



Bewerbung zum BVT-Award 2022

Realisierung eines marktfähigen Tripod-Roboters für
Pick & Place-Anwendungen

Abschlussprojekt

Schwerpunkt:	Automatisierungs- und Prozessleittechnik
Bildungseinrichtung:	Staatliche Technikakademie Weilburg
Klasse:	APWS 19
Projektauftraggeber:	HW-Elektrotechnik GmbH
Projektteam:	Marcel Weber Lucas Adam Tom Brasching
Projektbetreuer:	Dr.-Ing. Stefan Schurig Wolfgang Kaiser

Einleitung

In Zusammenarbeit mit der Staatlichen Technikakademie Weilburg und der Firma HW-Elektrotechnik GmbH wurde das Abschlussprojekt „Realisierung eines marktfähigen Tripod-Roboters für Pick & Place-Anwendungen“ durchgeführt. Die nachfolgende Kurzfassung fokussiert den technischen Teil der Projektarbeit.

Die Basis für unser Abschlussprojekt wurde bereits vor einigen Jahren gelegt. Aus organisatorischen Gründen kam es damals zu einem Projektabbruch, wobei der damalig erreichte Projektstand verworfen wurde. Wir setzen mit der Entwicklung an dem Punkt an, an dem das Gestell für den Tripod-Roboter konstruiert und gefertigt wurde, was uns als Basis für die weitere Entwicklung dient. Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Realisierung eines Tripod-Roboters für Pick & Place-Anwendungen, um in der Low-Cost-Automation eine Alternative Plattform anbieten zu können. Zu Beginn die Vor- und Rückansicht des abgeschlossenen Tripod-Roboters.



Mechanische Konstruktion

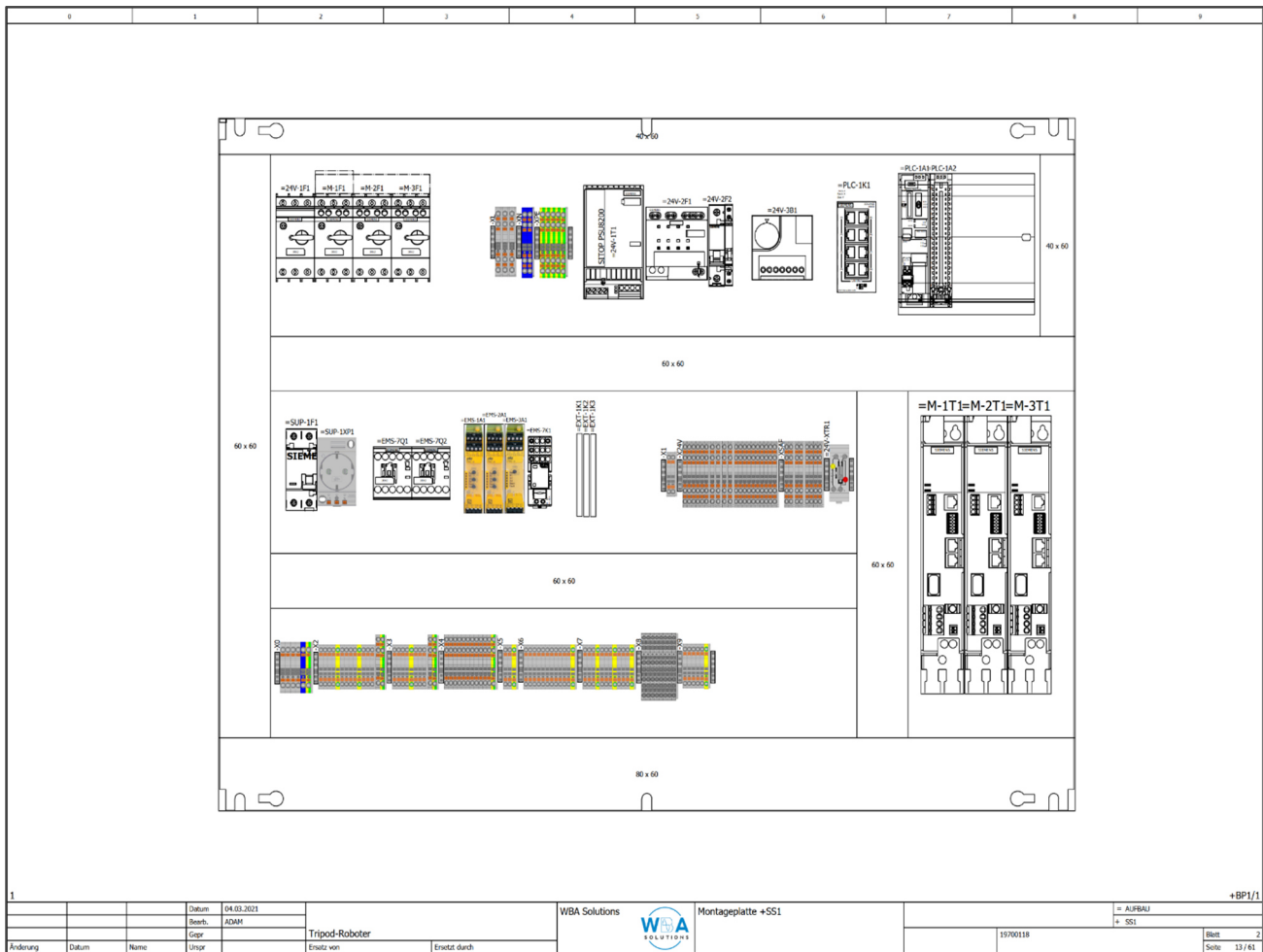
Wie bereits beschrieben, existierte bereits eine Grundkonstruktion des Robotergestells. Allerdings benötigten wir einen deutlich größeren Schaltschrank und ein separates Bedienpult für unsere Anlage. Da beides vorher nicht vorgesehen war, mussten wir das bestehende Gestell erweitern. Aus Gründen der Maschinensicherheit wurde ein Käfig um den Arbeitsbereich des Roboters gebaut, um das Hineingreifen einer Arbeitskraft im laufenden Betrieb zu verhindern. Um das alles zu ermöglichen, fertigten wir eine Zeichnung mit der Software, *Solidworks 2018*, an. Mit Hilfe dieser Zeichnung konnte das benötigte Material bestellt werden. Nachfolgend ist ein Auszug dieser Zeichnung und das Gestell abgebildet.



