



DIPLOMARBEIT

Konzipierung eines mobilen Container-Umsetzers: Hubsystem und Containeraufnahme

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Kartnig

E 307 - Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik

erstellt an der

Technische Universität Wien
Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften von

Andreas KOLLER
0726763
Zwettler Straße 15
3931 Schweigergers

Wien, am 11.09.2012

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Abbildungsverzeichnis | v |
| Tabellenverzeichnis | vi |
| 1. Einleitung | 2 |
| 1.1. Aufgabenstellung | 2 |
| 1.2. Zielsetzung | 4 |
| 1.3. Organisatorisches | 6 |
| 1.4. Rahmenbedingungen | 7 |
| 1.4.1. Rahmenbedingungen der Firma HET | 7 |
| 1.4.2. Gesetzliche Rahmenbedingungen | 8 |
| 1.4.3. Rahmenbedingungen aus Normen | 8 |
| 2. Methodik zum Entwickeln und Konstruieren | 13 |
| 2.1. Arbeitsfluss für Entwickeln | 14 |
| 2.2. Arbeitsschritte beim Konzipieren | 15 |
| 3. Grundlagen zur Entwicklung neuer MCU-Konzepte | 17 |
| 3.1. Definition des Koordinatensystems | 17 |
| 3.2. Anforderungsliste | 18 |
| 3.3. Funktionsstruktur | 21 |
| 3.3.1. Darstellung von Funktionsstrukturen | 21 |
| 3.3.2. Gesamtfunktion | 22 |
| 3.3.3. Teilfunktionen | 23 |
| 4. Konzipieren des Hubsystems | 26 |
| 4.1. Problemstellung | 26 |
| 4.2. Funktionsstruktur - Aufgaben des Hubsystems | 26 |
| 4.3. Erarbeitete Konzepte | 29 |
| 4.3.1. Standardmastsystem | 29 |
| 4.3.2. Duplexmastsystem | 30 |
| 4.3.3. Triplexmastsystem | 31 |
| 4.3.4. Teleskopzylinder | 32 |
| 4.3.5. Alternative Hubsysteme | 34 |
| 4.4. Bewertung und Auswahl konkreter Konzepte | 35 |
| 4.5. Machbarkeitsanalyse | 36 |
| 4.5.1. Mechanisches Modell - Teleskopzylinder | 36 |
| 4.5.2. Schlussfolgerungen | 41 |
| 5. Konzipieren der Containeraufnahme des MCU | 43 |
| 5.1. Problemstellung | 43 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 5.2. | Erörterung der Aufgaben | 43 |
| 5.3. | Allgemeine Überlegungen | 45 |
| 5.3.1. | Niveaueausgleichsmöglichkeiten | 45 |
| 5.3.2. | Quertraverse als Aufnehmer des Containers | 46 |
| 5.3.3. | Aufnahme des Containers mit Ketten oder Seile | 47 |
| 5.4. | Konzepte mit Twist-Lock-Aufnahme | 48 |
| 5.4.1. | T01 Portalsystem mit Hauptträger | 48 |
| 5.4.2. | T02 Portalsystem mit Rahmenträger | 50 |
| 5.4.3. | T03 Twist-Lock-System mit verlängerten Pufferanschlügen | 51 |
| 5.4.4. | T04 Bewegliches Hubssystem mit Twist-Lock-Aufnahme ohne Pufferanschlügen | 52 |
| 5.4.5. | T05 Fixiertes Hubssystem mit gefederter Twist-Lock-Aufnahme | 54 |
| 5.5. | Konzepte mit Kettenaufnahme | 57 |
| 5.5.1. | K01 Portalsystem mit Kettenaufnahme | 57 |
| 5.5.2. | K02 Kettenaufnahme mit Bolzensicherung | 58 |
| 5.5.3. | K03 Kettenaufnahme mit Pufferanschlügen und drehbaren Hubssystem | 60 |
| 5.5.4. | K04 Kettenaufnahme mit Pufferanschlügen und einseitig fixierten Hubssystem | 61 |
| 5.5.5. | K05 Kettenaufnahme ohne Pufferanschlüge | 62 |
| 5.5.6. | K06 Kettenaufnahme mit Pufferfedern und beidseitig fixierten Hubssystem | 63 |
| 5.6. | Bewertung und Auswahl konkreter Konzepte | 64 |
| 5.7. | Machbarkeitsanalysen | 65 |
| 5.7.1. | K06 - Modellierung des Kettensystems | 65 |
| 5.7.2. | T05 - Vordimensionierung des Twist-Locks-Systems | 69 |
| 6. | Zusammenfassung | 76 |
| | Literaturverzeichnis | 77 |
| A. | Anhang - Datenblätter Teleskopzylinder | 79 |
| B. | Anhang - Berechnungen Teleskopzylinder | 84 |
| C. | Anhang - Matlab/Simulink Modell für Kettensystem | 87 |
| D. | Anhang - Berechnungen Schnittstellen für Twist-Lock-System | 99 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1.1.1.a) Aufnehmen vom/Abstellen am Boden - b) Container übereinander stapeln | 2 |
| 1.1.2.Horizontale Umladung vom Eisenbahnwaggon auf LKW | 3 |
| 1.1.3.a) Abstützung am Boden - b) Zusammenklappbare Säulen | 3 |
| 1.1.4.a) Absetzen am / Aufnehmen vom Boden - b) Aufbau auf beliebiger Plattform | 4 |
| 1.4.1.Abgeleitete Rahmenbedingungen aus der Richtlinie [7] | 9 |
| 1.4.2.relevante Rahmenbedingungen aus dem Kraftfahrzeuggesetz Österreich [8] | 10 |
| 1.4.3.Zulässige Neigungswinkel aus der VDI 2687 [11] | 11 |
| 1.4.4.Zulässige Hebemethoden nach OENORM ISO 3874:2009 [1] | 11 |
| 1.4.5.Modell zur Annahme von Kräften an den oberen Corner-Castings | 12 |
| 1.4.6.Heuristische zulässige Kräfte an den oberen Corner-Castings | 12 |
| 2.0.1.Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren [2] | 13 |
| 2.2.1.Arbeitsschritte beim Konzipieren [3] | 16 |
| 3.1.1.Definition eines Koordinatensystems | 17 |
| 3.2.1.Anforderungsliste - TEIL I | 18 |
| 3.2.2.Anforderungsliste - TEIL II | 19 |
| 3.2.3.Anforderungsliste - TEIL III | 20 |
| 3.3.1.Symbole zur Darstellung von Funktionsstrukturen [3] | 21 |
| 3.3.2.Gesamtfunktion des Mobiler Container Umsetzer | 22 |
| 3.3.3.Teilfunktionen des Mobiler Container Umsetzer | 25 |
| 4.2.1.Teilfunktionen zum Aufnehmen bzw. Absetzen des Containers | 27 |
| 4.2.2.Anzufahrende Höhen - ISO Container | 27 |
| 4.2.3.Anzufahrende Höhen - High Cube Container | 28 |
| 4.3.1.Konzept - Standardmastsystem | 29 |
| 4.3.2.Konzept - Duplexmastsystem | 31 |
| 4.3.3.Konzept - Triplexmastsystem | 32 |
| 4.3.4.Konzept - Teleskopzylindersystem | 33 |
| 4.3.5.Alternativkonzepte - Hubspindel und Scherenhubtisch | 35 |
| 4.4.1.Bewertung der Konzepte zum Hubmechanismus | 36 |
| 4.5.1.Schnittzeichnung des ausgewählten Teleskopzylinder im eingefahrenen Zustand | 38 |
| 4.5.2.mechanisches Modell des Teleskopzylinders - Biegemomentenbelastung | 39 |
| 4.5.3.mechanisches Modell für Flächenpressung bei Teleskozy lindern mit Geome- trieverhältnissen | 40 |
| 5.2.1.Zulässige Aufnahmemöglichkeiten der Eckbeschläge | 44 |
| 5.3.1.Konzept der Quertraverse als Schnittstelle zwischen Hubsystem und Container | 46 |
| 5.3.2.Beispielkonzepte für die Kettenaufhängung | 47 |
| 5.4.1.Konzept T01 - Portalsystem mit Hauptträger | 48 |

