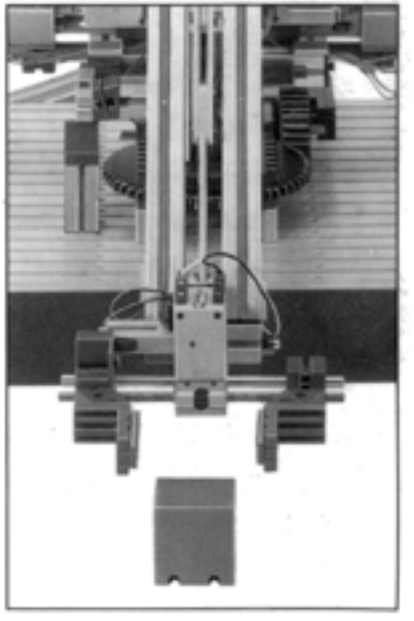
fischertechnik COMPUTING

Bauanleitung Trainingsroboter · Instructions Training Robot · Mode d'emploi du robot d'entraînement



Inhalt

Table of Contents

fischertechnik Trainingsroboter

Lieber fischertechnik-Freund,

kaum ein technisches Instrument läßt sich so vielfältig einsetzen, wie ein Computer. Eines der reizvollsten Gebiete der Computertechnik ist jedoch die Steuerung technischer Modelle. Mit dem fischertechnik computing Bausatz Trainingsroboter haben Sie ein Modell erworben, das Sie in das anspruchvollste Gebiet der Steuerungstechnik, die Robotik, einführt.
Der Bausatz verbindet verschiedene Forderungen in einem leistungsfähigen Instrument. Zu allererst soll der Roboter realistisch sein. Aus diesem Grund hat der Trainingsroboter keinerlei Ähnlichkeit mit Science-fiction-Robotern, jenen menschenähnlichen Gestalten in Metall. Vielmehr lagen Konstruktionsskizzen heutiger Industrieroboter dem Entwurf zugrunde. Sie können aus dem Bausatz das Modell eines dreiachsigen Industrieroboters mit rotatorischen Bewegungsachsen aufbauen. Was dies genau bedeutet, werden Sie in dem Anleitungsbuch noch lesen.
Zum zweiten sollen Sie nicht nur den Roboter aufbauen und mit Ihrem Heim- oder Personal-Computer steuern können. Sie sollen auch die Möglichkeit haben, die Abläufe zu verstehen. Daher sind die Programme so ausgelegt, daß sie zum überwiegenden Teil in BASIC geschrieben und reichlich dokumentiert wurden. Das Verständnis der Programme ist auch die Voraussetzung, eigene Ideen und Vorstellungen zu realisieren. Ich möchte behaupten, daß der Nutzen des Roboters an dieser Stelle zuvörderst zum Tragen kommt.
Ändern, Experimentieren, Ausbauen, Programmieren... hier spielt Ihre eigene Kreativität die entscheidende Rolle.
Dieser dritten Anforderung an den Roboter kommt vom mechanischen Aufbau her das fischertechnik-System in idealer Weise entgegen. Gleichgültig, ob Sie die Funktionen der Greifhand ausbauen, den Roboter mit Sensoren versehen oder eine Umgebung zur Computer-integrierten Fertigung aufbauen – die Vielfalt und hohe Präzision der fischertechnik Bauelemente wird Ihnen in allen Bereichen weiterhelfen.
Zur hohen Funktionszuverlässigkeit des Trainingsroboters tragen auch neue Bauelemente bei. An erster Stelle ist hier das Antriebs- und Positioniersystem zu erwähnen. Neue kompakte Gleichstrommotoren mit hoher Leistung verhelfen dem Roboter zu schneller Bewegung. Doch ist es mit der Steuerung des Roboters alleine nicht getan. Das Programm im Computer muß die Möglichkeit haben, die einmal erreichte Stellung abzufragen. Hierzu dienen die eigens entwickelten Gabellichtschranken. Sie durchleuchten mit Infrarotlicht das mit der Antriebsachse verbundene Rad. Die dort angebrachte Segmentierung erzeugt bei Bewegung letztlich Impulse, die über das fischertechnik Interface dem Computer zugeführt werden. Um diese schnelle Impulsfolge verwerten zu können, wird ein speziell für den Trainingsroboter entwickeltes Softwarepaket eingesetzt. Dieser Teil ist in der Maschinensprache Ihres Computers geschrieben und kann ohne Zählverluste selbst die gleichzeitige Bewegung aller Robotergelenke überwachen. Diese Programme werden von BASIC aufgerufen und sind somit problemlos zu benutzen.
Ich bin sicher, daß der fischertechnik computing Trainingsroboter Sie zu einer Reihe eigener Experimente anregen und Ihr Wissen und Ihre Erfahrung auf diesem Gebiete erheblich erweitern wird.

Ihr

Was ist ein Roboter?

Der Wunsch Roboter zu bauen, ist schier so alt wie die Menschheit. Wie so oft in der Geschichte unserer Kultur finden wir die Wurzeln des Roboters auch schon im antiken Griechenland. Mechanische Tempeldiener wurden dort erstellt, die vorgegebene Bewegungen ausführen konnten. Gesteuert wurden diese durch das Gewicht des herabrieselnden Sandes einer großen, im Roboter eingebauten, Sanduhr. Mit der Blütezeit der Handwerkskunst in der Neuzeit erregten auch immer wieder mechanisch gesteuerte Puppen die Bewunderung der Zeitgenossen und lassen auch uns Zeuge des Geschicks ihrer Erbauer werden. Ein schachspielender Automat zeigte jedoch die Grenzen der damaligen Möglichkeiten: In ihm verbarg sich ein kleinwüchsiger Mensch, der geschickt über Hebel und Gestänge die schachspielende Puppe steuerte. Unser Jahrhundert hat erst die Wortschöpfung „Roboter" erlebt. In dem Bühnenstück R.U.R. (Rossum's Universal Robot) des tschechischen Autors Karel Capek wurden Maschinensklaven „Roboter" genannt; abgeleitet von dem slawischen Wort „robota" für „schwer arbeiten". In dieser gedanklichen Linie bleibt auch häufig unsere heutige Vorstellung eines Roboters, von einer Maschine mit menschenähnlicher Gestalt, mittlerweile nicht mehr mit Sanduhr oder Federwerk sondern mit einem Computer als Gehirn ausgestattet. Genährt wird diese Vorstellung durch eine vielfältige Science-fiction-Literatur.

Daneben erleben wir in der Praxis unserer Arbeitswelt eine andere Art von Roboter. Es handelt sich hier um „... universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegung hinsichtlich Bewegungsfolge und -wegen bzw. -winkeln frei programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind" (VDI-Richtlinie). Roboter können je nach Ausstattung z.B. mit Greifern Werkstücke umsetzen, mit Punktschweißzange oder Lackierpistole Fertigungsaufgaben durchführen, aber auch eine Vielzahl anderer Handreichungen vornehmen.

Trotz der nüchternen Sichtweise der industriellen Praxis kommt doch auch bei diesen Instrumenten die Menschenähnlichkeit wieder ins Spiel. Gerade die universellsten der Roboter lehnen sich an das Vorbild der Natur an. Ihr Bewegungsapparat gleicht häufig einem menschlichen Arm. Deutlich sind vier Teilstücke des Roboters auszumachen: Die Grundplatte entspricht dem Körper, darauf folgt der Oberarm, an den sich nach dem Ellenbogengelenk der Unterarm anschließt. Den Abschluß bildet die Greifhand. Wir werden in der Folge diese menschenbezogenen Begriffe benutzen, um Ihnen eine schnelle Orientierung zu ermöglichen.
Wir wollen nicht verhehlen, daß auch andere Bauformen von Industrierobotern üblich sind. In beliebiger Kombination können die Drehachsen des Roboters auch durch Verschiebungen längs einer Führung ersetzt werden. Erfolgen im Extremfall alle Bewegungen längs einer Bahn, so erhalten wir ein Gerät, das mehr einem Portalkran als einem Arm entspricht. Dieser Robotertyp heißt dann auch Portalroboter und ist meist besser für hohe Lasten geeignet. Auch bei diesem Robotertyp werden die Verschiebemöglichkeiten als Bewegungsachsen bezeichnet, obwohl eine Drehachse im strengen Sinne nicht vorliegt.
Den Robotern ist gemeinsam, daß zur Positionierung der Greifhand immer drei Bewegungsachsen erforderlich sind. Bei einem Knickarmroboter ist dies erst nach längerem Ausprobieren einzusehen. Dagegen leuchtet diese Tatsache bei dem Portalroboter sofort ein. Er kann sich längs der drei Raumdimensionen Höhe, Breite und Tiefe bewegen.

Sie werden vielleicht schon gehört haben, daß Industrieroboter fünf und mehr Achsen haben. In seltenen Fällen kommt diese größere Zahl von Achsen der Bewegungsapparatur zugute, z.B. um in die Ecke einer Autokarosserie hineingreifen zu können. Meist dienen die vierte und fünfte Achse dem Schwenken des Handgelenks. Auf diese Weise kann die Griffrichtung verändert werden. Diese Möglichkeiten finden Sie beim fischertechnik Trainingsroboter nicht eingebaut, er enthält nur die drei Hauptachsen zur Bewegung. Allerdings stellt dies kein Nachteil dar, da alle Studien zur Robotergeometrie auch an den drei Hauptbewegungsachsen angestellt werden können. Zudem ist die Greifhand mit einem mechanischen Lageausgleich ausgestattet. Vielleicht ist es aber ein für Sie interessantes Unterfangen, die zusätzlichen Achsen zur Orientierung der Greifhand noch anzubauen? Doch zunächst soll das Grundmodell erstellt werden.

Das Antriebs- und Positioniersystem

Zum Antrieb des Roboters dienen Gleichstrommotoren. Die drei größeren Motoren bewirken die Roboterbewegung, der kleinere Motor das Öffnen und Schließen der Greifzange. Gleichstrommotoren haben den Vorteil, daß sie einfach anzusteuern sind und ein hohes Drehmoment bei geringem Eigengewicht und -volumen erbringen. Sie tragen letztlich zu der schnellen Bewegung des Roboters bei. Wir können die Motoren vor dem Einbau testen, indem wir sie direkt an das Netzgerät anschließen. Da im nachfolgenden Betrieb des Roboters bis zu vier Motoren gleichzeitig im Betrieb sein können, muß ein entsprechend belastbares Netzgerät verwendet werden. Wir empfehlen das fischertechnik computing Netzgerät oder aber die Verwendung von zwei fischertechnik Netzgeräten mot4.

Gleichstrommotoren teilen mit den meisten anderen Motoren aber auch einen Nachteil. Sie können zwar über ein Getriebe den Roboter bewegen, jedoch ist nach Durchführung der Bewegung die Stellung des Roboters nur ungefähr bekannt. Lediglich die Laufdauer, während der der Motor angeschaltet ist, kann man über den Computer steuern. Andere Faktoren, wie die genaue Netzspannung und damit die Spannung des Netzgeräts, die Leichtgängigkeit des Roboters und der Lastwechsel an der Greifhand sind Faktoren, die zu einer Änderung der Motorgeschwindigkeit führen. Daher müssen gleiche Schaltdauern nicht unbedingt immer zu gleichen Bewegungen des Roboters führen. Ein solcher Zustand ist jedoch für ein Präzisionsinstrument wie einen Roboter untragbar. Daher muß unabhängig vom Motor die Position des Roboters noch einmal gemessen werden. Das hierzu dienende Positioniersystem besteht bei dem Trainingsroboter aus Gabellichtschranken. Bild 1 zeigt, wie eine solche Gabellichtschranke mit dem Motor und dem Getriebe verbunden ist. Die Abtriebswelle des Getriebes trägt ein becherförmiges Rad, auf dessen Umfang in regelmäßigem Abstand schwarze Linien aufgedruckt sind. Insgesamt sind es 32 Linien.

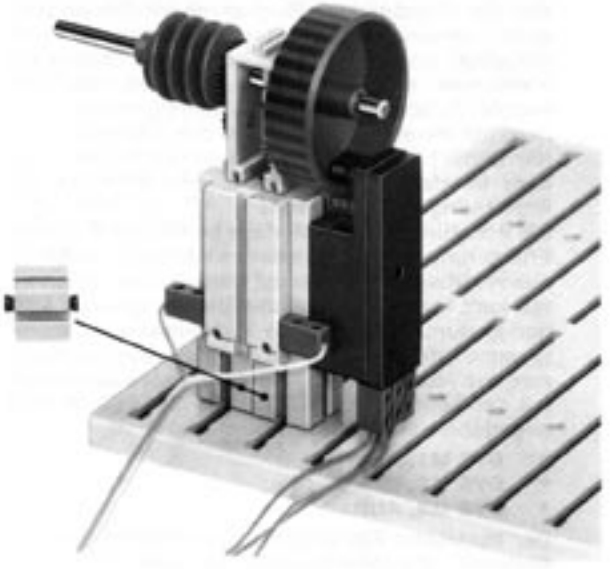
Die Gabellichtschranke greift nun über den Rand des Bechers. Auf der einen Seite der Gabel befindet sich eine Leuchtdiode, die Infrarotlicht sendet. Auf der anderen Seite der Gabel ist ein Fototransistor eingebaut, der auf Infrarotlicht empfindlich ist. Befindet sich kein Gegenstand zwischen der Gabel, so erscheint, vorausgesetzt daß die Betriebsspannung der Lichtschranke richtig angeschlossen ist (s.u.), an dem mit ⎍⎍ bezeichneten Ausgang ein High-Signal. Wird dagegen ein lichtundurchlässiger Gegenstand zwischen die Zinken der Gabel eingeschoben, so ist der Lichtstrahl unterbrochen. An dem Ausgang erscheint ein Low-Signal. Genauso reagiert die Lichtschranke auch auf die verschiedenen Zonen des Rades. Die schwarz bedruckte Stelle unterbricht den Lichtstrahl, die nicht bedruckten Stellen schwächen zwar das Infrarotlicht, lassen aber eine ausreichende Menge durch.

Wenn der Motor läuft, so erscheint an dem Ausgang der Lichtschranke eine Impulsfolge, die genau den dunklen und hellen Stellen des Rades entspricht. Nun sind wir in der Lage, den Roboter mit solch einem Aggregat präzise zu steuern. Wir messen nicht die Laufdauer des Motors, sondern zählen die Impulswechsel am Ausgang der Lichtschranke. Diese Zahl ist ein exaktes Maß für die Umdrehung der Abtriebsachse und damit für die Stellung des Roboters. Allerdings erfordert das Zählen der Impulse eine hohe Arbeitsgeschwindigkeit des Computers. Eine solche Aufgabe muß direkt in der Maschinensprache des Computers programmiert werden, wie weiter unten noch erläutert wird.

Im Moment wollen wir erste Erfahrungen mit dem Positioniersystem sammeln. Wie oben geschildert, muß der Infrarotstrahl das Plastikmaterial durchleuchten, nicht aber den schwarzen Aufdruck. Auch Sonnenlicht und das Licht von Neonröhren enthält Infrarotanteile, die natürlich störend wirken. Wir müssen daher den optimalen Arbeitspunkt der Lichtschranke suchen. Hierzu kann ihre Empfindlichkeit eingestellt werden. Mit dem beigefügten Schraubendreher können Sie durch das Loch in der Gehäuseoberseite ein Potentiometer verstellen. Gehen Sie dabei aber mit Vorsicht und Gefühl voran, um die elektronischen Bauteile nicht zu beschädigen.

Als Einstellhilfe finden Sie auf der Diskette bzw. Kassette das Programm ROBOT.JUST. Zu seiner Benutzung ist das fischertechnik Interface notwendig, so daß wir an dieser Stelle uns zunächst mit diesem wichtigen Instrument vertraut machen wollen.

Bild 1



Interface und Software

An dieser Stelle wollen wir eine kurze Bemerkung zu der Dokumentation der Programme bei fischertechnik computing einfließen lassen. Die Programme sind in dem Anleitungsheft in der Schreibweise des Commodore 64 abgedruckt. Mit dem Interface, das zu Ihrem Computer paßt, wird eine Diskette oder Kassette mitgeliefert, auf der die Programme auch vorliegen. Die BASIC-Schreibweisen der verschiedenen Computer unterscheiden sich leicht. Wenn Sie keinen Commodore 64, sondern einen anderen Computer haben, wird das Programm auf der Diskette oder der Kassette nicht ganz identisch mit dem hier abgedruckten Programm sein. Es ist schon an den entsprechenden Computertyp angepaßt. Die Stellen, wo sich auf jeden Fall Abweichungen ergeben, sind in dem Abdruck des Programms mit einem Sternchen vor der Zeile gekennzeichnet. Wenn Sie also die abgedruckten Programme mit den eingelesenen vergleichen oder das Programm von Hand eingeben wollen, müssen Sie an den Stellen mit Sternchen aufpassen. Außerdem können sich leichte Verschiebungen der Zeilennummern ergeben, die meist ihre Ursache in den Unterschieden der Bildschirmsteuerung haben. Die Anleitung zu dem Interface gibt Ihnen weitere Hinweise zur Anpassung der Programme.

Die Anleitung zu dem Interface beinhaltet auch eine Erläuterung, wie die Signale des Interface von BASIC aus verarbeitet bzw. erzeugt werden. Hier wollen wir nur kurz vermerken, daß die Steuerung eines Ausgangs durch Aufruf eines Maschinenspracheprogramms erfolgt. Als Aufrufparameter wird die Nummer des Ausgangs M1, M2, M3 oder M4 zusammen mit der Betriebsart RECHTS, LINKS, EIN oder AUS angegeben. Beispiele sind:

* **SYS M1, RECHTS**
* **SYS M3, EIN**
* **SYS M4, AUS**

Der Parameter EIN in der obigen zweiten Zeile ist übrigens gleichbedeutend mit dem Parameter RECHTS. Als allererstes muß jedoch immer der Befehl

* **SYS INIT**

erfolgen, der das Interface in einen Anfangszustand versetzt. Dabei werden alle Motoren ausgeschaltet, so daß dieser Befehl auch zum gleichzeitigen Abschalten der Motoren dient.

Die Eingänge des Interface werden mit der USR-Funktion erfaßt. Mit den Parametern E1, E2 bis E8 werden die acht Eingänge abgefragt, an die die mini-Taster angeschlossen werden. Auch andere Ein-Aus-Signale können dort eingespeist werden. Die Funktionen USR(EX) und USR(EY) hingegen dienen der Eingabe stufenlos veränderlicher elektrischer Werte. Diese Eingänge werden bei dem hier beschriebenen Roboter nicht benötigt. Sie können aber wichtig werden, wenn Sie Sensoren anschließen wollen, z.B. Fotowiderstände zur Objekterkennung.

Wichtig zu wissen ist auch, daß das Interface eine Überwachungsschaltung des Datenverkehrs besitzt. Immer wenn innerhalb einer halben Sekunde kein neuer Befehl, sei es ein Ausgabe- oder Eingabebefehl, kommt, schaltet es alle Motoren ab. Beim Stoppen des Computerprogramms brauchen Sie daher nicht eigens die Stromversorgung der Motoren abzustellen. Setzt der Datenaustausch wieder ein, nimmt das Interface alle Motoren wie zuletzt wieder in Betrieb.

Das Maschinenspracheprogramm, das den Datenaustausch zwischen Computer und Interface bewirkt, muß natürlich auch in dem Computer abgespeichert sein. Hierzu dient das sogenannte Grundprogramm, das sich ebenfalls auf der Diskette oder Kassette befindet. Gleichzeitig ist es Bestandteil eines jeden weiteren fischertechnik computing Programms und belegt die Zeilennummer 1 bis 500. In den Programmlisten dieses Anleitungsbuches erscheint dieser Teil jedoch nicht, da er für jeden Computertyp anders ausschaut. Das Maschinenprogramm muß ganz detailliert auf den Hard- und Softwareaufbau des Computers eingehen. Sie finden das Grundprogramm in der Anleitung zu Ihrem Interface dokumentiert.

Der Trainingsroboter verwendet aufgrund des oben beschriebenen Positioniersystems ein erweitertes Grundprogramm, das Roboter-Systemprogramm. Es liegt auf der Diskette bzw. Kassette als ROBOT. SYSTEM vor. Es kommen acht weitere Kommandos hinzu: Ganz ähnlich zu den Ausgabekommandos SYS M1, RECHTS oder SYS M4, AUS verhält sich das Kommando

* **SYS P1, nnnn**

Dieses Kommando läßt den Motor M1 solange laufen, bis der Roboter die Position nnnn erreicht hat. nnnn ist dabei eine positive Ganzzahl und gibt den Stand des oben erwähnten Impulszählers wieder. Das Roboter-Systemprogramm „weiß" also immer den jeweiligen Zählerstand. Wenn mit dem Kommando eine neue Position angefordert wird, so berechnet das Roboter-Systemprogramm die Differenz der Positionen. Aus dem absoluten Zahlenwert ergibt sich die Anzahl der abzuwartenden Impulse von der Lichtschranke, aus dem Vorzeichen die Laufrichtung des Motors. Allerdings rührt sich der Motor noch nicht. Als Programmierer haben Sie nämlich die Gelegenheit, für weitere Motoren die neue Position anzufordern. Erst wenn alle Aufträge an das Roboter-Systemprogramm ausgeteilt sind, wird das Kommando

* **SYS ROBOT**

aufgerufen. Nun laufen alle Motoren, die eine neue Position erreichen sollen, gleichzeitig los. Von allen in Betrieb befindlichen Motoren werden die Impulseingänge überwacht und ausgezählt. Jeder Motor wird ausgeschaltet, wenn er die neue Position erreicht hat. Sind alle Positionen erreicht, gibt das Kommando die Kontrolle wieder an das BASIC-Programm zurück.

Noch einige weitere Bemerkungen zu dem Roboter-Systemprogramm sind angebracht. Ein Motor wird auch schon vor Erreichen der Position abgeschaltet, wenn der dem Motor zugeordnete Endtaster angesprochen hat. Diese Endtaster haben einerseits die Funktion, eine „Heimposition" des Roboters festzulegen, andererseits unzulässige Bewegungen des Roboters zu vermeiden. Die Endtaster müssen im nicht betätigten Zustand geschlossen sein. Sie öffnen den Kontakt bei Betätigung. Bei den dem Modell beigefügten mini-Tastern sind somit meist die Kontaktnummern 1 und 2 anzuschließen.

Weiter hatten wir geschildert, daß bei Erreichen der Zielposition der Motor einer jeder Bewegungsachse abgeschaltet wird. Wer sich jedoch schon genauer mit der motorischen Steuerung befaßt hat, wird wissen, daß der Motor nach dem Abschalten noch etwas nachläuft. Aus diesem Grund überwacht das Roboter-Systemprogramm den Impulseingang noch für eine festgelegte Zeit nach Abschalten des Motors. Jeder dann noch eintreffende Impuls wird noch gezählt. Letztlich wird sich also nicht die Zielposition ergeben, sondern eine klein wenig danebenliegende Position. Diese tatsächlich erreichte Position kann durch die Funktion

* **USR(P1) (dto. für P2, P3 und P4)**

abgefragt werden.
Die den Motoren zugeordneten Positionszähler können auch auf Null gestellt werden. Dies erfolgt mit dem Kommando

* **SYS INIT**

das Sie schon aus dem einfacheren Grundprogramm kennen. Da es im Rahmen des Roboter-Systemprogramms noch diese Nebenwirkung hat, kann es nicht mehr bedenkenlos zum gleichzeitigen Abschalten aller Motoren verwendet werden. Allerdings wird sich diese Notwendigkeit auch gar nicht mehr ergeben, da die Motoren der zuverlässigen Kontrolle des Roboter-Systemprogramms unterliegen.
Im Gegensatz zu den einfacheren Kommandos des Grundprogramms sind in den Kommandos des Roboter-Systemprogramms Ein- und Ausgaben miteinander verwoben, um so die hohe Leistungsfähigkeit zu erzielen. Dies erfordert aber auch eine feste Zuordnung von Ein- und Ausgängen des Interface, wie die nachstehende Tabelle zeigt:

Motor	End-taster	Impuls-eingang	Kommandos	
M1	E1	E2	SYS P1, nnnn	USR(P1)
M2	E3	E4	SYS P2, nnnn	USR(P2)
M3	E5	E6	SYS P3, nnnn	USR(P3)
M4	E7	E8	SYS P4, nnnn	USR(P4)

Wie aus der Tabelle zu sehen ist, sind die Roboter-Systemkommandos für alle vier Ausgänge des Interface vorhanden, wenn auch der Trainingsroboter das Positioniersystem nur für drei Motoren benutzt. In diesem Fall werden Motor 1 bis 3 über die Positionierkommandos gesteuert. Der Motor 4 treibt die Greifzange an und wird mit den einfacheren Kommandos des Grundprogramms gesteuert.
Sollten Sie nicht mit dem fischertechnik computing Interface arbeiten, sondern mit einer anderen Interfaceschaltung, gilt das bisher Gesagte natürlich nicht in jedem Detail. Dennoch können Sie die hier skizzierten Ideen auch auf jeder anderen Hardware realisieren.

Roboter-Systemprogramm

Nachfolgend ist das BASIC-Programm wiedergegeben, das das Roboter-Systemprogramm für den Commodore 64 erzeugt. Dieses Programm sowie die ab Seite 16 noch abgedruckten Programme können auch von der fischertechnik Diskette Trainingsroboter/Plotter/Scanner geladen werden. Dies gilt auch für die entsprechenden Programme für andere Computer. Fordern Sie die Diskette unter Angabe des Typs Ihres Computers und Laufwerks bitte bei

fischerwerke Artur Fischer GmbH & Co. KG
Abt. fischertechnik
7244 Tumlingen/Waldachtal

an. Sie müssen hierzu den beigefügten Gutschein verwenden.

```
*1 PRINT CHR$(147)!POKE 53280,3!POKE 53281,1
*2 FOR I=1 TO 7
*3 PRINT
*4 NEXT
*5 PRINT TAB(6)"BITTE EINEN MOMENT WARTEN"
*6 PRINT
*7 PRINT TAB(11)"TRAININGSROBOTER"
*8 PRINT
*9 PRINT TAB(5)"SYSTEMPROGRAMM WIRD GELADEN"
*10 REM ROBOTER SYSTEMPROGRAMM FUER COMMODORE 64
*13 REM COPYRIGHT (C) ARTUR FISCHER FORSCHUNG 1985
*15 REM AUFRUF DES PROGRAMMS MIT
*20 REM SYS M1,EIN    SYS M1,AUS
*25 REM SYS M1,LINKS  SYS M1,RECHTS
*30 REM USR(E1)  USR(EX)  USR(EY)
*35 REM SPEZIELLE ROBOTERBEFEHLE
*40 REM SYS P1,WWWW  SOLLPOSITION ABLESEN
*45 REM USR(P1)  ISTPOSITION ABFRAGEN
*50 REM SYS ROBOT  START DES ROBOTERS
*55 DATA 52656,0,0,169,0,162,23,157,209,53375
*60 DATA 207,202,16,250,48,46,169,3,54316
*65 DATA 208,10,169,12,208,6,169,48,55146
*70 DATA 208,2,169,192,120,141,177,285,56368
*75 DATA 32,253,174,173,176,285,13,177,57563
*80 DATA 285,141,176,285,32,158,183,138,58081
*85 DATA 45,177,285,141,177,285,173,176,60188
*90 DATA 285,77,177,285,32,241,285,89,61338
*95 DATA 96,141,176,285,72,169,63,141,62393
*100 DATA 3,221,162,8,169,48,14,176,63194
*105 DATA 285,144,2,9,4,141,1,221,63921
*110 DATA 9,8,141,1,221,282,288,236,64947
*115 DATA 169,57,141,1,221,184,141,176,65957
*120 DATA 285,96,120,32,247,183,281,8,67841
*125 DATA 288,118,192,162,248,57,192,148,68356
*130 DATA 248,53,148,177,285,32,61,286,69478
*135 DATA 45,177,285,168,248,2,168,1,70468
*140 DATA 32,162,179,88,96,169,58,141,71385
*145 DATA 1,221,9,9,141,1,221,162,72149
*150 DATA 8,18,44,1,221,18,2,9,72468
*155 DATA 1,168,48,148,1,221,168,56,73247
*160 DATA 148,1,221,282,288,235,96,169 ,74519
*165 DATA 255,141,4,221,141,5,221,169,75676
*170 DATA 185,141,14,221,148,1,221,168,76759
*175 DATA 58,148,1,221,173,4,221,162,77739
*180 DATA 3,282,288,253,58,237,4,221,78523
*185 DATA 288,242,162,56,142,1,221,56,80011
*190 DATA 169,255,237,4,221,168,169,255,81489
*195 DATA 237,5,221,32,145,179,88,96,82492
*200 DATA 162,8,192,194,248,18,162,2,83482
*205 DATA 192,198,248,12,162,4,192,282,84664
*210 DATA 248,8,162,6,192,286,288,11,85695
*215 DATA 188,288,287,189,289,287,32,145,87888
*220 DATA 179,88,96,148,176,285,141,177,88282
*225 DATA 285,96,169,8,248,18,169,2,89173
*230 DATA 288,6,169,4,288,2,169,8,89945
*235 DATA 141,177,285,32,253,174,32,138,91897
*240 DATA 173,32,247,183,174,177,285,157,92445
*245 DATA 217,287,152,157,216,287,96,162,93859
*250 DATA 8,56,189,288,287,253,216,287,95281
*255 DATA 141,248,287,189,289,287,253,217,96864
*260 DATA 287,141,241,287,16,5,189,281,98871
*265 DATA 287,288,11,173,248,287,13,241,99371
*270 DATA 287,248,9,189,288,287,157,224,100799
*275 DATA 287,157,232,287,282,282,16,289,102238
*280 DATA 32,61,286,141,241,287,32,61,103211
*285 DATA 286,169,77,241,287,141,248,287,104698
*290 DATA 148,241,287,169,8,141,176,285,105977
*295 DATA 162,6,173,241,287,61,281,287,107235
*300 DATA 289,6,157,224,287,157,225,287,108626
*305 DATA 173,248,287,61,288,287,248,76,110038
*310 DATA 189,232,287,221,288,287,288,28,111514
*315 DATA 56,189,288,287,233,1,157,288,112773
*320 DATA 287,189,289,287,233,8,157,289,114184
*325 DATA 287,56,176,17,24,189,288,287,115269
*330 DATA 185,1,157,288,287,189,289,287,116551
*335 DATA 185,8,157,289,287,189,288,287,117833
*340 DATA 221,216,287,288,23,189,289,287,119313
*345 DATA 221,217,287,288,15,169,8,221,120571
*350 DATA 224,287,248,8,157,224,287,169,122087
*355 DATA 255,157,225,287,169,8,221,225,123466
*360 DATA 287,248,3,222,225,287,173,176,124919
*365 DATA 285,29,224,287,141,176,285,282,126388
*370 DATA 282,16,135,173,176,285,32,241,127488
*375 DATA 285,248,3,76,38,287,162,8,128417
*380 DATA 29,225,287,282,282,16,249,281,129748
*385 DATA 8,248,3,76,38,287,88,96,130488
*390 DATA 2,1,8,4,32,16,128,64,130743
*395 DATA 1,2,4,8,16,32,64,128,130998
*400 DATA 162,146,255,178,85,85,28,285,132133
*405 DATA 52938,52934,52938,52942,52967,396844
*410 READ INIT : MI=INIT
*415 FOR MO=8 TO 67 : FOR M2=8 TO 7
*420 READ MM : POKE INIT+MO*8+M2,MM
*425 MI=MI+MM : NEXT
*430 READ MM : IF MI<>MM THEN PRINT"DATAFEHLER
     IN ZEILE";MO*5+55!PRINT MI!END
*435 NEXT
*440 READ E1,E2,E3,E4,E5,E6,E7,E8
*445 MI=MI+E1+E2+E3+E4+E5+E6+E7+E8
*450 READ MM : IF MI<>MM THEN PRINT"DATAFEHLER
     IN ZEILE 395"!PRINT MI!END
*455 READ EX,EY,AUS,LINKS,RECHTS,EIN,M2,M3
*460 MI=MI+EX+EY+AUS+LINKS+RECHTS+EIN+M2+M3
*465 READ MM : IF MI<>MM THEN PRINT"DATAFEHLER
     IN ZEILE 480"!PRINT MI!END
*470 POKE 785,M2 !POKE786,M3
*475 READ P1,P2,P3,P4,ROBOT
*480 MI=MI+P1+P2+P3+P4+ROBOT
*485 READ MM : IF MI<>MM THEN PRINT"DATAFEHLER
     IN ZEILE 485"!PRINT MI!END
*490 INIT=INIT+2
*495 MI=INIT+12! M2=M1+4 : M3=M2+4 : M4=M3+4
*500 SYS INIT
```

Erste Experimente

Nach soviel Theorie zur Programmierung wollen wir nun die ersten Experimente durchführen. Wir nehmen den zuvor erstellten Versuchsaufbau zur Hand. Motor und Lichtschranke müssen mit Hilfe des beigefügten 20-adrigen Kabels mit dem Interface verbunden werden. Das Kabel sollten wir jedoch gleich so herrichten, daß wir es nachher in Form eines Kabelbaums in den Roboter einziehen können. Der Zuschnitt ist auf S. 62 gezeigt. Aus dem abgeschnittenen Teil wird einerseits ein weiterer Kabelbaum angefertigt. Zum anderen werden die nun noch verbleibenden Kabelreste in Einzeladern auseinandergezogen. Diese Kabel dienen zum weiteren Verdrahten des Modells, insbesondere um die gemeinsame Masse- und +5 V-Leitung an alle Taster und Lichtschranken zu bringen.
Insgesamt vier Leitungen werden bei dem Aufbau des Trainingsroboters nicht benutzt. Sie sind den Eingängen EX, EY und E8 zugeordnet. Wenn Sie sich jetzt schon gedanklich mit Ausbauplänen für Ihren Roboter befassen, so sollten Sie diese Leitungen nicht abschneiden, sondern in voller Länge belassen, aufwickeln und z. B. mit Klebestreifen unter dem Hauptkabelbaum fixieren. Die Kabelenden werden nun vorsichtig auf eine Länge von ca. 3 bis 5 mm abisoliert, ohne die feinen Adern der Litze zu beschädigen. Anschließend werden die Adern verdrillt. Mit dem Anschrauben der Stecker sollten Sie noch warten, bis Sie das Kabel in den Roboter eingezogen haben.

