

Roboter steuern

Zum NDR-Klein-Computer

So heißt eine Folge der Serie Mikroelektronik. Dieses Thema ist so interessant, daß es sich lohnt, hier etwas zu verweilen. In diesem Beitrag wird Ihnen erst ein wenig über Robotertechnologie erzählt und dann eine Platine vorgestellt, die die Schaltung zum Roboter und zum Digitalisierer enthält. Die Platine braucht dann nur noch auf die IOE-Karte aufgesteckt zu werden. Da das Aufbauen der Roboter-Zusatzschaltung mit freier Verdrahtung auf Lochrasterplatte doch recht mühsam ist, stellt diese Platine eine recht gute Hilfe dar. Übrigens gibt es von der Firma Fischer-technik einen Baukasten, mit dem man verschiedene Robotermodelle, einen einfachen Plotter und ein einfaches Grafiktablett zur Digitalisierung von Zeichnungen aufbauen kann. Aber zum Roboterbau komme ich noch später. Zunächst will ich Ihnen etwas aus der Vergangenheit erzählen, anschließend auf einige technische Details eingehen und schließlich ein wenig Zukunftsmusik spielen. Anschließend wird dann die Hardware der Roboterplatine besprochen und das Listing des Roboterprogramms erläutert. Das Programm ist auch fertig auf einem EPROM erhältlich.

Historisches

Roboter sind Handhabungsautomaten, und dieses Wort sagt eigentlich schon alles. Es sind Maschinen, eben Automaten, die gewisse Bewegungsabläufe der menschlichen Hand (und des Armes) nachbilden können. Durch den angeschlossenen Computer wird der Automat dann noch mit einem kleinen Quentchen Intelligenz versorgt, und fertig ist der Roboter. Das Wort „Roboter“ verdanken wir dem tschechischen Schriftsteller Karel Capek, der 1921 in Prag ein utopisches Drama „Robot & Co.“ schrieb, in dem alle Arbeit auf der Erde menschenähnlichen Geschöpfen, den Robotern, überlassen wurde. Das Wort „Robot“ bedeutet im Tschechischen „Knecht“ oder „Sklave“. Diese

Knechte wurden in großer Zahl hergestellt. In der Geschichte werden dann Roboter produziert, die Gefühle haben konnten, also auch Leid fühlen konnten. Diese Roboter erhoben sich gegen die Menschheit und vernichteten sie. Das kann uns heute natürlich nicht passieren. Auch sehen moderne Roboter nicht wie Menschen aus – im Gegenteil. In Romanen und Filmen wimmelt es von exotisch aussehenden, technisch hochentwickelten Monstern, die entweder alle möglichen dramatischen Macken haben und immer drohen, die Menschheit zu vernichten. Was man beim Lesen der Bücher und beim Ansehen der Filme vergißt, sind die Roboter, die uns schon

seit Jahren umgeben. Daß diese Automaten durchaus manchmal tödlich sind, wird uns dabei gar nicht bewußt – denken Sie nur an die Steuerungen von Lenk Waffen und Raketen. Intelligente Automaten gab es aber schon zur Zeit von Christi Geburt. Damals dienten sie nur einem anderen Zweck. Auch die Steuerung durch ein Programm war damals schon realisiert. In Bild 1 sehen sie einen kleinen Tempelwagen, der automatisch eine vollständige Opferzeremonie vollzog. Der Wagen fuhr aus einer „Garage“ nach vorne und hielt dann an. Darauf begann die Zeremonie: Gott Bacchus ließ aus seinen Baccantenstab Milch fließen, aus dem Becher in der anderen Hand ergoß sich Wein. Girlanden fielen aus dem Unterbau des Tempels, Bacchantinnen umkreisten den Gott. Trommel und Becken ertönten. Dann drehte sich Bacchus um 180 Grad, und das Ganze ging noch einmal von vorne los. Alles in allem eine faszinierende Show. Zum Schluß fuhr der Automat wieder in seine „Garage“ zurück.

