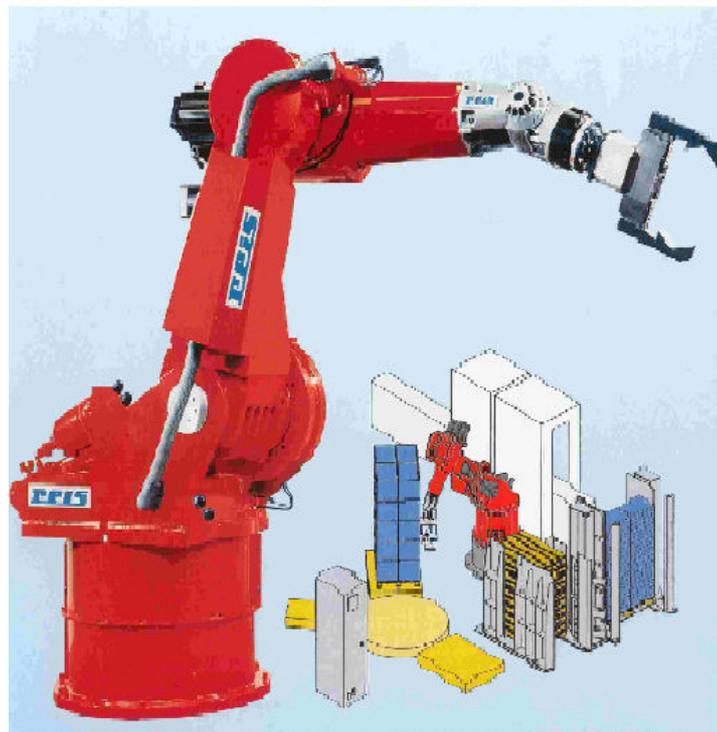


# *Steuerung eines „künstlichen Arms“*

## *Steuerung und Konstruktion eines Metallarms mit einer analogen Handsteuerung*

*Abb. Industriearm*



Wettbewerb „Schüler Experimentieren“ 2002

**Alexander Buhr ( 14 Jahre )**

**Alexander Höper ( 14 Jahre )**

Arbeitsgemeinschaft „Jugend Forscht“  
des Christian Gymnasiums Hermannsburg  
Leitung: StD Thomas Biedermann



## ***Inhaltsverzeichnis:***

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>3</b>
1.1	Wie sind wir auf dieses Thema gekommen? .....	3
1.2	Alternative Metallarme/ Metallarmnutzung.....	3
1.3	Arbeitsteilung .....	5
<b>2</b>	<b>Steuerung des Metallarms .....</b>	<b>5</b>
2.1	Aufbau des Metallarms .....	5
2.2	Auftretende Kräfte.....	9
2.3	Alternative Gelenksteuerungen .....	9
2.4	Warum habe ich die Gelenke und die Steuerung so gebaut?.....	10
2.5	Kräfteberechnung .....	11
2.6	Kräftevergleich zum menschlichen Arm.....	12
<b>3</b>	<b>Positionsabfrage am echten Arm .....</b>	<b>13</b>
3.1	Konstruktionsbeschreibung.....	13
3.2	Positionsübertragung vom Handgelenk zum Metalla .....	14
<b>4</b>	<b>Regelkreise .....</b>	<b>14</b>
4.1	Was versteht man unter diesem Begriff?.....	14
4.2	Die Regelkreise bei unserem Arm.....	14
<b>5</b>	<b>Diskussion (Probleme) .....</b>	<b>15</b>
5.1	Probleme am Metallarm.....	15
5.2	Probleme der Handgelenkpositionsabfrage.....	15
5.3	Probleme bei den Regelkreisen.....	16
<b>6</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>17</b>
6.1	Literaturverzeichnis.....	17
6.2	Danksagung.....	17
6.3	Bilder der originalen Handsteuerung bzw. des Metallarms.....	17

## ***1 Einleitung***

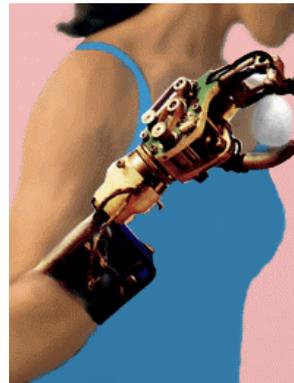
### ***1.1 Wie sind wir auf dieses Thema gekommen?***

Bei der Besprechung der nächsten Projekte wollten wir zunächst einen Roboter bauen. Doch wir hatten noch keine Ahnung wie er aussehen bzw. was er leisten soll. Herr Biedermann hat uns diverse Vorschläge gemacht, die uns auch gefielen. Aber die meisten dieser Vorschläge wurden nach einiger Zeit für uns unmöglich. So kamen wir nach mehreren Anläufen zu diesem Projekt. Wir haben uns vorgenommen einen Arm zu bauen, der dann durch eine Vorrichtung am menschlichen Arm zu steuern ist. Die Idee, einen laufenden Roboter zu bauen war uns schnell vergangen, da sogar die Firma „Sony“ eine lange Zeit gebraucht hat um einen solchen Roboter zu erfinden. Uns hat es ebenfalls interessiert, wo die verschiedenen Nutzungen solcher Arme liegen. Z.B. werden sie in Atomkraftwerken eingesetzt oder bei schwierigen Operationen, die eine ruhige Hand fordern. Solche Gebiete können mit der menschlichen Hand bzw. dem menschlichen Arm nicht so exakt ausgeführt werden. Nun haben wir „versucht“ einen solchen Arm nachzubauen, auch wenn er nicht in oben genannten Gebieten einsetzbar ist.