Für unseren ersten Test genügt es, wenn der Ausgang M1, der Eingang E1 und E2 sowie die Leitung +5 V mit Steckern versorgt wird. Welche Kabeladern dies sind, geht aus dem Verdrahtungsplan sowie der Deckelbeschriftung des Interface hervor. Biegen Sie die Litze auf die Isolation um. Lösen Sie das Schräubchen des Steckers und führen Sie das Kabelende in die Hülse ein. Danach wird die Schraube wieder angezogen, aber nicht so fest, daß das Kabel abgequetscht wird. Außerdem richten Sie sich aus den Kabelabschnitten zwei Kabel, die an beiden Enden mit fischertechnik-Steckern versehen werden.

Verbinden Sie nun den Motor mit den beiden zugehörigen Kabeln orange und gelb. Die Buchse mit dem ⊖-Symbol der Lichtschranke wird mit der roten +5 V-Leitung verbunden. Außerdem wird die +5 V-Leitung weitergeführt an den Kontakt 2 eines mini-Tasters. Die Buchse mit dem ⊖-Symbol der Lichtschranke wird mit der getrennten Massebuchse des Interface verbunden. Zum Schluß verbinden Sie noch die Leitung E1 (braun) mit dem Kontakt 1 des mini-Tasters und die Leitung E2 (rot) mit dem Impulsausgang der Lichtschranke ⎍⎍.

Wir kommen nun zurück auf die zuvor erwähnte Empfindlichkeitseinstellung der Lichtschranke. Wenn alle Verbindungen hergestellt sind und das Interface an den ausgeschalteten (!) Computer angeschlossen ist, schalten Sie diesen ein und laden das Programm ROBOT.JUST und starten es. Auf die Frage, welche Lichtschranke einjustiert werden soll, antworten Sie mit 1. Nun muß der Motor laufen und auf dem Bildschirm ein Meßinstrument erscheinen. Der Zeiger des Meßinstruments muß sich in dem grünen Bereich bewegen, optimalerweise auf 0,5 zeigen. Sollte das nicht der Fall sein, so können Sie wie zuvor beschrieben die Empfindlichkeit an der Lichtschranke einjustieren.

Wenn die Einstellung korrekt ist, verfahren Sie mit den anderen Lichtschranken auf die gleiche Weise. Sie können auch später die Lichtschranke im eingebauten Zustand am Roboter einstellen, müssen dazu aber das Gestänge des Roboters ausklinken. Sind diese Vorarbeiten zur Zufriedenheit abgeschlossen, so können Sie sich von der Funktion der Roboter-Systemkommandos überzeugen. Laden Sie hierzu das Programm ROBOT.SYSTEM und starten es. Ähnlich wie bei dem Grundprogramm meldet sich das Roboter-Systemprogramm zurück als wäre nichts geschehen. Doch nun können Sie die zuvor besprochenen Kommandos im Direktmodus ausprobieren. Denken Sie daran, daß die Sternchen **nicht** Bestandteil des Kommandos sind, sondern Sie an die unterschiedliche Schreibweise der Computer erinnern sollen.

Geben Sie ein:

* **SYS P1, 64**

und anschließend:

* **SYS ROBOT**

Der Motor muß für eine kurze Zeit laufen und das Rad um etwas mehr als eine Umdrehung drehen. 64 Pegelwechsel entsprechend den 32 schwarzen und 32 hellen Sektoren machen gerade eine Umdrehung aus. Wegen des Motornachlaufs wurde eine höhere Positionszahl erreicht. Ermitteln Sie diese durch das Kommando

* **PRINT USR(P1)**

Vielleicht werden Sie über die Größe des Nachlaufs erstaunt sein. Jedoch können Sie davon ausgehen, daß der Nachlauf später im Roboter aufgrund der Last- und Reibungsverhältnisse geringer sein wird. Im nächsten Versuch geben Sie ein:

* **SYS P1, 10000**

und

* **SYS ROBOT**

Der Motor läuft nun längere Zeit und Sie haben Gelegenheit, den angeschlossenen mini-Taster zu drücken. Sofort bleibt der Motor stehen und das Kommando ist beendet. Mit

* **PRINT USR(P1)**

können Sie sehen, wie weit der Positionszähler kam, bevor Sie die Taste drückten.

Aufbau des Roboters

Nun wollen wir den Motor wieder zurücklaufen lassen:

* **SYS P1,0 : SYS ROBOT**

Der Motor wird sich nun in der anderen Richtung drehen und der Zähler über die Nullposition in den negativen Zahlenbereich überschwingen. Sie können sich davon überzeugen:

* **PRINT USR(P1)**

Zum Abschluß noch ein Hinweis zur genaueren Positionierung. Hierzu müssen Sie die Getriebewelle bremsen. Sie können eine Bremse aufbauen oder aber einfach von Hand bremsen. Geben Sie nun ein:

* **SYS P1, 64 : SYS ROBOT : SYS ROBOT : SYS ROBOT**

Da das Roboter-Kommando nun dreimal mit dem gleichen Sollwert aufgerufen wird, wird die Position noch zweimal nachkorrigiert. Aufgrund der Bremse kommt aber der Motor nicht mehr auf volle Drehzahl und stoppt jedesmal genauer. In dieser Richtung können Sie noch weitere Experimente unternehmen, wenn der Roboter aufgebaut ist und die Motoren unter der Last des Roboterarms stehen.

Zum Aufbau des Roboters verfahren Sie nach der anschließend folgenden bebilderten Bauanleitung. Wenn der Roboter aufgebaut ist, prüfen Sie noch einmal, ob alle Teile exakt ausgerichtet sind und die Antriebsgestänge leichtgängig arbeiten. Hierzu können Sie die Motoren ein klein wenig aus dem Eingriff in die Getriebeverzahnung ausklinken.
Danach beginnt die Verkabelung des Roboters. Verfahren Sie nach dem Verdrahtungsplan auf Seite 91.

Beginnen Sie damit, daß Sie den Hauptkabelbaum in der Zugentlastung arretieren. Alle Motorausgänge werden zunächst mit der Lampenreihe verbunden. Danach werden die mit * gekennzeichneten Leitungen, insbesondere der kleine Kabelbaum, durch die zentrale Öffnung des Drehkranzes und entlang dem Aufbau des Roboters geführt. Eine Pinzette ist zum Durchziehen der Kabel hilfreich. Mit Hilfe der grauen Bauplatten können Sie die Kabel in den Nuten der Metallbaustäbe arretieren.
Danach kommt der elektrische Test des Trainingsroboters. Laden Sie hierzu das Diagnoseprogramm DIAGNOSE. Überprüfen Sie die Endtaster, Eingänge E1, E3 und E5. Im nicht betätigten Zustand sollte eine Eins am Bildschirm erscheinen. Bei dem Taster zur Überwachung des Greifers ist es umgekehrt, hier erscheint die Eins, wenn der Taster gedrückt ist. Allen Endtastern ist aber gemeinsam, daß die Eins in dem zulässigen Arbeitsbereich des Roboters erscheint. Warum wurde gerade diese Polarität? Wenn während des Betriebs des Roboters ein Kabel reißt, so ergibt sich die gleiche Situation, wie wenn der Endtaster öffnet. Das Roboter-Systemprogramm reagiert auf Kabelriß daher auch mit Abschalten des Motors.
In die Plusleitung, die zu allen Endtastern führt, ist noch einmal ein Taster eingeführt. Wird dieser Kontakt geöffnet, so gehen sämtliche Eingänge auf Null und das Robotersystemprogramm schaltet alle Motoren ab. Der Taster hat also eine Not-Aus-Funktion. Auch ihn sollten Sie überprüfen.

Von der Funktionsfähigkeit der Gabellichtschranken können Sie sich nochmals durch leichtes Drehen des bedruckten Rades überzeugen. Die zugeordnete Anzeige muß zwischen Eins und Null hin- und herspringen.
Nun zu den Motoren. Für erste Versuche ist es vielleicht besser, wenn das Getriebe des Roboters noch ausgeklinkt ist. Mit den Zahlentasten wird ein Motor angewählt. Nun kann für diesen Motor mit den Tasten R und L Rechts- bzw. Linkslauf gewählt werden. Mit der Taste A wird der Motor abgeschaltet. Auf diese Weise können Sie den Roboter bewegen. Überzeugen Sie sich, daß bei Rechtslauf die Spindelmutter des Oberarm- und Unterarmantriebs nach unten wandert. Ist dies nicht der Fall, müssen die Anschlüsse am Motor umgepolt werden. Desgleichen muß die Drehbewegung des Roboters von oben gesehen im Uhrzeigersinn erfolgen, wenn Rechtslauf gewählt wird. Die Greifzange muß schließlich bei Rechtslauf öffnen.
Sind alle Kontrollen abgeschlossen können wir zur Robotersteuerung übergehen.

Steuerung des Roboters

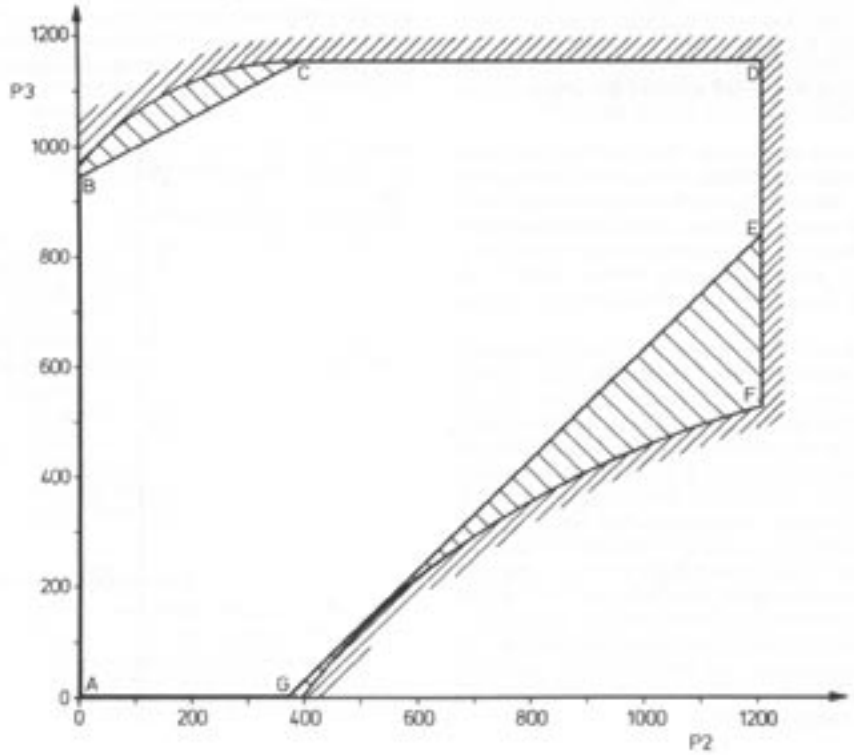
Um den Roboter programmieren zu können, sollten wir uns zunächst mit den Bewegungsformen des Roboters vertraut machen. Besser als das Diagnoseprogramm ist hierzu das Programm ROBOT.HAND geeignet. In diesem Programm steht der Roboter unter der Kontrolle des Roboter-Systemprogramms, so daß z.B. die Endtaster und die Not-Aus-Schaltung automatisch überwacht werden. Das Programm zeigt Ihnen am Bildschirm die Bedienung des Roboters an und steuert den Roboter in seine Heimposition. Die Heimposition des Roboters wird durch das Ansprechen der Endtaster gekennzeichnet. In dieser Position ist der Arm des Roboters erhoben, die Zange geöffnet und der Roboter zeigt auf die dem Anschlußkabel gegenüberliegende Seite. Allerdings sind in der eigentlichen Heimposition die Endtaster gerade eben wieder freigegeben, da im Arbeitsbereich des Roboter-Systemprogramms die Endtaster nicht ansprechen dürfen. Nach Erreichen der Heimposition wird der Befehl

* **SYS INIT**

durchlaufen, so daß die Heimposition den Positionswert Null für alle drei Bewegungsachsen erhält.

Die Bewegungen des Roboters werden mit den Zahlentasten angesteuert. Die Wegstrecke pro Tastendruck kann mit Hilfe der Funktionstasten gewählt werden, so daß Sie auf einfache Weise grob und fein positionieren können. Der Greifzangenmotor wird beim Schließen im Gegensatz zu den Roboterachsen immer über feste Zeitintervalle angesteuert. Die Dauer des Zeitintervalls können Sie per Kommando ändern. Wählen Sie sie so, daß der Gegenstand sicher ergriffen wird, jedoch das Zangengetriebe noch nicht durch Verkanten blockiert. Beim Öffnen der Greifzange wartet das Programm auf ein 0-Signal an E7 (Taster nicht betätigt). Die Betätigung der HOME-Taste bringt den Roboter immer wieder in seine Heimposition. Aus der Heimposition kann der Roboter nur in Richtung positiver Positionsdaten bewegt werden. Dies ist bei den beiden Armachsen einleuchtend, denn ein weiteres Zurückfahren ist nicht möglich. Anders bei der Drehbewegung. Die Heimposition kann freizügig auf jeden Drehwinkel des Roboterkörpers relativ zur Grundplatte festgelegt werden, da der Roboter in seiner Drehbewegung nicht eingeschränkt ist. In den Baustufen ist sie so angelegt, daß der Roboter von den Anzeigelampen wegzeigt. Durch Versetzen des Betätigungsnockens sind aber auch andere Positionen möglich. Um ein Verdrehen des Kabelbaums zu verhindern, gilt jedoch die gleiche Einschränkung wie bei den Armachsen auch: es können nur positive Positionsdaten angefahren werden. Wenn Sie den Roboter wie gezeigt aufbauen, empfiehlt sich daher, den Arbeitsbereich hauptsächlich vor der Breitseite der Grundplatte anzuordnen, um dann freizügig nach rechts und links schwenken zu können.

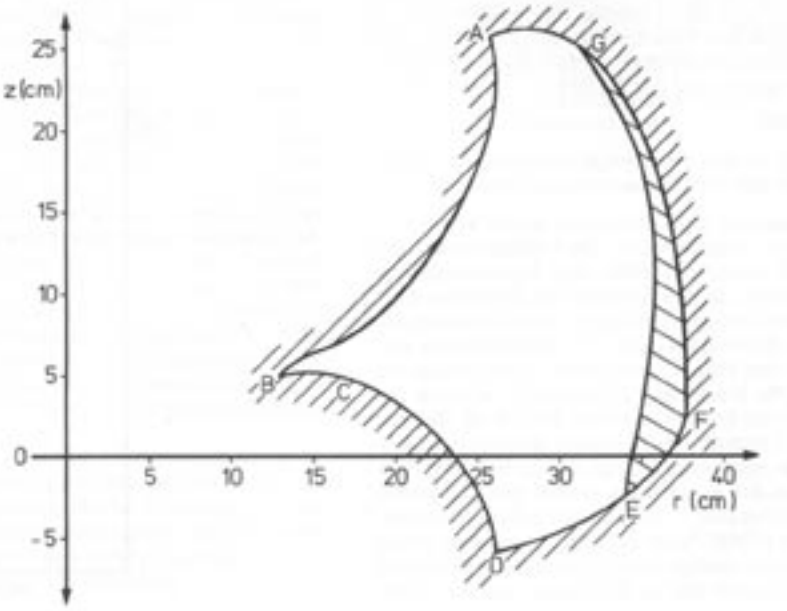
Bild 2



Experimentieren Sie mit dem Roboter und versuchen Sie, die beigefügten Werkstücke zu greifen und umzusetzen. Sie werden feststellen, daß Sie hierzu sorgfältig und mit Bedacht vorgehen müssen. Sie werden auch die Wirkung der beiden Bewegungsachsen von Ober- und Unterarm einzuschätzen lernen. Der Oberarm bewirkt hauptsächlich das Vorstrecken und das Zurückziehen der Greifhand, während der Unterarm mehr für eine Auf-/Ab-Bewegung zuständig ist.
Sie werden weiter feststellen, daß die beiden Bewegungsachsen nicht ganz unabhängig voneinander bedient werden können. In bestimmten Zuständen stößt das Gestänge an der einen oder anderen Stelle an. Diesen Gesichtspunkt wollen wir etwas näher erforschen und verwenden hierzu Bild 2.

Da das Programm uns immer die Position der Bewegungsachsen auf dem Bildschirm angibt, können wir untersuchen, welche Zahlenkombinationen zulässig sind und welche nicht. Jede Zahlenposition ergibt einen Punkt in dem Achsenkreuz von Bild 2. Alle erlaubten Kombinationen bilden dann eine Fläche, die wir als internen Arbeitsraum bezeichnen werden.
Zur Ermittlung des internen Arbeitsraums beginnen wir bei der Heimposition, Koordinate (0,0). Weiter zurück kann keine der Antriebsspindeln, so daß die negativen Werte beider Bewegungsachsen entfallen. Erhöhen Sie nun die Position der Achse 2 Schritt für Schritt, ohne die Achse 3 zu verändern. In dem Diagramm wandern Sie längs der P2-Achse. Irgendwann wird eine weitere Verstellung der Achse 2 nicht mehr möglich sein, ohne daß ein Teil des Antriebsgestänges aneckt. Die Achse 3 muß ein Stück von der Nullposition weggesteuert werden, um eine weitere Bewegung der Achse 2 zu ermöglichen. In dem Diagramm löst sich die Randlinie des Arbeitsraums von der Koordinatenachse. Mit viel Sorgfalt und unter ständiger Beobachtung des Roboters können Sie die Randlinie verfolgen, bis die Spindel der Achse 2 ganz ausgefahren ist. Nun wird die Bewegungsachse 3 verstellt, bis auch diese ganz ausgefahren ist. In dem Diagramm verläuft die rechte Randbegrenzung senkrecht nach oben. An dem oberen Rand entlang geht es nun durch Verringerung der Positionswerte der Bewegungsachse 2 wieder nach links. Aber auch hier kann Bewegungsachse 2 nicht ganz bis Null zurückgenommen werden, ohne Bewegungsachse 3 ebenfalls zurückzunehmen. Am linken Rand des internen Arbeitsraums angekommen, kann durch Zurückfahren der Bewegungsachse 3 die Heimposition wieder erreicht werden.
Nachdem wir nun ein Diagramm besitzen, das uns das Gebiet der zulässigen Werte angibt, interessiert uns auch, welche Bewegungen des Roboters diesem Gebiet zuzuordnen sind. Die Position des Roboters beschreibt man am leichtesten durch die Position eines idealisierten Punktes, dem „tool-center-point", TCP. Dieser Punkt ist die Mitte zwischen den Backen der Greifzange. Wird die Lage dieses Punktes im Raum angegeben, so sind die Positionen aller drei Bewegungsachsen daraus ableitbar. Der Zusammenhang zwischen der Höhe des TCP über der Grundplatte, z, und der Entfernung vom Drehmittelpunkt, r, einerseits und den Achspositionen P2 und P3 andererseits ergibt sich aus den nachfolgenden Formeln, die wir hier nicht weiter ableiten wollen:

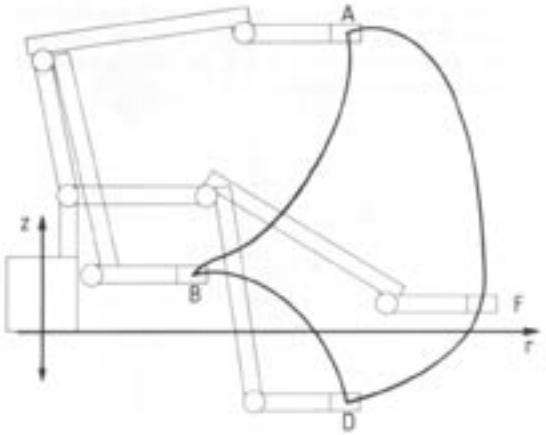
Bild 3



$r = 120*\cos\alpha + 180*\cos\beta + 110$
$z = 120*\sin\alpha + 180*\sin\beta + 117{,}5$
$\alpha = 126° - \delta$
$\beta = 36° - \varepsilon$
$\delta = \cos^{-1}\,[(14004-(P2*0{,}07363+60)^2)/12240]$
$\varepsilon = \cos^{-1}\,[(14004-(P3*0{,}07363+60)^2)/12240]$
(alle Maße in mm)

Bei der Anwendung dieser Gleichungen müssen Sie berücksichtigen, daß diese den idealisierten Zusammenhang wiedergeben. In der Praxis wird sich eine Abweichung durch das notwendige Lagerspiel ergeben. Auch aus dem Vergleich von Bild 2 und Bild 3 können Sie den Zusammenhang zwischen internem und realem Arbeitsraum ablesen. Die charakteristischen Eckpunkte sind in beiden Bildern mit den gleichen Buchstaben bezeichnet. Den realen Arbeitsraum können Sie auch selbst ermitteln. Sie verfolgen gemäß Bild 2 die Randlinie des internen Arbeitsraums und messen die Position des TCP.

Bild 4



Damit Sie eine Vorstellung von der Stellung des Roboters gewinnen, ist in Bild 4 der reale Arbeitsraum zusammen mit schematischen Skizzen des Roboters aufgetragen.

Wir wollen nun das Programm ROBOT.HAND so abändern, daß wir den Roboter nicht versehentlich beschädigen können. Die Randlinien des internen Arbeitsraums müssen abgefragt werden und jede Steuerung außerhalb dessen vermieden werden. Dazu wird die Randlinie durch Geraden angenähert. Während dies parallel zu den Koordinatenachsen und in der linken oberen Ecke des internen Arbeitsraums problemlos möglich ist, verdient der rechte untere Eckabschnitt besondere Beachtung. Wir müssen bei der Definition auch die Arbeitsweise des Positioniersystems beachten.

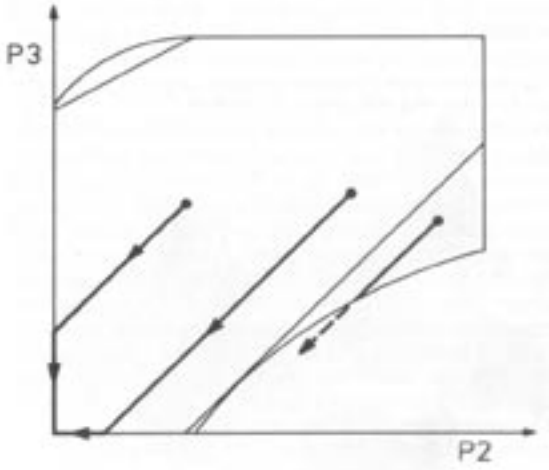
Wenn das Roboterprogramm gestartet wird, kann das Programm keinerlei Kenntnisse über die vorliegende Position des Roboters haben (in Fachsprache: er besitzt kein absolutes Positioniersystem). Alle Positionskenntnisse werden ja nur über das Zählen von Impulsen, beginnend mit einer bekannten Position, gewonnen (inkrementales Positioniersystem). Diese unabhängig bekannte Position ist die Heimposition, wie sie sich aus dem Ansprechen der Endtaster ergibt. Daher steuert das Programm den Roboter immer zu Beginn an die Heimposition. Die Vorgehensweise ist dabei folgende: Alle Motoren werden gestartet und laufen jeweils solange, bis der zugeordnete Endtaster anspricht. Die Programmierung erfolgt mit den einfacheren Kommandos, ohne Überwachung des Impulseingangs, z.B.:

```
* SYS M1, RECHTS
```

Anschließend laufen sie wieder, wie zuvor beschrieben, vom Endschalter weg. Diese Bahn, im internen Arbeitsraum aufgezeichnet, bildet eine Diagonallinie, da bis auf kleine Exemplarstreuungen beide Motoren der Armantriebe gleich schnell laufen. Sobald die Bahn auf eine Koordinatenachse stößt, verläuft sie längs dieser bis in den Nullpunkt (Bild 5). Nehmen wir nun an, der Roboter sei nahe dem Punkt F abgestellt worden. Bei dem Anfahren der Heimposition würde die Bahn das erlaubte Gebiet verlassen. Daher muß der Eckabschnitt bei Punkt F so gewählt werden, daß er von einer Geraden mit 45° Neigung gebildet wird. Diese Begrenzungen des Arbeitsraums sind in den Bildern 2 und 3 als Verbindungslinie EG eingezeichnet.

Die Berücksichtigung dieser Begrenzungen erfordert nur wenige zusätzliche Programmzeilen. Wenn Sie nun das Programm ROBOT.RAUM laden, so haben Sie die gleichen Steuerungsmöglichkeiten des Roboters wie zuvor, jedoch wird er sich weigern, seinen Arbeitsraum zu überschreiten.

Bild 5



Teach-in Verfahren

Die Benutzung der bisherigen Programme war zwar sehr hilfreich zum Verständnis der Geometrie des Roboters, stellte jedoch keine Programmierung des Roboters im eigentlichen Sinne dar. Für jede Bewegung des Roboters war der Eingriff des Bedieners notwendig. Ein Kennzeichen der Roboter-Programmierung ist jedoch, daß der Roboter die aufgetragene Tätigkeit selbständig durchführt.

In dem vorangegangenen Abschnitt hatten wir auch die Gleichungen angegeben, die den Zusammenhang zwischen den Positionen der Bewegungsachsen im internen Arbeitsraum und der Position des TCP im realen Arbeitsraum vermitteln. Mit dieser Kenntnis wäre es möglich, eine bestimmte Bewegungsabfolge des Roboters festzulegen und in einer Tabelle zu codieren. Danach kann das Roboterprogramm der Reihe nach die Positionsdaten aus der Tabelle entnehmen und den Roboter entsprechend steuern. Diese Methode wird auch in der Praxis eingesetzt, insbesondere wenn die Positionsdaten nicht nur aus einer Tabelle ermittelt, sondern vielleicht aus vorangegangenen Messungen noch modifiziert werden. Denken Sie z.B. an ein Sichtsystem, das mit einem Roboter verbunden ist und ihm Kenntnisse über die genaue Lage und Orientierung eines Werkstückes vermittelt.
Praktischer für die überwiegende Zahl der Einsatzfälle ist jedoch das Teach-In Verfahren. Im Teach-In Verfahren wird wie zuvor die Handsteuerung des Roboters eingesetzt. Sie dient darüber hinaus zur Erzeugung der obengenannten Tabelle. Immer wenn ein wichtiger Punkt der Bahn des Roboters erreicht ist wird er auf ein besonderes Kommando abgespeichert. Nach und nach entsteht so die Tabelle entsprechend dem Geschick des Bedieners. Wenn die Tabelle komplett erstellt ist, kann sie dann als Vorlage dienen, nach der der Roboter selbständig den Bewegungsablauf wiederholt. Eine Kenntnis der Umrechnungsgleichungen ist nicht erforderlich und auch die Fehlerhäufigkeit bei der Festlegung der Bahn wird geringer sein. Der Roboterinstruktor hat ja den Roboter ständig vor Augen.
Ein solches Programm liegt unter dem Namen ROBOT.TEACH vor. Über das Beschriebene hinaus sind noch weitere Komfortstufen zur Pflege der Bewegungstabellen eingebaut. Die Tabelle kann z.B. auf Diskette oder Kassette abgespeichert und von dort auch wieder geladen werden. Sie kann über einen angeschlossenen Drucker ausgedruckt werden. Tabellenpunkte können gelöscht und mehrere Tabellen im Speicher des Computers vereinigt werden.
Wenn Sie das Programm laden und starten, wird Ihnen zunächst ein Hauptmenü auf dem Bildschirm angezeigt, mit dessen Hilfe Sie die gewünschte Funktion wählen können. Beim ersten Start können Sie auf eine beispielhafte Bewegung zurückgreifen, die schon auf Diskette bzw. Kassette abgespeichert ist. Wählen Sie daher zunächst den Menüpunkt „L" zum Laden eines Files an. Sie müssen anschließend den Filenamen angeben; er lautet BEISPIEL 1. Nach dem Laden des Files erscheint wieder das Menü. Sie können als nächstes die Bewegungstabelle ausdrucken, sofern Sie einen Drucker an Ihren Computer angeschlossen haben. Dies erfolgt durch Anwahl des Menüpunktes „P".

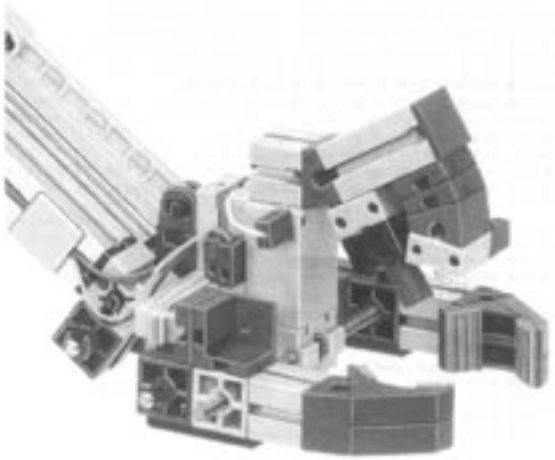
Jetzt wollen wir auch den Roboter in Betrieb nehmen. Mit dem Menüpunkt „R" wird die Ausführung der Bewegung angewählt. Nach Angabe der Anzahl der Durchläufe durch die Bewegungstabelle beginnt der Roboter die codierte Bewegung auszuführen. Wollen Sie nicht das Ende der Bewegung abwarten, so können Sie auch vorzeitig durch Drükken der Taste „M" wieder in das Hauptmenü zurückgelangen.
Doch nun zum Teach-In Verfahren. Wählen Sie Menüpunkt „T" an. Das Programm frägt Sie, ob die bisherige Bewegungsfolge gelöscht werden soll. Sie haben nun die Wahl, den eben geladenen Bewegungsablauf zu verlängern oder ganz von neuem anzufangen. Nach Beantwortung der Frage erscheint ein neues Menü, das Ihnen in groben Zügen schon von der Handsteuerung bekannt ist. Wie schon gewohnt werden die Motoren über die Zahlentasten, die Schrittweite über die Funktionstasten gesteuert. Auch das Anfahren der Heimposition ist vorgesehen. Neu kommt hinzu, daß mit jedem Betätigen der RETURN-Taste die gerade vorliegende Roboterposition an das bisherige Tabellenende angefügt wird. Mit der Löschtaste DEL wird jedoch der letzte Tabellenpunkt wieder ausgetragen, so daß Sie fehlerhafte Bahnen auch wieder korrigieren können.
Haben Sie einen Bewegungsablauf nach Ihren Vorstellungen eingegeben, so gelangen Sie durch Drücken der Taste „M" wieder in das Hauptmenü.
So wie das Menü angelegt ist, können Sie aber auch immer wieder zwischendurch einen Probedurchlauf anfordern und anschließend den Tabellenaufbau fortsetzen. Oder aber zwischendurch den Bewegungsablauf auf Diskette sichern oder ausdrucken.
Das Programm ROBOT.TEACH wird Ihr Standardwerkzeug in der Roboterprogrammierung werden. Gleichzeitig läßt es sich aufgrund seiner ausführlichen Dokumentation leicht an Ihre speziellen Anforderungen anpassen.

