

Inhalt

Einführung	3
Kabelkonfektionierung	4
Roboter steuern	6
Flußdiagramm Teach-in Roboter	8
Baustufen Teach-in Roboter	9
Verdrahtungsplan Teach-in Roboter	14
Grafiktablett	15
Baustufen Grafiktablett	17
Verdrahtungsplan Grafiktablett	22
Weitere Modelle	23
Sortieranlage	24
Verdrahtungsplan Sortieranlage	25
Turm von Hanoi	26
Verdrahtungsplan Turm von Hanoi	27
Plotter	28
Verdrahtungsplan Plotter	29
Solarzellen-Nachführung	30
Verdrahtungsplan Solarzellen-Nachführung	31
Noch ein Roboter	32

fischertechnik computing

Lieber fischertechnik-Freund,

Um mit einem Computer, in Erweiterung seiner Einsatzmöglichkeiten, auch technische Modelle anzusteuern, wurde der fischertechnik computing Baukasten entwickelt. Es ist jetzt möglich, technische Funktionen und Vorgänge zu simulieren und entsprechende Aufgaben zu lösen.

Zwei Motoren und ein Elektromagnet sind in dem Baukasten enthalten – damit verleihen Sie Ihrem Computer „Arme, Beine und Hände“. Blättern Sie das Anleitungsbuch durch; die beiden Robotermodelle verdeutlichen Ihnen, was damit gemeint ist. Drei Lampen zeigen Ihnen an, welche Aktionen der Computer unternimmt. Hinzu kommen als „Sinnesorgane“ 8 Taster und zwei Potentiometer, ausreichend für die verschiedensten Rückmeldungen aus den Modellen. Die Taster können auch zum Aufbau von Kommandofeldern dienen.

Außer Robotern können auch noch eine Reihe weiterer Modelle gebaut werden. Der Plotter erlaubt die Erstellung von Grafiken, wie sie z. B. bei Meßwertfassungen anfallen. Den umgekehrten Weg können Sie mit Hilfe des Grafiktablets beschreiten. Der Computer registriert Ihre Bewegungen des Griffels und übernimmt bei Tastendruck die Positionsdaten. Sie können mit einem geeigneten Programm auf dem Bildschirm malen, konstruieren oder aber, wie bei einer Menükarte, Programmstücke auswählen.

Zurück zu den Maschinen – die Solarzellennachführanlage bietet die Möglichkeit, eine Solarzelle frontal zu jeder Himmelsrichtung einzustellen. Ein entsprechendes Programm kann somit die Solarzelle auf optimale Energieeinstrahlung ausrichten.

Ebenfalls ein Modell aus der Technik ist die Sortieranlage. Sie unterscheidet Bausteine 30 und 15 und sortiert sie in zwei verschiedene Auffangbehälter.

Die Modelle aus „fischertechnik computing“ sind in Zusammenarbeit mit dem Norddeutschen Rundfunk für die Fernsehserie „Einführung in die Mikroelektronik“ entstanden.

Selbstverständlich können Sie die Teile aus fischertechnik computing mit allen anderen fischertechnik-Komponenten kombinieren und Ihrer Phantasie freien Lauf lassen. Die letzte Umschlagseite soll Ihnen einen kleinen Denkstoß geben.

Ich bin sicher, daß fischertechnik computing Sie zu einer Reihe weiterer eigener Experimente anregen wird.



Kabelkonfektionierung

Halt – bevor Sie anfangen, das erste fischertechnik computing Modell aufzubauen, sollten Sie sich einige Dinge zurechtlegen. Insbesondere muß das beiliegende 20adrige Flachbandkabel konfektioniert werden. Die Adern weiß 1 (am oberen Rand, Abb. 1) bis rosa 2 werden von rechts um ca. 50 cm gekürzt. Ein Hinweis: das aufgeklappte Anleitungsbuch hat etwa eine Breite von 50 cm. Anschließend trennen Sie von rechts das Flachbandkabel in Einzeladern auf, so daß das linke Ende auf einer Strecke von 50 cm zusammenhängend bleibt. Die Adern weiß 1 – braun 1, grün 1 – gelb 1 und grau 1 – rosa 1 können Sie jeweils als Paar zusammenlassen. Das abgeschnittene Kabelende bitte nicht fortwerfen. Hieraus werden je nach Modell kurze Verzweigungskabel angefertigt. Das große Kabelstück paßt jedoch für alle fischertechnik computing Modelle. Wenn das jeweilige Modell nicht alle Adern des Kabelbaums benötigt, so trennen Sie den Kabelbaum bitte nicht weiter auf und kürzen ihn auch nicht. Bei einem anderen Modell könnten Sie das Abgeschnittene benötigen. Im nächsten Schritt löteten Sie an die Adern rot 2 bis gelb 2 die Potentiometer laut Abb. 2 an. Ein 50 cm

langes gelbes Kabelstück verbindet die beiden rechten Lötflächen der Potentiometer. Um saubere Lötstellen zu erhalten, sollten Sie die Kabeladern etwa 3–5 mm vorsichtig abisolieren, ohne die feinen Drähtchen der Litze zu verletzen und sowohl die verdrehte Litze als auch die Lötfläche des Potentiometers sauber verzinnen. Anschließend fügen Sie die Teile zusammen und verbinden sie durch kurzes Erhitzen mit dem LötKolben. Der LötKolben sollte für derartig feine Arbeiten geeignet sein (maximal 30 Watt, falls ohne Temperaturregelung). Die Potentiometer werden in der Potentiometerhalterung mit Hilfe der Unterlegscheibe und Schraube montiert (Abb. 4).

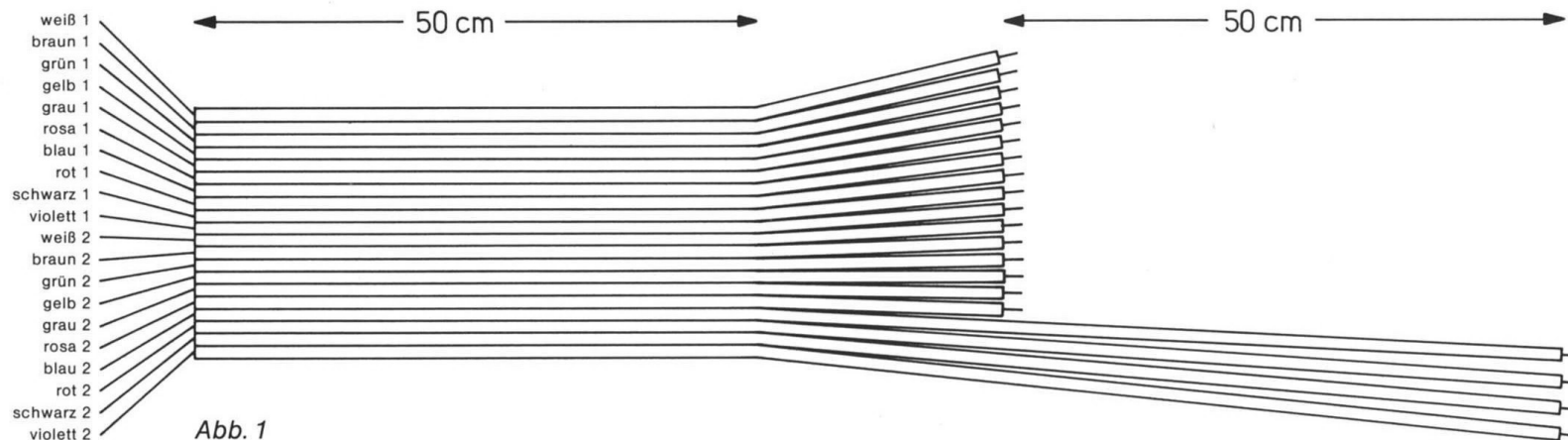
Die übrigen Kabelenden werden ebenfalls abisoliert, die Litze verdreht und auf die Isolation umgebogen. Lösen Sie die Steckerschraube und schieben Sie das Kabelende in die Hülse ein. Schraube wieder anziehen, aber nicht so fest, daß das Kabel abgequetscht wird (Abb. 3).

Wie Sie das computerseitige Ende des Kabelbaums herrichten, hängt von dem Computerausgang ab. Wir haben Steckhülsen mit Lötflächen beigelegt, die Sie an das Kabelende wie oben beschrieben anlö-

ten. Sie passen zu Steckstiften mit 1,3 mm Durchmesser, dem Kontaktsystem der fischertechnik Elektronik. Selbstverständlich können Sie auch andere Kontaktsysteme zwischen Computer-Interface und Modell verwenden.

Abschließend sollten Sie alle Kabel auf Durchgang prüfen. Wenn Sie keinen Durchgangsprüfer oder Ohmmeter besitzen, können Sie wie in Abb. 5 einen Aufbau mit einer Lampe und einer Stromquelle benutzen.

Nun noch ein Hinweis zu den Schaltplänen: Soweit wie möglich werden immer die gleichen Kabeladern für die gleichen Funktionen benutzt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Funktionen, die für ein Modell unbedingt notwendig sind, wie z.B. der Magnet des Teach-in Roboters. Andere Funktionen sind wünschenswert, aber nicht unbedingt notwendig. So können Sie Kommandotasten sowohl mit den fischertechnik mini-Tastern als auch mit der Tastatur des Computers realisieren. Im zweiten Fall können die mini-Taster entfallen. Die Schaltpläne und die Bauphasen entsprechen jedoch immer dem Maximalausbau.



Anlöten der Kabel

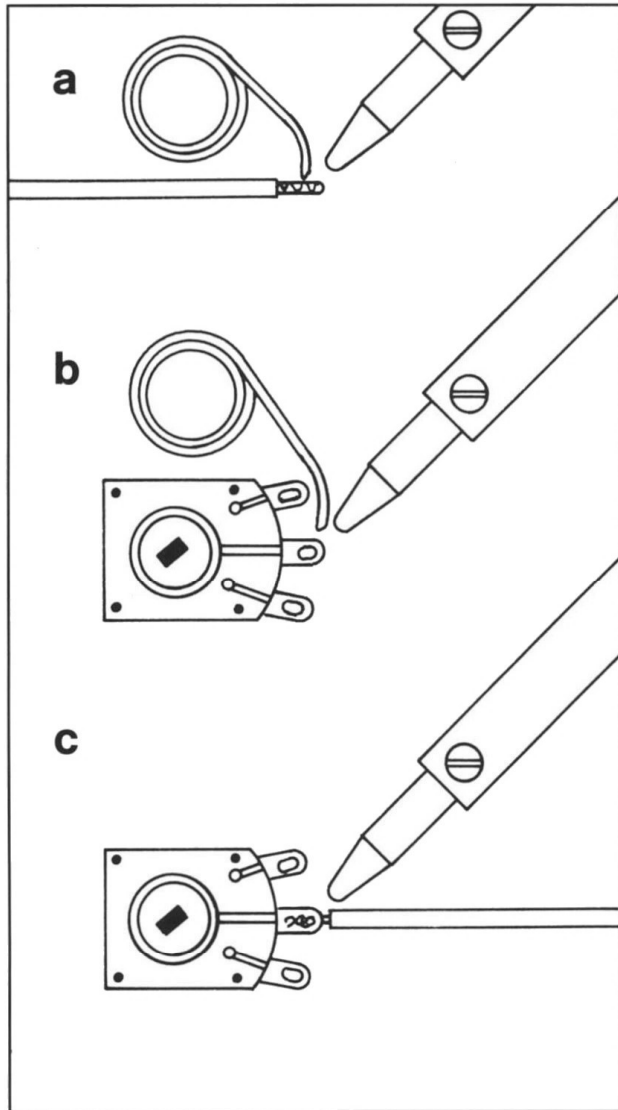


Abb. 2

Steckermontage

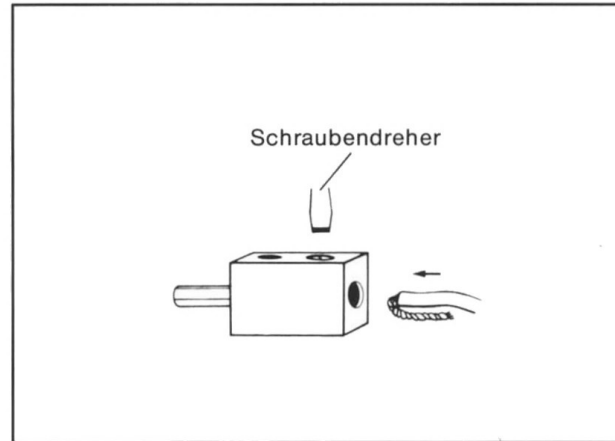


Abb. 3

Potimontage

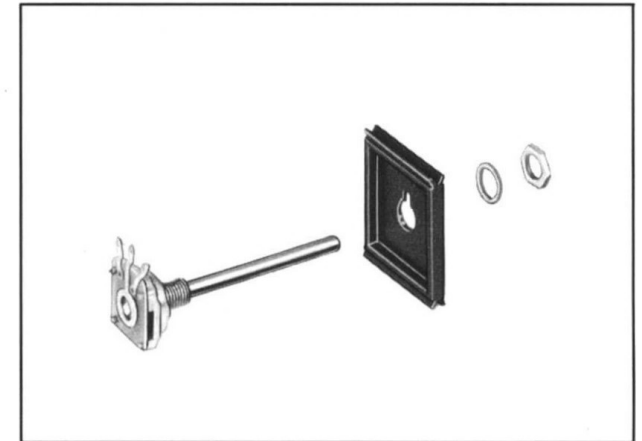


Abb. 4

Durchgangsprüfung

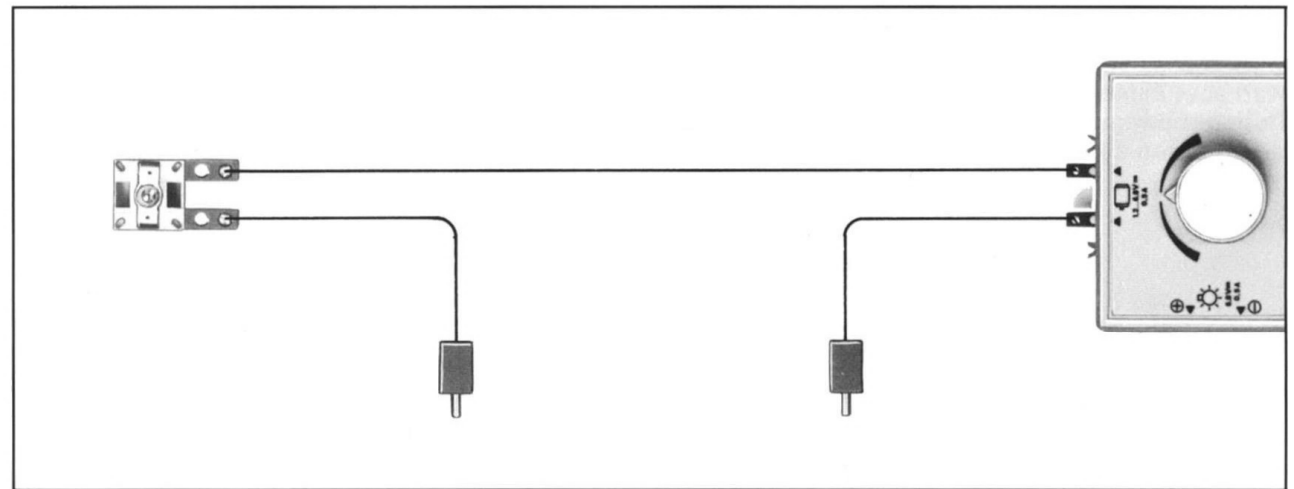


Abb. 5

Roboter steuern

Industrieroboter werden eingesetzt, wo es darauf ankommt, eine Bewegungsabfolge immer wieder unermüdlich und mit nicht nachlassender Genauigkeit auszuführen. Wenn dann noch hinzukommt, daß die Arbeit in einer dem Menschen unzutraglichen Umgebung, z.B. radioaktive Strahlung, Hitze, Staub, Farbsprühnebel usw. ausgeführt werden muß, ist der Roboter das geeignete Arbeitsmittel. Eine weitere Vorbedingung für den Robotereinsatz ist, daß die Aufgaben dennoch von Zeit zu Zeit wechseln. Sonst wäre es sicherlich nutzbringender, eine speziell angelegte Maschine zu bauen. Und dies bringt uns zu dem Kernpunkt der Aufgabenstellung: Ein Roboter kann in seiner Bewegungsabfolge frei programmiert werden.

Zwei Programmiermethoden für Roboter sind heute üblich. Zum einen können wir uns an den Schreibtisch setzen und das Programm von Anfang an planen. Wenn das Programm erstellt ist, wird es in den Steuerungscomputer des Roboters eingegeben und mit dem Roboter getestet. Gegebenenfalls muß das Programm dann korrigiert und verbessert werden, bis letztlich das gewünschte Resultat erzielt wird. Dieses Verfahren ist zwar sehr zeitaufwendig, wird aber immer dann eingesetzt werden, wenn die Roboterbewegungen von irgendwelchen Rechenergebnissen abhängen.