| | |
|---|----|
| 5.4.2.Konzept T02 - Portalsystem mit Rahmenträger | 50 |
| 5.4.3.Konzept T03 - TL-System mit verlängerten Pufferanschlügen | 51 |
| 5.4.4.Konzept T04 - Aufhängung mittels Gelenken | 52 |
| 5.4.5.Konzept T05 - Quertraverse mit Twist-Lock-Aufnahme | 54 |
| 5.4.6.Konzept T05 - Verschiebbare TwistLocks | 55 |
| 5.4.7.Konzept T05 - Tellerfedernpaket | 56 |
| 5.5.1.Konzept K01 - Portalsystem mit Kettenaufhängung | 57 |
| 5.5.2.Konzept K02 - a) Kettenaufhängung mit Bolzensicherung oben; b) Zurückklappen des Hubsystems | 59 |
| 5.5.3.Konzept K03 - Kettenaufhängung mit Puffersicherung | 60 |
| 5.5.4.Konzept K04 - Kettenaufhängung mit einem fixierten Hubmasten | 61 |
| 5.5.5.Konzept K05 - Kettenaufhängung mit zwei fixierten Hubmasten ohne Puffer | 62 |
| 5.5.6.Konzept K06 - Kettenaufhängung mit zwei fixierten Hubmasten und Pufferanschlügen | 63 |
| 5.7.1.mechanisches Modell des Konzepts K06 | 66 |
| 5.7.2.Drei Querschnitte des Auszugs | 67 |
| 5.7.3.Mechanisches Modell für die Biegeberechnung der Quertraverse | 70 |
| 5.7.4.Einteilung der kritischen Querschnitte in der Quertraverse | 71 |
| 5.7.5.Mechanisches Modell für die Torsionsberechnung der Quertraverse | 72 |
| 5.7.6.Mechanisches Modell der Twist-Lock-Trägerbelastung | 73 |
| 5.7.7.Typische Twist-Lock Aufnahme bei Spreadern [12] | 74 |
| 5.7.8.Hauptabmessungen der Hauptbaugruppen Hubsystem (Teleskopzylinder) und Containeraufnahme (T05) | 75 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| 5.1. Übersicht Konzepte mit Twist-Lock-Aufnahme | 48 |
| 5.2. Übersicht der Konzepte mit Kettenaufnahme | 57 |
| 5.3. Gegenüberstellung der Vor -und Nachteile der Konzepte T05 und K06 | 65 |
| 5.4. Eingangparameter für Modellrechnung des Kettenkonzepts K06 | 68 |
| 5.5. Resultate der Modellrechnung des Kettenkonzepts K06 | 69 |

Kurzfassung

Mit Hilfe von Mobilem Container Umsetzern können Container unabhängig von der vorhandenen Infrastruktur auf LKWs geladen bzw. vom LKW abgeladen werden. Diese MCUs manipulieren Container zwischen zwei LKWs bzw. zwischen LKWs und Schienenfahrzeugen oder setzen Container am Boden ab bzw. stapeln sie auf andere Container. Bisher gibt es kaum Konstruktionen, die all diese Arbeiten zugleich durchführen können und wenn doch, dann nur mit Spezialcontainern.

Aufgrund der damit steigenden Nachfrage nach universalen MCU-Systemen ist es naheliegend die Entwicklung solcher Konstruktionen zu beginnen.

Die Fa. HET Verkehrstechnik will in Kooperation mit dem Institut für Konstruktionswissenschaften an der TU Wien einen MCU entwickeln der all diese Manipulationen durchführen kann. Dabei soll die seitliche Manipulation der Container mit Hilfe von Linearauszügen erfolgen und auch beidseitig möglich sein. Dies soll für einen Vorsprung an Technik gegenüber Marktkonkurrenten sorgen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich dabei mit der Konzipierung geeigneter Hubsysteme sowie der Entwicklung von passenden Container-Aufnahme-Konzepten für MCUs.

Abstract

Mobile Container Converters are able to load and unload containers onto or from trucks independently of existing infrastructure. These so called MCUs manipulate containers between two trucks or between trucks and the railway or put off containers onto the ground or stack them on another container. So far there are very few devices which are able to manage all those kinds of manipulations without needing some special containers.

Due to the increasing demand for universal MCU systems, it is obvious to begin to develop such new devices.

So HET Verkehrstechnik Ltd wants to develop such a MCU system in cooperation with the Institute for Engineering Design at the Vienna University of Technology. Linear displacement systems should provide the lateral movement of the container. In addition these movements should also be able to proceed on both sides of the truck. With the successful development of such a MCU there is a way to get an competitive edge in engineering compared to other market competitors.

The present work shows the development of different concepts for the lifting system of such an universal MCU system. Another task of this work is to find appropriate ways to successfully pick up the container.

1. Einleitung

1.1. Aufgabenstellung

Die Nachteile des kombinierten Güterverkehrs bestehen einerseits in der Nichtberücksichtigung der externen Kosten im Straßenverkehr und andererseits im erhöhten Manipulationsaufwand und dem speziellen Ausstattungsbedarf, den diese Verkehrsart mit sich bringt. Moderne - auf LKW montierte - Umlademaschinen können entscheidend zur wirtschaftlichen Attraktivität beitragen, wenn mit der Vorrichtung - neben der Möglichkeit des horizontalen Umschlags auf, bzw. von Eisenbahnwaggonen (oder auch andere LKWs) - folgende, weitere Aufgaben erfüllt werden können:

1. am Boden abstellen, bzw. vom Boden aufnehmen (Abbildung 1.1.1)
2. übereinander stapeln, bzw. aus 2. Reihe aufnehmen. (Abbildung 1.1.1)



Abbildung 1.1.1.: a) Aufnehmen vom/Abstellen am Boden - b) Container übereinander stapeln

Während Standardaufgaben d.h. Horizontalumschläge (Abbildung 1.1.2) mehr oder weniger funktionell zuverlässig mit am Markt existierenden Geräten bewerkstelligt werden können, müssen dennoch teilweise gravierende Einschränkungen bei den meisten Systemen hingenommen werden. So bietet der „Mobiler“ von Palfinger kaum Automatisierungsmöglichkeiten und ist überdies auf eine bestimmte Logistikschiene (Spezialcontainer mit „Tunnel“ erforderlich) hin eingeschränkt.

Die HET Verkehrstechnik GmbH möchte den Schienengüterverkehr attraktiv gestalten und sucht nach wirtschaftlichen Lösungen außerhalb gewohnter Schemata, z.B. spüren die „Lead User“ Bedürfnisse auf, die mit bestehenden Lösungen nicht befriedigt werden können. HET

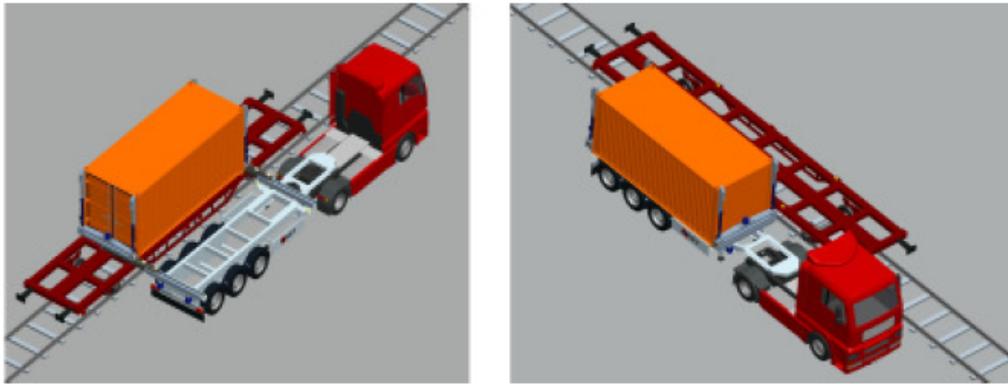


Abbildung 1.1.2.: Horizontale Umladung vom Eisenbahnwaggon auf LKW

will die weltweiten Möglichkeiten des Internets und der Kundenintegration als Ideengeber und Innovator nutzen. Trotz weltweit großer Nachfrage nach derartigen Systemen konnte bislang kein Hersteller ein universell einsetzbares, wirtschaftliches System anbieten. Vordergründig werden hohes Eigengewicht, große Bautiefe, unhandliche Kinematik, komplizierte Steuerung, nur einseitige Manipulierbarkeit (LKW muss in einer bestimmten Richtung anfahren) und hohe Anschaffungskosten als Gründe dafür genannt.

