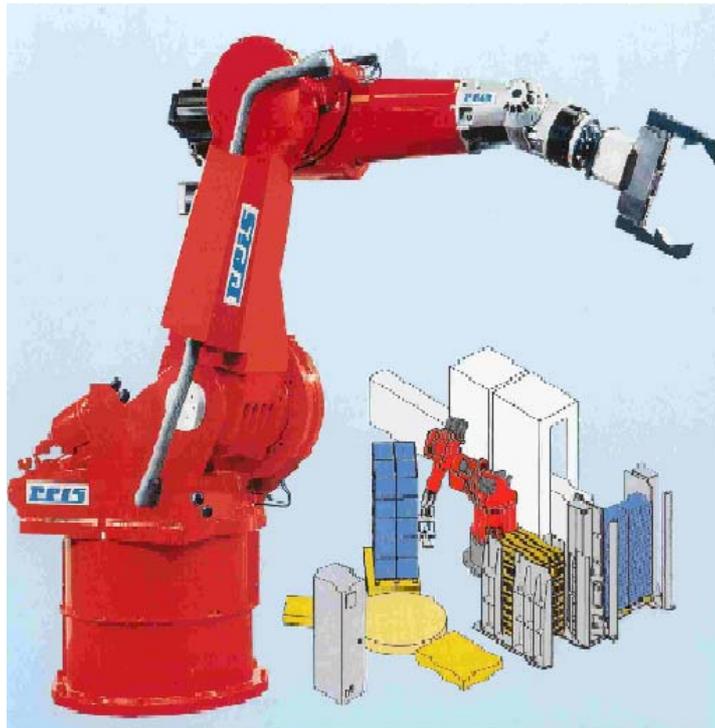


# *Elektronische Lagesteuerung und Nachführung*

*Abb. Industriearm*



Wettbewerb „Jugend Forscht“ 2004

**Alexander Buhr ( 16 Jahre )**  
**Alexander Höper ( 16 Jahre )**

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

# *Elektronische Lagesteuerung und Nachführung*

## ***Inhaltsverzeichnis:***

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
1.1	Wie sind wir auf dieses Thema gekommen? .....	3
1.2	Anwendungsgebiete /Beispielmöglichkeiten .....	3
1.3	Arbeitsteilung .....	5
<b>2</b>	<b>Ausrichtung der Apparatur .....</b>	<b>5</b>
2.1	Aufbau des Prüfstandes (Alexander Höper) .....	5
2.2	Aufbau der Elektronik (Alexander Buhr).....	6
2.3	Sensorkopf.....	7
2.4	Aufbau/ Funktion des Visual-Basic-Programms.....	9
<b>3</b>	<b>Diskussion (Probleme).....</b>	<b>9</b>
3.1	Probleme mit der Apparatur.....	9
3.2	Probleme mit der Elektronik.....	10
<b>4</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>11</b>
4.1	Literaturverzeichnis .....	11
4.2	Danksagung.....	11

# *Elektronische Lagesteuerung und Nachführung*

## ***1 Einleitung***

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

Unser letztes Projekt „die Steuerung eines künstlichen Arms“ hat sich bereits mit elektronisch-gestützter Mechanik beschäftigt. Dieses Jahr wollten wir diese Kombination wieder aufgreifen, da das Zusammenspiel von Elektronik und Mechanik meist interessanter ist, als sich mit nur einem Fachgebiet auseinander zusetzen.

Daraufhin kam uns die Idee, eine Plattform zu entwickeln die sich immer in der waagerechten Ebene hält. Dies schien uns auf den ersten Blick als nicht universell genug und wir entschieden uns eine Plattform zu entwerfen, die sich immer auf eine bestimmte Signalquelle ausrichtet und dabei nur mit einfachsten Regelkreisen arbeitet. Als Prinzip dieser Ausrichtung dachten wir uns ein logisches Absuchen der Umgebung nach Signalen und eine elektronische bzw. in einem Programm zusammengefasste Auswertung der Signalarstärke. Die Apparatur sollte sich darauf mit Hilfe von Servos der Signalquelle (signalstärkster Punkt) ausrichten.