Viel häufiger jedoch wird heute das sogenannte „Teach-in“-Verfahren angewandt. In diesem Fall wird der Roboter von dem Bediener von Hand über eine Kommandotastatur gesteuert. Das in dem Computer installierte Programm zeichnet die Bewegungen auf. Nach Abschluß der Aufgabe kann der Computer die abgespeicherte Bewegung von dem Roboter beliebig oft wiederholen lassen.

Der Vorteil des Verfahrens ist offensichtlich die unmittelbare Programmierung des Roboters, die sogar ohne Kenntnisse des Computers und seiner Programmiersprache durchgeführt werden kann. Der Nachteil liegt in der Beschränkung auf einfache, unverzweigte Bewegungsabfolgen.

Ein solches Programm wollen wir im folgenden vorstellen. Wie aus dieser einleitenden Beschreibung hervorgeht, zerfällt das Programm in zwei Teile: das Lernmodul zur Aufzeichnung der Bewegung und das Ausführmodul zur Wiederholung der Bewegung. Aus der Abbildung auf Seite 8 ist diese Aufteilung zu ersehen.

Wir verwenden eine graphische Darstellungsform der Logik des Programmablaufs, ein Flußdiagramm. Die Rechtecke bezeichnen dabei eine Aktion des Computers, die kurz in dem Rechteck beschrieben wird. Handelt es sich um eine komplexere Aufgabe,

die weiterer Erläuterung bedarf, so kennzeichnen die doppelten Randlinien, daß das Kästchen an anderer Stelle durch ein Flußdiagramm erläutert wird. In der Praxis wird solch ein Programmteil häufig eine Prozedur oder ein Unterprogramm sein.

Kreise bezeichnen den Anfang und die Ausgänge eines Programms oder einer Prozedur. Ein recht wichtiges Symbol ist die auf der Spitze stehende Raute. Sie stellt die Überprüfung einer Bedingung dar. Je nachdem wie das Resultat ausfällt, folgt der weitere Programmablauf einem der zwei oder mehr Ausgänge. In der Programmpraxis wird die Raute durch ein „IF . . . THEN . . .“ in den höheren Sprachen oder einen „conditional branch“-Befehl auf Maschinenebene verwirklicht.

All diese Symbole werden entsprechend dem Programmablauf mit Linien verbunden. Fließen mehrere Linien zusammen, so ist die Pfeilrichtung zu beachten.

Das Diagramm nimmt an mehreren Stellen Bezug auf eine Tabelle. Diese Teach-in Tabelle wird in dem Lernmodul aufgebaut, indem Schritt für Schritt die Stellung der Achsen, gemessen mit Hilfe der jeweiligen Potentiometer, sowie der Zustand des Greifmagneten eingetragen wird. Der Eintrag in die Tabelle erfolgt „indiziert“, d. h. mit Hilfe eines Zeigers.

Bei der Wiederholung des Bewegungsablaufes wird der Zeiger wieder auf den Tabellenanfang gesetzt. Das Programm holt nun ein Wertetripel nach dem anderen als Sollwertvorgaben und versucht, die tatsächliche Stellung des Roboters jenen anzugleichen.

Mit diesen Erläuterungen können wir uns nun durch das vorliegende Flußdiagramm S. 8 arbeiten, es beschreibt ein veröffentlichtes Programmbeispiel*. Andere Lösungen, z. B. in BASIC, sind jedoch ebenfalls denkbar.

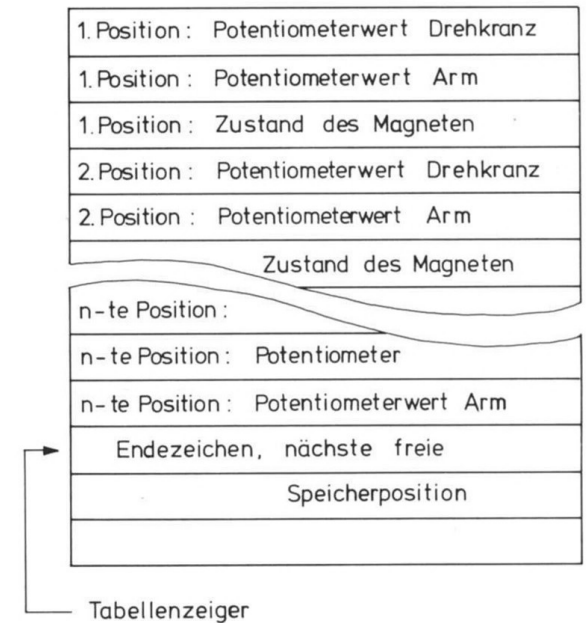
Wenn das Programm im Computer installiert ist, stehen Roboter und Computer bereit, die Bewegungsfolge zu „lernen“. Was ist jedoch die Bewegungsfolge anderes, als wieder ein Programm? Wir wollen es an dem einfachen Beispiel, in dem zwei Münzen auf den beiden Tischen vertauscht werden sollen, aufzeigen:

- Nimm Münze 1 von Tisch A
- Lege Münze 1 auf Hilfstisch
- Nimm Münze 2 von Tisch B
- Lege Münze 2 auf Tisch A
- Nimm Münze 1 vom Hilfstisch
- Lege Münze 1 auf Tisch B

Die Situation, daß zwei Programme einander überlagert sind, ist gar nicht so ungewöhnlich.

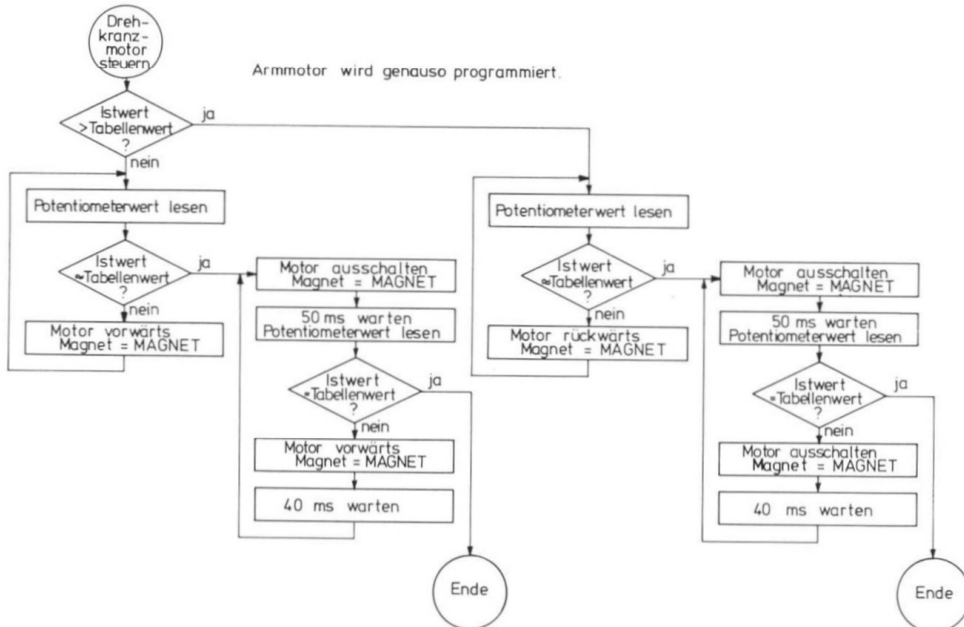
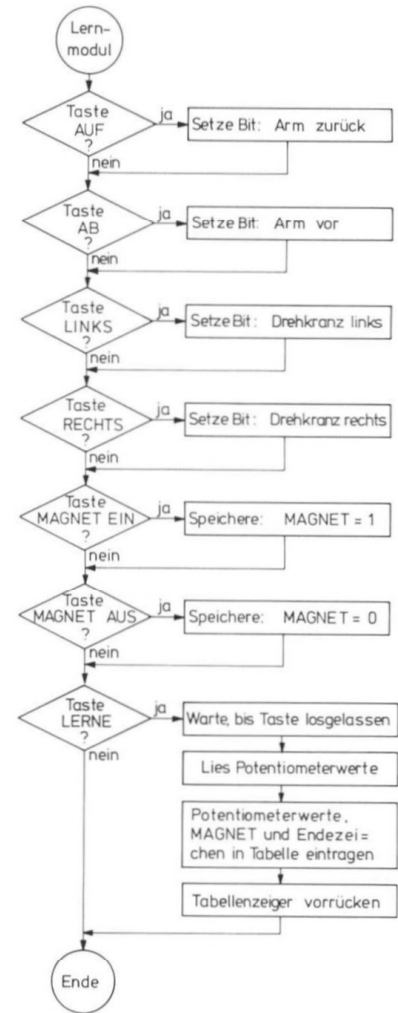
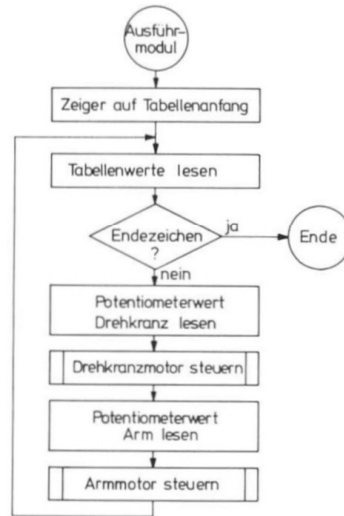
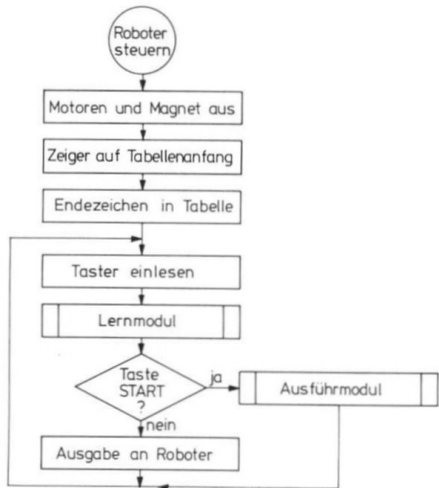
Wenn Sie einen Computer programmieren, steht Ihnen das Betriebssystem bzw. das Monitorprogramm als dienstbarer Geist zur Verfügung, um aus gezielten Betätigungen der Computertastatur ein Programm werden zu lassen, dessen Entstehung Sie auf dem Bildschirm verfolgen.

Teach in Tabelle



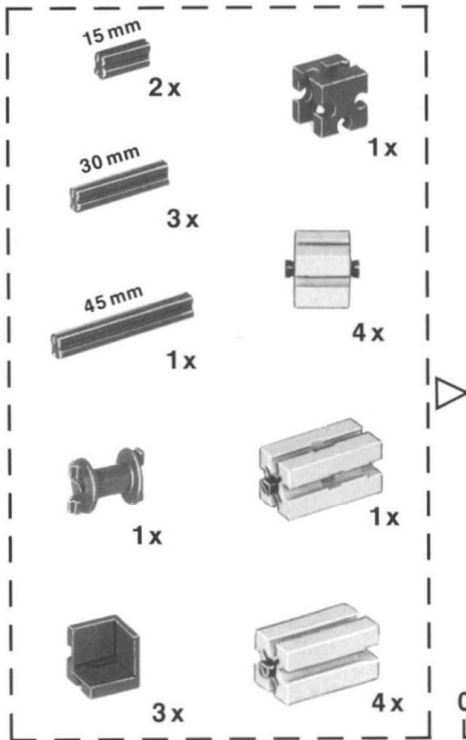
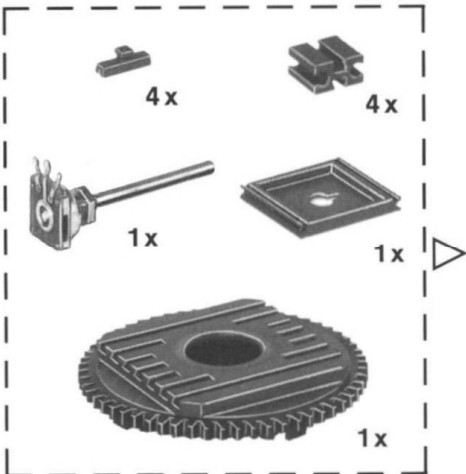
*R. D. Klein, Mikrocomputer selbst gebaut und programmiert, Franzis' Verlag 1984