Elektrische Konstruktion

In der elektrischen Konstruktion ging es um die Entwicklung der Steuerung für den Roboter und um die Auswahl aller benötigter Komponenten. Dabei war besonders auf sicherheitsrelevante Bauteile (z.B. Not-Aus-Befehlsgeräte) bezüglich der Maschinensicherheit zu achten. Neben betriebsinternen Normen (Bsp. Aderfarben, oder deren Querschnitten), mussten auch allgemein geltende Normen, Gesetze und Richtlinien eingehalten werden.

Die Konstruktion wurde mit einer Education-Version der Software *Eplan* durchgeführt. Wir fertigten den Stromlaufplan und Aufbaupläne an. Außerdem erstellten wir einen Klemmenplan, sowie eine Artikelstückliste, um die benötigten Bauteile bestellen zu können. Mit allen im Schaltschrank befindlichen Bauteilen wurde eine Wärmeberechnung durchgeführt. Dazu nutzten wir die kostenlos zugängliche Software *Therm 6.7* vom Schaltschrankhersteller Rittal, mit deren Hilfe wir einen geeigneten Lüfter auswählten. Auf der folgenden Seite wird beispielhaft der Aufbauplan für den Hauptschaltschrank gezeigt.



Umsetzung Konstruktion

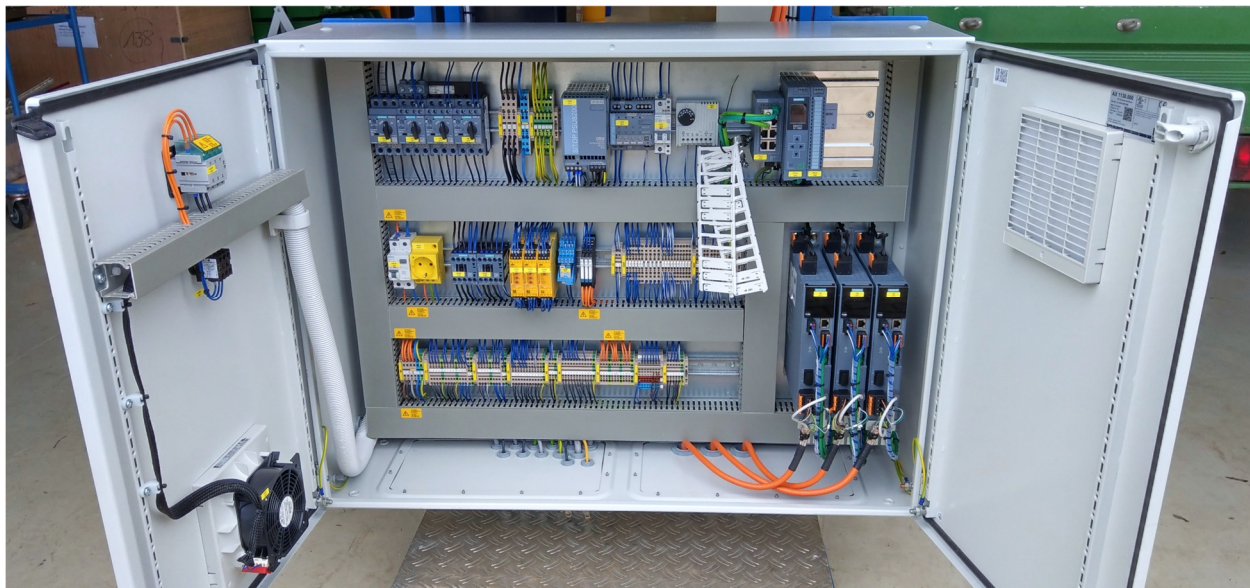
Nachdem die Konstruktion vollständig abgeschlossen war und alle bestellten Artikel angekommen sind, konnte mit dem Aufbau des Roboters begonnen werden.

Zunächst kümmerten wir uns um die Schweißarbeiten am Robotergestell. Dabei wurden die Befestigungen für die Schaltschränke und ein Käfig um den Arbeitsbereich des Roboters angebracht. Als diese Arbeiten verrichtet waren, lackierten wir das Gestell in Firmenfarbe Blau. Somit konnte der eigentliche Roboter mit seinen Motoren im Gestell eingebaut werden. Damit keiner im laufenden Betrieb in den Roboter fassen kann, befestigten wir Plexiglasscheiben an dem erwähnten Käfig. Um dennoch an den Roboter herankommen zu können, wurde dabei auf der Vorderseite eine Tür eingebaut, welche mit einem fehlersicherem Sicherheitstürkontakt ausgestattet wurde, um ein sofortiges Stillsetzen der Anlage, beim Öffnen der Tür, im laufenden Betrieb, zu erreichen.

Bevor es an die Verdrahtung und Verkabelung der Anlage gehen konnte, mussten auch die Schaltschränke und Bedienpulte mechanische aufgebaut und bestückt werden. Für den

mechanischen Aufbau wurden die in Eplan gezeichneten Aufbaupläne in die Software *Autodesk Autosketch* übertragen, um Ausschnitte und Bohrungen maschinell vornehmen zu können. Diese Ausschnitte und Bohrungen wurden im Anschluss daran mit dem *Steinhauer eCAB Workcenter* ausgefräst, bzw. gebohrt. Mit Hilfe einer Automatisch generierten Schneideliste konnten die benötigten Verdrahtungskanäle und Hutschienen passend zugeschnitten werden. Zum Schluss befestigten wir diese auf den Montageplatten der Schaltschränke.

