

JAHRESARBEIT 12 KLASSE

Von Thomas Bögle

Roboter – Programmierung

THOMAS BÖGLE

Jahresarbeit

Inhaltsverzeichnis

KAPITEL 1

Einleitung: Was ist ein Roboter	1
--	----------

KAPITEL 2

Wahl des Themas	3
Vorüberlegungen	4

KAPITEL 3

Aufbau des Roboters	5
----------------------------	----------

KAPITEL 4

Programmierung I	9
Programmierung II	11

KAPITEL 5

Abschlussbetrachtung	12
Danksagung	14

Einleitung

Was ist ein Roboter ?

Um zu verstehen, was nun auf den restlichen Seiten folgt, müssen wir definieren, was ein Roboter ist. Auch ist es notwendig, die Frage zu beantworten, ob es sich bei einer Waschmaschine um einen Roboter oder um einen Automaten handelt.

Was nun folgt, stammt aus der VDI-Richtlinie 2860 und ist die offizielle Definition: Roboter sind „universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Weg, bzw. Winkel frei (das heißt: ohne mechanischen Eingriff) programmierbar und gegebenenfalls sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmitteln ausrüstbar und können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen.“

Da diese Definition leider etwas umständlich ist, kann man auch etwas schnittiger sagen: Roboter sind Automaten mit mehreren Bewegungsachsen; ihre Bewegungen werden von unprogrammierbaren Computern gesteuert. Klingt um einiges verständlicher und alltagstauglicher.

Ein Fahrrad hat zwar viele Bewegungsachsen ist aber, da es nicht programmierbar ist, auch kein Roboter, nicht mal ein Automat.

Ein weiteres ist die Unterscheidung zwischen Roboter und Automat. Hier kommen wir wieder auf die Frage zurück: „Ist eine Waschmaschine ein Roboter?“ Die Begriffsbestimmung eines Automaten ist ungleich einfacher als die eines Roboters. Bei einem Automaten handelt es sich um eine Maschine, die einen *Input empfängt*, dann ihren *Systemzustand überprüft* und daraufhin programmgemäß auf den *Input und Systemzustand reagiert* sowie einen *Output ausgibt*. Dadurch wird ein neuer Systemzustand hervorgerufen und die Schleife beginnt wieder von vorn.

Wie sich schon abzeichnet, fällt unsere Waschmaschine unter den Begriff Automat, da sie auf ihren Input, die Schaltuhr (nicht die Schmutzwäsche), und ihren Systemzustand, Schleuder etc., reagiert, wie es ihr Programm vorgeschrieben hat. So kann man zwischen „Feinwäsche“, „Kochwäsche“ und anderem wählen und das Programm vorgeben. Der Output sieht am Ende für die Waschmaschine so aus: Trommeldrehung, Wasserfluss, Temperaturregelung. Für uns kommt am Ende (hoffentlich) wieder saubere Wäsche dabei heraus.

Ergo: Die Waschmaschine ist ein Automat (steht ja auch in der Bedienungsanleitung).

Aber vielleicht ist unsere Waschmaschine ja doch kein Automat, sondern ein Roboter? Überprüfen wir unser vielleicht vorschnelles Urteil!

Sie wird von einem Mikroprozessor gesteuert, nicht anders als bei einem Computer. Ferner ist sie programmierbar, da ich das Programm wählen kann, also beispielsweise Feinwäsche oder Kochwäsche. Es ist oben nicht definiert worden, wie komplex die Programme eines Roboters sein müssen, um ihn als Roboter auszuzeichnen. Die Frage, ob eine Waschmaschine nun ein Roboter ist oder nicht, können wir mit unserer Definition nicht genau bestimmen. Daher müssen wir diese Frage leider unbeantwortet lassen oder uns an die Vorgabe des Werks halten: Die Waschmaschine ist ein Automat! Nach diesem kleinen Exkurs dürfte jetzt deutlich geworden sein, ob es sich um einen Roboter handelt oder nicht.