Flußdiagramm Teach-in Roboter

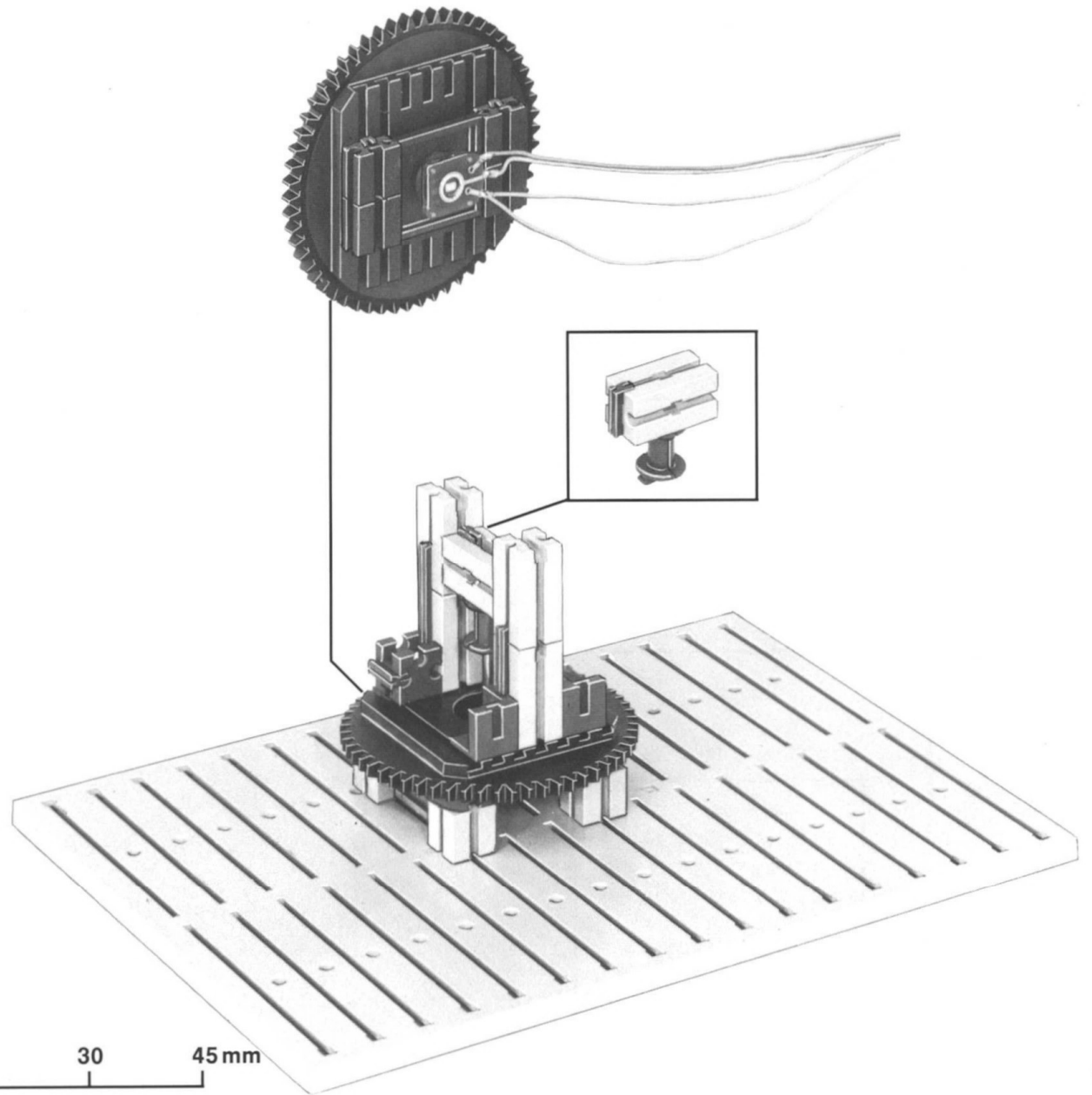


Baustufen Teach-in Roboter

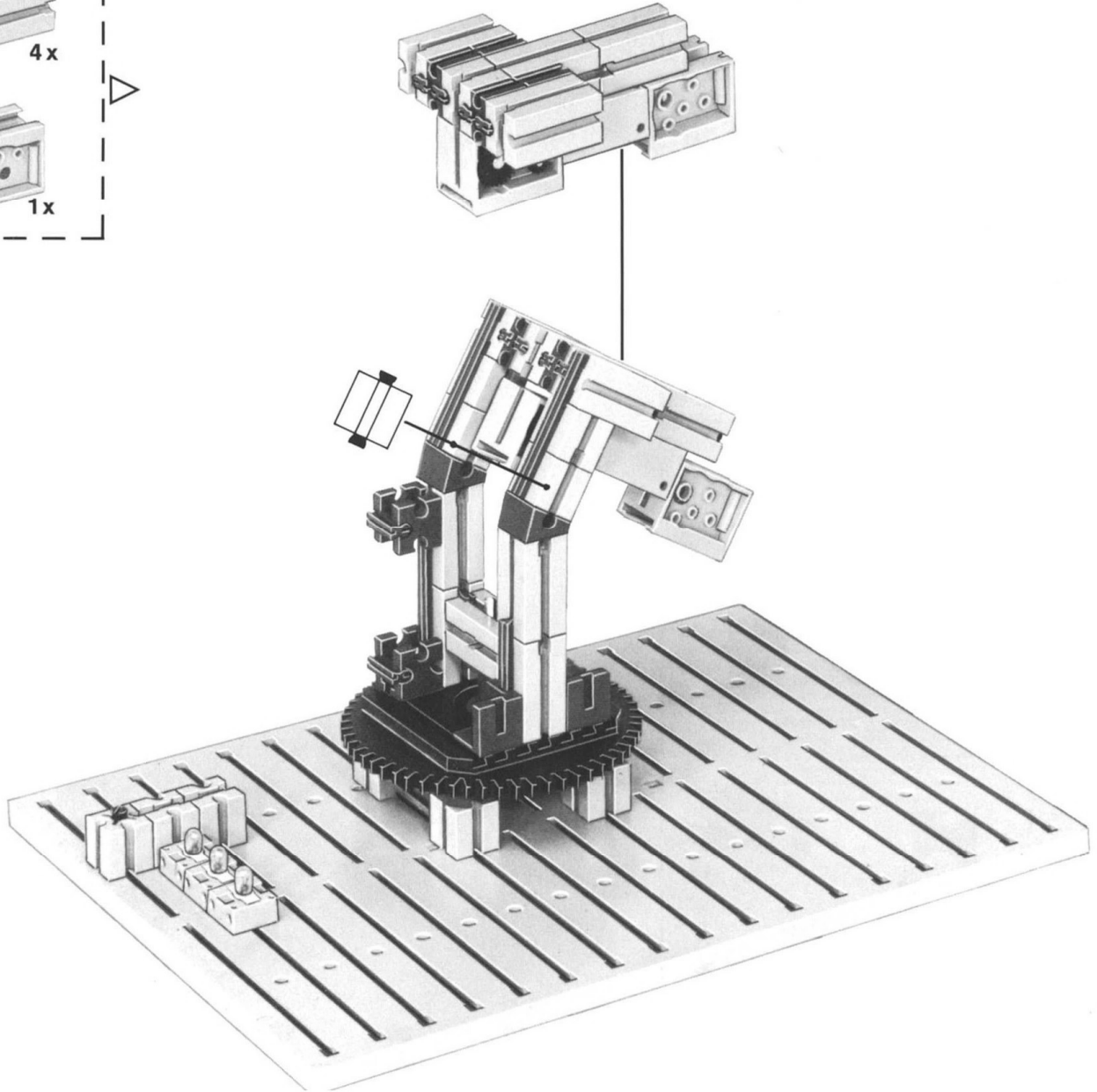
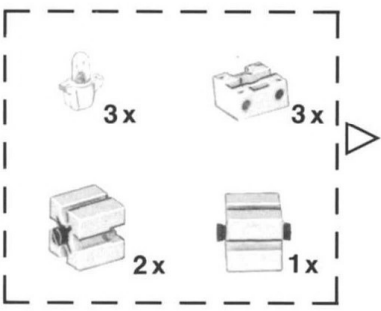
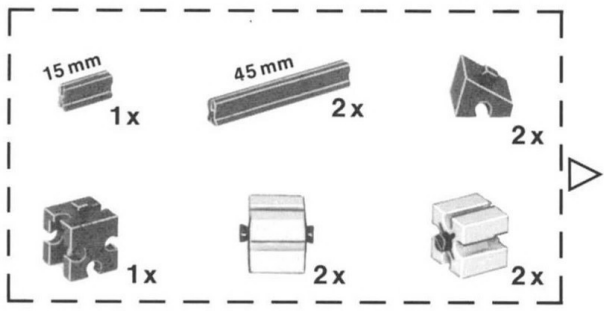
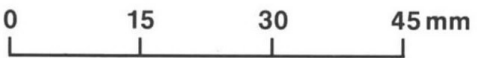
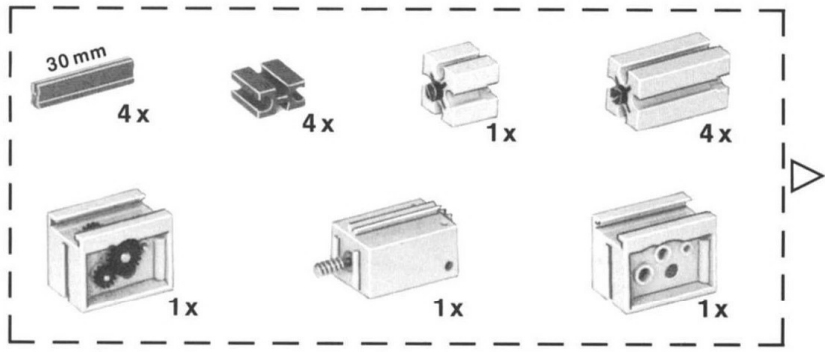
1



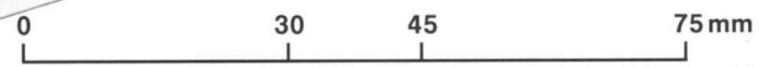
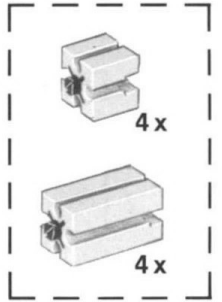
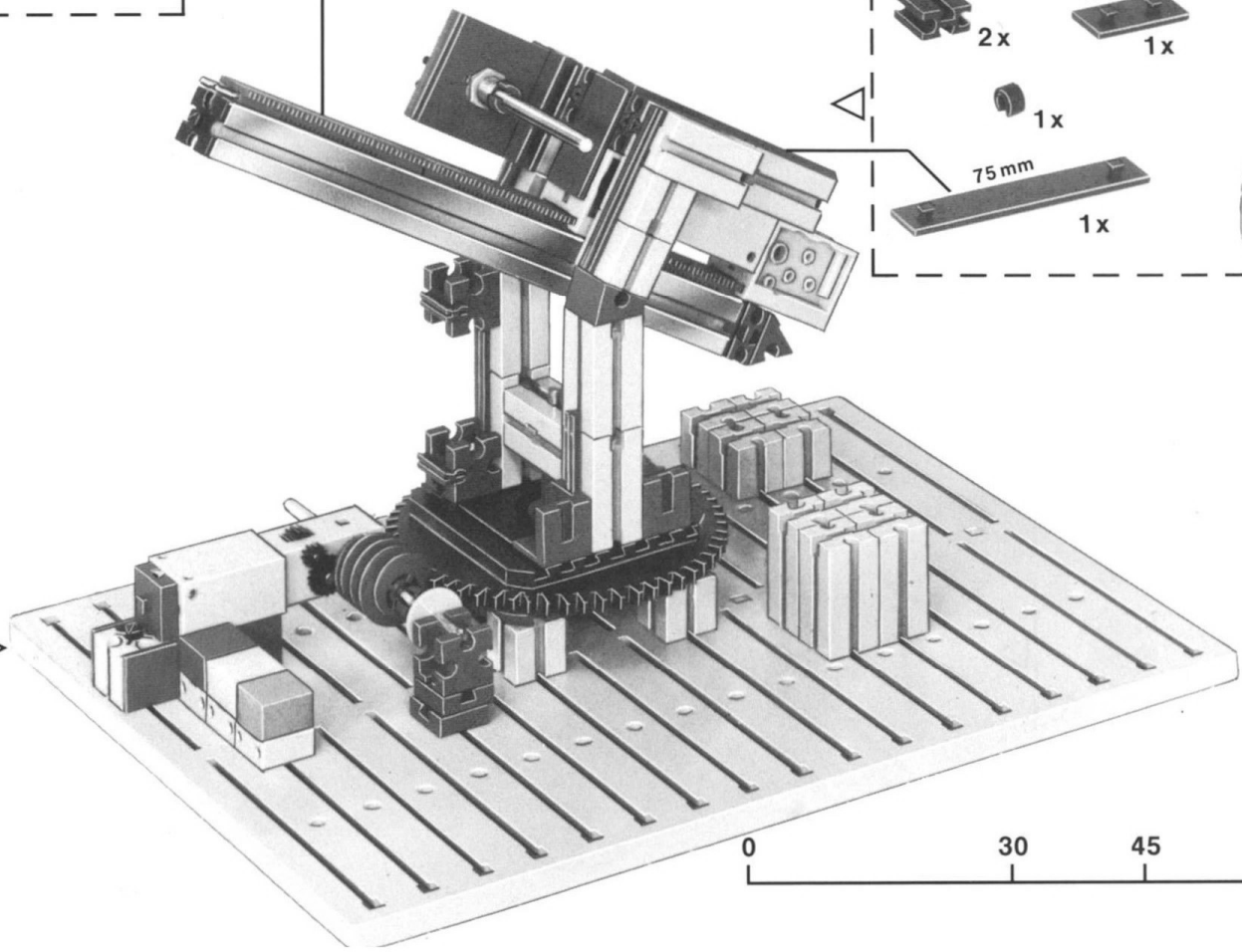
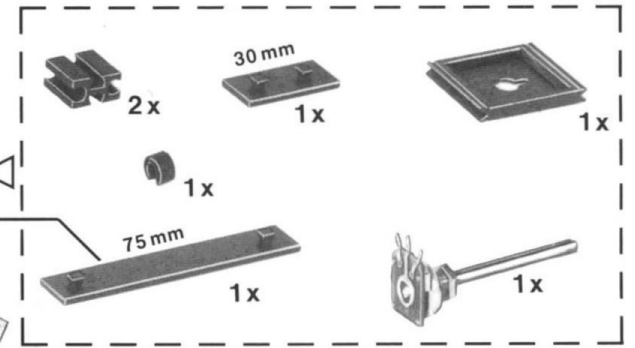
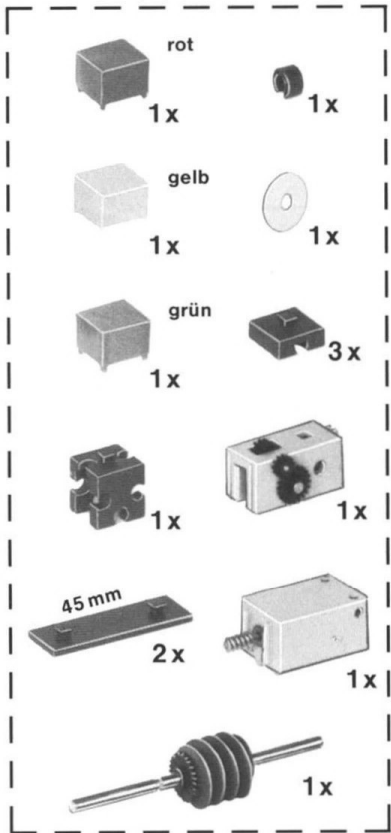
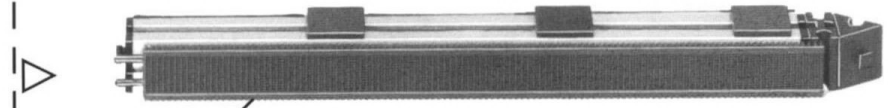
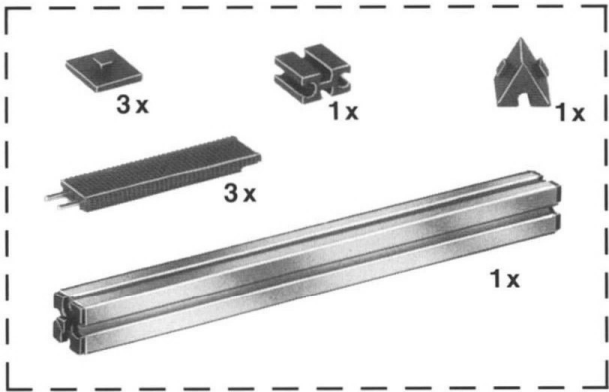
0 15 30 45 mm



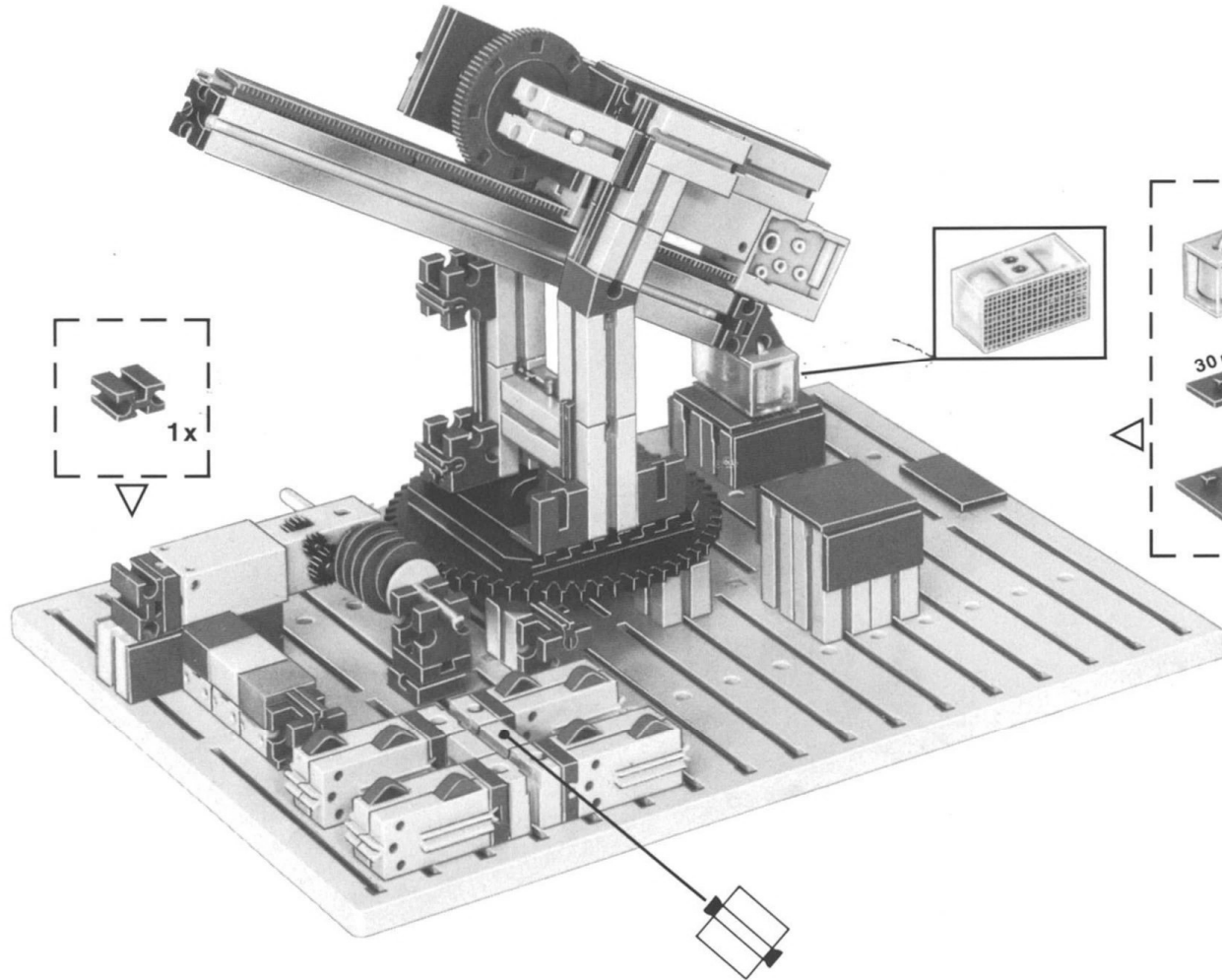
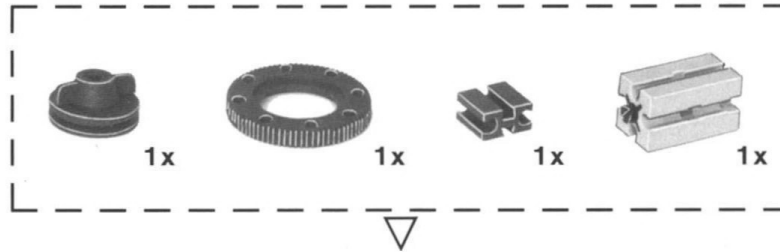
2



