklärung? Bisher sind wir doch auch ganz gut ohne O und L ausgekommen?

Einfach deshalb, weil wir jetzt dual rechnen wollen. Und das ist nicht ganz so einfach.

10. Duale Mathematik

Unser übliches Zähl- und Rechensystem ist dezimal (= von der Zahl 10 ausgehend). Wir zählen von 1 bis 9, und dann kommt die 10 und besteht aus zwei Stellen. Wird die 10 wiederum mit 10 multipliziert, so haben wir drei Stellen. Der mathematische Fachmann sagt: Unser Rechensystem ist auf Zehnerpotenzen aufgebaut. Und der Volkskundler erklärt, das käme daher, weil der Mensch von jeher gerne mit seinen Fingern gezählt und nun einmal zehn Finger hat. Oder auch zehn Zehen.

Nicht immer und überall war das Zehnersystem gültig. Lange Zeit rechnete man bei uns nach dem Zwölfersystem. Daher kommen die zwölf Monate im Jahr, das Dutzend und, wer weiß, womöglich sogar die Zwölferwette im Toto.

Computer haben weder zehn noch zwölf Möglichkeiten, um sich auszudrücken - sie haben nur armselige zwei. Aber auch mit denen können sie rechnen. Man benutzt dazu eben einfach das Zweiersystem. (Und das ist, um wiederum die Mathematiker zufriedenzustellen, ein Zahlensystem, das aus Potenzen von der Zahl 2 aufgebaut ist.) Dieses

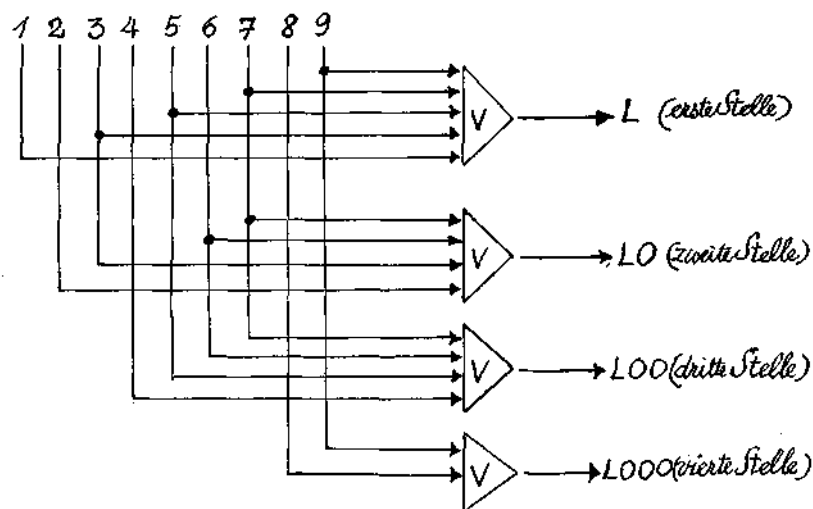
Zweiersystem gilt heute als so wichtig, daß es bereits in die Rechenbücher der Erstkläßler in der Oberschule aufgenommen worden ist.

Im Gegensatz zum dezimalen Rechnen handelt es sich hier also um die duale Rechenmethode. Viele Leute, auch Fachleute, sprechen vom „binären“ Rechnen, wenn sie das duale meinen. Aber das ist nicht ganz korrekt. Denn fast alle Computer arbeiten grundsätzlich binär, also mit zwei Schalmöglichkeiten, auch wenn sie mit Zuordnern dezimal rechnen. Sie können gar nicht anders.

11. Vom Zehnersystem ins Zweiersystem

Wie man dual rechnet, werden wir Ihnen gleich ^{pro cause} erzählen. Zuerst müssen Sie wissen, wie man unsere normalen Dezimalzahlen in Dualzahlen ausdrückt. Hier ist eine Tabelle, die von 0 bis 16 reicht: Das sieht ganz schön irre aus, nicht wahr? Vor allem aber liest es sich lustig. Wollen wir nun zunächst aus dem LOGIKUS einen Umrechner machen, der Dezimalzahlen in Dualzahlen verwandelt, damit Sie nicht immer nachschlagen müssen? Es ist ganz einfach. Sie können das eigentlich jetzt schon ohne uns. Hier ist die logische Schaltung:

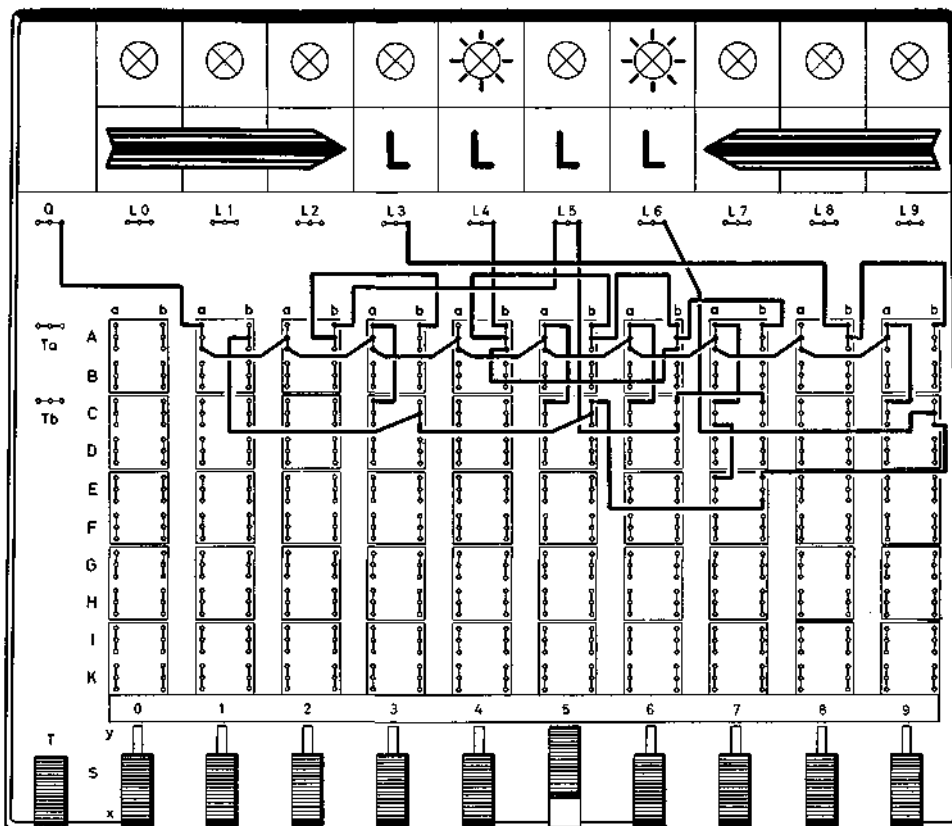
0000 = 0	1001 = 9
0001 = 1	1010 = 10
0010 = 2	1011 = 11
0011 = 3	1100 = 12
0100 = 4	1101 = 13
0101 = 5	1110 = 14
0110 = 6	1111 = 15
0111 = 7	10000 = 16
1000 = 8	



Und das Schaltbild finden Sie unter der Nummer 30.

Auch zwei Streifen haben wir für Sie vorbereitet; über die Schaltschieber legen Sie bitte den Streifen „Dezimal“, oben über das Lampenhaus den Transparentstreifen „Dual“.

Man muß beim Programmieren und Verdrahten solcher Schaltungen ein bißchen aufpassen. Sie sehen ja selbst, daß oben bei den Lämpchen, also bei der dualen Anzeige, sehr viele Oder-Schaltungen zusammentreffen. Wenn man da nicht sorgsam die einzelnen Zuleitungen trennt und auf verschiedene Schalterelemente verteilt, kann es vorkommen, daß nachher bei den einzelnen Zahlen zu viele und falsche Lämpchen auf-



Schaltbild 30

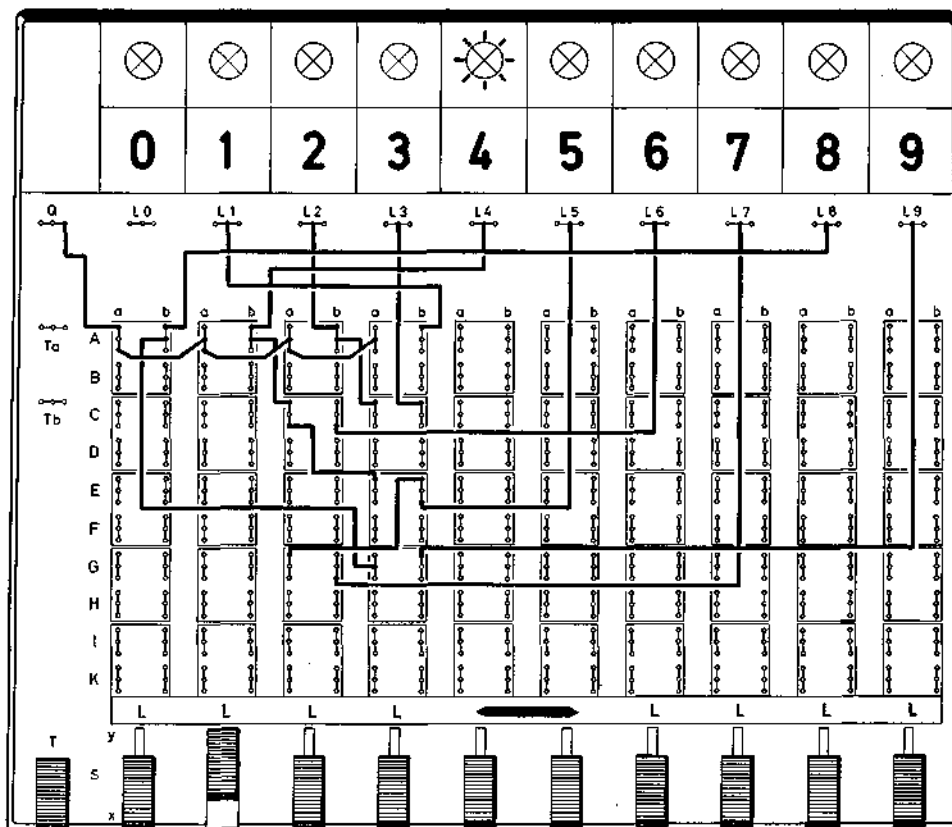
leuchten. In diesem Fall ist es immer besser, einige Schalterelemente mehr einzusetzen (wir haben ja genügend), als mit einer über raffinierten Programmschaltung nachher nur falsche Ergebnisse zu bekommen.

Wollen wir uns dahingehend verständigen, daß ein leuchtendes Lämpchen L bedeutet? Es läßt dieses L ja erkennen, sobald es brennt. Wenn es aber dunkel ist, soll es O bedeuten. Einverstanden?

Umgekehrt geht's natürlich genauso - wenn wir Dualzahlen vom LOGIKUS in Dezimalzahlen umrechnen lassen wollen. Diese Schaltung ist ebenfalls nicht schwierig. Auch hier handelt es sich im Grunde bloß um eine Zuordnung.

12. ... und zurück ins Dezimalsystem

Mit dem Schaltbild 31, dem Transparentstreifen „Dezimal“ und dem Schaltschieberstreifen „Dual“ haben Sie alles, was Sie brauchen, um vom Dualen ins Dezimale vorzudringen. Von den Schaltschiebern benutzen Sie natürlich nur die vier linken. Bei dieser Schaltung zeigt sich eine Eigentümlichkeit. Meistens leuchten im Lampenfeld mehrere Lichter auf. Das braucht Sie nicht zu stören: die Zahl, die am weitesten rechts aufleuchtet, also die mit dem höchsten Wert, gilt.



Schaltbild 31

Daß mehrere Anzeigelampen aufflammen, ist kein Schaltfehler, sondern nur logisch. Bei der Dualzahl OLOL zum Beispiel, die 5 bedeutet, muß ganz zwangsläufig auch die 4 (OLOO) und die 1 (OOOL) aufleuchten. Wenn Sie sich die Sache näher betrachten, dann stellen Sie fest, daß die angezeigten Zahlen immer in einem bestimmten Additionsverhältnis stehen. Hier zum Beispiel ist für den, der das Geheimnis kennt, $1 + 4 = 5$ abzulesen. Bei der Dualchiffre für 7 (OLLL) leuchten auch 4 (OLOO), 3 (OOLL), 2 (OOLO) und 1 (OOOL) auf. Das ist so zu verstehen, daß $1 + 2 = 3$ und dann noch vier dazu $= 7$ ist.

Wenn Ihnen das nicht eindeutig und perfekt genug ist, so laden wir Sie herzlich ein, so vorzugehen, wie wir es schon von Schaltbild 24 zu Schaltbild 25 taten, als wir durch Negationsglieder und Antivalenzen eine „Ausschließung“ programmierten. Genauso können Sie hier vorgehen, indem Sie durch das Einbauen von Negationsgliedern verhindern, daß beim Stellen von zwei Schaltschiebern, die zusammen eine größere Zahl ergeben, auch die kleineren Zahlen aufleuchten. Probieren Sie's mal!

Beim Elektronenrechner ist es nicht anders

Große Rechenautomaten, die dual rechnen, haben die gleichen Probleme wie wir, wenn wir mit Dual- und Dezimalzahlen hantieren wollen. Sie müssen auch die eine

Ziffernart in die andere übersetzen. Zu diesem Zweck haben sie Geräte, die im Prinzip völlig den beiden Zahlenübersetzern gleichen, die wir eben aus unserem LOGIKUS aufgebaut haben.

Interessant ist, daß man auf die gleiche Weise auch Buchstaben in Binärziffern verwandeln kann. Das tut zum Beispiel jede Fernschreibmaschine, die zu diesem Zweck nicht mit vier Binärziffern - wie wir -, sondern mit fünf arbeitet, und dort das ganze Alphabet nebst etlichen Zeichen unterbringt. Vielleicht haben Sie schon einmal einen der Lochstreifen gesehen, mit denen man an Fernschreibmaschinen arbeitet? Jedes Loch bedeutet ein L. Wo keines eingestanz ist, gilt O.

13. Wie rechnet man mit O und L?

Die Frage ist nun: Wie rechnet man mit den Dualzahlen? Um Ihnen das genau zu erklären, haben wir Ihnen hier einen großen Abschnitt aus dem Buch „Was denkt sich ein Elektronengehirn?“ abgedruckt, das, wie wir schon erwähnten, im KOSMOS-Verlag erschienen ist:

„Wir wollen gleich losrechnen, dual. Das geht reichlich merkwürdig vor sich. Wieviel gibt 3 plus 4? Laut unserer Tafel heißt das „OOLL“ plus „OLOO“. Schreiben Sie die beiden ruhig untereinander, wie wenn es ganz gewöhnliche Zahlen wären, und zählen Sie zusammen:

$$\begin{array}{r} \text{OOLL} \\ + \text{OLOO} \\ = \text{OLLL} \end{array}$$

Lassen Sie uns nachsehen ... „OLLL“ ist 7! Die Rechnung ist richtig! Wie steht es mit 2 plus 4? Wir schreiben:

$$\begin{array}{r} \text{OOLO} \\ + \text{OLOO} \\ = \text{OLLO} \end{array}$$

Wieder stimmt es. „OLLO“ ist 6!

Rechnen wir weiter ! Wie wäre es mit 2 plus 6? Das muß heißen:

$$\begin{array}{r} \text{OOLO} \\ + \text{OLLO} \\ = \text{OL2LO} \end{array}$$

Die Summe, die da herauskommt, ist natürlich hanebüchener Unfug. „OL2LO“ gibt es nicht, wir kennen nur „O“ und „L“. Sollte unser Rechensystem doch nicht stimmen? Es stimmt schon. Man darf nur L plus L nicht zu 2L zusammenzählen. Das lernt man bloß in der Schule so. Bei uns dualen Rechnern heißt es $L + L = LO$.

