fischertechnik®
Schulprogramm

Bau- und Programmieranleitung
Pneumatik-Roboter
PN-ROB 5

Cornelsen
EXPERIMENTA

INHALT

1.	BAUANLEITUNG	3
1.1	Werkzeuge	3
1.2	Aufbau der Zange	3
1.3	Aufbau des Roboters	3
1.4	Verschlauchung	5
1.5	Verdrahtung für Relais-Interface	6
1.6	Verdrahtung für fischertechnik-Interface	7
2.	DRUCKLUFTVERSORGUNG	10
2.1	Kompressoren und Verschlauchung	10
2.2	Schlauchanschluß am Modell	10
2.3	Funktionsprüfung der Pneumatik	10
2.4	Einstellen der Drosseln	10
2.5	Besonderheiten	11
3.	STROMVERSORGUNG	11
3.1	Stromaufnahme der Elektromagnete	11
3.2	Geeignete Netzgeräte	11
3.3	Funktion der Varistoren	11
3.4	Funktionsprüfung der Magnetventile	11
3.5	Funktion des Tasters	12
4.	ARBEITSWEISE DES MODELLS	13
5.	STEUERN MIT RELAIS-INTERFACE	14
5.1	Schaltung und Steuertechnik	14
5.2	Direktes Steuern mit der Tastatur	15
5.3	Steuern mit Programmen	16
5.4	Programmausdrucke	17
5.5	Eingangsabfrage	20
6.	STEUERN MIT FISCHERTECHNIK-INTERFACE	21
6.1	Schaltung und Steuertechnik	21
6.2	Direktes Steuern mit der Tastatur	21
6.3	Hinweise zum Programmieren	22
6.4	Programmausdrucke	22
7.	BEHEBUNG VON MÖGLICHEN STÖRUNGEN	25
8.	STÜCKLISTE	26

VORBEMERKUNG

DRUCKLUFT-ROBOTER UND COMPUTER

Die Vorzüge pneumatischer Antriebe für die Erzeugung von hin- und hergehenden Bewegungen bei industriell genützten Maschinen kommen auch dem schulischen Modellbau gelegen: Im Vergleich mit elektromotorischen Antrieben lassen sich mit geringem Aufwand an Maschinenteilen einfache und zuverlässige Schub-, Hub-, Dreh- und Schwenkbewegungen erzeugen.

Ebenso einfach wie der Aufbau ist die Steuerung solcher Geräte bzw. Modelle. Komplizierte Schaltungen wie Endschaltungen und Polwendeschaltungen, unabdingbar für ein genaues Steuern von Motorantrieben, entfallen.

Dies ist das entscheidende Motiv für das Angebot von Pneumatik-Modellen zum Steuern mit Computern für den Einstieg ins Programmieren. Die Zylinder können mit einfachen Ein- und Ausschaltimpulsen, z.B. über Userport oder Druckerausgang, gesteuert werden. Fehlsteuerungen, die ungewünschte Funktionen der bewegten Teile zur Folge hätten, haben keine zerstörerischen Auswirkungen auf die Modellmechanik. Bei Modellen mit mehreren zusammenwirkenden Zylindern können vielfältige Bewegungskombinationen erdacht und in Steuerprogramme umgesetzt werden. Dazu kommt man mit nur wenigen BASIC-Befehlen aus.

1. BAUANLEITUNG FÜR PN-ROB 5

Das Bildheft enthält - fortlaufend numeriert - Abbildungen zu den Baustufen der Roboter PN-ROB-2 bis PN-ROB-5. Die Darstellungen auf den ersten 6 Bildern werden für den Bau aller Robotertypen gleichermaßen benötigt. Sie wurden daher an den Anfang gestellt. An entsprechenden Stellen der Bauanleitung wird auf diese Darstellungen zurückverwiesen.

1.1 WERKZEUGE

In diesem Bausatz befinden sich Teile, die mit relativ hohem Kraftaufwand zusammengefügt werden müssen. Dies ist aus Stabilitätsgründen teilweise erwünscht. Die Bauteile brauchen bei normaler Beanspruchung der Modelle nicht verklebt zu werden.

Falls einzelne Teile verklebt werden sollen, Kunsstoffkleber verwenden. Am besten geeignet sind Cyanacrylat-Kleber, z.B. UHU-Sekundenkleber, mit denen alle Kunststoffe und Metallteile des Systems miteinander verklebt werden können. Speziell für die roten Nylonteile kann man auch 98%ige Ameisensäure verwenden.

ACHTUNG: Alle genannten Klebemittel sind gefährlich für Haut und Augen.

Zum Verschieben, Lösen der Bauteile oder ähnlichem ist ein Schraubendreher zweckmäßig.

Zum Verlegen und Anschließen der Schläuche und Kabel sind erforderlich: Schere, Messer, Maßstab, Abisolierzange, Seitenschneider, Spitzzange, Schraubendreher 2,5 mm.

1.2 AUFBAU DER ZANGE

Abb.1 Anordnung der Bauteile für die Zange

- An der Kolbenstange des Zylinders 45 mit Feder wird ein Rollenbock befestigt.
- An beiden Seiten des Zylinders werden folgende Bauteile (in dieser Reihenfolge) angebracht: je 1 Scharnier, Baustein 5, Baustein 15 mit Bohrung, Winkelstein gleichschenklig, Baustein 5, 2 Kesselhalter (übereinander).
- Zwischen dem ersten Baustein 5 und Baustein 15 mit Bohrung je ein Verbindungsstück 15 einschieben.
- Zweckmäßig: Die Verbindungsstücke mit Klebstoff bestreichen und dann einschieben. Die übrigen Bauteile müssen nicht verklebt werden.

Abb.2 Einbau der Gelenkbolzen

- Beidseitig 2 Laschen (I-Strebe 15), 2 K-Achsen 30 und 4 Klemmbuchsen.
- Beim Aufsetzen der Klemmbuchsen auf die Kunststoffachsen sollte die Seite mit der Metallklammer zur Achsenmitte zeigen.
- Zwischen Laschen und Klemmbuchsen etwas Spiel lassen, damit die Zange leicht aufgeht. Dies erreicht man durch Verdrehen der Klemmbuchsen. Die fertige Zange muß sich von selbst öffnen.

1.3 AUFBAU DES ROBOTERS

Hinweise:
Die Bezeichnungen links, rechts, vorn, hinten, oben, unten beziehen sich immer auf die jeweilige Abbildung, die kommentiert wird.
Vor dem Zusammenbau werden die 8 Gummifüße auf die Bodenplatte geklebt. Zweckmäßig ist folgende Anordnung: Jeweils ein Gummifuß an den Ecken, etwa 15 mm vom Plattenrand entfernt; die übrigen wie in der Skizze verteilt:

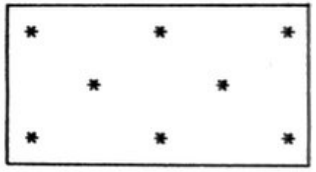


Abb.57 Bodenplatte mit Befestigungselementen für die Aufbauten

- Nut 1 und 2 von links:
  Auf der hinteren Hälfte der Platte Lagerblock für Drehzylinder aus 3 Bausteinen 30 (vgl. Abb. 61), Nuten in Längsrichtung, durch 2 Verbindungsstücke 30 verblockt. Die Zapfen der vorderen beiden Bausteine schlagen an der Mittelrippe der Bodenplatte an.
- Nut 1 und 2 von links, vorn:
  Baustein 30 zur Aufnahme des Tasters. In der linken Bausteinnut ein Federnocken (vgl. Abb. 61) für den Anbau einer P-Drossel. Zum selben Zweck ein Federnocken in der ersten Plattennut.
- Nut 4 und 7 von links:
  4 Bausteine 15 (mit 2 Zapfen) zur Montage des Drehkranzes.

- Nut 6 von links:
  1 Baustein 15 (mit 1 Zapfen) zur Befestigung des Pneumatik-Verteilerrohrs. Davor ein Baustein 5, auf dem später das Rohr aufliegt.
- Nut 1, 3, 5, 7 von rechts:
  Schienen aus je 2 Bausteinen 5 zur Aufnahme von 4 Magneten.
- Nut 9 von rechts:
  Schiene für den 5. Magneten, vorderer Baustein um 90 Grad gedreht.
- Nut 1 und 5 von rechts, Mitte:
  4 Federnocken zur Befestigung des Flachbandkabels.
- Nut 1 und 3 hinten rechts:
  Unterbau für Ballablage. Links und rechts je ein Baustein 15 mit rotem, rundem Zapfen. Die Kante des linken Steins steht bündig mit dem Plattenrand. Querbalken aus einem Baustein 30 und einem Baustein 15 (mit 2 Zapfen).
- Nut 5 und 6, 9 und 10 von links, hintere Hälfte: 8 Federnocken zur Aufnahme der beiden unteren Ball-Ablageschalen.

Abb.58 und 59 Roboter-Gestell

- Senkrechte Stützen aus Aluprofilen 120, Querbalken aus Aluprofil 105. Um das Gestell leicht zusammenbauen zu können, zunächst die Aluprofile nach folgender Beschreibung vorrichten und später komplett am Drehkranz einbauen.

- **Linke Stütze, Abb.58**

  An einem Ende Ansatz für den Drehzylinder anbauen: ein Winkelstein 15 Grad, ein Winkelstein gleichschenklig und Gelenk für Pneumatik-Zylinder (vgl. Abb. 61).

- **Rechte Stütze, Abb.58**

  Am unteren Ende 2 Winkelsteine 15 Grad einsetzen, an die ein Radhalter angebaut wird (vgl. Abb. 61). Die Winkelsteine werden um 5 mm vom Profilende entfernt eingerückt.

  An der linken Seite dieses Aluprofils 2 Bausteine 5 (Abstand Oberkante Bausteine bis Profilende: 40 mm) anbauen, die Nuten waagerecht angeordnet.

  In die den Winkelsteinen gegenüberliegende Nut (vgl. Abb. 59) einen Federnocken einschieben, an dem später eine Drossel befestigt wird.

  Am oberen Ende (auf Abb. 59 verdeckt durch die schwarze Schiene) ebenfalls einen Federnocken einsetzen, mit dem Zapfen nach außen.

- **Querbalken, Abb.58 und 59**

  Baustein 15 (mit 1 Zapfen) in Aluprofil 105 einschieben, genau in der Mitte (45 mm vom Profilende) positionieren.

- **Zusammenbau, Abb.59**

  Die Stütze mit dem Ansatz für den Drehzylinder rechts in die zweite Nut des Drehkranzes einsetzen, bündig mit dem Nutende.

  Baustein 15 mit Querbalken (Aluprofil 105) aufsetzen, so daß ein T entsteht.

  Die Stütze mit dem Ansatz für den Radhalter links in die mittlere Nut der Drehscheibe und in das obere Aluprofil einbauen. Über den Zapfen des Querbalkens und den eingebauten Federnocken Raupenbelag (schwarze Schiene) von oben aufschieben. In die Drehkranznut vor dem Federnocken ein Verbindungsstück 15 einsetzen.

- Unter die beiden Winkelsteine auf der anderen Seite der Stütze einen Baustein 5 setzen (vgl. Abb. 58).
- Gelenkwürfel am Arm (Aluprofil 105) und an der linken Stütze einbauen. Den unteren mit einem Federnocken ausrüsten, dessen Feder senkrecht steht.

Abb.60 Einbau des Hubzylinders

- Baustein 30 am Zylinderboden der Zange anbauen. An der einen (dem Anschlußstutzen entgegengesetzten) Bausteinfläche eine Bauplatte 15 x 15 einsetzen und bis zum Anschlag des Zapfens am Zylinderboden einschieben.
- Gelenk für Pneumatik-Zylinder am Baustein 30 ansetzen und an die Bauplatte 15 x 15 vorschieben.
- Hubzylinder einbauen, Anschlußstutzen nach der Seite gerichtet.

Abb.61 Einbau des Drehzylinders

- Drehkranz nur aufsetzen, erst später mit der Bodenplatte verbinden.
- Achse 50 mit Rändelring in die linke Nut des Lagerblocks stecken, festkleben oder durch Auffüttern mit einem kleinen Klebeetikett festklemmen.
- Zylinder einsetzen, Anschlußstutzen nach rechts gerichtet. Klemmbuchse aufschieben.
- An die Winkelsteine der rechten Stütze Radhalter mit Gummirad anbauen.

Abb.62 Fertiger mechanischer Aufbau

- Drehkranz ist nur aufgesetzt und wird zum Einbau der Verschlauchung wieder entfernt.