Alle Einzelfunktionen wurden nach

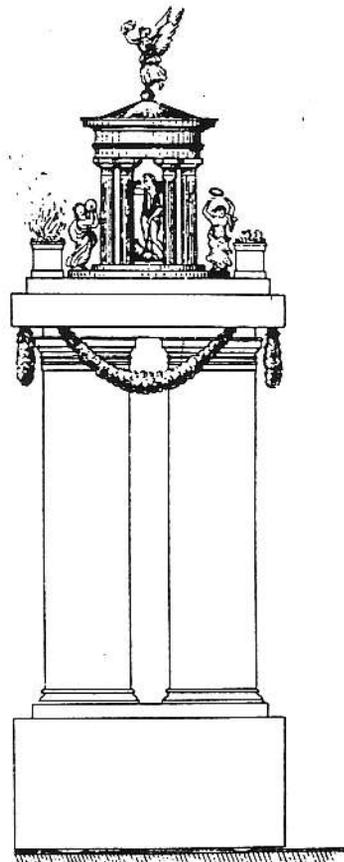


Bild 1: Der „Roboterempel“ des Heron von Alexandria.

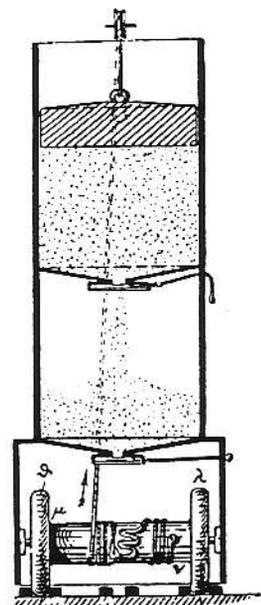


Bild 2: Der Tempelroboter im Schnitt.

demselben Schema programmgesteuert, so kann ich mich in der Beschreibung der Steuerung auf die Fahrfunktion des Wagens beschränken. Im Inneren des Wagens war ein Zuggewicht, das auf einer Schüttung von Hirsekörnern ruhte, wie der Schnitt in Bild 2 zeigt. Das Zugseil führte über eine Umlenkrolle nach unten auf die Wagenachse. Wenn die Hirse durch eine Öffnung rieselte, sank das Gewicht langsam nach unten und zog am Seil. Soweit ist alles klar. Die Programmierung sehen Sie in Bild 3. Das Seil war erst in der einen Richtung um die Achse gewickelt. Dann befand sich auf der Achse eine Öse mit Stift, so daß das Seil in der anderen Richtung um die Achse gewickelt werden konnte. Das resultierende Programm lautet ganz einfach: fahre erst eine bestimmte Strecke nach vorne und danach die gleiche Strecke rückwärts. Wollte man den Wagen eine Zeit lang still stehen lassen, wurde das Seil mit Wachs an der Achse festgeklebt, wie es in Bild 3 unten zu sehen ist. Solange die losen Lagen des Seils abgezogen wurden, stand der Wagen. Auf diese Weise wurden auch die anderen Funktionen gesteuert und liefen mit exakt vorbestimmten Timing ab. Im Mittelalter gab es dann komplizierte mechanische Automaten. Die wohl bekanntesten sind die zeichnenden und schreibenden Puppen der Franzosen Pierre und Henri Jaquet-Droz, die Mitte des 18. Jahrhunderts entstanden. Einen lebensgroßen, automatischen Trompeter eines anderen „Roboterbauers“ kann man im Deutschen Museum in München bewundern. Über den durch Lochkarten steuerbaren Webstuhl und die Maschinen der industriellen Revolution war es dann nicht mehr weit bis zu den heutigen Computern und Industrierobotern.

Stand der Dinge und ein wenig Zukunftsmusik

Mechanisch sind die Roboter heute ausgereift. Sie können Arbeiten verrichten, die für uns Menschen zu schwer sind, und sie können in ungesunder Umgebung ihre Tätigkeit verrichten oder einfach jene Arbeiten tun, die uns Menschen zu langweilig sind. Das Problem liegt derzeit noch in Ihrer Intelligenz. Ein Roboter muß heutzutage in seine Arbeit eingewiesen werden – man muß ihm seine Tätigkeit Schritt für Schritt beibringen. Diesen Vorgang bezeichnet man als „teach-in“. Je besser hier der Lehrer ist, desto besser ist nachher der Roboter. So werden die Bewegungsabläufe öfter eingegeben und dann die besten Sequenzen wie beim Film zusam-

Bild 3: Mit solchen Programmwalzen wurde der Bewegungsablauf gesteuert.