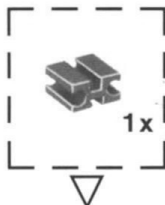
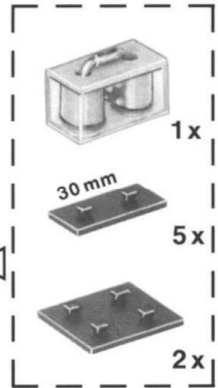
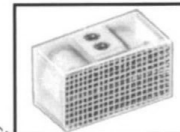
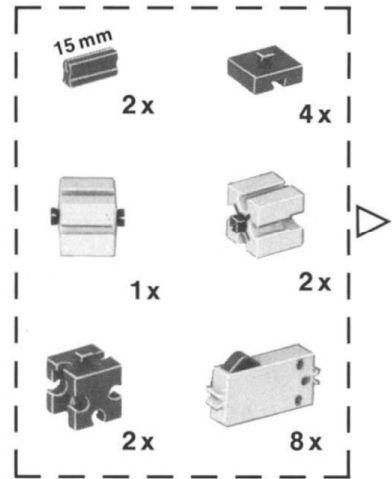
3



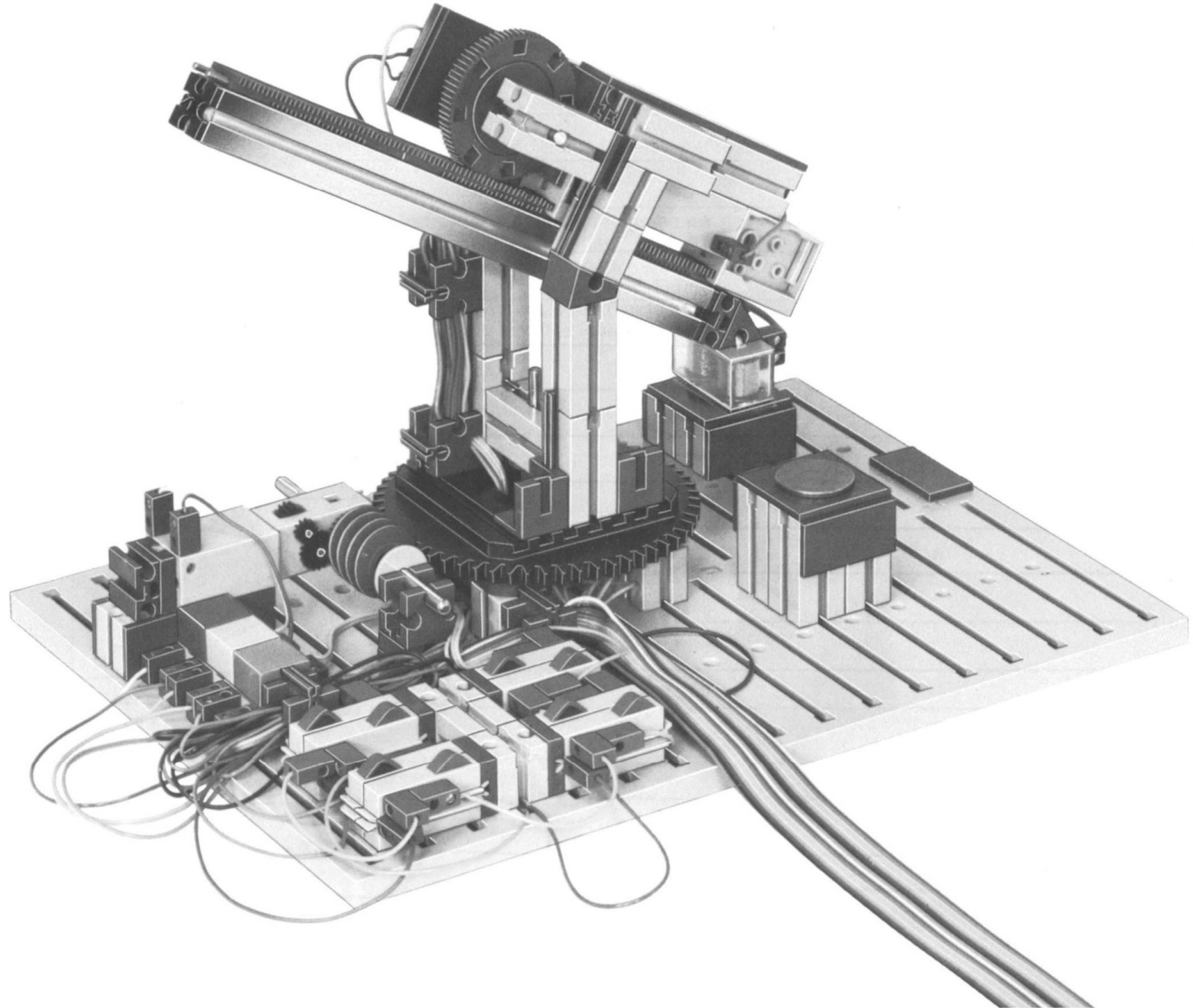
4



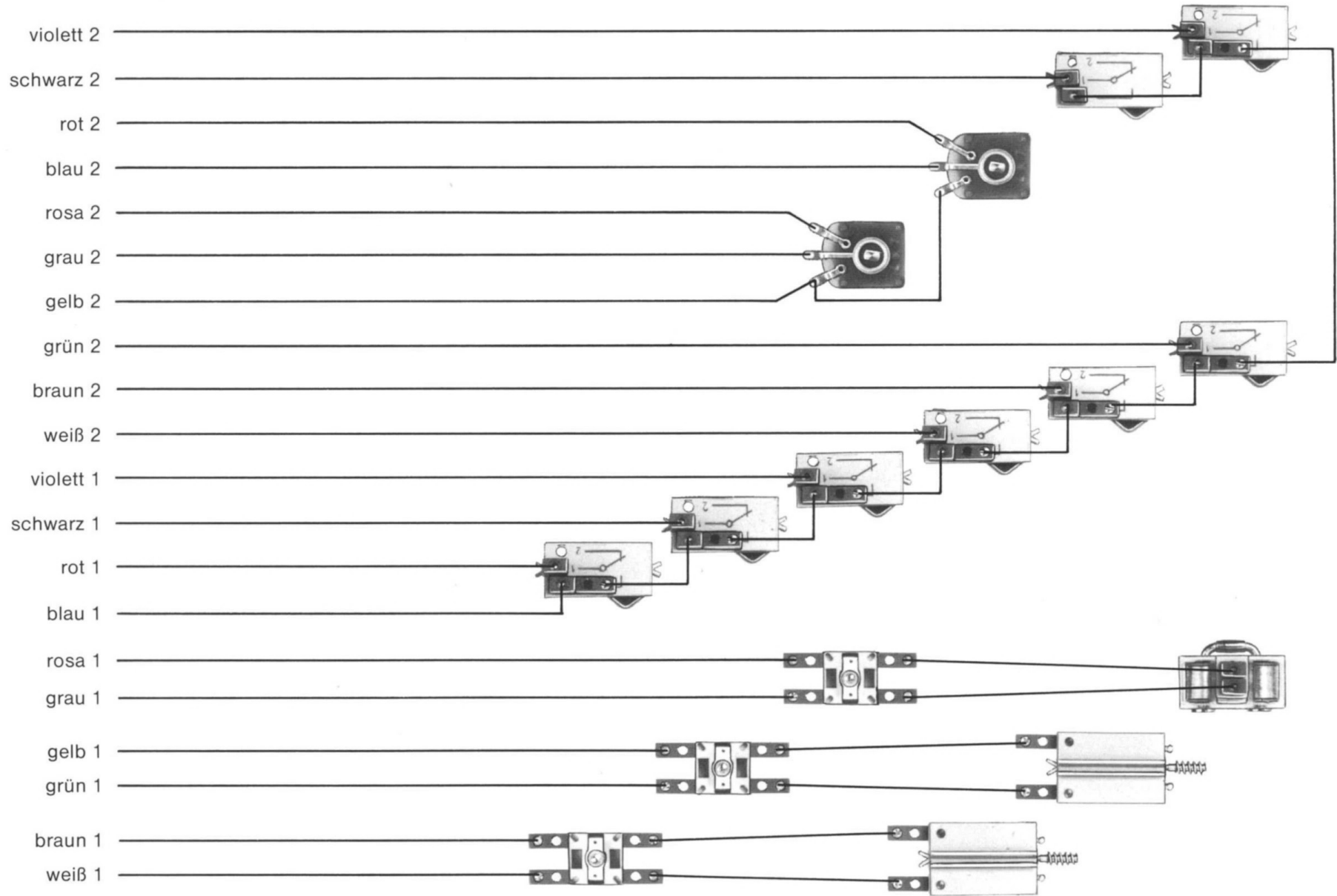
0 15 30 mm



5



Verdrahtungsplan Teach-in Roboter



Grafiktablett

CAD – Computer aided design – ist eines der neuen Schlagworte der Computertechnologie. Dabei wird das Reißbrett durch Bildschirm und Plotter ersetzt. Die Konstruktion der Zeichnung erfolgt durch die Bewegung eines Griffels auf einem sogenannten Grafiktablett. Dabei werden die unterschiedlichsten technischen Lösungen eingesetzt. Wir verwenden hier eine einfache Lösung mit einem Knickarm, dessen Endpunkt über die Zeichenfläche geführt wird (Abb. 1).

In den Angelpunkten des Arms sind jeweils Potentiometer angebracht. Ein Potentiometer besteht aus einer Widerstandsbahn, auf der durch Drehen einer Achse ein Schleifer entlangbewegt wird. An den

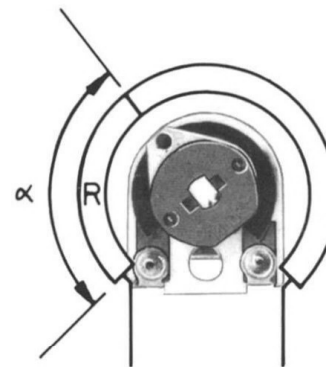
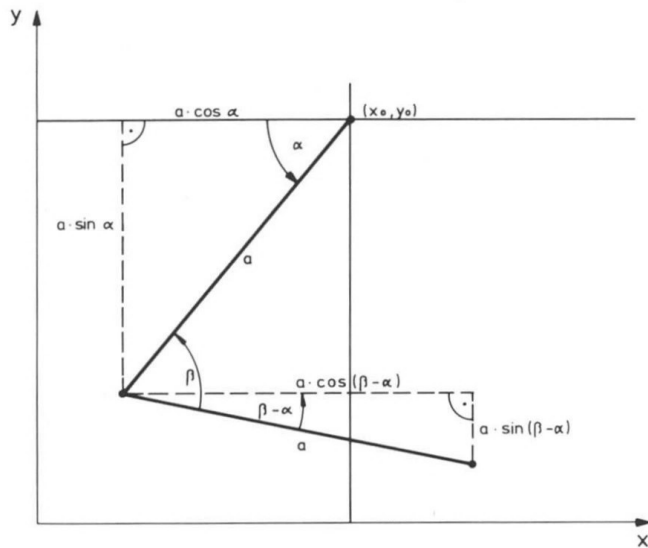
Endpunkten der Widerstandsbahn und dem Schleifer sind Lötkontakte angebracht. Abb. 2 zeigt ein geöffnetes Potentiometer.

Je nach Stellung der Drehachse ergeben sich zwischen den Endpunkten des Potentiometers und dem Schleifer zwei Widerstandswerte, deren Summe dem Widerstandswert der gesamten Widerstandsbahn entspricht.

Aus den Herstellerangaben entnehmen wir, daß der gesamte Drehwinkel der Achse, von Endpunkt zu Endpunkt, 270° beträgt. Unter der Annahme, daß die Widerstandsbahn gleichmäßig ist, kann aus den Widerstandswerten des Potentiometers die Winkelstellung der Achse ermittelt werden.

Die Widerstandswerte lassen wir durch geeignete elektronische Schaltungen von dem Computer ausmessen. Schaltungs- und Programmieranschläge entnehmen Sie bitte dem ergänzenden, auf Ihren Computer zugeschnittenen, Anleitungsheft.

Anhand von Abb. 1 wollen wir uns die geometrischen Zusammenhänge veranschaulichen. Zur Abspeicherung im Computer und zur Erstellung von Zeichnungen auf dem Bildschirm benötigen wir die Koordinaten des Bildpunktes in waagerechter und senkrechter Richtung, x und y . Der Ursprung dieses sogenannten cartesischen Koordinatensystems liegt in der linken unteren Ecke der Zeichenfläche.



$$x = x_0 - a \cdot \cos \alpha + a \cdot \cos (\beta - \alpha)$$

$$y = y_0 - a \cdot \sin \alpha - a \cdot \sin (\beta - \alpha)$$

Mit (x_0, y_0) haben wir die Position des ersten Drehpunktes, nämlich den Mittelpunkt des Drehkranzes, bezeichnet. Von da aus folgen wir in Gedanken der ersten Hälfte des Armes und kommen zu dem zweiten Drehpunkt. Wer die Grundkenntnisse der Trigonometrie parat hat, erkennt leicht, daß die neuen Koordinaten um die Achsabschnitte $a \cdot \cos \alpha$ und $a \cdot \sin \alpha$ verschoben liegen. Dabei bezeichnet a die Länge des „Oberarms“ und α den Winkel des Potentiometers.

Weiter geht es entlang des „Unterarmes“ zum Griffel. Damit die Berechnung vereinfacht wird, hat dieses Teilstück gleichfalls die Länge a . Wohl dem, der sich der Schulmathematik über Winkel an Parallelen und Geraden erinnert. Er wird erkennen, daß der Winkel zur Waagrechten sich aus der Differenz der beiden Potentiometerwinkel α und β ergibt. Nehmen wir auch noch die zu diesem Winkel gehörigen Achsabschnitte hinzu, so erhalten wir die Endformeln, wie sie in Abb. 1 angegeben sind.

Die nächste Hürde, die zu überwinden ist, beruht in der Ermittlung der Winkel α und β . Die Zahlenwerte,

die der Computer in Abhängigkeit von der Stellung der Drehachse liefert, sind ja noch keine Winkelgrade. Am besten wir eichen das Grafiktablett jeweils zu Beginn des Programms. Dazu führen wir den Griffel in die linke obere Ecke der Zeichenfläche und übernehmen die Zahlenwerte A_1 und B_1 der beiden Potentiometer. Anschließend wiederholen wir dies für die rechte untere Ecke der Zeichenfläche und notieren A_2 und B_2 .

A_1 entspricht dem Winkel α_1 , B_1 dem Winkel β_1 usw. so daß wir folgende Umrechnung zwischen beliebigen Zahlenwerten AN , BN und den Winkeln α_n , β_n erhalten:

$$\alpha_n = AN \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) / (A_2 - A_1)$$

$$\beta_n = BN \cdot (\beta_2 - \beta_1) / (B_2 - B_1)$$

Um die Koordinatenumrechnung programmieren zu können, setzen wir die Konstanten aus der Tabelle in die Formel ein. Sie ergeben sich aus den Abmessungen des Grafiktablets.

Wir haben diese Zusammenhänge deswegen so ausführlich dargestellt, weil die meisten der folgen-

den Modelle die gleichen Potentiometer zur Positionsbestimmung benutzen.

Bei der Programmierung berücksichtigen wir noch, daß der Taster am rechten Rand der Zeichenfläche verwendet wird, um dem Computer mitzuteilen, wann der Griffel positioniert ist. Die weiteren Taster stehen für sonstige Funktionen, wie „Bildschirm löschen“, „Seite umschalten“ usw. zur Verfügung. Sie können aber auch mit einfachen geometrischen Figuren hinterlegt sein, die nur wenige Punkte zu ihrer Konstruktion benötigen: „Zeichne Strecke“, „Zeichne Dreieck“, „Zeichne Kreis“.

Zum Schluß noch eine Anregung zur weiteren Nutzung des Grafiktablets. Verwenden Sie als Vorlage eine aufgezeichnete Klaviertastatur, um (in der Waagrechten) die Frequenz des Tongenerators ihres Computers durch Anwahl der Taste zu finden. In der Senkrechten ist die Tonlänge aufgetragen. Entwickeln Sie ein Programm, mit dem Sie Klavier spielen oder komponieren können. Und nun wünschen wir viel Spaß beim Zeichnen und Musizieren.