Das klingt völlig verrückt. Aber es ist nun einmal so. L plus L gleich LO, schreibe O,

behalte L Wer es nicht glaubt, kann in gelehrten Büchern nachlesen, daß der große Mathematiker Leibniz schon vor genau 200 Jahren - 1763 - aus purem Spaß am mathematischen Denken so gerechnet hat. Es gibt sogar ein Traktat aus jener Zeit, „Des Herrn von Leibniz Rechnung mit Null und Eins“, das erheiternd zu lesen ist. Übrigens hat schon Leibniz dieses Rechensystem „dual“ (aus zwei Ziffern bestehend) genannt - im Gegensatz zu unserem sonst üblichen, dezimalen (zehnteiligen) System. Springen wir die zweihundert Jahre wieder vor, rechnen wir weiter! Zählen wir noch einmal, diesmal richtig, zusammen!

$$\begin{array}{r} \text{OOLO} \\ + \text{OLLO} \\ \text{LL} \\ = \text{LOOO} \end{array}$$

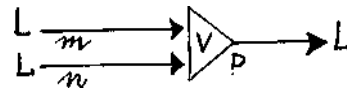
„LOOO“ ist eine 8. Es stimmt also doch!“

14. Wir addieren dual

Mit Bleistift und Papier können wir's nun schon. Die Additionsregeln sind ja auch wirklich einfach und lassen sich in die drei Formeln zusammenfassen, die hier rechts am Rand stehen:

$$\begin{array}{l} 0 + 0 = 0 \\ 0 + L = L \\ L + L = LO \end{array}$$

Diese simplen Additionsregeln sind auf unserem LOGIKUS nachzubilden, ohne daß Sie dazu drei Semester Mathematik und Computerwissenschaft studieren müßten. Die logischen Schaltungen sind ganz simpel. $0 + 0 = 0$ und $0 + L = L$ (sowie die andere Möglichkeit $L + 0 = L$) lassen sich so darstellen, wie es hier rechts gezeichnet ist:



Ob auf Draht m oder auf n ein L (sprich: ein elektrischer Impuls) daherkommt, ist gleichgültig. Die Oder-Schaltung gibt als Ergebnis ein L weiter. Also:

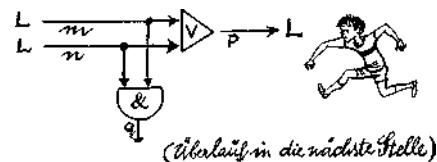
$0 + L = L$. Kommt weder auf m noch auf n etwas daher, so wird auch über Leitung p nichts weitergemeldet. Das heißt: $0 + 0 = 0$. Auch das ist richtig.

Und wie stellen wir $L + L = LO$ dar? Ganz einfach: Durch eine Und-Schaltung:

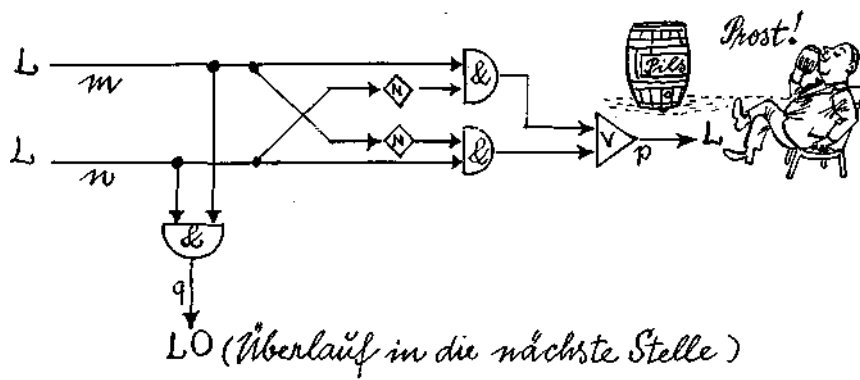


Jetzt brauchen wir die beiden Schaltungen nur noch zu kombinieren, um die ganze Dual-Arithmetik im logischen Stenogramm festzuhalten. Hier ist's:

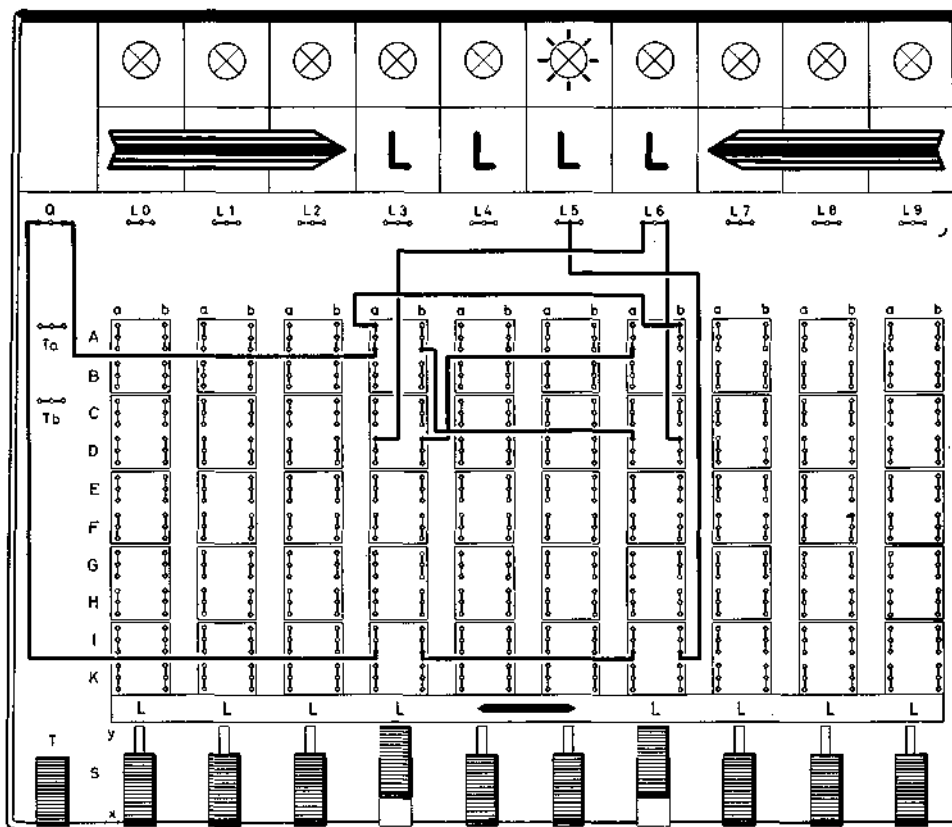
Stimmt's? Nein, es stimmt natürlich noch nicht ganz. So würde unsere Schaltung $L + L$ zu LL addieren. Denn auch die Oder-Schaltung spricht nun an und gibt ihr L weiter. Es bleibt uns nichts übrig, als die Oder-Schaltung stumm zu machen, sobald



auf m sowie auf n ein L ankommt. Und wie machen wir das? Richtig: Mit unserer Antivalenz. Das bringt uns die Schaltung, die auf der nächsten Seite oben steht.



Und nun brauchen wir wirklich nur noch m und n mit zwei Schaltschiebern und p und q mit zwei Lämpchen zu verbinden. Sehen Sie sich das Schaltbild Nummer 32 an! Dort haben wir diese einfachste Art dualer Addition dargestellt. Und bitte schieben Sie die Streifen „Dual“ vor die Lampen und über die Schaltschieber!



Schaltbild 32

15. Zuerst mit einer Stelle

S_3 und S_6 sind unsere beiden Schaltschieber, L_5 und L_6 die beiden Lämpchen. Im oberen Teil des Schaltbildes prangt das Kreuz der Antivalenz mit der zugehörigen Oder-Schaltung. Ganz unten sehen Sie die Und-Schaltung für die zweite Stelle.

Stehen beide Schaltschieber auf x, also in Stellung O, so passiert natürlich nichts. Wenn man den rechten oder den linken in Schaltstellung y - also auf L - schiebt, so muß die Lampe bei L_6 leuchten, denn $L + O$ gibt L. Und das tut sie auch.

Wenn nun beide Schaltschieber auf L gestellt werden, so darf nach unserer dualen Logik die Lampe 6 nicht leuchten, dafür muß aber - schreibe O, behalte L! - Lampe L_5 aufleuchten.

Recht einfach - aber ungeheuer effektiv. Denn diese Maschine kann schon richtig rechnen.

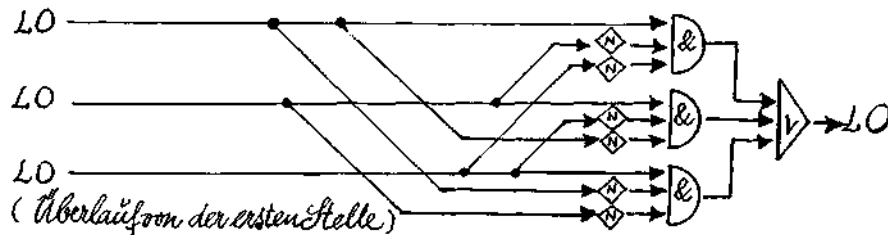
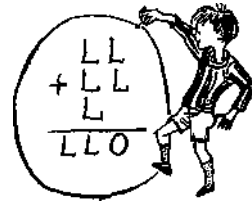
Natürlich geben wir uns, anspruchsvoll wie wir inzwischen sind, mit diesem einfachen Rechengerät nicht zufrieden. Eine Stelle - was ist das schon, und wenn's dual gerechnet ist! Nein, wir wollen einen anspruchsvolleren Rechner haben. Wir wollen mehrstellige Dualzahlen addieren können.

16. Dann mit zweien

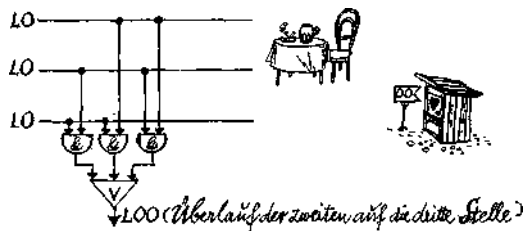
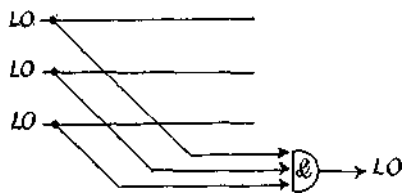
Dazu brauchen wir die Schaltung, die wir eben für zwei einstellige Dualzahlen erarbeitet haben, nur auszuweiten, zu vergrößern. Bloß hört sich das erheblich einfacher an, als es ist. Wollen wir zunächst einmal versuchen, zwei zweistellige Zahlen zu addieren? Da wird sich nämlich die ganze Problematik gleich zeigen. Es ist doch so: Bis jetzt haben wir immer nur zwei Ziffern auf einmal addiert. Jetzt aber werden es dreie.

Warum? Nun, ganz einfach. Wenn wir $L+L$ rechnen, so ergibt das LO. Das L in der zweiten Stelle ist das „behalte ...“, der sogenannte Überlauf. Und der will doch auch berücksichtigt werden! Die Rechnung $LL + LL$ zum Beispiel sieht so aus:

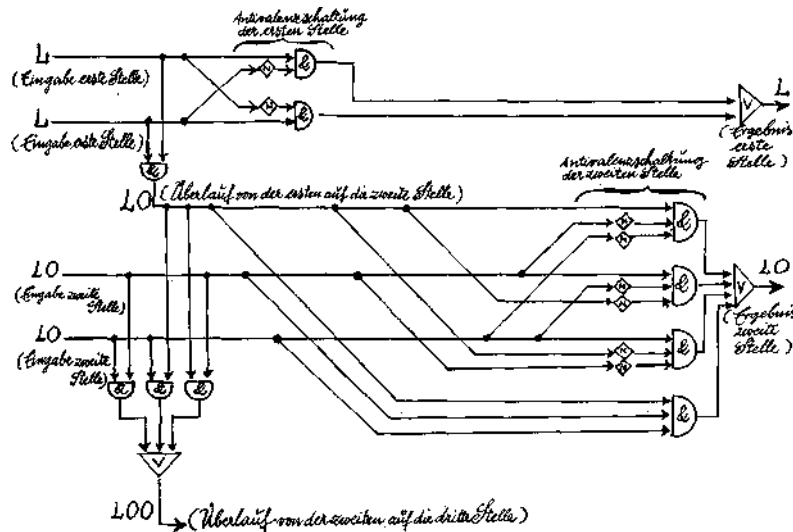
Und das sind in der zweiten Stelle - einschließlich des Überlaufs - eindeutig drei Ziffern, die gleichzeitig addiert werden müssen. Unsere logische Schaltung hat das zu berücksichtigen, hat Antivalenzen zwischen drei Partnern auszuhandeln:



Etwas ganz Neues kommt noch hinzu: Sobald drei Möglichkeiten im Spiel sind, müssen die Antivalenzen zwar alles unterbinden, was sich aus dem Zusammenkommen



zusammensetzen und bekommt folgende imponierende Mammutschaltung:



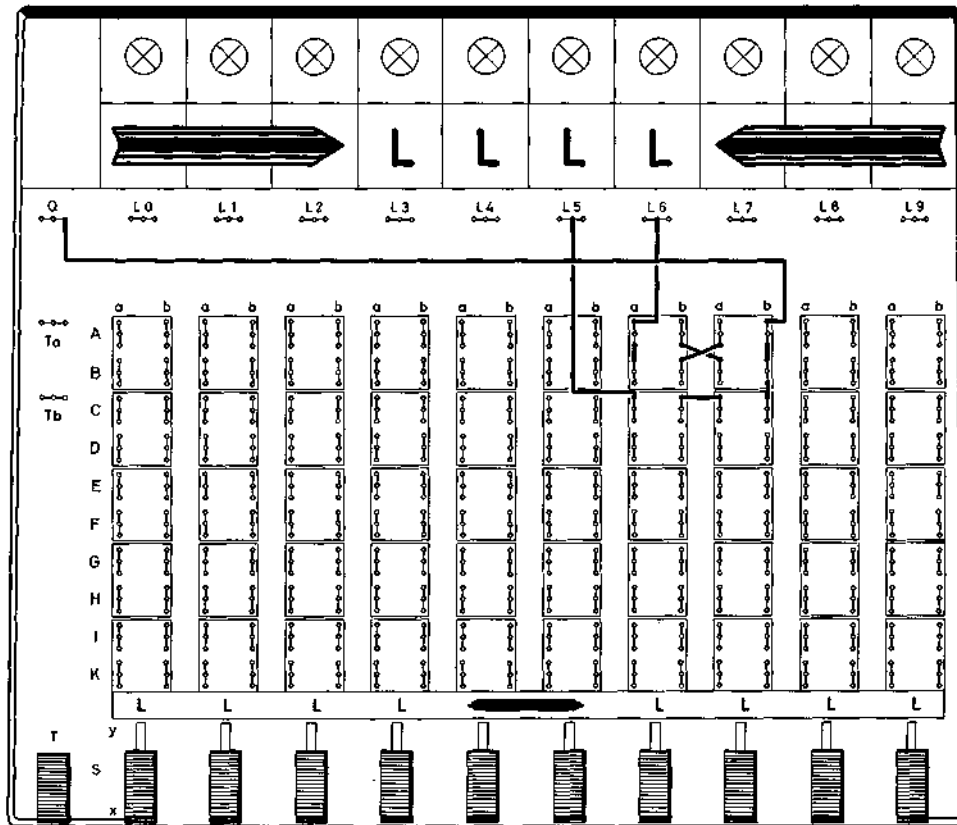
17. Eine Mammutschaltung wird programmiert

Schön und gut - das war noch nicht schwer. Aber jetzt müssen wir unsere soeben festgelegte Schaltlogik noch aufs Programmierfeld übertragen, und dafür müssen wir Sie um heftiges Mitdenken bitten. Um einen kleinen Umdenkvorgang übrigens auch. Bisher haben wir die eine Dualzahl auf der linken, die andere auf der rechten Seite des LOGIKUS eingestellt. Dieses Verfahren führt, sobald es sich um größere Zahlen han-

delt, zu unübersichtlichem Drahtgeschlinge, das bald aussehen würde wie die italienischen Spaghetti auf dem Teller eines Mannes, der sie nicht zu essen versteht.

Drum machen wir's anders. Wir ordnen die Schaltschieber für die zu addierenden beiden ersten Stellen (von hinten herein gezählt) rechts an, die für die zweiten Stellen links. Will man $OL + OL$ rechnen, muß man also S_6 und S_7 stellen; bei $LO + LO$ wären es S_2 und S_3 .