Weitere Experimente

Zum Schluß noch einige Hinweise, wie Sie den Trainingsroboter auch noch einsetzen können. Hierzu sollen Ihnen die folgenden Abbildungen einige Anregungen vermitteln. So kann die Greifzange auch nach unten zeigend montiert werden. Diese Greiferhaltung ist z.B. zum Greifen von Schachfiguren geeignet. Sicherlich eine besondere Herausforderung für einen Programmierer, einen Schachroboter zu bauen.

Im nächsten Bild ist ein Elektromagnet angebaut. Auf diese Weise lassen sich Eisenteile recht einfach greifen.

Zum Schluß der Anbau einer Reflexlichtschranke an den Greifarm. Deutlich ist die Lampe zu erkennen, die den Raum zwischen den Greiferbacken ausleuchtet. Sie wird direkt an das Netzgerät angeschlossen. Der benachbarte Fotowiderstand ist durch eine Kappe und einen Tubus so geschützt, daß er nicht das direkte Licht der Lampe registrieren kann. Er reagiert jedoch mit einer deutlichen Widerstandsänderung, wenn ein heller Gegenstand in den Greifbereich kommt. Diese Widerstandsänderung kann durch den Interfaceeingang EX oder EY registriert und dem Computer mitgeteilt werden. Durch geeignete Suchprogramme kann auf diese Weise ein Objekt erkannt werden und der Greifarm genau über diesem ausgerichtet werden. Danach muß der Arm nur noch abgesenkt werden, um das Objekt zu greifen. Auch diese Aufgabe ist eine rechte Herausforderung an Ihre Programmierkunst.



Prog. ROBOT.JUST

```
*1 PRINT CHR$(147)
*2 PRINT CHR$(31)
*3 POKE53280,0
*4 POKE53281,0
*5 PRINT"GRUNDPROGRAMM WIRD GELADEN"
*10 REM MODIFIZIERTES INTERFACE PROGRAMM ZUR
*15 REM LICHTSCHRANKENJUSTAGE (COMMODORE 64)
*20 REM COPYRIGHT (C) ARTUR FISCHER FORSCHUNG 1984
*30 REM AUFRUF DES PROGRAMMS MIT
*40 REM SYS M1,EIN     SYS M3,AUS
*50 REM SYS M1,RECHTS  SYS M3,LINKS
*60 REM USR(E1)   USR(EX)   USR(EY)
*70 REM M1 BIS M4 SIND MOTORANSTEUERUNGEN
*80 REM E1 BIS E8 SIND DIGITALEINGAENGE
*90 REM EX UND EY SIND ANALOGEINGAENGE
*100 DATA 52736,169,0,240,30,169,3,200,10,53573
*110 DATA 169,12,200,6,169,48,200,2,54395
*120 DATA 169,192,120,133,255,32,253,174,55723
*130 DATA 165,254,9,255,133,254,32,138,56979
*140 DATA 183,138,37,255,133,255,165,254,58393
*150 DATA 69,255,133,254,168,169,63,141,59651
*160 DATA 3,221,162,0,169,48,6,254,60522
*170 DATA 144,2,9,4,141,1,221,9,61653
*180 DATA 9,141,1,221,202,208,237,169,62248
*190 DATA 57,141,1,221,132,254,88,96,63238
*200 DATA 120,32,161,183,134,255,169,0,64284
*210 DATA 141,156,200,169,255,141,155,200,65713
*220 DATA 169,50,141,1,221,9,8,141,66453
*230 DATA 1,221,162,0,10,44,1,221,67121
*240 DATA 16,2,9,1,160,40,140,1,67498
*250 DATA 221,160,56,140,1,221,202,208,68707
*260 DATA 235,37,255,240,2,169,1,24,69670
*270 DATA 169,156,206,141,155,206,206,155,71065
*280 DATA 206,208,205,172,158,206,32,162,72352
*290 DATA 179,88,96,0,0,0,0,0,72715
*350 DATA 1,2,4,8,16,32,64,128,72970
*360 DATA 255,170,85,85,88,206,73051
*370 READ INIT : M1=INIT
*380 FOR M3=0 TO 19: FOR M2=0 TO 7
*390 READ MM : POKE INIT+M3*8+M2,MM
*400 M1=M1+MM : NEXT
*410 READ MM : IF M1<>MM THEN PRINT"DATAFEHLER
     IN ZEILE";M3*10+100:END
*420 NEXT
*430 READ E1,E2,E3,E4,E5,E6,E7,E8
*440 M1=M1+E1+E2+E3+E4+E5+E6+E7+E8
*450 READ MM : IF M1<>MM THEN PRINT"DATAFEHLER
     IN ZEILE 350" : END
*460 READ AUS,LINKS,RECHTS,EIN,M2,M3
*470 M1=M1+AUS+LINKS+RECHTS+EIN+M2+M3
*480 READ MM : IF M1<>MM THEN PRINT"DATAFEHLER
     IN ZEILE 360",M1 : END
*490 M1=INIT+4 : M2=M1+4 : M3=M2+4 : M4=M3+4
*500 SYS INIT
 510 REM
 520 REM FISCHERTECHNIK COMPUTING
 530 REM
 540 REM LICHTSCHRANKENJUSTAGE
 550 REM
 560 REM COPYRIGHT (C) ARTUR FISCHER FORSCHUNG 1985
 570 REM
 580 REM BELEGUNG DES INTERFACE
 590 REM MOTOR    IMPULS    KOMMANDO
 600 REM          EINGANG
*610 REM M1         E2        USR(E2)
*620 REM M2         E4        USR(E4)
*630 REM M3         E6        USR(E6)
*640 REM M4         E8        USR(E8)
 650 REM
 660 REM FUNKTION
 670 REM DAS PROGRAMM DIENT ZUR PULSBREITENJUSTAGE
 680 REM DER GABELLICHTSCHRANKE.
 690 REM UM OPTIMALE AUSGERTBEDINGUNGEN ZU ERHALTEN
 700 REM SOLLTE DAS TASTVERHAELTNIS 1:1 SEIN.
 710 REM DIES WIRD EINGESTELLT INDEM MAN MIT EINEM
 720 REM SCHRAUBENDREHER VORSICHTIG AM INNENLIEGENDEN
 730 REM POTENTIOMETER DREHT. DER PFEIL DER ANZEIGE
 740 REM SOLLTE SICH IM GRUENEN FELD BEWEGEN.
 750 REM
*1000 PRINT CHR$(147)
 1010 PRINT"WELCHE LICHTSCHRANKE SOLL"
 1020 INPUT"EINJUSTIERT WERDEN ";L
 1030 IF L=1THEN LET E=E2:M=M1
 1040 IF L=2THEN LET E=E4:M=M2
 1050 IF L=3THEN LET E=E6:M=M3
 1060 IF L=4THEN LET E=E8:M=M4
 1070 IF L>4 OR L<1 THEN GOTO 1020
*1080 PRINT CHR$(147)
*1090 PRINT CHR$(28)"      F I S C H E R"CHR$(31)
     " T E C H N I K"
 1100 PRINT
*1110 PRINT CHR$(158)"          C O M P U T I N G"
     CHR$(31)
 1120 PRINT
 1130 PRINT" PULSBREITENJUSTAGE GABELLICHTSCHRANKE"
 1140 PRINT:PRINT
 1150 PRINT"0       0.25       0.5       0.75      1"
*1160 DATA 160,160,160,160,160,183,160,160
*1170 DATA 160,160,184,160,160,160,160,183
*1180 DATA 160,160,160,160,183,160,160,160
*1190 DATA 160,160,183,160,160,160,160,160
*1200 DATA 160,160,160,183,160,160,160,170
 1210 FOR C=0 TO 39
 1220 READ D
 1230 PRINT CHR$(D);
 1240 NEXT C
*1250 DATA 29,111,183,183,183,183,183,183
*1260 DATA 183,183,183,183,183,183,183,30
*1270 DATA 183,183,183,183,183,183,183,183
*1280 DATA 183,183,183,183,183,183,183,29,183
*1290 DATA 183,183,183,183,183,183,183,183
*1300 DATA 183,183,112
 1310 FOR C=0 TO 42
 1320 READ D
 1330 PRINT CHR$(D);
 1340 NEXT C
 1350 PRINT
*1360 DATA 29,160,175,175,175,175,175,175
*1370 DATA 175,175,175,175,175,175,175,30
*1380 DATA 175,175,175,175,175,175,175,175
*1390 DATA 175,175,175,175,175,175,175,29,175
*1400 DATA 175,175,175,175,175,175,175,175
*1410 DATA 175,175,160
 1420 FOR C=0 TO 42
 1430 READ D
 1440 PRINT CHR$(D);
 1450 NEXT C
*2000 SYS M,EIN
 2010 PRINT:PRINT
*2020 PRINT CHR$(31)"BITTE ANZEIGEPFEIL IN GRUENEN"
 2030 PRINT"BEREICH BRINGEN"
*2040 PRINT"DABEI"CHR$(18);CHR$(29)" VORSICHTIG"
*2050 PRINT CHR$(31);CHR$(146)"MIT DEM SCHRAUBEN-"
 2060 PRINT"DREHER NACH LINKS ODER RECHTS DREHEN!"
 2070 PRINT:PRINT
 2080 PRINT"ENDE DER MESSUNG MIT "CHR$(18)"F1"
      CHR$(146)
 2090 FOR I=1 TO 11
*2100 PRINT CHR$(145);
 2110 NEXT:I
*2120 PRINT SPC(38/255*USR(E));CHR$(5)"I"CHR$(31);
*2130 PRINT CHR$(145)
 2140 PRINT"
*2150 PRINT CHR$(145);
*2160 GET A$:IF A$=CHR$(133)THEN RESTORE:GOTO 10
 2170 GOTO 2120
```

Prog. ROBOT.HAND

```
* 500 SYS INIT
  510 REM
  520 REM FISCHERTECHNIK COMPUTING
  530 REM
  540 REM HANDSTEUERUNG DES TRAININGSROBOTERS
  550 REM MIT POSITIONSERKENNUNG
  560 REM
  570 REM COPYRIGHT (C) ARTUR FISCHER FORSCHUNG 1985
  580 REM
  590 REM FUNKTION
  600 REM DER ROBOTER WIRD UEBER DIE TASTATUR VON HA
      ND GESTEUERT.
  610 REM GLEICHZEITIG WIRD UEBER DIE SEKTORSCHEIBE
  620 REM DIE POSITION DES ROBOTERS EINGELESEN.
  630 REM ZUR STEUERUNG DIENEN DABEI DIE TASTEN 1-8.
* 640 REM DIE HOMETASTE DIENT ZUM ANFAHREN DER HEIMP
      OSITION.
* 650 REM DIE TASTEN F1-F7 LEGEN DEN WEG PRO TASTEND
      RUCK FEST.
  660 REM TASTENBELEGUNG
  670 REM 1 UND 2 = M1 RECHTS UND LINKS
  680 REM 3 UND 4 = M2 RECHTS UND LINKS
  690 REM 5 UND 6 = M3 RECHTS UND LINKS
  700 REM 7 UND 8 = M4 RECHTS UND LINKS
* 710 REM F1=256 SEKTOREN WEG PRO TASTENDRUCK
* 720 REM F3=64 SEKTOREN WEG PRO TASTENDRUCK
* 730 REM F5=16 SEKTOREN WEG PRO TASTENDRUCK
* 740 REM F5=4 SEKTOREN WEG PRO TASTENDRUCK
* 750 REM HOME=HEIMPOSITION ANFAHREN
* 760 PRINT CHR$(147)
  770 PRINT:PRINT
* 780 PRINT CHR$(29)"      F I S C H E R"CHR$(31)" T
      E C H N I K"CHR$(146)
  790 PRINT
  800 PRINT"           C O M P U T I N G"
  810 PRINT:PRINT
  820 PRINT   "        D R E I A C H S I G E R"
  830 PRINT
  840 PRINT"    T R A I N I N G S R O B O T E R"
  850 PRINT:PRINT
  860 PRINT" STEUERUNG UEBER DIE TASTATUR MIT"
  870 PRINT" AUFZEICHNEN DER ROBOTERPOSITION "
  880 PRINT
  900 PRINT" ROBOTER FAEHRT IN HEIMPOSITION"
  910 GOSUB 3000
  920 LET ZZ=200
* 1000 PRINT CHR$(147)
  1010 PRINT"TASTENFUNKTIONEN                POSITION="
  1020 PRINT
* 1030 PRINT CHR$(18)"1"CHR$(146)"  ROBOTER NACH LIN
      KS"
* 1040 PRINT CHR$(18)"2"CHR$(146)"  ROBOTER NACH REC
      HTS"
  1050 PRINT
* 1060 PRINT CHR$(18)"3"CHR$(146)"  OBERARM VOR"
* 1070 PRINT CHR$(18)"4"CHR$(146)"  OBERARM ZURUECK"
  1080 PRINT
* 1090 PRINT CHR$(18)"5"CHR$(146)"  UNTERARM AB"
* 1100 PRINT CHR$(18)"6"CHR$(146)"  UNTERARM AUF"
  1110 PRINT
* 1120 PRINT CHR$(18)"7"CHR$(146)"  ZANGE AUF"
* 1130 PRINT CHR$(18)"8"CHR$(146)"  ZANGE ZU"
  1140 PRINT
  1150 PRINT "SCHRITTWEITEN"
* 1155 PRINT"ZEITKONSTANTE GREIFZANGE  "CHR$(18)"+/-
      "CHR$(146)
  1160 PRINT
* 1170 PRINT CHR$(18)"F1"CHR$(146)"  256 SEGMENTE"
* 1180 PRINT CHR$(18)"F3"CHR$(146)"   64 SEGMENTE"
* 1190 PRINT CHR$(18)"F5"CHR$(146)"   16 SEGMENTE"
* 1200 PRINT CHR$(18)"F7"CHR$(146)"    4 SEGMENTE"
  1210 PRINT
* 1220 PRINT CHR$(18)"HOME"CHR$(146)"  HEIMPOSITION
      ANFAHREN"
  2000 LET G1%=1E
* 2010 LET CL$="      "+CHR$(157)+CHR$(157)+CHR$(157)
      +CHR$(157)+CHR$(157)
* 2020 LET G1%=USR(P1):IF G1%<0 THEN G1%=0
* 2030 LET G2%=USR(P2):IF G2%<0 THEN G2%=0
* 2040 LET G3%=USR(P3):IF G3%<0 THEN G3%=0
  2050 REM STEUERUNG UEBER TASTATUR
* 2060 LET A=PEEK(203):REM TASTATURREGISTER LESEN
* 2070 IF A=56 THEN G1%=G1%+G1%+G1% : REM DREHUNG NACH LI
      NKS
* 2080 IF A=59 THEN G1%=G1%-G1% : REM DREHUNG NACH RE
      CHTS
  2090 REM ARBEITSRAUM DREHUNG
  2100 IF G1%<0 THEN G1%=0
* 2120 PRINT CHR$(19)
* 2130 PRINT CHR$(17);CHR$(17);
* 2140 PRINT TAB(30);CL$;G1%
* 2150 SYS P1,G1%
* 2160 IF A=8  THEN G2%=G2%+G2% : REM OBERARM NACH VO
      RNE
* 2170 IF A=11 THEN G2%=G2%-G2% : REM OBERARM NACH HI
      NTEN
  2180 REM ARBEITSRAUM OBERARM
  2220 IF G2%<0 THEN G2%=0
* 2230 PRINT CHR$(17);CHR$(17);
* 2240 PRINT TAB(30);CL$;G2%
* 2250 SYS P2,G2%
* 2260 IF A=16 THEN G3%=G3%+G3% : REM UNTERARM NACH U
      NTEN
* 2270 IF A=19 THEN G3%=G3%-G3% : REM UNTERARM NACH O
      BEN
  2280 REM ARBEITSRAUM UNTERARM
  2320 IF G3%<0 THEN G3%=0
* 2330 PRINT CHR$(17);CHR$(17);
* 2340 PRINT TAB(30);CL$;G3%
* 2350 SYS P3,G3%
  2360 REM ROBOTERROUTINE STARTEN
* 2370 SYS ROBOT
  2380 REM ZANGENROUTINE
* 2390 IF USR(E7)=0 THEN PRINT CHR$(17);CHR$(17);TAB
      (29);"AUF"
* 2400 IF USR(E7)=1 THEN PRINT CHR$(17);CHR$(17);TAB
      (29);"ZU "
* 2410 IF A<>24 THEN GOTO 2470
  2420 IF ZA$="AUF" THEN GOTO 2470
  2430 LET ZA$="AUF"
* 2440 SYS M4,RECHTS
* 2450 IF USR(E7)=1 THEN GOTO 2460
* 2460 SYS M4,AUS
* 2470 IF A<>27 THEN GOTO 2540
  2480 IF ZA$="ZU " THEN GOTO 2540
  2490 LET ZA$="ZU "
  2500 FOR Z=1 TO ZZ
* 2510 SYS M4,LINKS
  2520 NEXT
* 2530 SYS M4,AUS
  2540 REM SCHRITTWEITE EINSTELLEN
* 2542 GET A$
  2543 IF A$="+" THEN IF ZZ<500 THEN LET ZZ=ZZ+50
  2547 IF A$="-" THEN IF ZZ>50 THEN LET ZZ=ZZ-50
* 2550 IF A=4 THEN G1%=256
* 2560 IF A=5 THEN G1%=64
* 2570 IF A=6 THEN G1%=16
* 2580 IF A=3 THEN G1%=4
* 2590 PRINT CHR$(17);CHR$(17);
* 2600 PRINT TAB(30);CL$;G1%
* 2605 PRINT TAB(29);CL$;ZZ
* 2610 IF A=51 THEN GOSUB 3000
  2620 GOTO 2020
  3000 REM HEIMPOSITION ANFAHREN
  3010 LET H1=1:H2=1:H3=1:H4=1
* 3020 IF USR(E1)=1 AND H1=1 THEN SYS M1,RECHTS
* 3030 IF USR(E3)=1 AND H2=1 THEN SYS M2,RECHTS
* 3040 IF USR(E5)=1 AND H3=1 THEN SYS M3,RECHTS
* 3050 IF USR(E7)=1 AND H4=1 THEN SYS M4,RECHTS
* 3060 IF USR(E1)=0 THEN SYS M1,LINKS:H1=-1
* 3070 IF USR(E3)=0 THEN SYS M2,LINKS:H2=-1
* 3080 IF USR(E5)=0 THEN SYS M3,LINKS:H3=-1
* 3090 IF USR(E7)=0 THEN SYS M4,AUS:H4=0
* 3100 IF USR(E1)=1 AND H1=-1 THEN SYS M1,AUS:H1=0
* 3110 IF USR(E3)=1 AND H2=-1 THEN SYS M2,AUS:H2=0
* 3120 IF USR(E5)=1 AND H3=-1 THEN SYS M3,AUS:H3=0
  3130 IF H1<>0 OR H2<>0 OR H3<>0 OR H4<>0 THEN GOTO
       3020
* 3140 SYS INIT
  3150 RETURN
```

Prog. ROBOT.RAUM

```
500 REM UEBERWACHUNG DES ARBEITSRAUM


800 PRINT "UND UEBERWACHUNG DES ARBEITSRAUM"


2110 IF G1%>3600 THEN G1%=3600


2190 IF G2%>370+G3% THEN G2%=370+G3%
2200 IF G2%>1210 THEN G2%=1210
2210 IF G2%<-1709+1.62*G3% THEN G2%=-1709+1.62*G3%


2290 IF G3%>940+0.55*G2% THEN G3%=940+0.55*G2%
2300 IF G3%>1160 THEN G3%=1160
2310 IF G3%<-370+G2% THEN G3%=-370+G2%
```

