



FACHHOCHSCHUL-BACHELORSTUDIENGANG

Automatisierungstechnik

**AUSLEGUNG EINER GREIFEINHEIT ZUM STAPELN UND
BEWEGEN VON TÜRME**

ALS BACHELORARBEIT EINGEREICHT

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science in Engineering

von

Markus Pfeifenberger

März 2011

BETREUUNG DER BACHELORARBEIT DURCH

PROF. (FH) PD DI DR. MARTIN EGGER

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt, die den benutzten Quellen entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

.....
Markus Pfeifenberger

Oberndorf, 10.03.2011

KURZFASSUNG

In dieser Bachelorarbeit dreht sich alles um die Eurobot 2011. Im Speziellen um die technische Ausführung eines Greiferkonzeptes zum Stapeln und Bewegen von Türmen. Hierbei fließen sämtliche Vorgaben des Regelwerkes der Eurobot in dessen Entwicklung ein.

Abstract

This bachelor thesis is handling about the technical development of a gripper to stack and move towers. It is used for a robot which attends the Eurobot 2011.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	1
2	Regelwerk der Eurobot 2011	2
2.1	Allgemeine Regeln.....	2
2.2	Die Figuren.....	3
2.2.1	Bauer	3
2.2.2	Dame & König	4
2.2.3	Türme	4
3	Entwurfsphase	5
3.1	Handhabungsgrundlagen.....	6
3.1.1	Pneumatik.....	6
3.1.1.1	Allgemeine Pneumatik.....	6
3.1.1.2	Sauger	7
3.1.2	Greifer	9
3.1.3	Linearantrieb	11
3.2	Konzept	14
4	Konstruktion.....	16
4.1	Ermittlung der Reibkoeffizienten.....	17
4.2	Berechnungen.....	19
4.3	CAD	23
4.3.1	Position 1	23
4.3.2	Position 2.....	24
4.3.3	Position 3.....	25
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	26
6	Literatur	27

1 EINLEITUNG

Viele Institutionen der Welt entwickeln autonome Roboter, so auch die FH-Wels. Das Robo Racing Team nimmt laufend an Wettkämpfen teil, sei es nun die Rescue League, Robot Challenge oder Eurobot. Die Regeln bleiben bei den meisten Challenges gleich, jedoch nicht bei der Eurobot. Hier gilt es, jedes Jahr mit neuen Situationen umzugehen. Die Regeln erscheinen jährlich im Oktober. Von da an gilt es Ideen zu finden und ein stimmiges Konzept zu entwickeln. Damit das Konzept auch bei der Realisierung funktioniert, müssen die Anforderungen erarbeitet und Auslegungen geprüft werden. Im Anschluss ist die Auslegung einer Greifeinheit zum Stapeln und Bewegen von Türmen aufgeführt.

2 REGELWERK DER EUROBOT 2011

2.1 ALLGEMEINE REGELN

Das Thema der Eurobot 2011 ist „Chess’Up“. Das bedeutet, dass eine Art Schach gespielt wird. Das Spielfeld sieht so ähnlich wie ein Schachbrett aus, nur dass die Farben rot und blau sind. An den gegenüber liegenden Seiten befinden sich in den Ecken die Startfelder der Roboter und nebenbei eine grüne Fläche auf der sich jeweils ein König, eine Dame sowie drei Bauern befinden. Des Weiteren befinden sich noch mehrere Bauern auf definierten Positionen am Spielfeld. Nach dem Startsignal hat der Roboter 90 Sekunden Zeit, die Figuren auf seinen Spielfeldern zu verteilen und Punkte dafür zu bekommen. Dabei muss beachtet werden, dass auch Türme gestapelt werden können, die wiederum eine höhere Wertigkeit haben. Die Form der Bauern ist ein Zylinder wohingegen der König und die Dame den Zylinder als Grundform haben mit einer darauf liegenden optionalen Figur. Es sind Türme mit bis zu drei Elementen erlaubt. Dies führt zu einer Reihe verschiedenster Punktekonstellationen, welche im Anschluss aufgeführt sind.

Liste aller Punktevariationen der Figuren

Ein Bauer	10 Punkte
Eine Dame	20 Punkte
Ein König	30 Punkte
Ein Bauer und eine Dame	$2 \times 20 = 40$ Punkte
Zwei Bauern und eine Dame	$3 \times 20 = 60$ Punkte
Ein Bauer und ein König	$2 \times 30 = 60$ Punkte
Zwei Bauern und ein König	$3 \times 30 = 90$ Punkte

Tabelle 2.1 Punktekonstellation

Die Türme dürfen nicht in der grünen Fläche zusammengebaut werden, sondern nur am Spielfeld. Darüber hinaus ist die Höhe des Roboters auf 350mm begrenzt. Diese Begrenzung darf auch während des Zusammenbaus vom Roboter und den Elementen nicht überschritten werden. Nach Ablauf der 90 Sekunden werden die Punkte von den Schiedsrichtern zusammengezählt, um den Gewinner zu küren.

2.2 DIE FIGUREN

In diesem Abschnitt wird näher auf die Eigenschaften der Figuren eingegangen. Da das Gewicht keine fixierte Größe ist, wird in Folge immer vom Maximalwert der Figuren ausgegangen. Fest vorgegeben sind die gelbe Farbe (RAL 1023) und die Dimensionen der Elemente.

Gewicht

Bauer	200-500g
König & Damen	300-700g

Tabelle 2.2 Gewicht der Spielfiguren

2.2.1 Bauer

Wie bei den allgemeinen Regeln bereits erläutert, hat der Bauer die Form eines Zylinders, wie es im *Bild 2.1* zu sehen ist. Der aus Holz bestehende Bauer besitzt eine 45° Fase, die laut Regelwerk ein paar Millimeter beträgt. Für den Zusammenhalt der Türme sorgen Magneten, die mit dem Nordpol in der Mitte der Oberseite und dem Südpol in der Mitte der Unterseite des Bauers angebracht sind. Aus diesem Grund bekommt jenes Team Strafpunkte die eine Figur umdreht, womit sich die Bauern abstoßen würden.

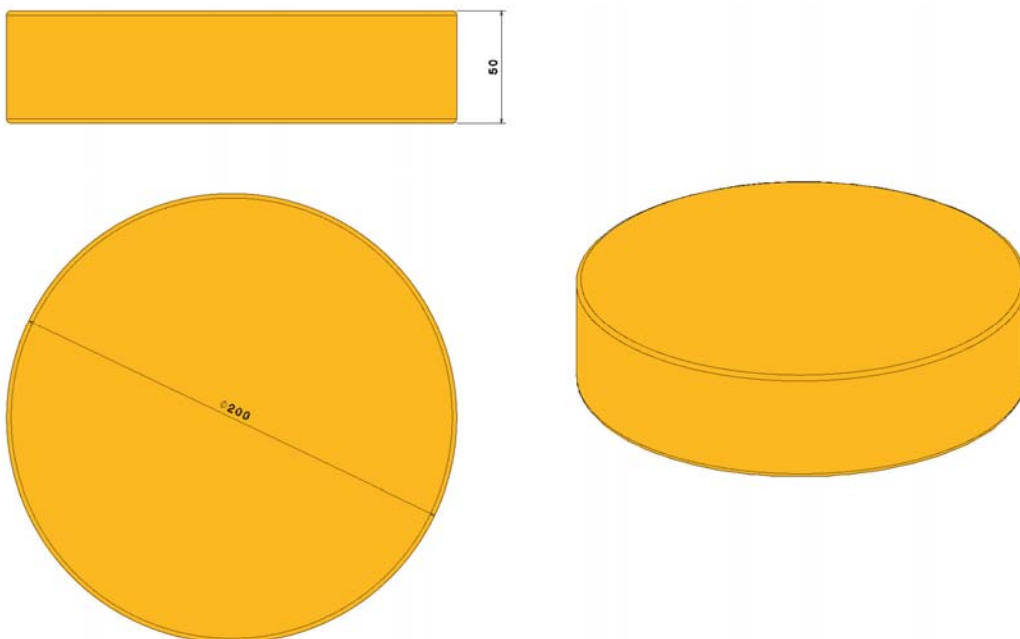


Bild 2.1 Bauer

2.2.2 Dame & König

Die Damen und Könige haben die Grundform des Bauern, auf der sich eine optionale Figur befindet. Diese Figur befindet sich innerhalb der Abmessungen wie in *Bild 2.2* ersichtlich. Die Dame unterscheidet sich vom König im Aussehen und durch einen Barcode der auf die Grundform des Bauern aufgebracht ist. Wie auch der Bauer haben der König und die Dame in der Mitte der Unterseite einen Magneten montiert.