### ***1.2 Alternative Metallarme/ Metallarmnutzung***

**Die fühlende Hand.** Diese Prothese kann "fühlen". In den Fingern sind viele winzige Mikrophone integriert, die hören, wenn sich ein Objekt bewegt (wegrutscht). Wenn dieses der Fall ist greift die Hand reflexartig ein wenig stärker zu, so dass der Gegenstand fest gehalten wird. Diese Hand ist so sensibel, dass sogar ein rohes Ei gehoben werden kann. Sie wurde in Oxford entwickelt.

*Abb.1 Fühlende Hand*



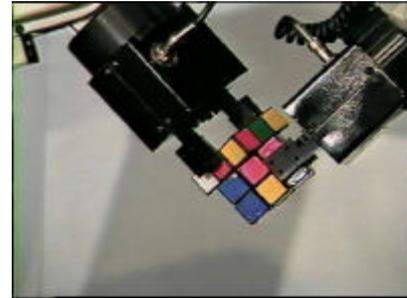
## Steuerung eines



## „künstlichen Arms“

Die Kooperation **zweier Roboter** die sofort aufeinander reagieren ist ein aktuelles Forschungsgebiet. Die selbstständige Koordination zweier Roboter aufgrund von Kameraaufnahmen ist sehr kompliziert, da die Algorithmen zur Bildverarbeitung, -erkennung und Auswertung sehr komplex und rechenintensiv sind.

Abb.2 Zwei Roboter



**Rotex** ist der erste Weltraumroboter. Er verfügt über zwei Mini Videokameras (die schwarzen Kabel gehören dazu), einen Zwei-Backengreifer und über 14 Sensorsystem. Die Steuerung erfolgt interaktiv, also handelt es sich im eigentlichen Sinne nicht um einen Roboter, sondern um einen Manipulator. Da zwischen Senden und Empfangen der Daten bis zu sieben Sekunden vergehen können, wird von der Software die zu erwartende Bewegung simuliert, gegebenenfalls muss nachkorrigiert werden.

Abb.3 Rotex



Mit dem **Master-Slaveprinzip** bezeichnet man die Ansteuerung eines Greifarms über einen Datenarm (Master), der in sicherer Entfernung bedient wird und dessen Bewegungen an den Slave übermittelt wird und so über Videokontakt für die Bedienenden kein großes Strahlenrisiko besteht. Dieses Prinzip wird auch bei unserem Regelkreis angewendet.

Abb.5 Master-Slaveprinzip



Mit Hilfe eines **Datenhandschuhs** wird die Trajektorie, welche die Hand beschreibt von einem Rechner erfasst und in die Bewegung der Greifhand übersetzt. Außerdem wird die Drehung der Hand übermittelt, damit der Greifarm eine ähnliche Bewegung nachahmen kann.

Abb.4 Datenhandschuh





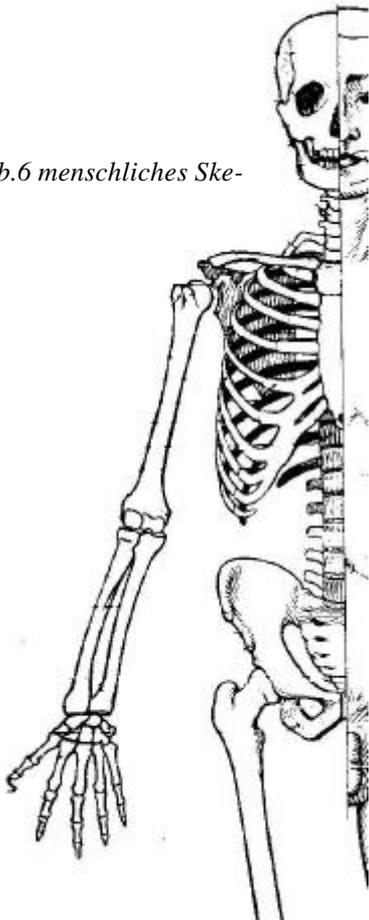
## 1.3 Arbeitsteilung

Wir haben uns die Arbeit gerecht aufgeteilt. Alexander Buhr hat den Metallarm mit den entsprechenden Antrieben konstruiert und fertiggestellt, während Alexander Höper sich mit den Problemen der Positionsabfrage des echten Armes beschäftigt hat.

## 2 Steuerung des Metallarms

### 2.1 Aufbau des Metallarms

Abb.6 menschliches Ske-



Zunächst muss man den entsprechenden Metallarm bauen. In einigen Punkten ähnelt er einem echten menschlichen Arm z.B. bei den Gelenken. Der Metallarm besteht hauptsächlich aus verschiedenen großen U-Profilen. Sie ersetzen die Knochen im menschlichen Arm und dienen nur als Tragarme (Gerüst). Die U-Profile bestehen quasi aus zwei angrenzenden Winkelprofilen und sind deshalb für diese Zwecke sehr nützlich, da sie einerseits hohl sind, also z.B. Kabel führen können, andererseits sind sie leicht (Aluminium). Das ist ein sehr wichtiges Kriterium bei einer Konstruktion eines Metallarms, denn er kann nur, wie beim Menschen in der Schulter, an einer Stelle, in diesem Fall die Bodenplatte, „verankert“ werden. Als Gelenke habe ich einfache Schrauben verwendet, die durch zwei verschie-