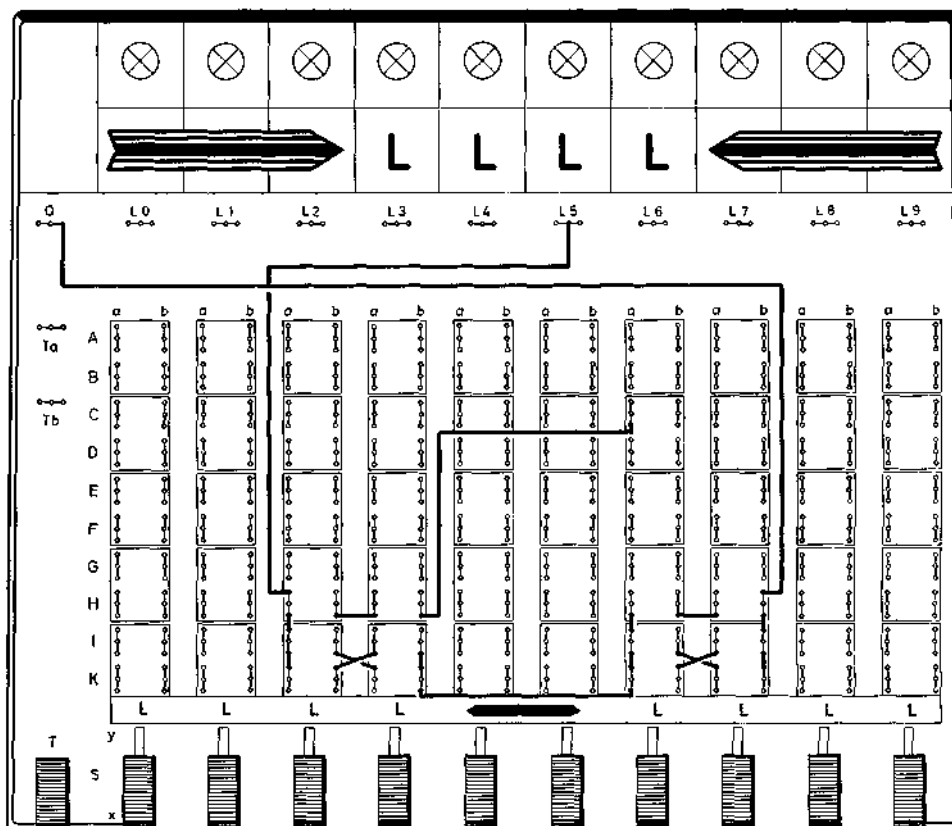
Los geht's! Zuerst verdrahten wir die Additionsschaltung der ersten Stelle, also das, was wir vorhin (Schaltbild 32) schon einmal für zwei andere Schaltschieber gemacht haben. Eine hübsche, klare Angelegenheit - hier auf Schaltbild 33. Die Antivalenz sowie die Und-Schaltung für den Überlauf sind unverkennbar.



Schaltbild 33

Den Draht, der bei 6Ca angeschlossen ist, führen wir nur kurz an L_5 , um zu sehen, ob unsere Einstellen-Additionsmaschine (denn das ist sie ja in dieser Form) überhaupt funktioniert. Dann nehmen wir ihn gleich wieder weg, denn wir brauchen ihn für die Antivalenz-Schaltungen der zweiten Stelle; es ist der Draht, der in unserem logischen Schaltbild „Überlauf der ersten Stelle“ heißt.

Die Antivalenzschaltung der zweiten Stelle sieht auf dem Programmierfeld so aus, wie Schaltbild 34 es zeigt. Den Draht für Q stecken wir einstweilen abweichend vom Schaltbild 34 ins mittlere Q -Loch.



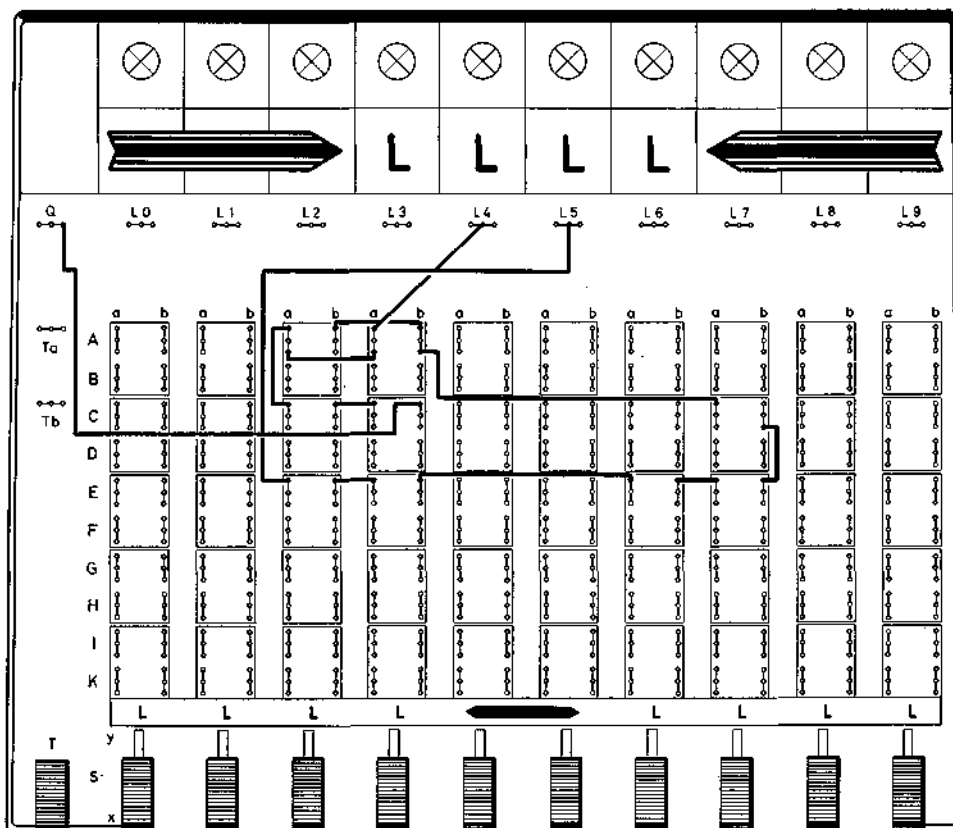
Schaltbild 34

Es scheinen auf den ersten Blick nur zwei Antivalenzen zu sein, wo wir im logischen Schaltbild doch drei haben! Es stimmt aber schon. Da ist die Negations-Und-Schaltung $3Hb/a-2Hb/a$, die mit einer positiven Und-Schaltung oben bei den Schalterelementen $6C-7C$ in Verbindung steht; da ist ferner die Negations-Und-Schaltung $7Hb/a-6Hb/a$. Es ist ganz interessant, das Funktionieren der so schön harmlos aussehenden Antivalenzen zu durchdenken!

Was fehlt? Nur noch die Und-Schaltungen für den Überlauf der zweiten auf die dritte Stelle (sie stehen auf Schaltbild 35 links oben) und die Und-Schaltung, die zu reagieren hat, wenn auf allen drei Wegen für LO ein Impuls daherkommt - die dann also gewissermaßen die Antivalenzen umspielen muß.

Alles klar? Die Komposition aus Schaltbild 33 bis 35 muß nun so aussehen wie Schaltbild 36. Bei genauem Hinsehen wird Ihnen auffallen, daß wir in der Gegend von $6C$ und $6E$ gegenüber den Detailplänen geringfügig umgestöpselt haben. Das geschah nicht aus logischen oder gar mathematischen, sondern aus rein elektrischen Gründen: Damit keine Möglichkeit besteht, daß bei bestimmten Schaltstellungen Strom gewissermaßen durch die Hintertür falsche Lämpchen leuchten läßt. Auch haben wir die Zuführung von Q vereinfacht.

Übrigens: Unsere Rechenanlage ist fertig!



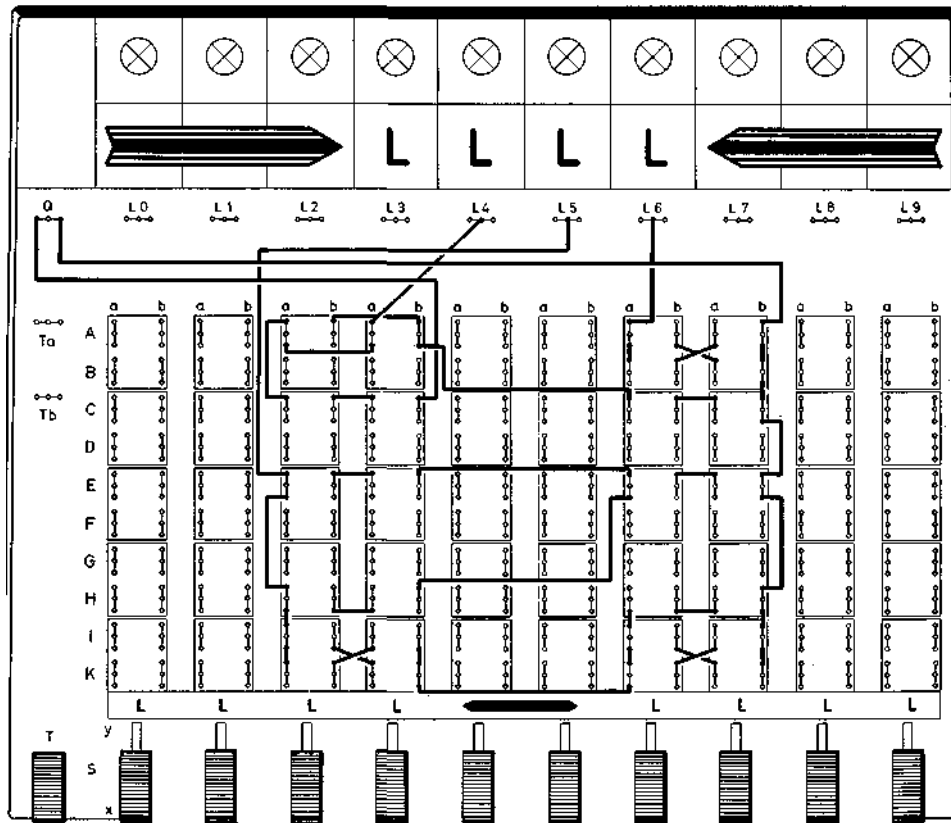
Schaltbild 35

Beim Elektronenrechner ist es nicht anders

Diese Schalterei scheint komplizierter, als sie in Wirklichkeit ist. Sie setzt sich ja aus ganz simplen, logischen Schalteinheiten zusammen. Das Problem liegt nur darin, daß man zu einer verhältnismäßig kleinen Rechnung schon einen gewaltigen Schaltaufwand braucht, daß die einzelnen Teilschaltungen richtig zusammengekoppelt werden müssen und daß der Verbrauch an Draht enorm ist.

Genau das ist auch das Problem bei den großen Elektronenrechnern. Sie rechnen sehr schnell und sie rechnen sehr exakt, aber der technische Aufwand, der auch für die einfachste Rechnung betrieben werden muß, ist ungeheuer groß. Selbst wenn man vor hundert Jahren schon das Prinzip des Elektronenrechners erfunden gehabt hätte, so hätte man doch keine bauen können, weil man technisch einfach noch nicht so weit war und weder die Schalter noch die Transistoren noch die Röhren hatte. Ein Elektronenrechner besteht aus so komplizierten Einzelteilen, daß man sie in der Regel gar nicht mehr repariert, wenn sie kaputt sind. Sie sind, zu Schaltgruppen zusammengestellt, wie die Bücher in Regale geschoben, und wenn eine dieser Schalteinheiten den Dienst auf sagt, zieht man sie heraus, wirft sie weg und setzt eine neue ein.

Am besten verfahren auch wir beim LOGIKUS ähnlich, wenn wir plötzlich in irgendeiner Schaltung einen dicken Fehler entdecken, der nicht auf Anhieb zu finden ist. Das sicherste ist es dann, die ganze Schaltung wegzwerfen, das heißt für uns: sämtliche Drähte abzunehmen, das Programmierfeld ganz abzuräumen und von vorne zu beginnen. Auf dem Wege der mühsamen Fehlersuche, wie das noch vor wenigen Jahrzehnten bei allen elektrischen Geräten das übliche war, kommt schon bei unserem LOGIKUS in einer etwas komplizierteren Schaltung nur noch ein Genie zurecht.

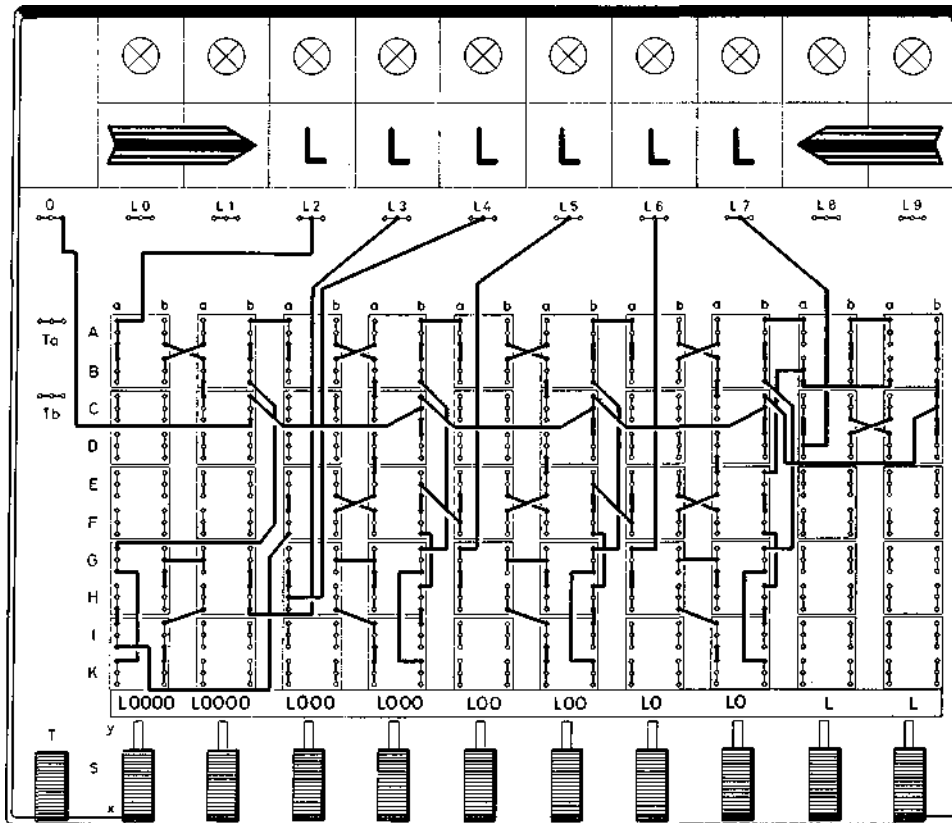
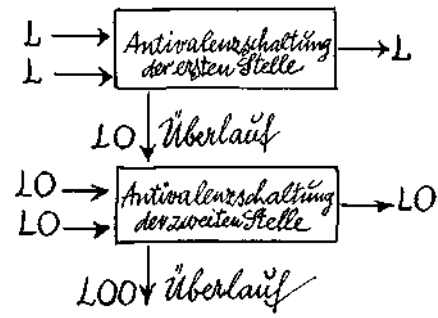


Schaltbild 36

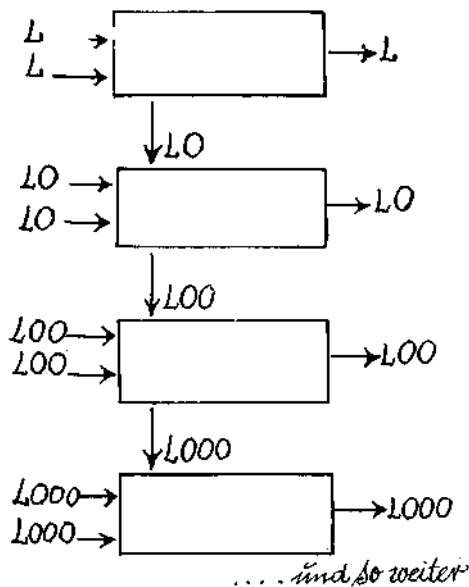
Auf unserem Schaltbild Nummer 36 haben wir nun alle die einzelnen Teilschaltungen zusammengestellt. Mit diesem Programm können Sie also zweistellige Dualzahlen addieren. Das ist, wenn man ehrlich ist, immer noch nicht sehr viel. Und doch braucht man solch eine Menge von Draht und Schaltungen dazu!

18. Warum nicht noch mehr Stellen?

Nirgends steht, daß wir es damit bewenden lassen müssen, nur zweistellige Dualzahlen zusammenzuzählen. Wir haben alle logischen Überlegungen bereits angestellt, um auch zu größeren Zahlen vorzudringen. Sie brauchen nur unsere logische Schaltung bausteinartig zu erweitern; es kann nun nicht mehr viel passieren. Zuletzt, beim Schaltbild 36, standen wir bei dem rechts abgebildeten logischen Prinzip. Diese Schaltungskette läßt sich theoretisch bis ins Unendliche fortsetzen. Bei großen Elektronenrechnern ist es ganz selbstverständlich, zahlreiche solcher Rechenelemente aneinanderzureihen, wie wir das



Schaltbild 37



links angedeutet haben. Was hindert Sie, das auch beim LOGIKUS zu tun?

Nichts, außer dem Programmierfeld des LOGIKUS, das diesem Ausdehnungsdrang dann doch einen Punkt setzt. Wenn man die Verdrahterei sehr zusammendrängt, sehr ökonomisch vorgeht und sich zusätzliche Schaltkniffe ausdenkt, kommt man aber doch bis zum Addieren von zwei fünfstelligen Dualzahlen. Auf Schaltbild 37 haben wir's Ihnen vorgemacht.