### ***1.2 Anwendungsgebiete /Beispielmöglichkeiten***

Die Zielverfolgung ist gedacht für eigentlich alle Gebiete, die eine punktgenaue Ausrichtung eines Gegenstandes bzw. eines Aufbaus benötigen. Das wahrscheinlich größte Gebiet, das diese Ausrichtung verwenden könnte sind die satellitengestützten bzw. Satellitenschüsseln verwendende Systeme. Satelliten bzw. Satellitenschüsseln müssen sehr genau auf einander ausgerichtet werden, damit eine optimale Datenübertragung stattfinden kann. Eine besonders gute Möglichkeit dieses Prinzip zu verwenden ergibt sich auf Fahrzeugen wie zum Beispiel Autos, LKWs, Schiffen oder Flugzeugen. Diese sind ständig in Bewegung und unsere elektronische Lagesteuerung und Nachführung könnte zum Beispiel Satellitenschüsseln auf Schiffen nach den Satelliten ausrichten, um einen ungestörten Empfang sicherzustellen.

# *Elektronische Lagesteuerung und Nachführung*

Verwendung in Autos oder LKWs:

Das Satellitengestützte System GPS beruht auf einer genauen Ausrichtung des Empfängers auf den Satelliten im All. Dieses System könnte durch eine elektronische Nachführung optimiert werden.



Verwendung auf Schiffen:

Es gibt bereits mehrere Forschungsschiffe, die Tag und Nacht auf See sind, um Forschung am Meer bzw. Meeresboden durchzuführen. Sie arbeiten meist mit Satellitenschüsseln, mit denen sie die aufgenommenen Daten möglichst schnell zur Basisstation übertragen können. Bei starkem Seegang ist eine sichere und schnelle Ausrichtung der Satellitenschüssel notwendig, um immer in Kontakt mit dem Satelliten zu bleiben.



Verwendung in Flugzeugen:

Die heutigen Aufklärungsflugzeuge haben alle mindestens eine Satellitenschüssel an Bord (siehe Abb.) Diese Satellitenschüssel kann jedoch nicht direkt ausgerichtet werden, da sie fest am Flugzeug montiert ist. Die elektronische Lagesteuerung kann dem Pilot jedoch Informationen zur Lage des Satelliten geben, damit dieser das Flugzeug, samt Satellit danach ausrichten kann.



# *Elektronische Lagesteuerung und Nachführung*

## **1.3 Arbeitsteilung**

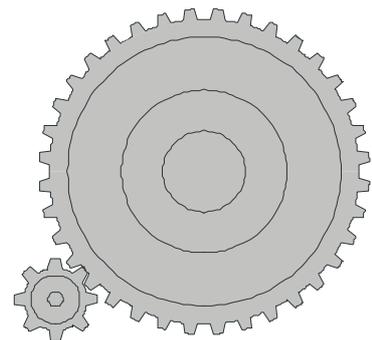
Wir haben uns die Arbeit aufgrund des engen zeitlichen Rahmens für dieses Projekt gerecht aufgeteilt. Alexander Buhr hat die Elektronik für dieses Projekt übernommen, während Alexander Höper sich mit der Konstruktion der Versuchsapparatur beschäftigt hat.

## **2 Ausrichtung der Apparatur**

### **2.1 Aufbau des Prüfstandes (Alexander Höper)**

Zuerst musste die mechanische Nachführung für den Sensorkopf gebaut werden. Diese besteht aus Aluminium, da Holz und Fischer-Technik zu unstabil gewesen wären. Außerdem mussten die Servos und ihre Gegenlager kein oder nur ganz wenig Spiel haben, denn im Betrieb kann es sein, dass die Apparatur ein bisschen anfängt zu wackeln. Dieses Problem konnte mit Aluminium ganz einfach gelöst werden. Nun musste ich mir nur noch überlegen wie meine Apparatur aussehen wird, denn die Empfänger sollen einen möglichst großen Schwenkbereich haben können. Dann kam mir die Idee, dass der Prüfstand nach dem Prinzip der kardanischen Aufhängung funktionieren könnte. Mit Hilfe dieser Aufhängevorrichtung ist es nun möglich, den Sensor in alle Richtungen drehen bzw. schwenken zu können. Jedoch kam ich gleich zu einem Problem. Da die Servos nur einen Arbeitsbereich von ca.  $190^\circ$  besitzen, konnte ich zwar die beiden Plattformen wie gewünscht schwenken, aber die Apparatur ließ sich nicht wie gewünscht in alle Richtungen drehen. Um eine  $360^\circ$  Drehung des Prüfstandes in der waagerechten Ebene erreichen zu können, nahm ich deswegen einen Schrittmotor mit einem Schrittwinkel von  $7,5^\circ$ . Damit der Prüfstand auch kleinere Schritte machen kann, wurde die Apparatur nicht direkt auf das Zahnrad des Schrittmotors gesetzt, sondern auf ein größeres, welches direkt daneben sitzt.