1.4 VERSCHLAUCHUNG

Abb.3 Zusammenbau eines Magnetventils

- Erforderlich sind: Ankerlagerstein, Elektromagnet, Ventil, Magnet-Ankerblech und Führungsplatten. Auf den Einbau der Zugfeder kann verzichtet werden, sofern 0,3 bar Betriebsdruck vorhanden ist (z.B. bei Verwendung des Kleinverdichters).
- Das Magnetventil kann durch Drehen des Magneten so aufgebaut werden, daß die elektrischen Anschlüsse entweder linksseitig oder rechtsseitig liegen. Für den PN-ROB-5 werden alle 5 Magnetventile mit den Anschlußbuchsen auf der zur Anordnung in Abb. 3 entgegengesetzten Seite zusammengebaut.
- Zum Einhängen der Feder spitze Zange verwenden. Feder zuerst in das Ankerblech einhängen, und zwar so, daß das offene Hakenende nach außen zeigt. Dann anderes Ende in die Kunststofföse einhängen.

Abb.4 Anschlußprinzip eines Magnetventils

- Am unteren Stutzen des Ventils wird die Druckluft zugeführt, am oberen ausgelassen.

Abb.5 Anschlußprinzip einer Drossel

- Ventilanschluß wie in Abb. 4. Der vom Ventil abgehende Schlauch wird am rechtwinklig zur Drosselschraube angeordneten Stutzen angeschlossen.

Abb.63 Einbau der Magnetventile
Anschluß der Luftzuführungsschläuche

- Pneumatik-Verteilerrohr an der linken Seite mit 3 P-Stopfen verschließen und an Baustein 15 (mit 1 Zapfen) ansetzen.
- Die Magnetventile sind so zusammengebaut, daß alle Anschlußbuchsen auf der linken Seite liegen. Die Führungsplatten wurden zur besseren Übersicht abgenommen.
- Die Magnete sollten so positioniert sein, daß die Ankerbleche am hinteren Ende bündig mit dem Rand der Bodenplatte abschließen.
- Die Luftzuführungsschläuche sind am unteren Stutzen der Ventile anzuschließen.
- Schlauchstücke zuschneiden:

  Schlauchlängen nacheinander vom rechten äußeren Ventilabgang nach links:
  210 mm - 185 mm - 165 mm - 135 mm - 210 mm
- Nach dem Zuschnitt der Schläuche schwarze Schlauchanschlüsse an den Enden anbringen. Diese auf die Stutzen schieben und (eventuell mit Schraubendreherklinge) festdrücken. Zum Lösen der Schläuche Anschlüsse mit Schraubendreherklinge abhebeln.
- Einzelanschluß an der linken Seite des Verteilers erst nach Einbau des Drehkranzes vornehmen.

Abb.64 Anschluß der Luftabgangsschläuche
für den Drehzylinder

- Zur besseren Übersicht wurden die Luftzuführungsschläuche aus Abb. 63 abgenommen.
- Alle Schlauchabgänge sind am oberen Stutzen der Ventile anzuschließen.
- Schlauchstücke zuschneiden:

  (8) Abgang zum Drehzylinder, linker Stutzen für Rechtsdrehung: **240 mm** bis zur Drossel (8),
  80 mm ab Drosselabgang.

  (16) Abgang zum Drehzylinder, rechter Stutzen für Linksdrehung: **230 mm**

Abb.65 Befestigung des Drehkranzes

- Linken Schlauch in Abb. 63 am Verteilerrohr abnehmen und Baustein 15 (mit 2 Zapfen) links neben dem Rohr auf der Platte nach außen schieben oder entfernen.
- Drehkranz mit den beiden äußeren Nuten des schwarzen Teils auf die Zapfen der drei inneren Bausteine 15 schieben, dann Baustein 15 neben dem Verteilerrohr wieder einsetzen und unter den Drehkranz schieben.
- Luftschlauch wie in Abb. 63 um den Baustein 15 herumführen und am Verteiler anschließen.

Abb.66 Anschluß der Luftabgangsschläuche
für Zange und Hubzylinder

- Alle in den vorigen Abbildungen eingebauten Schläuche sind zur besseren Übersicht wieder entfernt.

- Schlauchstücke zuschneiden:

  (1) Abgang zum Zangenzylinder: 580 mm, mit 2 Schlauchhülsen zum Fixieren im oberen Querbalken.
  (2) Abgang zum Hubzylinder für Anheben: 290 mm bis zur Drossel (2), 125 mm ab Drosselabgang.
  (4) Abgang zum Hubzylinder für Senken: 420 mm

- Diese 3 Schläuche können wie in Abb. 67 und 68 mit Schlauchhülsen gebündelt werden.

Abb.67 Schlauchbündelung
Aufbau der oberen Ball-Ablage

- Für die Stütze der Ablage je 2 Bausteine 15 (mit 1 und mit 2 Zapfen) aufeinandersetzen, in die Nut des unteren Balkens einschieben und mit einem Verbindungsstück 30 zusammenhalten (vgl. Abb. 66).
- An den Seitenflächen je einen Bausteinwinkel (Baustein V-15 Eck) anbauen und zwei Winkelsteine (gleichschenklig) aufsetzen. Die freien Nuten der Winkelsteine mit Bauplatten 15 x 15 abdecken und etwa 1 mm nach außen überstehen lassen.
- Zwischen den beiden Seitenteilen eine Ablageschale (V-Stein 30 x 30, gelb) einsetzen (vgl. Abb. 68).
- Zwei weitere Ablageschalen auf die Federnocken-Schienen der Bodenplatte setzen.

Abb.68 Fertiger Roboter ohne elektrische Anschlüsse

- Zum Roboter führende Schläuche möglichst wie in der Abbildung bündeln und fixieren. Dazu Schlauchanschlußstücke nochmals entfernen, Schläuche bündeln und Hülsen aufschieben.
- Den Luftschlauch für die Zange mit 2 Hülsen versehen und diese mit dem Schlauch in die obere Nut des Aluprofils eindrücken. Die Hülse am linken Ende des Profils als Knickschutz etwas überstehen lassen.
- **Justierung des Modells:**

  Durch Verschieben des Drehkranzes werden die Endstellungen des Roboters eingestellt. Der Abstand der äußeren Zahnung vom Plattenrand beträgt ca. 11 mm. Die Einstell-Versuche werden von Hand ausgeführt.

  Bei korrekter Einrichtung steht der Roboter bei einem Linksanschlag des Drehzylinderkolbens exakt parallel zu den Nuten der Grundplatte; die Zange steht dann genau über der gelben unteren Ablage.

  Beim rechten Anschlag muß die geöffnete Zange mittig auf den Platten liegen, die links und rechts neben der oberen Ablageschale angebracht sind. Diese kann auf dem Querbalken entsprechend verschoben werden.

- Zur Erprobung der pneumatischen Funktionen siehe Abschnitt 2. DRUCKLUFTVERSORGUNG.

1.5 VERDRAHTUNG FÜR RELAIS-INTERFACE

Abb.69 Einbau des Tasters

- Auf den unteren Baustein 30 einen Baustein 15 (mit 1 Zapfen) setzen, um 1 mm nach links verschieben.
- Zur Mitte hin einen Winkelstein 7,5 Grad anbauen, dann den Taster ansetzen, die lange Verbindungsfeder nach oben gerichtet.
- Bauplatte 15 x 15 aufsetzen, Winkelstein und Taster mit der Oberfläche bündig setzen.

Abb.70 Vorbereiten des Kabels

- Sofern beabsichtigt ist, nicht mit einem fischertechnik-Interface, sondern mit einem Relais-Interface zu steuern, Stecker des Flachbandkabels abschneiden.
- Flachbandkabel mit 14 Adern herstellen. Dazu das Band zwischen dem 14. und 15. Kabel einschneiden und aufreißen. 14-adriges Band auf Bodenplatte mit Federnocken und Winkelsteinen 7,5 Grad festklemmen (vgl. Abb. 71). Zunächst am Plattenrand fixieren und dabei 350 mm überstehen lassen. Auf der Höhe des Zwischenraums der Magnete (4) und (8) knicken und ebenfalls fixieren.
- Band in 7 Doppelkabel aufteilen und bis zur Befestigung einreißen.
- Einzelne Doppelkabel den 5 Magneten und dem Taster zuordnen, die Magnetkabel ablängen. Das Tasterkabel bleibt ungekürzt. Eine Doppelleitung wird als Reserveleitung in eine Plattennut eingelegt, wie aus Abb. 72 ersichtlich ist (Zwischenraum bei Magnet (8) und (16).

Abb.71 Kabelbefestigung

- Federnocken seitlich an das Flachband schieben und Winkelsteine 7,5 Grad auf die Federn setzen.

Abb.6 Einbau der Varistoren

- Die Varistorendrähte auf 20 mm verkürzen, an den Enden je einen roten und grünen Stecker anschrauben und dann die Drähte wie in der Abbildung biegen.
- Bei jedem Magneten einen Varistor einbauen, dabei die roten Stecker (aus optischen Gründen) oben einstecken. Varistoren nach vorne ausrichten.
  (Die Abbildung zeigt das Anschlußprinzip. Beim PN-ROB-5 müssen die Anschlüsse auf der gegenüberliegenden Seite sein)
- Zum Anschrauben der Stecker an die Einzelkabel diese etwa 4 mm abisolieren, Litzen verdrillen und Drahtbündel zurückbiegen, wie links vorne abgebildet. Kabelende dann samt Isolierung in den Stecker schieben und festschrauben. Diese Technik bietet optimale Haltbarkeit.

Abb.72 Komplette Verdrahtung

- Zu einem Magneten führen jeweils 2 Leitungen, deren Stekker in die Querlöcher der Varistorenstecker gesteckt werden.
- Zum Taster führt ein Doppelkabel aus dem Flachband. An beiden Enden einen roten Stecker montieren, diese zusammenkuppeln und im Mittelkontakt des Tasters einstecken. Ein separates Einzelkabel (herzustellen aus einem Reststück) führt vom öffnerkontakt des Tasters zum Magneten (16).

  Der Taster muß so angeschlossen sein, daß er in unbetätigtem Zustand Durchgang hat.
- Die Schaltung und Funktion des Tasters geht aus der Beschreibung im Abschnitt 3.5 FUNKTION DES TASTERS hervor.

Abb.73 Stecker am anderen Ende der Zuleitung

- Die Stecker den Magnetanschlüssen entsprechend numerieren. Die Leitungen mit roten Steckern als Plusleitungen vorsehen. (Für das Ansteuern der Magnete ist die Stromrichtung zwar unerheblich, aus Gründen der Übersichtlichkeit ist eine solche Festlegung jedoch zweckmäßig.)
- Die Stecker des Tasterkabels wie am Taster zusammenkuppeln. Dieses Verfahren ermöglicht es, die Leitungen auch zu trennen und für eine andere Programmiertechnik (Tasterabfrage, siehe Abschnitt 5.5 EINGANGSABFRAGE) direkt mit einer Zu- und Rückleitung am Interface anzuschließen.
- Flachbandkabel mit Klebeband gegen Aufreißen der einzelnen Kabel sichern.

Abb.74 Komplettes Modell

- Beispiel für Arbeit mit 2 Werkstücken: In der Ausgangsstellung liegen zwei verschiedenfarbene Bälle in den Ablagen. Der Roboter kann sie gegeneinander austauschen, wozu er einen davon vorübergehend in der 3. Ablage absetzen muß (vgl. Abschnitt 4. ARBEITSWEISE DES MODELLS).

1.6 VERDRAHTUNG FÜR FISCHERTECHNIK-INTERFACE

Bei Verwendung eines fischertechnik-Interface wird das beigegebene Flachbandkabel mit Stecker verwendet. Zum Steuern wird mit einem Grundprogramm gearbeitet, das jedem selbst entwickelten Programm vorgeschaltet werden muß und das speziell auf die verschiedenen Interface-Typen abgestimmt ist. Nach diesem Programm sind die Interface-Steckerkontakte und damit auch die Adern des Flachbandkabels mit ganz bestimmten Funktionen belegt. Daher muß beim Anschluß des Kabels am Modell genau nach dem im folgenden beschriebenen Verfahren vorgegangen werden.

1. Kennzeichnung der Magnetventile

- Numerierung der Magnete in Abb.70 wie folgt ändern:

  (16) wird zu (4L)
  (8) wird zu (4R)
  (4) wird zu (3)
  (2) bleibt (2)
  (1) bleibt (1)

2. Einbau der Varistoren

- Varistoren nach dem Beispiel in Abb.6 mit Steckern versehen: Die Varistorendrähte auf 20 mm verkürzen, an den Enden je einen roten und grünen Stecker anschrauben und dann die Drähte wie in der Abbildung biegen.
- Bei jedem Magneten einen Varistor einbauen, dabei **die roten Stecker oben** einstecken (aus optischen Gründen). Varistoren nach vorne ausrichten.

3. Vorbereiten des Flachbandkabels

Das Kabel enthält zwei 10-adrige Streifen mit den Adern:
schwarz-1 (außen) bis braun-1 (innen) und
schwarz-2 (innen) bis braun-2 (außen).