(Eine Tabelle zum Nachschlagen mehrstelliger Dualzahlen finden Sie übrigens auf Seite 85.)

19. Und subtrahieren kann er auch

Ein Computer, der nur addieren kann, wäre natürlich ein wenig brauchbarer Geselle. Wie steht es mit dem Subtrahieren, dem Multiplizieren, dem Dividieren?

Nun, Subtrahieren geht. Wir werden's Ihnen gleich zeigen. Mit dem Multiplizieren und Dividieren sieht es beim dualen Rechnen allerdings weniger erfreulich aus. Da behelfen sich auch die großen Elektronenrechner (soweit sie nicht überhaupt dezimal mit Multipliziermatrizen arbeiten), indem sie wiederholt addieren oder - beim Dividieren - solange abziehen, bis es nicht mehr geht.

Aber wie subtrahiert man dual? Ganz einfach: Indem man das Komplement addiert.

Das Komplement ist das Gegenteil, das Umgekehrte. Das Komplement von L ist O, das von O ist L. Demnach hat die Zahl LOOL das Komplement OLOO, und LLOO wird LOOL komplementiert.

Rechnen wir gleich mal los, hier auf dem Papier! Wir wollen 4 von 6 abziehen. 4 ist OLOO, 6 schreibt sich OLLO. Und das Komplement von 4 wäre LOLL. Die Rechnung muß also aussehen:

$$\begin{array}{r} \text{OLLO} \\ + \text{LOLL} \\ \hline \text{LOOOL} \end{array}$$

Was ist LOOOL? Es ist 17.

Das kann nun freilich nicht ganz stimmen; 6 minus 4 gibt selbst beim Computerrechnen nicht 17. Was haben wir falsch gemacht?

Gar nichts. Das ist duale Arithmetik. Beim Addieren des Komplements kommt nämlich immer eine Stelle zuviel heraus: Das L an der vordersten Stelle. Man muß es nach

hinten schaffen und dort dazuzählen (der Fachmann nennt das „Rücklauf“). Dann sieht das Ergebnis so aus:

LOOOL
L
OOLO

Dieses OOLO heißt aber 2, und genauer kann man 4 von 6 nicht abziehen.

Auf dem Papier ist's also einfach. Wie aber sieht es bei unserem LOGIKUS aus? Auch nicht problematisch. Wir müssen nur eben - grob gesprochen - auf dem rechten Teil des Programmierfelds andere Kontaktlöcher verwenden: Statt der Schalterelemente in den Zeilen A, C, E und so weiter die Schalter der Zeilen B, D und F. Dann ergibt sich dort das Komplement von selbst. Außerdem müssen wir noch eine Möglichkeit finden, den Rücklauf herzustellen - das heißt, das ganz vorne stehende L zur Stelle ganz hinten addieren. Wir müssen ...

Aber was heißt „wir“? Dazu brauchen Sie uns doch jetzt gar nicht mehr! Das können Sie doch auch ohne uns, nicht wahr?

Eben! Sie sind ja inzwischen ein perfekter LOGIKUS-Programmierer. Und deshalb dürfen wir Sie jetzt mit dem Ausknobeln des Schaltbildes für einen dualen Subtrahierautomaten allein lassen.

0	000000		22	OLOLLO		43	LOLOLL
1	00000L		23	OLOLLL		44	L0LLOO
2	0000LO		24	OLLOOO		45	L0LL0L
3	0000LL		25	OLLOOL		46	L0LLLO
4	000LOO		26	OLLOLO		47	L0LLLL
5	000LOL		27	OLLLOL		48	LLOOOO
6	000LLO		28	OLLLOO		49	LLOOOL
7	000LLL		29	OLLLOL		50	LLOOLO
8	00LOOO		30	OLLLLLO		51	LLOOLL
9	00LOOL		31	OLL.LLL		52	LLOLOO
10	00LOLO		32	L00000		53	LLOLOL
11	00LOLL		33	L0000L		54	LLOLLO
12	00LLOO		34	L00OLO		55	LLLOLL
13	00LLLO		35	L00OLL		56	LLLOOO
14	00LLLO		36	L0OLOO		57	LLLOOL
15	00LLLL		37	L0OLOL		58	LLLOLO
16	0LOOOO		38	L0OLLO		59	LLLOLL
17	0LOOOL		39	L0OLLL		60	LLLLOO
18	0LOOLO		40	L0LOOO		61	LLLLOL
19	0LOOLL		41	L0LOOL		62	LLLLLO
20	0LOLOO		42	L0LOLO		63	LLLLLL

Die Schlußbemerkung

Bei vielen Experimentierkästen ist mit dem Schluß des Anleitungsbuches auch das Ende der Versuche erreicht. Ist man auf den letzten Seiten angelangt, so hat man die Möglichkeiten seines Experimentierkastens erschöpft.

Beim LOGIKUS ist das ganz anders. Jetzt fängt für Sie der richtige Spaß erst an! Jetzt können Sie auf eigene Faust logische Probleme angehen, Schaltversuche machen, weitere Rechnungsmethoden erproben und auch neue Spiele erfinden.

Dieses Anleitungsbuch hat nur einen Bruchteil der Möglichkeiten, die im LOGIKUS schlummern, ans Licht gebracht. Das haben wir selbst gemerkt, als wir dieses Büchlein zusammenstellten, die Schaltungen erprobten und nach guten Beispielen suchten. Ein ganzes Team kluger Köpfe hat sich darüber Gedanken gemacht. Viele schöne Schaltungen hat der hohe Chef des Kosmos-Lehrmittelverlages, Euchar Nehmann, beige-steuert, von dem übrigens die gesamte Grundkonzeption für den Spielcomputer stammt. Interessante Anregungen kamen auch von C. W. Germain van Kan, A. M. Brit. J. E. T., und Schulrat i. R. Alexander Stüler. Verzwickte Schaltungen - darunter der fünfstellige Dual-Addierer - entwickelte cand. Ing. Sven Rau, und zahlreiche wissenschaftliche Hinweise gab Diplommathematiker Theo Lutz.

Von der technologischen Seite her haben sich die Konstrukteure Horst Link und Joachim Weimer sehr verdient gemacht; ihnen haben Sie es zu verdanken, daß der LOGIKUS auch wirklich funktioniert.

Noch während wir diese vielen verschiedenen Schaltungen untersuchten und zusammenstellten, fielen uns Dutzende weiterer interessanter Möglichkeiten ein.

Warum wir sie nicht gleich in das Büchlein aufgenommen haben? Einfach deshalb, weil es mit der Idee ja noch nicht getan ist. Das Herumprobieren — erst auf dem Papier, dann auf dem Programmierfeld — dauert Tage oder Wochen. Das macht die Sache ja so spannend. Aber wir hätten den LOGIKUS dann erst zu Weihnachten nächsten Jahres herausbringen können. So viel Zeit hätte es uns noch gekostet.

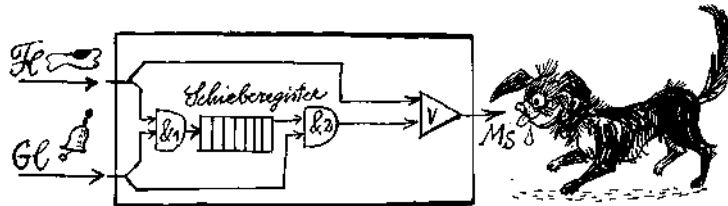
Wir werden den Ideen aber weiter nachgehen. Sicher werden sich einige als unbrauchbar erweisen. Andere werden sich sehr kompliziert anlassen, das wissen wir heute schon. Spannend wird es auf jeden Fall.

Eine solche Idee kam uns, als wir in dem Buch „Keiner weiß, was Kybernetik ist“ blättern, das, wie schon erwähnt, ganz neu im KOSMOS-Verlag herausgekommen ist. Da heißt es:

„Nun müssen wir uns aber noch mit einem anderen Aspekt intelligenten Verhaltens beschäftigen: Mit der Lernfähigkeit. Wir wollen uns dazu eines geradezu klassischen Falles bedienen, an dem zum ersten Mal die Wirkungsweise der bedingten Reflexe, also des angelernten Verhaltens, demonstriert wurde. Wir meinen den berühmten Pawlowschen Hund.“

Iwan Petrowitsch Pawlow, ein russischer Physiologe, machte das Experiment zum erstenmal - schon im vergangenen Jahrhundert. Genau 1898. Er beobachtete, daß der Anblick und der Duft von Nahrung bei einem Hund die Produktion von Magensaft und Speichel auslöst; mancher Hund sabbert, wenn er nur das Fleischpapier rascheln hört.

Pawlow ließ nun jedesmal, bevor er seinem Hund Nahrung zeigte oder gab, eine Glocke läuten. Den Hund interessierte das nicht weiter. Aber nach einiger Zeit stellte sich heraus, daß die Produktion von Magensaft und Speichel sich schon einstellte, wenn nur die Glocke erklang, von Fleisch und Knochen aber noch längst keine Rede war. Das, sehen Sie, ist ein bedingter Reflex; ein einfacher Lernvorgang. Dieser Lernvorgang läßt sich auch als elektronische Schaltung darstellen. Was verlangen wir von ihr? Sie soll auf einen eingehenden elektrischen Impuls FI (er entspricht dem Fleischbrocken, den man dem Hund vorhält) einen Impuls Ms abgeben, der den Magensaft fließen läßt. Sie soll sich, wenn ein weiterer Impuls GI (=Glocke) ankommt, zunächst nicht beirren lassen, soll aber gleichzeitig lernen, daß auch dieser Impuls wichtig ist. Und dann soll sie später allein auf Impuls GI den Impuls Ms weitergeben. Sind wir soweit einig? Dann wollen wir die Schaltung einmal aufzeichnen:



Die Und-Schaltungen und Oder-Schaltungen erkennen Sie wohl wieder, aber mit dem Ding, das da „Schieberegister“ heißt, können Sie noch nichts anfangen. Nun, das ist einfach eine Art von Vorratskammer, ein Speicher, durch den elektrische Impulse hindurchwandern. Und zwar rückt der ganze Vorrat von Impulsen, der im Schieberegister steckt, jeweils um ein Fach nach vorne, sobald von hinten ein neuer Impuls hinzukommt. Die Impulse schieben sich gewissermaßen auf Druck von hinten durch das Register - wie beim Wurstmachen die Fülle durch den Kunstdarm. Schön. Füttern wir das Hündchen!

Erster Versuch: Der Impuls FI kommt an. Er teilt sich gleich am Eingang der Schaltung. Ein Teil von ihm saust nach $\&_1$, richtet dort aber nichts aus, denn es fehlt ja ein zweiter Impuls, der diese Und-Schaltung erst ansprechen ließe. Die andere Hälfte des FI-Impulses läuft zur Oder-Schaltung V und bringt dort ganz ordnungsgemäß den Impuls Ms zuwege. Unser Kunsthund sondert also Magensaft ab, sobald er das Fleisch riecht.

Zweiter Versuch: Zum Impuls FI wird Impuls GI eingegeben. Auf deutsch: Man hält Waldmann das Fleisch vor und läutet gleichzeitig das Glöckchen. Ein Teil von Impuls FI läuft brav los, zwingt sich durch die Oder-Schaltung und kommt als Ms ans Tageslicht - Waldmann reagiert schön und läßt den Magensaft fließen. In Ordnung. Gleichzeitig trifft aber der zweite Teil des Impulses FI an der Und-Schaltung $\&_1$ auf den Impuls GI. Beide zusammen dürfen $\&$ passieren. Sie bilden nun einen gemeinsamen Impuls, der ins Schieberegister vordringt.

Weiter geschieht zunächst nichts - aber Waldmann hat etwas gelernt. Er weiß es nur noch nicht.

Was eben vor sich ging, wiederholt sich nun mehrmals. Impuls FI und Impuls GI kommen stets zusammen an und begeben sich durch $\&_1$. Allmählich füllt sich das Schieberegister, nach und nach stabilisiert sich der bedingte Reflex. Irgendwann ist das

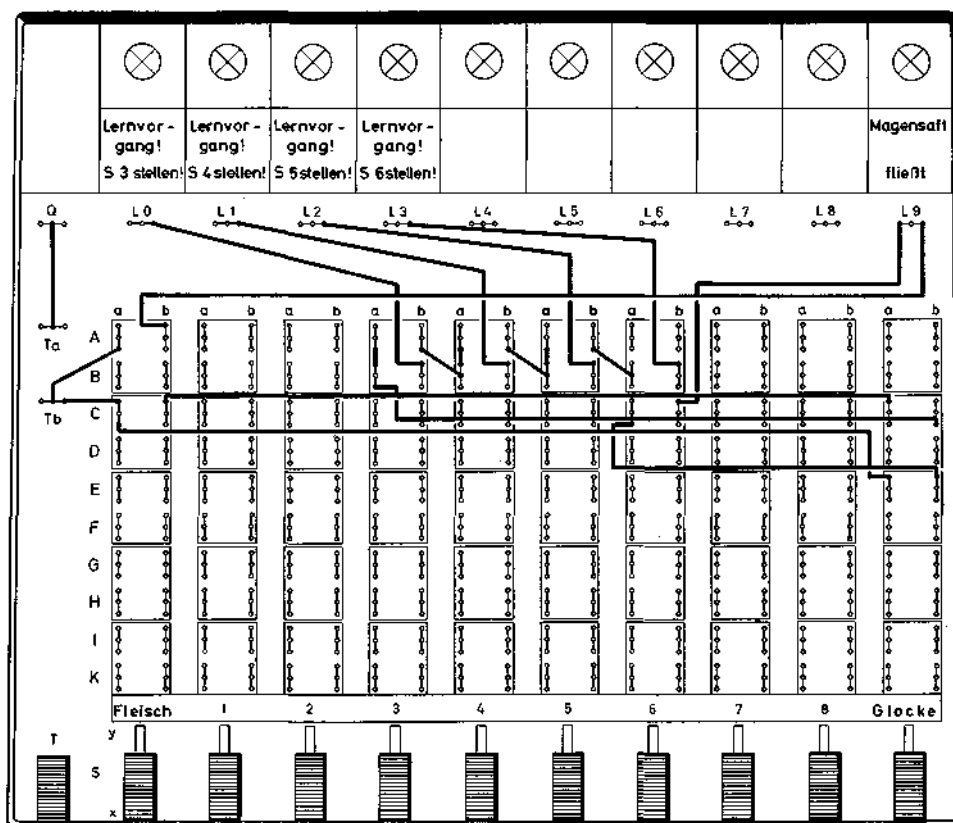
Schieberegister proppenvoll. Jetzt ist der Lernvorgang beendet. Man kann ruhig weiter beide Impulse FI und GI gleichzeitig einsetzen - es geschieht nichts Neues mehr. Das Schieberegister bekommt hinten weitere Impulse hineingeschoben und gibt dafür vorne welche ab. Sie treffen bei &₁ mit Teilimpulsen von GI zusammen, marschieren gemeinsam zur Oder-Schaltung und bewirken dort nichts, was Impuls FI nicht auch vermöchte: Der Magensaft läuft.

Was aber ereignet sich, wenn man Impuls FI weglässt und nur noch Impuls GI eingibt - also das Fleisch spart und lediglich die Glocke läuten lässt?

Ganz einfach: Impuls GI teilt sich; eine Portion läuft zur ersten Und-Schaltung, richtet dort aber nichts aus, weil der Partner fehlt. Der andere Teil saust zur zweiten Und-Schaltung. Dort liegt aber bereits ein Impuls aus dem Schieberegister an. Beide zusammen werden durchgelassen, begeben sich spornstreichs zur Oder-Schaltung und bewirken einen Impuls Ms. Allein die Glocke hat genügt, um den Magensaft in Aktion zu setzen!

Fein, was?"

Ja, sehr fein. Das können wir auf dem LOGIKUS nämlich auch. Sehen Sie das folgende Schaltbild an! Da haben wir Pawlows lernenden Hund programmiert, genau nach dem logischen Schaltplan, den wir Ihnen oben zeigten. Ein Schieberegister haben wir allerdings nicht, leider. Dessen Funktion müssen Sie so nebenbei mit übernehmen, indem Sie den aufleuchtenden Lampen folgen und S₃ bis S₆ verstellen.



Außerdem überlassen wir Ihnen das Beschriften der Streifen (hauptsächlich, damit Sie Appetit bekommen, selbst Schaltungen zu entwickeln).

Schauen wir, wie unser Hundchen reagiert! Sobald Sie den Schaltschieber O („Fleisch“) von x auf y stellen und Taster T drücken, leuchtet Lampe 9 auf. Klarer Fall: Fiffi kriegt sein Essen und läßt den Magensaft fließen.

