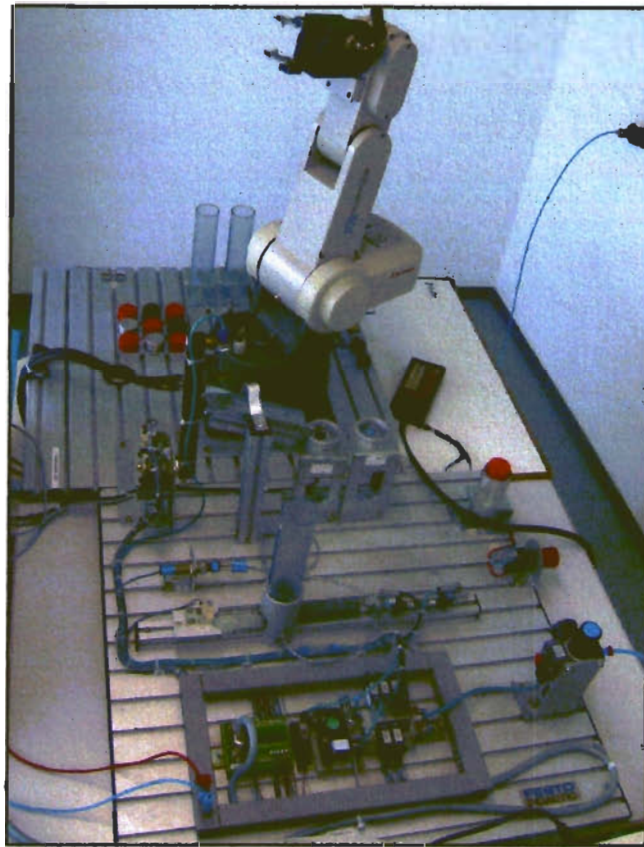


Projektarbeit im Fachbereich Robotertechnik



Programmieren eines Roboters mit Bestückungs- und Sortieraufgaben, sowie das Integrieren einer SPS

Von: Jürgen Voigt
Klasse: Metro 07 V
Für: Fachschule für Technik
Sondershäuser Landstraße 39
99974 Mühlhausen

Fachlehrer: Herr Dipl.-Ing. Gerst
Schuljahr: 2008/2009
Zeitraum: 02.02.2009 bis 27.02.2009
Abgabe: 20.03.2009



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	2
1.1. Erläuterung des Praktikumsauftrags	2
1.2. Allgemeines zum Roboter	2
1.3. Allgemeines zur SPS	3
2. Herangehensweise	3
2.1. Überblick, Befestigung und Test	3
2.2. Einteilung der Anlage	4
2.3. Entwicklung der Bewegungsabläufe	5
2.4. Zuständigkeitsbereiche	6
3. Programmierung des Roboters	7
3.1. Ein- und Ausgänge	7
3.2. Teachen der Roboterpositionen	7
3.3. Erstellen des Programms	9
3.4. Erarbeiten eines Programmablaufplans	15
4. Programmieren der SPS	17
4.1. Ein- und Ausgänge	17
4.2. Erstellen des Programms	17
5. Inbetriebnahme	18
5.1. Testen des Roboterprogramms	18
5.2. Testen des SPS-Programms	18
5.3. Testen der Gesamtanlage	19
6. Zusammenfassung	19
7. Quellenverzeichnis	20
8. Selbständigkeitserklärung	20



1. Einleitung

Vom 02. bis 27. Februar 2009 arbeitete ich in der Fachschule für Technik Mühlhausen an einem Projekt des Fachbereiches Robotertechnik.

Der Praktikumsauftrag bestand im Großen und Ganzen darin, eine funktionale Robotersteuerung mit Bestückungs-, Bearbeitungs- und Sortieraufgaben zu erarbeiten und umzusetzen.

1.1. Erläuterung des Praktikumsauftrags

Es galt zunächst die Komplexität der Aufgabe zu erfassen und Teilziele zu erarbeiten. Danach hatte ich nötige Positionen des Roboters RV-M1 der Marke Mitsubishi zu teachen und ein Roboterprogramm sowie einen dazugehörigen Programmablaufplan (nachfolgend PAP genannt) zu erstellen. Des Weiteren sollte eine SPS als zusätzliche Steuerungseinheit für einen weiteren Arbeitsablauf integriert und ein Programm dafür geschrieben werden. Letztlich hatte ich die Gesamtanlage in Betrieb zu nehmen und deren Funktion mit beschalteten Ein- und Ausgängen zu testen.

1.2. Allgemeines zum Roboter

Der Mitsubishi RV-M1 ist ein Industrieroboter und wird in die Gruppe der Knickarmroboter eingeordnet. Er hat fünf rotatorische Gelenke und ist mit einem Greifer ausgestattet. Sein Haupteinsatzgebiet ist die Handhabung von Kleinteilen. Einschließlich seiner Hand ist für ihn eine Tragbelastung von maximal 1,2 kg zulässig, wobei sein Eigengewicht gerade einmal 19 kg beträgt. Der Antrieb der Gelenke erfolgt durch Gleichstromservomotoren. Die zugehörige Steuerung des RV-M1 nennt man Melfa.¹

Zur Kommunikation zwischen PC und Roboter sowie zur Übertragung des Programms an die Steuerung stand mir eine Software zur Verfügung, genannt „COSIMIR ® Industrial“.

Aufgrund der zahlreichen verbesserten Nachfolgeversionen und der veralteten Technologie, besonders hinsichtlich der Steuerung, wird der RV-M1 heute nicht mehr produziert und findet auch kaum noch Verwendung.

¹ http://stabile-ing.de/downloads/rob/labore/Laborbericht_Versuch1_Mitsubishi.pdf



1.3. Allgemeines zur SPS

Die von mir in den Versuch zu integrierende SPS aus dem Hause Schneider Automation nennt sich TSX Compact (PC-E984-265). Sie hatte eine eigene Spannungsversorgung von 24V-DC und war mit einem Eingangs- und einem Ausgangsmodul bestückt, sodass mir maximal 16 Eingänge und 16 Ausgänge zur Verfügung standen.

Die verwendete Software zur Programmierung heißt „Concept“.

2. Herangehensweise

Zu Beginn der Projektarbeit informierte ich mich bei meinem betreuenden Fachlehrer über spezielle Aufgaben, die ich eventuell in die Umsetzung des Praktikumsversuches aufnehmen sollte. Daraufhin wurde ich in den Raum geführt, in welchem der Roboter stand, sowie eine weitere Arbeitsplatte (nachfolgend Verteilerplatte genannt) mit verschiedenen bereits montierten und angeschlossenen Komponenten wie z.B. pneumatische Aktoren und Ventile, elektrische Module, Sensoren und mechanische Bauelemente. Mir wurde erklärt, dass der Roboter und die Verteilerplatte zusammenarbeiten und in gewisser Weise voneinander abhängen sollten.