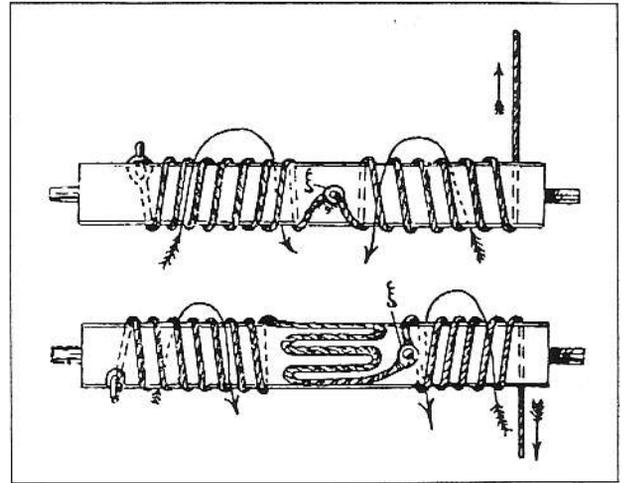
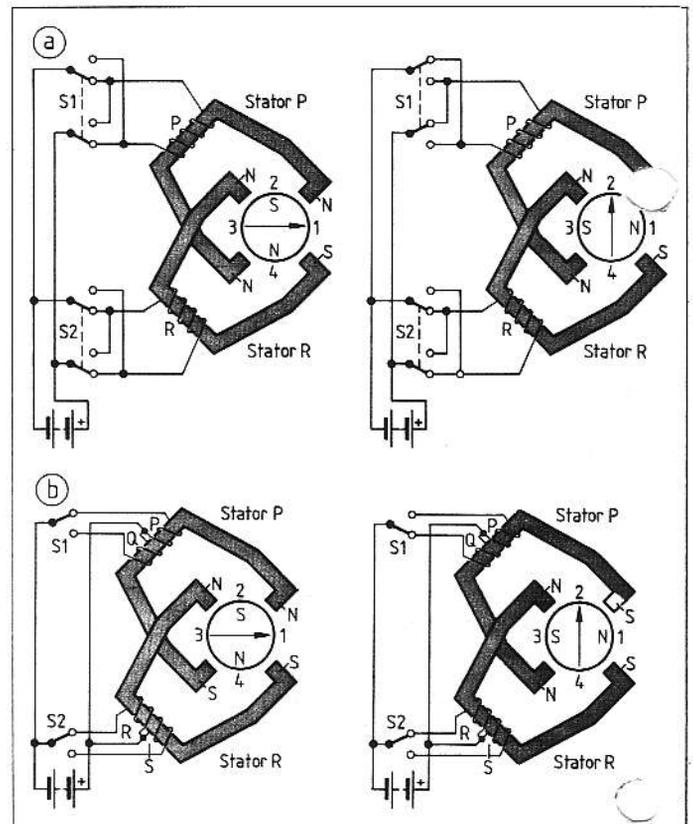


Bild 4: a) Prinzipielle Bipolar-Ansteuerung eines zweipoligen Schrittmotors. b) Unipolar-Ansteuerung.



menkopiert. Auch haben die Roboter derzeit noch wenig „Sensorik“, womit Einrichtungen gemeint sind, die unseren Sinnen entsprechen: insbesondere dem Tast- und dem Gesichtssinn. Wenn einem Roboter ein Werkstück, zum Beispiel ein Motorenteil, nicht genau passend hingelegt wird, dann kann er dieses Teil nicht richtig bearbeiten, und er produziert Ausschuß. Hätte er „Augen“ und einen Tastsinn, könnte er auch ein falsch liegendes Teil erkennen und es sich dann selbst richtig hinlegen. Auf diesem Gebiet wird derzeit fieberhaft geforscht. Eine andere Zukunftsvision wäre ein Roboter, der nach bestimmten Gesichtspunkten „hinzulernt“ und so seine Bewegungsabläufe ständig verbessert.