Prog. ROBOT.TEACH

```
* 500 SYS INIT
  510 REM
  520 REM FISCHERTECHNIK COMPUTING
  530 REM
  540 REM TRAININGSROBOTER IN TEACH IN MODUS
  550 REM
  560 REM COPYRIGHT (C) ARTUR FISCHER FORSCHUNG 1985
  570 REM
  580 REM FUNKTION
  590 REM DAS PROGRAMM ZEIGT ZUNAECHST DAS HAUPTMENU
      E.
  600 REM FOLGENDE FUNKTIONEN KOENNEN GEWAEHLT WERDE
      NN
  610 REM T = ROBOTER TEACH IN MODUS
  620 REM R = TEACH PROGRAMM AUSFUEHREN
  630 REM S = TEACH PROGRAMM ABSPEICHERN
  640 REM L = TEACH PROGRAMM LADEN
  650 REM D = DISKETTENINHALT
  660 REM P = TEACH PROGRAMM AUSDRUCKEN
  670 REM E = PROGRAMMENDE
  680 REM
  690 REM DER ROBOTER TEACH IN MODUS FUEHRT ZU EINEM
       UNTERMENUE ZUR STEUERUNG
  700 REM DES ROBOTERS PER HAND UND ZUR ABSPEICHERUN
      G DER BAHN.
  710 REM TASTENBELEGUNG:
  720 REM 1 UND 2 = MI RECHTS UND LINKS (DREHUNG)
  730 REM 3 UND 4 = M2 RECHTS UND LINKS (OBERARM)
  740 REM 5 UND 6 = M3 RECHTS UND LINKS (UNTERARM)
  750 REM 7 UND 8 = M4 RECHTS UND LINKS (ZANGE)
* 760 REM F1 = 256 SEKTOREN WEG PRO TASTENDRUCK
* 770 REM F3 = 64 SEKTOREN WEG PRO TASTENTRUCK
* 780 REM F5 = 16 SEKTOREN WEG PRO TASTENDRUCK
* 790 REM F8 = 4 SEKTOREN WEG PRO TASTENDRUCK
* 800 REM HOME = HEIMPOSITION ANFAHREN
  810 REM RETURN = ABSPEICHERN
* 820 REM DEL = LETZTE ABSPEICHERUNG LOESCHEN
  830 REM M = ZURUECK ZUM HAUPTMENUE
  1000 DIM DR(100),DA(100),UA(100),ZA#(100)
  1010 LET ID=-1:REM ZEIGER IN TEACH TABELLE
  1015 LET ZZ=200: REM ZEITKONSTANTE GREIFZANGE
  1020 GOSUB 10000
  1030 PRINT
* 1040 PRINT CHR#(18)"T"CHR#(146)"   ROBOTER TEACH I
      N MODUS"
  1050 PRINT
* 1060 PRINT CHR#(18)"R"CHR#(146)"   TEACH PROGRAMM
      AUSFUEHREN"
  1070 PRINT
* 1080 PRINT CHR#(18)"S"CHR#(146)"   TEACH PROGRAMM
      ABSPEICHERN"
  1090 PRINT
* 1100 PRINT CHR#(18)"L"CHR#(146)"   TEACH PROGRAMM
      LADEN"
  1110 PRINT
* 1120 PRINT CHR#(18)"D"CHR#(146)"   DISKETTENINHALT
      "
  1130 PRINT
* 1140 PRINT CHR#(18)"P"CHR#(146)"   TEACH PROGRAMM
      AUSDRUCKEN"
  1150 PRINT
* 1160 PRINT CHR#(18)"E"CHR#(146)"   PROGRAMMENDE"
  1170 REM TASTATURABFRAGE
* 1180 GET A#
  1190 IF A#="" THEN GOTO 1180
  1200 IF A#="T" THEN GOTO 2010:REM TEACH MODUS
  1210 IF A#="R" THEN GOTO 4810:REM AUSFUEHRMODUS
  1220 IF A#="S" THEN GOTO 5810:REM ABSPEICHERN
  1230 IF A#="L" THEN GOTO 6810:REM LADEN
  1240 IF A#="D" THEN GOTO 9810:REM DISKETTENINHALT
  1250 IF A#="P" THEN GOTO 7810:REM DRUCKERAUSGABE
  1260 IF A#="E" THEN GOTO 8810:REM PROGRAMMENDE
  1270 GOTO 1180
  2000 REM TEACH IN MODUS
  2010 IF ID=-1 THEN GOTO 2100
* 2020 PRINT CHR#(147)
  2030 FOR I=1 TO 5
  2040 PRINT
  2050 NEXT I
  2060 INPUT"ALTES TEACH PROGRAMM LOESCHEN (J/N)";K#
  2070 IF K#="N"THEN 2130
  2080 IF K#<>"J"THEN 2060
  2090 LET ID=-1
* 2100 PRINT CHR#(147)
  2110 PRINT"ROBOTER FAEHRT IN HEIMPOSITION"
  2120 GOSUB 11000: REM HOMEROUTINE
* 2130 PRINT CHR#(147)
  2140 PRINT"TASTENFUNKTIONEN:                POSITION:"
  2150 PRINT
* 2160 PRINT CHR#(18)"1"CHR#(146)"  ROBOTER NACH LIN
      KS"
* 2170 PRINT CHR#(18)"2"CHR#(146)"  ROBOTER NACH REC
      HTS"
* 2180 PRINT CHR#(18)"3"CHR#(146)"  OBERARM VOR"
* 2190 PRINT CHR#(18)"4"CHR#(146)"  OBERARM ZURUECK"
* 2200 PRINT CHR#(18)"5"CHR#(146)"  UNTERARM AB"
* 2210 PRINT CHR#(18)"6"CHR#(146)"  UNTERARM AUF"
* 2220 PRINT CHR#(18)"7"CHR#(146)"  ZANGE AUF"
* 2230 PRINT CHR#(18)"8"CHR#(146)"  ZANGE ZU"
  2240 PRINT
  2250 PRINT "SCHRITTWEITE"
* 2255 PRINT "ZEITKONSTANTE GREIFZANGE  "CHR#(18)"+/
      -"CHR#(146)
  2260 PRINT
* 2270 PRINT CHR#(18)"F1"CHR#(146)"  256 SEGMENTE";
* 2280 PRINT TAB(20)CHR#(18)"M "CHR#(146)"     MENU
      E"
* 2290 PRINT CHR#(18)"F3"CHR#(146)"   64 SEGMENTE  "
      ;
* 2300 PRINT TAB(20);CHR#(18)"HOME"CHR#(146)"   HEIM
      POSITION"
* 2310 PRINT CHR#(18)"F5"CHR#(146)"   16 SEGMENTE";
* 2320 PRINT TAB(20);CHR#(18)"RETURN"CHR#(146)" LERN
      E"
```

```
* 2330 PRINT CHR$(18)"F7"CHR$(146)"    4 SEGMENTE"
* 2340 PRINT TAB(20);CHR$(18)"DEL"CHR$(146)"    LOES
     CHEN"
  2350 PRINT
  2360 PRINT
  2370 PRINT" NR DREH      OARM      UARM      ZANGE"
  2380 PRINT"
       ";
* 2390 PRINT CHR$(145);
  3000 LET G%=16
* 3010 LET CL$="      "+CHR$(157)+CHR$(157)+CHR$(157)
     +CHR$(157)+CHR$(157)
  3020 REM ABFRAGESCHLEIFE
* 3030 LET G1%=USR(P1)
* 3040 LET G2%=USR(P2)
* 3050 LET G3%=USR(P3)
  3060 REM TASTATURABFRAGE (BEWEGUNGEN)
* 3070 LET A=PEEK(203):REM TASTATURREGISTER LESEN
* 3080 IF A=56 THEN G1%=G1%+G%: REM TASTE LINKS DRE
     HEN
* 3090 IF A=59 THEN G1%=G1%-G%: REM TASTE RECHTS DR
     EHEN
  3100 REM ARBEITSRAUM DREHUNG
  3110 IF G1%<0 THEN G1%=0
  3120 IF G1%>3600 THEN G1%=3600
* 3130 PRINT CHR$(19)
* 3140 PRINT CHR$(17);CHR$(17);
* 3150 PRINT TAB(30);CL$;G1%
* 3160 SYS P1,G1%
* 3170 IF A=8  THEN G2%=G2%+G%: REM OBERARM VOR
* 3180 IF A=11  THEN G2%=G2%-G%: REM OBERARM ZURUECK
  3190 REM ARBEITSRAUM OBERARM
  3200 IF G2%>370+G3% THEN G2%=370+G3%
  3210 IF G2%>1210 THEN G2%=1210
  3220 IF G2%<-1709+1.82*G3% THEN G2%=-1709+1.82*G3%
  3230 IF G2%<0 THEN G2%=0
* 3240 PRINT CHR$(17);
* 3250 PRINT TAB(30);CL$;G2%
* 3260 SYS P2,G2%
* 3270 IF A=16 THEN G3%=G3%+G%: REM UNTERARM AB
* 3280 IF A=15 THEN G3%=G3%-G%: REM UNTERARM AUF
  3290 REM ARBEITSRAUM UNTERARM
  3300 IF G3%>940+0.55*G2% THEN G3%=940+0.55*G2%
  3310 IF G3%>1160 THEN G3%=1160
  3320 IF G3%<-370+G2% THEN G3%=-370+G2%
  3330 IF G3%<0 THEN G3%=0
* 3340 PRINT CHR$(17);
* 3350 PRINT TAB(30);CL$;G3%
* 3360 SYS P3,G3%
  3370 REM ROBOTERBEWEGUNG STARTEN
* 3380 SYS ROBOT
  3390 REM ROUTINE ZANGE
* 3400 IF USR(E7)=0 THEN PRINT CHR$(17);TAB(30);"AUF
     "
* 3410 IF USR(E7)=1 THEN PRINT CHR$(17);TAB(30);"ZU
     "
* 3420 IF A<>24 THEN GOTO3400
  3430 IF ZA$="AUF" THEN GOTO 3480
  3440 LET ZA$="AUF"
* 3450 SYS MM,RECHTS
* 3460 IF USR(E7)=1 THEN GOTO3450
* 3470 SYS MM,AUS
* 3480 IF A<>27 THEN GOTO 3560
  3490 IF ZA$="ZU " THEN GOTO 3560
  3500 LET ZA$="ZU "
  3510 FOR Z=1 TO 1.4*ZZ
* 3520 SYS MM,LINKS
  3530 NEXT
* 3540 SYS MM,AUS
  3550 REM SCHRITTWEITE EINSTELLEN
* 3560 GET A$:REM TASTATURABFRAGE(KOMMANDOS)
  3563 IF A$="+" THEN IF ZZ<500 THEN LET ZZ=ZZ+50
  3567 IF A$="-" THEN IF ZZ>50 THEN LET ZZ=ZZ-50
* 3570 IF A$=CHR$(133) THEN G%=256
* 3580 IF A$=CHR$(134) THEN G%=64
* 3590 IF A$=CHR$(135) THEN G%=16
* 3600 IF A$=CHR$(136) THEN G%=4
* 3610 PRINT CHR$(17);:CHR$(17);
* 3620 PRINT TAB(30);CL$;G%
* 3625 PRINT TAB(29);CL$;ZZ
* 3630 IF A$=CHR$(19) THEN GOSUB 11000:REM HOME TAST
     E
  3640 IF A$<>"M" THEN GOTO 3680: REM M =MENUETASTE
  3650 LET IMM=ID
* 3660 PRINT CHR$(147)
  3670 GOTO 1020
* 3680 IF A$<>CHR$(13) THEN GOTO 3850:REM LERNETASTE
  3690 REM AKUST.SIGNAL 'ABSPEICHERN'
* 3700 S=54272
* 3710 POKE S+24,15
* 3720 POKE S+6,240
* 3730 POKE S+1,90
* 3740 POKE S+4,17
* 3750 POKE S+24,0:POKE S+1,0:POKE S+4,0:POKE S+6,0
  3760 REM ABLAGE IN TEACH TABELLE
  3770 LET ID=ID+1
* 3780 LET OR(ID)=USR(P1)
* 3790 LET OA(ID)=USR(P2)
* 3800 LET UA(ID)=USR(P3)
  3810 LET ZA$(ID)=ZA$
  3820 GOSUB 12010: REM AKTUELLE POSITION AUSDRUCKEN
  3830 GOTO 3030
  3840 REM LETZTE POSITION LOESCHEN
* 3850 IF A$<>CHR$(20) THEN GOTO 3030
  3860 IF ID>0 THEN LET ID=ID-1
  3870 REM AKUST. SIGNAL 'LOESCHEN'
* 3880 POKE S+24,15
* 3890 POKE S+6,240
* 3900 POKE S+1,70
* 3910 POKE S+4,17
* 3920 POKE S+24,0:POKE S+1,0:POKE S+4,0:POKE S+6,0
  3930 GOSUB 12010: REM AKTUELLE POSITION AUSDRUCKEN
  3940 GOTO 3030
  4000 REM AUSFUEHRMODUS
  4010 GOSUB 10000 : REM TITELMELDUNG
  4020 FOR T=1 TO5
* 4030 PRINT CHR$(17)
  4040 NEXT T
  4050 PRINT"} H <  MENUE"
* 4060 PRINT CHR$(19)
  4070 FOR U =1 TO 5
* 4080 PRINT CHR$(17)
  4090 NEXT U
  4100 PRINT
  4110 PRINT"             AUSFUEHRMODUS"
  4120 PRINT
  4130 INPUT"WIEVIELE DURCHLAEUFE ";D
  4140 FOR Y=1 TO D
  4150 GOSUB 11000: REM HOMEROUTINE
* 4160 PRINT CHR$(147)
  4170 PRINT"PROGRAMMTABELLE"
  4180 PRINT
  4190 PRINT" NR DREH      OARM     UARM     ZANGE"
  4200 PRINT
  4210 FOR I=0 TO IMM
* 4220 GET A$
  4230 IF A$="M" THEN 1020
  4240 PRINT I;TAB(3);OR(I);TAB(12);OA(I);TAB(21);UA
     (I);TAB(31);ZA$(I)
* 4245 I1=USR(P1): IF I1<0 THEN LET I1=0
* 4250 SYS P1,I1: IF ABS(OR(I)-I1)>10 THEN SYS P1,OR
     (I)
* 4255 I2=USR(P2): IF I2<0 THEN LET I2=0
* 4260 SYS P2,I2: IF ABS(OA(I)-I2)>10 THEN SYS P2,OA
     (I)
* 4265 I3=USR(P3): IF I3<0 THEN LET I3=0
* 4270 SYS P3,I3: IF ABS(UA(I)-I3)>10 THEN SYS P3,UA
     (I)
* 4280 SYS ROBOT
  4290 REM ZANGENROUTINE
  4300 IF ZA$(I)<>"ZU "THEN GOTO4360
  4310 IF ZA$="ZU " THEN4360
  4320 FOR Z=1 TO ZZ
* 4330 SYS MM,LINKS
  4340 NEXT Z
  4350 LET ZA$="ZU "
  4360 IF ZA$(I)<>"AUF" THEN GOTO 4420
  4370 IF ZA$="AUF" THEN 4420
* 4380 SYS MM,RECHTS
* 4390 IF USR(E7)=1 THEN GOTO4370
  4400 LET ZA$="AUF"
* 4410 SYS MM,AUS
  4420 NEXT I
  4430 NEXT Y
  4440 GOTO 1020
  5000 REM TEACH PROGRAMM ABSPEICHERN
* 5010 PRINT CHR$(147)
  5020 PRINT
  5030 PRINT"TEACH PROGRAMM AUF DISKETTE ABSPEICHERN
     "
  5040 PRINT
```

```
  5050 LET F$=""
  5060 INPUT"FILENAME";F$
  5070 IF F$="" THEN GOTO 1020
* 5080 OPEN15,8,15
* 5090 OPEN 8,8,8,F$+",W"
* 5100 INPUT#15,FE,FT$,SP,SE
* 5110 IF FE=0 THEN GOTO 5200
* 5120 IF FE<>63 THEN GOTO 6250
* 5130 PRINT"FILE EXISTIERT BEREITS."
* 5140 INPUT"ALTES FILE LOESCHEN(J/N)";C$
* 5150 IF C$="N" THEN GOTO 6200
* 5160 IF C$<>"J" THEN 5270
* 5170 PRINT#15,"S:"+F$
* 5180 CLOSE 8
* 5190 OPEN 8,8,8,F$+",W"
* 5200 PRINT#8,IMAX
  5210 FOR I=0 TO IMAX
* 5220 PRINT#8,DR(I)
* 5230 PRINT#8,DA(I)
* 5240 PRINT#8,UA(I)
* 5250 PRINT#8,ZA$(I)
  5260 NEXT I
* 5270 CLOSE 8
* 5280 CLOSE 15
  5290 GOTO 1020
  6000 REM TEACH PROGRAMM LADEN
* 6010 PRINT CHR$(147)
  6020 PRINT
  6030 PRINT"TEACH PROGRAMM VON DISKETTE LADEN"
  6040 PRINT
  6050 LET F$=""
  6060 INPUT"FILENAME";F$
  6070 IF F$="" THEN GOTO 1020
* 6080 OPEN 8,8,8,F$+",R"
* 6090 OPEN 15,8,15
* 6100 INPUT#15,FE,FT$,SP,SE
* 6110 IF FE<>0 THEN GOTO 6250
* 6120 INPUT#8,IMAX
  6130 PRINT IMAX;"POSITIONSDATEN"
  6140 FOR I=0 TO IMAX
* 6150 INPUT#8,DR(I)
* 6160 INPUT#8,DA(I)
* 6170 INPUT#8,UA(I)
* 6180 INPUT#8,ZA$(I)
  6190 NEXT I
* 6200 CLOSE 8
* 6210 CLOSE 15
  6220 LET ID=IMAX:ZA$=ZA$(IMAX)
  6230 GOTO 1020
  6240 REM DISKETTE FEHLERMELDUNG
* 6250 PRINT FT$
  6260 PRINT"> M < MENUE"
* 6270 GET A$
  6280 IF A$="M" THEN GOTO 6200
  6290 GOTO 6270
  7000 REM TEACH PROGRAMM AUSDRUCKEN
* 7010 PRINT CHR$(147)
  7020 PRINT"SOLL DER AUSDRUCK AUF DRUCKER ODER "
  7030 INPUT"BILDSCHIRM ERFOLGEN (D/B)";S$
  7040 IF S$="D" THEN 7100
  7050 GOSUB 10010
  7060 PRINT
  7070 PRINT"TEACH TABELLE"
  7080 PRINT
  7090 PRINT"NR.  DREH    OARM    UARM    ZANGE"
  7100 FOR I=0 TO IMAX
  7110 PRINT I;TAB(3);DR(I);TAB(12);DA(I);TAB(21);UA
       (I);TAB(31);ZA$(I)
  7120 NEXT I
  7130 PRINT
  7140 PRINT"> M < MENUE"
* 7150 GET A$
  7160 IF A$="M" THEN GOTO 1020
  7170 GOTO7150
* 7180 OPEN 4,4,0
* 7190 PRINT#4,"F I S C H E R T E C H N I K"
* 7200 PRINT#4
* 7210 PRINT#4,"    C O M P U T I N G"
* 7220 PRINT#4
* 7230 PRINT#4,"3 ACHSIGER TRAININGSROBOTER"
* 7240 PRINT#4
* 7250 PRINT#4,"TEACH TABELLE"
* 7260 PRINT#4,"              "
* 7270 PRINT#4," NR.          DREH          OARM
       UARM          ZANGE"
  7280 FOR I=0 TO IMAX
* 7290 PRINT#4,I,DR(I),DA(I),UA(I),ZA$(I)
  7300 NEXT I
* 7310 CLOSE 4
  7320 GOTO 1020
  8000 REM PROGRAMMENDE
* 8010 PRINT CHR$(147)
  8020 FOR I=1 TO 12
  8030 PRINT
  8040 NEXT
  8050 INPUT" SIND SIE SICHER (J/N)";L$
  8060 IF L$="N" THEN 1020
  8070 IF L$<>"J" THEN GOTO 8050
* 8080 PRINT CHR$(147)
  8090 END
  9000 REM DISKETTENINHALT
* 9010 PRINT CHR$(147)
  9020 PRINT"FISCHERTECHNIK"
  9030 PRINT"COMPUTING"
  9040 PRINT
* 9050 OPEN1,8,0,"$0"
* 9060 GET#1,A$,B$
* 9070 GET#1,A$,B$
* 9080 GET#1,A$,B$
* 9090 C=0 : C$=""
* 9100 IF A$<>"" THEN C=ASC(A$)
* 9110 IF B$<>"" THEN C=C+ASC(B$)*256
* 9120 PRINT MID$(STR$(C),2);TAB(3);
* 9130 GET#1,B$:IF ST<>0 THEN 9190
* 9140 IF B$<>CHR$(34) THEN 9130
* 9150 GET#1,B$:IF B$<>CHR$(34) THEN C$=C$+B$:GOTO 9
       150
* 9160 GET#1,B$:IF B$<>"" THEN 9160
* 9170 PRINT C$
* 9180 IF ST=0 THEN 9070
  9190 PRINT" BLOCKS FREE"
* 9200 CLOSE 1
  9210 PRINT
  9220 PRINT"  > M <  MENUE"
* 9230 GET Z$
  9240 IF Z$<>"M" THEN 9230
* 9250 PRINT CHR$(147)
  9260 GOTO 1020
  10000 REM TITELMELDUNG
* 10010 PRINT CHR$(147)
* 10020 PRINT CHR$(28)"      F I S C H E R"CHR$(31)"
       T E C H N I K"CHR$(144)
  10030 PRINT
  10040 PRINT"          C O M P U T I N G"
  10050 PRINT:PRINT
  10060 PRINT   "       D R E I A C H S I G E R"
  10070 PRINT
  10080 PRINT"    T R A I N I N G S R O B O T E R"
  10090 PRINT
  10100 PRINT"           TEACH IN VERFAHREN "
  10110 RETURN
  11000 REM HEIMPOSITION ANFAHREN
  11010 LET H1=1:H2=1:H3=1:H4=1
* 11020 IF USR(E1)=1 AND H1=1 THEN SYS M1,RECHTS
* 11030 IF USR(E3)=1 AND H2=1 THEN SYS M2,RECHTS
* 11040 IF USR(E5)=1 AND H3=1 THEN SYS M3,RECHTS
* 11050 IF USR(E7)=1 AND H4=1 THEN SYS M4,RECHTS
* 11060 IF USR(E1)=0 THEN SYS M1,LINKS:H1=-1
* 11070 IF USR(E3)=0 THEN SYS M2,LINKS:H2=-1
* 11080 IF USR(E5)=0 THEN SYS M3,LINKS:H3=-1
* 11090 IF USR(E7)=0 THEN SYS M4,AUS:H4=0
* 11100 IF USR(E1)=1 AND H1=-1 THEN SYS M1,AUS:H1=0
* 11110 IF USR(E3)=1 AND H2=-1 THEN SYS M2,AUS:H2=0
* 11120 IF USR(E5)=1 AND H3=-1 THEN SYS M3,AUS:H3=0
  11130 IF H1<>0 OR H2<>0 OR H3<>0 OR H4<>0 THEN GOT
       O 11020
* 11140 SYS INIT
  11150 LET ZA$="AUF"
  11160 RETURN
  12000 REM AKTUELLE POSITION AUSDRUCKEN
* 12010 PRINT CHR$(19);
  12020 FOR I=1 TO 23
* 12030 PRINT CHR$(17);
  12040 NEXT
  12050 PRINT"
        "
* 12060 PRINT CHR$(145);
  12070 PRINT ID;TAB(3);DR(ID);TAB(12);DA(ID);TAB(21
       );UA(ID);TAB(31);ZA$(ID)
  12080 RETURN
```

Funktionsweise des Interface und des Roboter-Systemprogramms

Wenn Sie die fischertechnik computing Software benutzen oder selbst Programme entsprechend der Hinweise in den vorigen Kapiteln erstellen, werden Sie kaum die nun folgende Information benötigen. Wenn Sie aber die Programme in anderen Sprachen als BASIC formulieren wollen, die Programme durch komplexe Abläufe in Maschinensprache beschleunigen wollen, die Funktionen des Interface erweitern wollen oder auch nur einfach einen Blick hinter die Kulissen werfen wollen, so wird Ihnen das Nachfolgende sicherlich hilfreich sein. Allerdings sollten Sie dann auch ein paar Kenntnisse der Maschinensprache und der Digitalelektronik mitbringen, denn hier geht es an die "bits and pieces".
Das fischertechnik Interface erfüllt eine Reihe von Aufgaben, die wir anhand des Blockdiagramms besprechen wollen. Am linken Rand sind die Signale von und zu dem Computer aufgeführt. Es fällt auf, daß diese recht wenig mit den Ausgängen M1 bis M4 und Eingängen E1 bis E8 sowie EX und EY gemein haben. Der Grund ist darin zu suchen, daß am Computeranschluß wesentlich weniger Datenleitungen zur Verfügung stehen, als auf der Modellseite des Interface benötigt werden. Diese wenigen Datenleitungen müssen deshalb so eingesetzt werden, daß alle Signale auf der Modellseite gesteuert werden können. Das Konzept sieht eine Mehrfachverwendung der Datenleitungen mit Hilfe von Schieberegistern vor. Auf diese Weise werden z.B. nur drei Datenleitungen für die Steuerung der Ausgabe notwendig. Eine parallele Anschlußweise hätte acht Datenleitungen benötigt.

Schauen wir uns gleich die Ausgabe an den Anschlüssen M1 bis M4 genauer an. Die dafür benötigten Datenleitungen werden mit DATA-OUT, CLOCK und LOAD-OUT bezeichnet. Bei einer Ausgabe werden immer die Daten für alle vier Motoren übertragen, d.h. ein ganzes Byte (ein Byte deswegen, weil jeder der vier Motoren zwei Bits zur Steuerung der Drehrichtung benötigt). Die von dem Kommando nicht betroffenen Motorausgänge erhalten somit den derzeitigen Stand, der im Computer als Ausgabewort zwischengespeichert ist, erneut eingeschrieben.
Bei der Ausgabe werden der Reihe nach die Bits des Ausgabeworts an die Leitung DATA-OUT angelegt, das höchstwertige zuerst. Mit einem Übergang von low nach high am Ausgang CLOCK wird das Bit in ein Schieberegister übernommen. Danach folgt das nächste Bit an DATA-OUT, das ebenfalls in das Schieberegister mit dem nächsten CLOCK-Impuls übernommen wird. Das vorangegangene Bit ist dabei aber auch um eine Position im Schieberegister nach rechts gerutscht, um dem nachfolgenden Platz zu machen. Nach insgesamt acht solchen Datenübertragungen ist das ganze Ausgabewort im Schieberegister abgelegt. Das zuerst übertragene Bit ist im Verlaufe des Datentransfers ganz nach rechts durchgeschoben worden. Von der Aktivität im Schieberegister ist aber bislang an seinen Ausgängen noch nichts spürbar. Die Ausgangsverstärker werden nicht direkt über das Schieberegister angesteuert, sondern über ein zwischengeschaltetes Speicherregister, das auch noch im Schieberegister-Baustein integriert ist. Erst mit dem Übergang von low nach high am Ausgang LOAD-OUT erfolgt die Übernahme in das Speicherregister. Die zeitliche Abfolge der Signale können Sie dem Impulsdiagramm entnehmen.

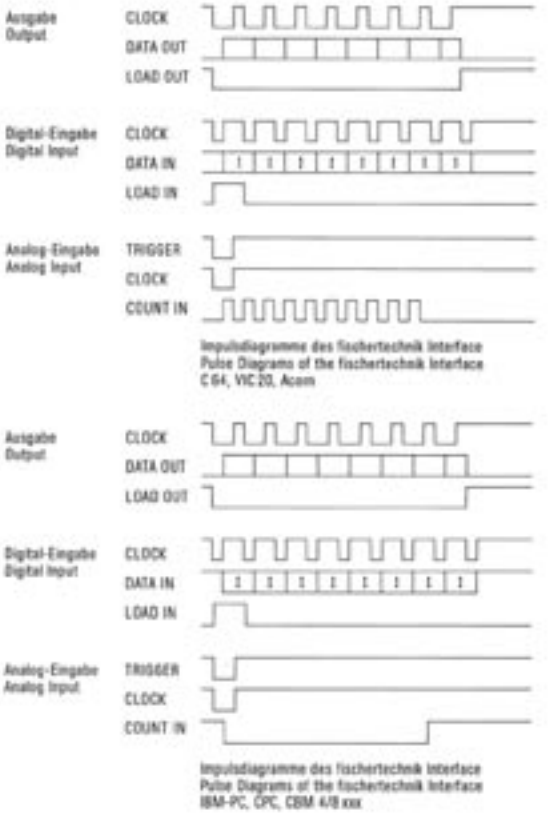
Ob die Daten allerdings auch die Leistungsverstärker durchsteuern, hängt wiederum von der Freigabesteuerung des Speicherbausteins ab. Die Freigabesteuerung erfolgt durch ein Monoflop. Diese Schaltung erzeugt ein Freigabesignal von einer halben Sekunde Dauer, wenn ein Impuls auf der CLOCK-Leitung vorliegt. Wir können davon ausgehen, daß zunächst die Leistungsverstärker angesteuert werden, da zuvor gerade die Daten mit Hilfe der CLOCK-Leitung übertragen wurden. Sollte aber innerhalb der nächsten halben Sekunde kein weiterer Datentransfer erfolgen, so kippt das Monoflop wieder in seinen stabilen Zustand zurück und das Freigabesignal wird zurückgenommen. Das Monoflop ist übrigens nachtriggerbar, d.h. die Zeitdauer von einer halben Sekunde rechnet sich jeweils vom Zeitpunkt des letzten CLOCK-Impulses an.

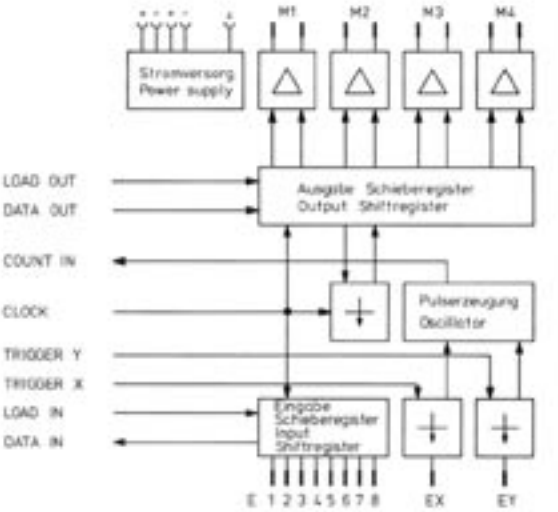
Auch das Monoflop besitzt einen Freigabeeingang. Über jenen kann letztlich die Ausgabe an die Verstärker sofort unterbunden werden. Beim fischertechnik Interface erfolgt dies, wenn ein ungültiges Datenmuster am Ausgang des Speicherregisters anliegen würde, das einen angeschlossenen Motor quasi in Rechts- und Linkslauf gleichermaßen steuern würde.

Nun zu der Übertragung der digitalen Signale an E1 bis E8. Im Prinzip findet bei der Eingabe eine Umkehrung des oben Beschriebenen statt. Durch das Ausgabe-Signal LOAD-IN werden die an den Eingängen anstehenden Signale in das Eingabeschieberegister übernommen. Dies erfolgt wiederum für alle acht Eingänge, auch wenn nur ein einziger abgefragt werden soll. In dem Schieberegister angelangt, bringt jeder Impuls auf der CLOCK-Leitung ein Bit auf der Eingabeleitung DATA-IN zum Vorschein, jenes von E8 zuerst und das von E1 zuletzt. Durch Testen dieser Leitung kann der Computer die Bits "aufsammeln" und wieder ein Datenwort bilden. Das gewünschte Bit wird anschließend herausgefiltert und dem BASIC-Programm übergeben.

Da zur Übertragung der Daten dieselbe CLOCK-Leitung wie bei der Ausgabe benutzt wird, wird auch bei der digitalen Eingabe das Monoflop aktiviert, das das Freigabesignal für die Ausgabedaten steuert. Eine Fehlfunktion des Ausgabeschieberegisters durch die Mehrfachfunktion der CLOCK-Leitung steht nicht zu befürchten, denn die aktuellen Ausgabedaten stehen ja nicht im Ausgabeschieberegister, sondern im Speicherregister. Ersteres wird zwar wohl durch die CLOCK-Impulse beeinflußt,

nicht aber letzteres, das ja nur auf das Signal LOAD-OUT reagiert.
Bleiben zum Schluß noch die Analogeingänge EX und EY. Potentiometer oder sonstige veränderlichen Widerstände dienen als zeitbestimmendes Bauelement in zwei weiteren Monoflop-Schaltungen. Ein niedriger Widerstandswert wird in einem Impuls kurzer Dauer, ein hoher Widerstandswert in einen Impuls langer Dauer umgesetzt. Der Impuls selbst wird durch Startsignal TRIGGER-X bzw. TRIGGER-Y (mit negativer Logik) ausgelöst und erscheint dann auf der Leitung COUNT-IN. Ein Maschinenprogramm stellt die Impulsdauer anhand der Zahl der Schleifendurchläufe fest, die während der Impulsdauer durchgeführt werden können. Diese Zahl wird in das aufrufende BASIC-Programm zurückgegeben. Sie sehen also, daß der Analogwert weder die Winkelstellung noch den Widerstandswert der Potentiometer darstellt. Dagegen geht die Arbeitsgeschwindigkeit des Prozessors ein. Dennoch besteht zwischen der letztlich ermittelten Zahl und dem Widerstandswert ein linearer Zusammenhang. Dieser muß gegebenenfalls im BASIC-Programm noch anhand einer Eichung in Winkelgrade oder Widerstandswerte umgerechnet werden.
Auf den folgenden Seiten ist der Quelltext des Robotersystemprogramms angegeben. Aus Platzgründen können wir nicht alle Versionen des Roboter-Systemprogramms für die verschiedenen Computer abdrucken. Außerdem sind die Unterschiede nur geringfügig. Stellvertretend für Computer mit Mikroprozessoren der 6502-Familie geben wir hier das Roboter-Systemprogramm des Commodore 64 an. Ein anderer weitverbreiteter Mikroprozessor ist der Z80. Das Roboter-Systemprogramm des Schneider CPC steht stellvertretend für all jene Computer.