- Nach **Skizze 1** ein 11-adriges Flachbandkabel herstellen:

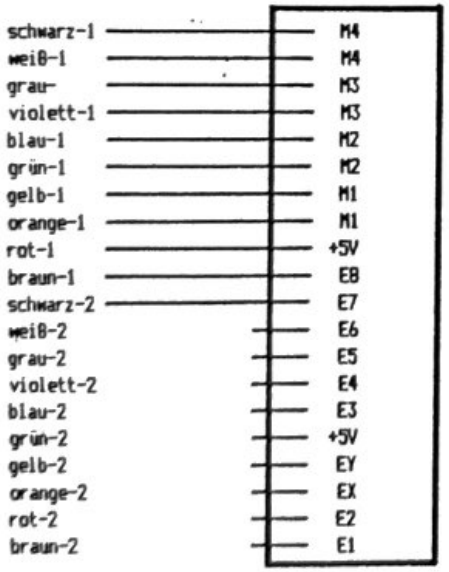
  Die Adern **schwarz-1 bis schwarz-2** bleiben erhalten.

  Die Adern **weiß-2 bis braun-2** werden mit Schere oder Seitenschneider am Stecker entfernt.

- Das 11-adrige Kabel wie in **Abb.70 und 71** auf der Grundplatte befestigen. Zunächst am Plattenrand fixieren, dabei die Seite mit der weißen Ader gegen die Magnete richten und das Kabel etwa 350 mm lang hinter der Befestigung überstehen lassen. Auf der Höhe der Magnete (4) und (8) wie in **Abb.70** das Flachband knicken und mit der inneren Befestigung fixieren.
  (Das Flachbandkabel in Abb. 70 ist für die Verwendung eines Relais-Interface vorgesehen und unterscheidet sich daher von der im folgenden beschriebenen Anordnung.)

- Kabel in folgende Aderpaare zerlegen und bis zum Plattenrand einreißen:

1. Paar	schwarz + weiß
2. Paar	grau + violett
3. Paar	blau + grün
4. Paar	gelb + orange
5. Paar	rot + braun
einzeln	schwarz (ursprünglich innere Ader schwarz-2)



Skizze 1 Herstellung des 11-adrigen Flachbandkabels: Die Adern weiß-2 bis braun-2 werden entfernt.

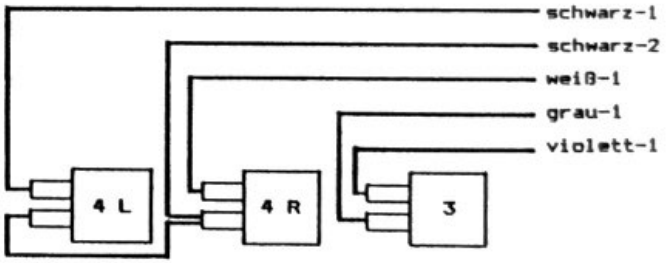
4. Anschließen des Flachbandkabels

- Zum Anschrauben der Stecker an die einzelnen Drähte diese, wie in **Abb.6** links vorne abgebildet, etwa 4 mm abisolieren, Litzen verdrillen und Drahtbündel zurückbiegen. Kabelende dann samt Isolierung in den Stecker schieben und festschrauben. Diese Technik bietet optimale Haltbarkeit.

- Aderpaare bzw. Einzeladern nach folgender Aufstellung dem Taster und den fünf Magneten zuordnen, je nach Bedarf kürzen, abisolieren, Stecker anschrauben.

gelb und orange:	Magnet (1)
blau und grün:	Magnet (2)
violett und grau:	Magnet (3)
rot und braun:	Taster (E8), 2 rote Stecker
weiß:	Magnet (4R), 1 roter Stecker
schwarz-1:	Magnet (4L), 1 roter Stecker
schwarz-2:	Magnet (4R), 1 grüner Stecker
	Magnet (4L), 1 grüner Stecker

Der Draht **schwarz-2** wird zunächst zu (4R) geführt und von da zu (4L), wie in Skizze 2 dargestellt.



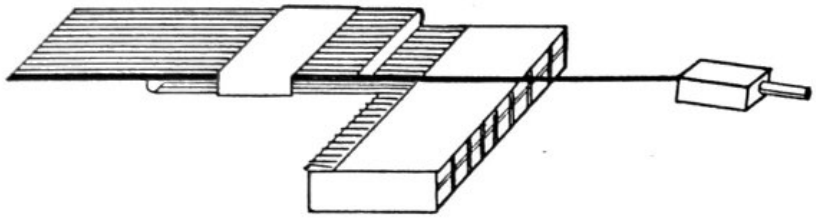
Skizze 2 Anschluß der Leitungen schwarz-1 und schwarz-2 an den Magneten 4 L und 4 R

Bei den Magneten (1) bis (3) ist es gleichgültig, welche der beiden Adern rote oder grüne Stecker erhalten bzw. in welche der beiden Varistorenstecker sie nachher gesteckt werden.

- Den Taster als Schließer anschließen, d.h. so daß die Drähte **braun und rot** bei Betätigung überbrückt werden. Dazu Schaltplan auf dem Tastergehäuse beachten.

- **Abb.72** zeigt die Lage der Kabel nach dem Einbau der Stekker. Die Anschlüsse bei (8) und (16) bzw. (32) sind jedoch für die Verwendung eines Relais-Interface gefertigt und nicht identisch mit der oben beschriebenen Kabelzuordnung.

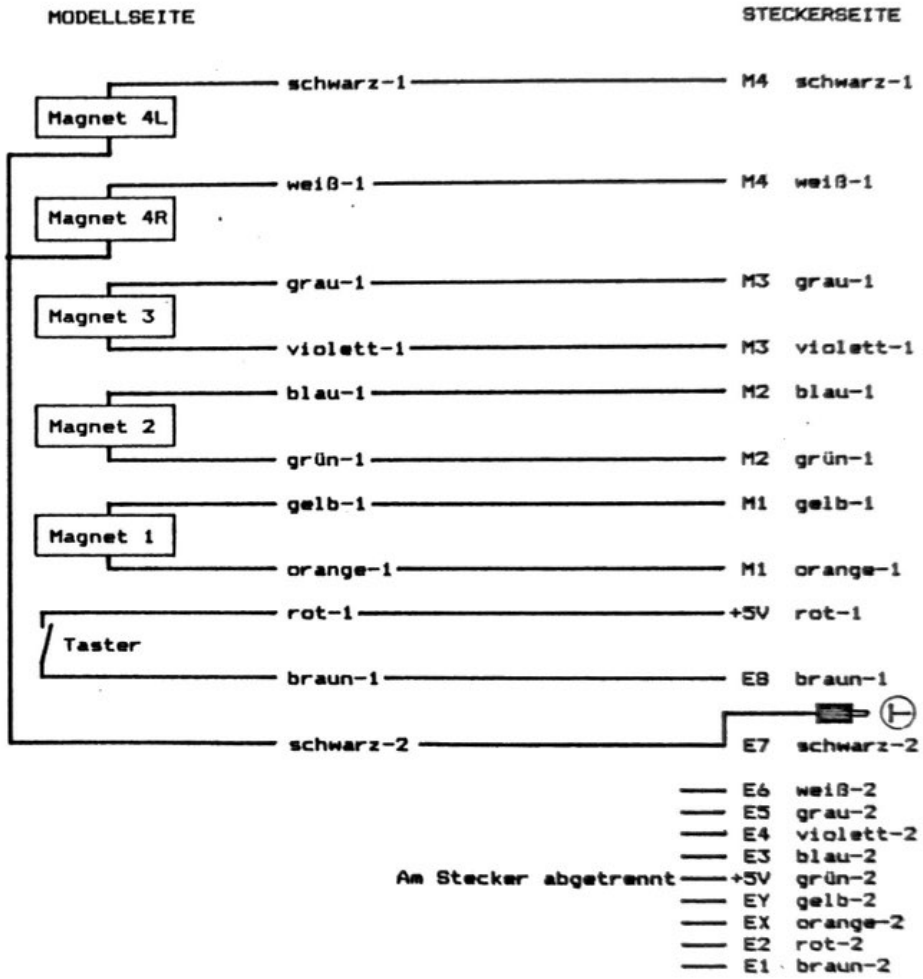
- An der Steckerseite die Ader **schwarz-2** (ursprünglich die mittlere schwarze Ader) vom Stecker abtrennen, ein Stück (etwa 8 cm) vom Flachband lösen und mit grünem Stecker versehen. Diese Leitung wird später am Interface bei Masse (⊢) angeschlossen. Um eine Verlängerung dieser Leitung zu erhalten, Flachband vor dem Stecker zusammenfalten wie in **Skizze 3** und das übereinander liegende Bandstück mit Klebeband zusammenhalten.



Skizze 3 Verlängerung der Leitung schwarz-2 am Stecker des fischertechnik-Interface

5. Übersicht über die Kabelanschlüsse

Skizze 4 gibt einen Gesamtüberblick über die verwendeten Steckeranschlüsse am Interface und am Modell.

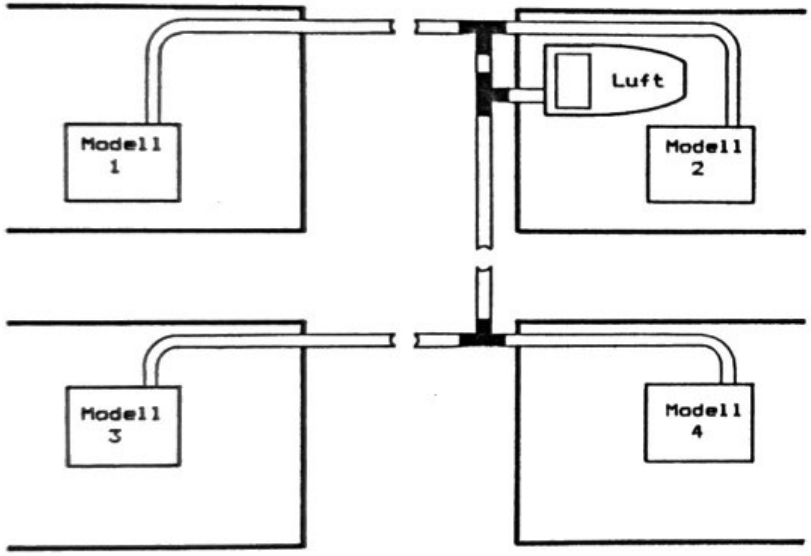


Skizze 4 Anschlußplan des Flachbandkabels

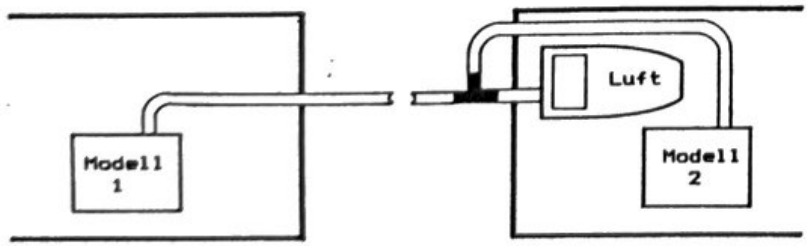
2. DRUCKLUFTVERSORGUNG

2.1 Kompressoren und Verschlauchung

Eine optimale Druckluftversorgung wird mit dem sehr leise und auch über mehrere Stunden sehr zuverlässig arbeitenden Kleinverdichter (CVK-Best.-Nr. 62015) erreicht. Seine Leistung reicht aus, um 4 Modelle gleichzeitig zu versorgen, sofern die Modellverschlauchung dicht ist. Optimal ist allerdings eine Versorgung von je 2 Modellen mit einem Verdichter, weil dadurch eine bessere Übersichtlichkeit gegeben und die Bewegungsfreiheit nicht durch umfangreiche Schlauchverzweigungen eingeschränkt ist. **Skizze 5** und **6** zeigen eine zweckmäßige Anordnung der Verzweigungen.



Skizze 5 Verschlauchung mit 3 T-Stücken für 4 Modelle



Skizze 6 Verschlauchung für 2 Modelle

Der Hauptschlauch sollte am Kleinverdichter nicht direkt auf den Luftstutzen geschoben werden, da durch häufiges Abziehen und Aufschieben der Sitz des Stutzens mit der Zeit gelockert wird. Statt dessen schiebt man den Hauptschlauch auf die dem Verdichter beigefügte Kupplungshülse. Diese wird dann auf den Stutzen geschoben, bis sie einrastet oder nach Betätigen des Einrastknopfes wieder abgezogen.

Die Modelle können auch mit Druckluft von einem Industrie-Kompressor versorgt werden. Dann muß jedoch der Druck durch ein Druckminderventil auf 0,3 bis 0,5 bar reduziert werden können. Höhere Drücke beschädigen die pneumatischen Elemente.