Abb.7 Ellenbogen



den große U-Profile geführt werden. Es sind ausschließlich Scharniergelenke, die jedoch nicht dem menschlichen Arm gleichen. Der Mensch besitzt ein Scharniergelenk, den Ellenbogen. Das Schulter- und das Handgelenk ist beim Menschen ein Kugelgelenk, das sich in alle beliebigen Richtungen bewegen kann. Diese Bauweise konnte ich

## Steuerung eines



## „künstlichen Arms“

nicht verwenden, da sie einerseits zu teuer und andererseits sehr schwer zu steuern sind. Die Gelenke, die ich verwendet habe sind zwar drehbar, doch durch ihr benötigtes Gewinde (zur Befestigung der Gegenmutter) haben sie ein wenig „Spiel“. Dieses Problem kann man größtenteils durch Unterlegscheiben lösen. Bei dem Greifer (Hand) kann man das bekannte „Scherenprinzip“ anwenden, bei dem sich durch zwei Hebel, die sich in einem Drehpunkt schneiden, sich die anderen Enden der Hebel bewegen, bzw. sich nähern (um etwas zu greifen.) Damit sich die Hebel nähern werden zwei Bowdenzüge angezogen bzw. gelockert. In der menschlichen Hand bewegen Sehnen die Knochen und Gelenke, die durch die verschiedenen Muskeln gespannt und entspannt werden (Beugemuskel und Streckmuskel). Ebenfalls bilden Scharniergelenke die Verbindung zwischen Fingern und Hand, doch die Bewegungsfreiheit dieser Gelenke wird durch Knochen bzw. Knorpel beeinflusst. Der Finger besitzt

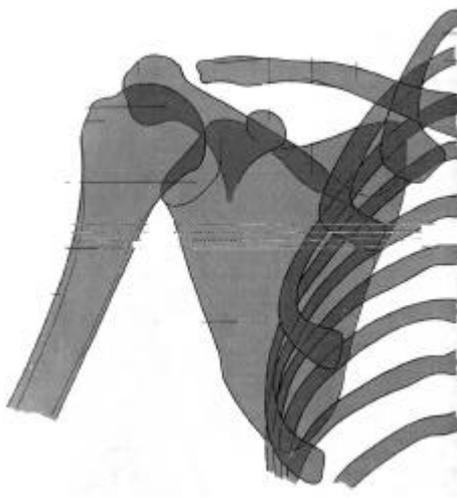


Abb.8 Schultergelenk

noch zwei weitere Scharniergelenke, die ich jedoch nicht weiter beachtet habe, da sie bei meiner Konstruktion überflüssig sind. Stattdessen habe ich die „Fingerspitzen“ meines Armes von Anfang an gekrümmt, damit den Fingern nichts „entgleiten“ kann.

Der eigentliche Arm besteht, genau wie beim Menschen, aus 4 der genannten U-Profilteile (Schulter/Brust, Oberarm, Unterarm, Hand), wobei sie eine unterschiedliche Profilgröße haben. Dadurch hat man die Möglichkeit sie ineinander zu „stecken“. Ich habe je zwei U-Profile mit einer Gewindeschraube verbunden und diese mit einer Gegenmutter befestigt. Das

erste Gelenk befindet sich am unteren Teil des Arms. Auf der Bodenplatte sitzt ein Schwenkgelenk, das den vollständigen Arm nach links oder rechts schwenken kann. Beim Menschen ist die Schulter als Kugelgelenk ausgebildet, was dem Menschen eine erheblich weitreichendere Bewegung verleiht.

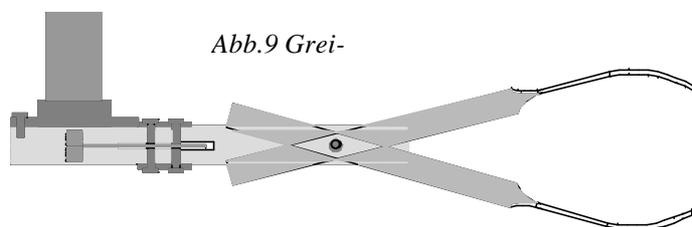


Abb.9 Grei-

Das Schwenkgelenk besteht aus einer Metallstange die durch zwei Gegenlager in einem Plexiglasblock drehbar gelagert ist. Das zweite Gelenk erlaubt dem fast vollständigen Arm sich nach oben und unten bewegen zu lassen. Es ist an dem U-Profil (Schulter/Brust) befestigt, welches mit dem Schwenkgelenk durch zwei Schrauben verbunden ist. Die einzelnen Gelenke können sich jeweils nur in kleineren Bereichen bewegen. Das vierte Gelenk wird hauptsächlich zum Ausgleich der Position des Greifarms eingesetzt, genau wie beim Menschen. Der Greifarm, bei dem ich das „Scherenprinzip“ angewandt habe, besteht ebenfalls aus einem Stück U-Profil. Der Motor, der an dem U-Profil angebracht ist, soll den Greifer zugreifen lassen. Auf der Motorwelle ist eine Winde, die durch eine Schraube befestigt ist. Auf der Winde ist ein Stahlseil befestigt, das auf und abgewickelt werden kann. Das Stahlseil verläuft durch einen Schlitz im U-Profil, über eine Umlenkrolle bzw. eine weitere zu den Befestigungspunkten an den Hebeln des Greifers.