Prog. ROBOT.SYS (6502)

```
                0010            ;PROGRAMM C64 INTERFACE
                0020            ;COPYRIGHT (C) ARTUR FISCHER FORSCHUNG 1984
                0030            ;VERSION 9 INKLUSIVE ROBOTERSTEUERUNG
                0040            ;FILE C64IFSA
                0050            ;MAI 1985
                0060            ;
                0070            ;AUFRUF DES FISCHERTECHNIK INTERFACE
                0080            ;VOM C64 DURCH KOMMANDOS
                0090            ;SYS MI,EIN      SYS MI,AUS
                0100            ;SYS MI,LINKS    SYS MI,RECHTS
                0110            ;USR(E1)    USR(EX)    USR(EY)
                0120            ;SPEZIELLE ROBOTERBEFEHLE:
                0130            ;SYS PI,####  SOLLPOSITION ABLESEN
                0140            ;USR(PI) ISTPOSITION ABFRAGEN
                0150            ;SYS ROBOT START DES ROBOTERS
                0160            ;*****************************************
                0170            .OS                     ;OBJECTCODE ERZEUGEN
                0180            .BA $CD80               ;PROGRAMM IM FREISPEICHER
                0190            ;*****************************************
                0200 YFAC       .DE $B3A2               ;WANDLE Y IN FLIESSKOMMA
                0210 AYFAC      .DE $B391               ;WANDLE A/Y IN FLIESSKOMMA
                0220 CKCOM      .DE $AEFD               ;PRUEFE AUF KOMMA
                0230 FIEINT     .DE $B7F7               ;WANDLE FLIESSKOMMA IN INT
                0240 GETBYTE    .DE $B79E               ;LIES EIN BYTE EIN
                0250 GETWORD    .DE $ADBA               ;LIES EIN WORT EIN
                0260 ROPOS      .DE $CE90               ;ROBOTER STEUERN (TEIL B)
                0270 ROPOSL     .DE $CFD0               ;ROBOTER TABELLE (TEIL B)
                0280            ;*****************************************
                0290            ; EIN- AUSGABEREGISTER
                0300            ;*****************************************
                0310 UP         .DE $DD01               ;USER PORT DATENREGISTER
                0320 DRP        .DE $DD03               ;USER PORT DATENRICHTUNG
                0330 TIL        .DE $DD04               ;TIMER LOW
                0340 TIH        .DE $DD05               ;TIMER HIGH
                0350 TIC        .DE $DD0E               ;TIMER CTRL REG
                0360            ;*****************************************
                0370            ; VARIABLEN
                0380            ;*****************************************
CD80- 00        0390 AVAR       .BY #00                 ;AUSGABEVARIABLE
CD81- 00        0400 MASK       .BY #00                 ;MASKENVARIABLE
                0410            ;*****************************************
                0420            ; EINSPRUNGLEISTE
CD82- A9 00     0430 INIT       LDA #$00                ;INITIALISIERUNG
CD84- A2 17     0440            LDX #$17                ;TABELLENZEIGER
CD86- 9D D0 CF  0450 CLOOP      STA ROPOSL,X            ;TABELLEN DER
CD89- CA        0460            DEX                     ;ROBOTERPOSITIONEN
CD8A- 10 FA     0470            BPL CLOOP               ;LOESCHEN
CD8C- 30 2E     0480            BMI STVAR               ;BRANCH ALWAYS
CD8E- A9 83     0490 M1         LDA #%10000011          ;MOTOR 1
CD90- D0 0A     0500            BNE BOUT
CD92- A9 8C     0510 M2         LDA #%10001100          ;MOTOR 2
CD94- D0 06     0520            BNE BOUT
CD96- A9 30     0530 M3         LDA #%00110000          ;MOTOR 3
CD98- D0 02     0540            BNE BOUT
CD9A- A9 C0     0550 M4         LDA #%11000000          ;MOTOR 4
                0560            ;*****************************************
CD9C- 78        0570 BOUT       SEI                     ;INTERRUPT SPERREN
CD9D- 8D 81 CD  0580            STA MASK                ;SPEICHERE BITMASKE AB
CDA0- 20 FD AE  0590            JSR CKCOM               ;PRUEFE AUF KOMMA
CDA3- AD 80 CD  0600            LDA AVAR                ;AUSGABEVARIABLE
CDA6- 0D 81 CD  0610            ORA MASK                ;SETZE BIT
CDA9- 8D 80 CD  0620            STA AVAR                ;ZURUECK
CDAC- 20 9E B7  0630            JSR GETBYTE             ;LIES 2. ARGUMENT
CDAF- 8A        0640            TXA
CDB0- 2D 81 CD  0650            AND MASK                ;BLENDE MOTOR AUS
CDB3- 8D 81 CD  0660            STA MASK                ;ABSPEICHERN
CDB6- AD 80 CD  0670            LDA AVAR                ;AUSGABEVARIABLE
CDB9- 4D 81 CD  0680            EOR MASK                ;SETZE BIT
CDBC- 20 F1 CD  0690 STVAR      JSR SHOUT               ;AUSGABE AN INTERFACE
CDBF- 58        0700            CLI                     ;INTERRUPT FREIGEBEN
CDC0- 60        0710            RTS                     ;ZURUECK INS BASIC
                0720            ;*****************************************
                0730            ;ROUTINE ZUR INTERFACESTEUERUNG
                0740            ;AUSGABE
                0750            ;AUSGABEMUSTER WIRD IM AKKU UEBERGEBEN
                0760            ;SEITENEFFEKT: SPEICHERT AKKU IN AVAR AB
                0770            ;BENUTZT AKKU UND X-REG
                0780            ;*****************************************
CDF1- 8D 80 CD  0790 SHOUT      STA AVAR                ;AUSGABEWORT RETTEN
CDF4- 48        0800            PHA                     ;AKKU RETTEN
CDF5- A9 3F     0810            LDA #$3F                ;SETZE DATENRICHTUNG
CDF7- 8D 03 DD  0820            STA DRP
CDFA- A2 00     0830            LDX #$00                ;SCHLEIFENZAEHLER
CDFC- A9 30     0840 LOOP       LDA #$30                ;RUHEBITMUSTER USERPORT
CDFE- 0E 80 CD  0850            ASL AVAR                ;TESTE AUSGABEWORT
CE01- 90 02     0860            BCC NULL
CE03- 09 04     0870            ORA #$04                ;SETZE DATA OUT
CE05- 8D 01 DD  0880 NULL       STA UP                  ;AUSGABE
CE08- 09 08     0890            ORA #$08                ;SETZE CLOCK
CE0A- 8D 01 DD  0900            STA UP                  ;AUSGABE
CE0D- CA        0910            DEX
CE0E- D0 EC     0920            BNE LOOP                ;SCHLEIFENENDE
CE10- A9 39     0930            LDA #$39                ;SETZE LOAD OUT
CE12- 8D 01 DD  0940            STA UP                  ;AUSGABE
CE15- 68        0950            PLA                     ;AKKU RESTAURIEREN
CE16- 8D 80 CD  0960            STA AVAR                ;RESTAURIERE AVAR
CE19- 60        0970            RTS                     ;RUECKSPRUNG
                0980            ;*****************************************
                0990            ;EINGABEROUTINE
                1000            ;EINSPRUNG UEBER USR
                1010            ;*****************************************
CE1A- 78        1020 BINP       SEI                     ;INTERRUPT SPERREN
CE1B- 20 F7 B7  1030            JSR FIEINT              ;ARG NACH INTEGER WANDELN
CE1E- C9 00     1040            CMP #$00                ;HIGH BYTE GESETZT
CE20- D0 76     1050            BNE ROPOS               ;ABFRAGE ROBOTERPOSITION
CE22- C0 A2     1060            CPY #$A2                ;POTIABFRAGE?
CE24- F0 39     1070            BEQ POTI                ;X
CE26- C0 52     1080            CPY #$52                ;POTIABFRAGE?
CE28- F0 35     1090            BEQ POTI                ;Y
CE2A- 8C B1 CD  1100            STY MASK                ;INPUTMASKE ABSPEICHERN
CE2D- 20 3D CE  1110            JSR SHIN                ;EINGABE ROUTINE
CE30- 2D B1 CD  1120            AND MASK                ;BIT HERAUSMASKIEREN
CE33- A8        1130            TAY                     ;WERT IN Y-REGISTER
CE34- F0 62     1140            BEQ CVAR
```

```
CE36- A0 01     1150            LDY #$01            ;<>0 -> 1
CE38- 20 A2 B3  1160 CVAR       JSR YFAC            ;WANDLE Y IN FAC
CE3B- 58        1170            CLI                 ;INTERRUPT FREIGEBEN
CE3C- 60        1180            RTS                 ;ZURUECK INS BASIC
                1190            ;*******************************************
                1200            ;INTERFACE STEUERUNG
                1210            ;EINGABE
                1220            ;BENUTZT WERDEN AKKU, X-REG. UND Y-REG.
                1230            ;ARGUMENT BEI RUECKKEHR IN AKKU
                1240            ;*******************************************
CE3D- A9 32     1250 SHIN       LDA #$32            ;SETZE LOAD IN
CE3F- 8D 01 DD  1260            STA UP              ;AUSGABE
CE42- 09 80     1270            ORA #$80            ;SETZE CLOCK
CE44- 8D 01 DD  1280            STA UP              ;AUSGABE
CE47- A2 00     1290            LDX #0              ;SCHLEIFENZAEHLER
CE49- 0A        1300 LOOP2      ASL A               ;SCHIEBE AKKU HOCH
CE4A- 2C 01 DD  1310            BIT UP              ;TESTE UP BIT7
CE4D- 10 02     1320            BPL NULL2
CE4F- 09 01     1330            ORA #$01            ;SETZE BIT
CE51- A0 30     1340 NULL2      LDY #$30            ;SETZE CLOCK
CE53- 8C 01 DD  1350            STY UP              ;AUSGABE
CE56- A0 38     1360            LDY #$38            ;SETZE CLOCK
CE58- 8C 01 DD  1370            STY UP              ;AUSGABE
CE5B- CA        1380            DEX
CE5C- D0 EB     1390            BNE LOOP2           ;SCHLEIFENENDE
CE5E- 60        1400            RTS                 ;RUECKSPRUNG
                1410            ;*******************************************
                1420            ;POTENTIOMETERABFRAGE
                1430            ;HIERHER WIRD NACH USR VERZWEIGT
                1440            ;WENN DAS ARGUMENT #$02 ODER #A2 IST
                1450            ;*******************************************
CE5F- A9 FF     1460 POTI       LDA #$FF            ;SETZE ZAEHLERREG. AUF $FF
CE61- 8D 04 DD  1470            STA TIL
CE64- 8D 05 DD  1480            STA TIH
CE67- A9 09     1490            LDA #$09            ;SETZE TIMER CTRL REG
CE69- 8D 0E DD  1500            STA TIC
CE6C- 8C 01 DD  1510            STY UP              ;MONOFLOP TRIGGERN
CE6F- A0 3A     1520            LDY #$3A            ;TRIGGER WEGNEHMEN
CE71- 8C 01 DD  1530            STY UP              ;AUSGABE
CE74- AD 04 DD  1540 TST        LDA TIL             ;LADE ZAEHLER LOW BYTE
CE77- A2 03     1550            LDX #$03            ;VERZOEGERUNGSSCHLEIFE
CE79- CA        1560 VERZOEG    DEX
CE7A- D0 FD     1570            BNE VERZOEG
CE7C- 38        1580            SEC                 ;SUBTRAKTION
CE7D- ED 04 DD  1590            SBC TIL             ;LAEUFT DER ZAEHLER NOCH
CE80- D0 F2     1600            BNE TST
CE82- A2 38     1610            LDX #$38            ;SETZE CLOCK, LOESCHE LOAD
CE84- 8E 01 DD  1620            STX UP              ;AUSGABE
CE87- 38        1630            SEC                 ;SUBTRAKTION VORBEREITEN
CE88- A9 FF     1640            LDA #$FF
CE8A- ED 04 DD  1650            SBC TIL             ;BESTIMME DIFFERENZZEIT
CE8D- A8        1660            TAY
CE8E- A9 FF     1670            LDA #$FF
CE90- ED 05 DD  1680            SBC TIH             ;HIGH BYTE
CE93- 20 91 B3  1690            JSR AYFAC           ;WANDLE A/Y IN FAC
CE96- 58        1700            CLI                 ;INTERRUPT FREIGEBEN
CE97- 60        1710            RTS                 ;ZURUECK INS BASIC
                1720            .EN

 --- LABEL FILE! ---

AVAR =$CD80         AYFAC =$B391        BINF =$CE1A
BOUT =$CDCC         CKCOM =$AEFD        CLOOP =$CD86
CVAR =$CE38         DBR =$DD03          FIGINT =$B7F7
GETBYTE =$B79E      GETWORD =$AD8A      INIT =$CD82
LOOP =$CDFC         LOOP2 =$CE49        MI =$CD8E
M2 =$CDC2           MD =$CDC6           MM =$CDCA
MASK =$CD81         NULL =$CE05         NULL2 =$CE51
POTI =$CE5F         ROPOS =$CE90        ROPOSL =$CF08
SHIN =$CE3D         SHOUT =$CDF1        STVAR =$CDEC
TIC =$DD0E          TIH =$DD05          TIL =$DD04
TST =$CE74          UP =$DD01           VERZOEG =$CE79
YFAC =$B3A2
//8000,CE90,CE90
```

```
                0020            ;ROBOTER ROUTINEN
                0030            ;
                0040            ;FILE C64IF90
                0050            ;COPYRIGHT ARTUR FISCHER FORSCHUNG
                0060            ;MAI 1985
                0070            ;*******************************************
                0080            ;SPRUNGADRESSEN
                0090            ;*******************************************
0100 SHOUT      .DE $CDF1           ;ADRESSE AUS TEIL A
0110 SHIN       .DE $CE3D           ;ADRESSE AUS TEIL A
0120 AYFAC      .DE $B391           ;WANDLE A/Y IN REAL
0130 CKCOM      .DE $AEFD           ;PRUEFE AUF COMMA
0140 GETWORD    .DE $AD8A           ;LIES 16 BIT INTEGER
0150 FIGINT     .DE $B7F7           ;WANDLE FAC IN 16 BIT INT.
0160 AVAR       .DE $CD80           ;ADRESSE AUS TEIL A
0170 MASK       .DE $CD81           ;ADRESSE AUS TEIL A
0180            ;*******************************
0190            ;ANFANGSADRESSE NACH TEIL A
0200            ;*******************************
0210            .OS                 ;OBJECTCODE ERZEUGEN
0220            .BA $CE90           ;ANFANGSADRESSE
0230            ;*******************************
0240            ;ROBOTERROUTINE
0250            ;
0260            ;ABFRAGE IST-WERT
0270            ;*******************************
CE90- A2 00     0280 ROPOS      LDX #$00            ;ZEIGER=0
CE92- C0 C2     0290            CPY #L,P1           ;WELCHE POSITION
CE94- F0 12     0300            BEQ LOPOS
```

```
CE9E- A2 02     0310          LDX #$02          ;ZEIGER+2
CEA0- C8 C6     0320          CPY $L,P2
CEA2- F0 0C     0330          BEQ LOPOS
CEA4- A2 04     0340          LDX #$04          ;ZEIGER+4
CEA6- C8 CA     0350          CPY $L,P3
CEA8- F0 06     0360          BEQ LOPOS
CEAA- A2 06     0370          LDX #$06          ;ZEIGER+6
CEAC- C0 CE     0380          CPY $L,P4
CEAE- D0 00     0390          BNE SYNTAX
CEB0- BC D0 CF  0400 LOPOS    LDY ROPOSL,X      ;LADE LOW-BYTE
CEB3- BD D1 CF  0410          LDA ROPOSH,X      ;LADE HIGH BYTE
CEB6- 20 91 B3  0420          JSR AYFAC         ;WANDLE IN REAL
CEB9- 58        0430          CLI               ;INTERRUPT FREIGEBEN
CEBA- 60        0440          RTS               ;ZURUECK INS BASIC
CEBB- 8C B6 CD  0450 SYNTAX   STY AVAR
CEBE- 8D B1 CD  0460          STA MASK
CEC1- 60        0470          RTS
                0480          ;*********************************
                0490          ;ROBOTERROUTINE
                0500          ;
                0510          ;SETZE SOLLWERT FUER ROBOTERPOSITION
                0520          ;*********************************
CEC2- A9 00     0530 P1       LDA #$00
CEC4- F0 0A     0540          BEQ STOPOS
CEC6- A9 02     0550 P2       LDA #$02
CEC8- D0 06     0560          BNE STOPOS
CECA- A9 04     0570 P3       LDA #$04
CECC- D0 02     0580          BNE STOPOS
CECE- A9 06     0590 P4       LDA #$06
CED0- 8D B1 CD  0600 STOPOS   STA MASK          ;ZEIGER RETTEN
CED3- 20 FD AE  0610          JSR CKCOM         ;PRUEFE AUF KOMMA
CED6- 20 8A AD  0620          JSR GETWORD       ;LIES ARGUMENT
CED9- 20 F7 B7  0630          JSR FIXINT        ;WANDLE ARGUMENT NACH INT.
CEDC- AE B1 CD  0640          LDX MASK          ;ZEIGER HOLEN
CEDF- 9D D9 CF  0650          STA ROSOLH,X      ;SPEICHERE HIGH BYTE
CEE2- 98        0660          TYA
CEE3- 9D D8 CF  0670          STA ROSOLL,X      ;SPEICHERE LOW BYTE
CEE6- 60        0680          RTS               ;ZURUECK INS BASIC
                0690          ;*********************************
                0700          ;ROBOTERSTEUERUNG
                0710          ;
                0720          ;DIE ROUTINE VERGLEICHT DIE IN
                0730          ;ROSOL ABGESPEICHERTEN WERTE MIT
                0740          ;JENEN IN ROPOS. AUS DER DIFFERENZ
                0750          ;WIRD DIE MOTORDREHRICHTUNG BESTIMMT.
                0760          ;DIE MOTOREN MIT DIFFERENZ <>0 WERDEN
                0770          ;GESTARTET UND DIE IMPULSE DER LICHT-
                0780          ;SCHRANKE GEZAEHLT. ROPOS WIRD ENT-
                0790          ;SPRECHEND WEITERGEZAEHLT.
                0800          ;WENN ROPOS=ROSOL WIRD DER MOTOR AB-
                0810          ;GESTELLT,DIE IMPULSE JEDOCH WEITER-
                0820          ;GEZAEHLT.WENN ALLE ACHSEN ZUR RUHE
                0830          ;GEKOMMEN SIND,WIRD IN BASIC ZURUECK-
                0840          ;GEGEBEN.
                0850          ;*********************************
CEE7- A2 06     0860 ROBOT    LDX #6            ;SCHLEIFENZAEHLER
CEE9- 38        0870 MDIR     SEC               ;SOLL-/ISTWERTVERGLEICH
CEEA- BD D8 CF  0880          LDA ROPOSL,X      ;ISTWERT
CEED- FD D8 CF  0890          SBC ROSOLL,X      ;SOLLWERT
CEF0- 8D F8 CF  0900          STA SCRATCL       ;ZWISCHENSPEICHERN
CEF3- BD D1 CF  0910          LDA ROPOSH,X      ;DTO.HIGHBYTE
CEF6- FD D9 CF  0920          SBC ROSOLH,X
CEF9- 8D F1 CF  0930          STA SCRATCH
CEFC- 18 05     0940          BPL PLUS
CEFE- BD C9 CF  0950          LDA ML,X          ;MOTORENDREHRICHTUNG
CF01- D0 00     0960          BNE NPOS          ;BRANCH ALWAYS
CF03- AD F8 CF  0970 PLUS     LDA SCRATCL       ;UNTERSUCHE AUF NULL
CF06- 0D F1 CF  0980          ORA SCRATCH
CF09- F0 03     0990          BEQ NPOS
CF0B- BD C8 CF  1000          LDA MR,X          ;MOTORDREHRICHTUNG
CF0E- 9D E8 CF  1010 NPOS     STA AV,X          ;ABSPEICHERN
CF11- 9D E0 CF  1020          STA MD,X          ;MOTORRICHTUNG ABSPEICHERN
CF14- CA        1030          DEX               ;SCHLEIFENZAEHLER
CF15- CA        1040          DEX
CF16- 10 D1     1050          BPL MDIR          ;SCHLEIFENENDE
CF18- 20 3D CE  1060          JSR SHIN          ;DIGITALEINGABE
CF1B- 8D F1 CF  1070          STA SCRATCH       ;PEGELANFANGSWERTE ABSP.
                1080          ;*********************************
                1090          ;EINLESEN DIGITALEINGAENGE
                1100          ;*********************************
CF1E- 20 3D CE  1110 DIGIN    JSR SHIN          ;DIGITAL E.EINLESEN
CF21- A8        1120          TAY
CF22- 4D F1 CF  1130          EOR SCRATCH       ;DETEKTIERE FLANKEN
CF25- 8D F8 CF  1140          STA SCRATCL       ;SEKTORFLANKEN ZWISCHENSP.
CF28- 8C F1 CF  1150          STY SCRATCH       ;PEGEL ZWISCHENSPEICHERN
CF2B- A9 00     1160          LDA #0
CF2D- 8D B6 CD  1170          STA AVAR          ;AVAR VORBEREITEN
CF30- A2 06     1180          LDX #6            ;SCHLEIFE UEBER MOTOREN
                1190          ;*********************************
                1200          ;SCHLEIFE UEBER ALLE MOTOREN
                1210          ;*********************************
CF32- AD F1 CF  1220 LOOPHEAD LDA SCRATCH       ;DIGITALEINGABE
                1230          ;*********************************
                1240          ;ENDTASTER TESTEN
                1250          ;*********************************
CF35- 3D C9 CF  1260          AND ML,X          ;ET HERAUSMASKIEREN
CF38- D0 06     1270          BNE SEKTOR        ;ET NICHT AKTIV
CF3A- 9D E8 CF  1280          STA AV,X          ;MOTOR AUS
CF3D- 9D E1 CF  1290          STA ML,X          ;NACHLAUF AUF 0
                1300          ;*********************************
                1310          ;SEKTORENFLANKEN TESTEN
                1320          ;*********************************
CF40- AD F8 CF  1330 SEKTOR   LDA SCRATCL       ;DIGITALEINGABE
CF43- 3D C8 CF  1340          AND MR,X          ;SEKTOR HERAUSMASKIEREN
CF46- F0 4C     1350          BEQ NEXCOMP       ;SEKTOR KEINE FLANKE
CF48- BD E8 CF  1360          LDA MD,X
CF4B- DD C8 CF  1370          CMP MR,X          ;LINKSLAUF?
CF4E- D0 14     1380          BNE INCPOS
CF50- 38        1390          SEC
CF51- BD D8 CF  1400          LDA ROPOSL,X      ;ROBOTER POSITION -1
CF54- E9 01     1410          SBC #1
CF56- 9D D8 CF  1420          STA ROPOSL,X
CF59- BD D1 CF  1430          LDA ROPOSH,X
CF5C- E9 00     1440          SBC #0
```

```
CF5E- 9D D1 CF  1450            STA ROPOSH,X
CF61- 38        1460            SEC
CF62- B0 11     1470            BCS NEXSK       ;BRANCH ALWAYS
CF64- 18        1480 INCPOS     CLC
CF65- BD D8 CF  1490            LDA ROPOSL,X    ;ROBOTER POSITION +1
CF68- 69 01     1500            ADC #1
CF6A- 9D D8 CF  1510            STA ROPOSL,X
CF6D- BD D1 CF  1520            LDA ROPOSH,X
CF70- 69 00     1530            ADC #0
CF72- 9D D1 CF  1540            STA ROPOSH,X
CF75- BD D8 CF  1550 NEXSK      LDA ROPOSL,X    ;IST-/SOLLWERT VERGLEICHEN
CF78- DD D8 CF  1560            CMP ROSOLL,X
CF7B- D0 17     1570            BNE NEXCOMP
CF7D- BD D1 CF  1580            LDA ROPOSH,X
CF80- DD D9 CF  1590            CMP ROSOLH,X
CF83- D0 0F     1600            BNE NEXCOMP
CF85- A9 00     1610            LDA #0          ;MOTOR ABSCHALTEN
CF87- DD E0 CF  1620            CMP AV,X        ;SOLL = IST DAS ERSTE MAL?
CF8A- F0 00     1630            BEQ NEXCOMP
CF8C- 9D E0 CF  1640            STA AV,X        ;MOTOR AUS
CF8F- A9 FF     1650            LDA #$FF
CF91- 9D E1 CF  1660            STA NL,X        ;NACHLAUFZAEHLER SETZEN
CF94- A9 00     1670 NEXCOMP    LDA #0          ;NACHLAUFZAEHLER TESTEN
CF96- DD E1 CF  1680            CMP NL,X
CF99- F0 03     1690            BEQ OUT         ;NICHT DEKREMENTIEREN, WEN
CF9B- DE E1 CF  1700            DEC NL,X        ;NACHLAUFZ. DEKR.
CF9E- AD B0 CD  1710 OUT        LDA AVWR        ;AVWR ZUSAMMENSETZEN
CFA1- 1D E0 CF  1720            ORA AV,X        ;AUS AV DER EINZELNEN MOT.
CFA4- 8D B0 CD  1730            STA AVWR        ;ZURUECKSPEICHERN
CFA7- CA        1740            DEX             ;SCHLEIFENZAEHLER DEKR.
CFA8- CA        1750            DEX
CFA9- 10 B7     1760            BPL LOOPHEAD    ;SCHLEIFENENDE
CFAB- AD B0 CD  1770            LDA AVWR        ;AUSGABE ANS INTERFACE
CFAE- 20 F1 CD  1780            JSR SHOUT
CFB1- F0 03     1790            BEQ NLTST       ;ALLE MOTOREN AUS
CFB3- 4C 1E CF  1800            JMP DIGIN
CFB6- A2 06     1810 NLTST      LDX #6          ;ALLE NACHLAUFZAEHLER
CFB8- 1D E1 CF  1820 TSTNL      ORA NL,X        ;NOCH TESTEN
CFBB- CA        1830            DEX             ;SCHLEIFENZAEHLER
CFBC- CA        1840            DEX
CFBD- 10 F9     1850            BPL TSTNL
CFBF- C9 00     1860            CMP #0          ;ALLE ABGELAUFEN?
CFC1- F0 03     1870            BEQ END         ;SCHON ALLE FERTIG
CFC3- 4C 1E CF  1880            JMP DIGIN
CFC6- 58        1890 END        CLI             ;INTERRUPT FREIGEBEN
CFC7- 60        1900            RTS             ;ZURUECK INS BASIC
CFC8- 02        1910 MR         .BY %00000010   ;MOTOR1 RECHTS
CFC9- 01        1920 ML         .BY %00000001   ;MOTOR1 LINKS
CFCA- 08        1930            .BY %00001000   ;MOTOR2 RECHTS
CFCB- 04        1940            .BY %00000100   ;MOTOR2 LINKS
CFCC- 20        1950            .BY %00100000   ;MOTOR3 RECHTS
CFCD- 10        1960            .BY %00010000   ;MOTOR3 LINKS
CFCE- 80        1970            .BY %10000000   ;MOTOR4 RECHTS
CFCF- 40        1980            .BY %01000000   ;MOTOR4 LINKS
CFD0- 00        1990 ROPOSL     .BY 0
CFD1- 00        2000 ROPOSH     .BY 0
CFD2-           2010            .DS 6

CFD8- 00        2020 ROSOLL     .BY 0
CFD9- 00        2030 ROSOLH     .BY 0
CFDA-           2040            .DS 6
CFE0- 00        2050 AV         .BY 0           ;AUSGABEVARIABLE
CFE1- 00        2060 NL         .BY 0           ;NACHLAUFZAEHLER
CFE2-           2070            .DS 6           ;VERZAHNTE TABELLE
CFE8- 00        2080 MD         .BY 0           ;MOTORRICHTUNG
CFE9- 00        2090            .BY 0
CFEA-           2100            .DS 6
CFF0- 00        2110 SCRATCL    .BY 0
CFF1- 00        2120 SCRATCH    .BY 0
                2130            .EN
```

--- LABEL FILE: ---

```
AV =CFE0        AVWR =CDB0      AYFAC =0039
CKCOM =AEFD     DIGIN =CF1E     END =CFC6
FIGINT =B7F7    GETWORD =ADBA   INCPOS =CF64
LOOPHEAD =CF32  LOPOS =CEB0     MASK =CDB1
MD =CFE8        MDIR =CEE9      ML =CFC9
MR =CFC8        NEXCOMP =CF94   NEXSK =CF75
NL =CFE1        NLTST =CFB6     NPOS =CF8E
OUT =CF9E       P1 =CEC2        P2 =CEC6
P3 =CECA        P4 =CECE        PLUS =CF03
ROBOT =CEE7     ROPOS =CE90     ROPOSH =CFD1
ROPOSL =CFD0    ROSOLH =CFD9    ROSOLL =CFD8
SCRATCH =CFF1   SCRATCL =CFF0   SEKTOR =CF48
SHIN =CE3D      SHOUT =CDF1     STOPOS =CED0
SYNTAX =CEB9    TSTNL =CFB8
/:0000,CFF2,CFF2
!
```