Im Vergleich mit Industriebauteilen haben die fischertechnik-Elemente gewisse Leckverluste. Dies hat zur Folge, daß sich auch ein Kompressor mit großer Ansaugleistung beim Betrieb mehrerer Modelle ständig einschaltet. Wegen der Geräuschentwicklung sollte er daher außerhalb des Unterrichtssraums aufgestellt werden.

Im Vergleich mit dem Kleinverdichter können andere Luftversorgungstechniken nur Notlösungen sein, da durch deren mehr oder weniger komplizierte Handhabung oder Geräuschentwicklung die Vorzüge der bequemen und einfachen Modellbedienung möglicherweise eingeschränkt werden.

2.2 Schlauchanschluß am Modell

Die Zuführungsschläuche für die Modellversorgung werden auf die Verteilerrohre an den Modellen gesteckt. Beim Aufschieben des Schlauchs sollte man das Verteilerrohr festhalten oder Gegendruck auf den Befestigungs-Baustein des Verteilerrohrs ausüben.

2.3 Funktionsprüfung der Pneumatik

Nach Anschluß eines Versorgungsschlauchs am Modell dürfen keine Luftverlustgeräusche auftreten. Gegebenenfalls den Sitz der Blindstopfen am Verteilerrohr kontrollieren. Durch Betätigen der Ankerbleche an den einzelnen Magnetventilen von Hand können die pneumatischen Funktionen erprobt werden.

2.4 Einstellen der Drosseln

Durch Einschrauben der Drosselschraube werden die Bewegungen verlangsamt, durch Herausdrehen werden sie beschleunigt. Die Änderung beeinflußt bei einem doppeltwirkenden, d.h. von zwei Seiten steuerbaren Zylinder die Kolbenbewegung in beiden Richtungen.

Die Einstellung sollte so vorgenommen werden, daß sich weiche, gut beobachtbare Bewegungsabläufe ergeben.

2.5 Besonderheiten

Beim Umschalten von einer Schwenkrichtung in die andere oder aus der Druck- in die Zugrichtung kann es am Anfang der Gegenbewegung zu einem ruckartigen Schub kommen. Dies tritt oft dann ein, wenn der Zylinder unmittelbar vor dem Umschalten nicht mehr unter Druck stand. Um einwandfreie Umschalt-Bewegungen zu erreichen, läßt man daher doppeltwirkende Zylinder auch nach Erreichen der Endlage weiterhin unter Druck. Damit wird außerdem die Mechanik sicher in der Endlage gehalten, d.h. ein Arm kann z.B. nicht zurückfedern.

3. STROMVERSORGUNG

3.1 Stromaufnahme der Elektromagnete

Die Elektromagnete arbeiten mit einer Betriebsspannung von 6 bis 7 Volt und nehmen dabei ca. 120 bis 140 mA Strom auf. Bei geringerer Spannung öffnen die Ventile nicht zuverlässig.

3.2 Geeignete Netzgeräte

Die Stromversorgung der Magnetventile erfolgt zweckmäßig durch ein Netzgerät mot 4 (CVK-Best.-Nr. 60098), ein Computing-Netzgerät (CVK-Best.-Nr. 65200) oder ein vergleichbares anderes Gerät. Das Netzgerät mot 4 versorgt im allgemeinen ein Modell, das Computing-Netzgerät zwei Modelle zuverlässig mit Energie.

3.3 Funktion der Varistoren

Zu den Magneten sind Varistoren parallel geschaltet, die verhindern sollen, daß durch Spannungsspitzen, die durch Induktion beim Abschalten der Elektromagnete entstehen können, ein Programmabsturz auftritt. Eine solche Störung kann dann nur durch Abschalten des Computers und erneutes Starten des Programms behoben werden.

Varistoren sind spannungsabhängige Widerstände, die unterhalb ihrer angegebenen Schaltspannung den Strom in beiden Richtungen sperren. Wird die anliegende Spannung höher als ihre Schaltschwelle (hier 12 V), so werden die Varistoren durchlässig und schließen den auftretenden Strom kurz. Die Stromrichtung spielt dabei keine Rolle.

Durch den Einbau in die Schaltung der Elektromagnete werden Spannungspitzen unterdrückt, die Funkenbildung an den Schaltkontakten und HF-Schwingungen auslösen und damit das Programm zum Absturz bringen können.

3.4 Funktionsprüfung der Magnetventile

Während die Funktion der Pneumatik im vorigen Abschnitt durch Niederdrücken der Ankerbleche getestet wurde, kann nun die Funktion der Magnetventile jeweils durch Ansteuern der Versorgungsleitungen, d.h. durch direktes Anschließen an die Spannungsquelle getestet werden. Dabei ist die Stromrichtung unerheblich.

Bedingt durch Fertigungstoleranzen der Magnetventilbauteile oder durch die Bauart des verwendeten Netzgeräts können Brummgeräusche beim Einschalten auftreten. Bei auffällig starker Geräuschentwicklung Feder aushängen oder Ankerblech abkleben (vgl. Abschnitt 7. BEHEBUNG VON MÖGLICHEN STÖRUNGEN).

3.5 Funktion des Tasters

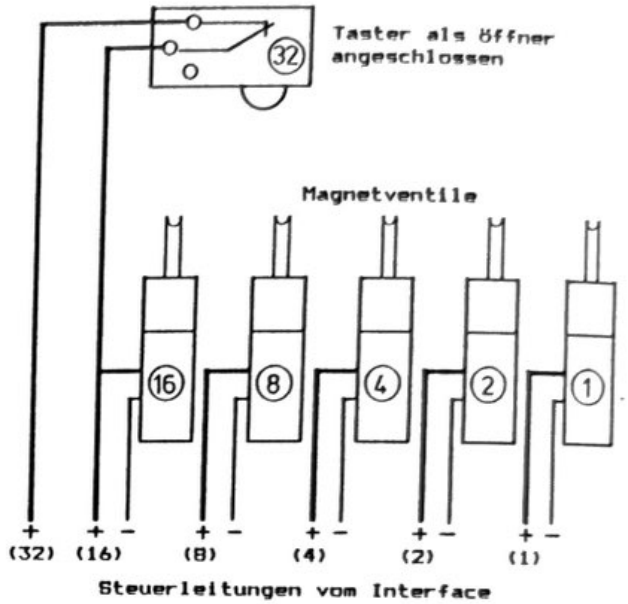
Der Kolben eines waagerecht arbeitenden Zylinders kann grundsätzlich an jeder Stelle seiner Wegstrecke angehalten werden. Bedarf es z.B. am Magneten einer Schaltdauer von einer Sekunde, um den Kolben von einer Endlage in die andere zu bewegen, so kann man ihn mit der halben Einschaltzeit etwa in eine mittlere Stellung fahren und anhalten. Auf diese Weise kann der Drehkranz des Roboters relativ exakt in eine beliebige Stellung zwischen den Endlagen gesteuert und dort angehalten werden.

Durch Einsatz eines Tasters mit der Funktion eines Endschalters können solche Zwischenstellungen absolut zuverlässig angefahren werden, allerdings muß die Kolbenbewegung mit der Drossel so eingestellt sein, daß sie nicht zu schnell ist und daß beim schlagartigen Abschalten kein Nachlauf durch zu großen Schwung entsteht.

Der Taster kann sowohl für eine Eingangsabfrage (vgl. Abschnitte 5.5 und 6.1) als auch für eine Steuerung durch Ausgangs-Signale angeschlossen werden. Im folgenden wird die Schaltung für eine Steuerung mit Relais-Interface unter Verwendung eines Ausgangs-Signals beschrieben.

Der Magnet (16), der für die Drehung nach links zuständig ist. wird für diesen Fall mit 2 Steuerleitungen angesteuert. Die Leitung (16) führt direkt zum Magneten. Die Leitung (32) führt zunächst zum Taster und von dort zum Magneten (16). In unbetätigtem Zustand ist der Taster geschlossen.

Liegt an der Leitung (16) Spannung an, so fährt der Kolben des Drehzylinders in die entgegengesetzte Endlage. Liegt dagegen - bei stromloser Leitung (16) - an der Leitung (32) Spannung an, so fährt der Kolben nur so weit aus, bis das Gummirad am Drehkranz den Taster öffnet. Dadurch wird das Magnetventil immer exakt in der durch die Tasterposition vorgegebenen Stellung des Roboters abgeschaltet. Die Anhalteposition kann durch Verschieben des Tasters leicht verändert werden. Die **Skizze 7** verdeutlicht die Anschlußtechnik.



Skizze 7 Schaltung des Tasters unter Verwendung eines Ausgangs-Signals bei einem Relais-Interface

4. ARBEITSWEISE DES MODELLS

Hinweis:
Bei den folgenden Beschreibungen bedeutet "Rechtsdrehung" eine Drehung im Uhrzeigersinn, "Linksdrehung" in entgegengesetzter Richtung.

Der Roboter führt folgende Einzelfunktionen aus:

Grundfunktionen	Kurzformen
Zange schließen	ZU
Zange öffnen	OFFEN
Arm heben	AUF
Arm senken	AB
Rechtsdrehen	RECHTS
Linksdrehen	LINKS
Drehen bis Mitte	STOP-MITTE

Diese Funktionen können in verschiedener Weise einzeln nacheinander oder kombiniert ausgeführt werden. Somit können verschiedene Arbeitsabläufe programmiert werden.

Hauptprogramm:

Der Roboter versetzt einen Ball aus einer Ablage in eine andere oder er tauscht zwei Bälle gegeneinander aus.

Bei der Reihenfolge der Bewegungen für einen Umsetz- oder Austauschvorgang sollte man darauf achten, daß bei einem Arbeitsdurchlauf Anfangs- und Endstellung gleich sind; so kann später ein Arbeitsvorgang mit einer Wiederholungsanweisung ständig wiederholt werden, wie dies bei Handhabungsautomaten der Fall ist.

Beispiel für einen einfachen Arbeitsvorgang:

(Zur Verdeutlichung können die folgenden Funktionen von Hand nachvollzogen werden.)

Anfangsstellung: OFFEN-LINKS-AB, d.h. der Roboter steht mit geöffneter Zange in der Endstellung links, den Arm abgesenkt.
Ein Ball liegt unter der geöffneten Zange.

Arbeitsweise:

1. ZU
2. ZU + AUF
3. PAUSE
4. ZU + AB
5. OFFEN
6. PAUSE

Beispiel für einen Umsetzvorgang:

Anfangsstellung: OFFEN-LINKS-AB, d.h. der Roboter steht mit geöffneter Zange in der Endstellung links, den Arm abgesenkt.
Ein Ball liegt unter der geöffneten Zange.

Arbeitsweise:

1. ZU
2. ZU + AUF
3. ZU + AUF + RECHTS
4. ZU + AB
5. OFFEN
6. PAUSE
7. ZU
8. ZU + AUF
9. ZU + AUF + LINKS
10. ZU + AB
11. OFFEN
12. PAUSE

Beispiel für einen Austauschvorgang:

Anfangsstellung: OFFEN-RECHTS-AB, d.h. der Roboter steht mit geöffneter Zange in der Endstellung rechts, den Arm auf der erhöhten Ablage abgesenkt.
Ein Ball liegt unter der geöffneten Zange, ein zweiter in der Ablage für die Endstellung links.

Arbeitsweise:

1. ZU
2. ZU + AUF
3. ZU + AUF + LINKS
4. STOP-MITTE
5. ZU + AB
6. OFFEN
7. OFFEN + AUF
8. OFFEN + AUF + LINKS
9. OFFEN + AB
10. OFFEN
11. ZU
12. ZU + AUF
13. ZU + AUF + RECHTS
14. ZU + AB
15. OFFEN
16. OFFEN + AUF
17. OFFEN + AUF + LINKS
18. STOP-MITTE
19. OFFEN + AB
20. OFFEN
21. ZU
22. ZU + AUF
23. ZU + AUF + LINKS
24. ZU + AB
25. OFFEN
26. OFFEN + AUF
27. OFFEN + AUF + RECHTS
28. OFFEN + AB
29. OFFEN
30. WARTEN

(Wie die Mittelstellung angefahren wird, ist den Abschnitten 3.5 FUNKTION DES TASTERS und 5.3 STEUERN MIT PROGRAMMEN zu entnehmen.)

Der Roboter kann jedoch auch Bälle werfen, wippende, rüttelnde oder hämmernde Bewegungen ausführen. Die Zange kann in raschem Wechsel geöffnet und geschlossen werden u.a.m.

Weitere Informationen sind dem Abschnitt 5.3 STEUERN MIT PROGRAMMEN zu entnehmen.