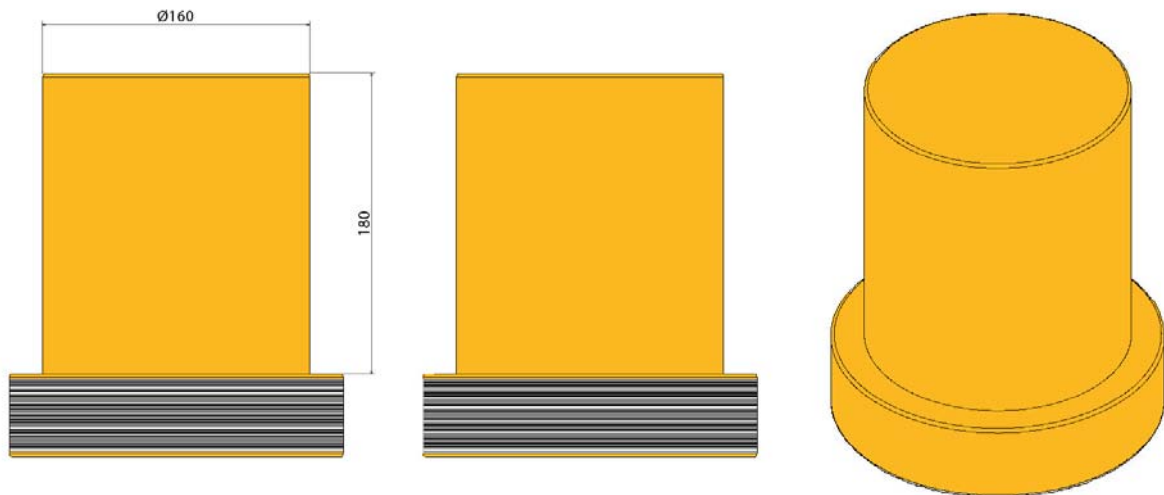


Bild 2.2 Dame & König

2.2.3 Türme

Aus den gegebenen Werten ergibt sich, dass ein Turm eine maximale Höhe von 330mm erreichen kann, was wiederum einen Spielraum von 20mm zulässt. Dieser Spielraum ist essenziell für die Erstellung eines Turmes.

[vgl. Eurobot,2011]

3 ENTWURFSPHASE

In der Entwurfsphase wird versucht auf bestehende Systeme zurückzugreifen. Hierbei werden die vorangehenden Roboter der Eurobot analysiert, ob eine derartige Handhabungseinrichtung schon einmal zuvor verwendet wurde. Im Zuge dieser Analyse stellte sich heraus, dass noch nie derart große Elemente verwendet wurden und die vorhandenen Systeme nicht zielführend sind.

Darüber hinaus ließ sich die Vorgehensweise schlussfolgern, sämtliche Handgriffe auf ein Minimum zu reduzieren, damit der Roboter eine reelle Chance im internationalen Vergleich hat.

Hierfür wird eine Zielsetzung für den Roboter erstellt:

- Der Roboter muss die Elemente während der Fahrt handhaben.
- Der Roboter muss den Turm in der grünen Zone soweit zusammenstellen, dass der Zusammenbau am Feld schnellst möglich von statten läuft.
- Der Roboter soll so viele Türme wie möglich mit sich führen.

Damit diese Zielsetzungen erfüllt wird, müssen in jedem Fall zwei Elemente angehoben werden. Daraus ergibt sich, dass die Greifeinheit auch mindestens zwei Greifer zur Aufnahme der Elemente benötigt. Dafür gibt es eine große Anzahl an Handhabungsvarianten die hier Anwendung finden können.

Hierzu grundlegende Überlegungen wie diese Elemente gehandhabt werden können.

3.1 HANDHABUNGSGRUNDLAGEN

Um die bestmögliche Variante für die Turmerstellung zu finden, wird im Folgenden auf Grundlagen verschiedener Techniken eingegangen.

Grundlagengebiete:

- Pneumatik
- Greifer
- Linearsystem

3.1.1 Pneumatik

3.1.1.1 Allgemeine Pneumatik

Pneumatische Systeme findet man auch im täglichen Leben wieder. Einige Beispiele dazu sind die Fahrradpumpe, der Staubsauger bis hin zur gewöhnlichen Wasserspritzpistole. Das Hauptanwendungsgebiet der Pneumatik ist jedoch in der Industrie, obwohl sie zu den teuersten Energieformen gehört. Sie ist 2,5mal so teuer wie die Hydraulik und 10mal so teuer wie elektrische Systeme. Ein 1mm großes Loch in einem Pneumatikschlauch würde in einem Jahr mehr Energie verbrauchen als ein neuer Schlauch kosten würde. Die Vorteile der Pneumatik sind, dass Linearbewegungen einfach mittels Zylinder realisiert werden können und auch die Energie leichter gespeichert werden kann.

[R. Kraft,2009]

In der Pneumatik ist im Wesentlichen zwischen Überdruck und Unterdruck zu unterscheiden. Der angegebene Druck ist immer relativ zum Umgebungsdruck zu sehen.

Bezeichnung	Druckbereich[bar]
Unterdruck	< 0
Niederdruckpneumatik	0,1-1
Hochdruckpneumatik	6-10

Tabelle 3.1 Druckbereiche [R. Kraft,2009]

Der Umgebungsdruck unserer Atmosphäre beträgt 1 bar . Die Einheit bar leitet sich selbst von Pascal her, die der Druck von einem Newton auf eine Fläche von einem Quadratmeter ist.

$$1\text{Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} = 1 \cdot 10^5 \text{bar}$$

Formel 3.1 Umrechnung Pascal-Bar

Innerhalb eines geschlossenen Behälters wirkt die Kraft gleichmäÙe auf die gesamte Fläche. Die Kraft kann mit dem Gesetz von Pascal errechnet werden.

$$p \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] = \frac{F[\text{N}]}{A[\text{m}^2]}$$

Formel 3.2 Gesetz von Pascal

3.1.1.2 Sauger

Die Verwendung von Saugern geht mit der Oberflächenbeschaffenheit und der Geometrie des Objektes einher. Ist die Oberfläche brüchig, sehr rau oder löchrig, so ist die Verwendung von Saugern ausgeschlossen. Im Fall der Türme handelt es sich um ein lackiertes Holz, womit der Einsatz eines Saugers eine Möglichkeit darstellen würde.

Die Ausführung des Saugers variiert je nach Anwendung und Geometrie.