Prog. ROBOT.SYS (Z80)

```
Pass 1 errors: 00

                        10 ;Programm Schneider CPC464 Interface
                        20 ;Copyright (C) Artur Fischer Forschung
                        30 ;Version 2 inklusive Robotersteuerung
                        40 ;File ROBSYS.GEN
                        50 ;August 1985
                        60 ;
                        70 ;Aufruf des fischertechnik Interface
                        80 ;vom CPC durch Kommandos!
                        90 ;CALL m1,ein        CALL m1,aus
                       100 ;CALL m1,links      CALL m1,rechts
                       110 ;CALL in,@e1        CALL in,@ex
                       120 ;Statt e1 kann auch e2, e3 und e4 benutzt werden.
                       130 ;Statt m1 kann auch m2, m3 und m4 benutzt werden.
                       140 ;Statt ex kann auch ey benutzt werden.
                       150 ;
                       160 ;Spezielle Roboter-Befehle:
                       170 ;CALL p1,nnnn      Sollposition ablegen
                       180 ;CALL in,@i1       Istposition abfragen
                       190 ;Statt p1 kann auch p2, p3 und p4 benutzt werden.
                       200 ;Statt i1 kann auch i2, i3 und i4 benutzt werden.
                       210 ;CALL robot        Start des Roboters
                       220 ;*************************************
A400                   230         org  #a400              ;Programmstart
                       240 ;*************************************
A400  CDFEA4           250 INIT:   CALL SYNT0              ;Syntax-Pruefung
A403  212CA6           260         LD   HL,RDPOSL          ;Tabellenzeiger
A406  AF               270         XOR  A                  ;Akku loeschen
A407  0617             280         LD   B,#17              ;Schleifenzaehler
A409  77               290 LOOP1:  LD   (HL),A             ;Robotertabellen loeschen
A40A  23               300         INC  HL
A40B  10FC             310         DJNZ LOOP1              ;Schleifenende
A40D  3E00             320         LD   A,#00              ;Ausgabevariable loeschen
A40F  1810             330         JR   STVAR
A411  0603             340 M1:     LD   B,#03              ;Motor 1
A413  180A             350         JR   BOUT
A415  060C             360 M2:     LD   B,#0C              ;Motor 2
A417  1806             370         JR   BOUT
A419  0630             380 M3:     LD   B,#30              ;Motor 3
A41B  1802             390         JR   BOUT
A41D  06C0             400 M4:     LD   B,#C0              ;Motor 4
A41F  CD04A5           410 BOUT:   CALL SYNT1              ;Syntax-Pruefung
                       420 ;*************************************
                       430 ;Einzelbit Ausgabe
                       440 ;*************************************
A422  3A0EA5           450         LD   A,(AVAR)           ;Ausgabevariable
A425  B0               460         OR   B                  ;setze Bits
A426  4F               470         LD   C,A
A427  DD7E00           480         LD   A,(IX+0)
A42A  A0               490         AND  B
A42B  47               500         LD   B,A
A42C  79               510         LD   A,C
A42D  A8               520         XOR  B                  ;setze Drehrichtung
A42E  320EA5           530 STVAR:  LD   (AVAR),A           ;setze Ausgabevariable
A431  CD36A4           540         CALL SHOUT              ;Ausgabe an Interface
A434  FB               550         EI                      ;Interrupt freigeben
A435  C9               560         RET                     ;Ruecksprung in BASIC

                       570 ;*************************************
                       580 ;Routine zur Interface-Steuerung
                       590 ;Ausgabe
                       600 ;Ausgabemuster wird im Akku uebergeben
                       610 ;benutzt A, BC, DE.
                       620 ;*************************************
A436  0100EF           630 SHOUT:  LD   BC,#EF00           ;Zeiger in Drucker Port
A439  4F               640         LD   C,A                ;c ist Arbeitsregister
A43A  1E08             650         LD   E,#08              ;Schleifenzaehler
A43C  1630             660 LOOP:   LD   D,#30              ;Ruhepegel Interface
A43E  79               670         LD   A,C
A43F  07               680         RLCA                    ;naechstes Bit
A440  4F               690         LD   C,A
A441  3002             700         JR   NC,NULL            ;=07
A443  1634             710         LD   D,#34              ;setze DATA OUT
A445  ED51             720 NULL:   OUT  (C),D              ;Ausgabe
A447  7A               730         LD   A,D
A448  F608             740         OR   #08                ;setze CLOCK
A44A  ED79             750         OUT  (C),A              ;Ausgabe
A44C  1D               760         DEC  E                  ;Schleifenzaehler
A44D  20EB             770         JR   NZ,LOOP            ;Schleifenende
A44F  1639             780         LD   D,#39              ;setze LOAD OUT
A451  ED51             790         OUT  (C),D              ;Ausgabe
A453  C9               800         RET
                       810 ;*************************************
                       820 ;Eingaberoutine
                       830 ;Kommando in,@en
                       840 ;*************************************
A454  CD04A5           850 inp:    CALL SYNT1              ;Syntax-Pruefung
A457  2185AE           860         LD   HL,#AE85           ;Variablen-Speicher
A45A  4E               870         LD   C,(HL)             ;Zeiger in Variablen-Sp.
A45B  23               880         INC  HL
A45C  46               890         LD   B,(HL)
A45D  210500           900         LD   HL,#0005
A460  09               910         ADD  HL,BC              ;Adresse von E1
A461  DD5601           920         LD   D,(IX+1)
A464  DD5E00           930         LD   E,(IX+0)
A467  010100           940         LD   BC,#0001           ;Bit-Zaehler
A46A  7C               950 VARTST: LD   A,H                ;vergleiche Adressen
A46B  BA               960         CP   D                  ;high-Byte
A46C  2004             970         JR   NZ,NEXTVAR
A46E  7D               980         LD   A,L
A46F  BB               990         CP   E                  ;low-Byte
A470  2813            1000         JR   Z,VARFOUND         ;Variable gefunden
A472  C5              1010 NEXTVA: PUSH BC
A473  010700          1020         LD   BC,#0007           ;inkrementiere Adresse
A476  09              1030         ADD  HL,BC
A477  C1              1040         POP  BC
A478  79              1050         LD   A,C
A479  17              1060         RLA                     ;Bit-Zaehler hochschieben
A47A  4F              1070         LD   C,A
A47B  78              1080         LD   A,B                ;high-Byte
A47C  17              1090         RLA
A47D  47              1100         LD   B,A
A47E  FE40            1110         CP   #40                ;Variablentabelle zu Ende
A480  CA06A5          1120         JP   Z,SYNTAX           ;Syntax-Fehler
A483  18E5            1130         JR   VARTST             ;weiter suchen
A485  78              1140 VARFOU: LD   A,B                ;Analogabfrage?
```

```
A486 FE04   1150          CP   #04
A488 D20FA5 1160          JP   NC,ROPOS
A48B FE01   1170          CP   #01
A48D 2044   1180          JR   Z,XPOTI          ;Eingang EX
A48F FE02   1190          CP   #02
A491 2044   1200          JR   Z,YPOTI          ;Eingang EY
A493 C5     1210          PUSH BC               ;rette BC
A494 CD99A4 1220          CALL SHIN             ;Digiteleingabe
A497 182F   1230          JR   CONT
            1240 ;*************************************
            1250 ;Routine zur Interface-Steuerung
            1260 ;Eingabe
            1270 ;benutzt A, BC und DE.
            1280 ;Eingabe wird im Akku uebergeben
            1290 ;*************************************
A499 1632   1300 SHIN:  LD   D,#32             ;setze LOAD IN
A49B 0100EF 1310          LD   BC,#EF00         ;Zeiger in Drucker-Port
A49E ED51   1320          OUT  (C),D            ;Ausgabe
A4A0 163A   1330          LD   D,#3A            ;setze CLOCK
A4A2 ED51   1340          OUT  (C),D            ;Ausgabe
A4A4 1E08   1350          LD   E,#08            ;Schleifenzaehler
A4A6 17     1360 LOOP2:   RLA                   ;Datenwort hochschieben
A4A7 E6FE   1370          AND  #FE              ;Bit 0 loeschen
A4A9 0100F5 1380          LD   BC,#F500         ;Zeiger auf BUSY-Input
A4AC 4F     1390          LD   C,A
A4AD ED78   1400          IN   A,(C)            ;einlesen
A4AF E640   1410          AND  #40              ;Busy-Leitung maskieren
A4B1 17     1420          RLA                   ;und zum Testen in Carry
A4B2 17     1430          RLA
A4B3 79     1440          LD   A,C
A4B4 3002   1450          JR   NC,NULL2         ;teste DATA-IN
A4B6 F601   1460          OR   #01              ;setze Bit 0
A4B8 0100EF 1470 NULL2:   LD   BC,#EF00         ;Zeiger in Drucker-Port
A4BB 1630   1480          LD   D,#30            ;loesche CLOCK
A4BD ED51   1490          OUT  (C),D            ;Ausgabe
A4BF 1638   1500          LD   D,#38            ;setze CLOCK
A4C1 ED51   1510          OUT  (C),D            ;Ausgabe
A4C3 1D     1520          DEC  E                ;Schleifenzaehler
A4C4 20E0   1530          JR   NZ,LOOP2         ;Schleifenende
A4C6 2F     1540          CPL                   ;negative Logik!
A4C7 C9     1550          RET
            1560 ;*************************************
A4C8 C1     1570 CONT:    POP  BC               ;BC restaurieren
A4C9 A1     1580          AND  C
A4CA 3802   1590          JR   Z,BASRET
A4CC 3E01   1600          LD   A,#01            ;<>0 -> 1
A4CE 77     1610 BASRET:  LD   (HL),A           ;in Variablentabelle
A4CF 23     1620          INC  HL
A4D0 70     1630          LD   (HL),B
A4D1 FB     1640          EI                    ;Interrupt freigeben
A4D2 C9     1650          RET                   ;zurueck in BASIC
            1660 ;*************************************
            1670 ;Analogeingabe
            1680 ;hierher wird verzweigt, wenn ex oder ey
            1690 ;abgefragt werden soll.
            1700 ;*************************************
A4D3 16A0   1710 XPOTI:   LD   D,#A0             ;setze TRIGGER-X
A4D5 1802   1720          JR   POTI
A4D7 1690   1730 YPOTI:   LD   D,#90             ;setze TRIGGER-Y
A4D9 0100EF 1740 POTI:    LD   BC,#EF00         ;Zeiger in Drucker-Port
A4DC ED51   1750          OUT  (C),D            ;Ausgabe
A4DE 1638   1760          LD   D,#38            ;setze CLOCK
A4E0 ED51   1770          OUT  (C),D            ;Ausgabe
A4E2 0100F5 1780          LD   BC,#F500         ;Zeiger auf BUSY-Input
A4E5 110000 1790          LD   DE,#0000         ;Zaehler auf Null
A4E8 ED78   1800 LOOP3:   IN   A,(C)            ;lies COUNT IN
A4EA 17     1810          RLA                   ;in Carry schieben
A4EB 17     1820          RLA                   ;zum Testen
A4EC 3804   1830          JR   C,STOP           ;Puls zu Ende?
A4EE 1C     1840          INC  E                ;Zaehler erhoehen
A4EF 20F7   1850          JR   NZ,LOOP3         ;weiterzaehlen
A4F1 1D     1860          DEC  E                ;Ueberlauf -> 255
A4F2 73     1870 STOP:    LD   (HL),E           ;in Variable ablegen
A4F3 23     1880          INC  HL
A4F4 72     1890          LD   (HL),D
A4F5 0100EF 1900          LD   BC,#EF00
A4F8 1630   1910          LD   D,#30            ;setze CLOCK
A4FA ED51   1920          OUT  (C),D            ;Ausgabe
A4FC FB     1930          EI                    ;Interupt freigeben
A4FD C9     1940          RET                   ;zurueck in BASIC
            1950 ;*************************************
            1960 ;Syntax Pruefroutine
            1970 ;*************************************
A4FE FE00   1980 SYNTO:   CP   #00              ;CALL INIT, ROBOT 0 Arg.
A500 F3     1990          DI                    ;Interrupt sperren
A501 C8     2000          RET  Z
A502 1804   2010          JR   SYNTAX           ;Fehlermeldung
A504 FE01   2020 SYNTI:   CP   #01              ;CALL Nn,Richt. ein Arg.
A506 F3     2030          DI                    ;Interrupt sperren
A507 C8     2040          RET  Z
A508 CD00B9 2050 SYNTAX:  CALL #B900            ;ROM einschalten
A50B C3C6BD 2060          JP   #BDC6            ;Fehlermeldung drucken
A50E 00     2070 AVAR:    DEFB #00              ;Ausgabewort
            2080 ;*************************************
            2090 ;Roboterroutinen
            2100 ;
            2110 ;Copyright (C) Artur Fischer Forschung
            2120 ;August 1985
            2130 ;
            2140 ;Abfrage Istwert der Roboterposition
            2150 ;*************************************
A50F EB     2160 ROPOS:   EX   DE,HL
A510 212CA6 2170          LD   HL,ROPOSL        ;Zeiger Sollwerte
A513 1F     2180          RRA
A514 1F     2190          RRA
A515 1F     2200 LOOP4:   RRA
A516 3804   2210          JR   C,CONT1
A518 23     2220          INC  HL               ;Zeiger weiterschalten
A519 23     2230          INC  HL
A51A 18F9   2240          JR   LOOP4
A51C 7E     2250 CONT1:   LD   A,(HL)           ;lade low-Byte
A51D 12     2260          LD   (DE),A           ;in Variable ablegen
A51E 23     2270          INC  HL               ;high-Byte
A51F 13     2280          INC  DE
A520 7E     2290          LD   A,(HL)
A521 12     2300          LD   (DE),A
```

```
A522  FB        2310          EI                        ;Interrupt freigeben
A523  C9        2320          RET                       ;zurueck in BASIC
                 2330 ;*********************************
                 2340 ;Roboterroutine
                 2350 ;
                 2360 ;Setze Sollwerte der Roboterposition
                 2370 ;*********************************
A524  0E00       2380 P1:      LD   C,#00                ;Zeiger=0
A526  180A       2390          JR   STOPOS
A528  0E02       2400 P2:      LD   C,#02                ;Zeiger=2
A52A  1806       2410          JR   STOPOS
A52C  0E04       2420 P3:      LD   C,#04                ;Zeiger=4
A52E  1802       2430          JR   STOPOS
A530  0E06       2440 P4:      LD   C,#06                ;Zeiger=6
A532  0600       2450 STOPOS:  LD   B,#00
A534  CD04A5     2460          CALL SYNT;                ;Syntax-Pruefung
A537  2134A6     2470          LD   HL,ROSOLL            ;Sollwert-Tabelle
A53A  09         2480          ADD  HL,BC                ;Zeiger addieren
A53B  DD7E00     2490          LD   A,(IX)               ;Argument holen
A53E  77         2500          LD   (HL),A               ;abspeichern
A53F  23         2510          INC  HL                   ;high-Byte
A540  DD7E01     2520          LD   A,(IX+#01)
A543  77         2530          LD   (HL),A
A544  FB         2540          EI                        ;Interrupt freigeben
A545  C9         2550          RET                       ;zurueck in BASIC
                 2560 ;*********************************
                 2570 ;Robotersteuerung
                 2580 ;
                 2590 ;Die Routine vergleicht die in ROSOL
                 2600 ;abgespeicherten Werte mit jenen in
                 2610 ;ROPOS. Aus der Differenz wird die
                 2620 ;Motordrehrichtung bestimmt.
                 2630 ;Die Motoren mit Differenz <>0 werden
                 2640 ;gestartet und die Impulse der Licht-
                 2650 ;schranke gezaehlt. ROPOS wird
                 2660 ;entsprechend weitergezaehlt.
                 2670 ;Wenn ROPOS=ROSOL wird der Motor ab-
                 2680 ;gestellt,die Impulse jedoch weiter-
                 2690 ;gezaehlt.Wenn alle Achsen zur Ruhe
                 2700 ;gekommen sind,wird in Basic zurueck-
                 2710 ;gegeben.
                 2720 ;*********************************
A546  0603       2730 ROBOT:   LD   B,#03                ;Schleifenzaehler
A548  CBFEA4     2740          CALL SYNTO                ;Syntax-Pruefung
A54B  DD2124A6   2750          LD   IX,MR
A54F  DD6E08     2760 MDIR:    LD   L,(IX+#08)           ;ROPOS (Istwert)
A552  DD6609     2770          LD   H,(IX+#09)
A555  DD5E10     2780          LD   E,(IX+#10)           ;ROSOL (Sollwert)
A558  DD5611     2790          LD   D,(IX+#11)
A55B  A7         2800          AND  A                    ;Carry loeschen
A55C  ED52       2810          SBC  HL,DE                ;Differenz
A55E  DD7528     2820          LD   (IX+#28),L           ;abspeichern (SCRATCH)
A561  DD7429     2830          LD   (IX+#29),H
A564  3005       2840          JR   NC,PLUS              ;Differenz>0
A566  DD7E01     2850          LD   A,(IX+#01)           ;Linkslauf
A569  1808       2860          JR   NPOS
A56B  DD7E28     2870 PLUS:    LD   A,(IX+#28)           ;Differenz=0?
A56E  DDB629     2880          OR   (IX+#29)

A571  2003       2890          JR   Z,NPOS
A573  DD7E00     2900          LD   A,(IX+#00)           ;Rechtslauf
A576  DD7710     2910 NPOS:    LD   (IX+#10),A           ;Teil-Ausgabewort (AV)
A579  DD7720     2920          LD   (IX+#20),A           ;Drehrichtung abspeichern
A57C  DD23       2930          INC  IX                   ;Zeiger weiter
A57E  DD23       2940          INC  IX
A580  10C9       2950          DJNZ MDIR                 ;Schleifenende
A582  DD2124A6   2960          LD   IX,MR                ;Zeiger Drehrichtungen
A586  2143A6     2970          LD   HL,SCRATC            ;Zeiger auf SCRATCH
A589  CD99A4     2980          CALL SHIN                 ;Digital-Eingabe
A58C  77         2990          LD   (HL),A               ;Anfangswerte abspeichern
                 3000 ;*********************************
                 3010 ;Einlesen der Digitaleingaenge
                 3020 ;*********************************
A58D  CD99A4     3030 DIGIN:   CALL SHIN                 ;Digital-Eingabe
A590  4E         3040          LD   C,(HL)               ;Anfangswerte
A591  77         3050          LD   (HL),A               ;neues Bitmuster
A592  A9         3060          XOR  C                    ;erkenne Flanken
A593  2B         3070          DEC  HL
A594  77         3080          LD   (HL),A
A595  23         3090          INC  HL
A596  AF         3100          XOR  A                    ;Akku loeschen
A597  320EA5     3110          LD   (AVAR),A             ;Ausgabewort loeschen
A59A  0603       3120          LD   B,#03                ;Schleifenzaehler
A59C  DD2124A6   3130          LD   IX,MR                ;Zeiger Drehrichtung
                 3140 ;*********************************
                 3150 ;Schleife ueber alle Motoren
                 3160 ;*********************************
A5A0  7E         3170 LOOPH:   LD   A,(HL)               ;Schleifenkopf
                 3180 ;*********************************
                 3190 ;Endtaster testen
                 3200 ;*********************************
A5A1  DDA601     3210          AND  (IX+#01)             ;Endtaster maskieren
A5A4  2006       3220          JR   NZ,SECTOR            ;betaetigt?
A5A6  DD7718     3230          LD   (IX+#18),A           ;Motor aus
A5A9  DD7719     3240          LD   (IX+#19),A           ;Nachlauf=0
                 3250 ;*********************************
                 3260 ;Sektor#lanken testen
                 3270 ;*********************************
A5AC  2B         3280 SECTOR:  DEC  HL
A5AD  7E         3290          LD   A,(HL)               ;Sektor maskieren
A5AE  23         3300          INC  HL
A5AF  DDA600     3310          AND  (IX+0)
A5B2  2831       3320          JR   Z,NEXCOM             ;keine Flanke
A5B4  DD5E08     3330          LD   E,(IX+#08)           ;Istwert (ROPOSL)
A5B7  DD5609     3340          LD   D,(IX+#09)           ;Istwert (ROPOSH)
A5BA  DD7E20     3350          LD   A,(IX+#20)           ;Linkslauf?
A5BD  DDBE01     3360          CP   (IX+#01)
A5C0  2803       3370          JR   Z,INCPOS
A5C2  1B         3380          DEC  DE                   ;Roboter Position -1
A5C3  1801       3390          JR   NEXSK
A5C5  13         3400 INCPOS:  INC  DE                   ;Roboter Position +1
A5C6  DD7308     3410 NEXSK:   LD   (IX+#08),E           ;Roboter Position absp.
A5C9  DD7209     3420          LD   (IX+#09),D
A5CC  7B         3430          LD   A,E                  ;Ist- und Sollwert vergl
A5CD  DDBE10     3440          CP   (IX+#10)
A5D0  2013       3450          JR   NZ,NEXCOM
A5D2  7A         3460          LD   A,D
```

```
A5D3  DDBE11    3470          CP   (IX+#11)
A5D6  200D      3480          JR   NZ,NEXCOM
A5D8  AF        3490          XOR  A                    ;Akku loeschen
A5D9  DDBE10    3500          CP   (IX+#10)             ;Soll=Ist das 1. Mal?
A5DC  2007      3510          JR   Z,NEXCOM
A5DE  DD7710    3520          LD   (IX+#10),A           ;Motor ausschalten
A5E1  3D        3530          DEC  A                    ;Akku=FF
A5E2  DD7719    3540          LD   (IX+#19),A           ;Nachlaufzaehler setzen
A5E5  AF        3550 NEXCOM:  XOR  A                    ;Akku loeschen
A5E6  DDBE19    3560          CP   (IX+#19)             ;Nachlaufzaehler testen
A5E9  2803      3570          JR   Z,OUT                ;Nicht dekr. wenn 0
A5EB  DD3519    3580          DEC  (IX+#19)             ;Nachlaufzaehler dekr.
A5EE  3A0EA5    3590 OUT:     LD   A,(AVAR)             ;Ausgabewort aus AV
A5F1  DDB610    3600          OR   (IX+#10)             ;der einzelnen Motoren
A5F4  320EA5    3610          LD   (AVAR),A             ;abspeichern
A5F7  DD23      3620          INC  IX                   ;Tabellenzeiger 2 Bytes
A5F9  DD23      3630          INC  IX                   ;weiter
A5FB  10A3      3640          DJNZ LOOPH                ;Schleifenende
A5FD  DD2124A6  3650          LD   IX,MR                ;Zeiger zuruecksetzen
A601  3A0EA5    3660          LD   A,(AVAR)             ;Ausgabewort
A604  F5        3670          PUSH AF                   ;Register retten
A605  CD36A4    3680          CALL SHOUT                ;Ausgabe ans Interface
A608  F1        3690          POP  AF                   ;Register restaurieren
A609  FE00      3700          CP   #00                  ;alle Motoren aus?
A60B  2803      3710          JR   Z,NLTST
A60D  C3BDA5    3720          JP   DIGIN                ;nein - weiter
A610  0603      3730 NLTST:   LD   B,3                  ;Schleifenzaehler
A612  DDBA19    3740 TSTNL:   OR   (IX+#19)             ;teste Nachlaufzaehler
A615  DD23      3750          INC  IX                   ;Zeiger 2 Bytes weiter
A617  DD23      3760          INC  IX
A619  10F7      3770          DJNZ TSTNL                ;Schleifenende
A61B  FE00      3780          CP   #00                  ;alle abgelaufen?
A61D  2803      3790          JR   Z,END                ;ja - Ende
A61F  C3BDA5    3800          JP   DIGIN                ;nein - weiter
A622  FB        3810 END:     EI                        ;Interrupt freigeben
A623  C9        3820          RET                       ;zurueck in BASIC
                3830 ;**********************************
A624  02        3840 MR:      DEFB %00000010            ;Motor1 rechts
A625  01        3850 ML:      DEFB %00000001            ;Motor1 links
A626  08        3860          DEFB %00001000            ;Motor2 rechts
A627  04        3870          DEFB %00000100            ;Motor2 links
A628  20        3880          DEFB %00100000            ;Motor3 rechts
A629  10        3890          DEFB %00010000            ;Motor3 links
A62A  80        3900          DEFB %10000000            ;Motor4 rechts
A62B  40        3910          DEFB %01000000            ;Motor5 links
A62C  00        3920 ROPOSL:  DEFB 0                    ;Roboter Istposition
A62D  00        3930 ROPOSH:  DEFB 0
A62E            3940          DEFS 6
A634  00        3950 ROSOLL:  DEFB 0                    ;Roboter Sollposition
A635  00        3960 ROSOLH:  DEFB 0
A636            3970          DEFS 6
A63C  00        3980 AV:      DEFB 0                    ;Teil-Ausgabeworte
A63D  00        3990 NL:      DEFB 0                    ;Nachlaufzaehler
A63E            4000          DEFS 6                    ;verzahnte Tabelle
A644  00        4010 MD:      DEFB 0                    ;Motor-Drehrichtungen
A645  00        4020          DEFB 0
A646            4030          DEFS 6
A64C  00        4040          DEFB 0
A64D  00        4050 SCRATC:  DEFB 0                    ;Scratch
A64E            4060          DEFS 6
                4070 ;*************** Ende ***************

Pass 2 errors: 00

Table used:   702  from  1408
```

Seite 31 ist eine leere Seite
Seiten 32 bis 60 sind wie 2 bis 30 nur
in Englisch. Daher wurde auf das Scannen
verzichtet.

Bebilderte Bauanleitung

Illustrated Assembly Instructions

Kabelkonfektionierung · Ribbon cable configuration · Schéma de câblage

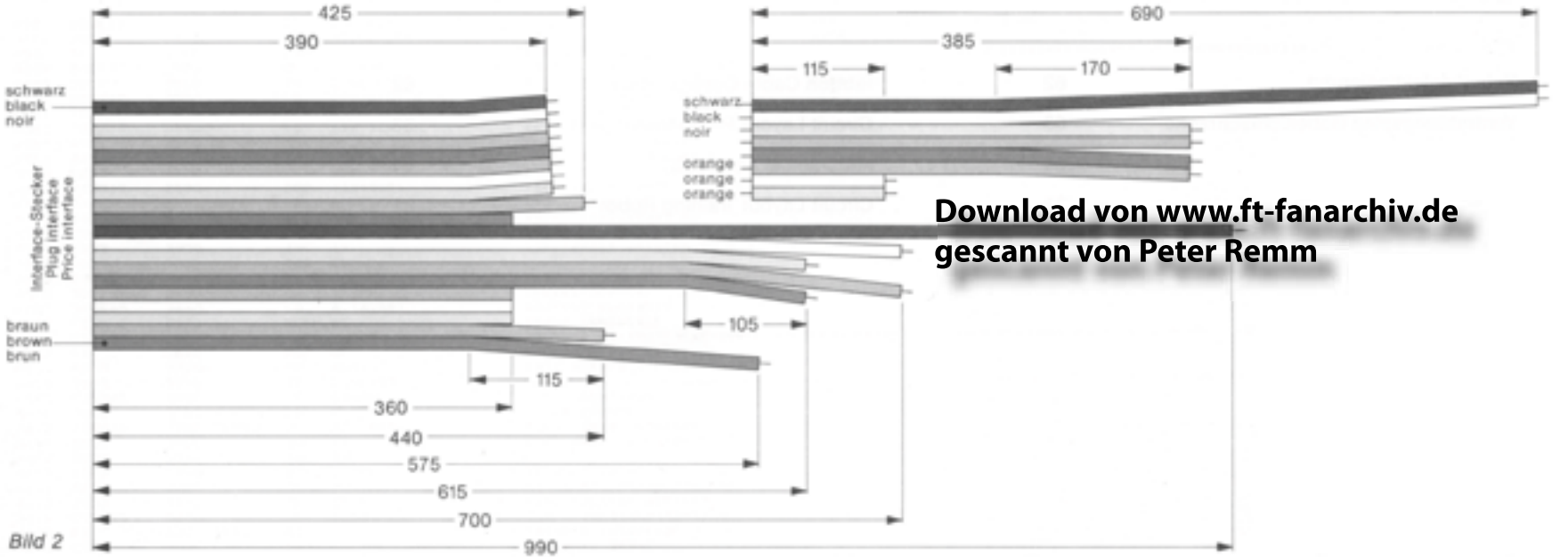


Bild 2

Steckermontage
Plug installation
Assemblage de cables

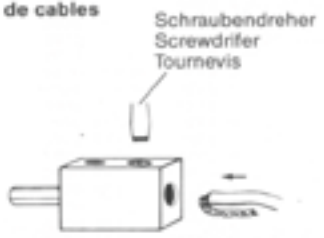
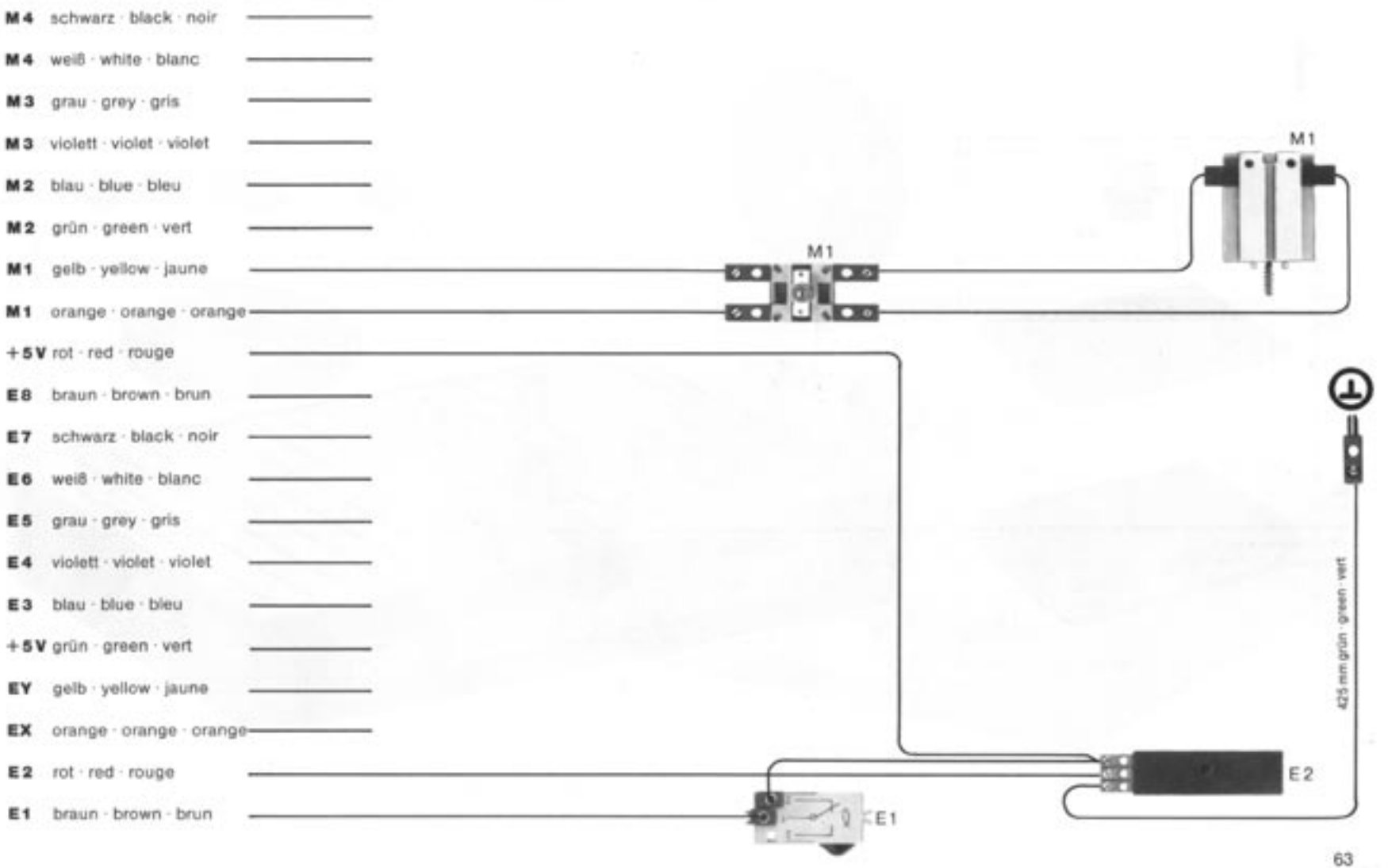


Bild 3

Durchgangsprüfung
Continuity tester
Contrôle du passage

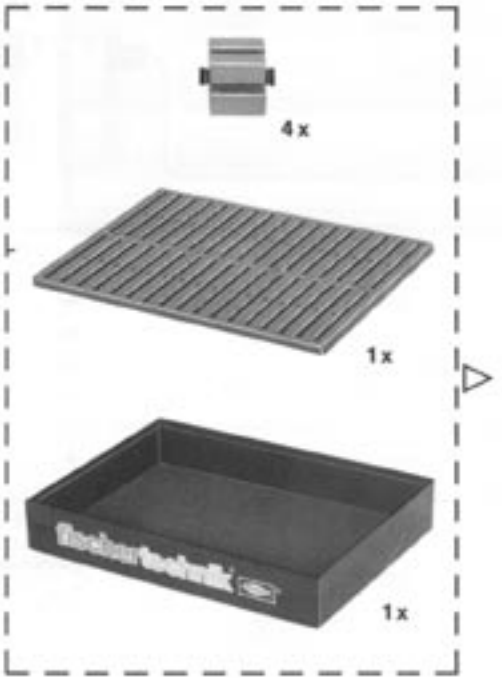
Bild 4

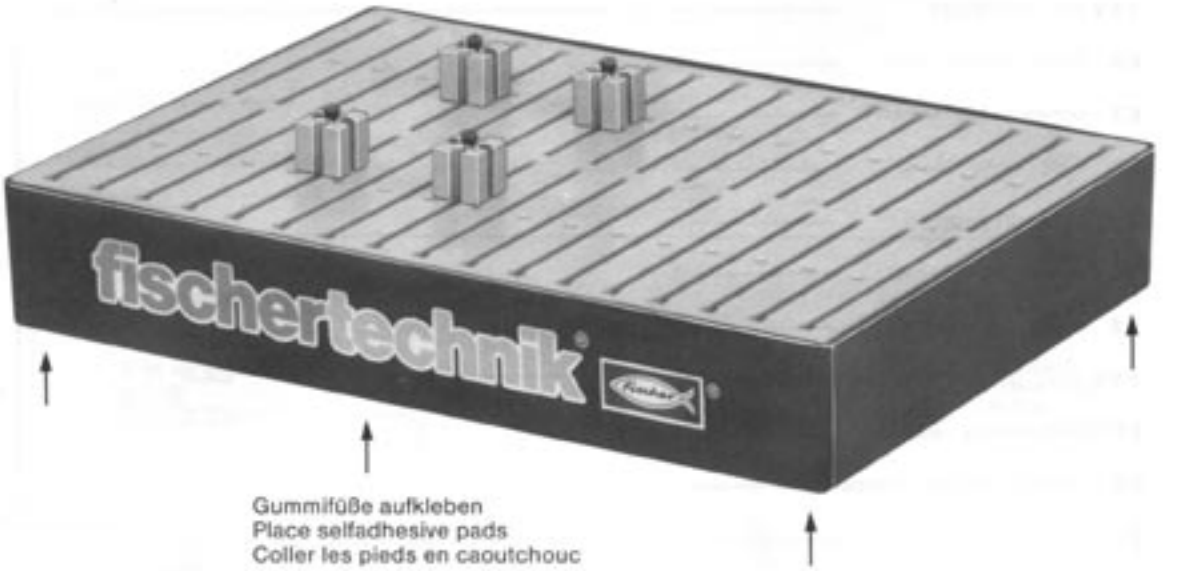
Verdrahtungsplan Gabellichtschranke · Circuit Layout Photo-interrupter · Plan de cablage d'interrupteur photo



Mechanischer Aufbau · Mechanical Assembly · Assemblage des parts mécanique

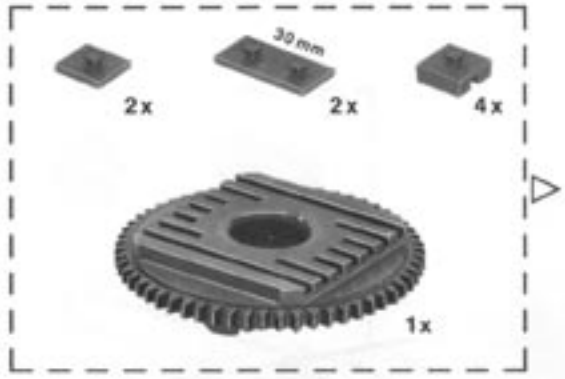
1



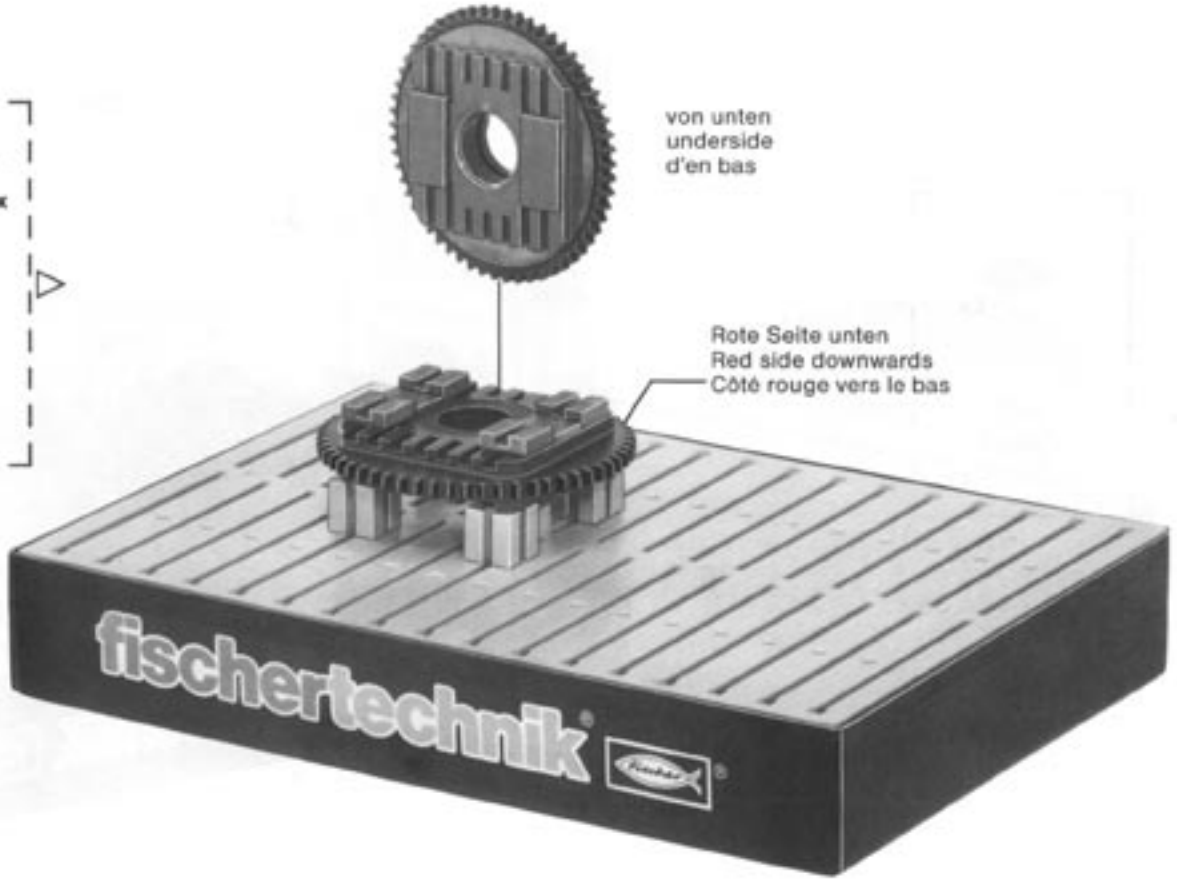


Gummifüße aufkleben
Place selfadhesive pads
Coller les pieds en caoutchouc

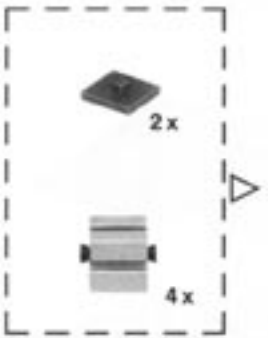
2


30 mm
2x
2x
4x
1x


0
30 mm


von unten
underside
d'en bas
Rote Seite unten
Red side downwards
Côté rouge vers le bas
fischertechnik

3

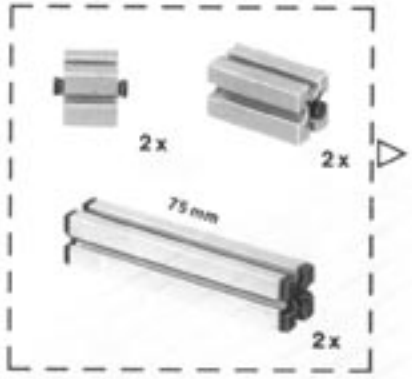


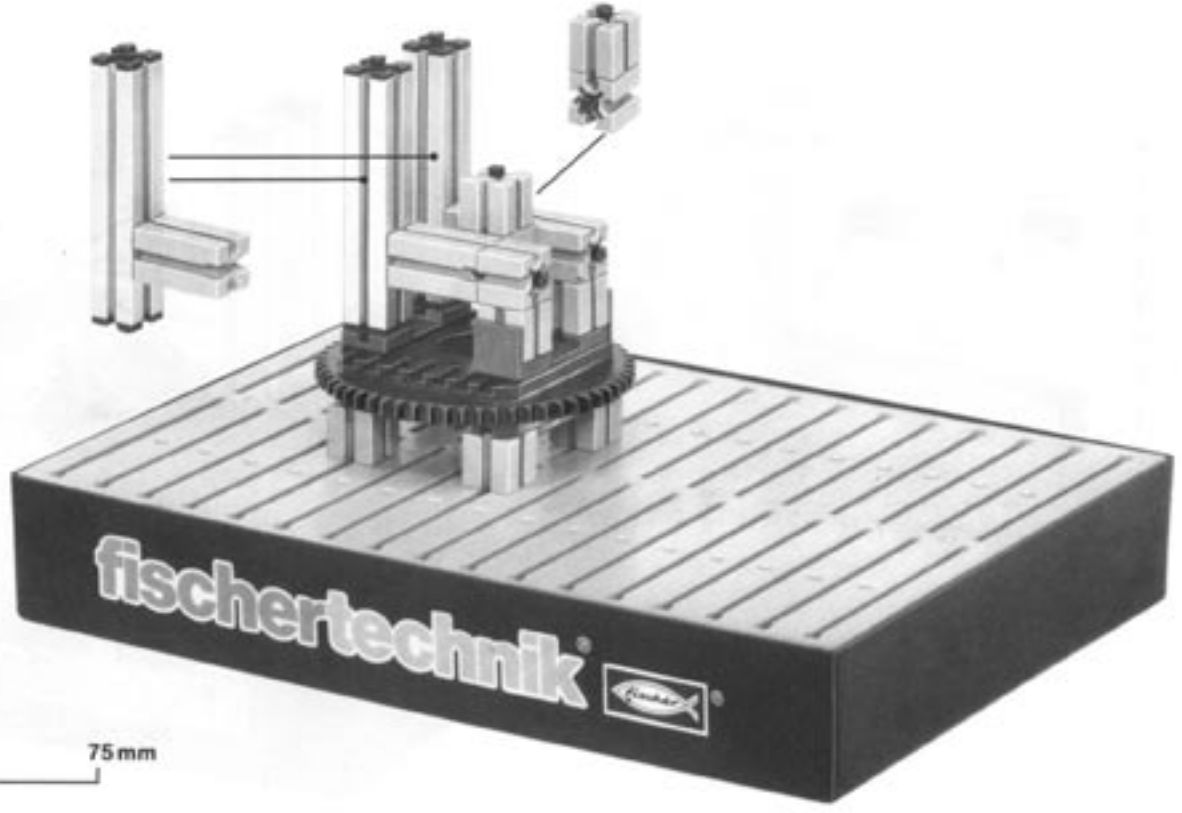
4

Aus technischen Gründen sind die Schiebekräfte der Metallbaustäbe teilweise sehr hoch.