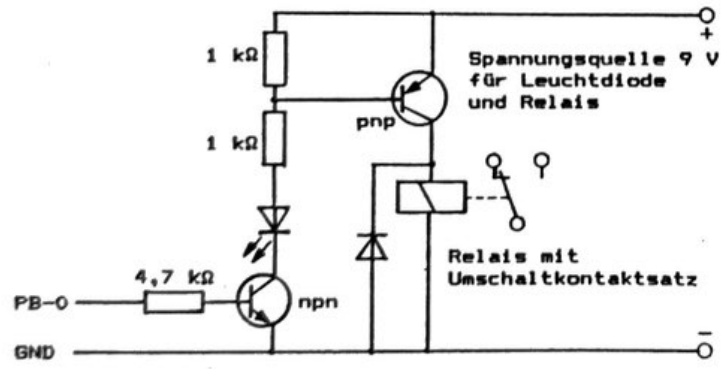
5. STEUERN MIT RELAIS-INTERFACE

Am einfachsten lassen sich die Pneumatik-Roboter über Relais-Interfaces steuern, wie sie bereits in verschiedenen Ausführungen im Handel sind. Abgestimmt auf Computertyp und Ausgabeschnittstelle können sie mit speziellen Steckern bezogen werden. Bezugsquellen sind dem beigefügten Informationsblatt zu entnehmen.

5.1 Schaltung und Steuertechnik

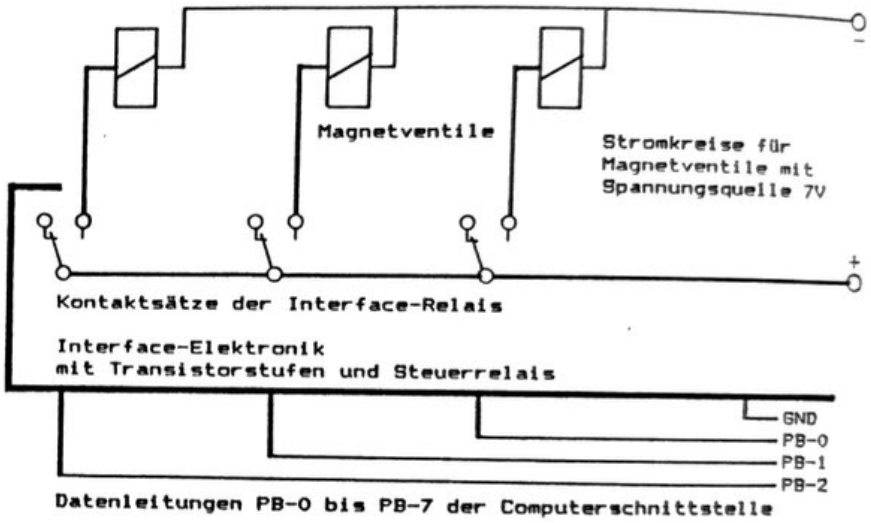
Relais-Interfaces werden an einen Userport, einen Expansionport oder an eine Druckerschnittstelle angeschlossen. Die meist 8 Datenleitungen (benannt als Ausgänge 0 bis 7 oder D0-D7) dieser Ausgabeschnittstellen können mit POKE- oder OUT-Kommandos je nach Bedarf auf HIGH (+2,5 V bis +5 V) oder LOW (<0,7 V) gesetzt werden. Sie sind nur mit etwa 1 mA belastbar. Durch geeignete Transistorstufen in den Interfaces werden diese Ströme verstärkt, so daß damit Relais geschaltet werden können.

Skizze 8 zeigt ein Beispiel für eine Verstärker-Schaltung an einer Ausgabe-Schnittstelle. Wird der Ausgang auf HIGH gesetzt, so zieht das Relais an.



Skizze 8 Transistorstufe zur Verstärkung eines Ausgangs-Signals

Die Relais der Interfaces haben einen Einschalt- oder Umschaltkontaktsatz, so daß über diese Kontakte ein oder zwei Arbeitsstromkreise geschaltet werden können. Die Relaisspulen werden entweder direkt mit Strom aus dem Userport oder beim Anschluß an eine Druckerschnittstelle durch eine separate Stromquelle versorgt. Die Magnetventile wiederum benötigen eine eigene Stromversorgung (s. Abschnitt 3. STROMVERSORGUNG). Ihre Stromkreise werden durch die Relaiskontakte gesteuert. Das Prinzip der Schaltungen ist in **Skizze 9** dargestellt.



Skizze 9 Prinzip der Steuertechnik für 3 Magnetventile

Die Relais der Interfaces werden mit einfachen (maschinenspezifisch unterschiedlichen) Kommandos geschaltet.

COMMODORE C-64 und C-128 (Userport)	Datenrichtungsregister auf Ausgang setzen: **POKE 56579,255** Datenleitungen auf HIGH setzen: **POKE 56577,1** (2,4,8,16,32,...) Datenleitungen auf LOW setzen: **POKE 56577,0**
COMMODORE VC-20 (Userport)	**POKE 37138,255** (vgl. C-64) **POKE 37136,1** (2,4,8,16,32,...) **POKE 37136,0**

SCHNEIDER CPC 464 und 664 (Drucker) 8. Bit invertiert	Datenleitungen auf HIGH setzen: OUT 61184,1 (2,4,8,16,32,...) Datenleitungen auf LOW setzen: OUT 61184,0 Jede Adresse zwischen 61184 und 61439 ist möglich (&EF00 bis &EFFF)
SCHNEIDER CPC 6128 (Drucker)	Wie 664
(Expansionport mit Spezialinterface)	OUT 63742,1 (2,4,8....) oder OUT &F8FE,1 (2,4,8....)
Triumph-Adler PC (Drucker)	OUT 48,1 (2,4,8,16,32,...) OUT 48,0 (vgl. SCHNEIDER)
IBM-PC (Drucker LPT1)	OUT 888,1 (2,4,8,16,32,...) OUT 888,0 (vgl. SCHNEIDER)
IBM-PC und Kompatible (Drucker LPT1)	Betriebssystem ermittelt beim Einschalten die Adresse. Sie liegt in den Speicherzellen 1032 und 1033 und muß abgefragt werden: Speichersegment definieren: 100 DEF SEG=64 Druckeradresse LPT1 ermitteln: 110 A=PEEK(8)+256*PEEK(9) Ausgabe auf dem Bildschirm: 120 PRINT A Steuern mit OUT-Kommandos wie SCHNEIDER
APPLE alle außer IIc (Joystick, 4 Ausgänge)	Datenleitungen D-0 bis D-3: D-0 ein: POKE 49240,1 aus: POKE 49241,0 D-1 ein: POKE 49242,1 aus: POKE 49243,0 D-2 ein: POKE 49244,1 aus: POKE 49245,0 D-3 ein: POKE 49246,1 aus: POKE 49247,0 Für mehr als 4 Ausgänge:
Steckkarte in Slot 4 (mit VIA 6522)	POKE 49346,255 (vgl.COMMODORE) POKE 49344,1 usw. POKE 49344,0
ACORN B (Userport)	Datenrichtungsregister auf Ausgang setzen: ? 65122=255 (vgl.COMMODORE) ? 65120=1 (2,4,8,...) ? 65120=0

Die Zahlen vor dem Komma kennzeichnen die Speicheradressen der Userports oder Druckerschnittstellen. Die Zahlen hinter dem Komma (bzw. Gleichheitszeichen) sind die Dezimalwerte, mit denen die 8 Datenleitungen einzeln (oder bei Addition der Werte auch zusammen) auf HIGH gesetzt werden können. Mit den OUT-bzw. POKE-Befehlen werden diese Zahlenwerte in Binärzahlen umgewandelt, mit denen an den 8 Pins der Ausgänge Bitmuster (bestimmte Abfolgen von HIGH- und LOW-Signalen) erzeugt werden.

Mit dem Wert 1 wird die erste Datenleitung (D0), mit 2 die zweite (D1), mit 4 die dritte (D2), mit 8 die vierte (D3) aktiviert usw. Mit dem Wert 1+2+4 oder aufaddiert 7 werden die Leitungen D0, D1 und D2 gleichzeitig angesprochen, mit 9 (1+8) die Leitungen D0 und D3.

Ist eine Datenleitung auf HIGH gesetzt, so zieht am Interface das zugehörige Relais an. An das Relais, das mit dem Wert 1 angesprochen wird, schließt man das Magnetventil (1) an, an das mit dem Wert 2 angesprochene das Ventil (2) usw. (vgl. Skizze 9).

5.2 Direktes Steuern mit der Tastatur

Wenn alle Leitungen korrekt angeschlossen sind, kann man die Funktion des Roboters im Direktmodus mit der Computertastatur prüfen. Dazu gibt man je nach Maschinentyp die oben genannten Befehle ein.

Will man zwei oder drei Funktionen gleichzeitig steuern, so gibt man die Werte hinter den Adressen mit Pluszeichen oder als Summen ein, z.B. bei Commodore- oder Schneider-Maschinen:

POKE 56579,255 POKE 56577,1+2+4 (COMMODORE)	OUT 61184,1+2+4 (SCHNEIDER)

Zum Abschalten setzt man den Wert 0:

POKE 56577,0	OUT 61184,0

Der PN-ROB-5 reagiert auf diese Kommandos (hier Anweisungen für COMODORE C-64) wie folgt:

```
POKE 56579,255      (vgl. 5.1 COMMODORE)
POKE 56577,1        Zange zu
POKE 56577,0        Zange auf
POKE 56577,2        Arm auf
POKE 56577,4        Arm ab
POKE 56577,8        Drehung rechts
POKE 56577,16       Drehung links
POKE 56577,32       Drehung links bis Mitte

POKE 56577,1+2      Zange zu, Arm auf
POKE 56577,1+4      Zange zu, Arm ab
POKE 56577,1+2+8    Zange zu, Arm auf, Drehung rechts
POKE 56577,1+2+16   Zange zu, Arm auf, Drehung links
POKE 56577,2+8      Zange auf, Arm auf, Drehung rechts

POKE 56577,0        Alle Funktionen abgeschaltet
```

Die automatische Abschaltung in der **Mittelstellung** wird nur bei einer Linksdrehung wirksam (vgl. Abschnitt 3.5 FUNKTION DES TASTERS)

Bei anderen Maschinen werden die Eingaben entsprechend den oben aufgeführten maschinenspezifischen Adressen und Kommandos abgeändert.

5.3 Steuern mit Programmen

Programmstruktur

Im Programmier-Modus muß nach jedem Steuerbefehl eine Warteschleife (Zeitschleife) folgen. Die Programmstruktur ist dann wie folgt:

```
 90 POKE 56579,255              (Datenrichtungsregister)
100 LET A=56577                 (Adresse in A ablegen)
120 POKE A,1                    (Zange zu)
130 FOR T = 1 TO 700:NEXT T     (ca. 1 sec.)
140 POKE A,1+2                  (Zange zu, Arm auf)
150 FOR T = 1 TO 1000:NEXT T    (ca. 1,5 sec.)
160 POKE A,1+2+8                (Z.zu, Arm auf, rechts)
170 FOR T = 1 TO 1400:NEXT T    (ca. 2 sec.)
180 POKE A,1+4                  (Zange zu, Arm ab)
190 FOR T = 1 TO 1000:NEXT T
usw.
800 GOTO 120                    (Rücksprung)
```

Beim Steuern mit SCHNEIDER-, TRIUMPH-ADLER- oder IBM-Computern die POKE-Befehle durch OUT-Befehle ersetzen. Die Anweisung zum Datenrichtungsregister entfällt.

Für die ersten Programmierversuche sollten einfache Programmabläufe gewählt werden, wie sie im Abschnitt 4. ARBEITSWEISE DES MODELLS mit dem einfachsten Beispiel aufgezeigt werden.

Beim Ablegen des Balls in der erhöhten Ablage kann man den Arm auch ohne Druck, also ohne Ansteuern von Ventil 4, nur durch sein Eigengewicht absenken. Dies erreicht man, indem man Ventil 2 abschaltet.