Der Traum eines jeden Roboteringenieurs dürfte wohl sein, dass er morgens aufwacht, wenn ein leise herbeirollender Roboter ihm den Kaffee und die Zeitung ans Bett bringt und die Fenster zum Lüften öffnet, um anschließend die restliche Hausarbeit zu erledigen. Während dessen geht ein anderer Roboter, der seinem Besitzer perfekt gleicht, in die Firma und der Ingenieur macht sich inzwischen einen freien Nachmittag. Leider sind wir von dieser vollautomatisierten Welt noch sehr weit entfernt. Gelingt es uns ja noch nicht mal ein Ei problemlos mit einer Roboterhand zu ergreifen, geschweige denn einen mit künstlicher Intelligenz ausgestatteten Haushaltsroboter zu bauen! Zur Zeit versucht man Robotern beizubringen, sich in Gebäuden wie Krankenhäusern und Forschungseinrichtungen selbständig zurecht zu finden, auf Befehl von Zimmer A in Zimmer B zu fahren und dort den Kaffee zu servieren. Diese Roboter sind meist aber noch unförmige Metallkästen, die nichts mit dem allen Filmfans bekannten schnittigen R2D2 gemein haben. Von Androiden wie 3CPO und Data aus Star Wars und Star Trek können wir zum jetzigen Zeitpunkt nur träumen. Lediglich eine japanische Firma hat es bislang geschafft, einen Roboter zu bauen, der aussieht wie ein Raumfahrer und in der Lage ist, Treppen zu steigen und auf zwei Beinen herumzulaufen. Aber das gelingt ihm auch nur eine halbe Stunde, dann muss er wieder zum Aufladen an seine Ladestation zurück

Es wird also deutlich, dass selbst die einfachsten Sachen, die wir als selbstverständlich ansehen, zum unüberwindbaren Hindernis von Roboter werden und seitenlange Programme benötigen. Einer Maschine etwas beizubringen, was für uns einfach klingt, erfordert meist mehr Arbeit, als man denkt. Das beginnt schon beim Erkennen einer Tür, wenn es sich um das Öffnen selbiger handelt.

Wahl des Themas

Das Kapitel über die eigentliche Entscheidung wird recht kurz ausfallen, da für mich schon sehr früh klar war, was ich machen wollte. Schon seit einigen Jahren beschäftige ich mich mit dem Thema Roboter. Deshalb lag meine Entscheidung, einen Roboter zu bauen, nicht fern, da ich die nötigen Informationen schon besaß, wo und wie man an Bausätze und Materialien herankommen kann.

Ein einziges Problem: Leider kostet ein Roboter viel Geld. Da meine Eltern aber zum Glück die Kosten übernahmen, konnte ich das Projekt in Angriff nehmen.

Sehr schnell hatte ich mich dann auch um meinen Betreuungslehrer gekümmert, Herrn Kraus. Dadurch war es mir möglich, schon nach den Herbstferien 1999 mit den Vorüberlegungen der Jahresarbeit zu beginnen.

Vorüberlegungen

Die Hauptfrage galt nun der Wahl, was ich eigentlich bauen wollte, da mir mehrere Möglichkeiten zur Auswahl standen. Herr Kraus hat mich immer wieder dazu angehalten, nicht einfach nur einen Bausatz zusammen zu schrauben, sondern auch etwas Neues zu entwickeln. Diese Überlegung erwies sich jedoch als schwierig in die Praxis umzusetzen, da ich mich auch noch nicht so gut mit den notwendigen Möglichkeiten dafür auskannte.

Herr Kraus verschaffte mir dann die Gelegenheit, die Technische Universität München zu besuchen, um mir dort die Roboter anzuschauen und mit den Ingenieuren zu sprechen.

An einem Donnerstag besuchte ich die Universität und hatte ein langes Gespräch mit Herrn Dipl. Ing. Michael Sorg und einigen anderen Wissenschaftlern, die mir klar aufzeigten, wo die Probleme liegen würden und was einfacher zu machen wäre. Einerseits ermutigten sie mich, in dieser Richtung weiterzuarbeiten, andererseits machten sie mir deutlich, wo Schwierigkeiten auftreten könnten.