(siehe Abb. 1). Der Schrittmotor wurde dann noch in eine einfache Holzplatte gesetzt, damit ein sicherer Halt gewährleistet ist. Als nächstes sägte ich ein langes, schmales Stück Aluminium aus, um die  $360^\circ$  Drehung auf eine größere Fläche erweitern zu können, welches ich dann an zwei Stellen



*Abb. 1: Übersetzung für den verwendeten Schrittmotor*

# Elektronische Lagesteuerung und Nachführung

bog. An das eine Ende bohrte ich ein Loch für das erste der beiden Servos und an das andere Ende habe ich ebenfalls ein Loch für das Gegenlager gebohrt.

Danach fertigte ich das Gestell für die zweite Drehrichtung an. Dieses besteht aus insgesamt 4 Stücken Aluminium, welche zu einem Rahmen zusammengefasst wurden. In diesem Rahmen wurden ebenfalls zwei Löcher gebohrt, jedoch wurde das Servo nicht von außen, sondern von innen angebracht. Somit ist mehr Platz eingespart, da dieses innerhalb der Plastikschaale untergebracht ist. Auf der Plastikschaale ist eine Aluminiumplatte befestigt, damit der Empfänger genau senkrecht auf der letzten Plattform angebracht werden kann.

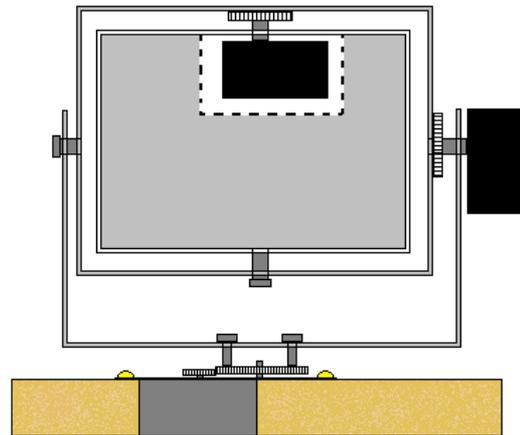


Abb. 2: In drei Achsen schwenkbare kardanische Aufhängung mit den zugehörigen Antrieben

## 2.2 Aufbau der Elektronik (Alexander Buhr)

Die einfachste Anordnung für das Suchen einer Quelle wäre ein sog. 4-Quadranten-Sensor. Befindet sich die Quelle genau in der Mitte, werden alle 4 Sensoren gleich stark aktiviert. Bei einer Verschiebung kann man nun sofort feststellen, welcher Sensor mehr (oder weniger) Signalstärke bekommt und entsprechend nachführen. Um der Realität (z.B. Satellitenempfang) möglichst nahe zu kom-

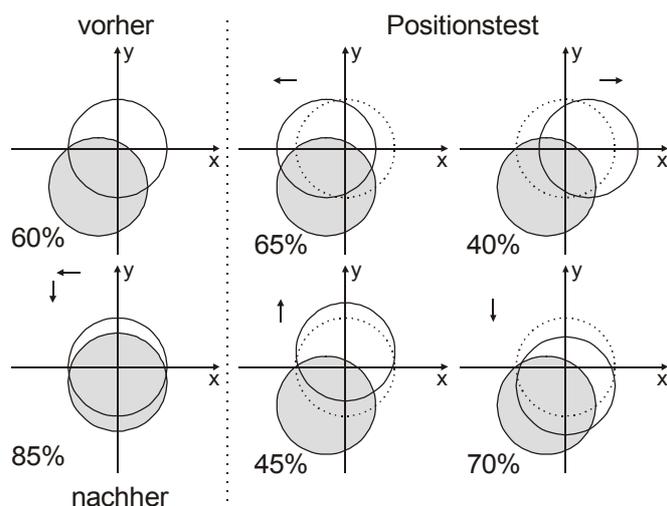


Abb. 3: Prinzip der Quellensuche

# Elektronische Lagesteuerung und Nachführung

men, versuchen wir dagegen mit einem einzigen Sensor auszukommen. Dafür muss dieser nun systematisch in allen vier Richtungen „deplatziert“ werden. Aus der Änderung der Signalstärke kann man dann entnehmen, in welche Richtung nachgeführt werden muss. Dieses Prinzip ist in Abb. 3 schematisch wiedergegeben, wobei die graue Fläche die Signalquelle, der gestrichelte Kreis die ursprüngliche Positionierung und die durchgezeichneten Kreise die 4 Testpositionen angeben. Da sich bei der Bewegung nach links (65%) und nach unten (70%) eine Signalverbesserung ergeben hat, wird anschließend der Sensor entsprechend neu positioniert, sodass das Signal wieder größer wird (85%).