Alles Weitere überließ man mir, d.h. die speziellen Bewegungsabläufe der Anlage sollte ich selbst festlegen und realisieren.

2.1. Überblick, Befestigung und Test

Zunächst verschaffte ich mir einen Überblick darüber, was mir alles zur Verfügung stand und somit verwendet werden konnte. Das waren - neben dem Roboter, den zu transportierenden Werkstücken (zylindrische Drehteile aus Plastik oder Aluminium) und der Verteilerplatte, welche grob aus einem Werkstückmagazin, einem Schieber, einem Schwenkarm mit Vakuumsauger und einer Rutsche bestand - folgende Elemente:

- drei Werkstückmagazine,
- zwei Werkstückablagen mit Sensor (kapazitiver und induktiver Sensor),
- ein kapazitiver Sensor mit Halterung,
- ein Werkstückraster mit neun Plätzen und
- drei Simulationswerkzeuge mit Halterung

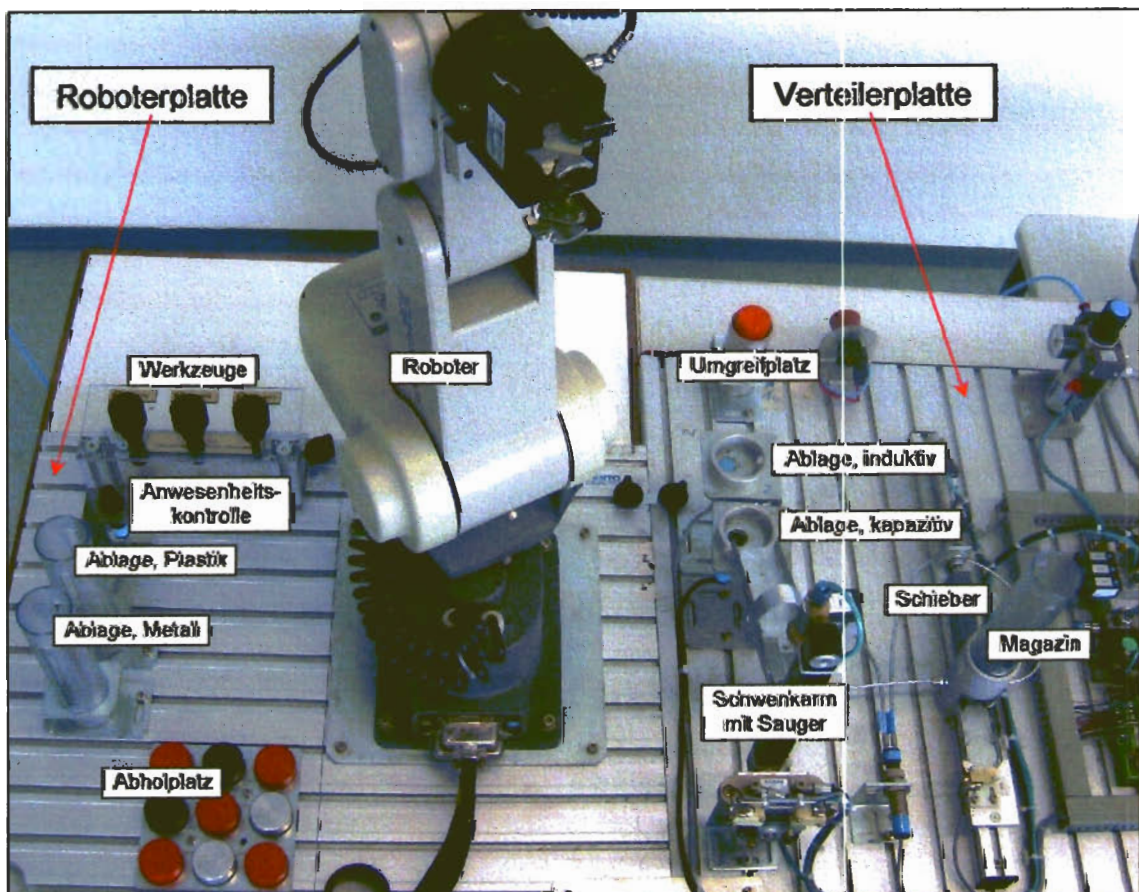


Danach erstellte ich einen Lageplan, auf welchem ich skizzierte, wo und zu welchem Zweck diese Bauteile sinnvoll angeordnet werden konnten. Anhand dieses Plans befestigte ich die Komponenten auf den beiden Arbeitsplatten (Roboter- und Verteilerplatte), nachdem ich diese miteinander verbunden hatte. Hierbei war zu prüfen, ob der Roboter die am entferntesten anzufahrende Stelle (Magazin der Verteilerplatte) auch erreichen konnte.

Weiterhin testete ich mit einem Durchgangsprüfer die Verbindungen und Anschlüsse eines Bediengerätes, auf welches durch Ankopplung an die Verteilerplatte die Ein- und Ausgänge der selbigen geführt werden konnten. Außerdem waren Taster und Leuchtmelder auf dem Bedienfeld angebracht. Aufgrund dieser Voraussetzungen entschloss ich mich nach festgestellter Funktionsfähigkeit dazu, die Anlage später von dort aus zu bedienen.

2.2. Einteilung der Anlage

Die Anlage habe ich grob in zwei Bereiche eingeteilt, welche bereits im Vorfeld genannt wurden. Die Anordnung der Komponenten und deren Bezeichnungen kann man in der folgenden Abbildung erkennen:





2.3. Entwicklung der Bewegungsabläufe

Während der Erstellung des Lageplans und anschließender Befestigung der Komponenten überlegte ich mir bereits, in welcher Weise und Reihenfolge der Bewegungsablauf des Roboters geschehen sollte und welche zu erfüllenden Vorbedingungen sinnvoll und notwendig waren. Folgende Festlegungen sollten dabei umgesetzt werden:

- Starten möglich, wenn ein Ein-Signal vorhanden (Ein- und Ausgänge frei geschaltet) und die Verteilerplatte in Grundstellung (nachfolgend GS) ist
- wenn das *Magazin* der Verteilerplatte leer und die *Ablage, kapazitiv* frei ist, dann Teile vom Abholplatz holen (mit *Anwesenheitskontrolle* durch kapazitiven Sensor), danach am *Umgreifplatz* umgreifen (da sonst das *Magazin* nicht erreicht werden kann) und das *Magazin* befüllen
- wenn die *Ablage, kapazitiv* belegt ist, dann Werkstück nehmen und auf *Ablage, induktiv* legen, Werkstückbearbeitung durch die Werkzeuge simulieren und schließlich nach Material (Metall oder Plastik) in die jeweilige *Ablage* einsortieren
- wenn das *Magazin* nicht leer und noch kein Werkstück auf der *Ablage, kapazitiv* ist, dann warten auf Ablauf der Verteilerplatte bis ein Teil auf der *Ablage, kapazitiv* ankommt
- Ablauf bis das *Magazin* leer und letztes Teil einsortiert ist, danach wieder neue Werkstücke vom Abholplatz holen
- wenn keine Teile am *Abholplatz* (9-mal keine Anwesenheit), dann in die Nestposition fahren > Programmende

Der Bewegungsablauf der Verteilerplatte war in seiner Reihenfolge durch die konstruktive Anordnung gewissermaßen vorgegeben. Jenen Ablauf und weitere Funktionen habe ich wie folgt festgelegt:

- Starten einer Schrittkette möglich, wenn Ein-Signal vorhanden und Anlage in GS ist (*Schwenkarm* oben, *Schieber* eingefahren, Vakuum am *Sauger* aus und *Ablage, kapazitiv* frei); ansonsten Richten (Anlage in GS fahren, z.B. nach einem Not-Aus, wenn dieser wieder entrastet ist)
- Schrittkette läuft bis das *Magazin* leer und das letzte Teil vom Roboter aus der *Ablage, kapazitiv* genommen ist; beginnt erneut, wenn das *Magazin* mit neuen Werkstücken befüllt wird
- Stoppen der Anlage bewirkt Warten in GS nach vollständiger Schrittkette



- Not-Aus hat zur Folge, dass die Anlage steht und das Vakuum an bleibt, wenn gerade ein Werkstück am Sauger ist (sonst bleibt Vakuum aus)
- nach einem Not-Aus muss dieser erst gelöst und danach gerichtet werden, bevor ein erneutes Starten möglich wird

Die Schrittkette sollte diese Reihenfolge haben:

- > *Schieber* ausfahren (Teil wird aus *Magazin* geschoben)
- > *Schwenkarm* nach unten schwenken (*Sauger* liegt auf Werkstück)
- > Vakuum einschalten (Teil wird angesaugt)
- > *Schieber* einfahren
- > *Schwenkarm* nach oben schwenken (Werkstück hängt über Rutsche)
- > Vakuum ausschalten (Teil fällt auf Rutsche, rutscht in *Ablage, kapazitiv*)

2.4. Zuständigkeitsbereiche

Da die Robotersteuerung und die SPS jeweils ein eigenes Netzteil hatten, teilte ich diesen eine entsprechende Zuständigkeit zu. So sollten die Ein- und Ausgänge des Roboters auch nur von der Spannung des Roboter-Netzteils gespeist werden und die der Verteilerplatte entsprechend nur durch die Spannung des Netzteils der SPS. Beide Netzteile lieferten laut Angabe zwar 24 Volt Gleichspannung, jedoch konnte man leichte Spannungsunterschiede messen, sodass ich beim späteren Anschließen der Ein- und Ausgänge diese beiden Spannungen nicht miteinander vermischen wollte, um eventuelle Fehler von vornherein zu vermeiden. Um diese Trennung zu realisieren, verwendete ich zahlreiche Relais-Bausteine und führte jeden Ein- bzw. Ausgang über eines dieser Relais.

Den Not-Aus des Roboters und den der Verteilerplatte schaltete ich zu einem Not-Aus-Kreis zusammen, sodass ein Stillstand beider Bereiche bei Betätigung einer der Not-Aus-Raster gewährleistet war. In einem solchen Fall sollte die hardwaremäßige Abschaltung der Ausgänge der Verteilerplatte über ein Relais sichergestellt sein. Der Roboter bleibt bei Not-Aus-Betätigung sofort stehen und muss danach immer die Nestposition anfahren, um wieder starten zu können. Aus diesem Grund bezieht sich das bereits angesprochene Richten der Anlage nach einem Not-Aus nur auf die Verteilerplatte. Das erwähnte Ein-Signal kann dabei auch erst wieder durch Betätigung eines Tasters über ein Relais nach Entriegelung des Not-Aus zugeschaltet werden.



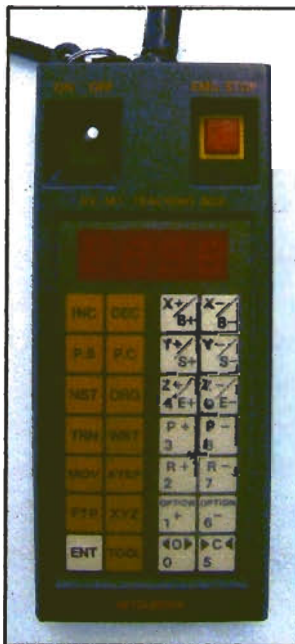
3. Programmierung des Roboters

Nach den vorgenommenen Festlegungen konnte ich nun damit beginnen, die nötigen Roboterpositionen einzuteachen, die Ein- und Ausgänge zu bestimmen und das Programm sowie den PAP zu erstellen.

3.1. Ein- und Ausgänge

Eingänge		Ausgang	
0	Start-Taster	0	Start-Lampe
1	kapazitiver Sensor (Anwesenheit)		
2	kapazitiver Sensor (Ablage)		
3	induktiver Sensor (Ablage)		
4	Lichtschanke 1B3 (Magazin)		
5	Ein-Signal		
6	GS-Signal (von SPS)		

3.2. Teachen der Roboterpositionen



Mit Hilfe der *Teaching Box* des RV-M1 fuhr ich alle notwendigen Roboterpositionen an und konnte diese im so genannten Teach-in-Verfahren in der Steuerung abspeichern. Diese gesicherten Positionen habe ich dann nach Verbindung des Roboters mit dem Rechner in ein neu angelegtes Cosimir-Projekt übertragen und dort ebenfalls wieder gespeichert. Um auszuschließen, dass mir während der Programmierung die eine oder andere Position

fehlt, habe ich mir im Vorfeld genaue Gedanken über die Anzahl der Punkte gemacht und mir diese aufgeschrieben. Die letztlich endgültig festgelegten Positionsnummern und deren Beschreibungen sind in der folgenden Tabelle dargelegt. Die Abbildung rechts zeigt hierbei die Reihenfolge der Werkstücke am Abholplatz, sowie die Werkzeugbezeichnungen.





Die farbigen Markierungen machen deutlich, welche Grundposition (GP) jeweils zu den entsprechenden Stellen auf der Roboter- bzw. Verteilerplatte gehört.