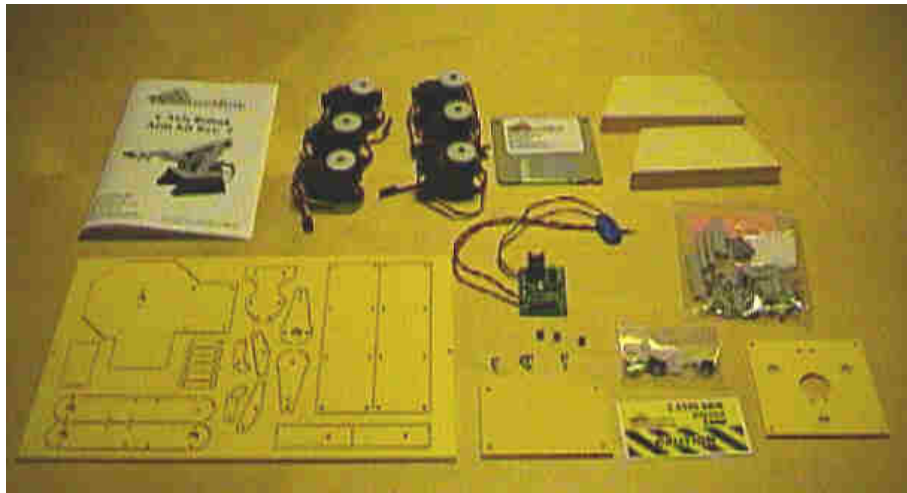
Mein erster Gedanke war es, einen Roboter mit sechs Beinen und einer Solarzelle auf dem Dach zu bauen, die sich dann selbständig nach der Sonne ausrichtet. In der TU hat man mir gezeigt, dass es nicht schwer ist, den Roboter so zu programmieren, dass er sich in Richtung Sonne neigt. Da man dieses Programm aber unter UNIX oder LINUX schreiben müsste, trat für mich hier ein sehr großes Problem auf, da ich mit dem Umgang dieser beiden Betriebssystemen keine Erfahrung hatte.

Daher kam ich von dem Gedanken nach und nach wieder ab. Als ich dann nach den Weihnachtferien eine Entscheidung treffen musste, fiel meine Wahl auf einen Roboter Greifarm mit fünf Gelenken. Ich entschloss mich für diese Lösung, da sie mir ein Programmieren über Windows ermöglichte und noch Möglichkeiten zum Weiterbau offen ließ.

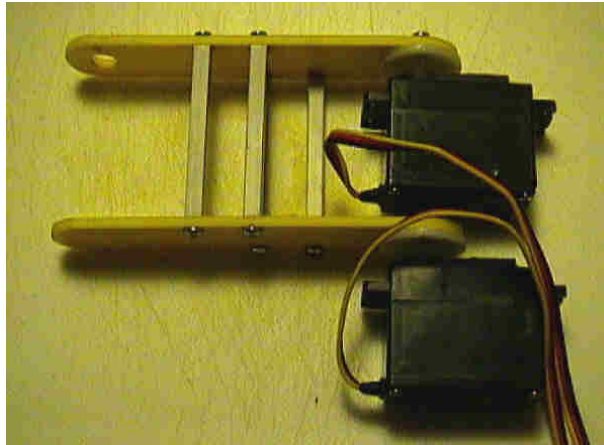
Hier trat ein unerwartetes Problem auf: Mein deutscher Anbieter hatte diese Bausätze nicht mehr verfügbar. Deshalb musste ich sie aus England importieren, wo ich zum Glück einen anderen Anbieter ausfindig gemacht hatte. Als schließlich dann im Februar die Bauteile endlich eintrafen, konnte ich mit dem Aufbau beginnen.

Aufbau des Roboters

Der Aufbau des Roboters hat sich trotz der englischen Beschreibung als relativ einfach erwiesen.



Aus den Teilen, die auf der Abbildung zu sehen sind, wird der Greifarm gefertigt. Es handelt sich dabei um 6 Servos (oben Mitte), die beiden Basisbausteine (oben rechts), die Teile, aus denen der Greifarm besteht, sind unten links. In der Mitte befindet sich der Controller, also die Verbindung zwischen Computer und Roboter.



Auf der Abbildung ist der erste Aufbausritt zu sehen. Es handelt sich dabei um die Schultern des Greifarms. Die einzelnen Gelenke werden wie beim menschlichen Arm bezeichnet. Ein Roboter hat daher eine Schulter, einen Ellenbogen, ein Handgelenk und einen Greifer. Da die Basis, die auf der Schulter sitzt, waagrecht drehbar ist, wird sie auch benannt. Diese

Benennung hat den Vorteil, dass man später immer genau weiß, um welches Gelenk es sich handelt. Daher kann es nicht zu Verwechslungen kommen. Das Schultergelenk stellt die Verbindung zwischen Basis und Ellenbogen dar.