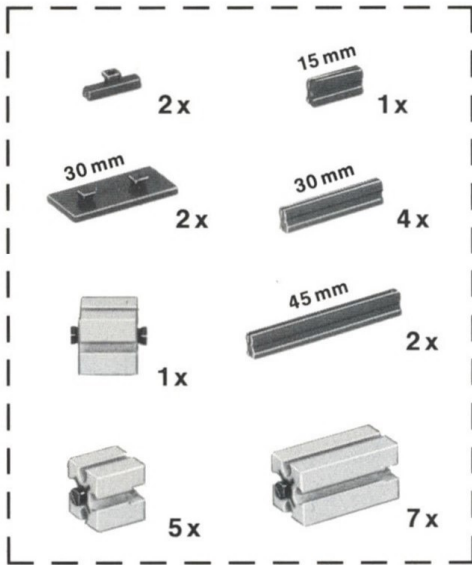
Tabelle der geometrischen Daten
des Grafiktablets

$$\alpha_1 = -39^\circ \quad \beta_1 = 53,7^\circ \quad x_0 = 137 \text{ mm} \quad a = 166 \text{ mm}$$

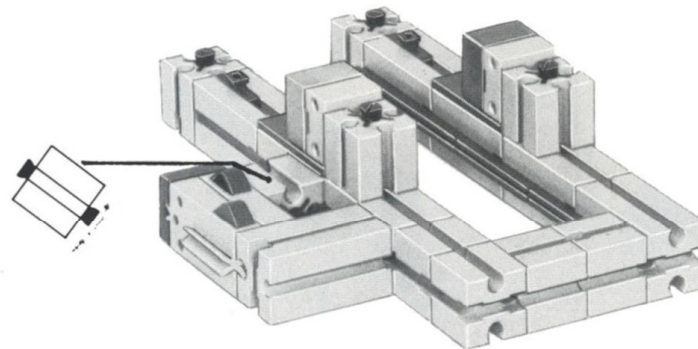
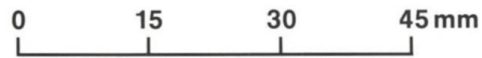
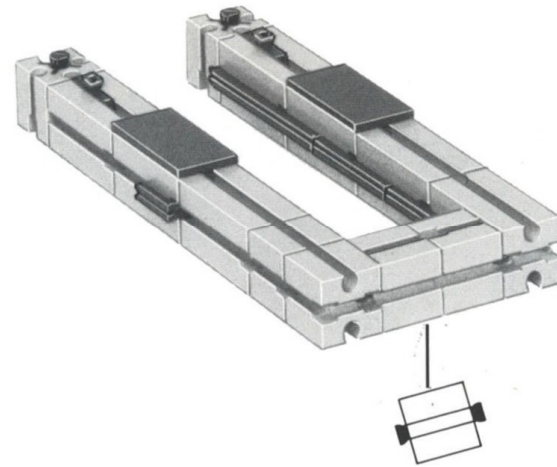
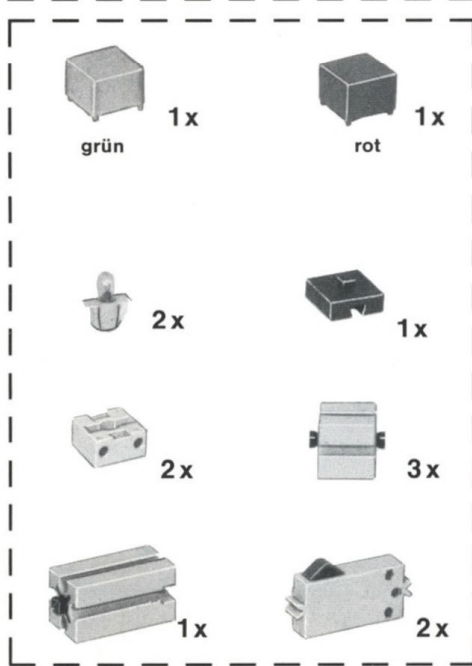
$$\alpha_2 = 82,5^\circ \quad \beta_2 = 112,2^\circ \quad y_0 = 247 \text{ mm}$$

Baustufen Grafiktablett

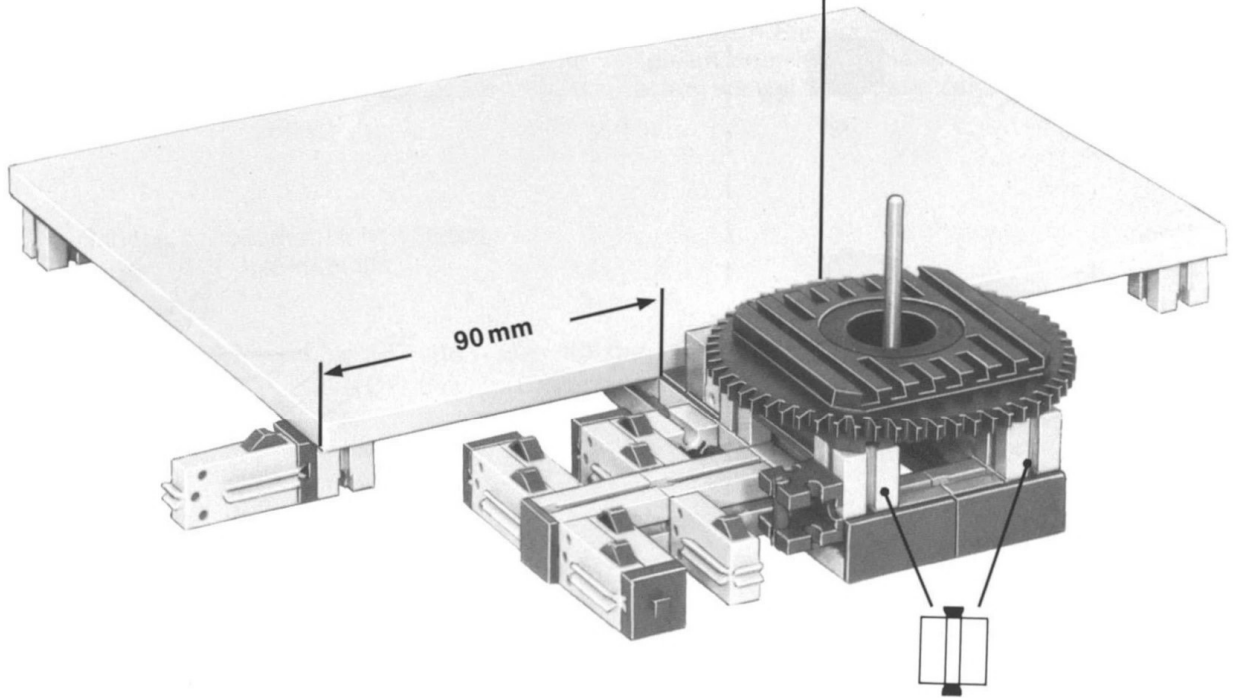
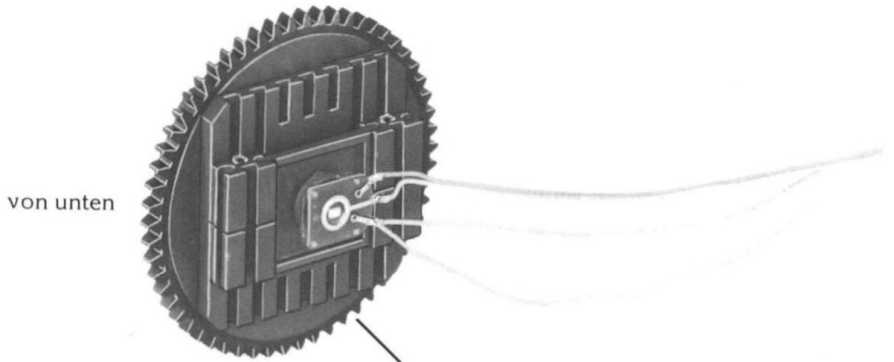
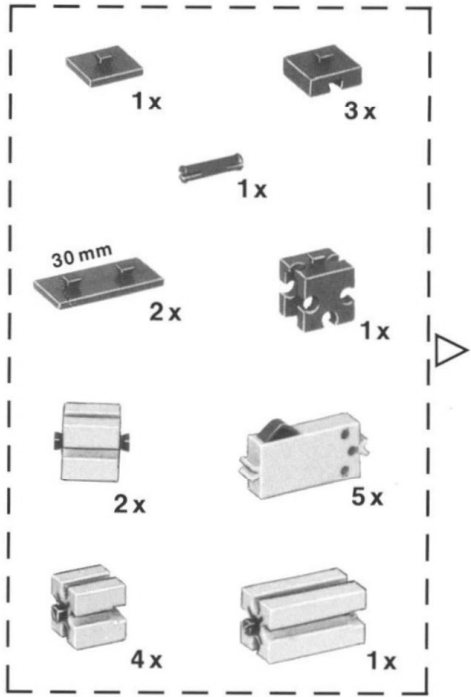
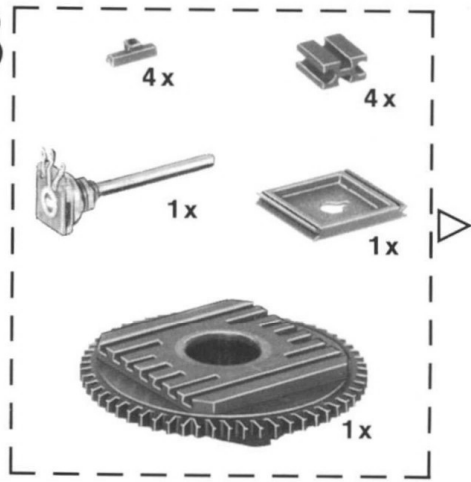
1



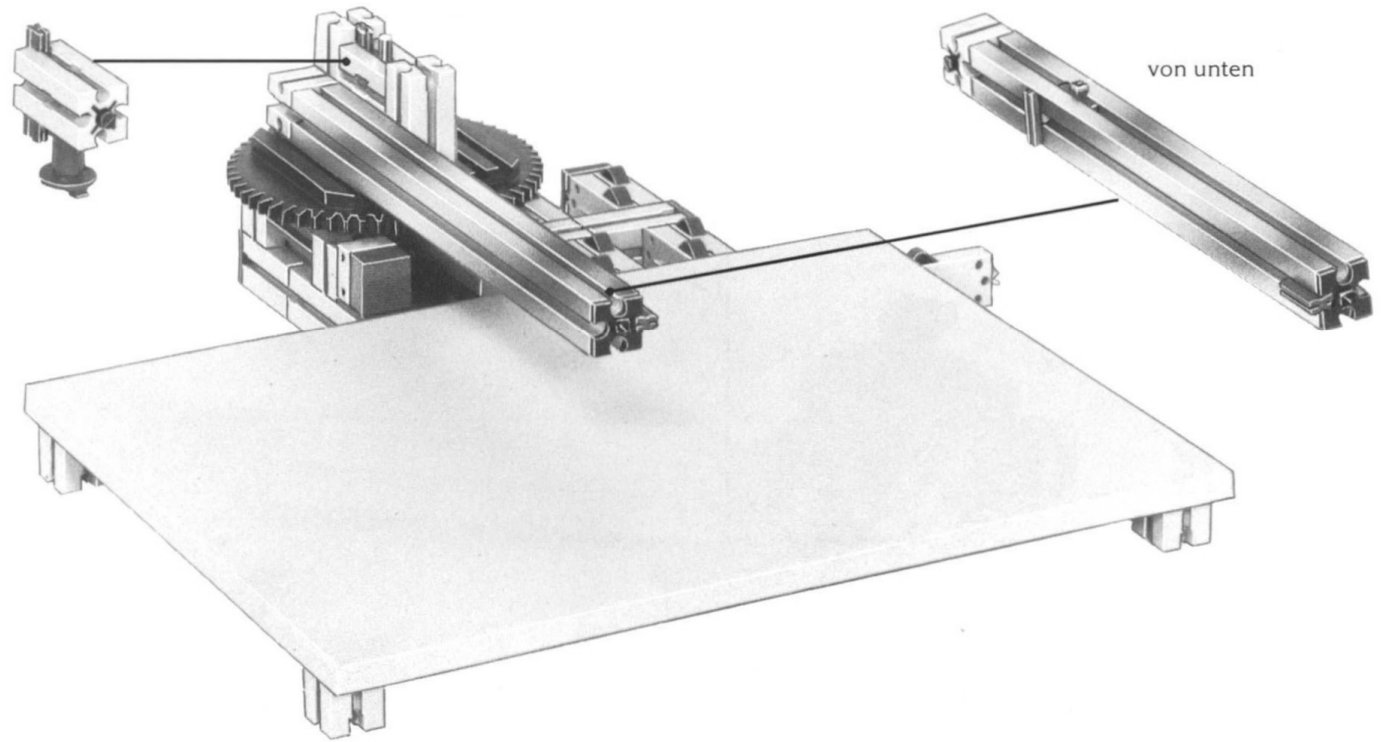
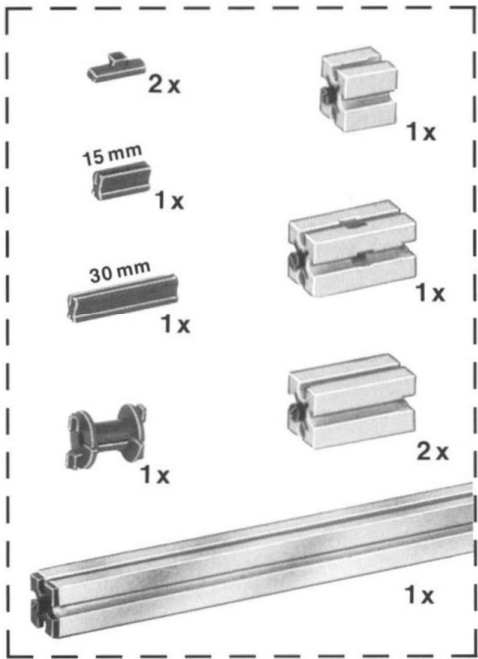
2



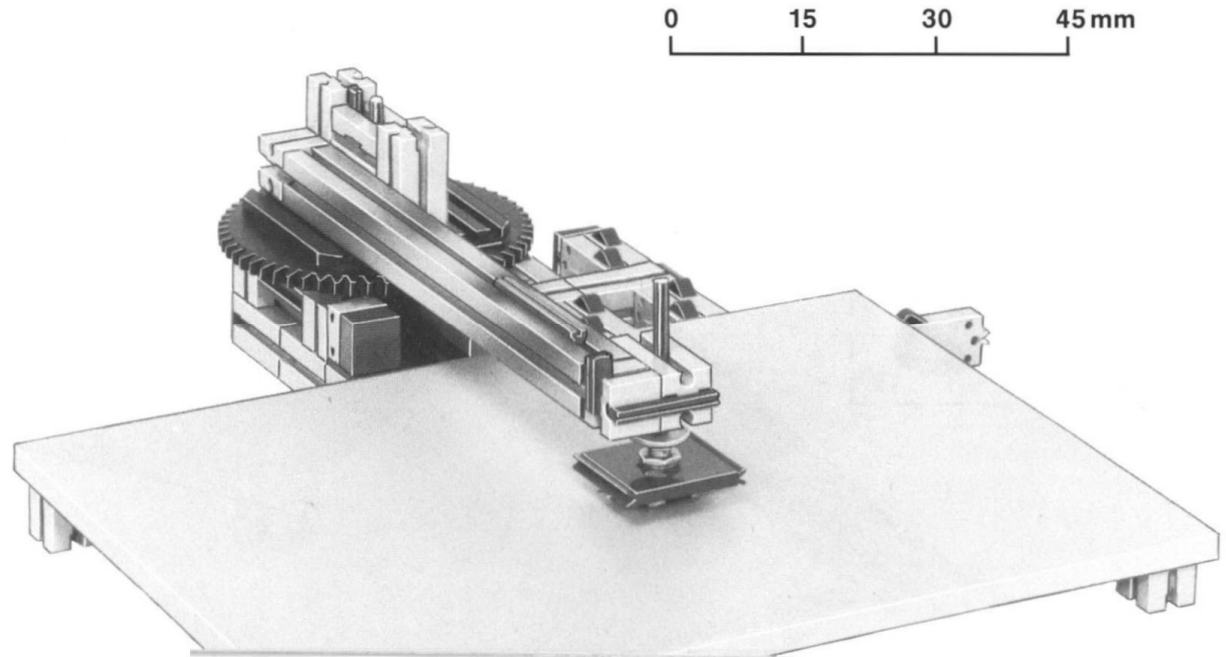
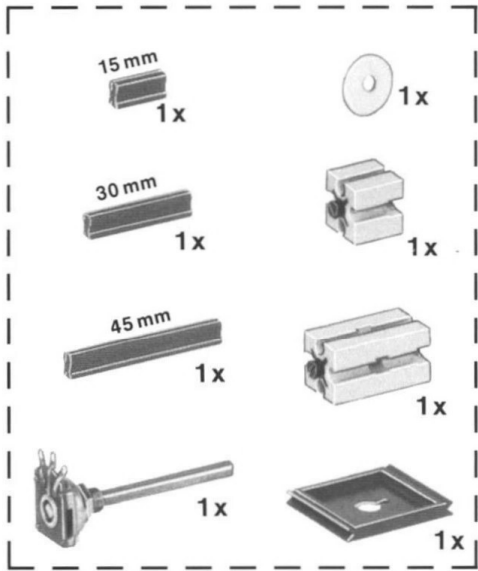
3