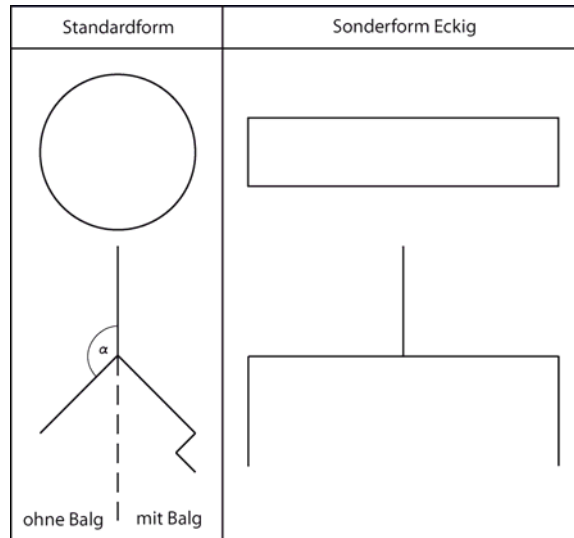


Bild 3.1 Saugervarianten

Wie im *Bild 3.1 Saugervarianten* zu sehen ist, gibt es eine Vielzahl von Standardausführungen. Mit dem Winkel α ändert sich die Saugertiefe und mit einem Balg können Geometrieunterschiede ausgeglichen werden. Auf Grund dessen kommt auf der runden Seitenfläche des Bauern nur ein Standardsauger mit Balg zum Einsatz.

Die Möglichkeiten der Elementaufnahme durch einen Sauger sind zahllos. Man könnte die Elemente ansaugen und in jede Lage schwenken. Allerdings beträgt der Bearbeitungsraum nur 20mm , wie in Kapitel 2.2.3 *Türme* beschrieben. Dieser Raum lässt eine Saugereinheit über den Elementen ausschließen, da ein Sauger mit Aufnahme und Pneumatikanschluss die maximal erlaubte Höhe übersteigen würde.

3.1.2 Greifer

In den heutigen industriellen Systemen der Robotik bildet in der Regel ein Greifer das Ende einer offenen kinematischen Kette. In Abhängigkeit des Werkstückes kann dessen Ausführung variieren. In den meisten Fällen ist ein Standardgreifer mit großem Backenhub ausreichend.

Durch die Art der Greifkrafterzeugung wird unterschieden in:

- Mechanischer Greifer
- Druckluftgreifer
- Saugluftgreifer
- Magnetgreifer
- Adhäsivgreifer

Allgemeiner Aufbau eines mechanischen Greifers

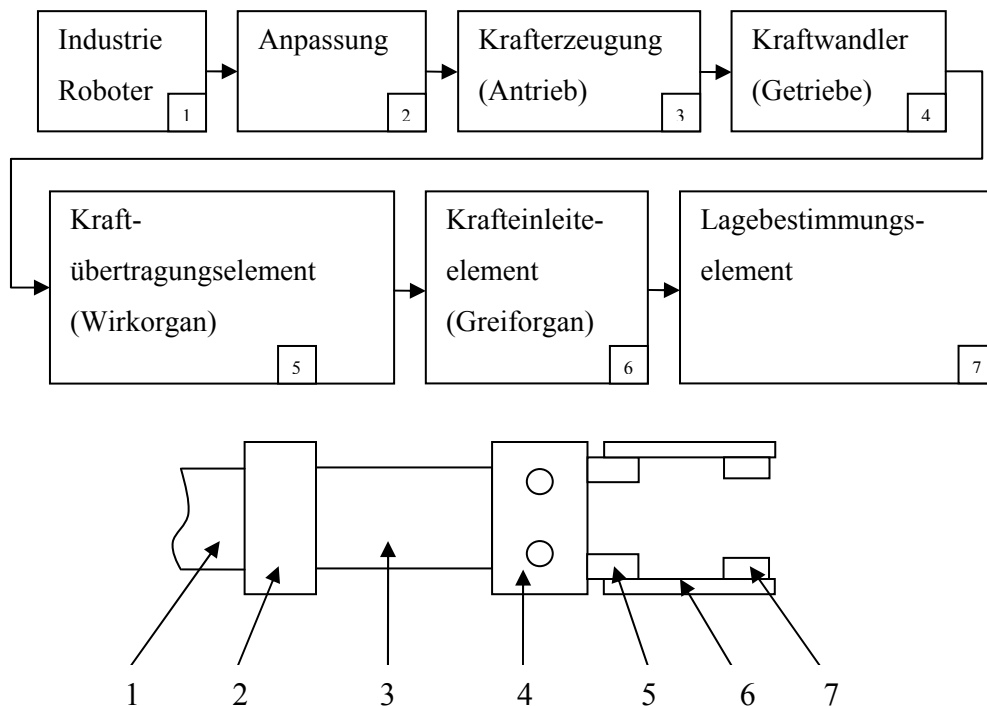


Bild 3.2 Industrielle Greifeinheit

[vgl. Robotik, 1996]

Im Falle des Eurobots kann auf diese Greifer nicht zurückgegriffen werden, da der Roboter in seinem Umfang begrenzt ist. Wie im *Bild 3.2 Industrielle Greifeinheit* zu sehen ist, hat die Krafterzeugung und der Kraftwandler im Umfang einen großen Platzbedarf. Daraus folgt, dass der Greifer in Eigenregie konstruiert werden muss. Bei der Konstruktion sind jedoch einige Punkte zu berücksichtigen.

Voraussetzung für eine optimale Auswahl und Entwicklung von Greifern ist die genaue Kenntnis über das zu handhabende Objekt

- *„Greiferflächen: Gestalt, Abmessung, Toleranzen, Oberflächenbeschaffenheit (Reibungszahl μ zwischen Objekt und Greiforgan)*
- *dynamische Parameter: Masse, Massenträgheitsmoment, Schwerpunktlage bezüglich der Greiffläche unter Beachtung der Veränderung des Objektes im technologischen Prozess*
- *Werkstoff: zulässige Beanspruchung durch Greifkraft (Pressung), Eigenschaften wie Ferromagnetisch, luftundurchlässig*
- *physikalische Eigenschaften: Temperatur, Aggressivität, Festigkeit gegen Zerbrechen, Zerdrücken, Einbeulen, Zerkratzen*

und auch der Parameter der Handhabeoperationen sowie peripheren Einrichtungen:

- *vorhandener Arbeitsraum*
- *erforderliche Objektlagen*
- *Operationskräfte*
- *Operationsgenauigkeit*
- *Operationsgeschwindigkeit und –Beschleunigung*
- *Operationsfolge*
- *Greifzeiten*
- *Umstellhäufigkeiten“ [Industrieroboter,1992]*

Für die Auswahl und Auslegung eines Greifers sind mehrere Eigenschaften für einen höheren Gebrauchswert anzustreben. Diese sind Gestalt- und Formadaptivität, große Sicherheit gegen Verschiebung, sicheres Halten auch bei einem Ausfall der Antriebsenergie, Objektenwesenheit und hohe Genauigkeit. Im Zuge des Wettbewerbs Eurobot muss der Roboter autonom arbeiten und so auf das sich ändernde Umfeld reagieren. Dadurch ergibt sich, dass nicht jeder dieser Punkte berücksichtigt werden muss. Ein Stromausfall führt zu keiner Gefährdung der sich im Umkreis befindenden Personen. Die Genauigkeit und Sicherheit gegen Verschiebung sind aufgrund der eingebauten Magneten nicht als Priorität einzustufen.

[vgl. Industrieroboter, 1992]

3.1.3 Linearantrieb

Die Linearantriebe sind ein sehr wichtiger Teil der Antriebstechnik und setzen sich mit translativen Bewegungen auseinander. Hierbei gibt es eine Vielzahl an Linearantrieben, die für die verschiedensten Aufgaben konzipiert sind. Portalachsen spielen dabei eine große Rolle. Sie kombinieren eine Linearführung mit einer Spindel oder einem Zahnriemen, worauf sich ein Schlitten mit bewegt. Im Gegensatz dazu bewegt sich z.B. die Auslegerachse in den Arbeitsraum hinein.