Programmwiederholungen

Um die Anzahl der Wiederholungen zu bestimmen (z.B. 8), setzt man anstelle des GOTO-Befehls eine Zählschleife:

```
110 FOR N = 1 TO 8
800 NEXT N
```

Mit Zählschleifen und extrem kurzen Zeitschleifen kann man Rüttel- oder Vibrationsbewegungen ausführen. Im folgenden Beispiel erzeugt die Roboterzange klappernde Geräusche:

```
610 FOR Z = 1 TO 10                (10 mal durchlaufen)
620 POKE A,1                       (Zange zu)
630 FOR T = 1 TO 35 : NEXT T       (ca. 0,05 sec.)
640 POKE A,0                       (Zange auf)
650 FOR T = 1 TO 35 : NEXT T       (ca. 0,05 sec.)
660 NEXT Z                         (Rücksprung)
```

Am Programmende sollten alle Funktionen abgeschaltet werden:

```
890 POKE A,0                       (alle Magnete aus)
900 END
```

Steuerzeiten

Beim Programmieren kommt man im allgemeinen mit 3 Zeitschleifen aus, z.B.:

```
Zange zu oder auf:        FOR T = 1 TO  400 : NEXT T
Arm auf oder ab:          FOR T = 1 TO  800 : NEXT T
Drehen links oder rechts: FOR T = 1 TO 1200 : NEXT T
```

Diese drei Steuerzeiten kann man in drei Unterprogrammen ablegen. In den Programmzeilen greift man dann mit einer GOSUB-Anweisung darauf zu. Somit erspart man sich das Eingeben der Zeitschleifen. Außerdem kann man die Arbeitsgeschwindigkeit des Roboters rasch durch Überschreiben der Werte in den Unterprogrammen ändern.

```
100 POKE 56579,255
100 LET A=56577
110 FOR N = 1 TO 8
120 POKE A,1
130 GOSUB 1000          (Sprung nach 1000)
140 POKE A,1+2
150 GOSUB 1100          (Sprung nach 1100)
160 POKE A,1+2+8
170 GOSUB 1200          (Sprung nach 1200)
180 POKE A,1+8
190 GOSUB 1100
usw.

800 NEXT N
890 POKE A,0
900 END
-------------------------------
1000 FOR T = 1 TO  400 : NEXT T
1010 RETURN
1100 FOR T = 1 TO  800 : NEXT T
1110 RETURN
1200 FOR T = 1 TO 1200 : NEXT T
1210 RETURN
```

Die in den Beispielen verwendeten Zeitschleifen sind relativ lang und eignen sich für erste Programmierversuche. Je nach Einstellung der Drosseln lassen sie sich wesentlich reduzieren. Es können dann rasch aufeinanderfolgende Bewegungen erzielt werden.

Die in den obigen Beispielen vorkommenden BASIC-Befehle reichen im allgemeinen aus, um das Modell zu steuern. Selbstverständlich kann auch mit anderen Befehlen und Programmiertechniken gearbeitet werden.

Ansteuern von Zwischenstellungen

Beim Steuern des Drehzylinders besteht die Möglichkeit, beliebige Positionen zwischen der linken und rechten Endstellung des Drehgestells anzufahren und dort anzuhalten. Hierzu wird lediglich die Zeitschleife so dimensioniert, daß das Magnetventil für eine kürzere Zeit geöffnet wird, als es für eine volle Drehbewegung von der einen Endstellung zur anderen erforderlich ist.

Beispiel: Für eine volle Drehung von links nach rechts ist eine Warteschleife FOR T = 1 TO 500 erforderlich. Setzt man die Schleife auf FOR T = 1 TO 250, so bleibt der Roboterarm etwa in einer Mittelposition stehen.

Diese Steuerungstechnik ist jedoch nicht sehr präzise, da sie von Druckschwankungen oder der Drosseleinstellung abhängig ist; sie wird daher auch in der Realität in dieser Form nicht angewendet. Sie stellt aber beim Programmieren der Modelle eine interessante Variante dar.

Um eine zuverlässige Mittelposition zu erreichen, steuert man beim PN-ROB 5 mit der Leitung (32) den Taster an, der bei einer Betätigung durch das Gummirad die Druckluft schlagartig abschaltet (vgl. Abschnitt 3.5 FUNKTION DES TASTERS). Die Abschaltung funktioniert allerdings nur bei einer Linksdrehung, da diese Taster-Leitung mit dem Magneten (16) gekoppelt ist.

5.4 Programmausdrucke

Im folgenden Abschnitt sind 2 Programme abgedruckt, die nach den oben aufgeführten Verfahren aufgebaut sind. Sie stellen einen einfachen und einen schwierigen Bewegungsablauf dar. Die Programme sind für SCHNEIDER-Computer geschrieben, können jedoch leicht für andere Rechner umgeschrieben werden.

Dazu setzt man in der Befehlszeile LET A = 61184 die Adresse des Druckerausgangs des betreffenden Rechners ein. Bei Anschluß an einen Userport fügt man die Anweisung ein, mit der das Datenrichtungsregister auf Ausgang gesetzt wird (z.B. POKE 56579,255) und ersetzt die OUT-Befehle durch POKE-Befehle mit der entsprechenden Adresse, die man unter LET A (z.B. LET A = 56577) ablegt, wie in der allgemeinen Beschreibung oben ausgeführt.

Da die verschiedenen Rechner unterschiedlich schnell arbeiten, muß man eventuell die Werte in den Zeitschleifen geringfügig ändern. Einer Sekunde Wartezeit entspricht bei COMMODORE etwa der Wert 700, bei SCHNEIDER der Wert 1000.

```
10 REM==============================
20 REM       PN-ROB-5
30 REM       Steuerprogamm 1
40 REM==============================
50 REM  Setzt einen Ball von unten
60 REM  nach oben und zurueck
70 REM==============================
80 REM   Ausgang  1: Zange zu
90 REM   Ausgang  2: Arm heben
100 REM  Ausgang  4: ARM senken
110 REM  Ausgang  8: Drehen rechts
120 REM  Ausgang 16: Drehen links
130 REM  Ausgang 32: Magnet 16 ueber
140 REM              Endschalter
150 REM  Ausgang  0: Zange auf
160 REM==============================
170 REM  Ausgangsstellung:
180 REM  Endstellung links, Arm ge-
190 REM  senkt, Zange geoeffnet.
200 REM  Unter der Zange ein Ball.
210 REM==============================
220 REM        VORPROGRAMM
230 REM      zum Anfahren der
240 REM      Ausgangsposition
250 REM==============================
260 LET A=61184
270 REM Adresse Druckerausgang
280 REM==============================
290 OUT A,2            :REM HEBEN
300 FOR T=1 TO 500:NEXT T
310 REM------------------------------
320 OUT A,2+16         :REM LINKS
330 FOR T=1 TO 500:NEXT T
340 REM------------------------------
350 OUT A,4+16         :REM SENKEN
360 FOR T=1 TO 500:NEXT T
370 REM==============================
380 REM     HAUPTPROGRAMM
390 REM------------------------------
400 FOR N=1 TO 2
410 REM Zaehlschleife fuer Wieder-
420 REM holungen
430 REM==============================
440 OUT A,1+4+16       :REM GREIFEN
450 FOR T=1 TO 400 :NEXT T
460 REM------------------------------
470 OUT A,1+2+16       :REM HEBEN
480 FOR T=1 TO 700:NEXT T
490 REM------------------------------
500 OUT A,1+2+8        :REM RECHTS
510 FOR T=1 TO 1000:NEXT T
520 REM------------------------------
530 OUT A,1+2          :REM WARTEN
540 FOR T=1 TO 1000:NEXT T
550 REM------------------------------
560 OUT A,1            :REM SENKEN
570 FOR T=1 TO 500:NEXT T
580 REM------------------------------
590 OUT A,0            :REM OEFFNEN
600 FOR T=1 TO 400:NEXT T
610 REM------------------------------
620 OUT A,2            :REM HEBEN
630 FOR T=1 TO 500:NEXT T
640 REM------------------------------
650 OUT A,2+16          : REM LINKS
660 FOR T=1 TO 2000:NEXT T
670 REM------------------------------
680 OUT A,2+8          : REM RECHTS
690 FOR T=1 TO 1000:NEXT T
700 REM------------------------------
710 OUT A,8            : REM SENKEN
720 FOR T=1 TO 600:NEXT T
730 REM------------------------------
740 OUT A,1+8          : REM GREIFEN
750 FOR T=1 TO 400:NEXT T
760 REM------------------------------
770 OUT A,1+2+8        : REM HEBEN
780 FOR T=1 TO 400:NEXT T
790 REM------------------------------
800 OUT A,1+2+16       : REM LINKS
810 FOR T=1 TO 1000:NEXT T
820 REM------------------------------
830 OUT A,1+4+16       : REM SENKEN
840 FOR T=1 TO 1000:NEXT T
850 REM------------------------------
860 OUT A,0            : REM OEFFNEN
870 FOR T=1 TO 2000:NEXT T
880 REM==============================
890 REM
900 NEXT N
910 REM Ruecksprung nach 400
920 REM------------------------------
930 OUT A,0
940 END
```

```
10 REM==============================
20 REM       PN-ROB-5
30 REM       Steuerprogamm 2
40 REM==============================
50 REM    Tauscht 2 Baelle gegen-
60 REM    einander aus
70 REM==============================
80 REM    Ausgang  1: Zange zu
90 REM    Ausgang  2: Arm heben
100 REM   Ausgang  4: Arm senken
110 REM   Ausgang  8: Drehen rechts
120 REM   Ausgang 16: Drehen links
130 REM   Ausgang 32: Magnet 16 ueber
140 REM               Endschalter
150 REM   Ausgang  0: Zange auf
160 REM==============================
170 REM   Ausgangsposition:
180 REM   2 Baelle in den unteren
190 REM   Ablagen
200 REM==============================
210 REM        VORPROGRAMM
220 REM      zum Anfahren der
230 REM      Ausgangsposition
240 REM==============================
250 LET A=61184
260 REM Adresse Druckerausgang
270 REM==============================
280 OUT A,2            :REM HEBEN
290 GOSUB 1500
300 REM-----------------------------
310 OUT A,2+16         :REM LINKS
320 GOSUB 1600
330 REM-----------------------------
340 OUT A,4+16         :REM SENKEN
350 GOSUB 1500
360 REM==============================
370 REM     HAUPTPROGRAMM
380 REM-----------------------------
390 FOR N=1 TO 2
400 REM  Zaehlschleife fuer
410 REM  Wiederholungen
420 REM==============================
430 OUT A,1+4+16       :REM GREIFEN
440 FOR T=1 TO 400 :NEXT T
450 REM-----------------------------
460 OUT A,1+2+16       :REM HEBEN
470 GOSUB 1500
480 REM-----------------------------
490 OUT A,1+2+8        :REM RECHTS
500 GOSUB 1600
510 REM-----------------------------
520 OUT A,1+2          :REM WARTEN
530 GOSUB 1500
540 REM-----------------------------
550 OUT A,1            :REM SENKEN
560 GOSUB 1500
570 REM-----------------------------
580 OUT A,0            :REM OEFFNEN
590 FOR T=1 TO 400:NEXT T
600 REM-----------------------------
610 OUT A,2            :REM HEBEN
620 GOSUB 1500
630 REM-----------------------------
640 OUT A,2+32         :REM LINKS M**
650 FOR T=1 TO 500:NEXT T
660 REM-----------------------------
670 OUT A,4            :REM SENKEN
680 GOSUB 1500
690 REM-----------------------------
700 OUT A,1+4          :REM GREIFEN
710 FOR T=1 TO 400:NEXT T
720 REM-----------------------------
730 OUT A,1+2          :REM HEBEN
740 GOSUB 1500
750 REM-----------------------------
760 OUT A,1+2+16       :REM LINKS
770 GOSUB 1600
780 REM-----------------------------
790 OUT A,1+4+16       :REM SENKEN
800 GOSUB 1500
810 REM-----------------------------
820 OUT A,4+16         :REM OEFFNEN
830 FOR T=1 TO 500:NEXT T
840 REM-----------------------------
850 OUT A,2+16         :REM HEBEN
860 GOSUB 1500
870 REM-----------------------------
880 OUT A,2+8          :REM RECHTS
890 GOSUB 1600
900 REM-----------------------------
910 OUT A,8            :REM SENKEN
920 GOSUB 1500
930 REM-----------------------------
940 OUT A,1+8          :REM GREIFEN
950 FOR T=1 TO 400:NEXT T
960 REM-----------------------------
970 OUT A,1+2+8        :REM HEBEN
980 GOSUB 1500
990 REM-----------------------------
1000 OUT A,1+2+32      :REM LINKS M**
1010 GOSUB 1500
1020 REM----------------------------
1030 OUT A,1+4         :REM SENKEN
1040 GOSUB 1500
1050 REM----------------------------
1060 OUT A,0           :REM OEFFNEN
1070 FOR T=1 TO 400:NEXT T
1080 REM----------------------------
1090 OUT A,2           :REM HEBEN
1100 GOSUB 1500
1110 REM----------------------------
1120 OUT A,2+16        :REM LINKS
1130 GOSUB 1500
1140 REM----------------------------
1150 OUT A,4+16        :REM SENKEN
1160 REM                WARTEN
1170 FOR T=1 TO 2000:NEXT T
1180 REM==============================
1190 REM
1200 NEXT N
1210 REM Ruecksprung nach 390
1220 REM----------------------------
1230 REM    SONDERPROGRAMM
1240 REM    SPASS MUSS SEIN!
1250 REM----------------------------
1260 OUT A,2+16
1270 GOSUB 1500
1280 FOR Z=1 TO 8
1290 OUT A,1+2+16
1300 FOR T=1 TO 60:NEXT T
1310 OUT A,2+16
1320 FOR T=1 TO 60:NEXT T
1330 NEXT Z
1340 REM----------------------------
1350 OUT A,4+16
1360 GOSUB 1500
1370 OUT A,0
1380 END
1390 REM==============================
1400 REM    UNTERPROGRAMME
1410 REM----------------------------
1500 FOR T=1 TO 700:NEXT T
1510 RETURN
1520 REM----------------------------
1600 FOR T=1 TO 1000:NEXT T
1610 RETURN
1620 REM----------------------------
```

5.5 Eingangsabfrage

Der Vorteil der Pneumatik-Roboter ist darin zu sehen, daß man lediglich mit Ausgangs-Signalen sehr vielfältige Bewegungsabläufe steuern kann. Selbst die Funktion eines Endschalters zur Begrenzung eines Bewegungsspielraums kann mit einem Ausgangssignal genützt werden (vgl. dazu Abschnitt 3.5 FUNKTION DES TASTERS).