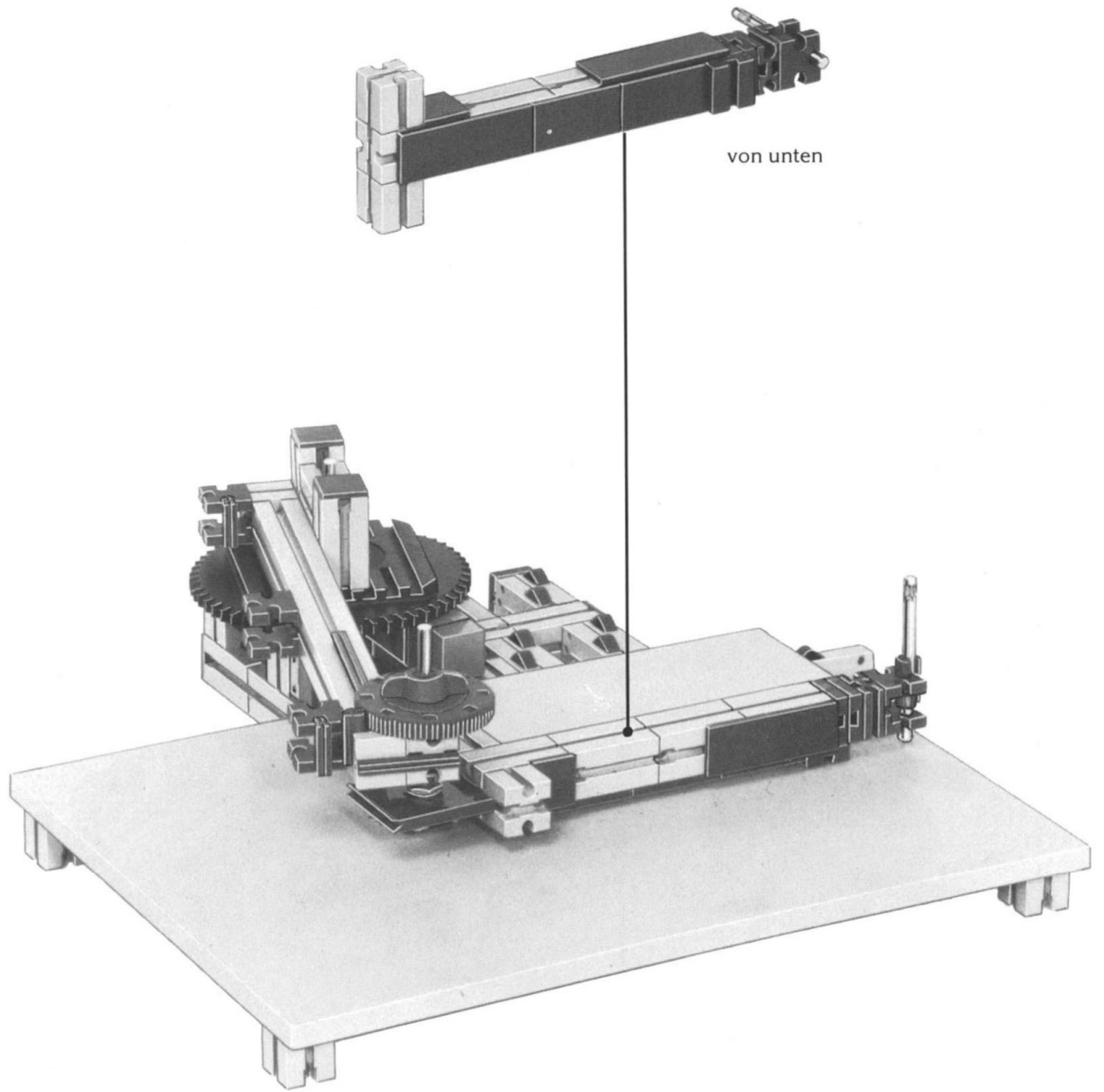
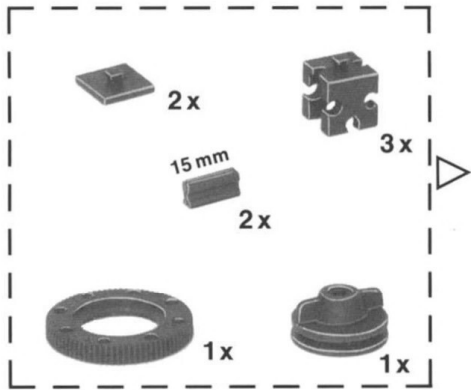
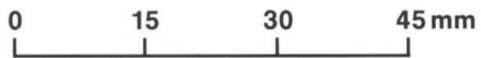
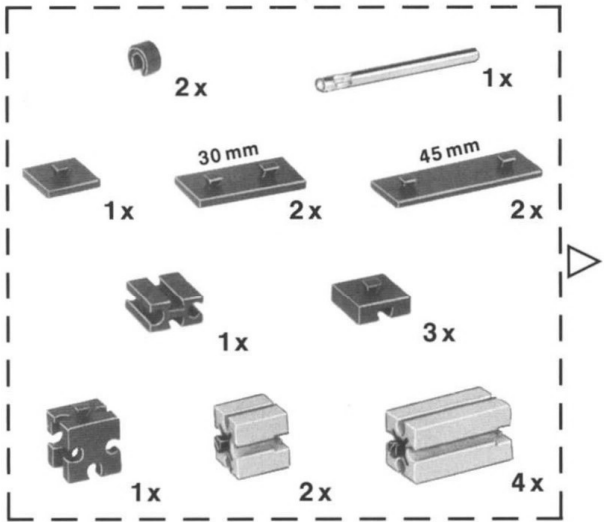
4



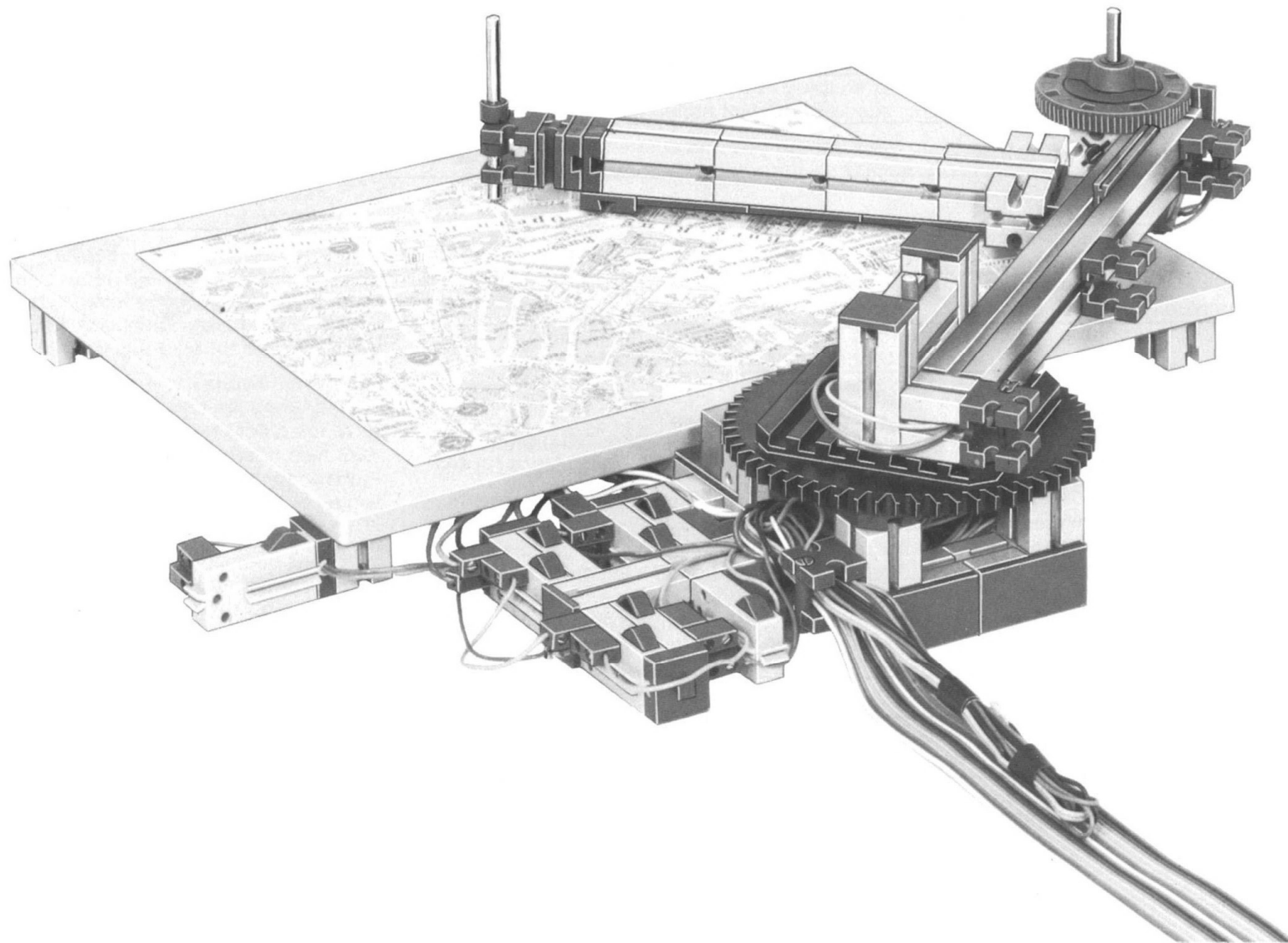
5



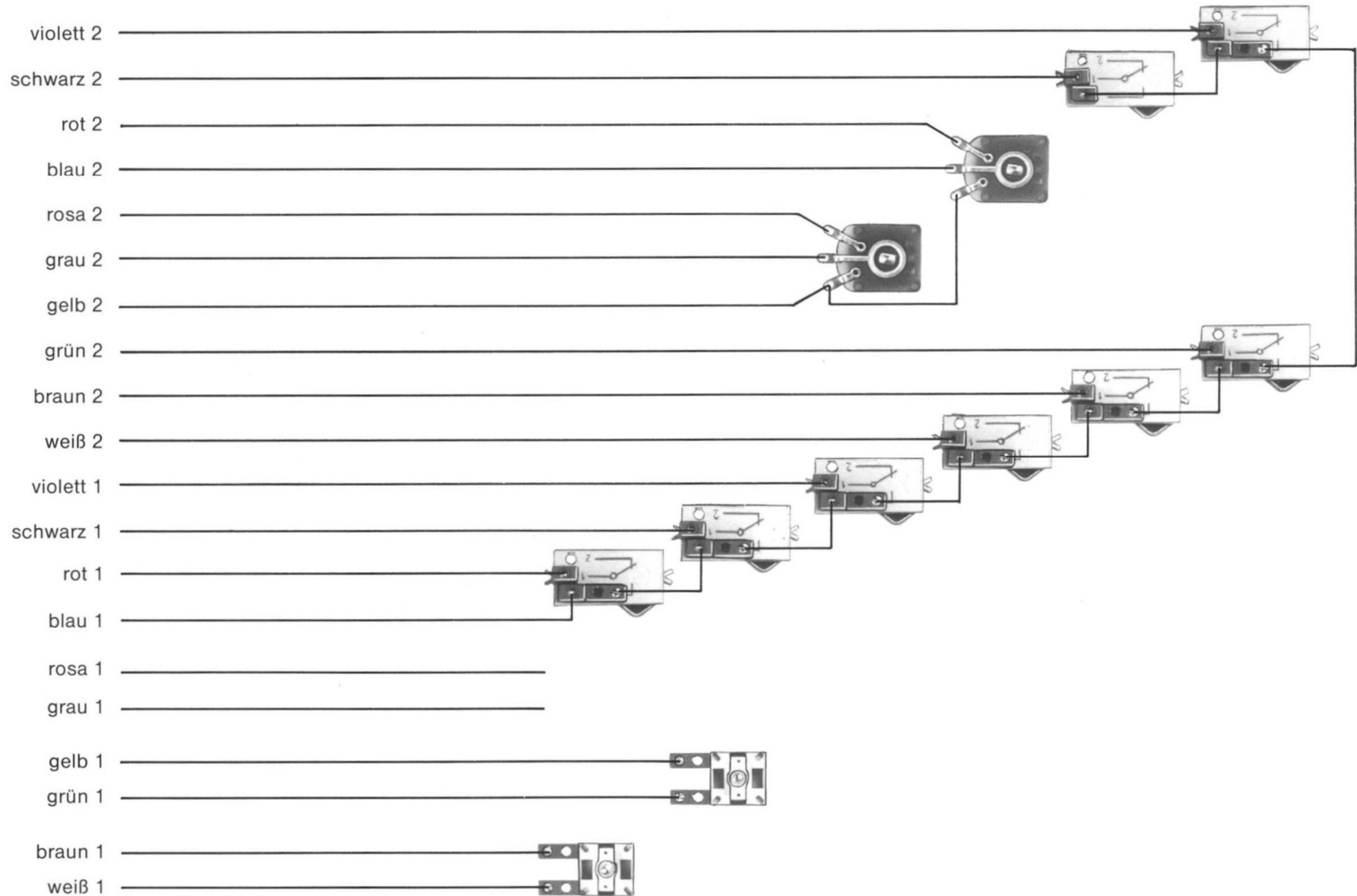
6



7



Verdrahtungsplan Grafiktablett



Weitere Modelle

An dieser Stelle wollen wir noch vier weitere Modelle beschreiben, die Sie ebenfalls aus den Komponenten des fischertechnik computing bauen können.

Die Bauanleitungen sind in Bearbeitung.

Sortieranlage

Messen und sortieren – eine Aufgabe, die immer wieder auftritt, ob nun Hühnereier nach Gewichtsklassen eingeteilt werden oder Ausschub aus einer Produktion ausgesondert werden soll. Wir wollen diese Aufgabe im Kern erfassen und eine Maschine aufbauen, die Bausteine 30 und Bausteine 15 unterscheiden kann.

Der Baustein wird über die Rutsche in die Meßstrecke befördert. Anschließend wird er von Hand nach links in den Meßkanal geschoben, wobei zwangsläufig der Starttaster betätigt wird.

Messen heißt Vergleichen, hier vergleichen wir die unbekannte Länge des Bausteins mit dem Abstand zwischen dem Starttaster und dem Meßtaster. Werden beide mini-Taster gleichzeitig durch den Baustein betätigt, so muß es sich um den längeren Baustein 30 handeln. Der Baustein 15 kann nur einen mini-Taster betätigen.

Nachdem erkannt und durch die Lampen angezeigt ist, um welchen Baustein es sich handelt, erfolgt der Sortierschritt. In einem Fall läuft der Schlitten, der den Baustein schon in den Meßkanal transportiert hat, weiter und wirft den Baustein am linken Ende aus. Im anderen Fall wird der Motor des Schlittens umgepolt, so daß der Baustein nach rechts mitgenommen wird. Drei Taster, die längs der Bahn des Schlittens angeordnet sind, melden dem Computer das Erreichen der Endlagen und der Ausgangsstellung in der Mitte, zu der der Schlitten zuletzt wieder zurückkehrt.

Turm von Hanoi

Der Überlieferung nach sind buddhistische Mönche mit einer Aufgabe beschäftigt, die ein außerordentliches Maß an Geduld erfordert. Auf einem Brett stehen drei Pfähle, aus Kupfer, Silber und Gold. Irgendwann vor langen Zeiten staken auf dem Kupferstab hundert Lochscheiben, alle mit verschiedenem Durchmesser und der Größe nach geordnet. Die Aufgabe ist nun, den Stapel auf den goldenen Pfahl umzuschichten. Dabei gelten folgende Regeln:

1. Es darf jeweils nur eine Scheibe bewegt werden.
2. Es darf nie eine größere Scheibe auf eine kleinere gelegt werden.
3. Zur Ablage dürfen nur die drei Pfähle benutzt werden.

Die Überlieferung berichtet weiter, daß bei Erreichung des Ziels die Welt untergeht.

Diese Aufgabe eignet sich hervorragend zur Programmierung und kann von dem nachstehend abgebildeten Roboter mit fünf Scheiben leicht ausgeführt werden.

Der Algorithmus ist in dem kurzen Programm S. 26 in PASCAL-Notation angegeben.

Zum Schluß noch ein Wort zur Laufdauer des Programms. Bei Durchsicht der Rekursion (so nennt man ein sich selbst aufrufendes Programm) erhalten wir $2^n - 1$ Schritte bei n Scheiben. Bei fünf Scheiben muß der Roboter somit 31 Schritte absolvieren. Bei hundert Scheiben müßte selbst der schnellste Mönch (1 Sekunde je Zug) etwa 40 Tausend Millionen mal Billionen Jahre arbeiten, um den Weltuntergang herbeizuführen.