Antrieb und Steuerung

Keine Angst, es folgt jetzt keine Abhandlung über Mechanik, Hydraulik oder Pneumatik. Ich will nur kurz einige Möglichkeiten aufzeigen, wie man mit Motoren die Bewegungen eines Roboters steuern kann und wie der Computer feststellen kann, was „draußen“ eigentlich vorgeht. Daß an den Motoren eine Menge Getriebe, Gestänge und Keilriemen sitzen, ist uns allen längst klar geworden. Je mehr Gelenke ein Computer hat, desto beweglicher ist er. Man spricht hier von „Freiheitsgraden“. Der Roboter aus der Fernsehserie hat zwei Freiheitsgrade, er kann sich drehen und den Arm

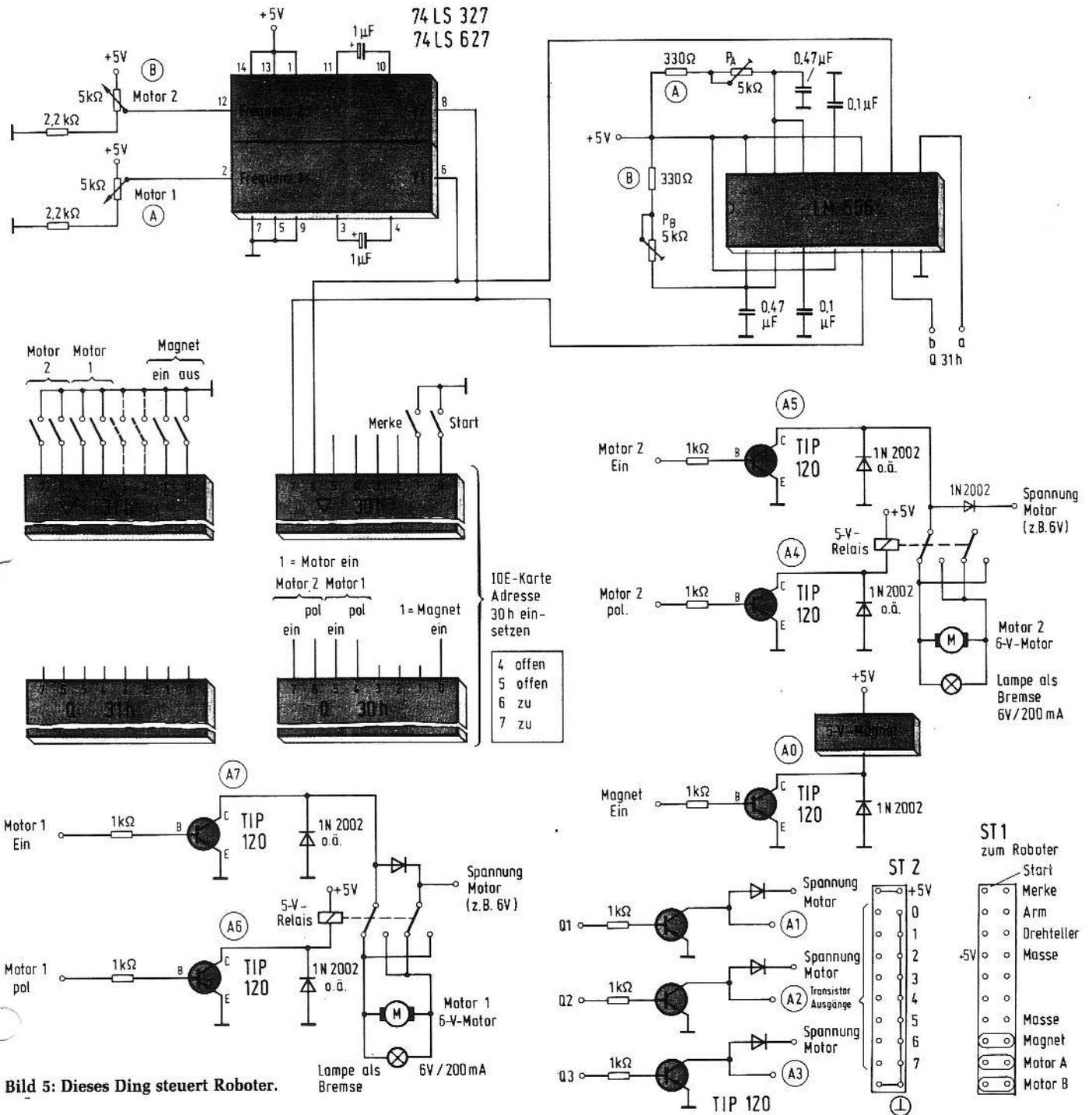


Bild 5: Dieses Ding steuert Roboter.