Positionsnummer	Positionsbeschreibung
1	an Ablage, kapazitiv (kapazitiver Sensor)
2	über Ablage, kapazitiv (kapazitiver Sensor)
3	an Ablage, induktiv (induktiver Sensor)
4	über Ablage, induktiv (induktiver Sensor)
5	Umgreifplatz
7	an Umgreifplatz (umgegriffen)
8	über Umgreifplatz (umgegriffen)
9	Magazin
10	Anwesenheitskontrolle (kapazitiver Sensor)
11	an Teil 1
12	über Teil 1
13	an Teil 2
14	über Teil 2
15	an Teil 3
16	über Teil 3
17	an Teil 4
18	über Teil 4
19	an Teil 5
20	über Teil 5
21	an Teil 6
22	über Teil 6
23	an Teil 7
24	über Teil 7
25	an Teil 8
26	über Teil 8
27	an Teil 9
28	über Teil 9
29	Ablage, Plastik
30	Ablage, Metall
31	an Zentrierbohrer (Werkzeuge)
32	über Zentrierbohrer
33	Zwischenposition, Zentrierbohrer
34	an Bohrer (Werkzeuge)
35	über Bohrer
36	Zwischenposition, Bohrer
37	an Senker (Werkzeuge)
38	über Senker
39	Zwischenposition 1, Senker
40	Zwischenposition 2, Senker
41	untere Bearbeitungsposition
42	obere Bearbeitungsposition
100	GP Ablagen (Sensoren)
200	GP Umgreifplatz
300	GP Werkzeuge und Ablagen (Plastik / Metall)
400	GP Abholplatz
500	GP Anwesenheitskontrolle



3.3. Erstellen des Programms

Zunächst machte ich mir Gedanken darüber, wie ich das Programm sauber gliedern kann, um auch später bei eventuell notwendigen Verbesserungen und Erweiterungen noch einen guten Überblick behalten zu können, denn von einem sofortigen Erfolg beim ersten Laden und Testen des Programms konnte ich nicht ausgehen. Folgende Schritte wollte ich deshalb abarbeiten:

- Start (Voreinstellungen und Vorbedingungen)
- Situationsabfrage (wo befinden sich Werkstücke in der Anlage)
- Teile holen (aufgegliedert in 9 Bereiche, weil 9 Abholpositionen)
- Anwesenheitsprüfung (Kontrolle durch kapazitiven Sensor bei Abholung)
- Umgreifen und Magazin befüllen
- Bearbeiten (Werkzeugsimulation)
- Einsortieren (Materialabfrage durch induktiven Sensor)
- Zählerabfragen
- Programmende

Im Anschluss überlegte ich mir, wie viele Zähler (Counter) mindestens nötig sind, um einen sinnvollen Ablauf zu gewährleisten, und entschied mich für zwei. Counter 1 sollte bei jedem abgeholt Teil seinen Wert um 1 erhöhen und Counter 2 bei jedem nicht anwesenden Werkstück während der Abholung. Diese Zähler mussten im Programm an den entsprechenden Stellen abgefragt und zurückgesetzt werden.

In die von mir so genannte Situationsabfrage, die sich während des Ablaufs ständig wiederholen sollte, habe ich die Abfrage von zwei Sensoren eingebunden, nämlich die Lichtschranke im Magazin, die anzeigt, ob dieses leer oder befüllt ist, und den kapazitiven Initiator, der anzeigt, ob ein von der Werkstückrutsche kommendes Teil in der Ablage liegt.

Die zur Programmierung notwendigen Befehle kannte ich aus dem Unterricht. Eine von meinem betreuenden Fachlehrer entwickelte Software namens „MRL Star“ verwendete ich zur Erstellung des Roboterprogramms, welches am Ende des Praktikums im fertigen und funktionsfähigen Zustand wie folgt aussah:

* Start

- | | | |
|---|---------|--|
| 1 | SP 9,H | * Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./-Abbremszeit hoch |
| 5 | SC 1, 0 | * Setzt den Wert des Zählers 1 auf 0 |
| 6 | SC 2, 0 | * Setzt den Wert des Zählers 2 auf 0 |



* Bedingungen

7	ID	* Eingangsabfrage initialisieren
8	TB+5,10	* Wenn Eingang 5 = +, Sprung zur Zeile 10
9	GT 7	* Programmsprung zu Zeile 7
10	ID	* Eingangsabfrage initialisieren
11	TB+6,13	* Wenn Eingang 6 = +, Sprung zur Zeile 13
12	GT 10	* Programmsprung zu Zeile 10
13	OB+0	* Ausgang 0 EIN schalten
14	ID	* Eingangsabfrage initialisieren
15	TB+0,17	* Wenn Eingang 0 = +, Sprung zur Zeile 17
16	GT 14	* Programmsprung zu Zeile 14
17	OB-0	* Ausgang 0 AUS schalten
18	MO 100,O	* Fahre zur Pos 100, mit geöffnetem Greifer

* Situationsabfrage

30	ID	* Eingangsabfrage initialisieren
31	TB+4,33	* Wenn Eingang 4 = +, Sprung zur Zeile 33
32	GT 36	* Programmsprung zu Zeile 36
33	ID	* Eingangsabfrage initialisieren
34	TB-2,398	* Wenn Eingang 2 = -, Sprung zur Zeile 398
35	GT 199	* Programmsprung zu Zeile 199
36	ID	* Eingangsabfrage initialisieren
37	TB+2,199	* Wenn Eingang 2 = +, Sprung zur Zeile 199
38	GT 36	* Programmsprung zu Zeile 36

* Teil 1 holen

99	MO 400,O	* Fahre zur Pos 400, mit geöffnetem Greifer
100	MO 12,O	* Fahre zur Pos 12, mit geöffnetem Greifer
101	MO 11,O	* Fahre zur Pos 11, mit geöffnetem Greifer
102	GC	* Greifer schließen
103	MO 12,C	* Fahre zur Pos 12, mit geschlossenem Greifer
104	IC 1	* Erhöht den Wert des Zählers 1 um 1
105	GT 160	* Programmsprung zu Zeile 160

* Teil 2 holen

106	MO 14,O	* Fahre zur Pos 14, mit geöffnetem Greifer
107	MO 13,O	* Fahre zur Pos 13, mit geöffnetem Greifer
108	GC	* Greifer schließen
109	MO 14,C	* Fahre zur Pos 14, mit geschlossenem Greifer
110	IC 1	* Erhöht den Wert des Zählers 1 um 1
111	GT 160	* Programmsprung zu Zeile 160