Plotter

Die grafische Darstellung von Ergebnissen ist dem menschlichen Verständnis wesentlich besser angemessen als die gleiche Information in Form von Zah-

lenkolonnen. Deshalb gehört ein computergesteuertes Zeichengerät, ein Plotter, zu den wichtigsten Peripheriegeräten eines Computers. Aus den Teilen von fischertechnik computing läßt sich ebenfalls ein Plotter bauen, der sich besonders für Darstellungen in Polarkoordinaten eignet. Selbstverständlich können cartesische Koordinaten nach den bekannten Formeln in Polarkoordinaten umgerechnet werden:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \varphi = \arctan (y/x)$$

Solarzellennachführung

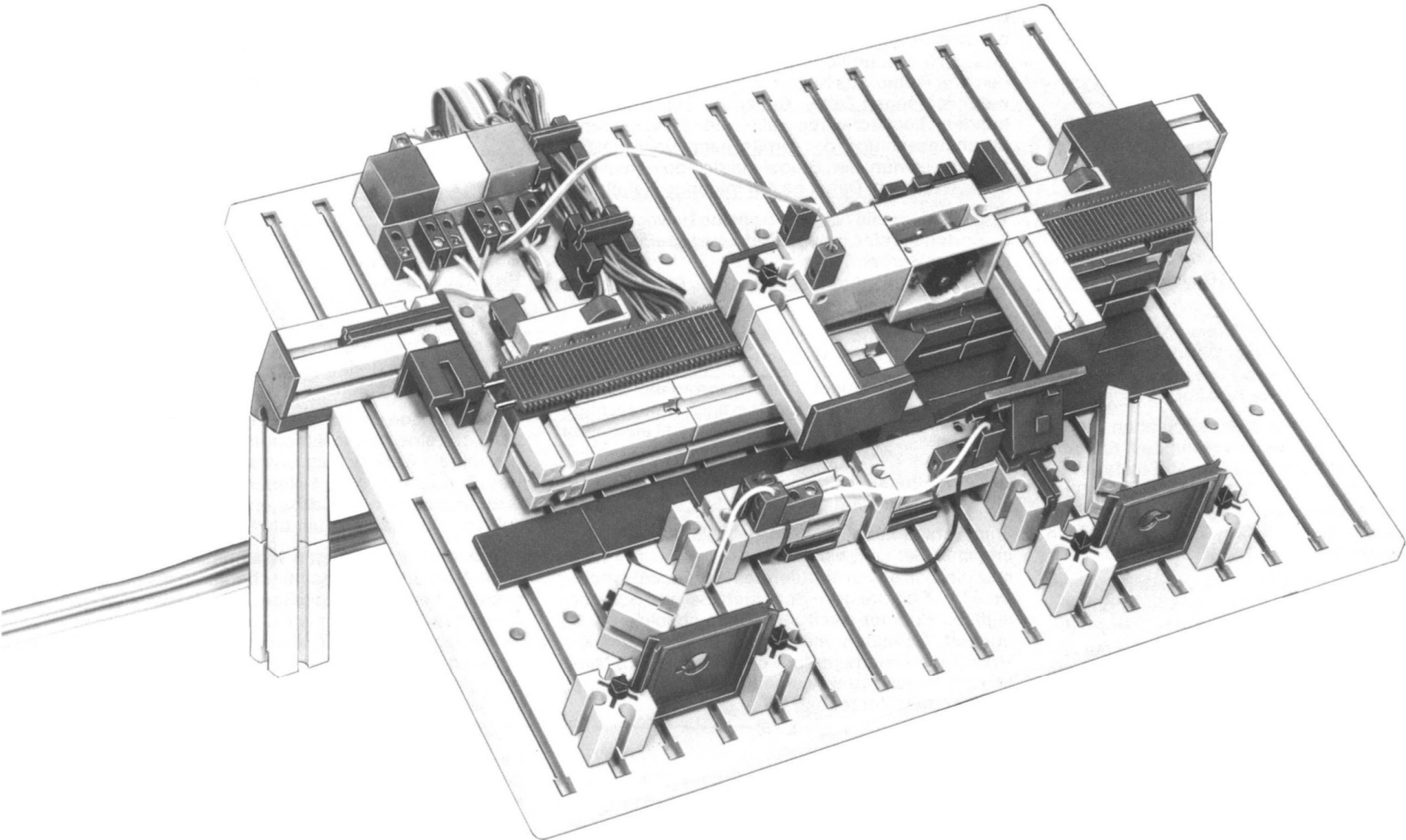
Solarzellen können in bestimmten Regionen der Erde die Energieversorgung anstelle von Verbrennungs- oder Kernkraftwerken übernehmen. Wichtig dabei ist, daß die Solarzelle möglichst viel der einfallenden Strahlung in elektrische Energie umsetzt. Und das tut sie genau dann, wenn sie senkrecht zur Einfallrichtung steht.

Damit kommen wir auf unsere Programmieraufgabe, nämlich eine Himmelsrichtung fest einzuhalten, obwohl die Erde sich im Laufe eines Tages mitsamt des „Fundaments“ der Solarzellenanlage einmal um ihre Achse dreht und dazu noch im Verlaufe eines Jahres in Schräglage um die Sonne reist.

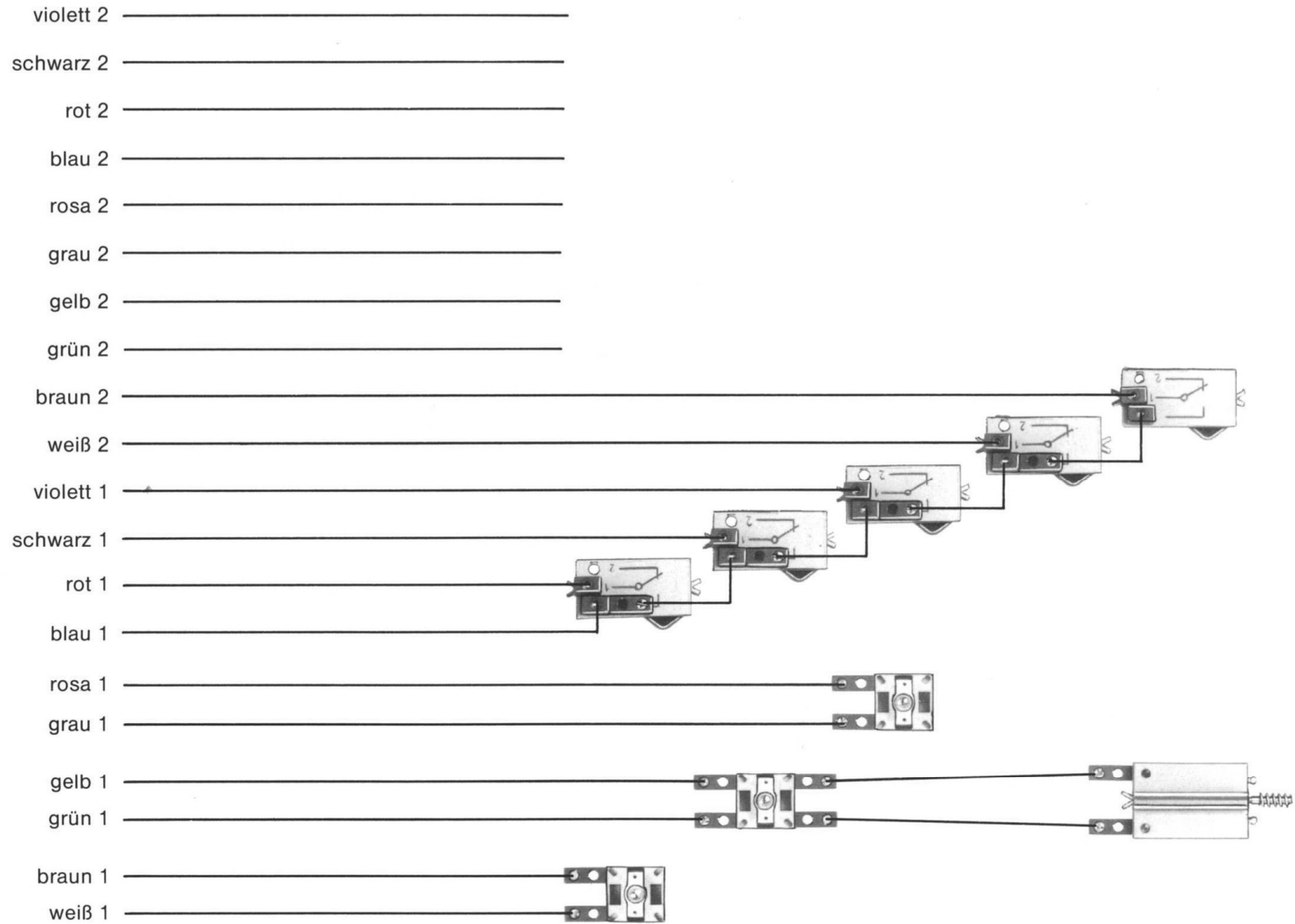
Aus beiden Bewegungen ergeben sich der Tagesverlauf der Sonne mit seinen charakteristischen jahreszeitlichen Abhängigkeiten. Und damit hängt der Sonnenstand nicht nur von Uhrzeit und Datum, sondern auch von der geografischen Breite ab. Die Ausrichtung der Solarzelle erfolgt weiter nach der wahren Sonnenzeit, die sich gemäß der geografischen Länge und einer Reihe weiterer feiner Effekte von der jeweiligen Zonenzeit (z.B. MEZ) unterscheidet.

Die entsprechenden Umrechnungen basieren auf den Formeln der sphärischen Trigonometrie und können einführenden Büchern der Astronomie entnommen werden.