Portalachse	Auslegerachse	Elektrischer Schlitten	Linearmotorachse
			
<p>Kraftvoll, schnell und präzise innerhalb des Arbeitsraumes bewegen.</p>	<p>Belastbar, schnell und langlebig in den Arbeitsraum hinein und wieder heraus bewegen.</p>	<p>Belastbar, präzise und variabel im Arbeitsraum positionieren.</p>	<p>Hochdynamisch und präzise bewegen.</p>

Tabelle 3.2 Linearantriebe [Festo]

AUSLEGUNG EINER GREIFEINHEIT ZUM STAPELN UND BEWEGEN VON TÜRME

Wie bereits aufgeführt, unterscheidet sich die Portalachse in Zahnriemen- und Spindelantrieb. Der Zahnriemen wird für Aufgaben mit hoher Beschleunigung, Geschwindigkeit und großem Hub verwendet, wohingegen der Spindelantrieb bei hohen Vorschubkräften und genauen Positionierungen seine Anwendung findet.

Beim Ankauf dieser Systeme kann man zwischen Komplettsystemen und Baukästen wählen bei denen man sich nur all jene Teile zukauf die von Nöten sind. Für Spezialanwendungen wie dem Greifer ist die Steuereinheit zu berücksichtigen, die bei Komplettsystemen für die Steuerung des Motors mitgeliefert wird. Da diese Steuereinheit sehr groß ist, wird im Fall des Turmstapelns der Motor von einer eigens dafür entwickelten Regelung per Mikrocontroller gesteuert.

Doch auch die Lage des Motors ist entscheidend für die Wahl ob eine Spindel oder Riemen zum Einsatz kommen. Bei der Spindel kann der Motor nur in Flucht mit dieser selbst verbaut werden, was nur zwei Positionen zulässt. Der Riemenantrieb ist in Sachen Motor flexibler, da dieser an vier Positionen montiert werden kann.



Zahnriemenantrieb	Spindelantrieb
 A photograph of a belt drive mechanism. It features a central metal shaft with a blue pulley. Two white plastic brackets are mounted on the shaft, one on each side, which serve as guides for a timing belt. The entire assembly is shown from a perspective view.	 A photograph of a spindle drive mechanism. It consists of a long, cylindrical metal spindle with a central groove. A white plastic bracket is mounted on top of the spindle. A red circle highlights the front end of the spindle, where a motor would be attached.

Tabelle 3.3 Motorpositionen

[vgl. Festo]

Die Elemente legen beim Stapeln einen maximalen Weg von 100mm zurück. Um flexibel auf etwaige Probleme reagieren zu können, wird die Länge des Antriebes auf 150mm Verfahrenweg ausgelegt. Rechnet man zu der Länge noch an beiden Seiten den Abschluss mit ein, so erhält man eine Gesamthöhe von 294mm. Der Antrieb wird vertikal in einer Höhe von 36mm eingebaut. Somit liegt die Oberkante des Antriebes auf 330mm. Aus dieser Erkenntnis ist die Wahl des Systems Zahnriemenantrieb geometrisch vorgegeben, da der Motor beim Spindelantrieb über die vorgegebene Höhe ragen würde.

Nach Auswahl des Systems, muss im Folgenden näher auf die zu berücksichtigenden Eigenschaften des Antriebes eingegangen werden. Bei der Auslegung des Linearantriebes rechnet man grundlegend mit den maximal wirkenden Kräften, die bei der Beschleunigung auftreten. Diese Kräfte müssen vom Schlitten getragen werden.

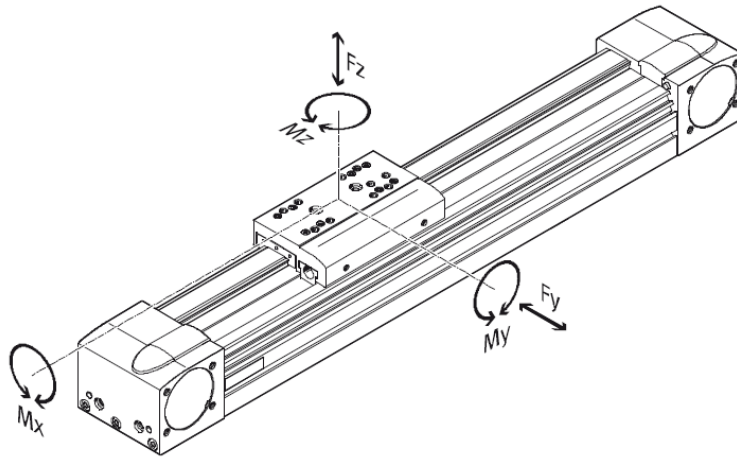


Bild 3.3 Kräfte & Momente [Festo, EGC-TB_DE]

Um die Elemente in die passende Position zu transportieren wird der Linearantrieb vertikal verbaut, womit M_y das ausschlagende Moment in der Berechnung ist.

Eine weitere Form der Linearantriebe die nicht angeführt wurde, ist der Linearmotor. Dieser ist von der Funktionsweise einem elektrischen Motor gleichzusetzen, mit Ausnahme der Wicklungen, welche linear anstatt kreisförmig gelegt sind. Der Motor wird in Werkzeugmaschinen, Positioniersysteme, Handlingssysteme und beim Personentransport (Transrapid) verwendet. Der Linearmotor kann auf beliebig lange Strecken verbaut werden und hat sehr hohe Verfahrgeschwindigkeiten. Da der Aufwand der Umsetzung für solch ein System zu groß ist, ist die Verwendung in diesem Fall nicht praxisrelevant. Trotzdem sollte beachtet werden, dass dieser Antrieb häufig Anwendung findet.

3.2 KONZEPT

Aus der Zielsetzung und der Analyse der zur Verfügung stehenden Handhabungssysteme hat man sich für einen selbstkonstruierten Greifer entschieden, der auf einem Linearantrieb montiert ist. Dieser Greifer ist in der Lage sich zwischen drei Positionen zu bewegen, um die Elemente zu stapeln.

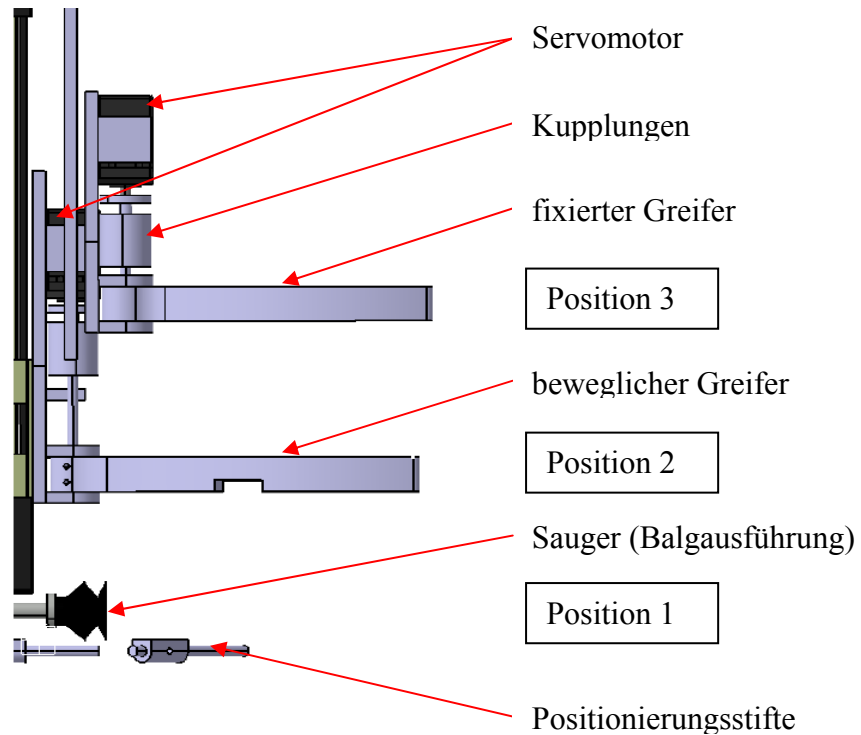


Bild 3.4 Greiferaufbau

In der untersten Ebene dient der Greifer als Führung und zur Zentrierung der Elemente. Ist das Element positioniert, so schließt sich der Greifer und fährt auf die Position 3. Für einen Turm mit zwei oder drei Spielfiguren ist zu beachten, dass die erste aufgenommene Figur ein König oder eine Dame sein muss. Ist das Element aufgenommen, so kann die Position nicht mehr verändert werden. Wie im *Bild 2.1* *Bild 3.4* zu sehen ist, ist auf Position 3 ein fixierter Greifer montiert, der das Element übernimmt. Während der bewegliche Greifer sich nicht in der Position 1 befindet, übernehmen Stifte die Positionierung. Ohne die Positionierstifte würde der Greifer mit dem neu angefahrenen Element kollidieren und somit das Element beschädigen. Nachdem der König oder die Dame in der Position 3 übergeben worden ist, wird Position 1 angefahren um einen Bauer aufzunehmen. Der Greifer platziert den Bauern, mit einem geringen Luftspalt zum Element darüber, in Position 2. Nun fährt der Roboter einen zweiten Bauern an, um diesen in Position 1 mittels Sauger zu fixieren. Das Resultat ist, dass