Ein Zusammenklappen der Säulen oder für variable Containergrößen (20ft bis 40ft) (manuell oder hydraulisch) verschiebbare Einheiten (Abbildung 1.1.3) ergänzen das Repertoire der Kundenwünsche.

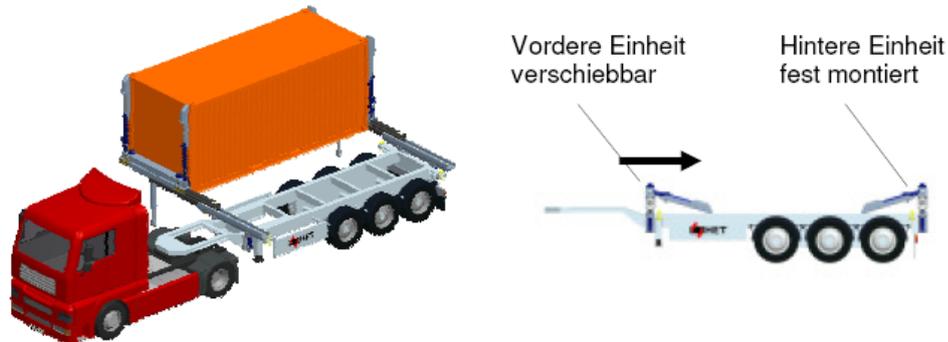


Abbildung 1.1.3.: a) Abstützung am Boden - b) Zusammenklappbare Säulen

Den hohen, zulässigen Containerlasten (bis zu 45to) entsprechend schlägt HET vor, neue Leichtbau-Querschnittsformen basierend auf Stahl- /Aluminium-/ Kunststoff Hybrid - Verbundkomponenten zu entwickeln, wobei die strukturellen und tribologischen Funktionselemente gleichermaßen zu berücksichtigen sind. Der „mobile Containerumsetzer - MCU“, eine - „mobile, auf LKW montierte, Umsetzmaschine für ISO-Container und Wechselbrücken“ - soll in der Lage sein, ISO-Container effizient zwischen LKW und Bahn, LKW und LKW umzuschlagen oder auf (Kommissionier-)Flächen abzustellen und vice versa. Die besondere Herausforderung besteht darin, das System flexibel, möglichst automatisierbar, einfach und leicht zu gestalten. Die detaillierten Ziele ergeben sich dabei aus technischen und logistischen Überlegungen sowie aus bereits bestehenden Systemen zur mobilen Containerverladung und deren individuellen Vor- und Nachteilen. Durch den MCU sollen die Vorteile des

Schiene- und Straßengüterverkehrs bestmöglich kombiniert werden. Hat der Kunde keinen Bahnanschluss, so soll es mit Hilfe des MCUs trotzdem leicht möglich sein, an die nächste Verlademöglichkeit zu gelangen, ohne dass ein schwerer Kran (LKW Stückgutladekrane sind gewöhnlich nicht in der Lage derart hohe Lasten - wie sie für Container und Wechselbrücken zulässig sind - zu manipulieren) vor Ort zur Verfügung stehen muss. Mit der angewandten Technologie soll der MCU einen Grundstein darstellen, mehr Güter vom LKW auf die umweltfreundliche Schiene zu bringen, ohne auf die Vorteile der schnellen und flexiblen LKW-Zustellung vor Ort verzichten zu müssen.

Für das Verladen auf die Bahn soll dafür nur eine Zufahrtsmöglichkeit für den LKW benötigt werden (Abbildung 1.1.4). Zusätzliche Kräne oder Verladefahrzeuge werden nicht benötigt, weshalb auch ein Umschlag auf kleineren Bahnhöfen erfolgen kann. Der LKW nähert sich dafür an den Eisenbahnwaggon und platziert sich parallel. Über die Verladeträger kann sich der LKW am Waggon (Abbildung 1.1.2) abstützen. Die zwei Hebearme werden am Container fixiert, der Container abgehoben und zum Waggon bewegt. Nachdem der Container seine Endposition erreicht hat, wird er abgesetzt und entriegelt. Die Verbindung mit dem Waggon wird wieder gelöst und das MCU System (zwei übereinanderliegende bewegliche Schienen) zieht sich zurück in die eingefahrene Position. Die gleiche Vorgangsweise kann genutzt werden um auch einen Containerumschlag auf einen weiteren LKW zu ermöglichen. Um das Absetzen und Stapeln der Container zu gewährleisten wird zusätzlich eine ausklappbare Bodenstütze benötigt. Die Verladeoperation ist dabei ident mit dem zuvor beschriebenen Vorgang. Durch den großen Hub der Verladeeinheit und der Greifmöglichkeit an den unteren und oberen Corner Castings sollen dabei auch hohe Niveauunterschiede überwunden werden.



Abbildung 1.1.4.: a) Absetzen am / Aufnehmen vom Boden - b) Aufbau auf beliebiger Plattform

1.2. Zielsetzung

Diese oben genannten Überlegungen führten dazu, dass ein Projekt ins Leben gerufen wurde, welches es sich zum Ziel macht, einen sogenannten mobilen Container Umsetzer (MCU) zu entwickeln. Erste grobe Konzepte wurden dafür schon von der Fa. HET Verkehrstechnik GmbH bereitgestellt. Aufgrund der vorangegangenen Erläuterungen zielt eine Entwicklung des MCUs besonders auf folgende Aspekte ab:

- Verwendung von ISO-Containern (6, 10, 20, 30, 40, 45ft); evt. auch für Wechselbrücken
- Umsetzen von Containern zwischen LKW und Eisenbahnwagon
- Umsetzen von Containern zwischen LKW und LKW
- Absetzen und Aufnehmen von Containern vom Boden und übereinander (große Höhen-Niveauunterschiede zwischen LKW und Eisenbahnwagon zulässig) und das nach beiden Seiten
- sehr schmale Bauweise wird angestrebt (Tiefe der Auszugseinheit $< 170\text{mm}$)
- Unempfindlichkeit gegen Positionier- und Winkelfehler vom LKW gegenüber Waggon ($\pm 300\text{ mm}$, $\pm 7\text{ Grad}$)
- Automatisches Erfassen der Aufsetzzapfen durch kostengünstige Sensorik und ausgeklügelte Softwarealgorithmen
- gleichmäßiges Umsetzen (stetige Geschwindigkeitsrampe, kein Pilgerschrittverfahren wie beim Palfinger Mobiler, um die große Masse nicht ständig beschleunigen und wieder abbremsen zu müssen)
- geringes Eigengewicht im Vergleich zu den Konkurrenten
- die Logistik als dezentrale Ergänzung zum derzeitigen Produktportfolio für alle Branchen und Produkte
- die Maschine das „missing link“ für die letzte Meile (soll eine Anlieferung „just in time“ oder „just in sequence“ erlauben)
- Verknüpfung der Systemvorteile Schiene-LKW

Ziel ist es ein Produkt zu entwickeln, welches die Handhabungsmöglichkeiten (beidseitiges Umsetzen LKW, beidseitiges Umsetzen Eisenbahn, beidseitiges Absetzen bzw. Aufnehmen und Stapeln am Boden (Abbildung 1.1.1) der bestehenden Konkurrenzprodukte kombiniert, weniger Eigengewicht (d.h. mehr Zuladung) und geringere Bautiefe (in Bezug auf die in manchen Ländern limitierte Fahrzeuglänge) aufweist und somit einen höheren Kundennutzen bietet. Insbesondere gilt es die Voraussetzungen für Vollautomatisierung zu schaffen um sicherheitstechnischen Restriktionen der Zertifizierungsstellen ausweichen zu können und somit auch die Herstellkosten niedrig halten zu können. Der Einsatz von ökologisch nachhaltigen Materialien (mit geringen Stoff- und Energieflüssen bei der Herstellung und beim Recycling) und deutlich niedrigeres Eigengewicht im Vergleich zu den Mitbewerbern (1,5t bis 5t) sowie umklappbare Stützen bei Leerfahrten (Abbildung 1.1.3) zur Reduzierung des cW-Wertes und des Kraftstoffverbrauches sollen zu einem hochwertigen Container-Umsetzer mit vielen Vorteilen gegenüber Konkurrenzprodukten führen.