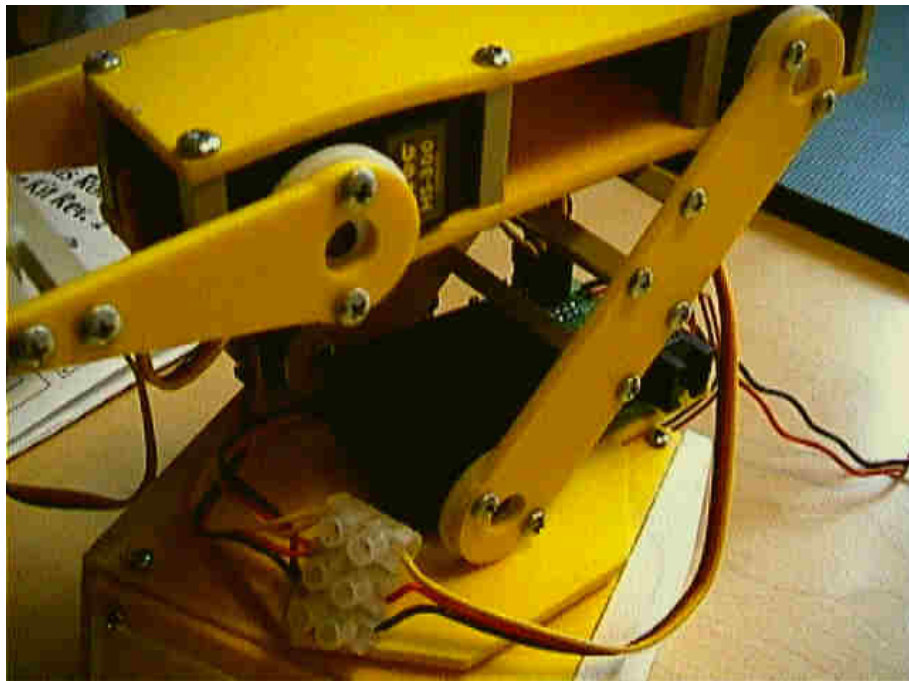


Der Greifarm ist so aufgebaut, dass die beiden Backen immer parallel zu einander stehen, was auf der Abbildung deutlich wird. Leider hat sich sehr bald herausgestellt, dass die Idee so, wie sie in der Anleitung beschrieben ist, nicht umsetzbar und der Greifarm so nur schlecht zu bewegen ist bzw. die Verbindungen nicht gehalten habe. Hier habe ich mit Hilfe eines Drahts eine Verstärkung anbringen müs-

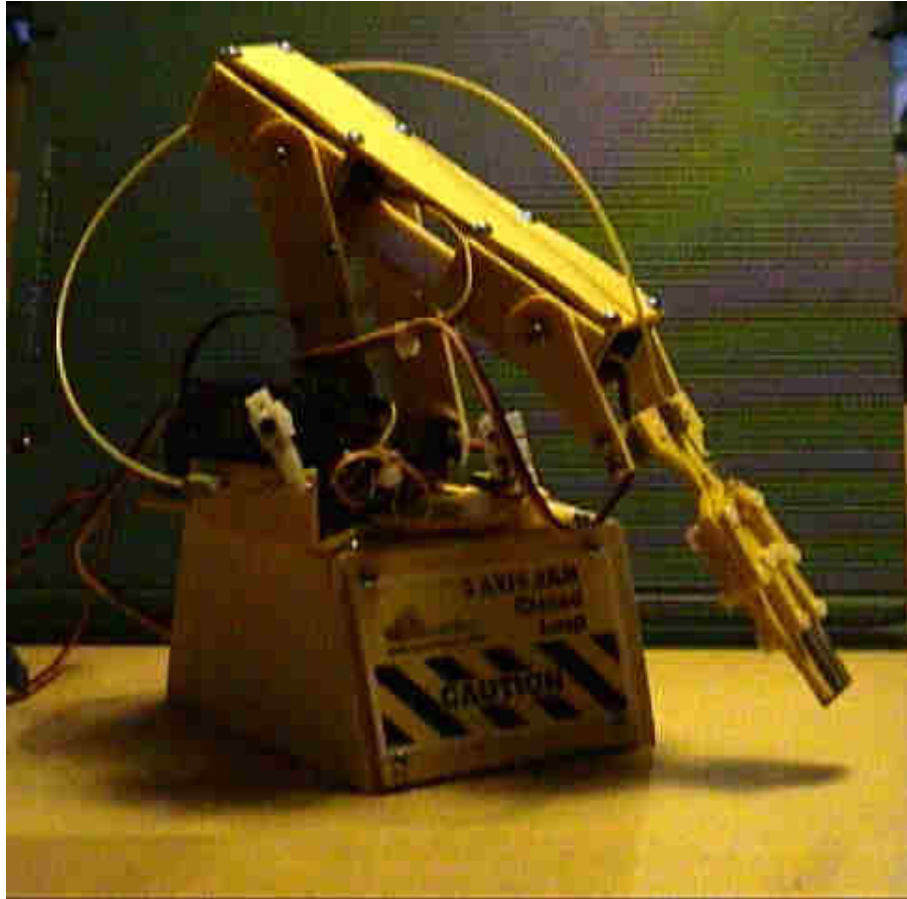
sen. Dadurch war ein reibungsloses Öffnen und Schließen des Greifers möglich.