* Teil 3 holen

112	MO 16,O	* Fahre zur Pos 16, mit geöffnetem Greifer
113	MO 15,O	* Fahre zur Pos 15, mit geöffnetem Greifer
114	GC	* Greifer schließen
115	MO 16,C	* Fahre zur Pos 16, mit geschlossenem Greifer
116	IC 1	* Erhöht den Wert des Zählers 1 um 1
117	GT 160	* Programmsprung zu Zeile 160

* Teil 4 holen

118	MO 18,O	* Fahre zur Pos 18, mit geöffnetem Greifer
119	MO 17,O	* Fahre zur Pos 17, mit geöffnetem Greifer
120	GC	* Greifer schließen
121	MO 18,C	* Fahre zur Pos 18, mit geschlossenem Greifer
122	IC 1	* Erhöht den Wert des Zählers 1 um 1
123	GT 160	* Programmsprung zu Zeile 160

* Teil 5 holen

124	MO 20,O	* Fahre zur Pos 20, mit geöffnetem Greifer
125	MO 19,O	* Fahre zur Pos 19, mit geöffnetem Greifer
126	GC	* Greifer schließen
127	MO 20,C	* Fahre zur Pos 20, mit geschlossenem Greifer
128	IC 1	* Erhöht den Wert des Zählers 1 um 1
129	GT 160	* Programmsprung zu Zeile 160

* Teil 6 holen

130	MO 22,O	* Fahre zur Pos 22, mit geöffnetem Greifer
131	MO 21,O	* Fahre zur Pos 21, mit geöffnetem Greifer
132	GC	* Greifer schließen
133	MO 22,C	* Fahre zur Pos 22, mit geschlossenem Greifer
134	IC 1	* Erhöht den Wert des Zählers 1 um 1
135	GT 160	* Programmsprung zu Zeile 160

* Teil 7 holen

136	MO 24,O	* Fahre zur Pos 24, mit geöffnetem Greifer
137	MO 23,O	* Fahre zur Pos 23, mit geöffnetem Greifer
138	GC	* Greifer schließen
139	MO 24,C	* Fahre zur Pos 24, mit geschlossenem Greifer
140	IC 1	* Erhöht den Wert des Zählers 1 um 1
141	GT 160	* Programmsprung zu Zeile 160



* Teil 8 holen

142	MO 26,O	* Fahre zur Pos 26, mit geöffnetem Greifer
143	MO 25,O	* Fahre zur Pos 25, mit geöffnetem Greifer
144	GC	* Greifer schließen
145	MO 26,C	* Fahre zur Pos 26, mit geschlossenem Greifer
146	IC 1	* Erhöht den Wert des Zählers 1 um 1
147	GT 160	* Programmsprung zu Zeile 160

* Teil 9 holen

148	MO 28,O	* Fahre zur Pos 28, mit geöffnetem Greifer
149	MO 27,O	* Fahre zur Pos 27, mit geöffnetem Greifer
150	GC	* Greifer schließen
151	MO 28,C	* Fahre zur Pos 28, mit geschlossenem Greifer
152	IC 1	* Erhöht den Wert des Zählers 1 um 1
153	GT 160	* Programmsprung zu Zeile 160

* Anwesenheit der Teile

160	MO 400,C	* Fahre zur Pos 400, mit geschlossenem Greifer
161	MO 500,C	* Fahre zur Pos 500, mit geschlossenem Greifer
162	MO 10,C	* Fahre zur Pos 10, mit geschlossenem Greifer
163	TI 10	* Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 10 x 0,1 s
164	ID	* Eingangsabfrage initialisieren
165	TB-1,167	* Wenn Eingang 1 = -, Sprung zur Zeile 166
166	GT 180	* Programmsprung zu Zeile 180
167	IC 2	* Erhöht den Wert des Zählers 2 um 1
168	MO 500,O	* Fahre zur Pos 500, mit geöffnetem Greifer
169	GT 420	* Programmsprung zu Zeile 420
170	MO 400,O	* Fahre zur Pos 400, mit geöffnetem Greifer
171	GT 400	* Programmsprung zu Zeile 400

* Umgreifen und Magazin befüllen

180	MO 300,C	* Fahre zur Pos 300, mit geschlossenem Greifer
181	MO 5,C	* Fahre zur Pos 5, mit geschlossenem Greifer
182	TI 4	* Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 4 x 0,1 s
183	GO	* Greifer öffnen
184	MO 200,O	* Fahre zur Pos 200, mit geöffnetem Greifer
185	MO 8,O	* Fahre zur Pos 8, mit geöffnetem Greifer
186	MO 7,O	* Fahre zur Pos 7, mit geöffnetem Greifer
187	GC	* Greifer schließen
188	MO 8,C	* Fahre zur Pos 8, mit geschlossenem Greifer
189	MO 200,C	* Fahre zur Pos 200, mit geschlossenem Greifer
190	MO 9,C	* Fahre zur Pos 9, mit geschlossenem Greifer
191	TI 4	* Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 4 x 0,1 s
192	GO	* Greifer öffnen



- 193 IC 3 * Erhöht den Wert des Zählers 3 um 1
- 194 MO 300,O * Fahre zur Pos 300, mit geöffnetem Greifer
- 195 MO 400,O * Fahre zur Pos 400, mit geöffnetem Greifer
- 196 GT 400 * Programmsprung zu Zeile 400