AUSLEGUNG EINER GREIFEINHEIT ZUM STAPELN UND BEWEGEN VON TÜRME

der Turm in der grünen Zone vorgefertigt worden ist, aber nicht als zusammengebaut gewertet werden kann.

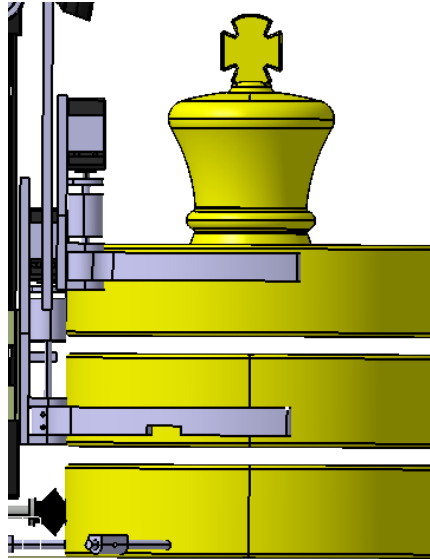


Bild 3.5 Vorgefertigter Turm

Fährt der Roboter nun aus der grünen Zone, so müssen die Greifer nur noch öffnen und durch die Magneten fällt der Turm perfekt zusammen.

4 KONSTRUKTION

Zur Berechnung der wirkenden Kräfte und Reibungskoeffizienten werden folgende Gleichungen benötigt:

$$\sum F = 0$$

Formel 4.1 Gleichgewichtsbedingung aller wirkenden Kräfte (Statik)

$$\sum M = 0$$

Formel 4.2 Gleichgewichtsbedingung aller wirkenden Momente (Statik)

$$\sum F = m \cdot a$$

Formel 4.3 Schwerpunktsatz (Dynamik)

$$F_R \leq \mu \cdot F_N$$

Formel 4.4 Haftreibungsgesetz

Eigenschaft	Symbol	Wert
Abstand Linearantrieb zum Elementmittelpunkt	l_E	12,5cm
Abstand Linearantrieb zum Greifermittelpunkt	l_G	7cm
Dynamische Gewichtskraft des Elements auf den Greifer	F_E	gesucht
Dynamische Gewichtskraft des Greifers	F_G	gesucht
Fläche des Saugers	A_S	531mm ²
Max. Beschleunigung des Linearantriebes	a	0,3m/s ²
Max. Masse des Elements	m_E	0,7kg
Max. Masse des Greifers	m_G	0,12kg
Max. wirkendes Moment im Punkt A auf den Antrieb	M_A	gesucht
Min. Normalkraft des Greifers auf das Element	F_N	gesucht
Reibungskoeffizient Lack auf Gummi	μ_{LG}	Versuch
Reibungskoeffizient Lack auf Lack	μ_{LL}	Versuch
Reibungskraft zwischen Element und Boden	F_{RB}	gesucht
Reibungskraft zwischen Element und Greifer	F_R	gesucht
Saugkraft um des Element nachzuziehen	F_S	gesucht
Statische Gewichtskraft des Elements auf den Greifer	F_{Eg}	6,867N
Statische Gewichtskraft des Greifers	F_{Gg}	1,1772N
Statische Gewichtskraft des Turms auf die Spielfläche	F_T	16,68N

Tabelle 4.1 Wertetabelle

4.1 ERMITTLUNG DER REIBKOEFFIZIENTEN

In diesem Bereich werden die Reibungskoeffizienten ermittelt, damit die Ergebnisse der Kräfteberechnung nicht durch Annahmen verfälscht werden. Hierbei liegt das Hauptaugenmerk auf die Haftreibung μ_H . Die statische Reibung F_{st} ist nahezu proportional zu der Anpresskraft F_{No} . Die experimentelle Methode zur Bestimmung des Reibungskoeffizienten ist mit der Messung des Neigungswinkels praktisch immer zur Hand. Für diesen Versuch wird lediglich ein Körper auf eine schiefe Ebene gelegt, der bei einem entsprechenden Winkel zu rutschen beginnt.

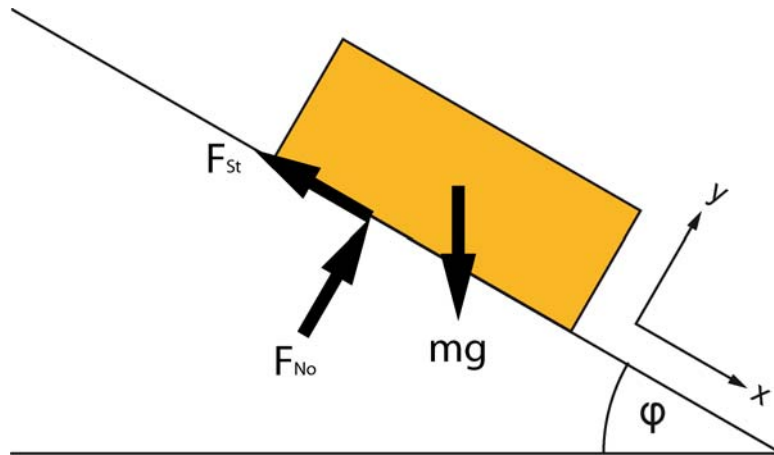


Bild 4.1 Reibungswinkel

Stellt man nun zu *Bild 4.1 Reibungswinkel* die Gleichgewichtsbedingungen auf so erhält man:

$$x : mg \cdot \sin(\varphi) - \mu_H \cdot F_{No} = 0$$

$$y : F_{No} - mg \cdot \cos(\varphi) = 0$$

Daraus folgt:

$$\mu_H = \tan(\varphi)$$

[vgl. Reibung, 2009]

Mit dieser Erkenntnis müssen nun die Kontakte zwischen Lack auf Lack und Lack auf Gummi auf einer schiefen Ebene nachgestellt werden, um den Reibwinkel und somit μ_H festzustellen.