1.3. Organisatorisches

Aufgrund des großen Umfangs des Projekts wurde die Zeitdauer des Projekts auf 3 Jahre angesetzt. Für das erste halbe Jahr wurden 3 Projektanden ausgewählt, die das Projekt im Zuge ihrer Diplomarbeit bearbeitet haben. Somit wurde das Projekt im ersten Halbjahr von Alexander Lang, Michael Trully und mir durchgeführt. Ein Projektassistent am Institut für Konstruktionswissenschaften soll das Projekt nach diesem ersten Abschnitt weiterführen. Ziel dieses ersten Projektabschnittes war es, ein funktionsfähiges Gesamtkonzept mit ersten Machbarkeitsanalysen für die wichtigsten Baugruppen des MCUs zu liefern.

Die Arbeiten an der Diplomarbeit wurden am 26. Jänner mit der Kick-Off-Besprechung begonnen. Das Projekt wurde so abgehandelt, dass es zwischen den Projektanden mehrmals die Woche Treffen gegeben hat. Die Koordination zwischen dem Diplomarbeitbetreuer der TU Wien (Prof. Kartnig) und den Diplomanden fand in wöchentlichen Meetings statt. Zur Abklärung der erhaltenen Ergebnisse bzw. Fragen bezüglich des weiteren Projektverlaufs wurden monatliche Treffen mit dem Vertreter der Fa. HET Verkehrstechnik abgehalten.

Das vorgeschlagene Konzept bezüglich des MCUs vonseiten der Firma HET war nicht vollständig umsetzbar, da einige Rahmenbedingungen falsch angenommen wurden. Die wichtigsten davon waren, dass das Konzept vorsah den Container mittels den oberen Eckbeschlägen zu manipulieren. Des Weiteren wurde seitens der Firma HET angenommen, dass der Container eine ideal steife Einheit darstellt, die man quasi beliebig in alle Richtungen belasten dürfte. Wie in Kapitel 1.4 jedoch beschrieben wird, treffen diese Annahmen in keinsten Weise zu.

Aufgrund dieser beiden fälschlicherweise angenommenen Randbedingungen musste das vorgeschlagene Konzept von HET durch die Projektgruppe der TU überarbeitet bzw. grundlegend neu entwickelt werden. Dies führte zu einer neu angelegten Produktentwicklung. Viele wichtige Schritte für die Produktentwicklung mussten neu ausgearbeitet werden, was zu einem neuartigen Erscheinungsbild des MCUs führte. Somit wurde versucht, den MCU mit Hilfe der Methoden aus der VDI Richtlinie 2221 für Produktentwicklungen neu zu konzipieren.

Zu Beginn der Arbeit wurde das Projekt vor allem während der Erstellung des Lastenhefts und der Funktionsstruktur gemeinsam bearbeitet. Auch nach der Einteilung in Hauptbaugruppen wurden die einzelnen Lösungskonzepte in Gruppenarbeit, unter Verwendung diverser Kreativitätstechniken, erarbeitet. Die Bewertung und Auswahl der entwickelten Konzepte wurde erneut gemeinsam durchgeführt. Für etwaige Machbarkeitsanalysen der ausgewählten Konzepte wurden die Baugruppen unter den drei Projektanden aufgeteilt, wobei ich die Baugruppen „Hubsystem“ und „Containeraufnahme“ übernahm.

Für die Dokumentation der Diplomarbeit wurde mit den beiden anderen Diplomanden ein gemeinsames Einleitungskapitel erarbeitet. Für den weiteren Verlauf der Arbeit wurde vereinbart, dass jeder Projektand die eigenen Baugruppen von der Findung der Konzeptlösungen bis zu den Machbarkeitsanalysen dokumentieren soll. Somit ist dieses Projekt „Konzipierung eines MCU“ in drei Teile aufgeteilt, wobei jeder Teil dasselbe Einleitungskapitel besitzt. Die

Dokumentationen zu den einzelnen Baugruppen finden sich dann in der jeweiligen Diplomarbeit wieder.

Im Großen und Ganzen kann man sagen, dass diese Art der Organisation der Projektbearbeitung sehr gut funktioniert hat und auch die Abstimmung zwischen den Projektanden und dem Betreuer von Seiten der Universität einwandfrei abgelaufen ist.

1.4. Rahmenbedingungen

Für die Konzipierung des Mobilien Container Umsetzers reicht es vorerst, die wichtigsten Rahmenbedingungen einzuhalten. Die Rahmenbedingungen ergeben sich aus den Wünschen der Firma HET einerseits und aus den vorgeschriebenen Gesetzen und Empfehlungen aus Normen andererseits. Für eine detailliertere Ausarbeitung der Konzepte müssen dann alle Gesetzespunkte und Normen detailliert analysiert und in den Konzepten umgesetzt werden. Folgende Kapitel sollen die verschiedenen Konzeptions-Rahmenbedingungen und Einschränkungen bei der Konstruktion des MCUs näher erläutern.

1.4.1. Rahmenbedingungen der Firma HET

Die Rahmenbedingungen der Firma HET ergeben sich im Prinzip aus der Aufgabenstellung und werden der Vollständigkeit halber nochmals angeführt:

- Verwendung von ISO Containern (6, 10, 20, 30, 40, 45ft)
- Verwendung von Wechselbrücken, da diese in Europa noch mit unterschiedlichen Längenabmessungen verwendet werden müssen spezielle Adapter an den Corner-Castings vorgesehen werden (dadurch wird die Ladehöhe um rund 30mm verringert).
- Umsetzen von Containern zwischen LKW und Eisenbahnwaggon und von LKW zu LKW. Ebenso soll das Absetzen und Aufnehmen von Containern vom Boden sowie das Stapeln von Container möglich sein. Alle Manipulationsvorgänge sollen in beide Richtungen des LKWs möglich sein.
- Eine sehr schmale Bauweise des Systems soll angestrebt werden (Tiefe $< 170\text{mm}$)
- Das System soll unempfindlich gegen Positionier- und Winkelfehler vom LKW gegenüber dem Waggon sein ($\pm 300\text{ mm}$, $\pm 7\text{ Grad}$)
- Automatisches erfassen der Aufsetzapfen durch kostengünstige Sensorik aber ausgeklügelte Softwarealgorithmen
- Gleichmäßiges Umsetzen (stetige geschwindigkeitsrampe, kein Pilgerschrittverfahren wie beim Mobiler, um die Masse nicht ständig abbremsen und beschleunigen zu müssen)

- Geringes Eigengewicht im Vergleich zu den Konkurrenten
- Die Maschine soll eine Anlieferung „just in time“ oder „just in sequence“ erlauben
- Das System soll einen vollautomatisierten Manipulationsvorgang möglich machen
- Bei Leerfahrten sollen die Stützen des Hubmechanismus umklappbar sein

1.4.2. Gesetzliche Rahmenbedingungen

Gesetzliche Rahmenbedingen gibt es vor allem bezüglich der Abmessungen und zulässigen Gewichte der Fahrzeuge. Die Fahrzeuge müssen so gebaut sein, dass diese im Verkehr niemanden belästigen, gefährden, behindern oder schädigen. Diese Vorschriften findet man in Österreich nicht in der Straßenverkehrsordnung (StVO), sondern im Kraftfahrgesetz (KFG). Weiters existiert für den europäischen Raum eine Richtlinie (siehe [7]), wobei die Mitgliedsstaaten in ihrem nationalen Recht abweichende Regelungen zulassen können.