* Bearbeiten

- 199 SC 2, 0 * Setzt den Wert des Zählers 2 auf 0
- 200 MO 2,O * Fahre zur Pos 2, mit geöffnetem Greifer
- 201 MO 1,O * Fahre zur Pos 1, mit geöffnetem Greifer
- 202 GC * Greifer schließen
- 203 MO 2,C * Fahre zur Pos 2, mit geschlossenem Greifer
- 204 MO 4,C * Fahre zur Pos 4, mit geschlossenem Greifer
- 205 TI 4 * Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 4 x 0,1 s
- 206 GO * Greifer öffnen
- 207 MO 300,O * Fahre zur Pos 300, mit geöffnetem Greifer
- 208 MO 33,O * Fahre zur Pos 33, mit geöffnetem Greifer
- 209 MO 31,O * Fahre zur Pos 31, mit geöffnetem Greifer
- 210 GC * Greifer schließen
- 211 SP 3,H * Geschwindigkeit = 3, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 212 MS 32,2,C * Fahre geradlinig zur Pos 32, mit geschlossenem Greifer
- 213 SP 9,H * Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 214 MO 42,C * Fahre zur Pos 42, mit geschlossenem Greifer
- 215 TI 6 * Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 6 x 0,1 s
- 216 SP 3,H * Geschwindigkeit = 3, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 217 MS 41,2,C * Fahre geradlinig zur Pos 41, mit geschlossenem Greifer
- 218 TI 6 * Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 6 x 0,1 s
- 219 MS 42,2,C * Fahre geradlinig zur Pos 42, mit geschlossenem Greifer
- 220 TI 6 * Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 6 x 0,1 s
- 221 SP 9,H * Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 222 MO 32,C * Fahre zur Pos 32, mit geschlossenem Greifer
- 223 SP 3,H * Geschwindigkeit = 3, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 224 MS 33,2,C * Fahre geradlinig zur Pos 33, mit geschlossenem Greifer
- 225 GO * Greifer öffnen
- 226 SP 9,H * Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 227 MO 36,O * Fahre zur Pos 36, mit geöffnetem Greifer
- 228 MO 34,O * Fahre zur Pos 34, mit geöffnetem Greifer
- 229 GC * Greifer schließen
- 230 SP 3,H * Geschwindigkeit = 3, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 231 MS 35,2,C * Fahre geradlinig zur Pos 35, mit geschlossenem Greifer
- 232 SP 9,H * Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 233 MO 42,C * Fahre zur Pos 42, mit geschlossenem Greifer
- 234 TI 6 * Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 6 x 0,1 s
- 235 SP 3,H * Geschwindigkeit = 3, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 236 MS 41,2,C * Fahre geradlinig zur Pos 41, mit geschlossenem Greifer
- 237 TI 6 * Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 6 x 0,1 s
- 238 MS 42,2,C * Fahre geradlinig zur Pos 42, mit geschlossenem Greifer
- 239 TI 6 * Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 6 x 0,1 s
- 240 SP 9,H * Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./Abbremszeit hoch
- 241 MO 35,C * Fahre zur Pos 35, mit geschlossenem Greifer



242	SP 3,H	* Geschwindigkeit = 3, mit Beschl./-Abbremszeit hoch
243	MS 36,2,C	* Fahre geradlinig zur Pos 36, mit geschlossenem Greifer
244	GO	* Greifer öffnen
245	SP 9,H	* Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./-Abbremszeit hoch
246	MO 39,O	* Fahre zur Pos 39, mit geöffnetem Greifer
247	MO 37,O	* Fahre zur Pos 37, mit geöffnetem Greifer
248	GC	* Greifer schließen
249	SP 3,H	* Geschwindigkeit = 3, mit Beschl./-Abbremszeit hoch
250	MS 40,2,C	* Fahre geradlinig zur Pos 40, mit geschlossenem Greifer
251	MS 38,2,C	* Fahre geradlinig zur Pos 38, mit geschlossenem Greifer
252	SP 9,H	* Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./-Abbremszeit hoch
253	MO 42,C	* Fahre zur Pos 42, mit geschlossenem Greifer
254	TI 6	* Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 6 x 0,1 s
255	SP 3,H	* Geschwindigkeit = 3, mit Beschl./-Abbremszeit hoch
256	MS 41,2,C	* Fahre geradlinig zur Pos 41, mit geschlossenem Greifer
257	TI 6	* Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 6 x 0,1 s
258	MS 42,2,C	* Fahre geradlinig zur Pos 42, mit geschlossenem Greifer
259	TI 6	* Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 6 x 0,1 s
260	SP 9,H	* Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./-Abbremszeit hoch
261	MO 38,C	* Fahre zur Pos 38, mit geschlossenem Greifer
262	SP 3,H	* Geschwindigkeit = 3, mit Beschl./-Abbremszeit hoch
263	MS 39,2,C	* Fahre geradlinig zur Pos 39, mit geschlossenem Greifer
264	GO	* Greifer öffnen
265	SP 9,H	* Geschwindigkeit = 9, mit Beschl./-Abbremszeit hoch
266	MO 100,O	* Fahre zur Pos 100, mit geöffnetem Greifer

* Einsortieren

267	MO 4,O	* Fahre zur Pos 4, mit geöffnetem Greifer
268	MO 3,O	* Fahre zur Pos 3, mit geöffnetem Greifer
269	TI 10	* Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 10 x 0,1 s
270	ID	* Eingangsabfrage initialisieren
271	TB+3,278	* Wenn Eingang 3 = +, Sprung zur Zeile 278
272	GC	* Greifer schließen
273	MO 4,C	* Fahre zur Pos 4, mit geschlossenem Greifer
274	MO 300,C	* Fahre zur Pos 300, mit geschlossenem Greifer
275	MO 29,C	* Fahre zur Pos 29, mit geschlossenem Greifer
276	TI 4	* Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 4 x 0,1 s
277	GT 283	* Programmsprung zu Zeile 283
278	GC	* Greifer schließen
279	MO 4,C	* Fahre zur Pos 4, mit geschlossenem Greifer
280	MO 300,C	* Fahre zur Pos 300, mit geschlossenem Greifer
281	MO 30,C	* Fahre zur Pos 30, mit geschlossenem Greifer
282	TI 4	* Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 4 x 0,1 s
283	GO	* Greifer öffnen
284	MO 300,O	* Fahre zur Pos 300, mit geöffnetem Greifer
285	MO 100,O	* Fahre zur Pos 100, mit geöffnetem Greifer
286	GT 30	* Programmsprung zu Zeile 30



*** Warten**

300 MO 100,O * Fahre zur Pos 100, mit geöffnetem Greifer
301 GT 30 * Programmsprung zu Zeile 30

*** Zähler 1 abfragen**

398 SC 1, 0 * Setzt den Wert des Zählers 1 auf 0
399 TI 4 * Zeitglied, stoppt die Roboterbewegung für 4 x 0,1 s
400 CP 1 * Lädt Wert des Zählers 1 für Vergleich in internes Register
401 EQ 0,99 * Wenn Vergleichswert = 0 > Programmsprung zu Zeile 99
402 EQ 1,106 * Wenn Vergleichswert = 1 > Programmsprung zu Zeile 106
403 EQ 2,112 * Wenn Vergleichswert = 2 > Programmsprung zu Zeile 112
404 EQ 3,118 * Wenn Vergleichswert = 3 > Programmsprung zu Zeile 118
405 EQ 4,124 * Wenn Vergleichswert = 4 > Programmsprung zu Zeile 124
406 EQ 5,130 * Wenn Vergleichswert = 5 > Programmsprung zu Zeile 130
407 EQ 6,136 * Wenn Vergleichswert = 6 > Programmsprung zu Zeile 136
408 EQ 7,142 * Wenn Vergleichswert = 7 > Programmsprung zu Zeile 142
409 EQ 8,148 * Wenn Vergleichswert = 8 > Programmsprung zu Zeile 148
410 EQ 9,300 * Wenn Vergleichswert = 9 > Programmsprung zu Zeile 300