Wenn Sie nun obendrein die Glocke läuten lassen und S_9 verstellen (aber gleichzeitig mit So!), dann leuchtet beim Druck auf den Taster nicht nur die Anzeige für den Magensaft auf, sondern auch Lampe O. „Lernvorgang!“ lesen Sie da, „ S_3 stellen!“. Das müssen Sie nun auch bitte tun, denn das ist der erste Lernimpuls, der sich in Fiffi festsetzt.

Wir haben uns gedacht, daß unser elektronischer Hund vier solche Lernvorgänge braucht - dann kann er's. Nach dem vierten Mal brauchen Sie nur noch die Glocke zu läuten und S_9 zu verstellen. So darf auf x stehen bleiben, der Magensaft läuft auch so. Fiffi hat's gelernt!

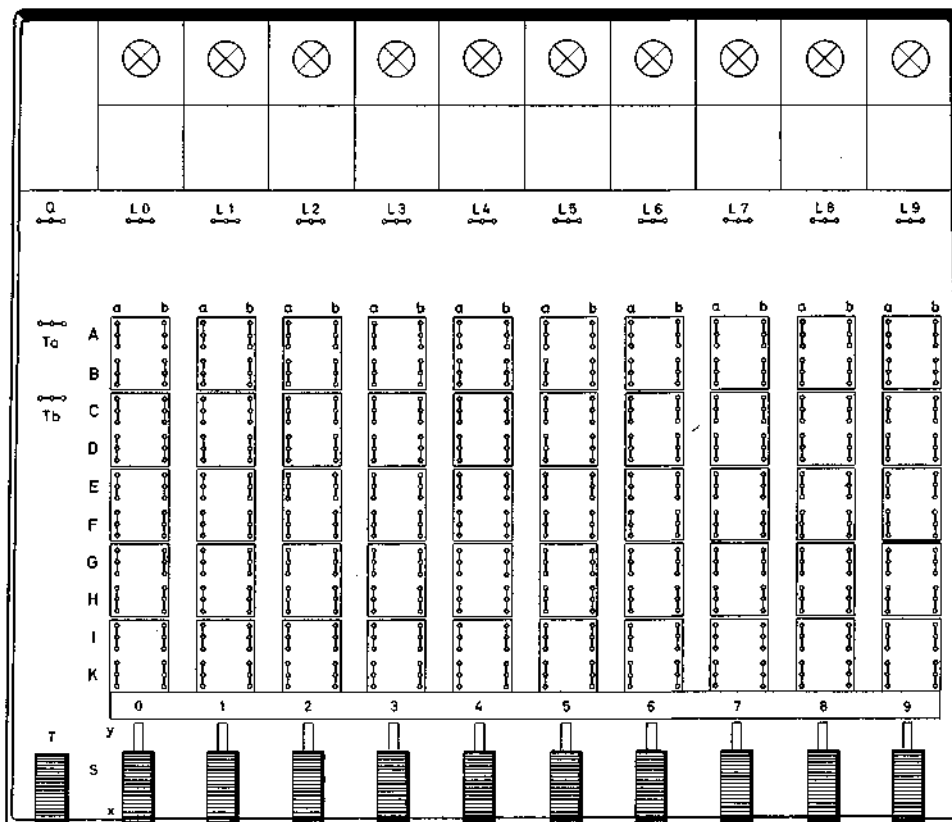
Anders gesagt: Unser LOGIKUS hat etwas gelernt. Imponierend, nicht wahr?

Machen Sie mit?

Die Frage ist: Wie geht es nun weiter? Sie haben den LOGIKUS jetzt von allen Seiten kennengelernt; Sie wissen, wie er funktioniert und wie - vor allem - verschiedene Aufgaben programmiert werden können. Sie sind jetzt ein Fachmann.

Ganz bestimmt werden Sie jetzt selbst zu programmieren beginnen, werden neue Spiele, neue logische Probleme, neue Rechenmethoden ausdenken und auf dem LOGIKUS durchprobieren.

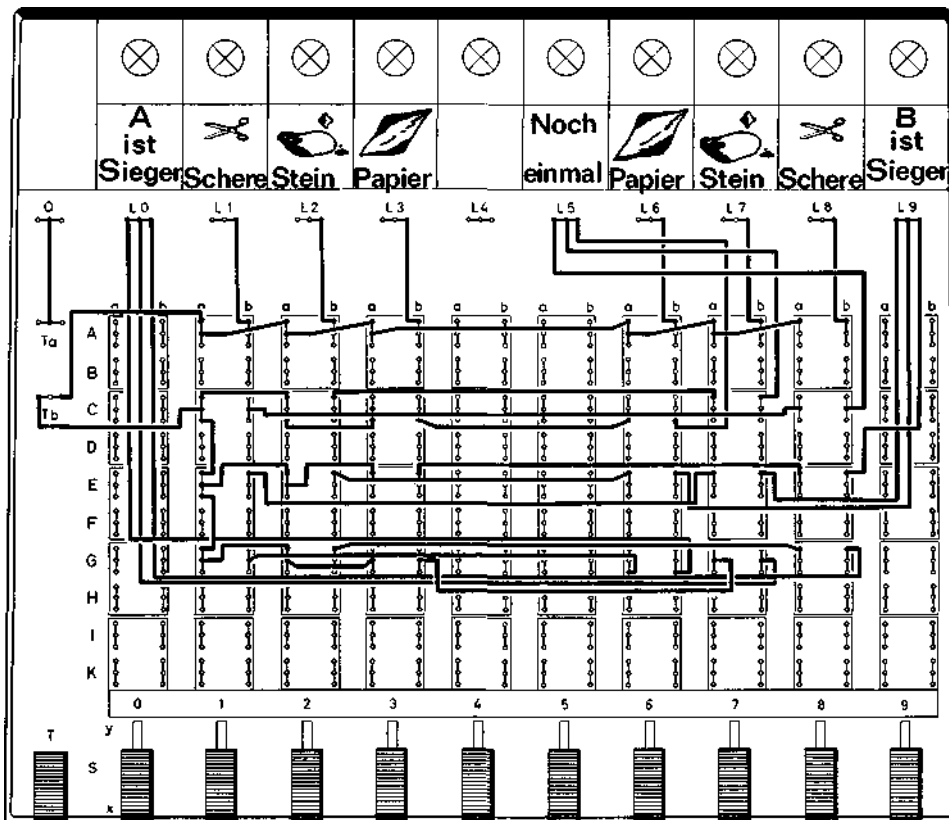
Wollen Sie uns dann mitteilen, was Sie sich ausgedacht haben? Auf Seite 93 finden Sie ein vorgedrucktes, leeres Programmierfeld. Dort können Sie die Verdrahtung Ihres Programms einzeichnen. Schicken Sie uns das Blatt! Vielleicht können wir es in eine neue Auflage des LOGIKUS-Handbuchs mit hineinnehmen? Natürlich muß sich der KOSMOS-Lehrmittelverlag (7000 Stuttgart 1, Postfach 640) vorbehalten, welche der eingesandten Programme er veröffentlicht. Aber jeder, dessen Programm abgedruckt wird, erhält dafür einen Band der neuen, erweiterten Auflage des LOGIKUS-Experimentierbuches kostenlos zugesandt. Damit Sie sich ein Duplikat der eingesandten Schaltung anfertigen können, drucken wir nachstehend nochmals ein leeres Programmierfeld ab.



Um Sie zu ermuntern, möchten wir hier schon einen solchen Vorschlag veröffentlichen, der uns kurz vor Redaktionsschluß dieses Handbuchs zuing. Es handelt sich um ein lustiges Knobelspiel - und was uns dabei am meisten freut, ist, daß der Einsender (er heißt Rainer Koller und wohnt in Erlangen), bisher schon ein eifriger Experimentator mit KOSMOS-Lehrmittelkästen, erst zwölf Jahre alt ist.

Das Knobelspiel

Spieler A hat links die drei Schalter S_1 bis S_3 , Spieler B rechts S_6 bis S_8 . Beide decken ihre Schaltschieber zu. Dann verstellen Sie jeweils einen von x nach y. Drückt man jetzt den Taster, so sieht man, wer gewonnen hat (oder, daß es unentschieden ausgegangen ist). Das Spiel folgt den uralten Knobel-Regeln: Die Schere ist dem Papier überlegen, denn sie schneidet es. Das Papier gewinnt gegen den Stein, denn es kann ihn einwickeln. Der Stein ist mehr wert als die Schere, denn sie wird erst durch ihn geschärft.



Üblicherweise knobelt man auf diese Weise ja mit Faust (Stein), Handfläche (Papier) und Fingern (Schere). Elektronisch ist es weit reizvoller, da hat Rainer Koller recht.

Name:

Anschrift:

Datum:

		L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
Ta	a										
	b										
Tb	A										
	B										
	C										
	D										
	E										
	F										
	G										
	H										
	I										
	K										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T											
S											
x											

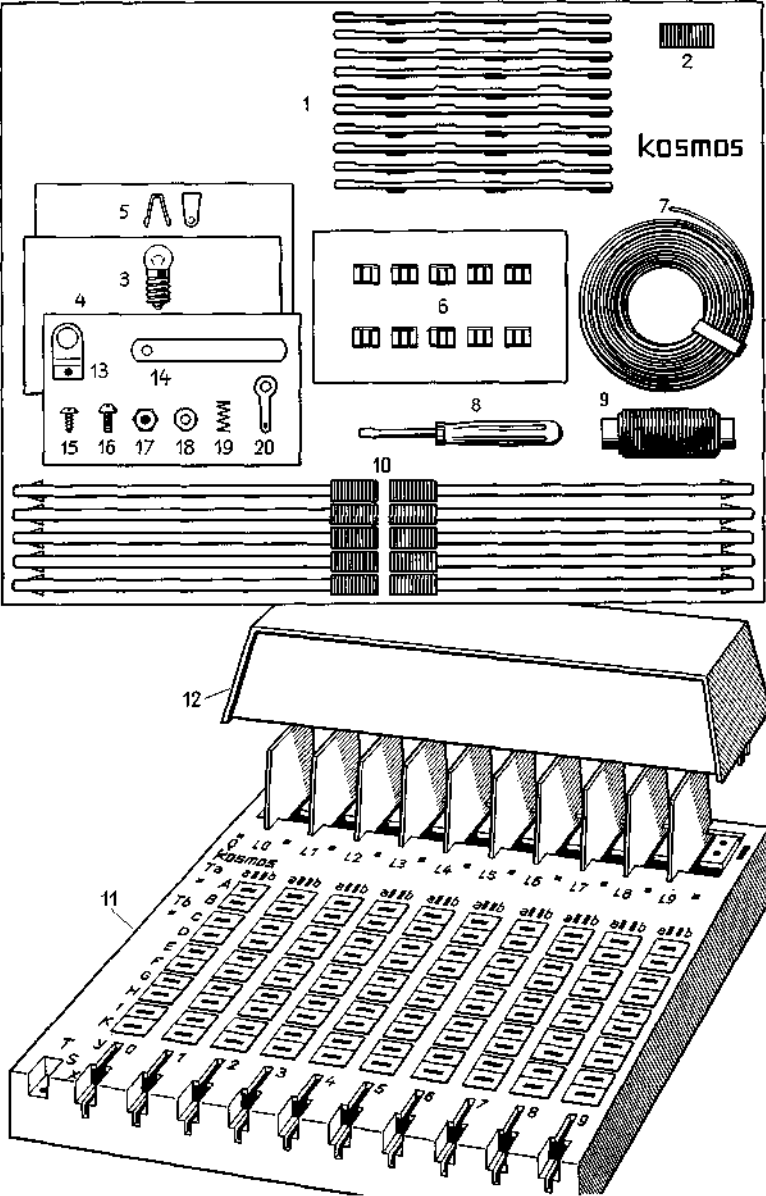
Bemerkungen:



Anhang

- 1. Einzelteile des Spielcomputers LOGIKUS**
- 2. Anleitung zum Aufbau**
- 3. Stichwortverzeichnis**
- 4. Inhaltsverzeichnis**

1. Einzelteile des Spielcomputers LOGIKUS



Teil	Best.-Nr.
1. Zehn Klemmbügel . . . . .	.62-1504.7
2. Tasterknopf. . . . .	.62-1505.7
3. Packung Glühlämpchen 3,8/0,07. . . . .	.62-1501.3
4. Beutel L mit Kleinteilen *). . . . .	.62-1501.2
5. Beutel Schieberfedern. . . . .	.62-1503.2
6. Beutel Schaltfedern. . . . .	.60-0030.2
7. Ring Schaltdraht 0,8 0. . . . .	.60-0012.6
8. Schraubenzieher. . . . .	.00-0035.6
9. Rolle Verbindungsdraht . . . . .	.60-0014.2
10. Zehn Schieber. . . . .	.62-1503.7
11. Schaltergehäuse. . . . .	.62-1501.7
12. Anzeigengehäuse. . . . .	.62-1502.7
Anleitungsbuch. . . . .	.62-1561.6
Satz Ausschneidebogen. . . . .	.62-1501.6

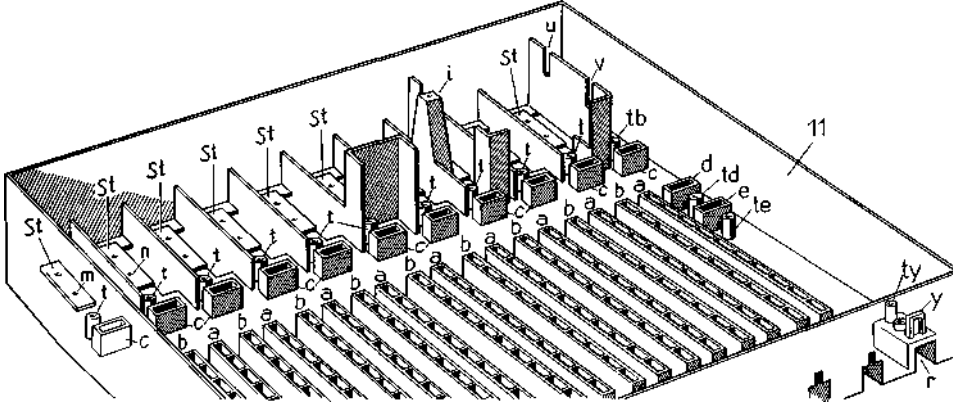
*) Inhalt des Beutels L:

13. Zehn Lämpchenhalterungen
14. Batteriehaltebügel
15. Vierzig Montageschrauben
16. Zwei Halbrundschrauben M 3X6
17. Zwei Sechskantmuttern M 3
18. Messingscheibe
19. Zwei Druckfedern
20. Fünfzehn Lötösen

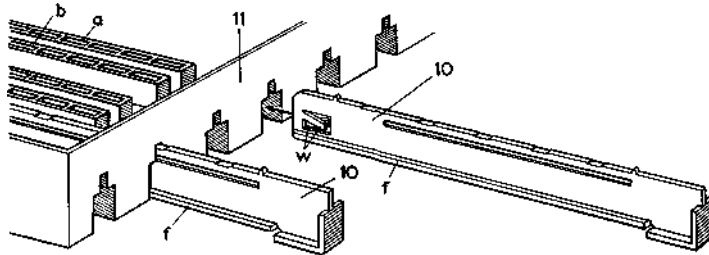
In Verlust geratene Teile können beim örtlichen Fachhandel oder direkt vom Verlag nachbezogen werden - von letzterem jedoch nur bei einer Auftragshöhe ab DM 5.-.
Bei Ersatzteilbestellungen bitte stets die Bestellnummer angeben bzw. Bestellschein verwenden!

Im Zuge der Modernisierung der Fabrikationsmethoden kann sich die äußere Form der abgebildeten Einzelteile ändern. Der Inhalt der Fächer entspricht jedoch der Aufstellung.

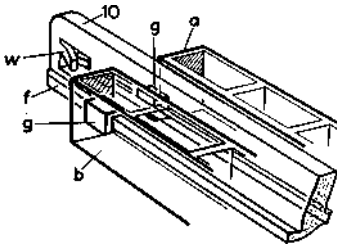
2. Anleitung zum Aufbau



Zum Zusammenbau des LOGIKUS legen wir zunächst das Schaltergehäuse 11 mit der Innenseite nach oben so vor uns hin, wie es die obige Abbildung zeigt. Dann



schieben wir nacheinander alle zehn Schieber 10 in der gezeichneten Lage ein, so daß jeder Schieber zwischen zwei Reihen von je zehn Rechteck-Näpfchen a und b liegt.



Jede dieser Reihen schließt mit einer vorspringenden Klammerhälfte g ab. So wird jeder Schieber von zwei Klammerhälften g gehalten, die über den Fußteil ff des Schiebers 10 greifen.