Da bei Satellitensignalen außerdem noch eine Polarisation des Signals vorliegt, benötigt man dann tatsächlich drei Achsen zur Nachführung (nicht in Abb. 3 wiedergegeben) und einen polarisationsabhängigen Sensor.

## 2.3 Sensorkopf

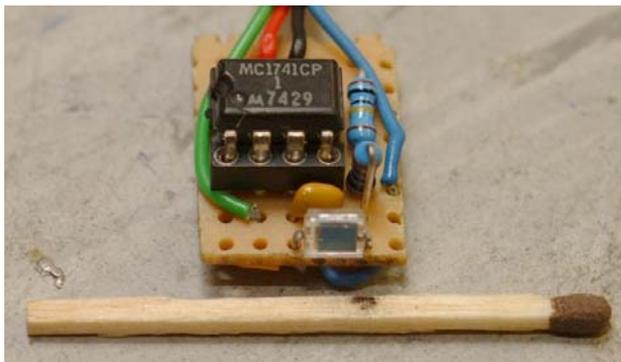


Abb. 5: Weitwinkelsensor (links) und Nachführsensor (rechts) mit IR-Filter

In dem Sensorgehäuse befinden sich zwei Sensoren. Der eine Sensor ist ohne Abbildungsoptik montiert, sodass er in einem recht großen Erfassungswinkel alle einfallenden Strahlen erfassen kann. Da er eine gewisse Richtcharakteristik aufweist, entsteht durch Verändern seiner Ausrichtung eine Änderung der Signalstärke. Der zweite Sensor ist unter einer sehr kurzbrennweitigen Linse angebracht, sodass dieser einen sehr kleinen Blickwinkel hat.

Um die Apparatur nach dem Einschalten grob auszurichten, wird der erste Sensor mit dem großem Blickwinkel verwendet. Erst wenn dieser die Quelle erfasst und etwa in Sensormitte positioniert hat, wird auf den zweiten Sensor umgeschaltet, der nun die eigentliche Nachführung übernimmt. Die Apparatur bleibt nun solange ausgerichtet, wie der Sensor das Signal nicht „aus den Augen verliert“.

## *Elektronische Lagesteuerung und Nachführung*

Für die direkte Nachsteuerung der Apparatur benötigen wir einen Regelkreis, der aus diesen Sensorsignalen Sollwerte errechnet und sie mit den Servosignalen als Istwerten vergleicht. Da mehrere Messungen notwendig sind, um einen neuen Satz von Sollwerten zu erhalten, benötigen wir dazu eine Art Rechenwerk, das in diesem Fall durch eine dafür geschriebene Visual Basic Anwendung (VBA) gebildet wird (siehe 2.3), da eine vollständige Realisierung nur mit Elektronik zu aufwändig geworden wäre. Die Elektronik für die benötigten Regelkreise zum Nachsteuern der beiden Servos ist dagegen relativ simpel und deshalb auf einer Platine leicht unterzubringen. Als Gehäuse habe ich ein Standard-Gehäuse für Platinen genommen, in dem bereits eine Stromquelle für +5V, +12V, -5V und -12V integriert ist.

Die Elektronik funktioniert folgendermaßen. Die in die Servos an der Apparatur eingebaute Potentiometer (Potis) geben die momentane Position der Gelenke (Istwert) als Spannungswert zurück. Diese wird durch einen Operationsverstärker mit dem zugehörigen vorgegebenen Sollwert vom Programm verglichen und der Servomotor so nachgesteuert, dass beide Spannungen gleich sind.

Es sind drei Antriebe vorhanden. Das erste Servo bewegt die oberste Platte, das zweite Servo bewegt die mittlere Platte (das Gelenk der obersten Platte, damit auch das erste Servo). Nun lässt sich die Platte bereits nach links, rechts, vorne und hinten kippen. An der untersten Platte ist außerdem ein Schrittmotor angebracht, der die gesamte Apparatur drehen kann. Diese drei Antriebe müssen durch die Elektronik und die VBA so angesteuert werden, dass die oben beschriebene Prozedur ausgeführt wird und sich die Apparatur nach der Quelle ausrichtet. Dafür verwenden wir den Parallelport-Ausgang des PC, wobei die Datenleitungen wie folgt belegt sind:

D0 – D3	Schrittmotor Spule 1 - 4
D4	Gewähltes Servo einen Schritt vorwärts
D5	Gewähltes Servo einen Schritt rückwärts
D6	Servo auswählen
D7	Photosignal speichern