*** Zähler 2 abfragen**

420 CP 2 * Lädt Wert des Zählers 2 für Vergleich in internes Register
421 EQ 9,500 * Wenn Vergleichswert = 9 > Programmsprung zu Zeile 500
422 GT 170 * Programmsprung zu Zeile 170

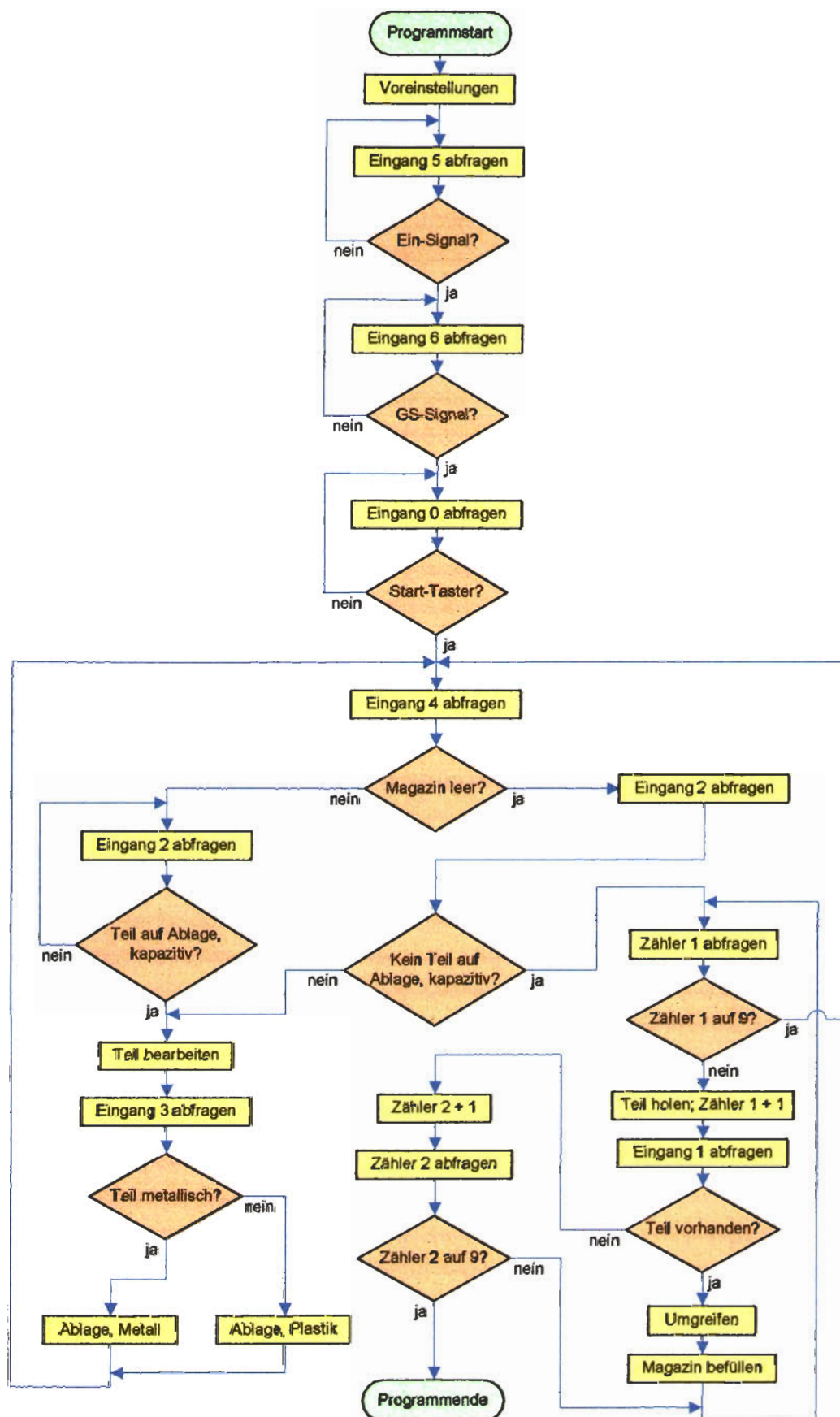
*** Ende**

500 MO 100,O * Fahre zur Pos 100, mit geöffnetem Greifer
501 NT * in die Nestposition fahren
502 ED * Programm- oder Unterprogrammende

3.4. Erarbeiten eines Programmablaufplans

Vor und auch während der Programmierung skizzierte ich mir immer wieder kleine Ablaufketten, um weiter zu kommen. Diese sahen zusammengesetzt schon aus wie ein PAP. Anhand eines solchen soll man nämlich auf einen Blick nachvollziehen können, was das Programm und somit eben auch der Roboter macht, wenn bestimmte Situationen auftreten und was passieren soll, wenn die Abfrage von Sensoren erfolgt ist.

Nachfolgend sieht man den Programmablaufplan, wie er zugehörig zu dem Roboterprogramm am Ende des Praktikums von mir erstellt wurde:





4. Programmieren der SPS

Ähnlich wie vor der Programmierung des Roboters musste ich ebenfalls die Ein- und Ausgänge für die Verteilerplatte festlegen, um deren Schrittkette dann anschließend durch Erstellen des SPS-Programms zu realisieren.

4.1. Ein- und Ausgänge

Eingänge		Ausgänge	
1	Sensor 1B1 (Schieber hinten)	1	1Y1 (Schieber ausfahren)
2	Sensor 1B2 (Schieber vorn)	2	1Y5 (Schwenkarm runter)
3	Sensor 1S4 (Schwenkarm oben)	3	1Y4 (Schwenkarm hoch)
4	Sensor 1S3 (Schwenkarm unten)	4	1Y3 (Vakuum ausschalten)
5	kapazitiver Sensor (Ablage)	5	1Y2 (Vakuum einschalten)
6	Vakuumschalter 1S2 (angesaugt)	6	GS-Signal (an Roboter)
9	Lichtschranke 1B3 (Magazin)	7	Richten-Lampe
10	Start-Taster		
11	Richten-Taster		
12	Ein-Signal		
13	Stopp-Taster		
14	Not-Aus-Signal		

4.2. Erstellen des Programms

Da ich bis dato weder die Software zur Programmierung der SPS, noch die Steuerung an sich kannte, musste ich mich zunächst mit vorhandenen Handbüchern beschäftigen, um mir die Programmierweise der TSX Compact anzueignen und dieses Wissen schließlich bei der Erstellung des Programms anwenden zu können.

Aus Sicherheitsgründen ist neben einer hardwaremäßigen Abschaltung der Ausgänge bei Not-Aus auch immer ein softwaremäßiges Rücksetzen dieser zu gewährleisten, was bei der Programmierung der SPS vorzusehen war.