Die Umlenkrolle muss über dem U-Profil liegen, (da sie sonst nicht drehbar ist) also habe ich sie an zwei Alublechstreifen befestigt, die durch je zwei Schrauben an dem Profil angebracht sind. Diese Umlenkrollen sorgen dafür, dass das Seil aus dem U-Profil herausgeführt wird. Zwei andere, kurz danach angebrachte Umlenkrollen leiten jedes Stahlseil zu „seinem“ Hebel.

Da der Arm durch seine Länge ein enormes Drehmoment erzeugt bzw. große Kräfte entstehen, muss er mit der Bodenplatte fest „verankert“ sein. Jedenfalls darf er weder umfallen, noch zusammenknicken. Zur Stabilisierung habe ich an dem 1.Drehgelenk einen Doppelwinkel angebracht. Auf dem unteren Teil dieses Winkels zwei Holzlatten befestigt, die an den „Schwenkgrenzen“ des Arms liegen. Sie ermöglichen die benötigte Stabilisierung des Armes bei Vollausschlag.

Abb.10 Aufbau des Metallarms

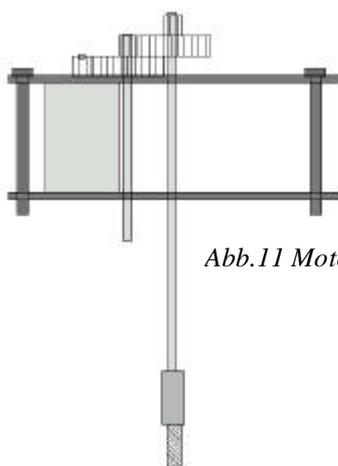
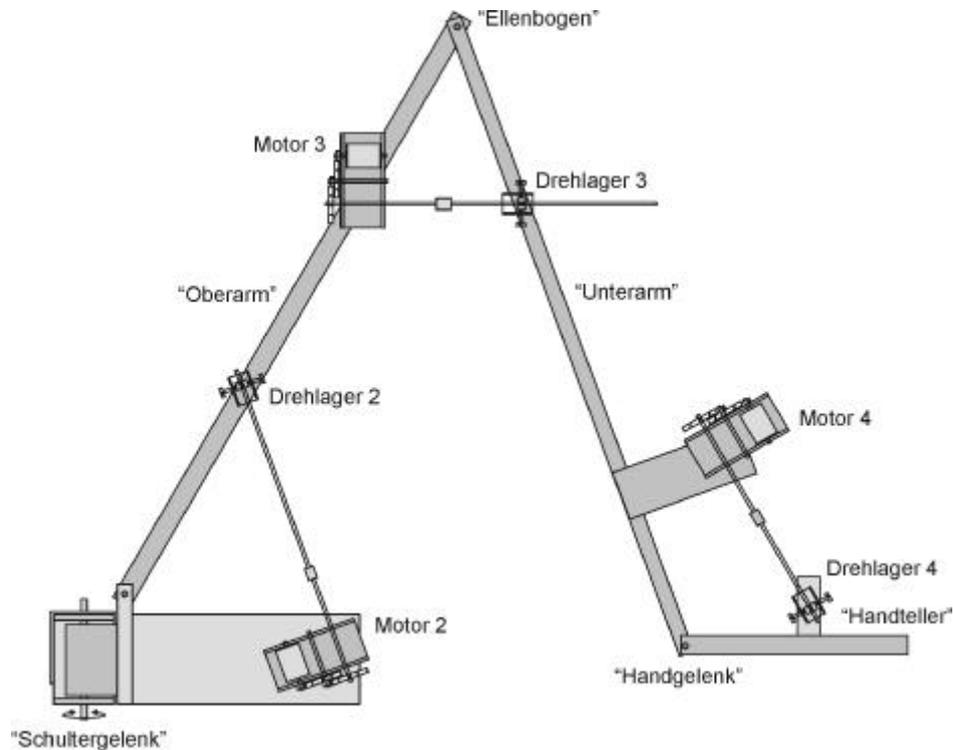


Abb.11 Motorblock

Die Gelenke werden durch Motoren angetrieben, auf denen bestimmte Getriebezahnräder aufgesetzt sind. Da die Motoren selbst zu schnell drehen und auch nicht das benötigte Drehmoment haben, müssen sie durch diese Getriebe übersetzt werden. Es erzeugt das benötigte Drehmoment und die langsamen Bewegungen des Armes. Dieser „Motorblock“ wird an der letzten Getriebestange durch eine Kupplung ergänzt. Sie ermöglicht den Übergang von einer normalen Stange zu einer Gewindestange.

Diese verläuft durch eine schwenkbare Gegenmutter, die in dem gegenüberliegenden U-Profil angebracht ist. Man muss entsprechende Schlitze bohren bzw. feilen, damit die Gewindestange auch weiter durch die Mutter laufen kann. Dieses Prinzip ermöglicht die Steuerung der Gelenke. Ich habe es bei den drei Gelenken angewendet, die für die Auf- und Abbewegungen zuständig sind.