Beim Einschieben drücken sich die am Schieberanfang herausragenden, pfeilförmig angebrachten Widerhaken w etwas zusammen und schnappen wieder auseinander, wenn der Schieber 10 ganz eingeschoben ist. Die Schieber können jetzt nur noch ein kleines Stück hin- und hergeschoben, aber nicht mehr herausgezogen werden.

Nun kommen die Schaltfedern 6 an die Reihe. Sie sind die empfindlichsten Teile des LOGIKUS und dürfen nicht verbogen werden, weil sonst ihre drei Federkrallen den genau berechneten Kontaktdruck verlieren. Deshalb ist notwendig, den Zusammenbau des LOGIKUS genau nach dieser Anleitung durchzuführen; denn nur dann ist Gewähr gegeben, daß die Schaltfedern beim Einbau nicht beschädigt werden.

Vor dem Einsetzen betrachten wir einmal eine einzelne Schaltfeder 6. Sie hat an der Stelle, wo die mittlere Federkralle beginnt, eine kleine Zunge z, die etwas gegen den gegenüberliegenden flachen Federteil gespreizt ist. Beim Einsetzen schnappt

diese Zunge in das Ende k einer Kerbe und verhindert so das Herausfallen der Schaltfeder 6, wenn wir das Schaltergehäuse später wieder umdrehen.

Wie auf der Abbildung gezeigt ist, sollen die glatten Außenseiten der Schaltfedern 6 jeweils dem Schieber 10 zugewandt sein und ein Stück zwischen Schieberfuß f und Außen-

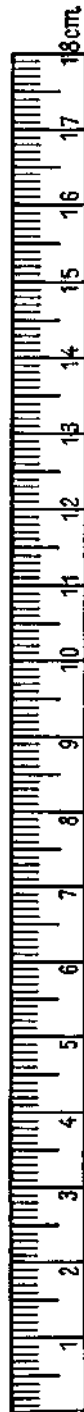
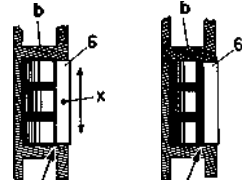
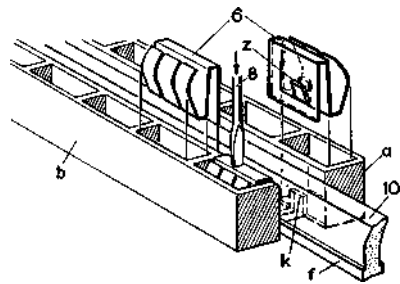
wand der Reihen a bzw. b ragen, wenn sie ganz eingesetzt sind. Nach dem Einsetzen jeder Schaltfeder wird diese von oben mit der Klinge des Schraubenziehers 8 fest eingedrückt (siehe vorige Abbildung), bis man das Einrasten der Zunge z hört. Manchmal gleitet die Zungenkante am seitlichen Rand der Kerbe k entlang und rastet erst ein, wenn die Schaltfeder nach dem Einsetzen ganz wenig in ihrem Näpfchen hin- und hergeschoben wird, wozu man den Schraubenzieher wieder auf die Stelle x (nächste Abbildung) drückt und mehrmals etwa 1/2 mm in Richtung des Doppelpfeils hin- und herbewegt, so daß die Feder mit hin- und hergeschoben wird. Die Abbildung zeigt links, wie eine nicht eingerastete Schaltfeder aussieht (die mit dem Einzelpfeil bezeichnete Lücke lü ist ganz schmal), und rechts, wie die Lücke lü aufspringt, sobald die Zunge eingerastet hat.

Rastet eine Schaltfeder trotz aller Bemühungen nicht ein, so lassen wir sie vorläufig stecken und gehen zum Einsetzen der nächsten über. Wir stecken Schaltfedern zunächst nur in alle Näpfchen-Reihen a und b längs der Schieber und lassen die einzelnen Näpfchen außen herum noch leer.

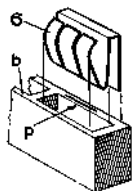
Zur Prüfung, ob alle Schaltfedern in den Reihen a und b richtig sitzen, stellen wir das Schaltergehäuse richtigerherum vor uns hin und stechen mit einem Prüfdraht, dessen Anfertigung anschließend beschrieben wird, in jedes mittlere der kleinen, zu Dreiergruppen angeordneten Löcher.

Der Prüfdraht wird von der Rolle Schaltdraht 7 (blaue Isolation) in einer Länge von 11 cm abgeschnitten und an einem Ende genau 11 mm lang abisoliert. Das blanke Ende soll ganz gerade sein und wird jedesmal ganz bis zum Anfang der Isolation senkrecht von oben in das betreffende Löchlein gesteckt.

Wurde der Prüfdraht in jedes der Mittellöcher einmal kurz eingesteckt, drehen wir das Schaltergehäuse wieder um und sehen nach, ob Schaltfedern herausgefallen sind oder weit hochgeschoben wurden. Diese Schaltfedern nehmen wir dann heraus, legen sie vorerst beiseite, setzen in die jetzt freigewordenen Näpfchen neue Schaltfedern ein und prüfen deren Sitz wieder mit dem Prüfdraht. Fallen dabei wieder welche heraus und sind keine unbenutzten Schaltfedern mehr vorhanden, so biegen wir bei ihnen mit der Klinge des Schraubenziehers 8 oder einem kleinen Taschenmesser die Zunge z etwas weiter heraus (siehe nebenstehende Abbildung) und setzen sie abermals ein.

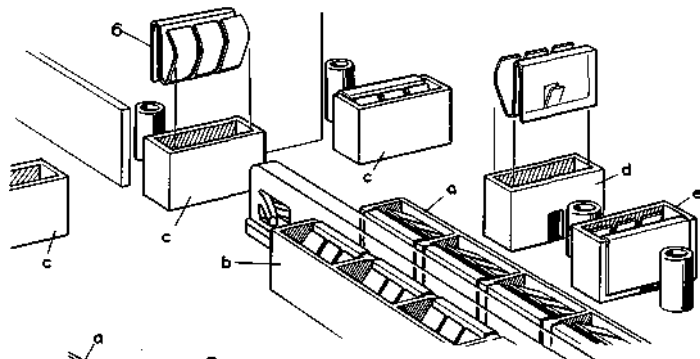


In ganz hartnäckigen Fällen, wenn die Zunge sich beim Einsetzen versehentlich so verbogen hat, daß sie nicht mehr mit Erfolg ausgerichtet werden kann, bestreichen wir den einen Rand des Näpfchens mit ganz wenig Alleskleber (z. B. Uhu aus der gelben Tube), wo es auf der nebenstehenden Abbildung mit p gekennzeichnet ist.

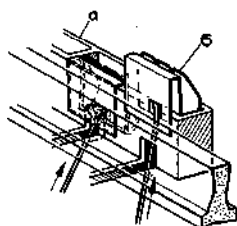


Dann müssen wir nach dem Einsetzen allerdings etwa zwei Stunden warten, ehe wir den Sitz mit dem Prüfdraht kontrollieren dürfen.

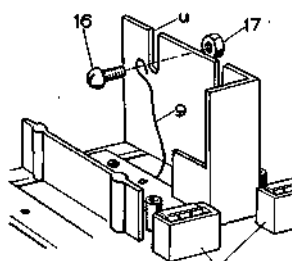
Die übriggebliebenen Schaltfedern setzen wir anschließend in die elf Rechteck-Näpfchen, die auf der nächsten Abbildung mit c bezeichnet sind. Sie brauchen nicht einzurasten, weil sie später mit einer fest-



geschraubten Lötöse gehalten werden. Dasselbe gilt für die beiden Schaltfedern, die in die Näpfchen d und e gesteckt werden. (Die Lage der Näpfchen c, d und e zeigt auch das erste Bild dieser Aufbauanleitung.)

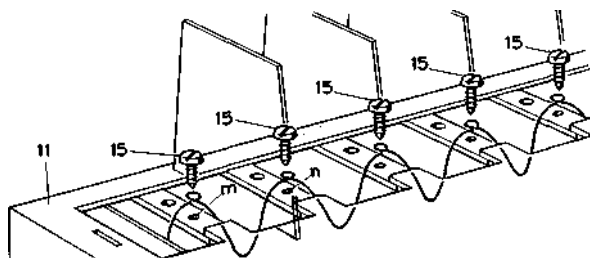


Sollen aus irgendeinem Grund später einmal Schaltfedern aus Näpfchen der Reihen a und b entnommen werden, so lassen sie sich ganz leicht entnehmen, wenn man mit einem starken Draht oder einer Stopfnadel von der Oberseite des Schaltergehäuses her schräg in die Schlitz zwischen den Mittellöchern fährt, wie es nebenstehende Abbildung zeigt.



Als nächstes schneiden wir vom Verbindungsdraht 9 (rot) ein 90 cm langes Stück ab und befreien es auf der ganzen Länge von seiner Isolation (vorsichtig einkerben ohne den Draht zu verletzen und stückweise herunterziehen).

Dann schlingen wir sein eines Ende so um eine Halbrundschaube 16, wie es die Abbildung zeigt, und schrauben die Halbrundschaube anschließend mit einer Sechskantmutter 17 in Kerbe u fest (Halbrundschaube 16 mit Schraubenzieher 8 festziehen).



Jetzt drehen wir das Schaltergehäuse um und schrauben in die zehn Löcher, die so liegen wie Loch m und n auf der Abbildung, je eine Montageschraube 15 ein Stück weit ein, ziehen sie aber noch nicht fest.

Anschließend fädeln wir den blanken Draht von Kammer

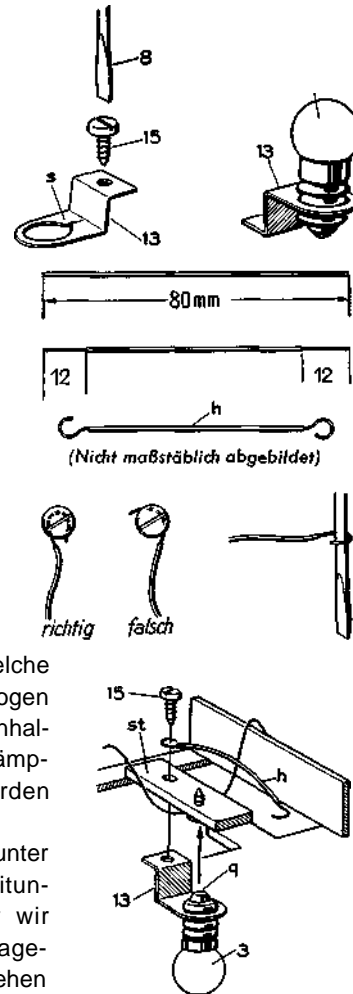
zu Kammer, wobei wir ihn jedesmal in der gezeichneten Richtung, also gegen den Uhrzeigersinn, um die in der betreffenden Kammer befindliche, noch nicht ganz eingeschraubte Schraube schlingen (würde er anders herumgeschlungen, könnte er beim Festschrauben abreißen), die wir dann vorsichtig festziehen. Dabei soll die Schraube, die sich beim Einschrauben ihr Gewinde selbst in den Kunststoff schneidet, nicht überdreht werden. Nachdem die letzte der zehn Schrauben festgezogen ist, schneiden wir das überstehende Drahtende ab.

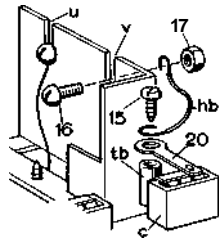
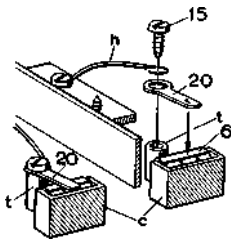
Die Lämpchenhalterungen 13 werden wie folgt einzeln vorbereitet: Zuerst schrauben wir eine Montageschraube 15 von der auf der Abbildung gezeigten Seite etwa halb in das kleine Loch. Die erste Umdrehung geht etwas schwer. Sie dient dazu, das Gewindeloch der Schraube genau anzupassen, damit sie sich später ohne Mühe montieren läßt. Die Schraube wird wieder herausgeschraubt und nun wird ein Glühlämpchen 3 probeweise in das große Loch der Lämpchenhalterung eingeschraubt. Geht das nicht leicht genug, so muß der Schlitz s mit dem Schraubenzieher etwas aufgebogen werden (Schraubenzieher in den Schlitz greifen lassen und verdrehen). Wenn sich das Glühlämpchen mühelos ein- und ausschrauben läßt, ist die Lämpchenhalterung fertig vorbereitet.

Nun werden zehn je 8 cm lange Stücke vom Verbindungsdraht 9 (rot) abgeschnitten und an beiden Enden je 12 mm lang abisoliert. Die blanken Enden werden um den Schraubenzieher zu Ösen gebogen, so daß wir zehn Verbindungsleitungen h erhalten.

Nachdem wir das Schaltergehäuse wieder mit der Innenseite nach oben vor uns hingelegt haben, stecken wir durch eine Öse einer der zehn vorbereiteten Verbindungsleitungen h eine Montageschraube 15, die dann durch das noch offene Loch des ersten Steges St gesteckt und in das unter den Steg gehaltene kleine Loch einer Lämpchenhalterung 13 geschraubt wird. Das Glühlämpchen 3 soll dabei nur soweit eingeschraubt sein, daß sein Mittelkontakt q die bereits von vorhin im Steg befindliche Schraube gerade berührt. Das Glühlämpchen soll erst ganz festgeschraubt werden, wenn die Montageschraube 15, welche die Lämpchenhalterung befestigt, zuvor kräftig angezogen wurde. Damit soll erreicht werden, daß die Lämpchenhalterung auch während eines eventuellen späteren Lämpchenwechsels nicht lose wird. Auf diese Weise werden jetzt alle zehn Lämpchen montiert.

Anschließend führen wir die mit ihrem einen Ende unter den Halteschrauben eingeklemmten Verbindungsleitungen h zur jeweils nächstliegenden Tülle t, in der wir sie zusammen mit einer Lötöse 20 mittels einer Montageschraube 15 so befestigen, wie es auf dem Bild zu sehen



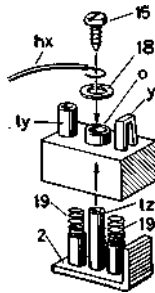
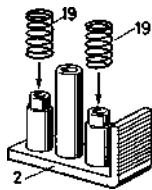


ist. Da die Tüllen *t* etwas niedriger sind als die Rechteck-Näpfchen *c*, drücken die Lötösen 20 fest auf die Oberkante der in den Rechteck-Näpfchen *c* steckenden Schaltfedern 6 und stellen so die elektrische Verbindung zwischen Lämpchenhalterungen und zugehörigen Schaltfedern her. Zum Anschluß des zweiten Batteriepolos fertigen wir noch eine elfte Verbindungsleitung *h* an (die auf der Abbildung mit *hb* bezeichnet ist).

Sie wird mit ihrer einen Öse - wie auf der Abbildung gezeigt ist - zusammen mit einer Lötöse 20 mittels einer Montageschraube 15 in der Tülle *tb* festgeschraubt, so daß die Lötöse mit ihrem freien Ende auf die zugehörige Schaltfeder im letzten Rechteck-Näpfchen *c* drückt und damit die leitende Verbindung herstellt. (Die Drahtöse kommt wieder zwischen Schraubenkopf und Lötöse.)

In den Schlitz *v* wird eine Halbrundscharbe 16 gesteckt, die von der anderen Seite mit einer Sechskantmutter 17 gehalten wird, unter welche wir die Öse des noch freien Endes der Verbindungsleitung *hb* einklemmen, bevor wir die Halbrundscharbe 16 endgültig mit dem Schraubenzieher festziehen.

Die Tastermontage beginnt mit dem Aufstecken der zwei Druckfedern 19 auf die beiden kurzen Zapfen des Tasterknopfes 2. Die Druckfedern lassen sich leicht aufstecken, wenn man sie dabei etwas dreht, als müßten sie aufgeschraubt werden.



Als nächstes bereiten wir die Verbindungsleitung *hx* vor, indem wir ein 18 cm langes Stück vom Verbindungsdraht 9 (rot) abschneiden, an beiden Seiten je 12 mm lang abisolieren und die blanken Enden zu Ösen biegen.

Dann drücken wir den Tasterknopf 2 in die für ihn im Schaltergehäuse 11 vorgesehene Aussparung, die auf der ersten Abbildung dieser Zusammenbau-Anleitung mit *r* bezeichnet ist, so daß sein langer Zapfen *tz* durch das Loch *o* ragt.