Hier wurde der Greifarm mit dem Ellenbogen verbunden, um dann im nächsten Arbeitsschritt mit dem Schultergelenk verbunden zu werden.



Diese Abbildung zeigt deutlich die einzelnen Verbindungen zwischen den Gelenken.



So sieht das Ganze dann fertig aus. Die Grundplatte, auf der, der Roboter nun steht, habe ich erst nachträglich angebaut, da der Roboter bei zu schnellen Bewegungen dazu tendierte, hin- und herzuhüpfen. Da der Roboter in dieser Version noch mit Batterie betrieben wird, habe ich mit der Hilfe von Herrn Schlie ein Netzteil konstruiert, das neben dem Roboter seinen Platz fand.

Im ganzen war der Aufbau relativ schnell geschehen, nur musste ich anschließend noch einige Probleme lösen, wie das oben beschriebene nicht Funktionieren des Greifers.

Programmierung I

Mit einer Windowsapplikation, RoboMotion

Die Programmierung sollte sich erst als recht einfach und dann doch wieder als kompliziert darstellen. Dieser Satz birgt einen gewissen Widerspruch, den aufzulösen ich nun versuchen werde. Der Greifarm wird mit einer einfachen Windows Applikation (RoboMotion) programmiert, diese ermöglicht eine Steuerung über die Tastatur oder einen Joystick. Auch gibt es die Möglichkeit, eine Position zu speichern. (Beispielprogramm, programmiert mit RoboMotion)

The screenshot shows the RoboMotion software interface for a Hanoi puzzle program. The window title is 'RoboMotion - hanoi 4.lmf'. The interface is divided into several sections:

- Control Panel:** Includes buttons for 'Execute All', 'Stop Execution', 'Step', and 'Play Groups'. There are also 'Enhanced Mode', 'Inactive', 'Record', and 'Append' options.
- Program Description:** A text box containing: 'This program will solve the Towers of Hanoi puzzle for four rings. This program was written by Francis Bordenkircher on 12/20/96. Group A: Solve puzzle (first part) Group B: Solve puzzle (second part) Group C: Invert rings Group D: Restack rings in starting position'.
- Parameters:** 'Default Group: Group A' and 'Default SSC: 255'.
- Table:** A table with 15 rows of movement data. The columns are: #, SSC #, Group, X-Pos (Inch), Y-Pos (Inch), Z-Pos (Inch), Wrist (Degree), Grip (% open), Speed, Damp, Pause (Sec), WAV File, and S/P.