Zur Abfrage der Position des Armes bzw. der Arnteile sind an bestimmten Stellen der Arnteile Potis angebracht. Die Potistange, von der die Positionen abgefragt werden können, ist

## Steuerung eines



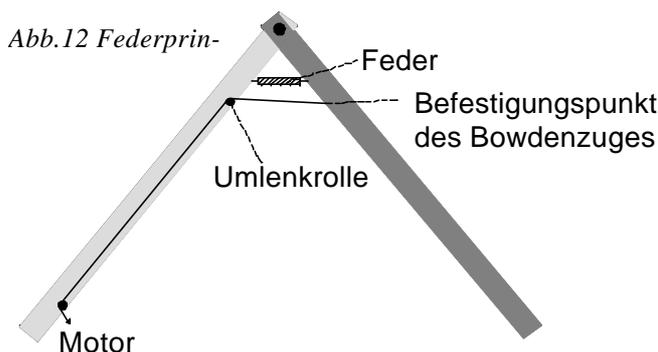
## „künstlichen Arms“

durch einen Plexiglashebel mit dem anderen Armteil verbunden. So wird die Potistange gedreht, sobald sich der andere Arm bewegt.

### 2.2 Auftretende Kräfte

Der gesamte Arm hat eine bestimmte Masse. Da der Arm jedoch nur an einer Stelle mit dem Boden verbunden ist, erzeugt der Arm ein Drehmoment. Das Drehmoment ist ebenfalls abhängig von der Schwerkraft. (Ohne Schwerkraft kein Drehmoment.) Die Kräfte bzw. das Drehmoment kann nur über komplizierte Berechnungen bestimmt werden, deshalb haben wir nur ein Prinzip der Kräfteberechnung durch zeichnerische Bestimmung im Punkt 2.5 verdeutlicht. Da der Arm wesentliche Ungleichmäßigkeiten besitzt habe ich die Berechnung an einem „idealen“ Arm vorgenommen. Es soll ebenfalls verdeutlichen, dass an der Gewindestange entgegengesetzte Kräfte wirken. Ebenso tritt an jedem „Armteil“ ein Drehmoment bzw. eine bestimmte Kraft auf. Durch die verstellbaren Gelenke verändern sich mit jeder Bewegung des Armes. Wenn der Arm ausgestreckt ist, erzeugt er ein größeres Drehmoment, als wenn er sehr eng anliegt. Die größten Kräfte treten an dem „Schultergelenk“ auf, da an diesem Gelenk die gesamte Masse des Armes und der Gelenke bzw. der Motoren lastet. Deshalb muss die Befestigung dieses Gelenkes mit der Bodenplatte sehr stabil sein, sonst würde der Arm umkippen.

### 2.3 Alternative Gelenksteuerungen



Es gab verschiedene Ideen die Gelenke zu steuern. Man könnte die Gelenke beispielsweise mit Hilfe von Bowdenzügen nach unten bewegen und mit Federn wieder spannen, doch wir haben schnell erkannt das die Federn sehr stark sein müssen.

Diese Kräfte können so kleine Federn nicht aufbringen. Somit war dieses Prinzip nicht anwendbar.

## Steuerung eines



## „künstlichen Arms“

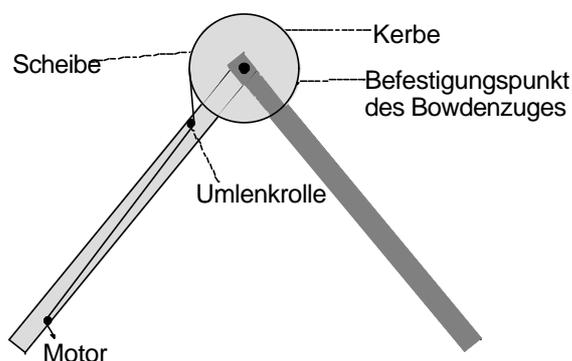


Abb.13 Scheibenprinzip

Wir konnten uns immer noch nicht von den Bowdenzügen losreißen, da sie wesentliche Vorteile haben. Sie sind leicht und man kann sie durch das U-Profil führen. So kam uns die Idee mit kreisrunden Scheiben die man über den Gelenken anbringt. Wenn man den Bowdenzug durch

eine Kerbe in der Scheibe führt und diesen an der Scheibe befestigt, hat man die Möglichkeit den Arm auf und ab zu bewegen.

Nachdem wir nun endlich die Bowdenzüge verlassen hatten dachten wir an die direkt Steuerung, die uns aber wegen der zu schwachen bzw. zu teuren Motoren auch bald aus dem Kopf war. Genauso schnell verging uns die Idee mit Servos, die uns sonst durch ihr Gewicht und leichte Steuerung überzeugt hätte. So kamen wir auf die Idee mit dem Getriebe – Motorblock und den Gewindestangen (s. 2.1 bzw. 2.4)

### **2.4 Warum habe ich die Gelenke und die Steuerung so gebaut?**

Es gab für mich nur zwei Möglichkeiten, welche die Kriterien Kosten und Stabilität erfüllten, die Gelenke zu konstruieren. Entweder benutzt man einfache Gewindestangen (hier: M3, M4) oder man benutzt sogenannte Silberstangen. Silberstangen haben den Vorteil das sie das Spiel, das durch das Gewinde entsteht beseitigen. Doch aus zeitlichen Gründen habe ich doch Gewindestangen benutzt. Für die Steuerung gab es ebenfalls verschiedene Möglichkeiten (s.2.3), doch ich habe mich für die wahrscheinlich einfachste und genaueste entschieden. Sie besteht aus einem Motor mit Getriebe auf dem eine Kupplung aufgesetzt ist. Sie ermöglicht den Übergang von einer normalen Metallstange auf eine Gewindestange. Dieser „Block“ ist auf dem einen Teil des Armes angebracht. Auf dem anderen Teil bzw. am Ende der Gewindestange ist eine Gegenmutter, durch welche die Gewindestange verläuft. Durch das Gewinde in der Mutter bzw. auf der Gewindestange ist es der Gewindestange möglich,