vor und zurück bewegen (Bild 8). Mit sechs Freiheitsgraden hat man schon einen recht beweglichen Apparat. Jedes Gelenk muß durch einen Motor bewegt werden – meist durch diverse Zahnräder oder andere Übertragungselemente. Diese Motoren können ganz normale Motoren sein, so wie im Modell von Fischertechnik, sind aber meist Schrittmotoren. Dies sind spezielle Motoren mit mehreren Magnetspulen, die rund um einen Rotor angeordnet sind, der starke Magnete enthält. Wenn man

nun die Magnete reihum ein- und ausschaltet, wird der Rotor Schritt für Schritt gedreht – jeweils um einen genau festgelegten Winkel. Der schematische Aufbau eines Schrittmotors ist in Bild 4 gezeigt. Mit den Schrittmotoren läßt sich der Roboter gut steuern, da sie nicht „nachlaufen“, wenn der Strom abgeschaltet wird, so wie es ein normaler Motor tut. Außerdem kann der Computer durch Mitzählen der Schritte feststellen, wo sich die „Hand“ des Roboters befindet.

Haben Sie sich einmal überlegt, was passiert, wenn sich der Computer durch einen Fehler oder eine Störung „verzählt“? Wenn der Arm des Roboters zum Beispiel irgendwo hängen bleibt, gibt der Computer weiter Schrittbefehle aus, die aber nicht ausgeführt werden. Als Resultat einer solchen Störung fuchtelt der Roboter dann wild in der Gegend herum und schweiß Löcher in die Luft, statt eine Autokarosserie zusammenzubauen. Zur Lösung dieses Problems gibt es mehrere Verfahren. Man kann den

Roboter nach jedem Werkstück in eine Grundposition fahren, die zum Beispiel durch Endstellungskontakte an den Computer gemeldet wird. Von dieser definierten Stellung aus werden dann die Schritte gezählt. Eine zweite Möglichkeit ist eine Einrichtung an jedem Gelenk, die meldet, ob der befohlene Schritt auch ausgeführt wurde. Diese Rückmeldung ist „inkremental“, was nichts anderes bedeutet, als daß nicht die Position eines Gelenks, sondern nur die Tatsache eines Einzelschritts zurückgemeldet wird. Besser ist da eine Codierscheibe oder, wie beim Modell von Fischertechnik, ein Potentiometer. Hier wird die Position oder die Lage eines Gelenks „absolut“ protokolliert. Diese Rückmeldung ermöglicht auch ein Regelverhalten des Computers. So kann man bei diesem Verfahren auch mit normalen Motoren arbeiten; die Motorsteuerung arbeitet solange in der einen oder anderen Richtung, bis die entsprechende Potistellung erreicht ist.

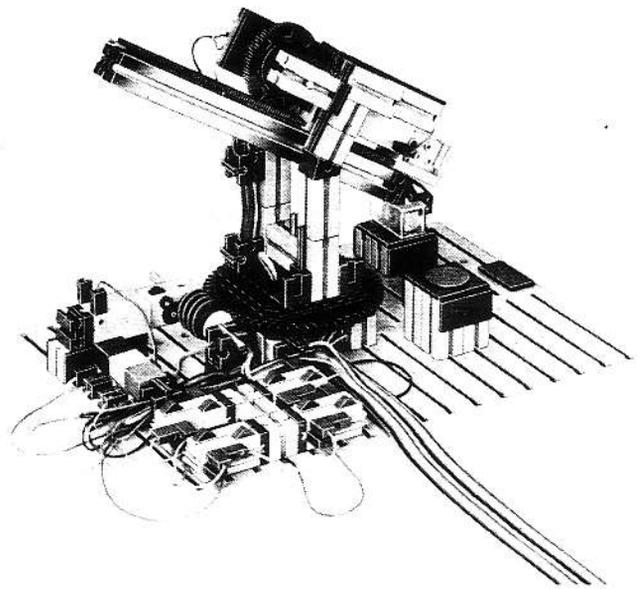


Bild 7: Der Roboter von Fischertechnik.