#	SSC #	Group	X-Pos Inch	Y-Pos Inch	Z-Pos Inch	Wrist Degree	Grip % open	Speed	Damp	Pause Sec.	WAV File	S/P
1	255	Group A	8.41	4.27	6.00	3.70	91.9	6	5	0.1	C:\WINDOWS\MEDIA\UTIP	P
2	255	Group A	8.17	4.27	6.00	3.70	91.9	6	5	0.1		P
3	255	Group A	8.00	4.26	6.00	-6.40	91.9	6	5	0.1		P
4	255	Group A	8.00	4.00	5.34	-8.90	91.9	6	5	0.1	C:\WINDOWS\MEDIA\UTIP	
5	255	Group A	8.00	4.00	5.72	-6.70	91.9	6	5	0.1	C:\WINDOWS\MEDIA\UTIP	
6	255	Group A	8.00	4.00	3.20	-6.70	91.9	6	20	0.5	C:\WINDOWS\MEDIA\UTIP	
7	255	Group A	8.00	4.00	3.20	-6.70	0.0	6	20	0.1	C:\WINDOWS\MEDIA\UTIP	
8	255	Group A	8.00	4.00	6.32	-6.70	0.0	6	5	0.1	C:\WINDOWS\MEDIA\UTIP	
9	255	Group A	8.00	-5.00	6.32	-6.70	0.0	6	5	0.1		N
10	255	Group A	8.00	-5.00	1.20	-6.70	0.0	6	20	0.1		N
11	255	Group A	8.00	-5.00	1.20	-6.70	94.2	6	5	0.1	c:\wavfiles\baryonyx.wav	S
12	255	Group A	8.00	-5.00	5.72	-6.70	94.2	6	5	0.1		N
13	255	Group A	8.00	4.00	5.72	-6.70	94.2	6	5	0.1		N
14	255	Group A	8.00	4.00	5.72	-6.70	94.2	6	5	0.1		N
15	255	Group A	8.00	4.00	2.30	-6.70	94.2	6	20	0.5		N

Die Schwierigkeiten dieses Programms sind (siehe Abb.), dass es leider in Amerikanischen Maßeinheiten programmiert ist, sprich in Inch. Jeder, der schon einmal mit diesen Einheiten gerechnet hat, weiß, dass es nicht unbedingt einfach ist. Ein weiteres Problem waren die Parameter, nach denen die Positionen abgespeichert werden. Dazu gehören unter anderem die Neigung der Greiferspitze gegenüber der Basis, die Entfernung der Spitze zum Mittelpunkt der Basis und die Höhe über der Grundplatte.

Da leider noch einige andere dazu kommen, wird die genaue Position ein sehr komplexes Zahlenwirrwahr, welches ohne Ausprobieren nicht zu entschlüsseln ist.

Für mich stellte diese Koordinatenbestimmung ein sehr großes Problem dar, mit dem ich sicherlich ein bis zwei Monate verbracht habe. Nach den Sommerferien gelang es mir schließlich, mit dem Greifer ein imaginäres Viereck in die Luft zu zeichnen. Von diesem Viereck konnte ich meine ersten Positionen und Parameterbestimmungen ableiten. So gelang es mir nach einigen Tagen bereits, einen Gegenstand mit dem Greifer zu erfassen und auf einer anderen Position wieder abzustellen.

Diese Handlung mag zwar nicht gerade weltbewegend sein, aber wenn man mit Robotern zu tun hat, lernt man schnell, dass selbst die einfachsten theoretischen Aufgaben unglaublich schwer in die Praxis umzusetzen sind. Daher bedeutete diese einfache Handlung – aufheben und ablegen - einen sehr großen Schritt. Denn jetzt wurde mir auch das scheinbar undurchschaubare Programm durchschaubar.

Programmierung II

Mit einer Programmiersprache, Q-Basic

Bei Q Basic handelt es sich um eine einfache Programmiersprache, die auf den Befehlen Goto und If Than basiert. Etwas einfacher ausgedrückt, macht das Programm, wenn der Zustand A eintritt eine Handlung B und bedingt durch den neuen Zustand, dann wieder etwas anderes. Da zum Glück eine Steuerung der einzelnen Gelenke des Roboters mit Q Basic erreichbar war und dieses Programm leicht bzw. klarer aufgebaut ist, befähigte es mich eine Vielzahl von neuen Möglichkeiten auszuprobieren und ein komplexeres Programm zu schreiben. Ein weiterer Vorteil dieses Programms ist, dass nicht mehr die Position des Greifers im Koordinatensystem programmiert wird, sondern die Bewegung jedes einzelnen Servos.

Auch hier trat ein Problem auf, welches aber ich aber zum Glück recht schnell beheben konnte. Die Länge des Programms war auf 500 Zeilen beschränkt, da aber mein Programm zu dieser Zeit schon um einiges länger war, musste ich mir mit Unterprogrammen helfen, welche dann aufgerufen werden.

Die Programmierarbeit hat sich als recht langweilig und auch einfach herausgestellt, da die Schritte sich immer wieder wiederholen. Jeder Servo ist gleich zu programmieren; nur die Zahlenwerte, welche die Position bestimmen, ändern sich. Einzig das Steuerprogramm für die Unterprogramme ist etwas komplexer aufgebaut.