Mit dem Abschluss des mechanischen Aufbaus konnten die Schaltschränke und Montageplatten nun mit den Betriebsmitteln bestückt und beschriftet werden. Anschließend verdrahteten wir alles nach dem gezeichneten Stromlaufplan und bauten die Schaltschränke auf dem Robotergestell ein. Zum Schluss verlegten wir alle Motor-, Sensor-, Netzwerk- und sonstige Verbindungsleitungen. Folgende Abbildung zeigt die verdrahtete Montageplatte des Hauptschaltsschranks



Softwareentwicklung

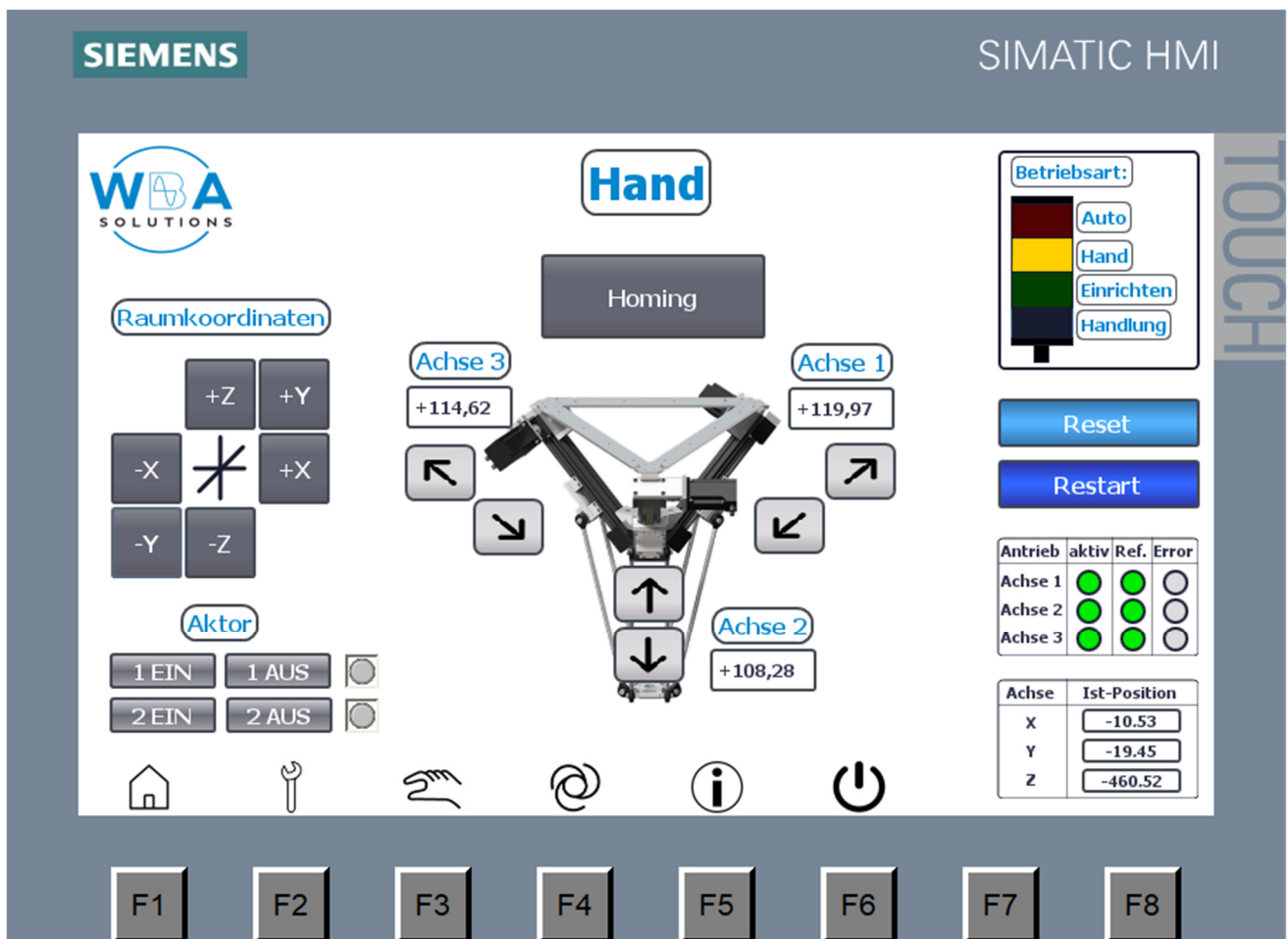
Damit die zuvor verdrahtete Steuerung funktioniert, musste sie, bzw. die SPS, noch programmiert werden. In unserem Fall handelte es sich bei der SPS um eine Technologie-CPU des Typs S7-1500T von Siemens, die wie der Name schon sagt, die Fähigkeit besitzt, Technologieobjekte anzuwenden. Das SPS-Programm wurde in der Software *Siemens TIA-Portal V15.1* geschrieben. Dabei wendeten wir die Programmiersprachen FUP und SCL an. Ähnlich wie bei den technischen Konstruktionen, mussten wir uns auch hier an firmeninterne Normen, bzw. Programmierrichtlinien halten. Einige firmeneigene Programmierbausteine wurden uns vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Die Kernaufgabe lag darin, die Anlage in drei Betriebsmodi betreiben zu können: Automatikbetrieb, Handbetrieb und Einrichtbetrieb. Des Weiteren mussten auch sicherheitsrelevante Aspekte (z.B. Not-Aus) in der Software beachtet werden.