Lack auf Lack:

$$\varphi = 26^\circ$$

$$\mu_{LL} = \tan(26^\circ)$$

$$\mu_{LL} = 0,49$$

Lack auf Gummi:

$$\varphi = 35^\circ$$

$$\mu_{LG} = \tan(35^\circ)$$

$$\mu_{LG} = 0,70$$

4.2 BERECHNUNGEN

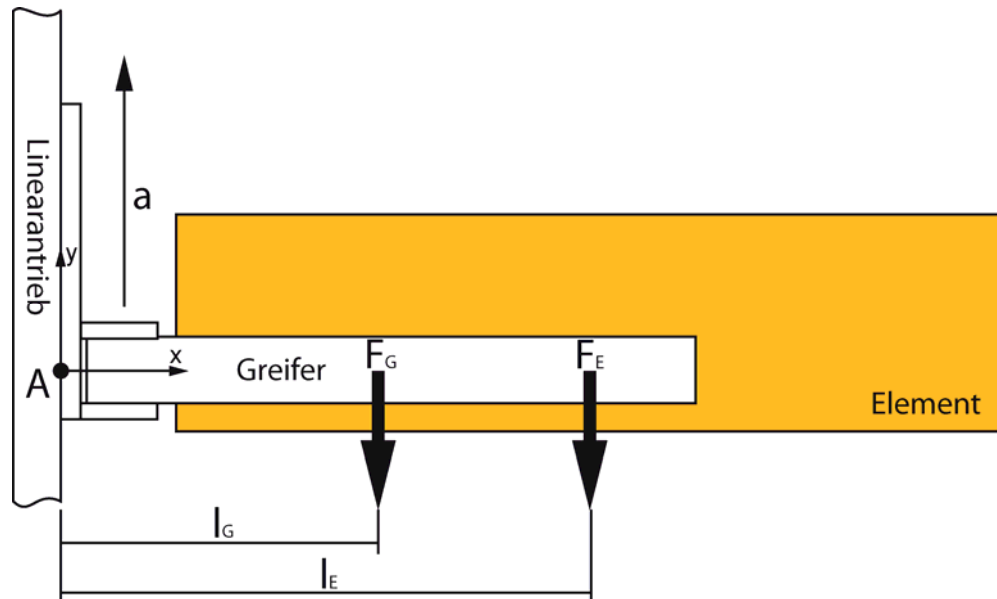


Bild 4.2 Mechanisches System

Der Greifer ist fix an dem Linearantrieb montiert. Dadurch können alle Kräfte und Momente, die auf den Antrieb wirken über den Greifer berechnet werden. Im Normalbetrieb wirken die Kräfte nur Senkrecht auf das System ein, dadurch müssen nur alle Kräfte die in y -Richtung wirken berücksichtigt werden. F_E und F_G müssen erst mittels *Formel 4.3 Schwerpunktsatz* bei der maximalen Beschleunigung berechnet werden.

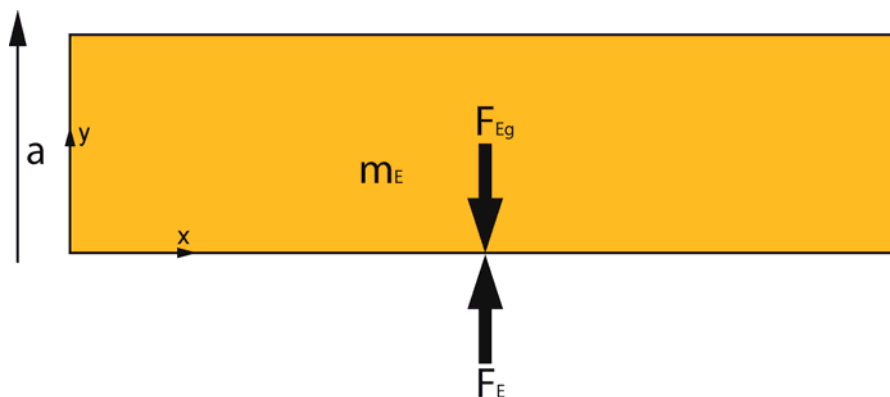


Bild 4.3 Element freigestellt

AUSLEGUNG EINER GREIFEINHEIT ZUM STAPELN UND BEWEGEN VON TÜRME

$$m_E \cdot a = F_E - F_{Eg}$$

$$m_E \cdot a + F_{Eg} = F_E$$

$$0,7\text{kg} \cdot 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 0,7\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = F_E$$

$$F_E = 7,077\text{N}$$

Die maximal wirkende Kraft des Greifers wird gleich wie die maximal wirkende Kraft des Elements berechnet.

$$m_G \cdot a = F_G - F_{Gg}$$

$$m_G \cdot a + F_{Gg} = F_G$$

$$0,12\text{kg} \cdot 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 0,12\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = F_G$$

$$F_G = 1,21\text{N}$$

Mit Hilfe von F_E und F_G kann nun am freigestellten Greifer das Moment berechnet werden.

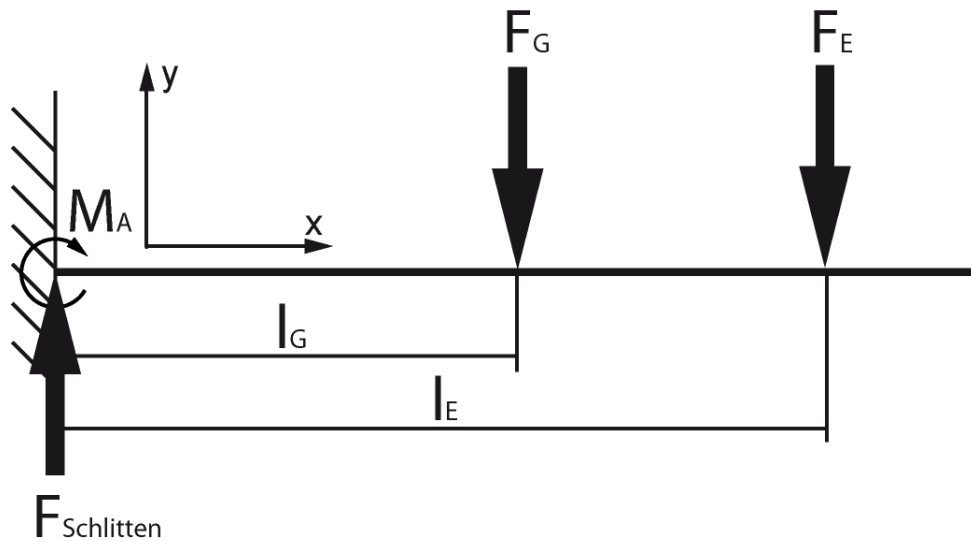


Bild 4.4 Greifer freigestellt

$$M_A = l_G \cdot F_G + l_E \cdot F_E$$

$$M_A = 7\text{cm} \cdot 1,21\text{N} + 12,5\text{cm} \cdot 7,077\text{N}$$

$$M_A = 96,93\text{Ncm}$$

AUSLEGUNG EINER GREIFEINHEIT ZUM STAPELN UND BEWEGEN VON TÜRMEIN

Nachdem die Berechnungen vollzogen sind, ist mit Absprache des technischen Vertriebes der Firma Iigus die Wahl auf den Linearantrieb ZLW-0630-02-60-L_0_150mm gefallen. Dieser Antrieb würde auch einer Beschleunigung von $1m/s^2$ und einem Antriebsmoment von $1,05Nm$ $10kg$ Last standhalten.

Da der Linearantrieb ausgewählt ist, werden nun die Kräfte zum Halten des Elementes errechnet.

Der Greifer handhabt das Element in x-Richtung formschlüssig. Daraus resultiert, dass auch hier nur die benötigte Reibungskraft in y-Richtung errechnet werden muss. Für diese Kalkulation wird die schon berechnete Kraft F_E herangezogen und mittels Formel 4.4 Haftreibung die aufzubringende Kraft ermittelt.

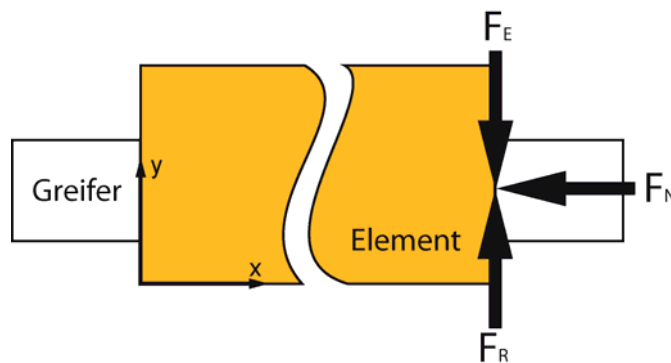


Bild 4.5 Reibung

$$F_R = F_E$$

$$F_R = 7,077N$$

Der Greifer wird mit Gummi überzogen. Somit hat man eine Haftreibung zwischen einer lackierten Oberfläche und Gummi. Wie aus der Ermittlung der Reibungskoeffizienten ersichtlich, beträgt die Haftreibung μ_{LG} 0,7.