Mit einer Montageschraube 15, die in das Loch des langen Zapfens *tz* geschraubt wird, befestigen wir eine Messingscheibe 18, die dafür sorgt, daß der Tasterknopf nicht wieder ganz herausfallen kann, wobei wir das eine Ende der Verbindungsleitung *hx* so mit einklemmen, wie es auf der Abbildung gezeigt wird, und prüfen, ob sich der Tasterknopf nun wie ein Klingelknopf drücken läßt.

Das freie Ende der Verbindungsleitung *hx* wird unter eine Montageschraube 15 geklemmt, die wir in das Loch der Tülle *td* schrauben, wobei eine Lötöse 20 mit angeschraubt wird, welche die Verbindung zur im Rechteck-Näpfchen *d* steckenden Schaltfeder 6 herstellt (siehe Abbildung auf Seite 99 oben).

Anschließend bereiten wir die Verbindungsleitung *hy* vor, indem wir ein 15 cm langes Stück vom Verbindungsdraht 9 (rot) abschneiden, an beiden Seiten je 12 mm lang abisolieren und die blanken Enden zu Ösen biegen.

Diese Leitung soll von der Tülle ty zur Tülle te führen. Jedesmal wird das Leitungsende zusammen mit einer Lötöse 20 mittels einer Montageschraube 15 angeschraubt.

Die in der Tülle ty befestigte Lötöse 20 dient als Widerlager für den Tasterkontakt und ist deshalb unter den Bügel y geschoben.

Jedesmal, wenn der Taster gedrückt wird, berührt der Kopf der Montageschraube, mit welcher die Leitung hx an den Tasterknopf angeklemmt ist, die an der Tülle ty befestigte Lötöse und stellt so den Kontakt zwischen den Leitungen hx und hy her.

Das in der Tülle te angeklemmte Ende der Leitung hy bekommt über die mit eingeklemmte Lötöse Kontakt mit der Schaltfeder 6, die im Rechteck-Näpfchen e steckt.

Die Montage der Schieberfedern 5 ist ganz einfach: Jeder Schieber 10 hat fünf flache Einsattelungen sl, auf denen je eine Schieberfeder 5 sitzen soll. (**Achtung**, übereinandersitzende Schieberfedern müssen zuvor getrennt werden.) Beim Aufsetzen der Schieberfedern drücken wir sie nur ganz vorsichtig etwas zusammen, damit sie sich nicht verbiegen; denn sie sollen sich ja mit einem gewissen Druck zwischen die glatten Außenflächen von zwei sich jeweils

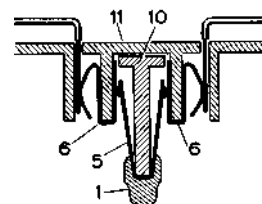
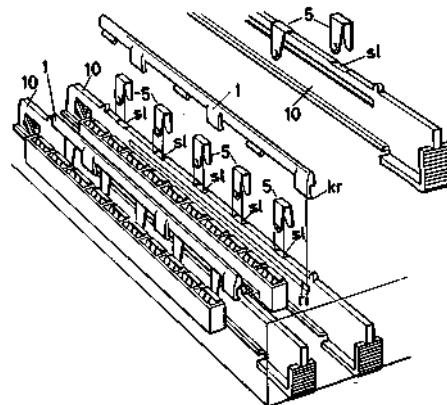
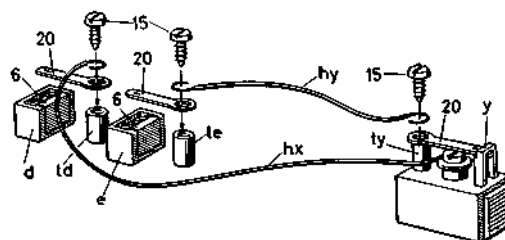
gegenüberliegenden Schaltfedern einspreizen (evtl. vorher etwas aufbiegen). Jede Schieberfeder verbindet also immer eine Schieberfeder der Reihe a mit der ihr in Reihe b gegenüberliegenden.

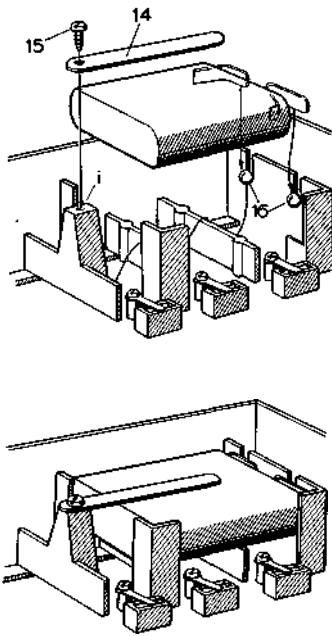
Damit die Schieberfedern auch dann auf den Schiebern sitzen bleiben, wenn diese betätigt werden, kommt nach dem Aufsetzen der Schieberfedern auf jeden Schieber noch ein Klemmbügel 1, der mit seinen Krallen kr in die auf beiden Schieberseiten befindlichen Rillen ri einschnappt. Die nächste Abbildung zeigt nochmals, wie zwei sich gegenüberliegende Schaltfedern durch die Schieberfeder elektrisch verbunden werden.

Durch Betätigen des Schiebers verschieben sich natürlich auch die Schieberfedern mit und verbinden dann andere Schaltfedernpaare als vorher. Hierauf wird im Text später noch näher eingegangen.

Die Glühlämpchen werden aus einer flachen Taschenlampenbatterie von 4,5 Volt (z. B. Daimon Nr. 215 oder Pertrix Nr. 201) gespeist.

Nachdem wir den Batterie-Garantiestreifen und die Kontaktschutz-Pappe entfernt haben, biegen wir die Anschlußstreifen der Batterie wie auf der Abbildung gezeigt ist: den langen Streifen biegen wir in seiner Mitte zurück, den kurzen etwas hoch, so daß jeder von ihnen gegen eine der beiden Halbrundschauben 16 drückt, wenn die





Batterie eingelegt ist. Am Herausfallen wird die Batterie durch den Batteriehaltebügel 14 gehindert, der mit einer in das Loch i geschraubten Montageschraube 15 befestigt ist.

Zum Batteriewechsel braucht diese Montageschraube nur etwas gelockert und der Batteriehaltebügel beiseite geschwenkt zu werden.

Selbstverständlich kann an Stelle der Batterie auch der KOSMOS-Experimentier-Transformator (Best-Nr. 12-1011.5) verwendet werden. In diesem Fall werden seine Anschlüsse 0 und 1, zwischen denen 4 Volt herrschen, über den Kabelsatz (Best.-Nr. 12-0010.2) mit den Halbrundschräuben 16 verbunden (blanke Enden jeweils auf der Seite unterklemmen, unter der sich noch kein Anschlußdraht befindet).

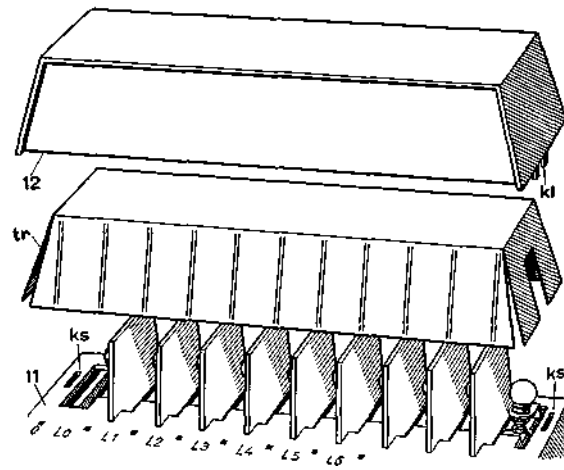
Wir können das Schaltergehäuse nun endgültig umdrehen. Zur Kontrolle, ob alle Lampen einwandfrei arbeiten, richten wir uns einen langen Prüfdraht her, indem wir ein 34 cm langes Stück vom blauen Schaltaht 7 abschneiden und an beiden Enden je 11 mm lang abisolieren. (Die blanken Enden sollen ganz gerade sein und dürfen nicht schief in die

Löcher gesteckt werden!) Diesen langen Prüfdraht stecken wir mit einem Ende in eines der drei Löcher, die mit Q bezeichnet sind. Das andere Ende stecken wir dann in eines der drei Löcher, die mit L₉ bezeichnet sind. Dabei muß die Lampe ganz rechts aufleuchten. Wir stecken dieses Ende nun nicht nur bei L₉, sondern nacheinander bei L₈, L₇ usw. bis L₀ ein, wobei jedesmal die zugehörige Lampe aufleuchten muß. Brennt eine Lampe nicht, so untersuchen wir, ob sie auch guten Kontakt mit der unter ihrem Mittelanschluß befindlichen Montageschraube hat. Führt auch das nicht zum Erfolg, können wir sie herausschrauben, die Batterie entnehmen, und sie so an die Batterieanschlußfedern halten, daß eine von diesen das Gewinde berührt, die andere den Mittelkontakt des Lämpchens. Auf diese Weise sehen wir, ob vielleicht das Lämpchen selbst einen Fehler hat.

Auch den Taster können wir probieren. Dazu stecken wir das eine Ende des Prüfdrahtes wieder bei einem beliebigen Lämpchen, z.B. bei L₉, ein und das andere Ende in eines der drei mit Tb bezeichneten Löcher. Dann nehmen wir den vorhin angefertigten kurzen Prüfdraht, machen ihn auch am anderen Ende 11 mm lang blank und stecken ihn mit seiner einen Seite in eines der drei Löcher bei Q. Mit seinem anderen Ende stecken wir ihn in eines der drei Löcher Ta. Jetzt muß, wenn wir den Taster T (links unten am Schaltergehäuse) drücken, die Lampe bei L₉ aufleuchten. Tut sie das nicht, so ist der Fehler in der Tastermontage zu suchen (nachsehen, ob die an den Tasterknopf geschraubte Montageschraube 15 mit ihrem Kopf auch wirklich die Lötöse 20 berührt, wenn der Taster gedrückt ist bzw. ob die Lötöse 20 auch richtig - wie auf der Abbildung für die Tastermontage - durch den Bügel y gesteckt wurde).

Nach dieser Überprüfung können wir das Anzeigegehäuse 12 auf das Schaltergehäuse 11 aufsetzen. Wir beachten dabei, daß seine Vorder- und Rückseite verschieden sind, es also nur in der richtigen Lage aufgesteckt werden kann, wobei seine

Klammern kl in die Klammerschlitzte ks einschnappen. Die Vorderseite des Anzeigegehäuses erkennen wir daran, daß seine Stirnfläche an allen Kanten etwas zurückgesetzt ist, während das bei der Unterkante der Rückseite des Anzeigegehäuses nicht der Fall ist. Außerdem achten wir darauf, daß der Raum unter den Klammerschlitzten frei von Leitungen ist, damit sich die Klammern nicht in Leitungen verhaseln können.

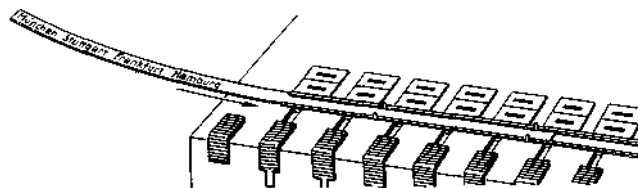


Das Anzeigegehäuse kann zum Einlegen der Transparentstreifen tr abgenommen werden. Die Transparentstreifen werden aus dem Satz Ausschneidebogen ausgeschnitten und so gefaltet, daß die bedruckte Seite innen liegt.

So ist der in Spiegelschrift aufgedruckte Text richtig von außen lesbar, wenn er durch ein im Anzeigegehäuse aufleuchtendes Lämpchen beleuchtet wird.

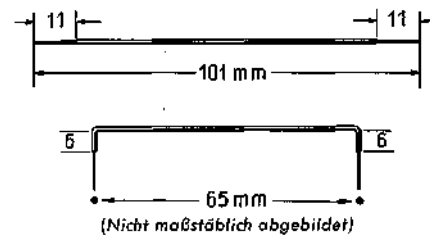
Auch die Transparentstreifen sind nicht symmetrisch, sondern rechts und links verschieden. Sie sind so einzulegen, daß sich der im schwarzen Seitenteil eingedruckte Kennvermerk (z. B. „Würfel“) von vorn gesehen an der rechten Seite befindet.

Die auf jedem Ausschneidebogen mit aufgedruckten schmalen Einschubstreifen kommen vorn bei den Griffteilen der Schieber in eine Rille, wie es auf der Abbildung gezeigt ist.



Für die Programmierung verwenden wir nur isolierten Schaltdraht, dessen Kupferseele 0,8 mm Durchmesser hat und wie er als Ring Schaltdraht 7 (blau) beigegeben ist. Der rote Verbindungsdraht 9 ist für diesen Zweck ungeeignet, weil er dünner ist und daher keinen guten Kontakt machen würde. Die richtigen Längen schneiden wir von Fall zu Fall, wie sie gerade benötigt werden, ab und machen sie immer an beiden Enden 11 mm lang blank. Um richtige Längen zu bekommen, merken wir uns, daß ein solcher Schaltdraht immer um 36 mm länger abgeschnitten werden muß, als die Entfernung der Löcher beträgt, die er verbinden soll, sonst ist er zu kurz. Ist er zu lang, so macht das natürlich nichts aus.

Als Beispiel zeigt die Abbildung, wie ein Draht aussieht, der zwei 65 mm voneinander entfernte Löcher verbinden soll.



— 3. Stichwortverzeichnis

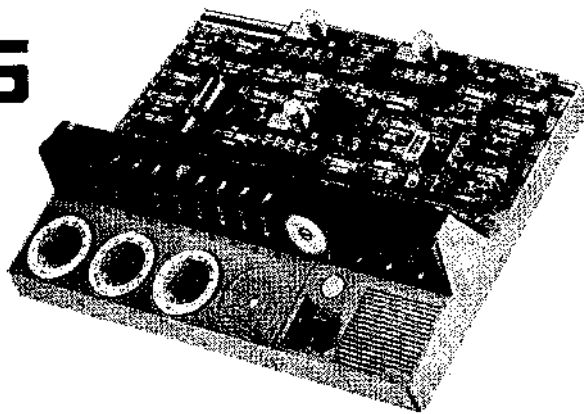
Addiermatrix	63	Oder-Schaltung	23, 26 ff, 30, 60
Antivalenz.	61, 73 ff	Optimieren.	15
Bense, Max.	5	Pawlow, Iwan Petrowitsch.	86
Binär.	69, 70, 71 ff	Pawlowscher Hund.	86
Computer.	5, 7, 9, 10, 16, 59	Programm.	17
Computer-Rechnen.	7	Programmieren.	7, 44
Daten-Ausgabe.	17	Programmierer.	43
Daten-Eingabe.	17	Programmiersfeld.	8, 77
Datenspeicher.	17	Programmspeicher.	17
Denkmaschine.	5, 32	Rechenwerk.	17
Deterministisch.	21	Rechnen durch Zuordnen	63, 65
Dezimal.	70	Reflex, bedingter.	87
Diagnosegerät	40, 41	Rücklauf.	85
Dual.	69 ff	Schalteinheit	5
Dualzahlen.	71, 85	Schalterelemente.	11 ff, 17
Einspeisekontakt	10	Schaltschieber.	8, 9, 11, 13
Elektronen.	10	Schaltstellung.	8, 11
Elektronenrechner	5, 7, 16, 17, 44	Schalttechnik.	7
Entweder-Oder-Schaltung.	61	Schaltung, optimierte.	15, 36
Erkennungsbaum, informations- theoretischer.	36	Schieberegister.	87
Intelligenz, instrumenteile ..	7, 66, 69	Spielcomputer.	7
Intelligenz, simulierte.	45	Steckverbindungen.	5
Kant, Philipp Emanuel.	23	Steinbuch, Prof. Dr. Karl.	3, 37
Komplement	84	Stochastisch.	21
Kybernetik	32	Taster.	8
Lampenfeld.	8, 17	Über-Optimierung.	54, 55
Leibniz.	75	Übersetzungsprogramm.	46 ff
Leitwerk	17	Umschalter.	8, 11 ff, 17
Linne, Carl v.	70	Und-Schaltung	23, 24 ff, 28 ff, 33, 59
Logik	7	Variable.	37
Mathematik, duale.	70, 71, 73 ff	Vel.	27
Matrix.	63 ff	Verzweigung.	36
Monte-Carlo-Methode.	19	Verzweigung, doppelte.	55
Negationsglieder.	49 ff, 60, 73	Zehnersystem.	70
		Zufallszahlen-Generator.	19
		Zuordnen.	41 ff
		Zweiersystem.	70 ff
		Zwölfersystem.	70