Bei der Programmierung mit Q Basic konnte mir Herr Gutdeusch machen wichtigen Tipp geben und mir weiterhelfen als ich stecken geblieben bin.

Abschlussbetrachtung

Am Ende meiner Jahresarbeit kann ich folgendes Resümee ziehen: Die Arbeit an meiner Jahresarbeit hat mir zeitweise sehr viel Spaß gemacht, aber ich hatte auch Durststrecken zu überwinden. Doch konnte ich einen Einblick gewinnen, wie man einen Roboter programmiert und welche Probleme dabei auftauchen können.

Ich lernte, wie ein Programm für einen Roboter aufgebaut werden muss, damit er nicht alles mit seinem Arm umwirft, sondern die Gegenstände sauber wieder dort ablegt, wo sie hingehören. Ich konnte miterleben, wie zum erstenmal ein Programm ordnungsgemäß und ohne Fehler ablief und wie selbiges nach einiger Zeit absolut gar nicht mehr ablaufen wollte.

Leider wird es noch eine Weile dauern, bis Roboter Arbeiten übernehmen, die komplexer sind als beispielweise Autos zusammenzubauen. Bis sie selbständig agieren und sich in ihrer Umgebung zurecht finden. Zwar bauen Roboter schon Häuser und Strassen, doch wird es noch dauern, bis ein Roboter sich selbständig in einem komplexen Gebäude, wie einem Krankenhaus zurechtfindet, ganz zu schweigen davon, bis er dort Aufgaben übernehmen kann.

Auch muss man hierbei die ethische Frage berücksichtigen, ob es vertretbar ist, dass ein Roboter Menschen pflegt. Außerdem kann ich jeden beruhigen, der davor Angst hat, dass Maschinen und intelligente Roboter die Herrschaft über die Welt übernehmen – davon sind wir noch sehr weit entfernt! Es wird vermutlich auch in den nächsten zehn Jahren voraussichtlich keinen menschenähnlichen Roboter geben.

Zur Zeit wird versucht, Robotern künstliche Intelligenz beizubringen. Das sieht dann so aus, dass ein Roboter auf seine Umwelt reagiert, sich Dinge merkt und mit diesen Informationen wieder auf seine Umwelt reagiert. Doch sind diese Experimente noch nicht weit entwickelt und stecken in den Kinderschuhen.

Mir hat dieses Jahr der Arbeit an einem Thema viel gebracht, da ich erleben konnte, wie sich ein Projekt, das mich sehr interessiert, über ein Jahr hinweg entwickelt hat. Wo Schwierigkeiten auftauchten, die mir auch mal die Lust an der Arbeit geraubt haben, wie ich diese dann überwinden konnte. Und schließlich das Erfolgserlebnis nach jedem gelösten Problem! Ich konnte beobachten, wie mir manchmal der eigene Antrieb fehlte und ich mich erst wieder motivieren musste, aber auch, wie es voranging, als ich dann wieder neu motiviert war. Insgesamt war es ein spannendes Jahr mit Höhen und Tiefen, aber ich war eigentlich immer erfreut darüber, mich einem Projekt so intensiv widmen zu können. Es war ein Jahr, aus dem ich viel Erfahrung gezogen habe, und ich werde sicherlich meine Jahresarbeit nicht in die Ecke stellen und verstauben lassen.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt natürlich meinem Betreuungslehrer Herrn Kraus, er unterstützte mein Projekt und konnte mir bei der Vorüberlegung sehr gut helfen. Auch danken möchte ich Herrn Gutdeutsch, der mir am Ende bei der Programmierung zu Hilfe kam und mir viel weitergeholfen hat. Meinen Eltern möchte ich danken weil sie mein Projekt finanziert haben und es mir so überhaupt erst möglich war. Ebenfalls Herrn Schlie, der mir beim Bauen des Netzteils behilflich war und es ermöglichte, den Roboter ohne Batterien zu betreiben. Durch Herrn Kraus gelangte ich in die TU München und konnte mir dort für mich wertvolle Ratschläge holen, daher möchte ich mich bei Dipl. Ing. Michael Sorg und Dipl. Ing. Georg Passig bedanken, die mir zeigten, was möglich und machbar ist. Allen anderen, die mir geholfen, mich unterstützt und ermutigt haben und die hier namentlich nicht aufgeführt sind, möchte ich natürlich auch danken.