Sortieranlage

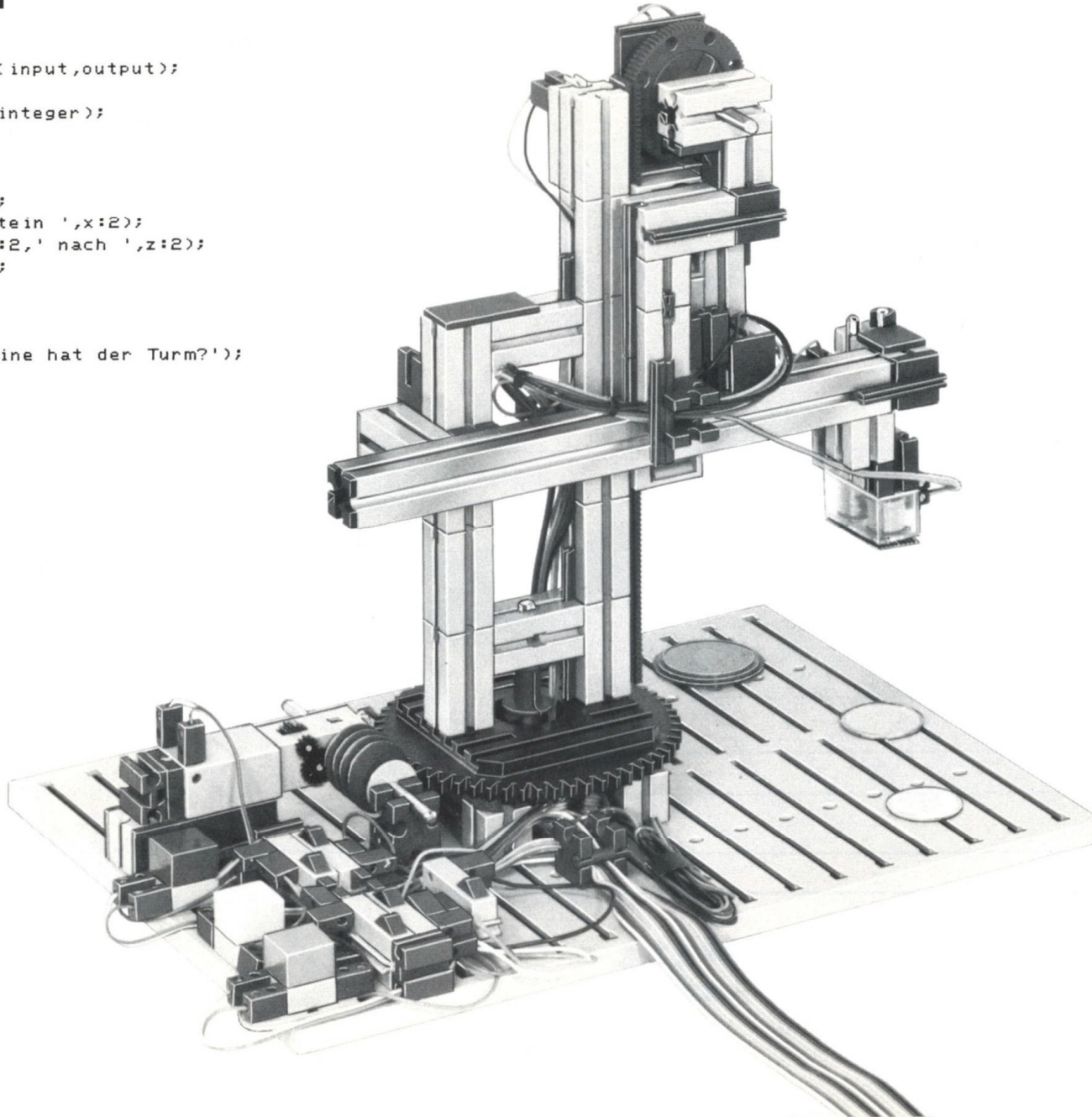


Verdrahtungsplan Sortieranlage

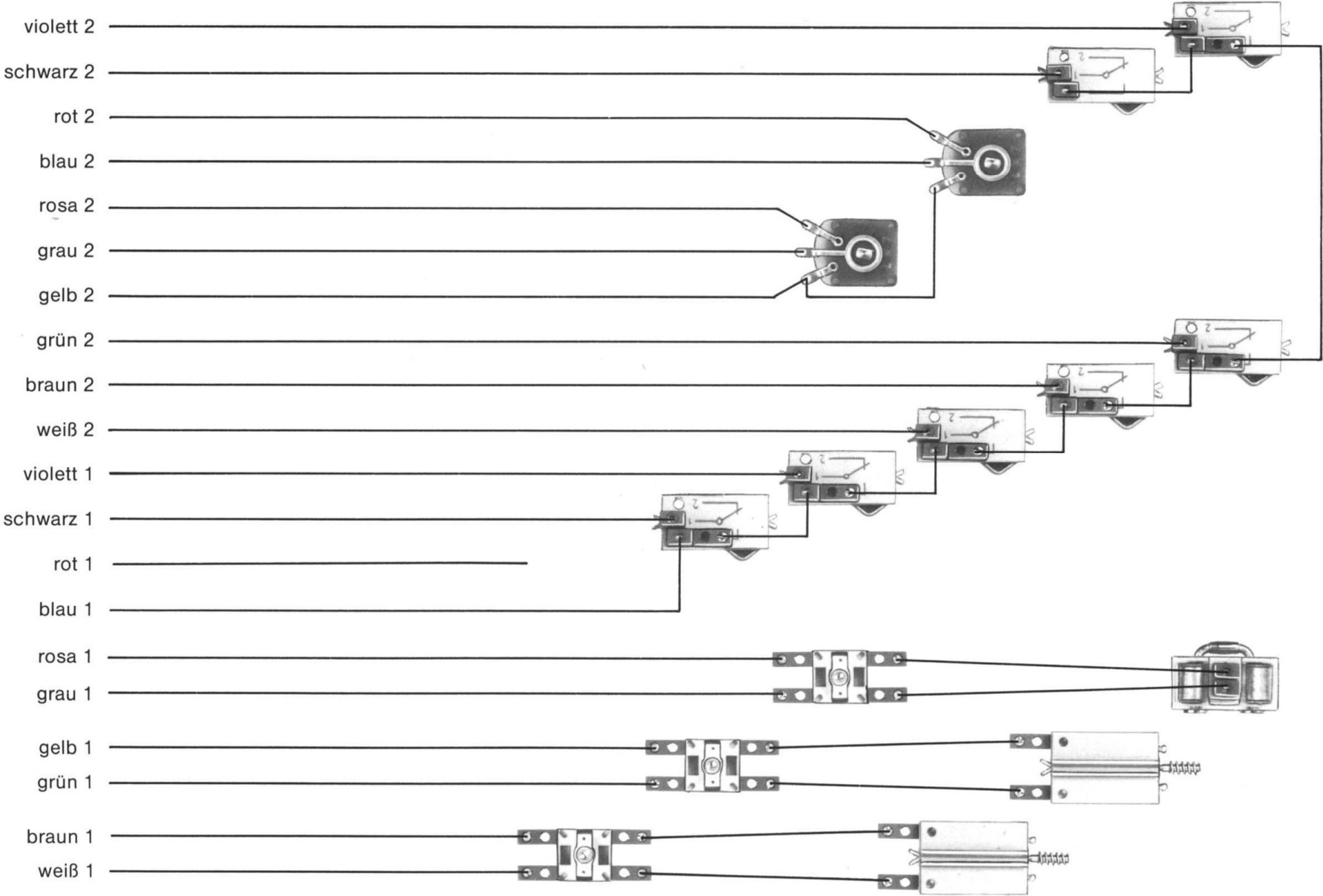


Turm von Hanoi

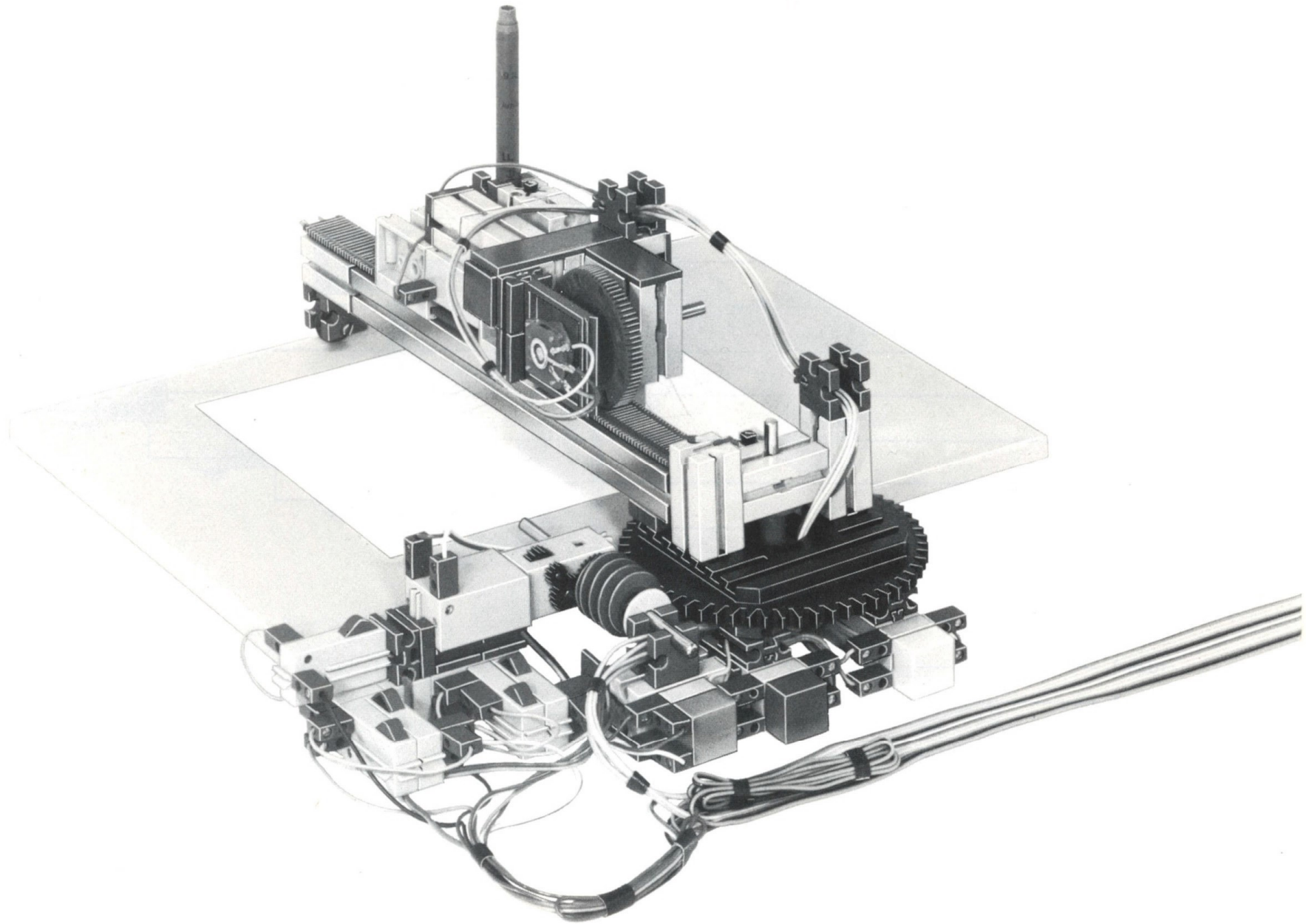
```
program turmvonhanoi(input,output);  
var n:integer;  
procedure zug(x,y,z:integer);  
begin  
  if x>0 then  
    begin  
      zug(x-1,y,6-y-z);  
      writeln('ziehe stein ',x:2);  
      writeln('von ',y:2,' nach ',z:2);  
      zug(x-1,6-y-z,z);  
    end;  
  end;  
begin  
  write('wieviele Steine hat der Turm?');  
  read(n);  
  zug(n,1,2);  
end.
```



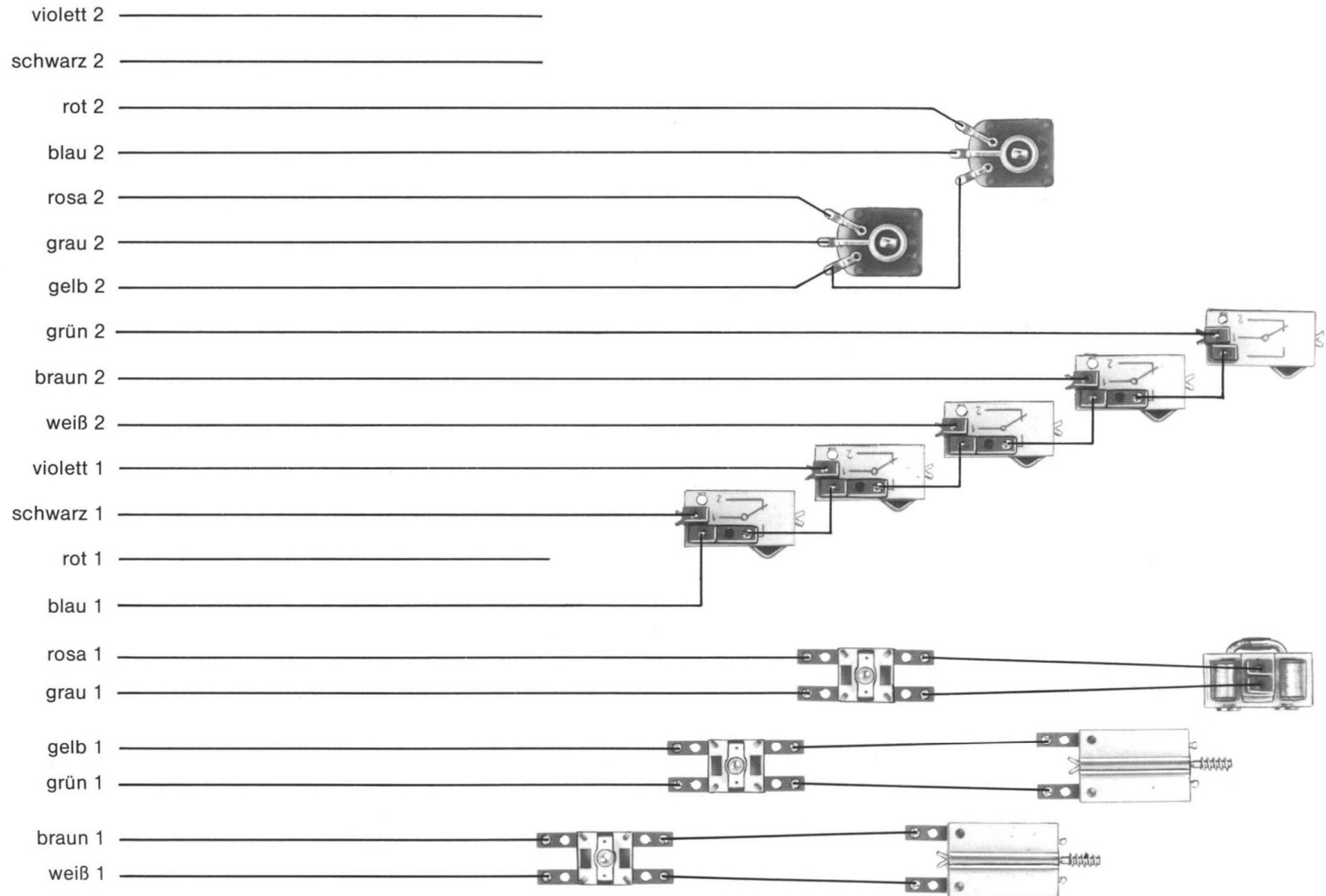
Verdrahtungsplan Turm von Hanoi



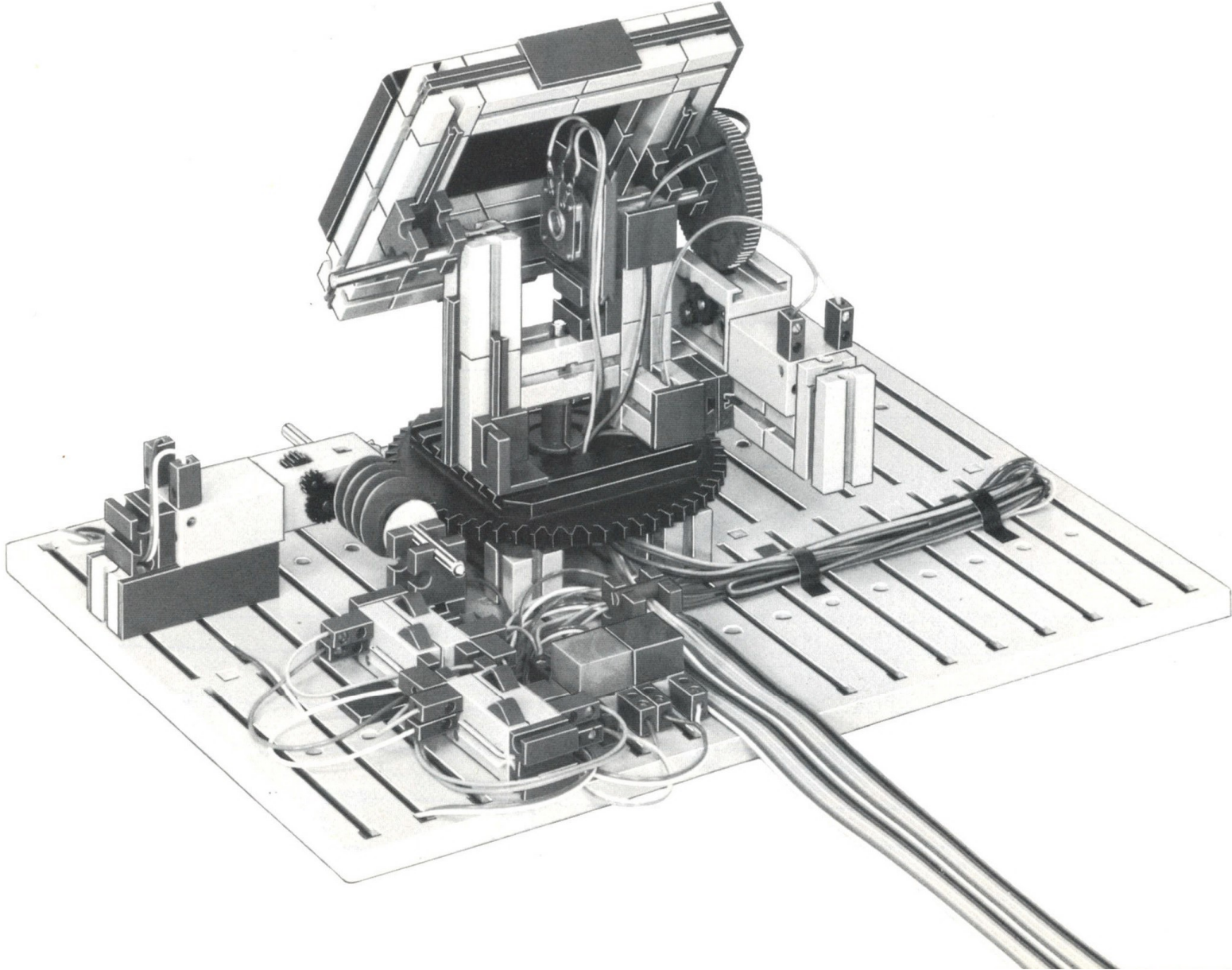
Plotter



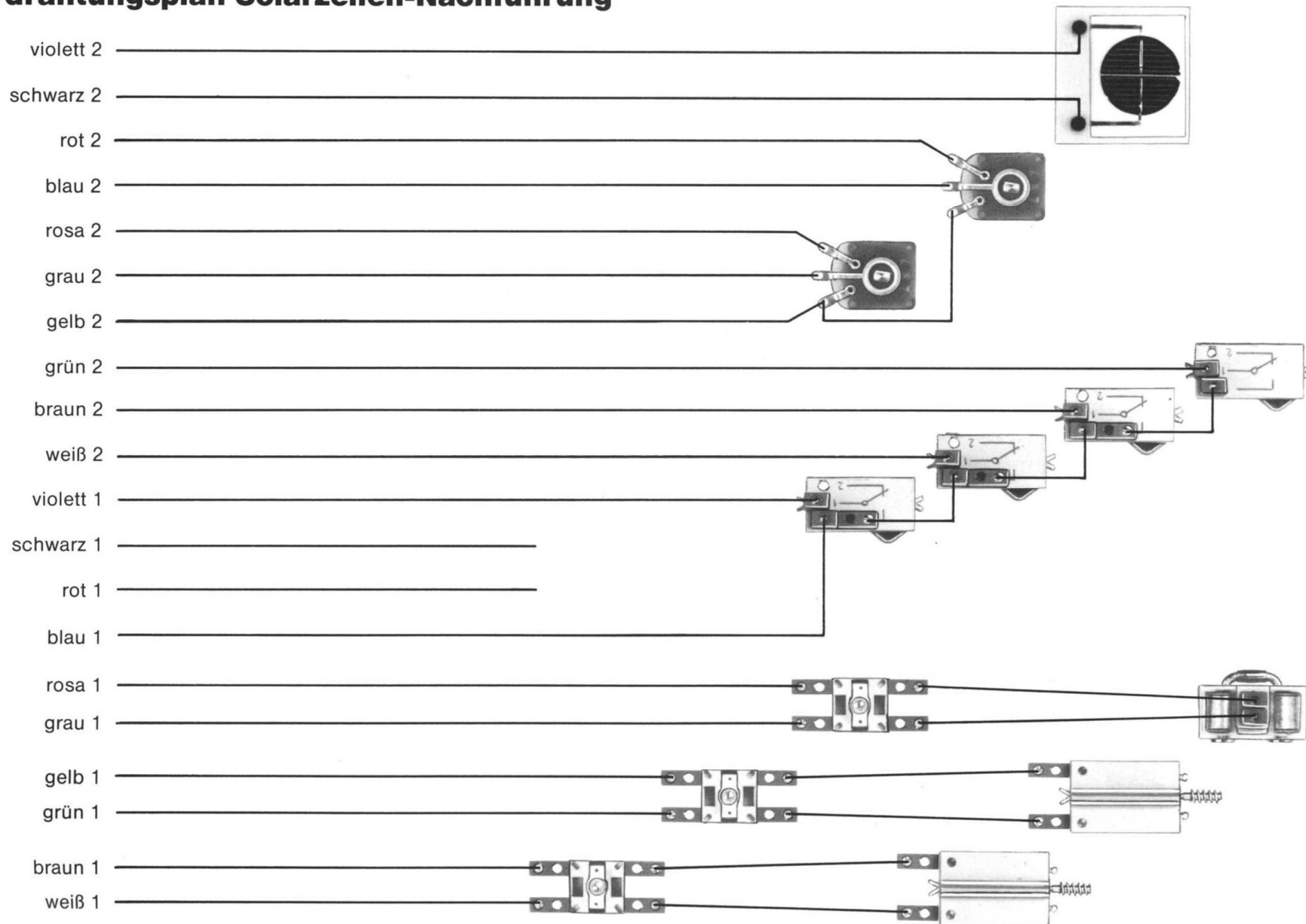
Verdrahtungsplan Plotter



Solarzellen-Nachführung



Verdrahtungsplan Solarzellen-Nachführung



Noch ein Roboter

(Start 100, Motor und Getriebe, Elektronik, Service-Set Graue Bausteine).

Erinnern Sie sich an den Roboter von S. 13? Hier steht er wieder, allerdings mit Förderband, von dem er zielsicher Material abnimmt und in die Rutsche legt.

Die Münze rutscht auf das laufende Förderband und wird nach vorn transportiert, wodurch die Fotozelle verdunkelt wird. Der Fördermotor bleibt stehen (Schaltung 29-3 bzw. 30-7 aus Elektronik).

Dabei ist der Ausgang Q_A anstelle des Starttasters des Roboters angeschlossen, so daß der Roboter die Münze abnimmt.

Die Bewegungsabfolge müssen wir natürlich vorher einprogrammiert haben.