AUSLEGUNG EINER GREIFEINHEIT ZUM STAPELN UND BEWEGEN VON TÜRME

$$F_R \leq \mu_{LG} \cdot F_N$$

$$\frac{F_R}{\mu_{LG}} \leq F_N$$

$$\frac{7,077N}{0,7} \leq F_N$$

$$10,11N \leq F_N$$

Wie im Bild 4.6 Benötigtes Moment zu sehen ist, wird das Element im Zangengriff gehandhabt. Da je Finger ein Servomotor zu Verfügung steht, muss die Normalkraft F_N halbiert werden. Mit dem Abstand l_E benötigt ein Motor mindestens ein Moment von $632mN$, um die Kraft $F_N/2$ zu übertragen.

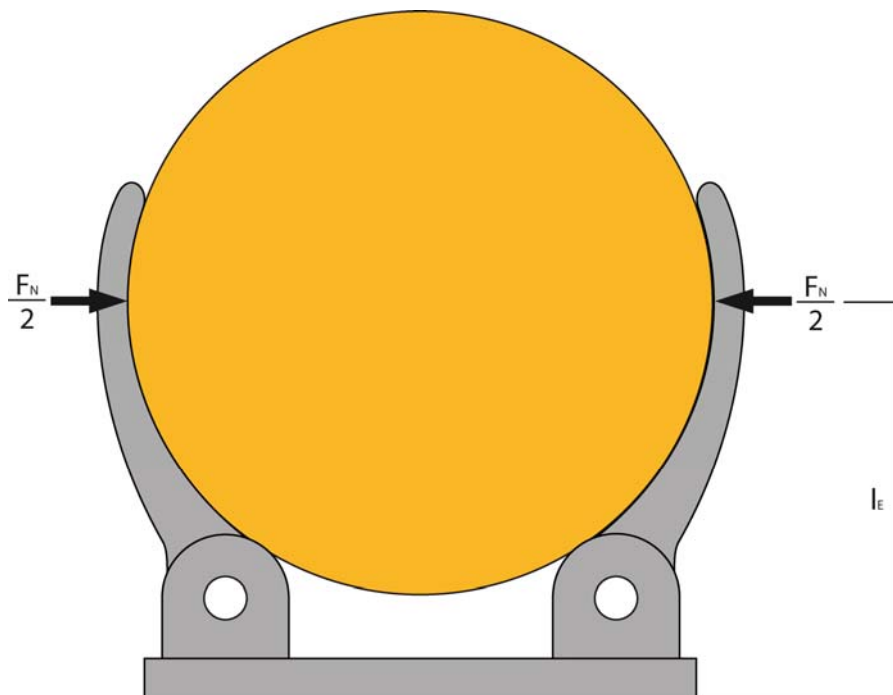


Bild 4.6 Benötigtes Moment

Die Roboter der Vorjahre verwendeten den Futaba BLS152. Nachdem diese Roboter nicht mehr in Verwendung sind, wurden die Servomotoren von den vorhandenen Robotern ausgebaut. Im Datenblatt des Futaba BLS152 stehen 430.6 oz-in als Drehmoment, was umgerechnet $3,04Nm$ ergibt.

$$1\text{oz-in} = 7,06mNm$$

Formel 4.5 Umrechnung inch-ounce in Newtonmeter

Im letzten Schritt wird die benötigte Saugkraft des Saugers ermittelt, da dieser das Mitführen der Türme am Feld ermöglicht. Der benötigte Unterdruck wird mittels *Formel 3.2 Gesetz von Pascal* berechnet. Doch zuvor muss die zu überwindende maximale Haftreibung zwischen Turm und Spielfeld errechnet werden.

$$F_{RB\max} = \mu_{LL} \cdot F_T$$

$$F_{RB\max} = 0,49 \cdot 16,68N$$

$$F_{RB\max} = 8,17N$$

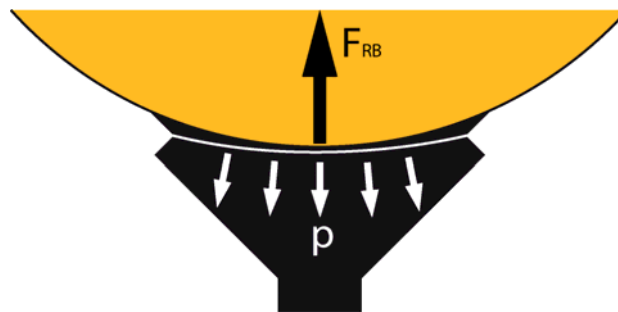


Bild 4.7 Druckberechnung

$$p = 10^{-5} \frac{F_{RB\max}}{A_S}$$

$$p = 10^{-5} \frac{8,17N}{5,31 \cdot 10^{-4} m^2}$$

$$p = 0,154bar$$

Der eingebaute Verdränger hat 1,5bar Unterdruck, mit $p=0,154bar$ kann der Turm mit fast 10-facher Sicherheit mit sich geführt werden.

4.3 CAD

Nachdem durch Recherche und Berechnung alle Zahlen und Fakten betrachtet worden sind, können alle ausgewählten Teile zusammengefügt werden. Wie beim Konzept beschrieben, ist die Greifeinheit in drei Positionen unterteilt.

4.3.1 Position 1

Position 1 ist die Aussparung in der Bodenplatte, in der die Positionierstifte und der Sauger platziert sind und die Elemente vom beweglichen Greifer übernommen werden.

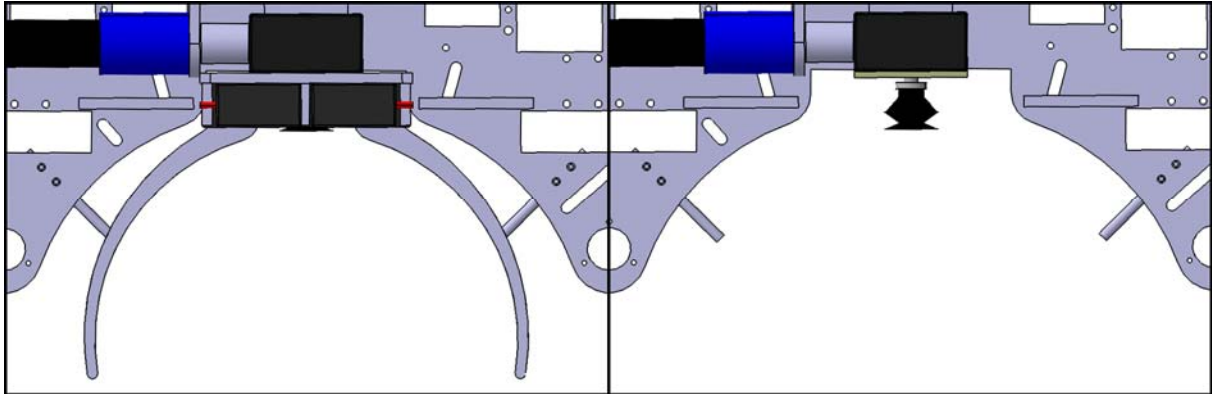


Bild 4.8 Position 1 Links mit Greifer & Rechts ohne Greifer

4.3.2 Position 2

Die Position 2 beinhaltet nur den beweglichen Greifer, der jede Position anfährt. Hierbei müssen einige Punkte berücksichtigt werden:

- Der Greifer benötigt Aussparungen, damit dieser nicht mit den Positionierstiften von Position 1 kollidiert.
- Der Greifpunkt des beweglichen Greifers muss in der unteren Hälfte des Elements sein, dass noch genügend Fläche für die Greiferkonstruktion in Position 3 vorhanden ist.
- Der Greifer fährt bis knapp über den Boden. Somit muss eine weitere Aussparung für den Sauger berücksichtigt werden.
- Der bewegliche Greifer muss so schmal als möglich gehalten werden, damit die Konstruktion des fixierten Greifers in Position 3 noch ausreichend Platz zur Verfügung hat.