Eine Besonderheit in dieser Anlage war das Einbinden der besagten Technologieobjekte in das SPS-Programm. Diese Technologieobjekte vereinfachen die Bewegungsregelung von einen oder mehreren Achsen und stellen ein digitales Abbild der realen Hardware mit allen Eigenschaften und Funktionen dar. Durch dieses Abbild wird beispielsweise die Vektormathematik komplett von der Software übernommen, was beim Koppeln mehrerer Einzelachsen zu einer Kinematik nötig ist. Somit kann sich der Programmierer vollständig auf die eigentliche Programmlogik konzentrieren. Die Technologieobjekte umfassen zusätzlich Überwachungsfunktionen, können Meldungen ausgeben, besitzen einen Diagnosespeicher und können Benutzereingaben normieren und skalieren.

Neben der Programmierung der CPU, musste auch ein Touchpanel (HMI) für den Bediener programmiert und gestaltet werden. Die Kommunikation zwischen CPU und HMI (und Motorreglern) wurde mit PROFINET realisiert.





Maschinensicherheit Umsetzung

Bei der Umsetzung der Maschinensicherheit führten wir zuerst eine Risikobeurteilung durch. Alle Risiken wurden aufgeführt und Gegenmaßnahmen wurden entwickelt, sowie umgesetzt. Beispielsweise besteht die Gefahr von Verletzungen durch herabfallende Teile an der Endeffektorbasis am Roboter. Als Gegenmaßnahme wurde Einhausung um den Arbeitsbereich installiert, um ein Hineingreifen zu verhindern.

Des Weiteren überprüften wir die funktionale Sicherheit der Anlage und nutzten dazu die Software *Sistema*. Laut *Sistema* mussten wir mindestens ein Performance-Level von C erreichen. (PLr C) Dieses setzt sich aus der Schwere der Verletzung, Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition und der Möglichkeit zur Vermeidung der Gefährdung zusammen.

Nachdem alle von uns ausgewählten sicherheitsrelevanten Bauteile in *Sistema* eingetragen wurden, errechnete das Programm ein tatsächlich von uns erreichtes Performance-Level D (PL D), wodurch die funktionale Sicherheit unsere Anlage mehr als erreicht ist.

Anlagenprüfung und Inbetriebnahme

Nachdem die Anlage fertig aufgebaut war, mussten wir sie Prüfen. Neben einer Funktionsprüfung mussten auch einige andere Messungen durchgeführt werden. Dazu zählen Schutzleiterprüfung, Isolationsmessungen, Restspannungsprüfungen einige weitere. Die Messungen wurden nach DIN VDE 0113 bestanden. Nach der Prüfung wurde die Anlage in Betrieb genommen.