Die wichtigsten Auszüge aus dieser Richtlinie sollen der Vollständigkeit halber in Abb.1.4.1 aufgezählt werden. Definitionen und Begriffsbestimmungen befinden sich in der entsprechenden Richtlinie.

In Österreich wird die Bauart der Kraftfahrzeuge und Anhänger im Kraftfahrgesetz (KFG) geregelt. Im §4 Abs6 KFG werden die Abmessungen der Fahrzeuge definiert. Die Gesamtgewichte der Kraftfahrzeuge und Anhänger finden sich im §4 Abs7 KFG und die zulässigen Achslasten im §4 Abs8 KFG. Die wichtigsten Abmessungen und zulässigen Gewichte, welche für eine vorläufige Konzeptionierung wichtig sind werden in Abbildung 1.4.2 abgebildet. Detaillierte Informationen zu den Definitionen, genauen Anforderungen und Begriffsbestimmungen befinden sich im §1 KFG.

1.4.3. Rahmenbedingungen aus Normen

Die Rahmenbedingungen für die Konzepterstellung aus Normen betreffen vor allem die Corner-Castings. Diese stellen die Schnittstelle zwischen Container und Aufnahmesystem dar und sorgen für den Kraftfluß zwischen Container und Hubsystem. Für die Konzepterstellung ist es notwendig zu wissen, welche Kräfte an den Corner-Castings aufgenommen bzw. eingeleitet werden dürfen. Grundsätzlich ist es möglich den Container entweder an den oberen Corner-Castings zu greifen, mit dem Vorteil, dass das Hubsystem direkt auf dem Ausschubträger sitzen kann oder an den unteren Corner-Castings, wo je nach Gestaltung der Schnittstelle Container - Hubsystem eventuell das Hubsystem parallel zum Träger angeordnet werden müsste um z.B. bei einer starren Verbindung an der Schnittstelle das Abstellen eines Containers sicherzustellen. Mit der Prüfung der Corner-Castings beschäftigt sich die Norm DIN ISO 1496-1.

| | |
|--|--|
| Größte Länge: | 18,75 m bei einem Lastzug (Lastkraftwagen mit Anhänger) 16,50 m bei einem Sattelkraftfahrzeug (Kraftfahrzeug mit einem Sattelanhänger bzw. Auflieger) |
| Größte Breite: | 2,55 m alle Fahrzeuge, also auch Lastkraftwagen, Anhänger und Sattelauflieger 2,60 m größte Breite der Aufbauten von klimatisierten Fahrzeugen |
| Größte Höhe: | 4,00 m |
| Größter Abstand: | 12,00 m zwischen der Achse des Sattelzapfens und der hinteren Begrenzung des Sattelanhängers 16,40 m zwischen dem vordersten äußeren Punkt der Ladefläche hinter dem Fahrerhaus und dem hintersten äußeren Punkt des Anhängers der Fahrzeugkombination 15,65 m zwischen dem vordersten äußeren Punkt der Ladefläche hinter dem Fahrerhaus und dem hintersten äußeren Punkt des Anhängers der Fahrzeugkombination, abzüglich des Abstands zwischen der hinteren Begrenzung des Kraftfahrzeugs und der vorderen Begrenzung des Anhängers (nutzbare Ladefläche) |
| Höchstzulässiges Gewicht des Fahrzeugs: | 18,00 t zweiachsige Anhänger 25,00 t dreiachsige Anhänger 32,00 t vierachsige Kraftfahrzeuge mit zwei Lenkachsen 36,00 t vierachsige Lastzüge oder Sattelkraftfahrzeuge 40,00 t Fahrzeugkombinationen mit fünf oder sechs Achsen (auch fünf oder sechsachsige Sattelfahrzeuge) 44,00 t dreiachsiges Kraftfahrzeug mit zwei- oder dreiachsigem Sattelanhänger, das im kombinierten Verkehr einen ISO-Container von 40 Fuß befördert |
| Höchstzulässige Achslasten: | 10,00 t Einzelachse ohne Antrieb 11,50 t Antriebsachse |

Abbildung 1.4.1.: Abgeleitete Rahmenbedingungen aus der Richtlinie [7]

| | |
|---------------------------------|---|
| Maximale Höhe: | 4,00 m |
| Maximale Breite: | bei klimatisierten Fahrzeugen 2,6 m, bei allen anderen Kraftfahrzeugen und Anhängern 2,55 m, |
| Größte Länge: | 12,00 m, bei Kraftfahrzeugen und Anhängern, ausgenommen Sattelanhänger, Omnibusse und Gelenkkraftfahrzeuge 18,00 m, bei Gelenkkraftfahrzeugen 18,75 m bei Kraftwagen mit Anhängern 16,50 m bei Sattelkraftfahrzeugen |
| Maximales Gesamtgewicht: | 18 000 kg bei Fahrzeugen mit zwei Achsen, ausgenommen Sattelanhänger und Starrdeichselanhänger 25 000 kg bei Kraftfahrzeugen mit mehr als zwei Achsen 26 000 kg bei Kraftfahrzeugen mit mehr als zwei Achsen unter bestimmten Voraussetzungen 32 000 kg bei Kraftfahrzeugen mit mehr als drei Achsen unter bestimmten Voraussetzungen 38 000 kg bei Gelenkkraftfahrzeugen 24 000 kg bei Anhängern mit mehr als zwei Achsen, ausgenommen Sattelanhänger und Starrdeichselanhänger |

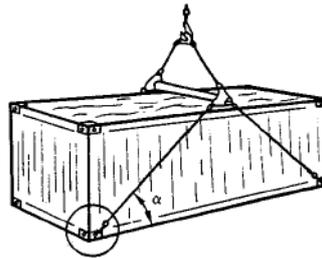
Abbildung 1.4.2.: relevante Rahmenbedingungen aus dem Kraftfahrzeuggesetz Österreich [8]

Brauchbare Informationen, welche als Rahmenbedingungen für die Schnittstelle Container-Hubsystem gelten, lassen sich bei den Prüfungen der Corner-Castings über das Heben und Senken an den oberen und unteren vier Corner-Castings aus der DIN ISO 1496-1 entnehmen. Dabei ist an den oberen Corner-Castings für 20 und 40ft Container nur eine vertikale Kraft zulässig. Bei den unteren Corner Castings wird mit Hilfe eines Seilgeschirres, bei 40ft Containern 30 Grad und bei 20ft Containern 45 Grad zur Waagrechten, der Container für 5 min gehoben und wieder abgestellt.[9]

Mit der Grundlage aus den Testverfahren stellt die Norm DIN ISO 1161 Werte zu den Testverfahren aus Norm DIN ISO 1496-1 zur Verfügung, die von den Corner-Castings getragen werden müssen. Demnach dürfen an den oberen Corner-Castings nur Kräfte in vertikaler Richtung in der Höhe von 150 kN eingeleitet werden. Die unteren Corner Castings dürfen mit einem maximalen Aufhängungswinkel von 30° und 300 kN belastet werden. Aus diesen 300 kN lässt sich die maximale Horizontalkraft von 212,1 kN errechnen. Für die Vertikalkraft sind dabei 150 kN zulässig. [10]