AUSLEGUNG EINER GREIFEINHEIT ZUM STAPELN UND BEWEGEN VON TÜRME

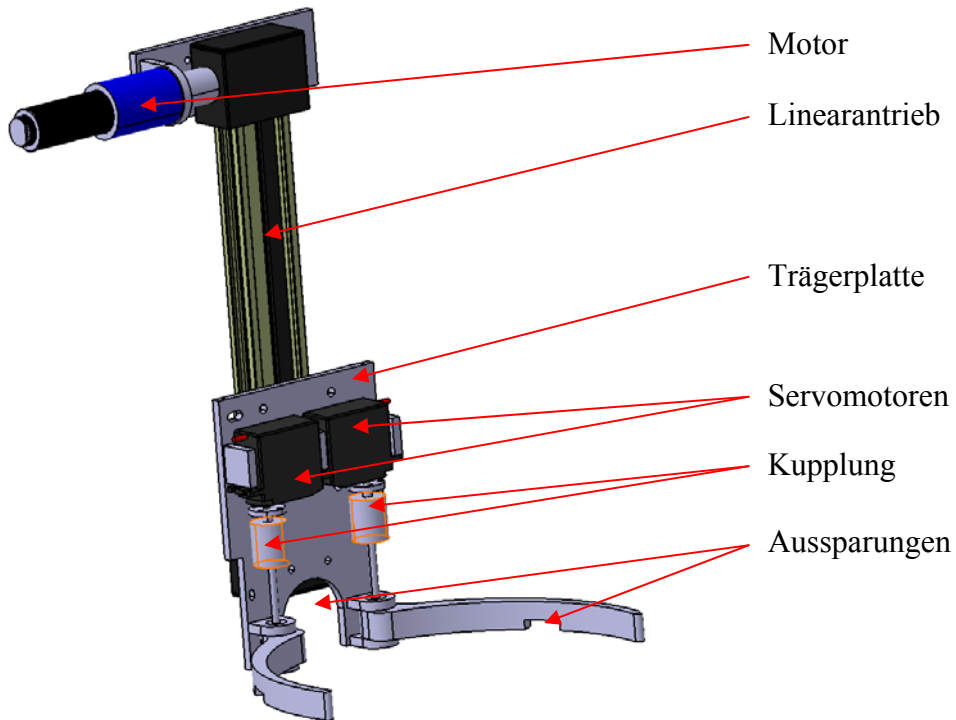


Bild 4.9 Bewegliche Greifer

Damit die Kraft nicht umständlich über Zahnräder auf den Greifer übertragen werden muss, ist die Auswahl auf flexible Wellenkupplungen gefallen.

4.3.3 Position 3

In dieser Position fährt der bewegliche Greifer zwischen die Antriebe des fixierten Greifers, der das Element übernimmt. Die Greifarme des fixierten Greifers sind eine verkürzte Form des beweglichen Greifers. Um die Funktion zu gewährleisten, müssen diese auf der Kreislinie des Elementes nach schräg vorne versetzt werden.

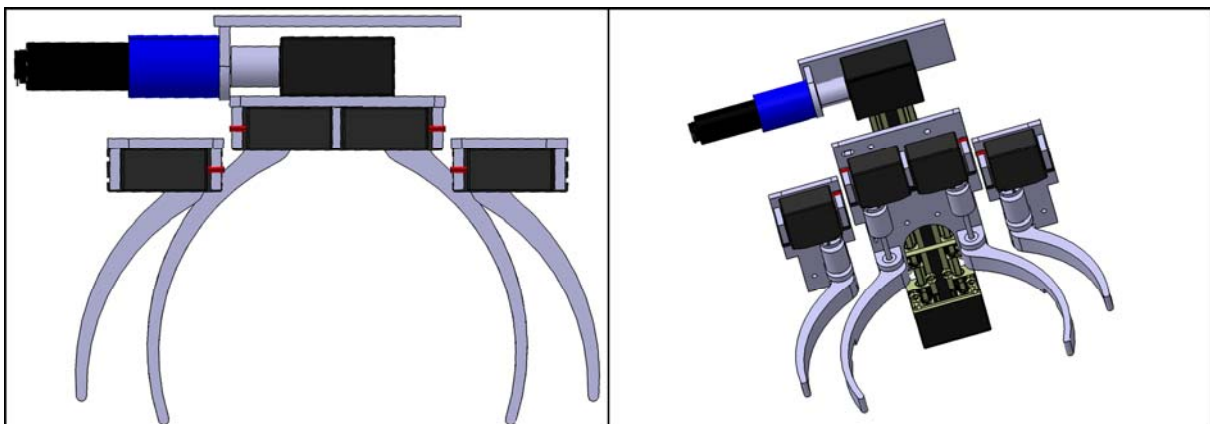


Bild 4.10 Fixierter Greifer in Position 3

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der Greifer stellt mit den ausgewählten Einheiten ein stimmiges und vor allem effektives Konzept dar. Der Roboter ist in der Lage Türme während der Fahrt zu erstellen und auch mit sich zu führen. In Einklang mit den übrigen Komponenten ist der Roboter ein ernstzunehmender Gegner im internationalen Vergleich.

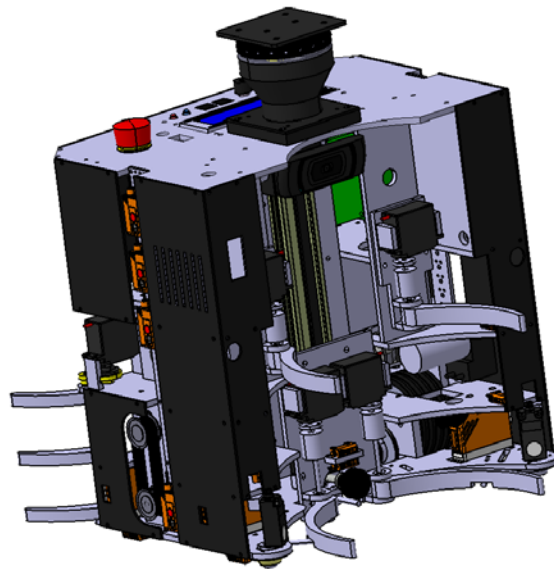


Bild 5.1 Gesamter Roboter

6 LITERATUR

- [Eurobot,2011] EUROBOT - Planète Sciences,
http://www.eurobot.org/commonfiles/docs/2011/E2011_Rules-EN.pdf, Stand 10 März 2011
- [Festo] Festo Gesellschaft m.b.H.,
www.festo.com/net/de_de/SupportPortal/.../Elektr_Linearantriebe_de.pdf, Stand 23. März 2011
- [Festo, EGC-TB_DE] Festo Gesellschaft m.b.H.,
http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_DE/PDF/DE/EGC-TB_DE.PDF , Stand 24 März 2011
- [Industrieroboter,1992] INDUSTRIEROBOTER – Funktion und Gestaltung, Prof. Dr.-Ing habil. Johannes Volmer , Hanser 1992
- [Reibung,2009] Kontaktmechanik und Reibung, Valentin L. Popov, Springer 2009
- [Robotik,1996] Robotik-Grundwissen für die berufliche Bildung, Stefan Hesse & Günther Seitz, Vieweg 1996
- [R. Kraft,2009] Fluidische Antriebe Skript WS2009, Rudolf Kraft, Campus Wels