Analog zu Digital

Da ein Potentiometer nur eine bestimmte Spannung liefert, also einen kontinuierlich veränderlichen Wert, ein analoges Signal, muß dieser Wert erst für den Computer aufbereitet werden. Das geschieht, indem man mit dem Poti die Frequenz eines Rechteckgenerators steuert. Durch einfaches Abzählen der Pausendauer dieses „Tongenerators“ kann der Computer feststellen, welche Stellung das Potentiometer hat. Beim „Digitalizer“, der noch Platz auf der Platine gefunden hat, funktioniert das genauso. Die Schaltung der Roboterplatine zeigt **Bild 5**. Natürlich darf immer nur mit einem von beiden Bausteinen bestückt werden, also entweder der 74LS327 oder der NE556. Für die Robotersteuerung brauchen wir den 74LS327. Die Platine wird wie schon gesagt direkt an die Ausgänge der IOE-Karte per Stecker angeschlossen. **Bild 6** zeigt den Bestückungsplan der doppelseitigen Platine¹⁾. Der restliche Teil der Schaltung birgt keine Geheimnisse. Über recht kräftige Transistoren werden die beiden Motoren ein- und ausgeschaltet. Zwei Relais sorgen für Vorwärts- und Rückwärtslauf. Der Magnet des Modellroboters kann kleine Metallteile, zum Beispiel Schrauben oder Münzen, festhalten. Für zusätzliche Steueraufgaben stehen noch drei freie Transistoren zur Verfügung. Dem Spieltrieb werden also keine Grenzen gesetzt.

¹⁾ siehe Seite 41

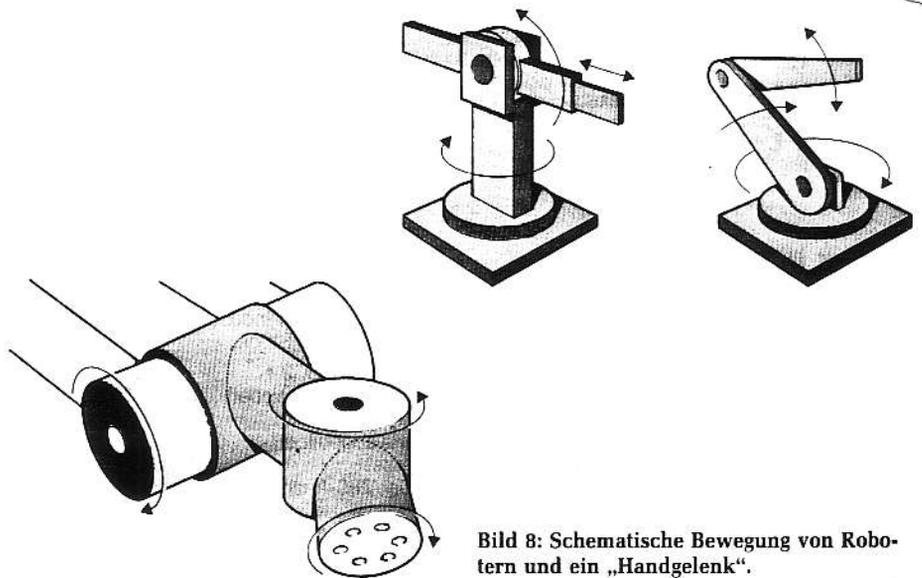


Bild 8: Schematische Bewegung von Robotern und ein „Handgelenk“.

Roboter, Roboter...

Der Roboterbausatz von Fischertechnik (siehe Foto **Bild 7**) funktioniert zwar recht anständig, aber er ist nicht ganz billig (etwa 150 DM), und es bleibt eben doch ein Technikbaukasten. Darum will ich hier alle Leser mit handwerklichem Geschick zum Roboterbau aufrufen. Dabei ist es egal, ob er aus Holz oder Metall ist, ob Teile von Baukästen verwendet werden oder alles selbst gebaut ist, ob Schrittmotoren oder normale Motoren zum Einsatz kommen. Schicken Sie ein Bild und eine kurze Beschreibung Ihres Roboters bis zum 28. Februar 1985 unter dem Kennwort „Roboter“ an den Franzis-Verlag, Software-Service, Postfach 37 01 20, 8000 München

37. Die interessantesten Roboter werden veröffentlicht (dafür gibt es dann auch ein Honorar). Unter den übrigen Einsendern werden Franzis-Bücher verlost. Lassen Sie Ihre Phantasie schweifen und fassen Sie das Thema nicht zu eng. Die Einsendungen werden nicht nur nach technischen und handwerklichen Gesichtspunkten bewertet, sondern es wird auch besonderes Gewicht auf schlaue Einfälle und die Art gelegt, wie ein bestimmtes (Detail)-Problem gelöst wird. Und denken Sie daran, es gibt Roboter für die mannigfachsten Anwendungen – auch hier ist Einfallsreichtum gefragt. Mitmachen darf jeder, also nicht nur Besitzer eines NDR-Kleincomputers.

Jürgen Plate