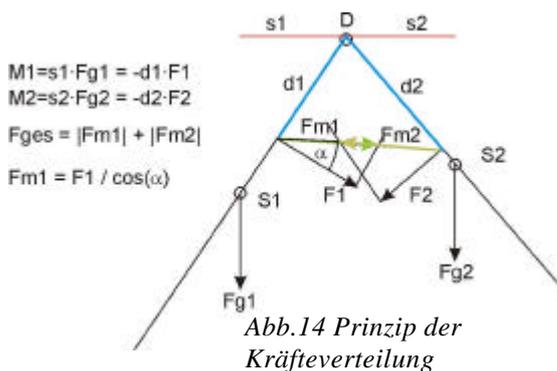
## Steuerung eines



## „künstlichen Arms“

sich durch die Mutter zu bewegen, wenn diese gedreht wird. Dies geschieht durch den „angekuppelten“ Motor. Durch die befestigte Mutter bewegt sich der Arm nun auf und ab bzw. hin und her. Die Mutter muss jedoch schwenkbar sein, da sich die Position des einen Armes verändert und auch die Position der Gewindestange bzw. der Mutter.

### 2.5 Kräfteberechnung



Die Kräfteverteilung am „Ellenbogen“-gelenk wird in der Abb. 15 dargestellt. Diese Art der Berechnung ist mir noch nicht geläufig und deshalb habe ich die Kräfteverteilung zeichnerisch gelöst.

Zur zeichnerischen Lösung benötigt man die Masse der Hebel (U-Profile) und dessen Län-

ge, da sie durch die Berechnung mit den Hebelgesetzen gefordert werden.

#### Lösung/ Ergebnis:

Zur Bestimmung habe ich folgende Formeln verwendet:

(1)  $M1 = Fg1 \cdot s1$  - Formel zu Bestimmung des Drehmoments M1

(2)  $M2 = Fg2 \cdot s2$  - Formel zur Bestimmung des Drehmoments M2

(3)  $Fm1 = -Fg1 \cdot \frac{s1}{d1} \cdot \cos a$  - Formel zur Bestimmung der Kraft Fm1

(4)  $Fm2 = -Fg2 \cdot \frac{s2}{d2} \cdot \cos b$  - Formel zur Bestimmung der Kraft Fm2

(5)  $|Fm1| + |Fm2| = Fm$  - Formel zur Bestimmung der Kraft, die an der Gewindestange wirkt

#### Lösung:

$$M1 = 4,905N \cdot 4,05cm$$

$$M2 = 4,905N \cdot 4,2cm$$

$$M1 = 19,87N$$

$$M2 = 20,60N$$

$$Fm1 = -4,905N \cdot \frac{4,05cm}{4,7cm} \cdot \cos 37^\circ$$

$$Fm2 = -4,905N \cdot \frac{4,2cm}{5,7cm} \cdot \cos 45^\circ$$

$$Fm1 = -3,376N$$

$$Fm2 = -5,931N$$

$$Fm = |3,376| + |5,931| = 9,31N$$

#### Ergebnis:

## Steuerung eines



## „künstlichen Arms“

Wenn die Schenkel in einem Winkel von  $75^\circ$  stehen, lasten ca. 9,31N auf der Gewindestange.

Aber sobald sich der Winkel der Schenkel verändert, verändern sich auch die Kräfte, die an der Gewindestange lasten bzw. der Motor überwinden muss. *Deshalb gilt:*

Je größer der Winkel ist, desto größer wird die Kraft  $F_{m1}$  bzw.  $F_{m2}$  und somit auch die Kraft, die an der Gewindestange angreift.

### 2.6 Kräftevergleich zum menschlichen Arm

Der menschliche Arm kann genau wie der mechanische nur bestimmte Gewichte heben. Es wirken ebenfalls Kräfte an Hebeln bzw. Stangen, doch beim Menschen sind die verwendeten Gewindestangen Sehnen. Diese Sehnen können unterschiedlich belastet werden und erzeugen so ein bestimmtes Drehmoment in den Gelenken. An dem Scharniergelenk im Ellenbogen befindet sich eine ca. 5 cm lange Sehne. Diese Sehne kann etwa mit bis zu ca. 2 t belastet werden. Der Unterarm wirkt dabei als Hebel und kann deshalb, durch das Hebelgesetz, an der Hand nur mit ca. 200 kg belastet werden (5 cm-50 cm, 200 kg-2000 kg). Genauso ist es bei dem Mechanikarm, da er auch ähnliche Gebilde wie einen Ober- bzw. Unterarm besitzt. Bei diesem Arm können auch größere Kräfte am Oberarm als am Unterarm wirken. Deshalb darf er nur ein bestimmtes Gewicht in der Hand bzw. im Greifarm halten. Es werden noch weitere Teile des Armes belastet. Da der Unterarm durch eine Gewindestange mit dem anderen Arm verbunden ist, wirken dort ebenfalls enorme Kräfte. Auch die Motorhalterung bzw. das Gerüst des Motorblocks werden stark belastet, da sie nur mit je einer Schraube in der Halterung verbunden sind, weil sie drehbar bleiben müssen.