For technical reasons, the shearing forces of the structural metal rods are partially very high.

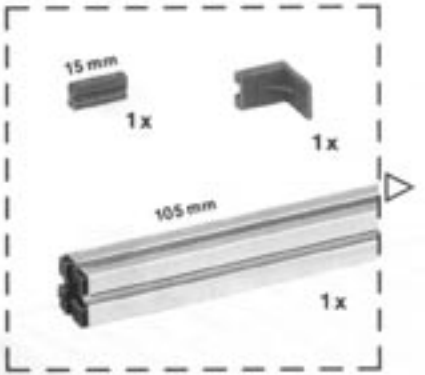
Pour des raisons techniques les forces transversales des barres métalliques de construction sont parfois très importantes.



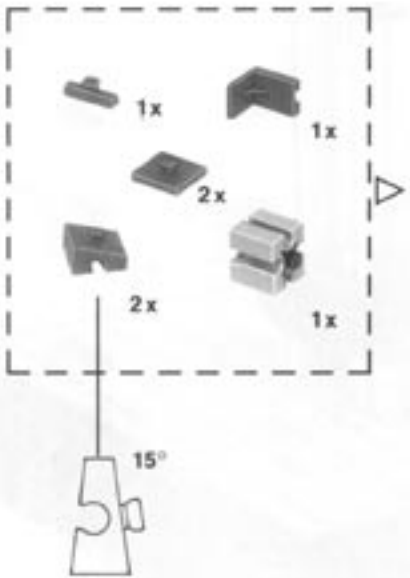


0 75 mm

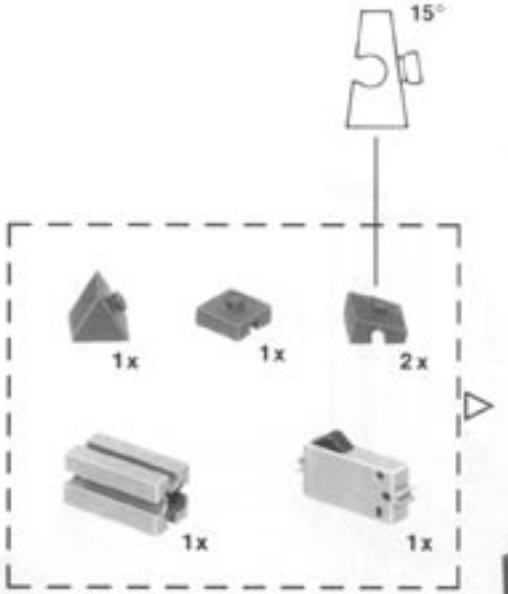
5



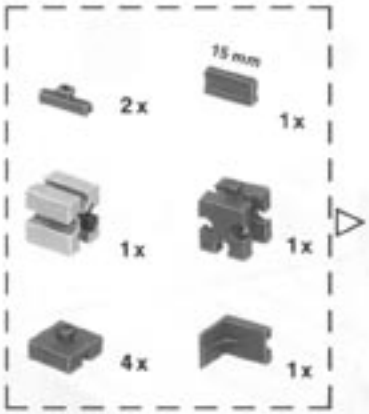
6



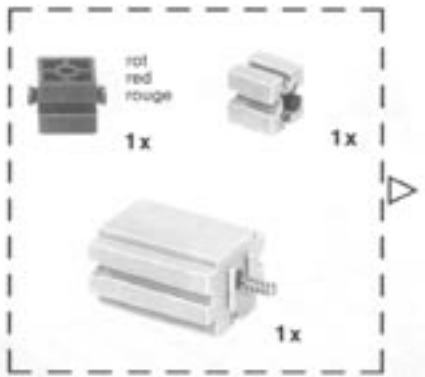
7

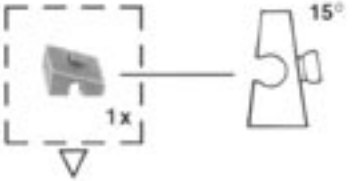


8

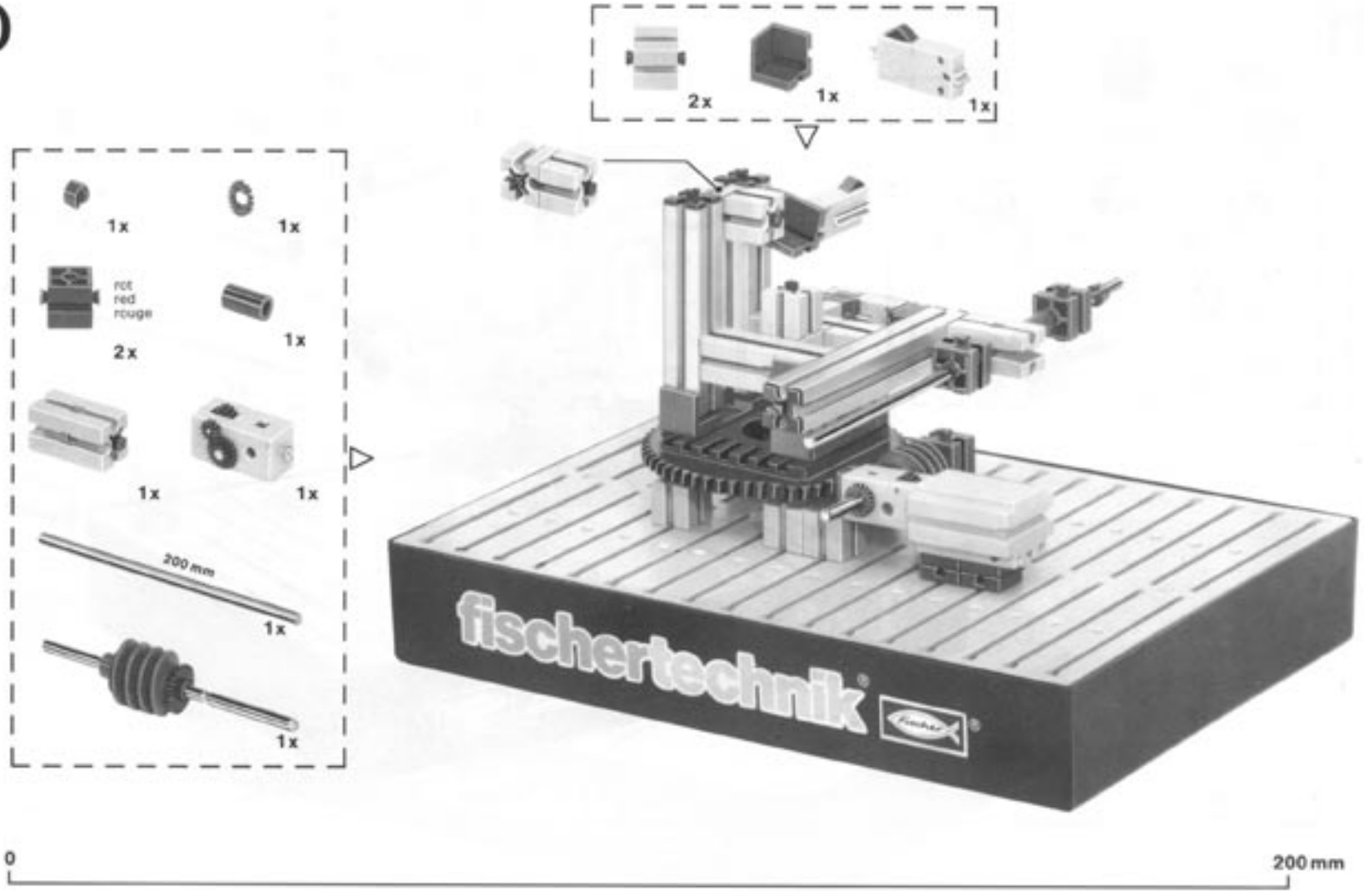


9

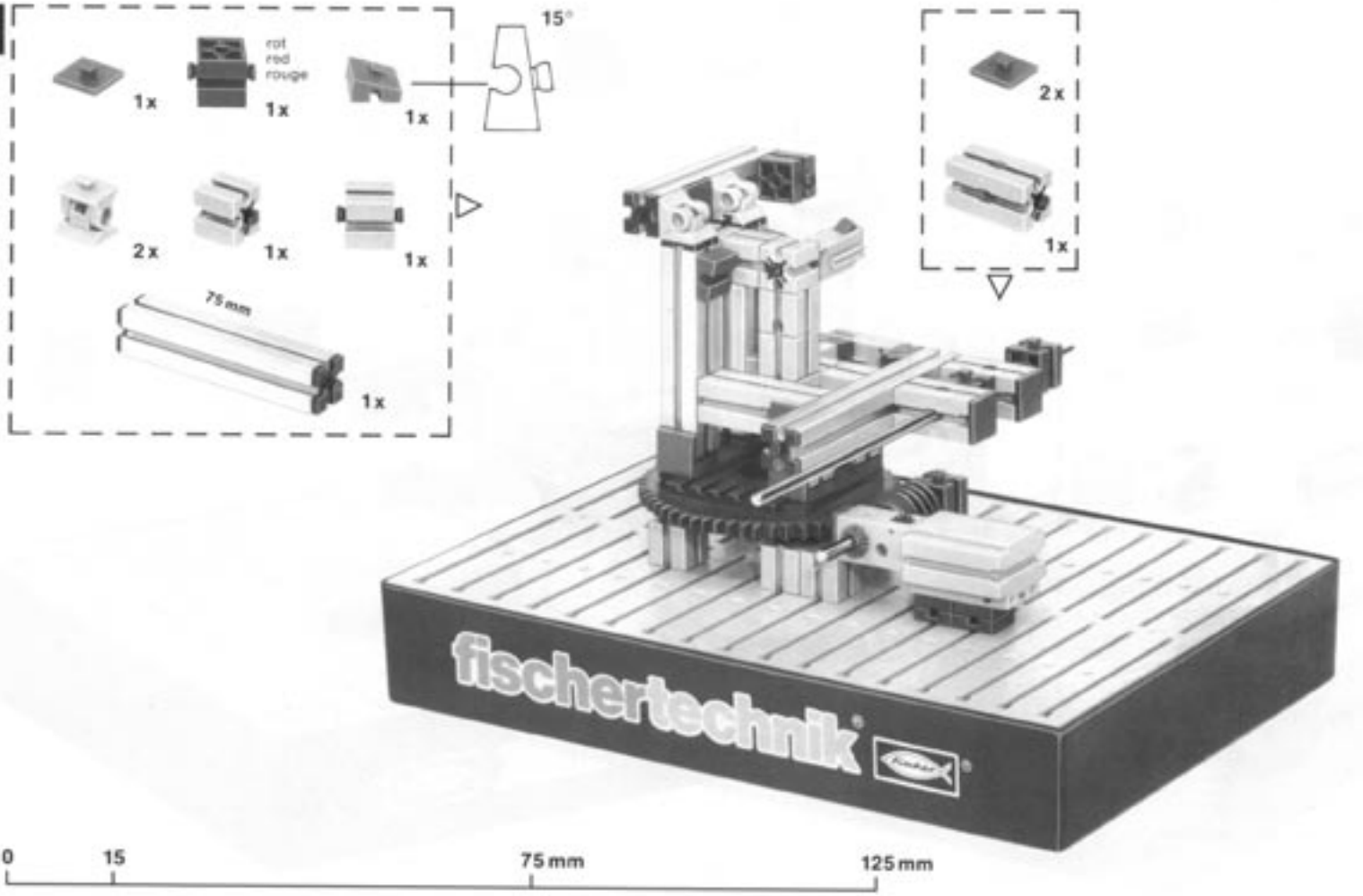




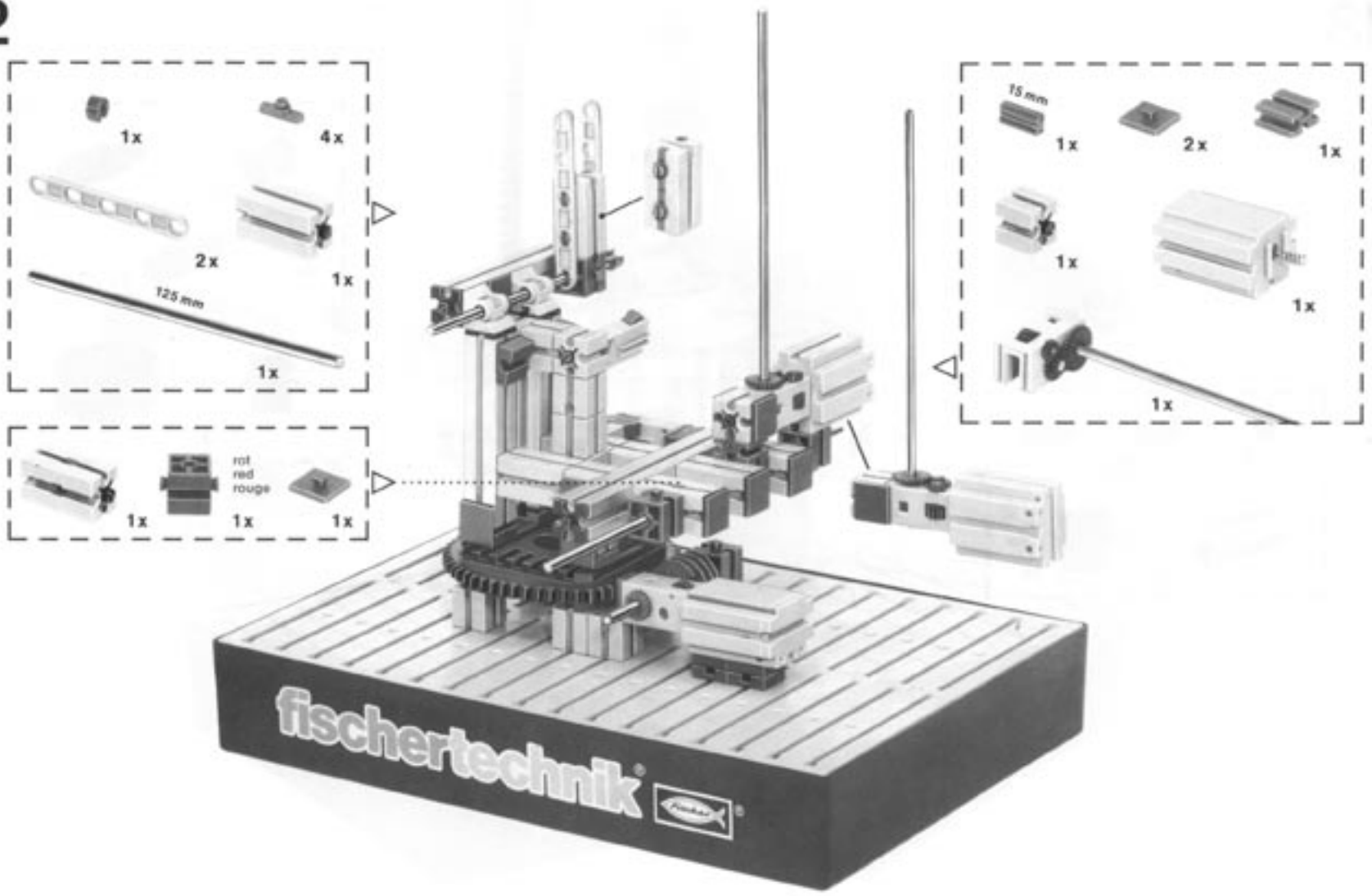
10


2x
1x
1x
1x
1x
rot
red
rouge
2x
1x
1x
1x
200 mm
1x
1x
fischertechnik
0
200 mm

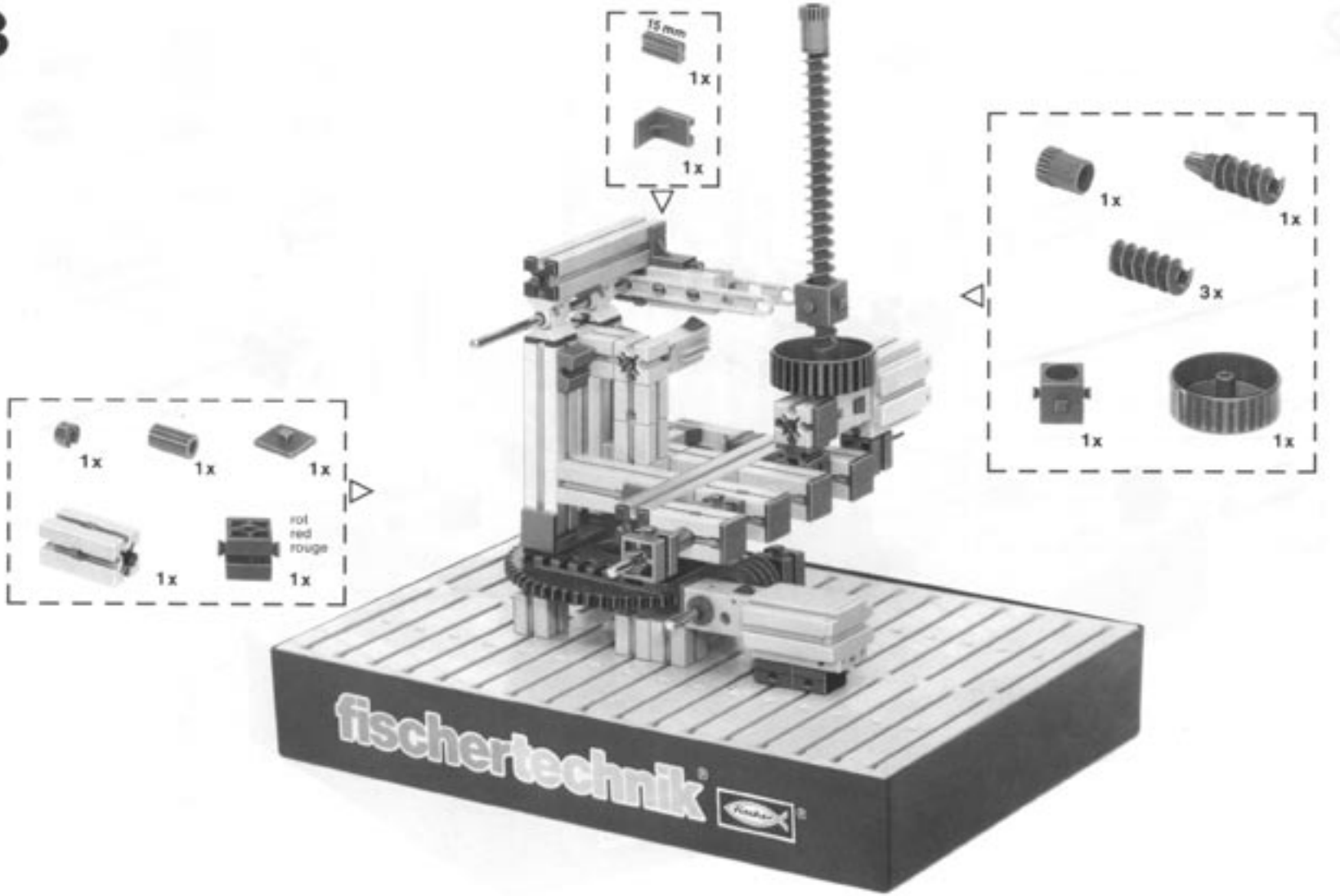
11


1x
rot
red
rouge
1x
1x
15°
2x
1x
1x
2x
1x
75 mm
1x
fischertechnik
0
15
75 mm
125 mm

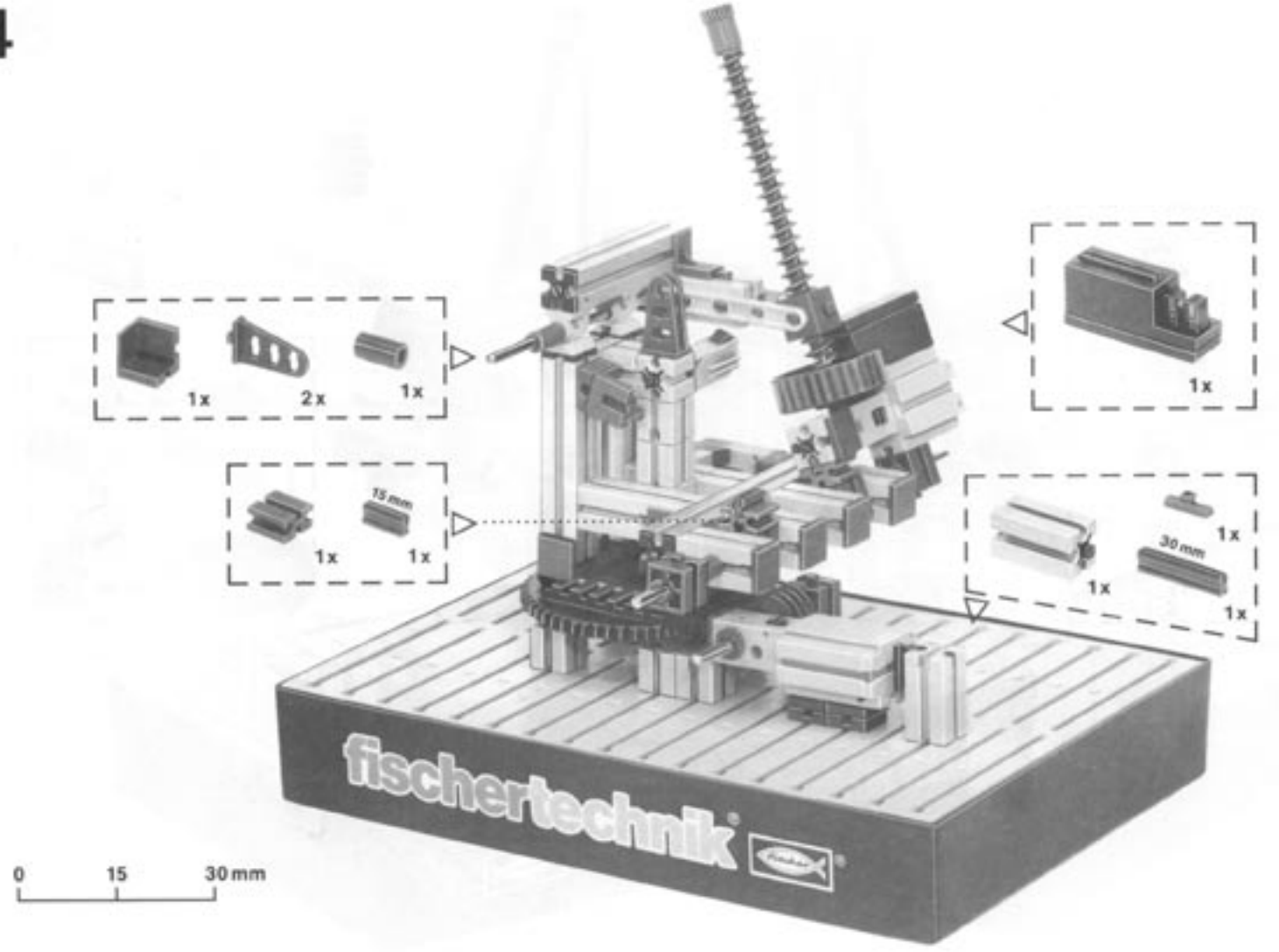
12


1x
4x
2x
1x
125 mm
1x
15 mm
1x
2x
1x
1x
1x
1x
1x
rot
red
rouge
1x
1x
fischertechnik

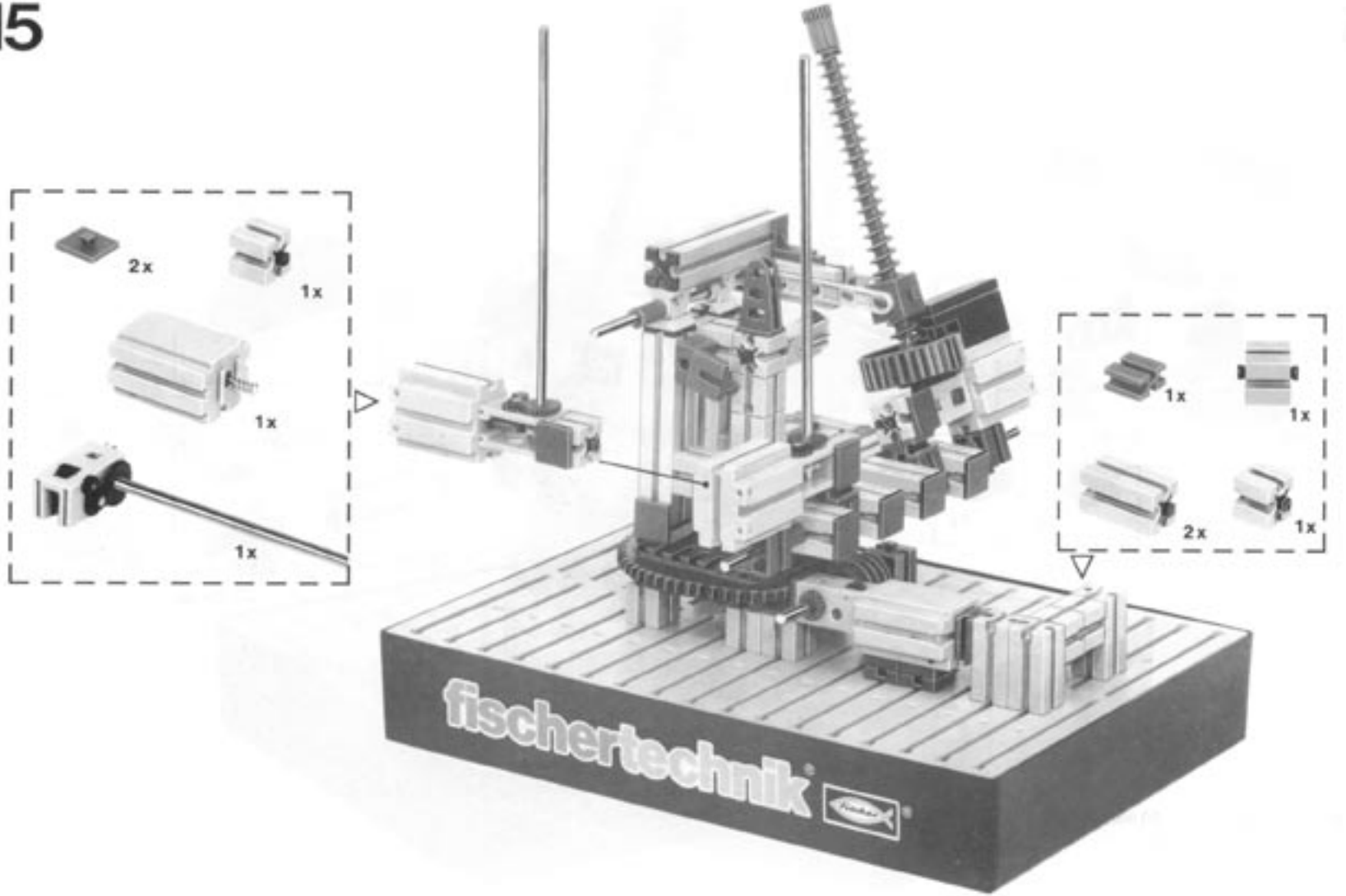
13


15 mm
1x
1x
1x
1x
1x
1x
3x
1x
1x
1x
1x
1x
rot
red
rouge
fischertechnik

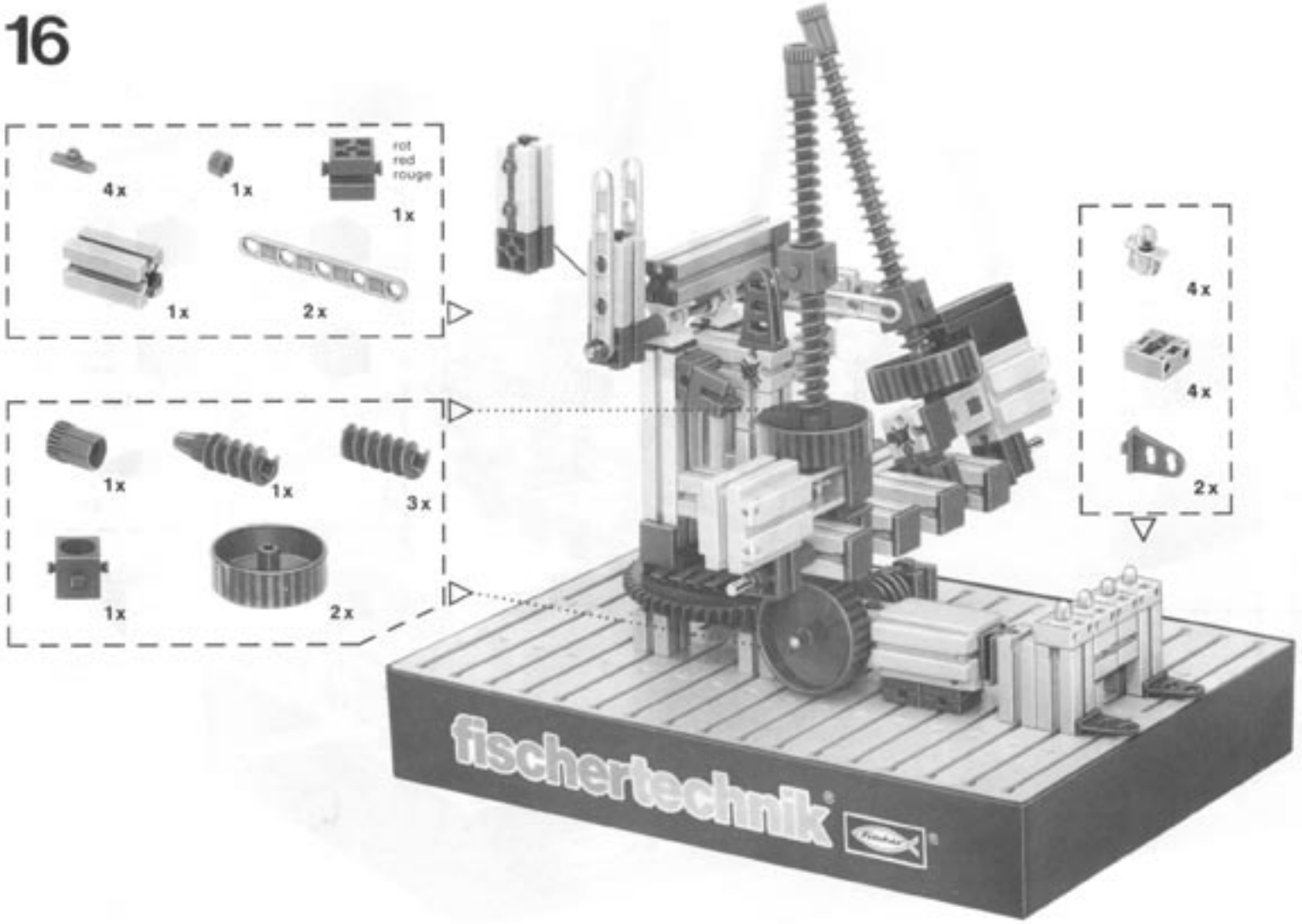
14



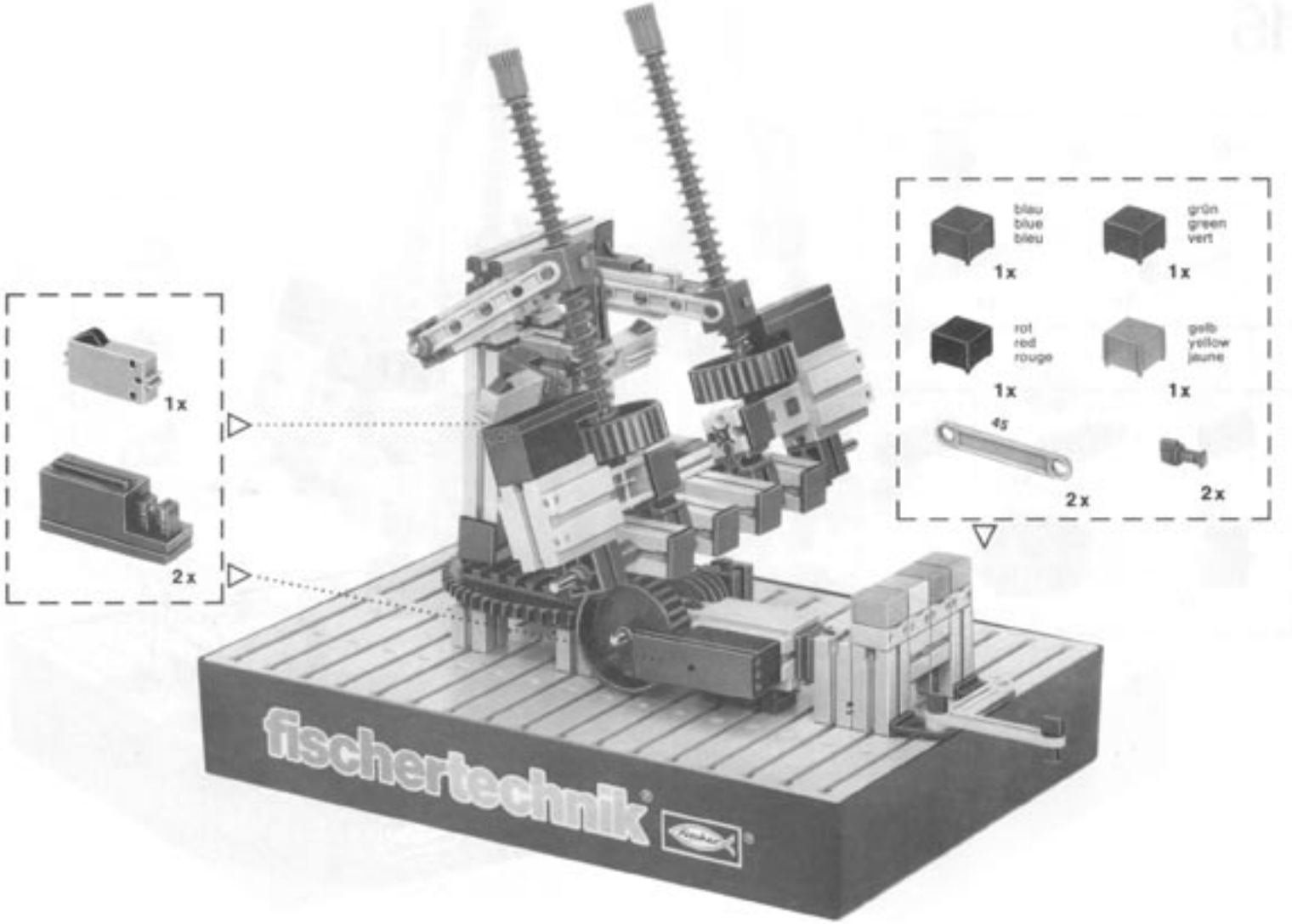
15



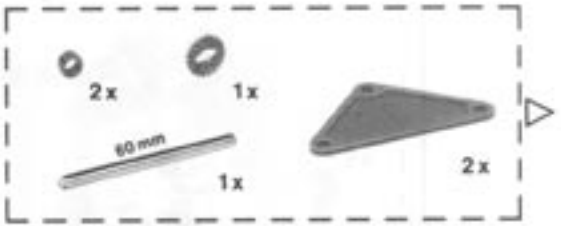
16



17


1x
2x
blau
blue
bleu
1x
grün
green
vert
1x
rot
red
rouge
1x
gelb
yellow
jaune
1x
45
2x
2x
fischertechnik