Fazit

Die Umsetzung des Abschlussprojektes „Realisierung eines marktfähigen Tripod-Roboters für Pick & Place-Anwendungen“ war ein interessanter und spannender Prozess, der uns in vielen Bereichen herausgefordert hat. Das Ziel, ein erfolgreicher Projektabschluss, hatte für alle Beteiligten höchste Priorität. Zu Beginn des Projektes beschäftigten wir uns mit der Planung und der Verteilung der Aufgaben, um spätere Probleme zu vermeiden. Die darauffolgende Durchführungsphase war geprägt von einer Vielzahl an Arbeitsbereichen. Die Abwechslung von Praxis und Theorie bei den Aufgaben sorgte für eine hohe Motivation bei der Umsetzung. Da wir bereits fast ein ganzes Jahr mit Einschränkungen des Coronavirus SARS-CoV-2 zu tun hatten, vereinbarten wir frühzeitig den Transport aller Komponenten zu unserem stellvertretenden Projektleiter Lucas Adam. Wir sind dankbar für das entgegenbrachte Vertrauen des PAG. Wir sehen es als nicht selbstverständlich, dass wir die hochpreisigen Komponenten für einige Monate in private Arbeitsräume verlagern durften. Eine eindrucksvolle Erfahrung war die Programmierung aus dem Homeoffice. Hierbei war der Laptop von Herrn Adam mit dem Roboter verbunden. Über die Bildschirmfreigabe sowie der Kamera am Laptop hatte das komplette Team die Möglichkeit die Anlage im Sichtfeld zu haben und gleichzeitig den Programmcode mit dem Signalfuss in TIA Portal zu beobachten. Gemeinsam arbeiteten wir an dem Programmcode und konnten die Anlage aus der Ferne steuern.

Zusammenfassend lässt sich das Projekt in fünf Kernbereiche aufteilen: Projektmanagement (PM), Mechanik, Elektronik, Maschinensicherheit und Programmierung. Im Bereich PM waren wir durch die sehr gute Vorbereitung im Unterrichtsfach zu diesem Thema sowie dem umfangreichen Feedback während des Studienprojekts bereits bestens ausgerüstet. In den Themen Mechanik und Elektronik kam uns die teilweise bereits jahrelange Erfahrung aus dem Berufsleben zugute. Aufgetretene Probleme in diesen Feldern konnten dadurch souverän gemeistert werden. In der Thematik rund um die Sicherheit der Maschinen profitierten wir

von dem neu eingeführten Fachunterricht „Maschinensicherheit“ an der Staatlichen Technikakademie Weilburg. Ohne dieses wäre das Erreichen des zugehörigen Leistungsziels nicht denkbar gewesen. Wie uns bereits im Vorfeld bewusst war, würde die größte Herausforderung im Bereich der Programmierung liegen und haben dementsprechend unser Zeitkontingent großzügig bemessen. Zu diesem Zeitpunkt waren wir allerdings noch nicht mit der Realisierung einer Kinematik mit Siemens Motion Control vertraut. Viele Dokumentationen sind auf einem Level, das Vorwissen voraussetzt. Dieses anzueignen haben wir unterschätzt. In Zusammenarbeit mit unserem PAG konnten wir aber auch diese Herausforderungen bewältigen. Nachdem wir die Realisierung des Tripod-Roboters erfolgreich abgeschlossen haben, muss der Praxis Einsatz zeigen, welche Folgekosten diese Plattform mit sich bringt. Erst im Anschluss ist eine Marktanalyse möglich, die zeigt, ob sich der Tripod-Roboter gegen die Konkurrenz in der Low-Cost-Automatisierung behaupten kann und eine Markteinführung möglich ist.

Wir als Projektteam sind mit unserer Leistung in allen Belangen sehr zufrieden und freuen uns trotz der Herausforderungen in der Programmierung und den Umständen durch das Coronavirus SARS-CoV-2 das Projekt zu einem erfolgreichen Abschluss gebracht zu haben. Ein Dankeschön geht an den Projektauftraggeber, der uns mit Rat und Tat unterstützt hat. Ein weiterer Dank geht an den Lenkungsausschuss, der als Ansprechpartner, auch kurzfristig, unterstützend zur Seite stand.