Mit dem im PN-ROB-5 eingebauten Taster kann auch eine Einführung in schwierigere Steuerungen gegeben werden, wie sie für das Steuern von Motoren erforderlich sind. Es geht dabei um die sogenannte Eingangsabfrage. Dabei fragt der Rechner den Zustand des Tasters ab und reagiert direkt auf Änderungen.

Zur Tasterabfrage werden die beiden mit (32) bezeichneten Stecker am Taster getrennt und so angeschlossen, daß der Taster als Schließer arbeitet, d.h. im Ruhezustand öffnet er einen Stromkreis, bei Betätigung schließt er ihn. Die Kabelbrücke zum Magneten (16) wird entfernt.

Die beiden zum Taster führenden Leitungen werden nun an der Eingabeschnittstelle des jeweiligen Rechners, also dem Userport oder Joystick-Eingang, angeschlossen. Der Zustand des Tasters kann mit bestimmten Kommandos abgefragt und vom Rechner verarbeitet werden, d.h. wenn der Taster betätigt wird, kann der Computer z.B. mit einem Ausschaltimpuls reagieren.

Allerdings sollte man mit den Tasterleitungen nicht direkt an die Schnittstellen gehen, sondern ein Eingangs-Interface verwenden, durch das die Modell-Leitungen zum Schutz des Computers vor zu hohen Fremdspannungen galvanisch von den Datenleitungen getrennt sind. Beim Eingangs-Interface wird mit den Tasterleitungen ein Relais ein- oder ausgeschaltet, über dessen Kontakte die Datenleitungen entsprechend geschaltet werden.

Solche Eingangs-Interfaces oder kombinierte Ausgangs-Eingangs-Interfaces sind ebenfalls im Handel erhältlich. Bezugsquellen sind dem beigefügten Informationsblatt zu entnehmen.

Die Kommandos für die Eingangsabfrage sind von Computer zu Computer verschieden. Sie können den Benutzerhandbüchern entnommen werden. Im folgenden werden die Befehle zur Abfrage des Tasters für COMMODORE und SCHNEIDER vorgestellt.

Bei einer Verbindung des Tasters mit Pin 1 und Pin 8 des Joystick-Eingangs kann der Schaltzustand folgendermaßen kontrolliert werden:

Bei COMMODORE:

```
 90 POKE 56579,255                  (vgl. 5.3)
500 POKE 56577,2+16                 (Arm oben, Drehung links)
510 IF PEEK (56320) <> 126 THEN 510
520 POKE 56577,2                    (Drehung beendet)
```

Bei SCHNEIDER:

```
500 OUT 61184,2+16                  (Arm oben, Drehung links)
510 IF JOY (0) <> 1 THEN 510
520 OUT 61184,2                     (Drehung beendet)
```

In Zeile 510 bleibt das Programm solange in einer Schleife, bis die Werte 126 bzw. 1 erreicht sind. Danach wird in 520 die Drehfunktion abgeschaltet.

6. STEUERN MIT FISCHERTECHNIK-INTERFACE

Die Pneumatik-Roboter können auch mit einem fischertechnik-Interface gesteuert werden. Je nach Computertyp gibt es verschiedene Ausführungen.

6.1 Schaltung und Steuertechnik

Das fischertechnik-Interface wird an einen Userport, Joystickport oder an eine Druckerschnittstelle angeschlossen. Die Stromversorgung erfolgt vorzugsweise durch das fischertechnik Computing-Netzgerät oder das Netzgerät mot 4. Neben der Interface-Elektronik werden dabei auch die Magnetventile versorgt. Die Anschlußtechnik geht aus der Interface-Anleitung hervor.

Das Interface arbeitet mit vier Ausgängen, die mit M1 bis M4 bezeichnet werden. Es besitzt ferner 10 Eingänge, die mit E1 bis E8, EX und EY gekennzeichnet sind. Die Ausgänge sind mit 1 A belastbar und können ein-, aus- und in der Stromrichtung umgeschaltet werden. Im Gegensatz zum Relais-Interface werden Transistor-Brückenstufen eingesetzt.

Die Steuerung der **Interface-Ausgänge** erfolgt durch Aufruf von Programmen in Maschinensprache, z.B. bei COMMODORE:

```
SYS M1,EIN
SYS M1,AUS
SYS M1,RECHTS
SYS M1,LINKS
```

Da bei der Steuerung von Magnetventilen die Stromrichtung keine Rolle spielt, werden die beiden zuletzt genannten Befehle normalerweise nicht gebraucht. Ein Ventil wird mit dem Kommando **SYS M1,EIN** eingeschaltet und mit **SYS M1,AUS** ausgeschaltet. Entsprechendes gilt für die Ausgänge M2 bis M4.

Bei anderen Computern z.B. SCHNEIDER, APPLE II, IBM und ACORN werden Programme in Maschinensprache anstelle von SYS mit CALL aufgerufen:

```
z.B: CALL M1,EIN
     CALL M1,AUS
```

Die **Interface-Eingänge** werden mit der USR-Funktion abgefragt:

COMMODORE, APPLE und IBM:	IF USR(E1)<>1 THEN...
SCHNEIDER:	CALL IN, @ E1:IF E1<>1 THEN...
ACORN:	IF FNUSR(E1)<>1 THEN....

Die USR-Funktion ruft ein Programm in Maschinensprache auf.

Alle oben erwähnten Programme in Maschinensprache müssen in den Speicher des Computers geladen sein. Hierzu dient das Grundprogramm, das jedem Steuerungsprogramm vorgeschaltet werden **muß** (Zeile 1 bis 500). Das Grundprogramm ist auf den jeweils verwendeten Computer abgestimmt und ist in der Anleitung zu dem dazu passenden Interface abgedruckt. Es kann auch von der Diskette bzw. Kassette zum fischertechnik-Computing-Programm geladen werden, die für das betreffende Interface bezogen werden kann.

Die im Abschnitt 6.4 PROGRAMMAUSDRUCKE abgedruckten Programmbeispiele für COMMODORE C-64 sind jeweils ohne Grundprogramm aufgeführt, da dieses von Computer zu Computer unterschiedlich ist. Falls ein anderer Computer verwendet wird, sind die SYS-Befehle und USR-Funktionen wie oben dargestellt abzuändern.

Die Anleitung zu den fischertechnik-Interfaces enthält alle weiteren Hinweise, die bei der Inbetriebnahme zu beachten sind.

6.2 Direktes Steuern mit der Tastatur

Wenn alle Leitungen korrekt angeschlossen sind, kann man die Funktion der Roboter mit Hilfe des Diagnoseprogramms (siehe Interface-Anleitung oder fischertechnik-COMPUTING-Diskette) prüfen. Mit den Zahlentasten werden die Magnetventile angewählt. Mit Taste A wird das angewählte Ventil ausgeschaltet, mit Taste R eingeschaltet.

Der PN-ROB 5 hat 5 Magnetventile. In diesem Fall werden die Ventile 4R und 4L über den Ausgang M4 gemeinsam gesteuert, wobei durch Festlegung der Stromrichtung (R oder L) Ventil 4R oder 4L angesprochen wird.

Will man zwei oder drei Funktionen steuern, so wählt man die betreffenden Ventile nacheinander an.

Der PN-ROB-5 reagiert auf diese Kommandos wie folgt:

1 R	Ventil 1	auf:	Zange zu
1 A	Ventil 1	zu:	Zange auf
2 R	Ventil 2	auf:	Arm auf
2 A	Ventil 2	zu:	Arm ab ohne Druck
3 R	Ventil 3	auf:	Arm ab mit Druck
3 A	Ventil 3	zu:	ohne Druck
4 R	Ventil 4R	auf:	Drehung rechts
4 L	Ventil 4L	zu:	Drehung links

Die Funktion des Endtasters für die Mittelstellung kann am Bildschirm überprüft werden.

6.3 Hinweise zum Programmieren

Im Programmiermodus muß der Steuerbefehl in eine Schleife eingebettet werden. Die Anzahl der Schleifendurchläufe bestimmt die Zeitdauer der Aktion. Stünde der Steuerbefehl vor einer Zeitschleife, so würde das Magnetventil eventuell vorzeitig schließen, weil die Schutzschaltung des Interface nach etwa 0,5 Sekunden anspricht. Genauere Hinweise dazu sind der Anleitung zum Interface zu entnehmen.

Im folgenden wird ein Beispiel mit 4 Programmschritten für ein COMMODORE-Interface gegeben.

Steuerprogramm (im Anschluß an das Grundprogramm aus der Interface-Anleitung oder von der COMPUTING-Diskette):

```
600 FOR T = 1 TO 150
610 SYS M1,EIN              (Zange zu)
620 NEXT T
630 FOR T = 1 TO 200
640 SYS M2,EIN              (Zange zu, Arm auf)
650 NEXT T
660 SYS M1,AUS              (Zange auf)
670 FOR T = 1 TO 200
680 SYS M2,EIN              (Arm oben halten)
690 NEXT T
700 SYS M2,AUS              (Ventil 2 zu)
710 FOR T = 1 TO 200
720 SYS M3,EIN              (Arm ab)
730 NEXT T
740 SYS M3,AUS              (Ventil 3 zu)
```

Die im Abschnitt 5.3 enthaltenen Hinweise zum Programmieren von Wiederholungen oder zum Ansteuern von Zwischenstellungen bei Pneumatik-Zylindern sind auch auf das Programmieren mit einem fischertechnik-Interface übertragbar.