18

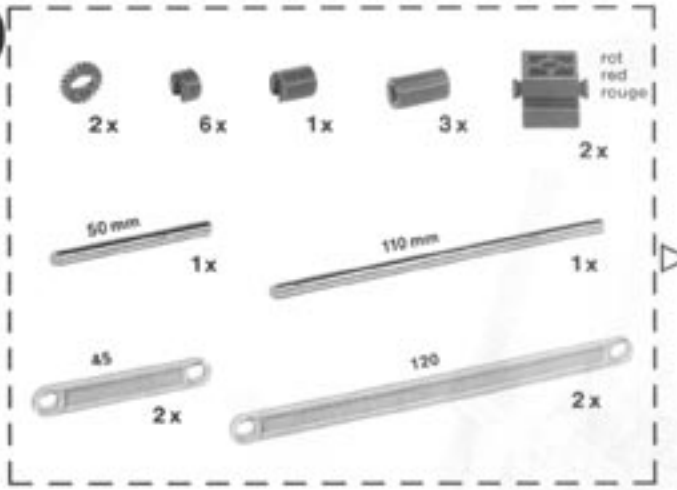

2x
1x
60 mm
1x
2x


2x
2x
2x
120
1x
90 mm
2x


0
60
90 mm

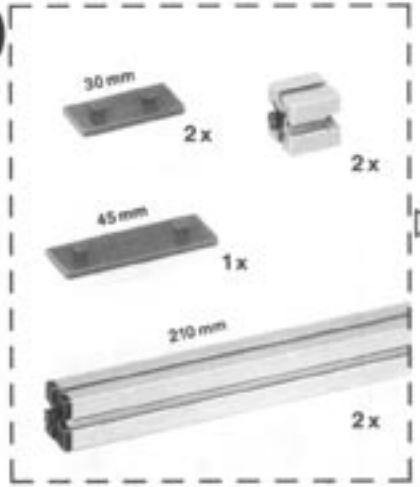

fischertechnik

19


2x
6x
1x
3x
rot
red
rouge
2x
50 mm
1x
110 mm
1x
45
2x
120
2x

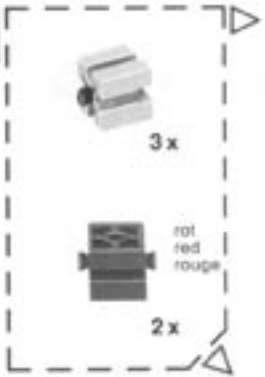
fischertechnik
0
50
110 mm

20

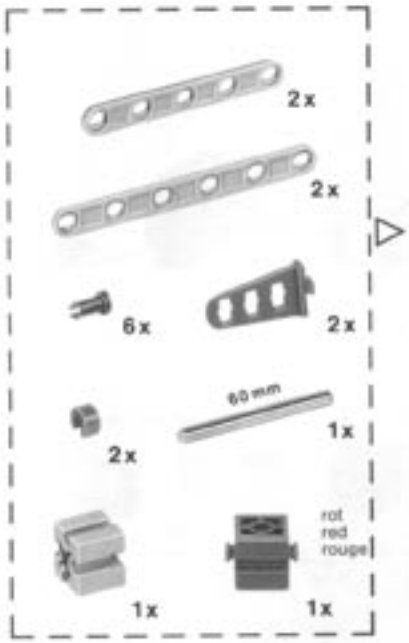


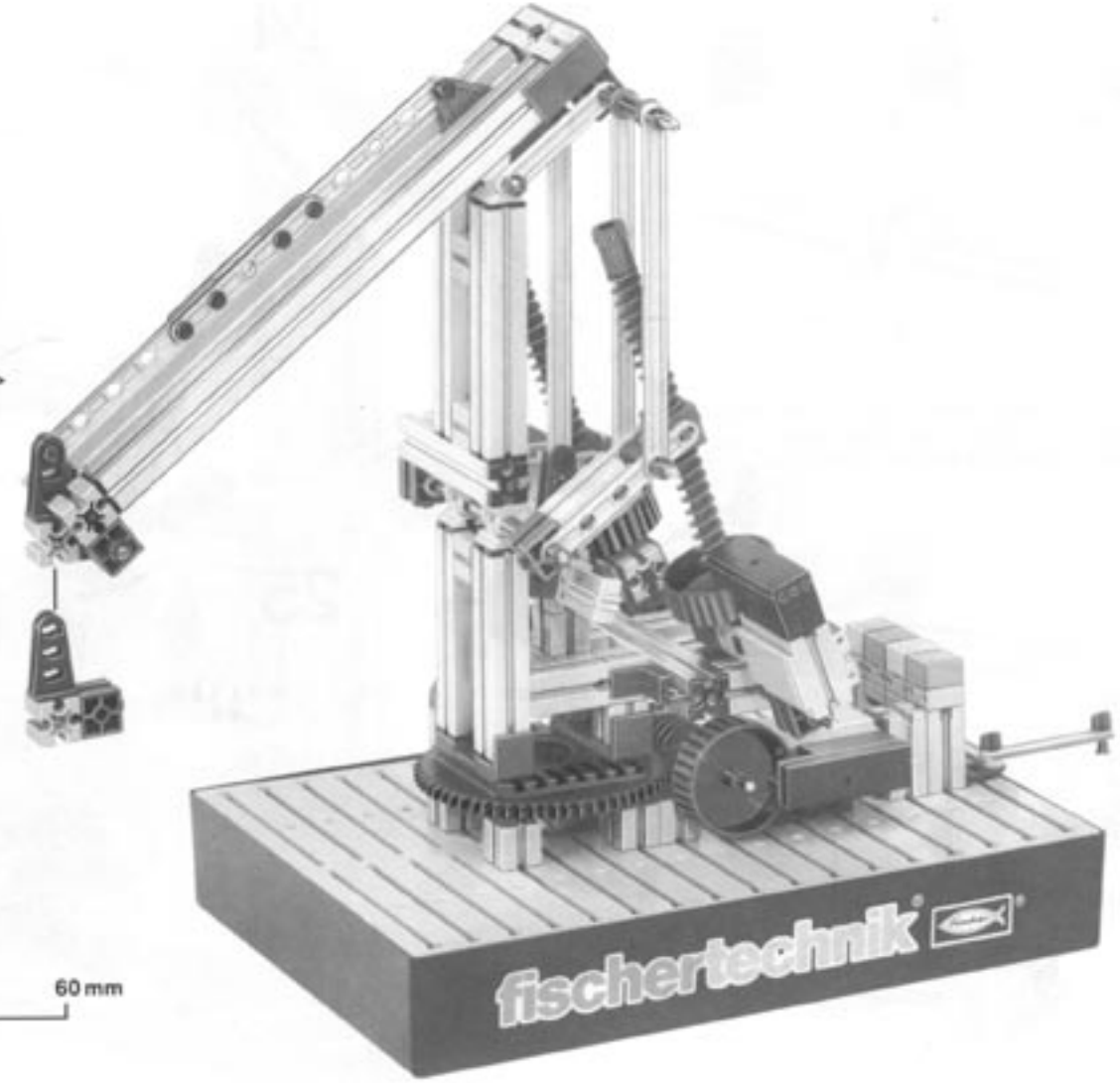
0 30 45 210 mm

21



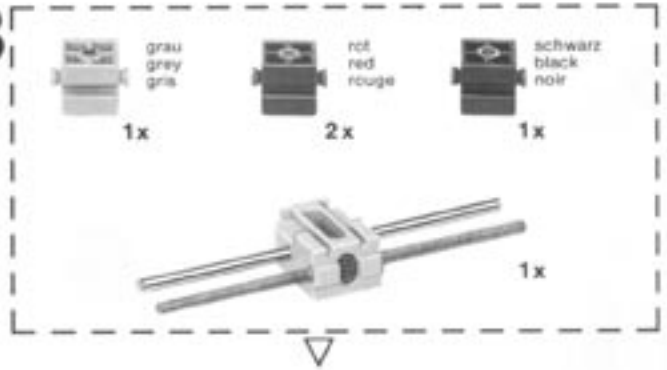
22

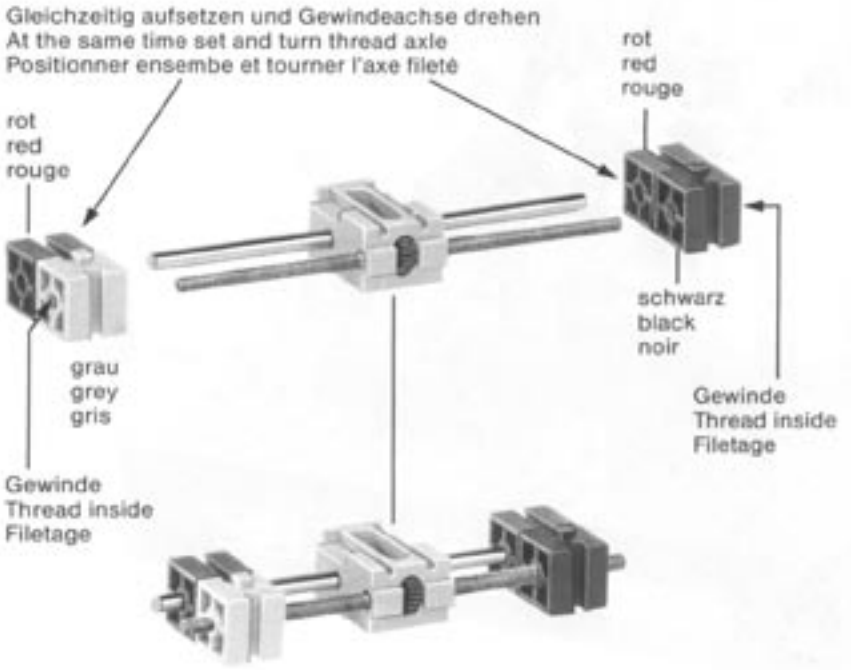




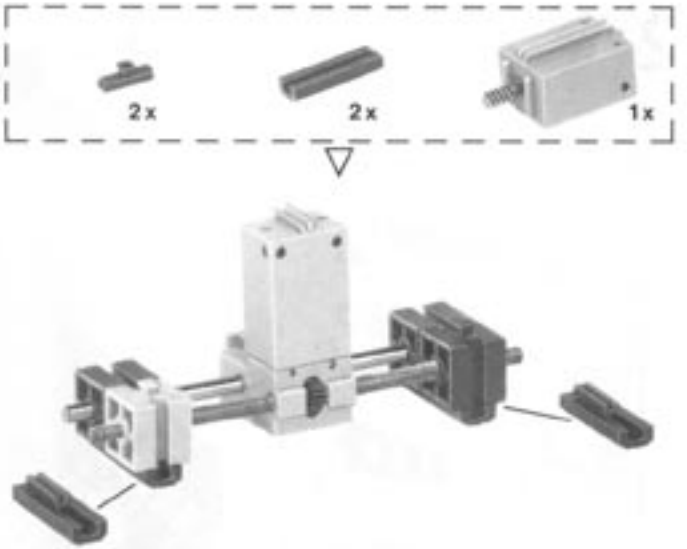
0 60 mm

23

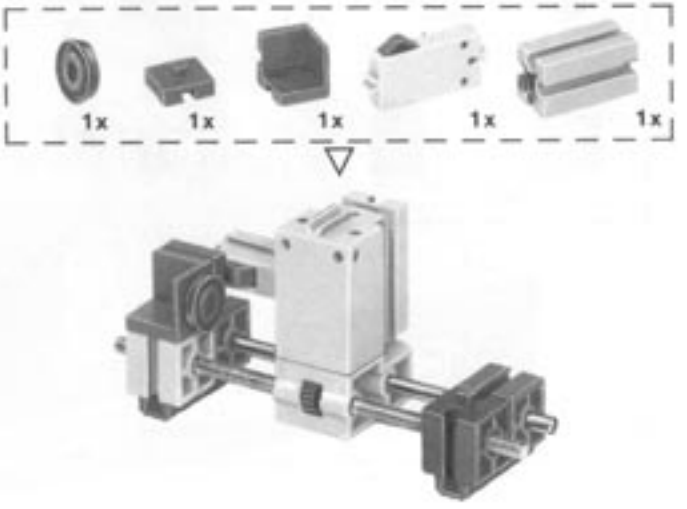

grau
grey
gris
1x
rot
red
rouge
2x
schwarz
black
noir
1x
1x


Gleichzeitig aufsetzen und Gewindeachse drehen
At the same time set and turn thread axle
Positionner ensembe et tourner l'axe fileté
rot
red
rouge
rot
red
rouge
grau
grey
gris
schwarz
black
noir
Gewinde
Thread inside
Filetage
Gewinde
Thread inside
Filetage

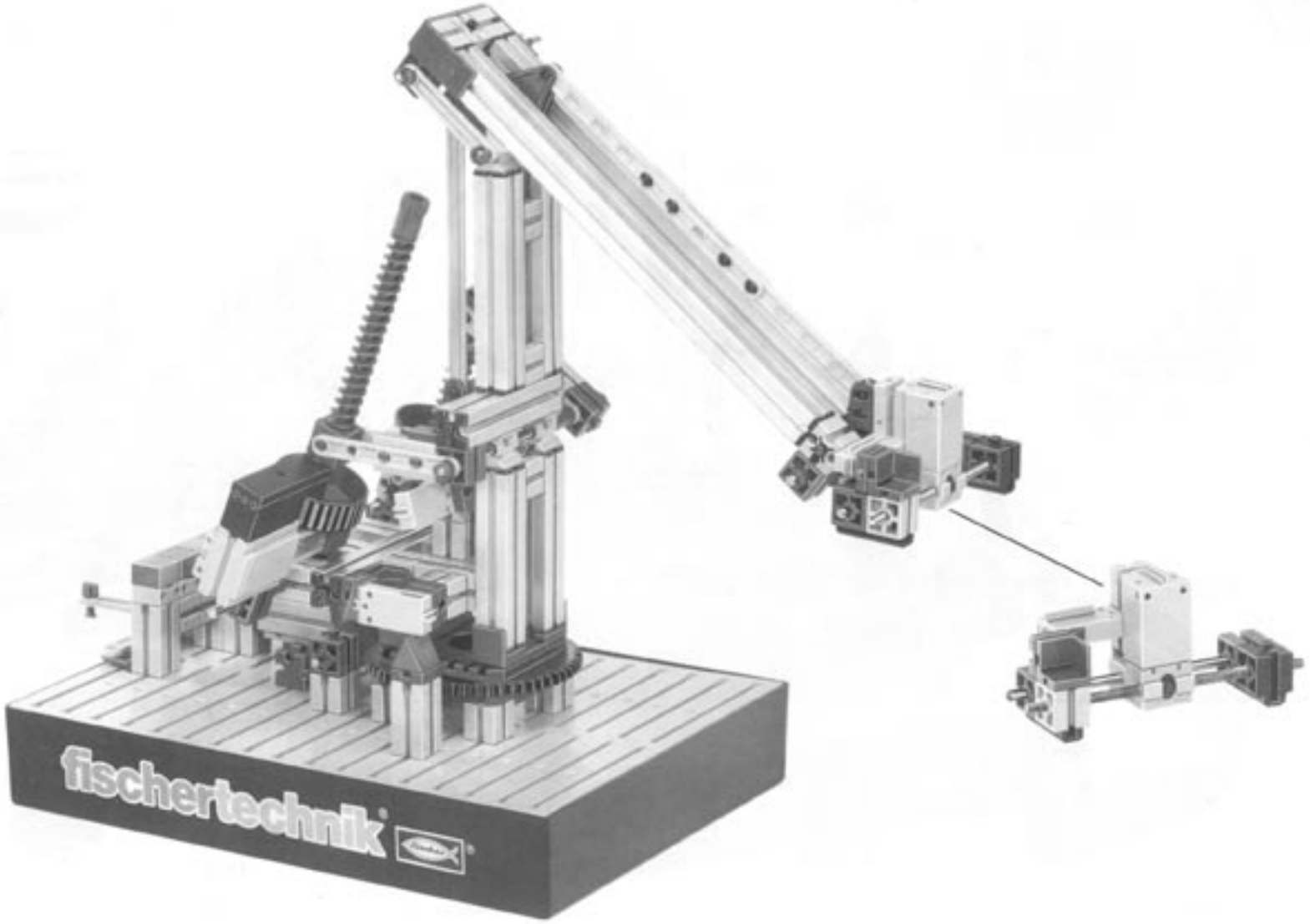
24


2x
2x
1x

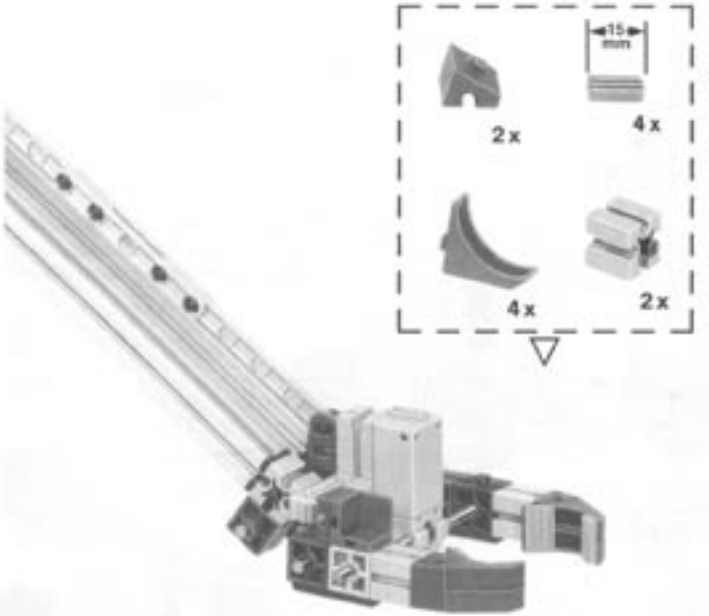
25

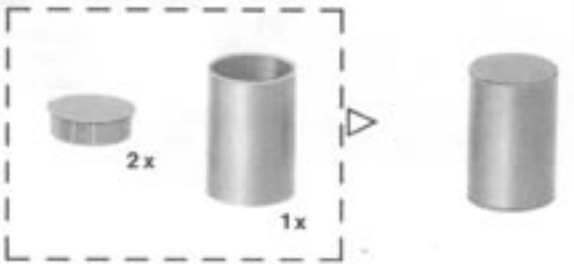

1x
1x
1x
1x
1x

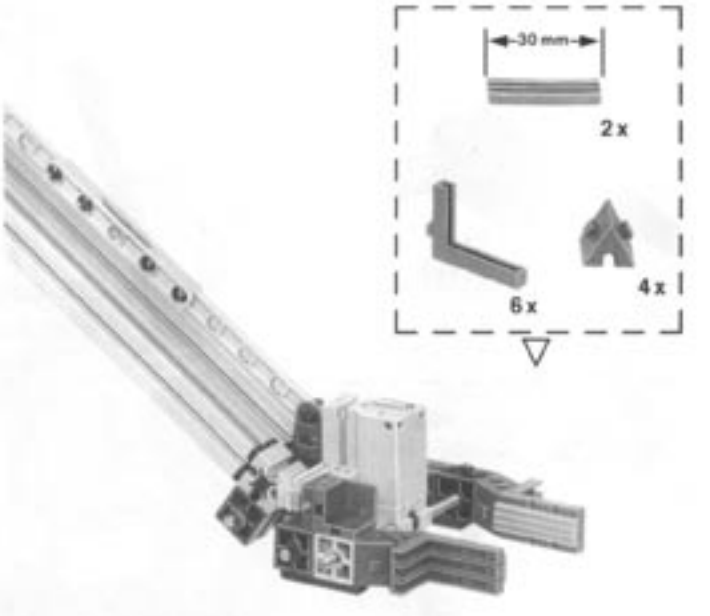
26

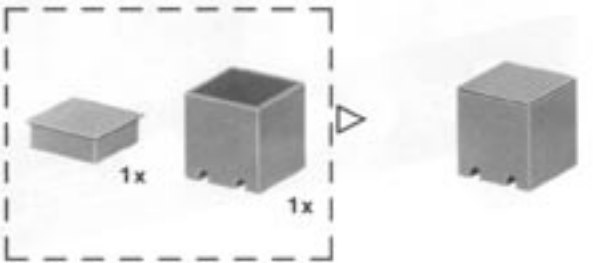


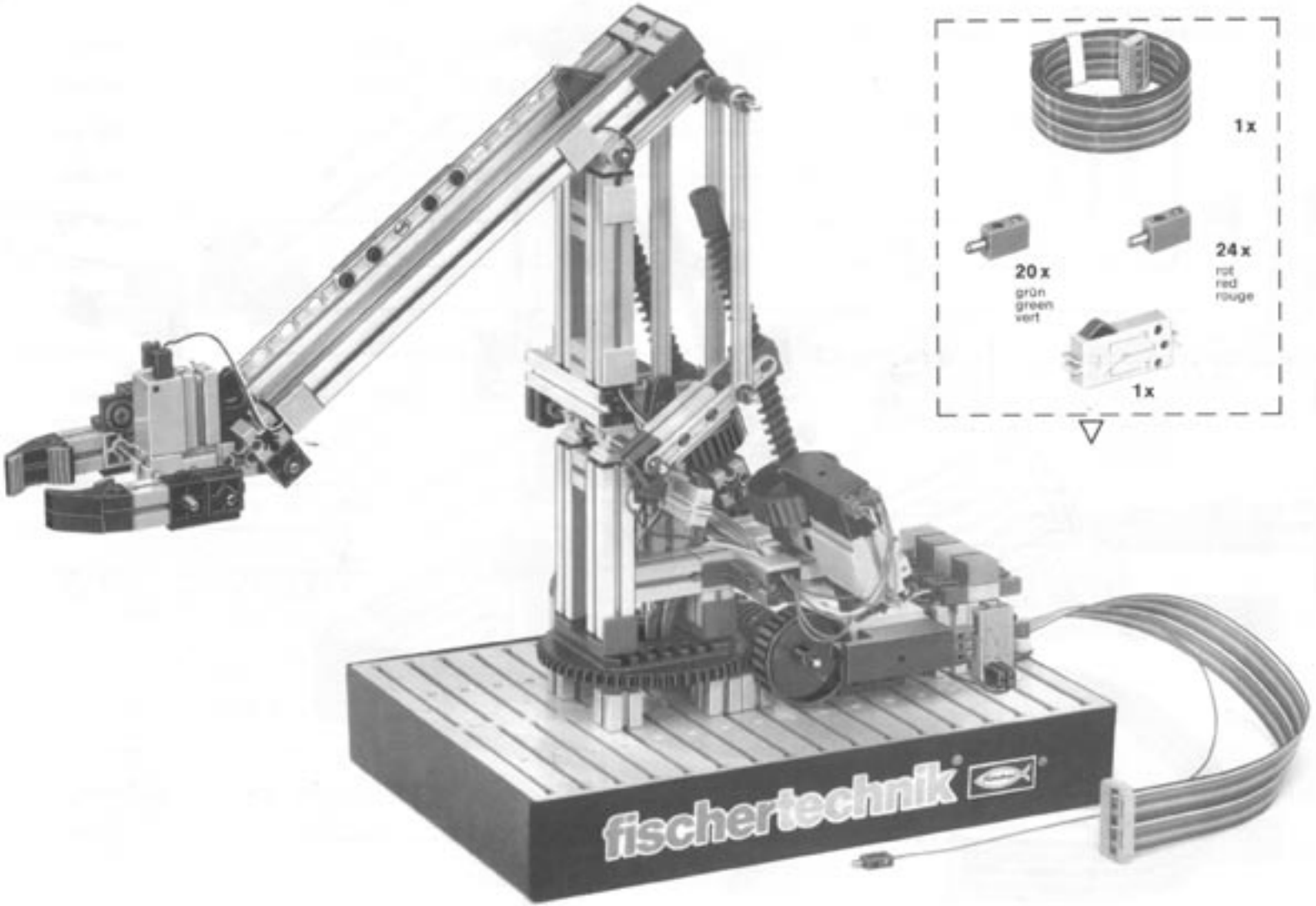
27



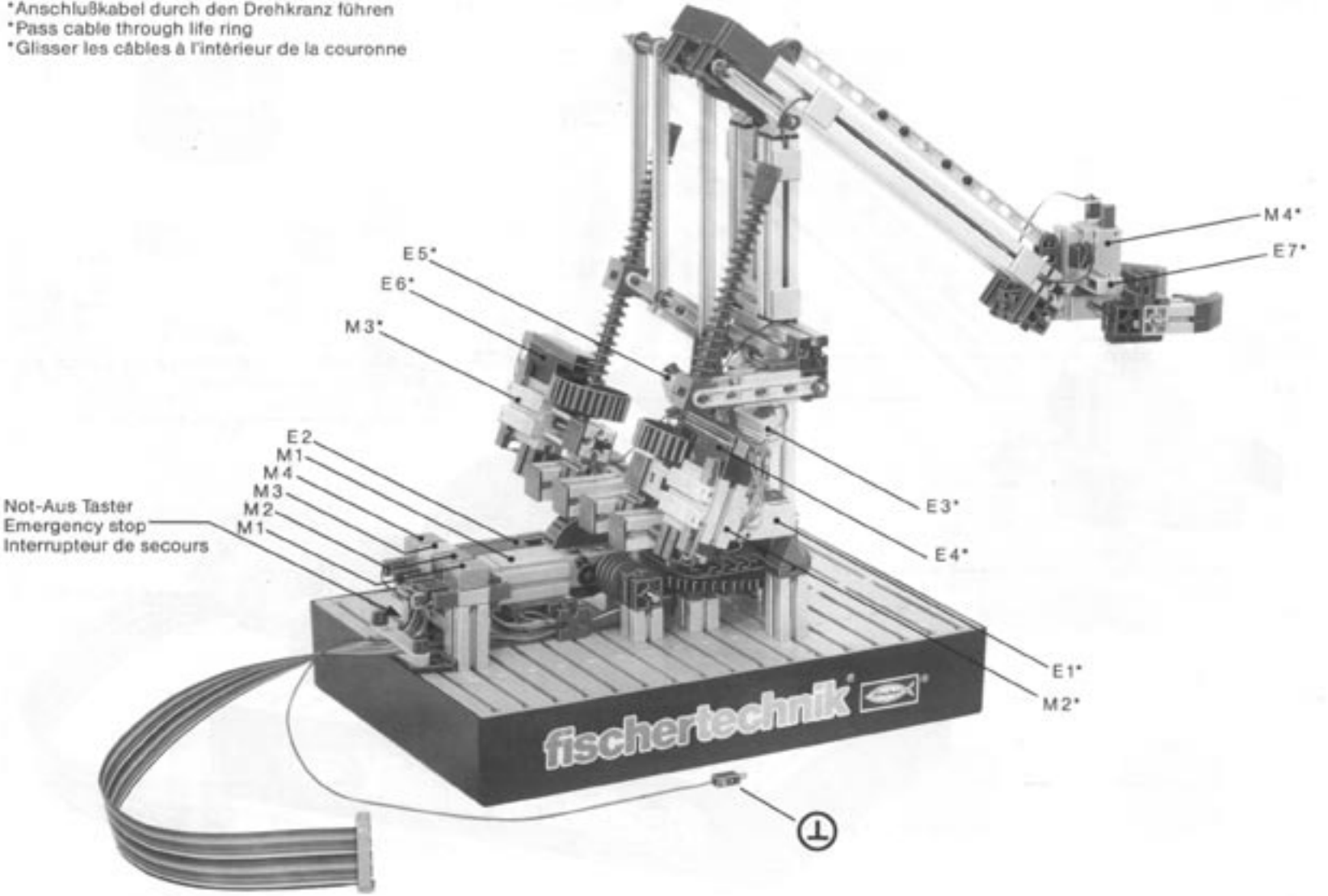







1x
20x
grün
green
vert
24x
rot
red
rouge
1x
fischertechnik

*Anschlußkabel durch den Drehkranz führen
*Pass cable through life ring
*Glisser les câbles à l'intérieur de la couronne



Verdrahtungsplan Trainingsroboter · Circuit layout Training Robot · Plan de câblage du robot d'entraînement