## 3 Positionsabfrage am echten Arm

### 3.1 Konstruktionsbeschreibung

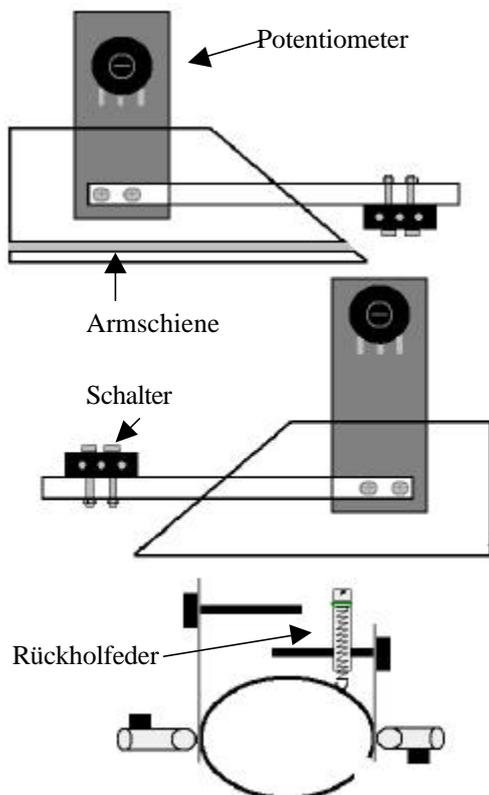


Abb.15 Ansichten der Handsteuerung

Die Armschiene wurde aus einem Kunststoffrohr gefertigt. Die Seite wurde geschlitzt, damit ich die Schiene besser um meinen Arm bekomme. Anschließend habe ich die Ränder der Schiene abgeglättet und sie mit Filz ausgepolstert. In beide Seiten mussten jeweils zwei Löcher gebohrt werden, um die Plexiglasstäbe dort anbringe

Die Plexiglasstäbe wurden mit Hilfe einer Hei luftpistole ungefähr in der Mitte gebogen, um eine große Bewegungsfreiheit zu schaffen, ohne gleich gegen die Schalter zu kommen. Am Ende der Stangen brachte ich mit zwei Schrauben die Schalter an, mit denen ich die Links-Rechts-Bewegung steuere. Zwischen die Plexiglasstangen und die Armschiene musste ich jeweils eine Aluminiumplatte setzen. In die Platten bohrte ich eine Bohrung mit 7mm

Durchmesser. Die Bohrungen sind versetzt, damit sich die Potiachsen nicht berührten. Die Potentiometer (Potis) habe ich mit der Achse zuerst durch die Löcher gesteckt und mit einer Potimutter befestigt. Dann nahm ich eine weitere Plexiglasstange und verkürzte sie auf 5cm. Danach bohrte ich waagrecht am Ende der Stange ein Loch, das so dick wie die Achse war. Anschließend habe ich senkrecht eine Bohrung in die Stange gebracht, um die Stange mit einer Schraube zu befestigen. Nun musste ich ein weiteres, waagrechtes Loch am oberen Ende bohren. Durch dieses steckte ich einen Nylonfaden, den ich dann am Ende zusammenknottete. Dieser Faden war genau so lang wie die Verbindung vom senkrechten Plexiglasstab zum Mittelfinger. Wenn ich den Mittelfinger nach unten bewege, bewegt sich der Plexiglasstab nach vorne und die Achse dreht sich nach vorne. Bewege ich dann den Finger wieder nach oben, so bleibt die Stange in der vorherigen Position. Also, musste ich mir etwas einfallen lassen, wie sich die Stange wieder zurückbewegt. Ich nahm eine kleine Feder und be-

## *Steuerung eines*



## *„künstlichen Arms“*

festigte sie zunächst an der Armschiene und am oberen Ende der Stange, indem ich einen kleinen Faden ebenfalls durch das obere Loch band und die Feder dort einhakte. Wenn ich daraufhin meine Hand bewegte, so bewegte sich die Plexiglasstange mit. Damit war die „Oben-Unten-Bewegung“ ebenfalls gewährleistet.

### ***3.2 Positionsübertragung vom Handgelenk zum Metallarm und zurück***

An dem Handschuh über dem Handgelenk sind an verschiedenen Positionen Potentiometer angebracht, die bestimmte Positionen des Arms und der Hand abfragen. Diese werden dann als Werte (Sollwerte) in die Regelkreise weitergeleitet (s. 4.2) und dort verarbeitet. Die dann entstehenden Stellgrößen werden an die Motoren des Metallarmes geleitet. Diese befolgen die angegebenen Befehle und die neue Position des Metallarmes wird abgefragt (ebenfalls durch Potentiometer.) Diese entstehenden Größen werden zurück an den Regelkreis geleitet und dort als Istwert mit dem Sollwert verglichen.

## ***4 Regelkreise***

### ***4.1 Was versteht man unter diesem Begriff?***

[1] Unter Regeln versteht man einen Vorgang, bei dem eine physikalische Größe fortlaufend gemessen, mit einem eingestellten Wert verglichen und an diesen angeglichen wird. Durch diese Rückführung der Ausgangsgröße auf den Eingang (Rückkopplung) entsteht ein geschlossener Wirkungsablauf, der Regelkreis.

### ***4.2 Die Regelkreise bei unserem Arm***

[2] Ein Motor treibt über Zahnrad und Zahnstange einen Hebelarm an. [...] Der Regler, der in diesem Fall ein Potentiometer darstellt, erfasst einen Wert und vergleicht ihn mit dem vorher eingestellten Sollwert. Solange der tatsächliche Wert der Regelgröße, der „Istwert“, kleiner als der Sollwert ist, gibt der Regler ein Signal an den Motor, damit sich der Arm bewegt. Wenn Soll- und Istgröße gleich sind, stoppt der Regler den Motor.