4. Inhaltsverzeichnis

Zum Geleit	3
Die Vorbemerkung	5
ERSTER TEIL: Die Spiele	7
1. Lampen und Schaltschieber	8
2. Das Programmierfeld	8
3. Die Schalterelemente	10
4. Experiment Nummer eins	12
5. Ein Leuchtband läuft	13
6. Jetzt wird gewürfelt	14
7. Der Aufbau eines Computers	16
8. Die Würfelmaschine	18
9. Das Fußballspiel	19
Die erste Zwischenbemerkung	21
ZWEITER TEIL: Die Logik	23
1. Und und Oder	23
2. Der Flug ist ausgebucht - mit Und-Schaltungen	24
3. Der ausgebuchte Flug - mit Oder-Schaltungen	26
4. Jetzt wäre die Fluggesellschaft zufrieden	28
5. Dreißig Zeilen Kybernetik	32
6. Wir spielen Fangen	32
7. Wie wird das Wetter ?	34
8. Ein verzweigtes System	36
9. Ein Problem für den grünen Plan	38
10. Onkel Doktor LOGIKUS	40
11. Das Geheimnis heißt „Zuordnen“	41
12. Was ist rot und grün?	42
13. Von Regengüssen und Regenschirmen	44
14. Wie man so tut, als ob man denkt	44
15. Eine Übersetzungsmaschine	46
16. Das Rätsel um Herrn Müller und Herrn Maier	48
17. Neu: Die Negationsglieder	49
18. Die Über-Optimierung	54
19. Das Spiel mit Katz und Maus	55
Die zweite Zwischenbemerkung	57
DRITTER TEIL: Der Computer	59
1. Ein kleiner Rechenautomat	59
2. Entweder - oder: die Antivalenz	61
3. Der Rechenautomat wird komplizierter	62

4. Addieren durch Zuordnung	63
5. Rechnen, das kein Rechnen ist	64
6. Mit dem Zählen fängt's an.	65
7. Wie intelligent ist eine Maschine?.	66
8. Schraubenzieher.	00-0035.6
9. Binäre Automaten.	69
10. Duale Mathematik.	70
11. Schaltergehäuse.	62-1501.7
12.... und zurück ins Dezimalsystem.	72
13. Wie rechnet man mit O und L?.	74
14. Wir addieren dual.	75
15. Zuerst mit einer Stelle.	77
16. Dann mit zweien.	77
17. Eine Mammutschaltung wird programmiert	78
18. Warum nicht noch mehr Stellen?.	83
19. Und subtrahieren kann er auch.	84
Die Schlußbemerkung	86
Machen Sie mit?.	91
Das Knobelspiel.	92
ANHANG	95
1. Einzelteile des Spielcomputers LOGIKUS.	96
2. Anleitung zum Aufbau.	98
3. Stichwortverzeichnis.	107

kosmos



Elektronik erobert die Welt

Verzichten Sie nicht darauf, unsere heutige Welt zu verstehen und sich darin zurechtzufinden! Erleben Sie die Welt der Elektronik, Radio-, Regel- und Steuerungstechnik in eigenhändig durchgeführten spannenden Experimenten, mit dem Lehrgang „Telekosmos-Praktikum“ von Ing. (grad.) Heinz Richter.

KOSMOS-Elektronik-Labor X

Grundkasten XG

Superzusatz XS

Ergänzungskasten XR

Grundkasten XG mit Experimentierbuch Einführung in die allgemeine Elektronik sowie über 80 Versuche zur Radiotechnik und Photo-Elektronik. Großraum-Schaltpult mit 10 Umschaltern, 2 Tastern, herausnehmbarer Lautsprecher-Box und allem nötigen Material, wie z. B. dynamischer Lautsprecher, Transformator, logarithmisches Potentiometer, Drehkondensator, Spule, Kondensatoren, Widerstände, Diode, Photowiderstand, Transistoren (davon ein für HF geeigneter Silizium-Planar-npn-Typ), Galvanometer usw. Es werden Radioempfangsschaltungen vom Diodenempfänger bis zum Lautsprechgerät mit HF-Verstärkung sowie Zeitschalter, Lichtschranken, Regenwamer, Einbruchsalarmanlagen, Multivibratoren, Geräuschanzeiger, automatischer Radiowecker, Morseübungsgerät, Pflanzen-Überwachungsgerät und

vieles andere mehr gebaut und außerdem noch Kennlinien aufgenommen und elektronische Meßschaltungen verwirklicht.
Grundkasten XG Bestell-Nr. 61 -4311.1.

Super-Zusatz XS

Ergänzungskasten zum Grundkasten XG erlaubt weitere 80 interessante Versuche und den Bau größerer Geräte der Unterhaltungselektronik bis zum 5-Transistor-Radio-Super mit Schwundregelung und Gegentakt-Endstufe.
Superzusatz XS Bestell-Nr. 61 -4411.1.

Ergänzungskasten XR

Elektronische Regel- und Steuerungstechnik

Dieser Ergänzungskasten zum Grundkasten XG (XS nicht erforderlich) erlaubt mehr als 200 Versuche mit 34 besonders reizvollen und interessanten Schaltungen, z. B. licht- und schallbeeinflussbare Steuerungen für Haushaltgeräte, elektronisches Fieberthermometer, Thermostate, Feuer- und Frostwarngeräte, elektronische Briefwaage mit 7-Transistor-Schaltung, Reaktionszeittester und Uhrenprüfgerät, Schaltungen der Auto-Elektronik, Programmsteuerung, logische Schaltungen aus der Computertechnik u. a.
Ergänzungskasten XR Bestell-Nr. 61 -4511.1.

Jeder Kasten enthält das zugehörige Lehrbuch. Die Zusatzkästen können unabhängig voneinander verwendet werden. Keiner der beiden Zusatz-Kästen setzt den anderen voraus; es ist jedoch notwendig, daß man den Grundkasten XG und damit das Schaltpult (s. Abb.) besitzt.

Verlangen Sie den ausführlichen kostenlosen Farbprospekt N 61-43.

kosmos -Lehrmittelverlag • 7000 Stuttgart 1 • Postfach 640

Für Experiment und Hobby KOSMOS Netzanschlußprogramm

Wie können Besitzer des Elektronik- Labors X ihre Schaltungen mit dem Netzsteuergerät erweitern?

KOSMOS-Experimentier-Transformator

Bei vielen Versuchen lassen sich die Taschenlampenbatterien durch den Experimentier-Transformator ersetzen. Er ist zum Anschluß an 220 V Wechselstrom geeignet. An den vier Anschlußbuchsen (für Miniaturstecker passend) können 2,3/4/6,3 V (max. 1,2 A) sowie 17,7/20/24 V (max. 0,3 A) abgenommen werden. Gesamtlast jedoch nicht über 12 VA. Drei automatische Überlastungssicherungen sind eingebaut. Der Transformator ist vollisoliert, wärme- und unzerbrechliches Kunststoffgehäuse. Größe: 100X76X51 mm.

Best.-Nr. 12-1011.1

KOSMOS-Experimentier-Gleichrichter

Zusammen mit dem Transformator besonders für alle KOSMOS-Elektro-Kästen geeignet. Eingang bis zu 25 V Wechselstrom; Abgabe maximal 1,2 A Gleichstrom. Unzerbrechliches Kunststoffgehäuse 100X54X51 mm.

Best.-Nr. 12-1511.1

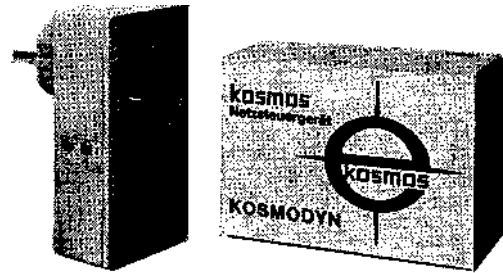
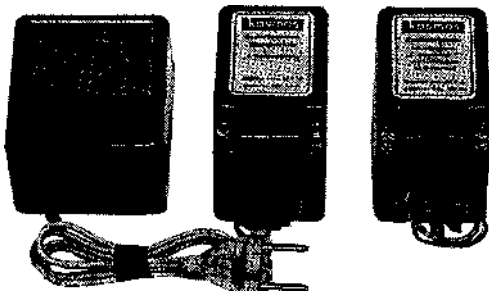
KOSMOS-Radiosiebplatte

Zum Experimentiertransformator passend. Ideale Stromversorgung für Radiobastler. Speziell für die Verwendung mit dem KOSMOS-Lehrspielzeug Radiomann, den Zusätzen NF bzw. HF sowie der Röhre EF 98 geeignet. Liefert bei Speisungen mit 4, 6,3 oder 17,7 V Wechselstrom geglätteten Gleichstrom von 1 bis 150 mA bei 4 bis 24 V für Transistorversuche usw. Unzerbrechliches Kunststoffgehäuse 100X54X51 mm.

Best.-Nr. 12-2020.1

Kabelsatz zum Netzanschlußprogramm

Best.-Nr. 12-0010.2



Wer den Grundkasten XG bereits besitzt, kann die Schwachstromwicklung vom KOSMOS-Netzsteuergerät KOSMODYN in folgenden Schaltungen an Stelle des Lämpchens 3,8 V/0,07 A schalten: Abb. 41/42, 112/113, 114/115, 116/117, 118/119, 120/121, 126/127, 128/129, 130/131, 159/160, 169/170 sowie 171/172. Wer dazu auch den Super-Zusatz XS besitzt, kann das außerdem noch bei den XS-Schaltungen nach Abb. 26/27, 28/29, 67/68 sowie 111/112 tun. Ferner läßt sich die Schwachstromwicklung des Netzsteuergerätes bei der XS-Schaltung nach Abb. 24/25 noch parallel zum Lämpchen 3,8 V/0,07 A schalten, welches in diesem Fall eingesetzt bleibt. Der Zusatz XR, welcher die elektronische Regel- und Steuerungstechnik zum Thema hat, bietet zusammen mit dem Grundkasten XG natürlich besonders reizvolle Anwendungsmöglichkeiten des KOSMOS-Netzsteuergerätes KOSMODYN.

Technische Einzelheiten: KOSMOS-Netzsteuergerät KOSMODYN, geeignet zum Schalten von netzbetriebenen Wechselstromgeräten bis zu 220 Volt und 10 Ampere Stromaufnahme. Von der Starkstromseite vollkommen isolierter Schwachstrom-Magnetschalter (Relais) mit funkentstörtem Kontakt. Schwachstromwicklung 52 Ohm, ca. 4...6 Volt Gleichspannung (bzw. 70...115 mA Gleichstrom). Höhe mal Breite 105 mm X 55 mm, Tiefe ca. 34 mm, mit Steckeransatz und Stiften ca. 73 mm. Gewicht mit Schachtel etwa 185 g. Änderungen vorbehalten.

Best.-Nr. 12-0020.5

- Lehrmittelverlag 7000 Stuttgart 1 Postfach 640

Wie intelligent ist ein Computer? Wie arbeitet er,
und wie arbeitet man mit ihm?
Telekosmos - Bücher geben Antwort auf aktuelle Fragen:

Was denkt sich ein Elektronengehirn?

Eine verständliche Einführung in die Technik der Elektronenrechner (Hardware). Es gibt gar keine Elektronengehirne! Man nennt sie nur so und meint Elektronenrechner damit. Gewiß, das sind Maschinen, die fast Wunderbares leisten. Aber eben nur fast! Daß man sie Gehirne nennt, schießt weit übers Ziel hinaus. Elektronenrechner sind Idioten, Idioten mit einer Spezialbegabung: Schnell und genau rechnen zu können. Zwei Zahlen addieren können auch Sie und mehr ist zum Verständnis dieses Buches, und damit der Elektronenrechner, nicht nötig. Sind Sie jetzt neugierig? Dann lesen Sie Lohberg/Lutz: „Was denkt sich ein Elektronengehirn?“, ein aktuelles Thema - verständlich dargestellt. Sie werden Ihren Spaß dabei haben.

3. Auflage. 229 Seiten mit 72 Zeichnungen und 14 Fotos. Leinen DM 16.80. Best.-Nr. 3221 G.

Elektronenrechner sucht verantwortliche Position

Wie Computer in der modernen Wirtschaft, Technik und Wissenschaft arbeiten (Software).

Sie suchen wirklich Arbeit, die Computer: in der modernen Wirtschaft, in der Technik, bei der Lösung wissenschaftlicher Aufgaben. In diesem Buch bieten sie sich an, frei von jeder Fachsprache, ungezwungen, menschlich. Und wer bisher nur mit dem Gedanken spielte, einen Rechner zu beschäftigen, erfährt hier schon ziemlich genau, welchen Typ er für welche Aufgaben einstellen sollte. Die Verfasser, der Journalist Lohberg und der Mathematiker Lutz, haben mit leichter Feder ein gegenwärtiges Thema gegenwartsnah behandelt.

217 Seiten mit 40 Zeichnungen und 8 Fotos. Leinen DM 16.80. Best.-Nr. 3421 G.

Keiner weiß, was Kybernetik ist

Eine verständliche Einführung in eine moderne Wissenschaft.

Ein freches Buch, das sich das bekannte Autorenteam Rolf Lohberg/Theo Lutz geleistet hat. Doch Aggression ist hier ja angebracht. Es gibt schon viele Bücher über Kybernetik. Aber es ist kein einziges (?) darunter, das man ohne weiteres lesen, d. h. verstehen kann. Vermutlich, weil sie alle von Kybernetikern geschrieben wurden. Hier ist deshalb einmal der Versuch gemacht, die Dinge per Distanz zu sehen, und populär, d. h. verständlich darzustellen. Wer dieses Buch gelesen hat, weiß endlich, was hinter der Kybernetik steckt und was man von dieser jungen Wissenschaft noch zu erwarten hat. Auch Datenverarbeiter aller Sparten sind zu heftiger Diskussion hier aufgerufen.

188 Seiten mit 70 Zeichnungen. Leinen DM 16.80. Best.-Nr. 3558 G.

Programmierfibel

Eine verständliche Einführung in das Programmieren digitaler Rechenautomaten. Von Theo Lutz und Volker Hauff.

Fibel - also hinunter auf die Schulbank? Ja! Nur derjenige kann dem Rechner vordanken, der weiß, wie seine Maschine reagiert. Mit einer Fibel lernt sich das am leichtesten und am schnellsten. Eine Fibel fängt bei Null an und jeder versteht sie. Die Programmierfibel ist das elementare Sach- und Auskunftsbuch für jeden, der mit dem Rechner in irgendeiner Form arbeitet oder in Berührung kommt. Sie informiert darüber, was eine Maschine mit sich bringt in organisatorischer, betrieblicher und finanzieller Hinsicht. Sie leitet den Leser an, sich in grundlegende Probleme grundsätzlich hineinzuarbeiten und lehrt, auf verschiedenen Maschinen zu arbeiten (IBM/1401-1410, IBM/360, Siemens S 4004, Univac 9000, Zuse Z 23).

3., vollkommen neubearbeitete Auflage. 307 Seiten mit 112 Zeichnungen und 11 Fotos. Laminert DM 29.50. Best.-Nr. 3307 K.

Wörterbuch der Datenverarbeitung

950 Begriffe, Erläuterungen, Abkürzungen. Von Volker Hauff.

Dieses Wörterbuch räumt endlich und endgültig mit den Unklarheiten und Mißverständnissen unter Datenverarbeitern auf. Fast 1000 Begriffe sind hier aus den verschiedensten Quellen, Fachbüchern, Firmenmanuale, allgemeinen Informationsschriften herausgesucht, klar abgegrenzt und präzise definiert. Amerikanismen und firmengebundene Formulierungen ordnen sich sinnvoll ein. Ein amerikanisch-deutsches Fachwörterverzeichnis und die vielen Literaturangaben tragen dazu bei, daß das Wörterbuch für viele Datenverarbeiter heute schon unentbehrlich geworden ist.

3., stark bearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage. 189 Seiten. Laminert DM 12.80. Best.-Nr. 3414 K.

Rechner-Katalog

100 Computer mit ihren Kenndaten. Von Theo Lutz. Dieser Katalog ist eine Zusammenstellung der wichtigsten Rechner auf dem deutschen Markt, die er nach Einsatzmöglichkeit, Arbeitsweise, Struktur und Kosten vergleicht. Er enthält einen breiten Textteil, der allen Benutzern eine Brücke schlägt, die sich im restlosen Durcheinander eines Marktes zurechtfinden müssen. Der Rechnerkatalog ist ein nützliches, oft unentbehrliches Werkzeug für den Organisator, den Programmierer, den Systemplaner oder allgemein für den, der sich auf dem Markt der Rechner einen Überblick verschaffen will oder muß.

319 Seiten mit 7 Zeichnungen sowie 2 Ausklapptafeln. Ringheftung DM 24.-. Best.-Nr. 3385 G.

Telekosmos-Verlag Franckh'sche Verlagshandlung
7 Stuttgart 1 Postfach 640