6.4 Programmausdrucke

Im folgenden Abschnitt sind zwei Programme abgedruckt, die nach den oben beschriebenen Verfahren aufgebaut sind. Sie stellen einen einfachen und einen schwierigen Bewegungsablauf dar. Die Programme sind für COMMODORE geschrieben, können jedoch leicht für andere Computer umgeschrieben werden. Dazu muß das passende Grundprogramm geladen sein und die SYS-Befehle und USR-Funktionen müssen wie oben beschrieben ersetzt werden.


```
600 REM ---------------------------
610 REM PN-ROB-5/1 FUER FT-INTERFACE
620 REM ---------------------------
630 :
640 :
650 REM   A1=EIN     => ZANGE ZU
660 REM   A1=AUS     => ZANGE AUF
670 REM   A2=EIN     => ARM HOCH
680 REM   A3=EIN     => ARM SENKEN
690 REM   A4=LINKS   => LINKS DREHEN
700 REM   A4=RECHTS  => RECHTS DREHEN
710 :
720 :
730 :
740 REM    HAUPTPROGRAMM
750 REM    -------------
760 :
770 FOR I=1 TO 3
780 :
790 A1=AUS:A2=AUS:A3=EIN:A4=AUS
800 GOSUB 1370
810 :
820 A1=EIN:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
830 GOSUB 1370
840 :
850 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
860 GOSUB 1370
870 :
880 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=RECHTS
890 GOSUB 1370
900 :
910 A1=EIN:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
920 GOSUB 1370
930 :
940 A1=AUS:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
950 GOSUB 1370
960 :
970 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
980 GOSUB 1370
990 :
1000 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=LINKS
1010 GOSUB 1370
1020 :
1030 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=LINKS
1040 GOSUB 1370
1050 :
1060 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=RECHTS
1070 GOSUB 1370
1080 :
1090 A1=AUS:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
```

```
1100 GOSUB 1370
1110 :
1120 A1=EIN:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1130 GOSUB 1370
1140 :
1150 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
1160 GOSUB 1370
1170 :
1180 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=LINKS
1190 GOSUB 1370
1200 :
1210 A1=EIN:A2=AUS:A3=EIN:A4=AUS
1220 GOSUB 1370
1230 :
1240 A1=AUS:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1250 GOSUB 1370
1260 :
1270 A1=AUS:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1280 GOSUB 1370
1290 :
1300 NEXT I
1310 :
1320 :
1330 END
1340 :
1350 :
1360 :
1370 REM     UNTERPROGRAMM
1380 REM     -------------
1390 :
1400 FOR T=1 TO 50
1410 SYS M1,A1
1420 SYS M2,A2
1430 SYS M3,A3
1440 SYS M4,A4
1450 NEXT T
1460 RETURN
```

```
600 REM ----------------------------
610 REM PN-ROB-5/2 FUER FT-INTERFACE
620 REM ----------------------------
630 :
640 :
650 REM    A1=EIN     => ZANGE ZU
660 REM    A1=AUS     => ZANGE AUF
670 REM    A2=EIN     => ARM HOCH
680 REM    A3=EIN     => ARM SENKEN
690 REM    A4=LINKS   => LINKS DREHEN
700 REM    A4=RECHTS  => RECHTS DREHEN
710 :
720 :
730 :
740 REM     AUSSGANGSSTELLUNG
750 REM     -----------------
760 :
770 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
780 GOSUB 2470
790 :
800 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=LINKS
810 GOSUB 2470
820 :
830 A1=AUS:A2=AUS:A3=EIN:A4=LINKS
840 GOSUB 2470
850 :
860 :
870 REM     HAUPTPROGRAMM
880 REM     -------------
890 :
900 FOR I=1 TO 2
910 :
920 A1=EIN:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
930 GOSUB 2470
940 :
950 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
960 GOSUB 2470
970 :
980 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=RECHTS
990 GOSUB 2470
1000 :
1010 A1=EIN:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1020 GOSUB 2470
1030 :
1040 A1=AUS:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1050 GOSUB 2470
1060 :
1070 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
1080 GOSUB 2470
1090 :
```

```
1100 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=LINKS
1110 GOSUB 2600:REM EINGANGSABFRAGE
1120 :
1130 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
1140 GOSUB 2470
1150 :
1160 A1=AUS:A2=AUS:A3=EIN:A4=AUS
1170 GOSUB 2470
1180 :
1190 A1=EIN:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1200 GOSUB 2470
1210 :
1220 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
1230 GOSUB 2470
1240 :
1250 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=LINKS
1260 GOSUB 2470
1270 :
1280 A1=EIN:A2=AUS:A3=EIN:A4=AUS
1290 GOSUB 2470
1300 :
1310 A1=AUS:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1320 GOSUB 2470
1330 :
1340 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
1350 GOSUB 2470
1360 :
1370 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=RECHTS
1380 GOSUB 2470
1390 :
1400 A1=AUS:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1410 GOSUB 2470
1420 :
1430 A1=EIN:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1440 GOSUB 2470
1450 :
1460 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
1470 GOSUB 2470
1480 :
1490 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=LINKS
1500 GOSUB 2600:REM EINGANGSABFRAGE
1510 :
1520 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
1530 GOSUB 2470
1540 :
1550 A1=EIN:A2=AUS:A3=EIN:A4=AUS
1560 GOSUB 2470
1570 :
1580 A1=AUS:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1590 GOSUB 2470
```

```
1600 :
1610 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
1620 GOSUB 2470
1630 :
1640 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=LINKS
1650 GOSUB 2470
1660 :
1670 A1=AUS:A2=AUS:A3=EIN:A4=AUS
1680 GOSUB 2470
1690 :
1700 A1=AUS:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1710 GOSUB 2470
1720 :
1730 NEXT I
1740 :
1750 :
1760 A1=EIN:A2=AUS:A3=AUS:A4=AUS
1770 GOSUB 2470
1780 :
1790 A1=EIN:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
1800 GOSUB 2470
1810 :
1820 :
1830 REM     WIPPEN
1840 REM     ------
1850 :
1860 FOR I=1 TO 5
1870 :
1880 FOR T=1 TO 13
1890 SYS M1,EIN
1900 SYS M2,EIN
1910 SYS M3,AUS
1920 NEXT T
1930 :
1940 FOR T=1 TO 6
1950 SYS M1,EIN
1960 SYS M2,AUS
1970 SYS M3,EIN
1980 NEXT T
1990 :
2000 NEXT I
2010 :
2020 :
2030 REM     WERFEN
2040 REM     ------
2050 :
2060 A1=EIN:A2=AUS:A3=EIN:A4=AUS
2070 GOSUB 2470
2080 :
2090 FOR T=1 TO 11
2100 SYS M1,EIN
2110 SYS M2,EIN
2120 SYS M3,AUS
2130 NEXT T
2140 :
2150 SYS M1,AUS
2160 SYS M2,EIN
2170 :
2180 :
2190 REM     SONDERPROGRAMM
2200 REM     SPASS MUSS SEIN!
2210 :
2220 A1=AUS:A2=EIN:A3=AUS:A4=AUS
2230 GOSUB 2470
2240 :
2250 FOR I=1 TO 10
2260 :
2270 FOR T=1 TO 7
2280 SYS M1,EIN
2290 SYS M2,EIN
2300 NEXT T
2310 :
2320 FOR T=1 TO 7
2330 SYS M1,AUS
2340 SYS M2,EIN
2350 NEXT T
2360 :
2370 NEXT I
2380 :
2390 A1=AUS:A2=AUS:A3=EIN:A4=AUS
2400 GOSUB 2470
2410 :
2420 :
2430 END
2440 :
2450 :
2460 :
2470 REM     UNTERPROGRAMM
2480 REM     -------------
2490 :
2500 FOR T=1 TO 50
2510 SYS M1,A1
2520 SYS M2,A2
2530 SYS M3,A3
2540 SYS M4,A4
2550 NEXT T
2560 RETURN
2570 :
2580 :
2590 :
2600 REM     UNTERPROGRAMM MIT
2610 REM      EINGANGSABFRAGE
2620 REM     ----------------
2630 :
2640 SYS M1,A1
2650 SYS M2,A2
2660 SYS M3,A3
2670 SYS M4,A4
2680 IF USR (E8)<>1 THEN 2640
2690 SYS M4,AUS
2700 RETURN
```

7. BEHEBUNG VON MÖGLICHEN STÖRUNGEN

Für die Funktion des Modells sind außer der Computerfunktion vier Positionen zuständig. Deshalb bei Störungen zunächst prüfen:

- Kompressor
- Netzgerät für Modell
- Netzgerät für Interface bei Relais-Interfaces
- Einschalter am Interface

Im folgenden sind einige mögliche Störungen am Modell selbst und deren Ursachen aufgeführt.

Drehzylinder arbeitet nicht mit Ausgang 32:

- Taster falsch angeschlossen (vgl. Skizze 7)

Tasterfunktion ist nicht wirksam

- Taster falsch angeschlossen.
- Tasterknopf wird nicht tief genug eingedrückt. Baustein 15 auf Baustein 30 verschieben.

Ball schrammt beim Ablegen am Rand der unteren Ablagen:

- Ablageschalen etwas nach außen ziehen, Ansatz des Hubzylinders am hinteren Aluprofil etwas höher schieben, so daß der Arm schräger steht.

Ball schnellt beim Greifen in der oberen Ablage weg:

- Ablageschale nach innen verschieben, so daß die Zange den Ball in der Mitte fassen kann.

Zange öffnet nicht zuverlässig:

- Bolzen der Gelenke klemmen, Klemmbuchsen etwas auseinanderziehen.
- Scharniere austauschen.
- Zylinder ausbauen und prüfen, ob Kolbenstange von selbst zurückgeht.

Geräusche austretender Druckluft:

- Stopfen am Pneumatik-Verteilerrohr prüfen.
- Schlauchanschlüsse am unteren Stutzen der Ventile prüfen.
- Beim beidseitig betätigten Drehzylinder oder Hubzylinder können geringe Leckverluste an der Führung der Kolbenstange auftreten, die Geräusche erzeugen, jedoch die Funktion nicht wesentlich beeinflussen.

Zylinder fährt nicht aus:

- Drosselschraube öffnen.
- Schlauch auf Knicke untersuchen.
- Elektrischen Kontakt am Magnetanschluß überprüfen.
- Schlauchanschlüsse auf gutem Sitz prüfen.

Zylinder fährt ruckartig aus:

- Zylinder wurde vor dem Umschalten entlüftet. Zweckmäßig läßt man nach Erreichen der Endlage den Zylinder weiterhin unter Druck, so daß beim Umschalten im Zylinder ein Luftpolster existiert.

Magnet zieht nicht an:

- Stecker verdrehen, prüfen, ob die Steckerverschraubung Kontakt hat.

Magnetventil brummt stark:

- Das Ankerblech vibriert. Klebestreifen auf die Unterseite des Ankerblechs kleben, so daß das Blech die Magnetpole nicht direkt berührt.
- Die Zugfeder spannt zu sehr. Feder entfernen oder etwas dehnen. (Die Zugfeder hat bei normalem Betriebsdruck keine Bedeutung für die Rückstellwirkung.)

Der Computer reagiert nicht mehr:

- Die Tastatur ist unwirksam, der Bildschirm zeigt ungewöhnliche Zeichen, es erscheint unerwartet die Meldezeile auf dem Bildschirm:
  Programmabsturz, evtl. durch elektromagnetische Impulse. Computer abschalten und wieder neu beginnen.

8. STÜCKLISTE PN-ROB 5

Abb.	Anzahl	Bezeichnung	CVK-Nr.
1	1	Bauplatte 299 x 187	62023
3	1	Alu-Profil 105	65367
3	2	Alu-Profil 120	66401
4	1	Drehkranz	64913
5	6	Baustein 30	60179
6	5	Baustein 15	60195
7	7	Baustein 15 mit 2 Zapfen	60209
8	2	Baustein 15 mit rundem Zapfen	60365
9	2	Baustein 15 mit Bohrung	65596
10	2	Baustein V15 Eck	64239
12	18	Baustein 5	63585
13	17(+2)	Federnocken	64743
14	3(+2)	Verbindungsstück 15	60969
15	3	Verbindungsstück 30	60977
18	2	Gelenkwürfel 15	65642
20	7	Winkelstein gleichschenklig	60845
21	3	Winkelstein 15 Grad	65790
22	5	Winkelstein 7,5 Grad	65804
24	1	Bauplatte 15 x 45 mit Zapfen	64182
26	4	Bauplatte 15 x 15 mit Zapfen	64824
28	4	I-Strebe 15	66495
29	2(+2)	Scharnier	61698
30	4	Kesselhalter	65740
31	1	Rollenbock	66487
34	1	Radhalter	66444
35	1	Gummirad (Flugzeugrad)	64891
36	1	Achse 50 mit Rändelring	65030
37	4	K-Achse 30	64778
40	9(+2)	Klemmbuchse 5	64212
44	2	Gelenk für Pneumatik-Zylinder	66533
45	2	Zylinder 60, blau	62511
46	1	Zylinder 45 mit Feder	63526
47	5	Ventil geschlossen, blau	62562
48	2	P-Drossel, blau	62546
49	1	P-Verteiler	61990
50	4(+2)	P-Stopfen, blau	66509
51	24(+2)	P-Schlauchanschluß, schwarz	66517
52	1	PVC-Schlauch, 3000 mm lang	66525
-	1	Anschlußschlauch, 650 mm lang	13219
54	5(+1)	Zugfeder für Elektromagnet	66584
55	5	Ankerlagerstein	66576
56	5	Magnet-Ankerblech	66568
57	10	Führungsplatte für E-Magnet	66592
58	5	Elektromagnet für Magnetventil	66550
59	1	Mini-Taster	64360
60	15	Flachstecker grün	60543
60	21	Flachstecker rot	60551
61	5	Varistor	66681
-	1	Flachbandkabel, 20adrig	64875
63	1	Schraubendreher E	64735
64	1	Raupenbelag 30	65677
66	3	V-Stein 30 x 30 x 15, gelb	66452
69	2	Ball, gelb	66614
-	1	Blatt mit Klebepunkten, rot	43274
-	1	Satz Gummifüße	66630
-	1	Beutel mit Schlauchhülsen	66649

fischertechnik Schulprogramm

Bausatz Pneumatik-Roboter PN-ROB 5

Erarbeitet von:
Gerhard Ruckwied, Wiesloch-Baiertal
in Zusammenarbeit mit der CVK-Lehrmittelredaktion

Fotos und Zeichnungen:
Gerhard Ruckwied, Wiesloch-Baiertal

Bestandteile des Bausatzes **Best.-Nr. 66282**
fischertechnik-Bauelemente zum Bau des kompletten Modells, Bau- und Programmieranleitung PN-ROB 5, Bildheft zu den Bauanleitungen.

Bau- und Programmieranleitung PN-ROB 5
(gesondert) **Best.-Nr. 66720**

Bildheft zu den Bauanleitungen PN-ROB 2-5
(gesondert) **Best.-Nr. 66673**

1. Auflage - 2. Druck 1991
1986 Cornelsen Experimenta, Berlin

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Auslieferung des fischertechnik Schulprogramms:
Cornelsen Verlagsgesellschaft, Bielefeld