Auch aus der Norm VDI 2687 ist zu entnehmen, dass die oberen Corner-Castings keine Horizontalkräfte aufnehmen dürfen, zulässig ist demnach nur eine Abweichung aus der Senkrechten von 5 Grad. Für die Wahl des Winkels beim Heben an den unteren Corner-Castings sind in der Norm VDI 2687 minimal zulässige Winkel gegeben, welche sich aus dem Prüfungsvorgang der Norm DIN ISO 1496-1 ableiten lassen. Abbildung 1.4.3 zeigt die Mindestwinkel für das Heben an den unteren Corner-Castings mittels Seilgeschirr, wobei der 40ft Container

der Containergröße 1A und der 20ft Container die Containergröße 1C besitzt.[11]



Neigungswinkel α in Abhängigkeit von der Containergröße

| Containergröße | 1A | 1C |
|-----------------|-----|-----|
| α_{\min} | 30° | 45° |

Abbildung 1.4.3.: Zulässige Neigungswinkel aus der VDI 2687 [11]

Neben den schon beschriebenen Normen sind in der OENORM ISO 3874 weitere Möglichkeiten für die Krafteinleitung in den Container beschrieben. Für unseren Mobil Container Umsetzer sind jedoch nicht alle Varianten realisierbar. Abbildung 1.4.4 zeigt die möglichen Hebemethoden unter Berücksichtigung der verschiedenen Containerbauarten sowie die zulässige Manipulation im beladenen und unbeladenen Zustand.[1]

| Beschreibung | Container-Bauarten A, B, C und D | Container-Bauart E 40 ft Verfahren | Container-Bauart E 45 ft Verfahren | 20 ft. Container 1C | 40ft. Container 1A | 45 ft. Container 1EE |
|---|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| „Top lift spreader“ | | | | beladen und unbeladen | beladen und unbeladen | beladen und unbeladen |
| Heben an den oberen Eckbeschlägen mit Seilgeschirr | | | | unbeladen | unbeladen | X |
| Heben an den unteren Eckbeschlägen mit Seilgeschirr | | | | beladen und unbeladen | beladen und unbeladen | beladen und unbeladen |

Abbildung 1.4.4.: Zulässige Hebemethoden nach OENORM ISO 3874:2009 [1]

Aus Abbildung 1.4.4 ist ersichtlich, dass der 40ft Container an den oberen Corner-Castings im leeren Zustand manipuliert werden darf, jedoch eine Manipulation im beladenen Zustand nicht erlaubt ist. Mit der Annahme des Gesamtgewichtes des leeren 40ft Containers lassen sich jene Kräfte bestimmen, die laut OENORM ISO 3874 an den oberen Corner-Castings zugelassen sind. Beim Angriff der Gewichtskraft des 40ft Containers wird davon ausgegangen, dass der Schwerpunkt des Containers im Mittelpunkt liegt.

Unter dem in Abbildung 1.4.5 dargestellten Modell lassen sich heuristisch durch Variation des Seilgeschirrwinkels zur Waagerechten jene Kräfte errechnen die durch die Belastung an den oberen Corner-Castings durch das Eigengewicht des Containers auftreten und laut OENORM ISO 3874 noch zulässig sind. Die genaue Berechnung ist in der Diplomarbeit von Hr. Trully nachzulesen [6]. Wichtigstes Ergebnis dieser Berechnung ist, dass die axialen Kräfte auf die oberen Corner-Castings (F_a) maximal 10,8 kN betragen dürfen. Abbildung 1.4.6 fasst die errechneten Kräfte aus jener Arbeit zusammen.

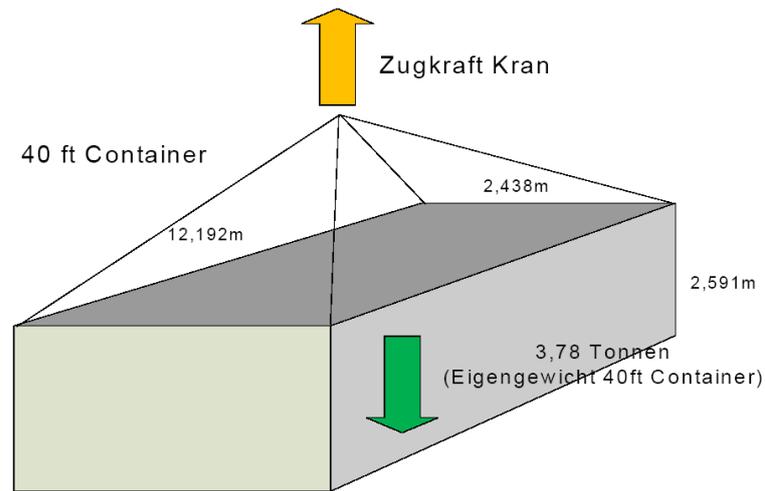


Abbildung 1.4.5.: Modell zur Annahme von Kräften an den oberen Corner-Castings

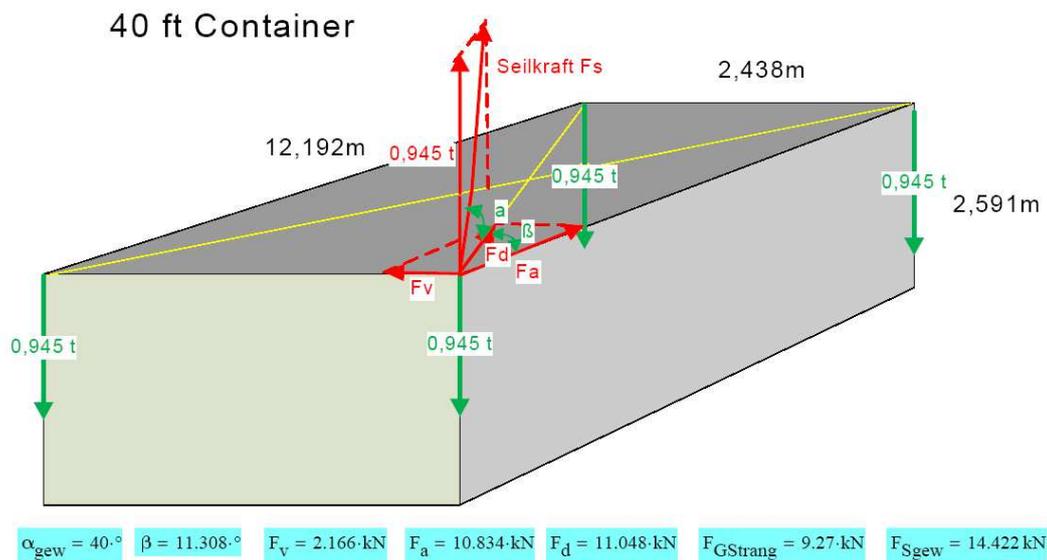


Abbildung 1.4.6.: Heuristische zulässige Kräfte an den oberen Corner-Castings

2. Methodik zum Entwickeln und Konstruieren

Allgemeingültige, branchenunabhängige Grundlagen methodischen Entwickelns und Konstruierens werden in der VDI-Richtlinie 2221 behandelt [2]. Der Entwicklungs- und Konstruktionsprozess wird in dieser Richtlinie in sieben Arbeitsabschnitte gegliedert, aus denen entsprechend sieben Arbeitsergebnisse hervorgehen (siehe Abbildung 2.0.1). Je nach Aufgabenstellung werden diese Abschnitte vollständig, teilweise oder mehrmals iterativ durchlaufen [2].