# *Elektronische Lagesteuerung und Nachführung*

Die serielle Schnittstelle des PC wird für die Rückmeldung der Daten des Sensors verwendet, in dem dort angegeben wird, ob sich das Signal vergrößert oder verkleinert hat oder ob es unverändert geblieben ist:

CTS	DSR	Bedeutung
0	0	Signal ist gleich geblieben
0	1	Signal hat sich vergrößert
1	0	Signal hat sich verringert
1	1	(nicht verwendet)

## ***2.4 Aufbau/ Funktion des Visual-Basic-Programms***

Aufgabe dieses Programms ist das Ausführen der Suchbewegung des Sensors, die Auswertung der dabei gewonnenen Sensorsignale und ihre Umsetzung in entsprechende Steuersignale für die Servos bzw. den Schrittmotor. Zur Ansteuerung wird die Parallel-Schnittstelle verwendet, da diese recht schnell ist, allerdings den Nachteil hat, dass darüber normalerweise keine Daten an den PC gesendet werden können. Zu diesem Zweck greifen wir auf die serielle Schnittstelle zurück, die als MSComm-Objekt es erlaubt, den Zustand der beiden Statusleitungen DSR und CTS auf einfache Weise auszulesen. Bildschirmausgaben sind lediglich zur Programmüberwachung sinnvoll, für den eigentlichen Regelvorgang aber nicht notwendig.

## ***3 Diskussion (Probleme)***

### ***3.1 Probleme mit der Apparatur***

Das größte Problem, das sich mir entgegen gestellt hat, war der Aufbau des Prüfstandes. Ich wusste nicht so recht aus welchem Material die Apparatur bestehen sollte. Fischertechnik wäre die einfachste jedoch auch die ungenaueste Möglichkeit gewesen. Schließlich nahm ich dann Aluminium. Dieses Material ist einfach perfekt für eigentlich alles; es ist stabil, robust und relativ einfach zu verarbeiten. Die nächste Frage war, wie soll sie aus-

# *Elektronische Lagesteuerung und Nachführung*

sehen. Jedoch war dieses „Problem“ schnell behoben. Meiner Meinung nach war das größte Problem, was der Prüfstand können soll. Er soll ein Ziel verfolgen und die Platte soll den Empfänger in die richtige Position bringen. Das ist einfacher gesagt als getan. Die Servos eignen sich wunderbar für die Positionsabfrage sowie auch für die Ausrichtung der Platte.

## ***3.2 Probleme mit der Elektronik***

Abgesehen von den häufig auftretenden Beschaltungs- und Verkabelungsfehlern gab es noch einige etwas schwerwiegendere Probleme zu lösen. Unser erstes Problem ergab sich, als wir nach einer Lösung suchten die schweren Programmierungsaufgaben zu umgehen, da wir zuvor nicht viel mit Programmiersprachen zutun hatten. Es gibt diverse Digital-Analog-Wandler, die dieses Problem vielleicht etwas minimieren könnten, jedoch hatten diese entweder einen Port zu wenig oder waren für dieses Projekt etwas zu teuer. Damit stand fest, einer von uns musste sich möglichst schnell mit Visual Basic auseinander setzen. Da nun der Weg einen Computer in unser Projekt einzubinden nicht mehr zu umgehen schien, standen wir vor dem nächsten Problem. Wie bekommt man Daten in den Computer und wieder heraus? Nach langen Auseinandersetzungen mit den Beschaltungen von seriellen und Parallel-Ports konnten wir eine Kombination von beiden als die einfachste Lösung bestimmen, da gerade genug Pins für die verschiedenen Signale vorhanden waren.

Darauf folgte schon das zweite Problem, das nach Fertigstellung der Regelkreisplatine entstanden ist. Bei dem ersten Testlauf der Regelkreise traten große Signalverfälschungen auf, die wir uns zunächst nicht erklären konnten. Diese führten jedoch dazu, dass die Servos sich immer bewegten, da Impulsstörungen entstanden sind. Diese ständige Bewegung des Servos würde zur ungenauen Ausrichtung der Apparatur führen. Dieses Problem konnten wir glücklicherweise durch Herabsetzen der Verstärkung unterbinden.

# *Elektronische Lagesteuerung und Nachführung*

## **4 Anhang**

### **4.1 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

### **4.2 Danksagung**

Wir danken Herrn Biedermann, dass er uns die benötigten Materialien zur Verfügung gestellt hat.