## **5 Diskussion (Probleme)**

### **5.1 Probleme am Metallarm**

Das größte Problem sind natürlich die auftretenden Kräfte, die überall verteilt an dem Arm wirken, sogar entgegengesetzt (s.2.2.) Diese Kräfte können zu Problemen bei der Steuerung führen, sobald die Gewindestangen bzw. der Motorblock zu stark belastet wird. Da der Motorblock nur aus Kunststoff besteht, kann er leicht zerbrechen.

Ein anderes Problem ergab sich noch früher. Denn wie sollte ich die Gelenke steuern? Es gab viele verschiedene Möglichkeiten (s.2.3.) Ich musste erst alle diese Methoden ansatzweise ausprobieren, bis ich zu dieser kam.

Ein kleineres Problem ergab sich, als ich den Greifer zum ersten Mal zugreifen bzw. aufgehen ließ. Das Stahlseil, das sehr steif ist, hat sich nicht ordentlich auf der Welle aufgewickelt. Diese kann auch nur sehr schwer an den Greifern befestigt werden und deshalb treten dort ebenfalls Probleme auf. Die Feder, welche die Greifer „eigentlich“ wieder auseinander drücken soll, ist wahrscheinlich zu schwach. Denn sie kann die Greifer nicht bewegen, da das Stahlseil sich langsam, aber sicher verwickelt und deshalb nicht wie vorgesehen aus den Befestigungslöchern heraus kommt.

### **5.2 Probleme der Handgelenkpositionsabfrage**

Als erstes musste ich mir ausdenken, was ich als Armschiene nehmen könnte. Nach einigen Tagen kam ich auf die Idee, ein altes Rohr aus Kunststoff zu benutzen. Dieses habe ich dann aufgeschnitten, um es besser über mein Handgelenk zu bekommen.

Problematisch war auch die Anbringung der Potentiometer auf die Schiene. Ich habe schließlich zwei schmale Aluminiumstreifen ausgesägt und jeweils zwei 7mm große Löcher gebohrt, um die Potentiometer an dem Streifen zu befestigen.

Die Oben- Unten- Bewegung war das Schwierigste. Ich wusste zunächst nicht, wie ich das regeln sollte. Als erstes kam mir die Idee, zwei weitere Schalter zu nehmen, aber dann wäre es schwerer geworden, die Bewegung auf den Arm zu übertragen. Meine zweite Überlegung war ein Ring, den ich durch eine Aluminiumstange mit dem Potentiometer verbinden würde.

*Steuerung eines*



*„künstlichen Arms“*

Aber da sich der Abstand durch verschiedene Handpositionen von Hand zu Armschiene veränderte, konnte man keine feste Aluminiumstange benutzen, da die Armschiene sonst mitbewegt werden müsste. Also brachte ich einen Plexiglasstab an der Achse eines Potentiometers an, welcher am oberen Ende ein Loch besaß. Dadurch habe ich einen Nylonfaden gezogen und diesen am Ende zusammengeknotet. Anschließend habe ich einen weiteren, etwas kleineren Faden durch das Loch gezogen und ihn verknotet. Zwischen dem kleineren Faden und der Armschiene spannte ich eine Feder, damit sich der Stab nach einer Vorwärtsbewegung wieder nach hinten bewegt. Durch den langen Faden stecke ich meinen Mittelfinger und wenn ich diesen nach unten bewege, so wurde die Stange nach vorne gedreht. Bewege ich den Finger nun wieder in die Ausgangsposition, so zieht die Feder die Stange auch in ihre Ausgangsposition zurück. Somit war die Oben- Unten- Bewegung gewährleistet.

### ***5.3 Probleme bei den Regelkreisen***

[3] Das Hauptproblem bei dem Bau eines Roboters war also, eine Steuerung zu finden, die schnell genug die notwendigen Berechnungen für die Bewegungen des Roboters durchführt und die außerdem noch leicht auf andere Bewegungsabläufe umzustellen ist. Die Sache mit dem Regelkreis ist also im Prinzip einfach. Sie wird erst schwierig, wenn der Regler sehr schnelle Bewegungen nicht nur in einer Richtung, sondern in beliebige Richtungen wie beim Roboter steuern soll, sodass viele Regelvorgänge schnell und gleichzeitig ablaufen müssen.



## **6 Anhang**

### **6.1 Literaturverzeichnis**

[1] Professor Dr. Wilfried Kuhn: „Physik Band 1“/ Westermann S.314, 1994

[2] Volker Korndörfer / Robert Scharff: „Was ist Was Computer und Roboter“ / Tessloff Verlag Band 37 S.10, 1983

[3] Volker Korndörfer / Robert Scharff: „Was ist Was Computer und Roboter“ / Tessloff Verlag Band 37 S.11, 1983

### **6.2 Danksagung**

Wir danken Herrn Biedermann, dass er uns die benötigten Materialien zur Verfügung gestellt hat. Wir danken auch unseren Eltern die uns ebenfalls diverse Materialien zur Verfügung gestellt haben.

### **6.3 Bilder der originalen Handsteuerung bzw. des Metallarms**



*Abb.16 Metallarm mit Handsteuerung*



*Abb.17 Handsteuerung*