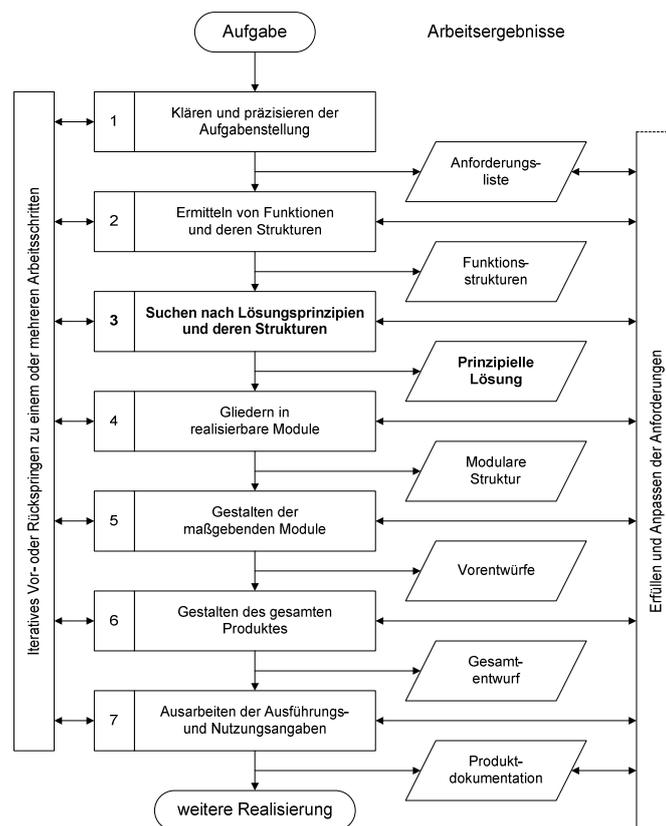


Abbildung 2.0.1.: Generelles Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren [2]

Hauptaufgabe dieser Diplomarbeit ist die in Abbildung 2.0.1 fett gedruckte Aufgabe des Suchens nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen. Das Arbeitsergebnis ist somit die prinzipielle Lösung. Als Vorarbeit ist das Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung sowie das Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen unablässig.

2.1. Arbeitsfluss für Entwickeln

Pahl et al [3] zeigt einen in Übereinstimmung mit den VDI-Richtlinien 2221 und 2222 gezielt erarbeiteten Arbeitsfluss für das Entwickeln im Maschinenbau. Dieser Arbeitsfluss wird in die folgenden Hauptphasen unterteilt (vgl. Abbildung 2.0.1):

- Planen und Klären der Aufgabe (informative Festlegung)
- Konzipieren (prinzipielle Festlegung)
- Entwerfen (gestalterische Festlegung)
- Ausarbeiten (herstellungstechnische Festlegung)

Die Aufgaben der Hauptphasen werden im Anschluss kurz erläutert.

Planen und Klären der Aufgabe

Basis einer Entwicklungs- bzw. Konstruktionsarbeit ist die Aufgabenstellung, welche vor Beginn der Produktentwicklung näher geklärt werden muss. Diese Klärung der Aufgabenstellung dient zur Informationsbeschaffung über die Anforderungen an das Produkt, sowie über die bestehenden Bedingungen und deren Bedeutung. Als Ergebnis liegt eine informative Festlegung in Form einer Anforderungsliste vor. [3]

Die Hauptphase des Planen und Klärens der Aufgabe ist bereits im Rahmen von Kapitel 1.1 erfolgt. Die Anforderungsliste ist in Kapitel 3.2 zu finden.

Konzipieren

Konzipieren ist der Teil des Konstruierens, in dem die prinzipielle Lösung nach dem Klären der Aufgabenstellung durch

- Abstrahieren auf die wesentlichen Probleme
- Aufstellen von Funktionsstrukturen
- Suche nach geeigneten Wirkprinzipien
- Kombination von Wirkprinzipien in einer Wirkstruktur

festgelegt wird.[3]

Die detaillierten Arbeitsschritte beim Konzipieren werden im Kapitel 2.2 genau erklärt. Eine oder mehrere Varianten eines weiter zu verfolgenden Konzeptes sind das Ergebnis dieser Phase.[3]

Entwerfen

Ausgehend von der Wirkstruktur bzw. der prinzipiellen Lösung wird die Baustruktur nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten eindeutig und vollständig erarbeitet. Ziel ist die endgültige Lösung für die abschließende Gestaltung eines endgültigen Gesamtentwurfes.[3]

Ausarbeiten

Die Baustruktur eines technischen Gebildes wird durch:

- endgültige Vorschriften für Form, Bemessung und Oberflächenbeschaffenheit aller Einzelteile
- Überprüfung der Herstellmöglichkeiten sowie Kosten
- verbindliche zeichnerische und sonstige Unterlagen

festgelegt. Das Ergebnis ist die herstellungstechnische Festlegung der Lösung. [3]

2.2. Arbeitsschritte beim Konzipieren

Die Arbeitsschritte beim Konzipieren werden durchlaufen, damit von vornherein die Erarbeitung der bestmöglich erscheinenden prinzipiellen Lösung sichergestellt ist. In den nachfolgenden Phasen des Entwerfens und Ausarbeitens können grundlegende Mängel des Lösungsprinzips nicht oder nur sehr schwer ausgeglichen werden. [3]

Entsprechend dem Arbeitsfluss für das Entwickeln aus Kapitel 2.1 folgt nach dem Klären der Aufgabenstellung die Konzeptphase. Abbildung 2.2.1 zeigt die Hauptarbeitsschritte für das Konzipieren. Anhand von diesen erfolgt die Erarbeitung der prinzipiellen Lösung. Die Konzeptphase startet nach erfolgter Entscheidung zur Freigabe zum Konzipieren und endet mit der Festlegung auf eine prinzipielle Lösung.

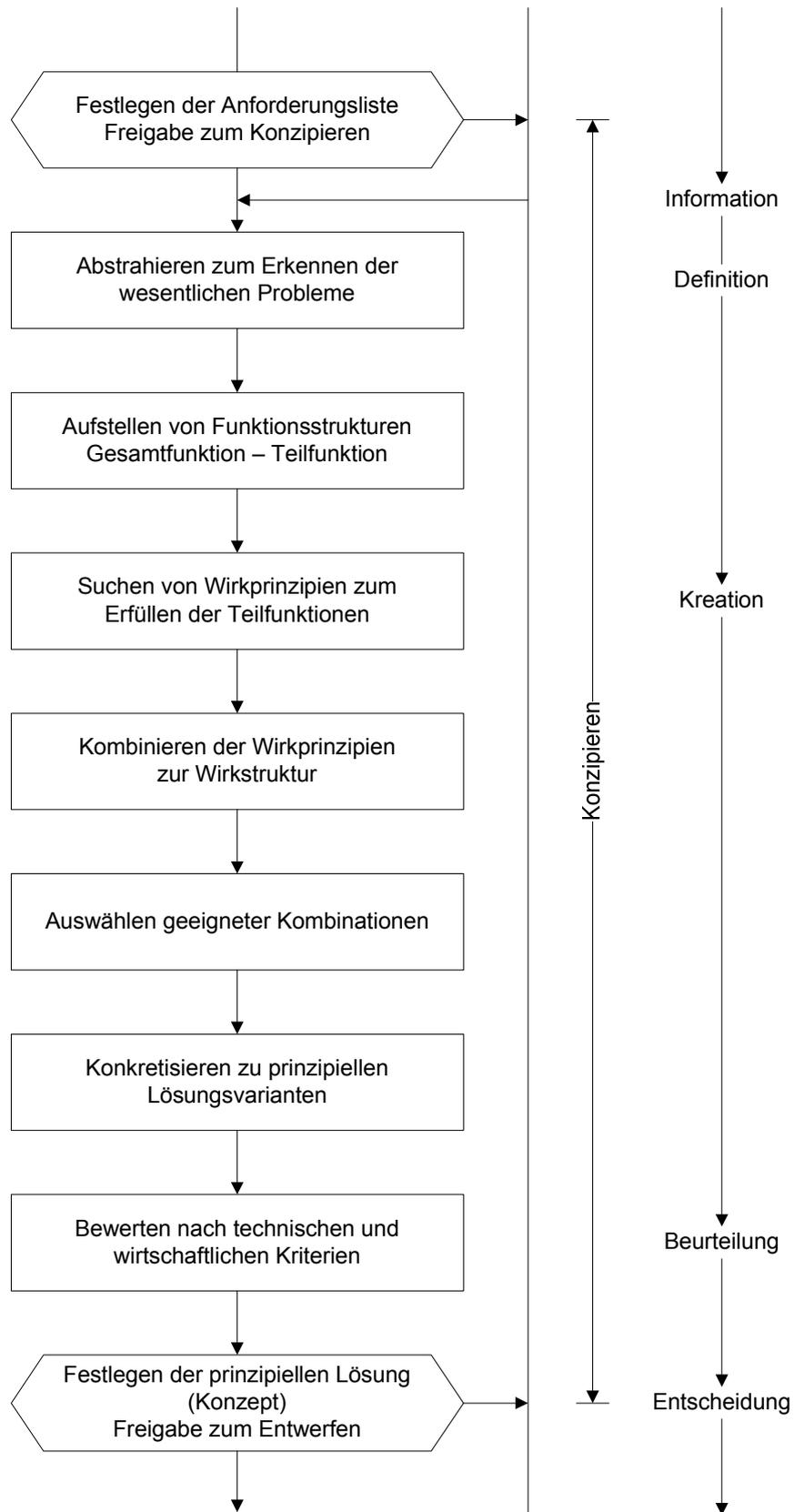


Abbildung 2.2.1.: Arbeitsschritte beim Konzipieren [3]