Folgende Punkte habe ich bei der Programmerstellung berücksichtigt und letztendlich umgesetzt:

- Schrittkette (laut *Bewegungsabläufe Punkt 2.3.*)
- Automatikablauf (durch Stopp unterbrechbar)
- Not-Aus-Funktion (Abschalten der Ausgänge)
- Richten-Funktion, um die Anlage in Grundstellung fahren zu können (nach einem Not-Aus oder zu Beginn, wenn keine GS vorhanden)
- Übergabe eines Signals an den Roboter bei Grundstellung



5. Inbetriebnahme

Um eine sichere Inbetriebnahme vornehmen zu können, habe ich zunächst den Ablauf des Roboters und danach den der Verteilerplatte jeweils einzeln und unabhängig voneinander getestet, bevor ich die Funktion der Gesamtanlage mit allen beschalteten Ein- und Ausgängen prüfte.

5.1. Testen des Roboterprogramms

Zuerst hatte ich vor, das Roboterprogramm zu testen. Also schaltete ich die Robotersteuerung und das Netzteil für die Gleichspannungsversorgung der Ein- und Ausgänge des RV-M1, sowie für die benötigten Relais, ein. Danach fuhr ich den Roboter mit Hilfe der *Teaching Box* in die Nestposition. Anschließend fügte ich das geschriebene Roboterprogramm in das am PC angelegte Projekt ein und stellte die Verbindung zwischen der Robotersteuerung und dem Computer her, um das Programm an die Steuerung übertragen zu können. Nun konnte ich einen ersten Test vornehmen, indem ich den Roboter zunächst mit niedriger Geschwindigkeit und einer Hand am Not-Aus seine Verfahrenswege ausführen ließ. Erweiterungen und Änderungen im Programm nahm ich sofort im Projekt am PC vor und prüfte diese im Anschluss nach der gleichen Vorgehensweise. Erst als der gesamte Ablauf in allen möglichen Varianten und Reihenfolgen seiner vorgegebenen Richtigkeit entsprach, testete ich das Roboterprogramm noch einmal mit der höchstzulässigen Verfahrensgeschwindigkeit.

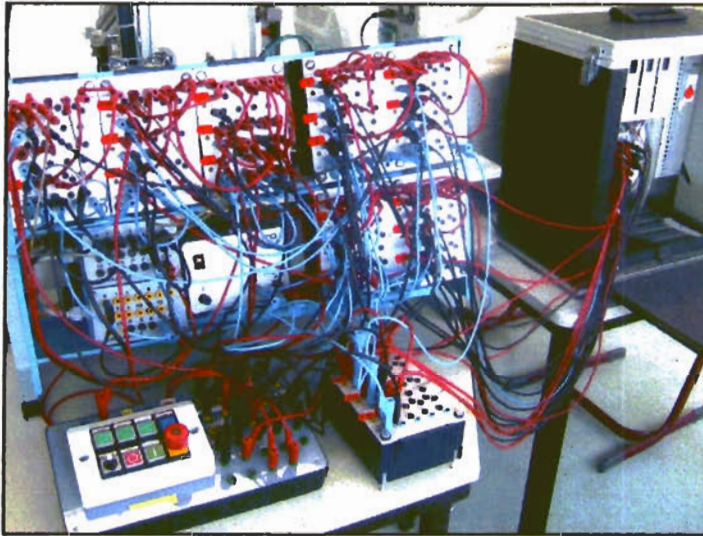
5.2. Testen des SPS-Programms

Beim Funktionstest der Verteilerplatte ging ich ähnlich vor. Zunächst hatte ich hier jedoch einige zusätzliche Überprüfungen zu erledigen. So habe ich nach Anschließen der Druckluft zunächst die Pneumatikventile mit den vorhandenen Handhilfsbetätigungen ausprobiert und dabei auch die korrekten Bewegungen des Schiebers und des Schwenkarms, sowie das Ansaugen durch das Vakuum, geprüft. Auch die Sensoren kontrollierte ich gleich auf ihre Funktion. Danach übertrug ich das SPS-Programm vom PC an die Steuerung und testete den Ablauf der Schrittkette, das Starten und Stoppen des Automatikablaufs, sowie die Not-Aus- und Richten-Funktion. Alle Erweiterungen hatten auch hier erneute Übertragungen des Programms und Überprüfungen zur Folge.



5.3. Testen der Gesamtanlage

Nach den getrennten Tests des Roboter- und SPS-Programms konnte ich nun zur Funktionskontrolle der Gesamtanlage übergehen. Zuerst prüfte ich noch



einmal alle Anschlüsse und Kabelverbindungen an dem Bediengerät, an der SPS, an den Relaisbausteinen und an den Netzteilen. Im Anschluss testete ich nun den Bewegungsablauf der gesamten Anlage auf das Zusammenwirken zwischen Roboter und Verteilerplatte.

Bei den nur noch kleinen Ausbesserungen im SPS- oder Roboterprogramm ging ich genauso vor wie in den vorangegangenen Einzelfunktionsprüfungen.

6. Zusammenfassung

Abschließend kann man sagen, dass ich den Praktikumsauftrag - begonnen mit der Erfassung der Aufgabenkomplexität und der Erarbeitung von Teilzielen, weiter mit dem Teachen der Roboterpositionen und der Erstellung des Programms und des Programmablaufplans, über die Integration der SPS und deren Programmierung, bis hin zur Inbetriebnahme und dem Test der Gesamtanlage - in dem von mir festgelegten Umfang, vollständig, selbständig und nur mit kleinen Hilfen meines betreuenden Fachlehrers ausgeführt habe. Es hätte sicherlich noch die ein oder andere Erweiterung oder Verbesserung in die Umsetzung des Projekts einfließen können, aber ich denke, dass es mit den mir zur Verfügung gestellten Mitteln in dem vorgegebenen Praktikumszeitraum gelungen ist, ein angemessenes und ordentliches Resultat zu erzielen.

Ich hatte bei der Realisierung des Auftrags keineswegs das Gefühl unterfordert zu sein, war aber auch zu keiner Zeit mit den von mir zu erfüllenden Aufgaben überfordert. Ich konnte während der Umsetzung dieses, meiner Meinung nach, sehr interessanten Projekts den Umgang mit dem Roboter *RV-M1* und der SPS *TSX Compact* verinnerlichen und mir viele für einen zukünftigen Techniker wichtige Erkenntnisse und Erfahrungen aneignen.



7. Quellenverzeichnis

http://stabile-ing.de/downloads/rob/labore/Laborbericht_Versuch1_Mitsubishi.pdf
und
www.fachschule.tk

8. Selbständigkeitserklärung

„Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln angefertigt habe.“

Mühlhausen, den 20.03.2009


Jürgen Voigt