3. Grundlagen zur Entwicklung neuer MCU-Konzepte

In den folgenden Kapiteln werden die gemeinsamen Grundlagen zur Konzipierung eines Mobiler Container Umsetzers beschrieben. Dazu gehören vor allem die Erstellung einer Anforderungsliste und das Aufstellen einer Funktionsstruktur. Aufbauend auf diesen Grundlagen erfolgt die detaillierte Konzipierung der einzelnen Baugruppen des MCU in dieser und den folgenden Diplomarbeiten:

- Konzipierung eines Mobiler Container Umsetzers: Führungssystem und Schlitten von Alexander Lang BSc
- Konzipierung eines Mobiler Container Umsetzers: Trägerantrieb und Niveauregulierung von Michael Trully BSc

3.1. Definition des Koordinatensystems

Mit dem Koordinatensystem aus Abbildung 3.1.1 erfolgt eine eindeutige Festlegung von Winkeln und Achsen sowie deren positiven Zählrichtungen. Damit ist im weiteren Verlauf der Arbeit eine einheitliche Beschreibung von Richtungen und Bewegungen möglich.

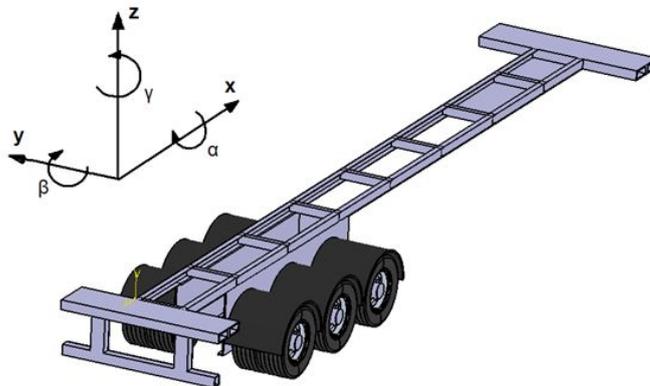


Abbildung 3.1.1.: Definition eines Koordinatensystems

3.2. Anforderungsliste

Aus der Aufgabenstellung (Kapitel 1.1) und den Rahmenbedingungen (Kapitel 1.4) lässt sich eine Anforderungsliste (siehe Abbildung 3.2.1-3.2.3) erstellen, welche übersichtlich sämtliche zu diesem Zeitpunkt bekannten Anforderungen enthält. Für die Konzipierung des MCU sind diese Anforderungen ausreichend, für die weitere Entwicklung muss die Anforderungsliste jedoch auf jeden Fall ergänzt werden.

Die formulierten Anforderungen wurden unterteilt in Wünsche und Forderungen [3]:

- Forderungen (F) müssen unter allen Umständen erfüllt werden. Ohne die Erfüllung der Forderungen ist die vorgesehene Lösung auf keinem Fall akzeptabel.
- Wünsche (W) sollten nach Möglichkeit berücksichtigt werden, eventuell mit einem Zugeständnis an einen begrenzten Mehraufwand.

|  | | Anforderungsliste | | | | Seite: 1 | |
|---|--------------------------------------|--|------|-------|------|---------------|--|
| | | für mobilen Container Umsetzer | | | | 21.07.2012 | |
| | | | | | | Version: 1.2 | |
| Änderung | F/W | Anforderung | | | | Verantwortung | |
| Geometrie | F | Abmessung des LKW/Aufbaus aufgrund KFG | | | | | |
| | | Breite | max. | 2550 | mm | | |
| | | Höhe | max. | 4000 | mm | | |
| | F | ISO-Container: max. Außenmaße [mm] | | | | | |
| | | Container | B | L | H | | |
| | | 6ft | 2438 | 1968 | 2438 | | |
| | | 10ft 1D (DIN ISO 668) | 2438 | 2991 | 2438 | | |
| | | 20ft 1CC (DIN ISO 668) | 2438 | 6058 | 2591 | | |
| | | 30ft 1BB (DIN ISO 668) | 2438 | 9125 | 2896 | | |
| | | 40ft 1AAA (DIN ISO 668) | 2438 | 12192 | 2896 | | |
| | | 45ft | 2438 | 13716 | 2896 | | |
| | | Eckbeschläge siehe DIN ISO 1161 | | | | | |
| | Toleranzen siehe DIN ISO 1161 | | | | | | |
| | F | Schlitten | | | | | |
| | | Länge | max. | 2500 | mm | | |
| | | Breite | max. | 170 | mm | | |
| | | Höhe | max. | 400 | mm | | |
| | | Abstand zum Container | max. | 500 | mm | | |
| | F | Hubmechanismus | | | | | |
| | | absolute Hubhöhe (ab Oberkante Boden) | max. | 5800 | mm | | |
| F | Positionier- und Winkelfehler | | | | | | |
| | Abstand LKW/LKW, LKW/Waggon | max. | ±300 | mm | | | |
| | Parallelität LKW/LKW, LKW/Waggon | max. | ±7 | ° | | | |
| | Höhenunterschied LKW/LKW, LKW/Waggon | max. | ±300 | mm | | | |

Abbildung 3.2.1.: Anforderungsliste - TEIL I

|  | | Anforderungsliste für mobilen Container Umsetzer | | | | Seite: 2 | | |
|---|----------------------------|--|-------|---------------|------------------|---------------|--|--------------|
| | | | | | | 21.07.2012 | | Version: 1.2 |
| Änderung | F/W | Anforderung | | | | Verantwortung | | |
| Kinematik | F | Schlitten | | | | | | |
| | | beidseitiger linearer Ausschub | | | | | | |
| | | Geschwindigkeit | max. | 0,1 | m/s | | | |
| | | Beschleunigung | max. | 0,1 | m/s ² | | | |
| | W | Hubmechanismus | | | | | | |
| | | lineare Hubbewegung | | | | | | |
| | | umklappen für weniger Luftwiderstand | | | | | | |
| | | Geschwindigkeit | max. | - | m/s | | | |
| | F | Stützbein | | | | | | |
| | | Geschwindigkeit | max. | - | m/s | | | |
| Kräfte | F | Eigengewicht MCU | | max. | < Konkurrenz | | | |
| | F | ISO-Container: Gewicht | | | | | | |
| | | 6ft | max. | 7110 | kg | | | |
| | | 10ft (DIN ISO 668) | max. | 10160 | kg | | | |
| | | 20ft (DIN ISO 668) | max. | 24000 | kg | | | |
| | | 30ft (DIN ISO 668) | max. | 25400 | kg | | | |
| | | 40ft (DIN ISO 668) | max. | 30480 | kg | | | |
| | F | Kräfte an den Corner Castings (CC) | | | | | | |
| | | Horizontalkräfte obere CC | | max. | 10,8 | | | kN |
| | | Vertikalkräfte obere CC | | max. | 150,0 | | | kN |
| Horizontalkräfte untere CC | | max. | 212,1 | kN | | | | |
| Energie | F | Schlitten | | Hydraulik | | | | |
| | F | Hubmechanismus: Heben/Senken | | Hydraulik | | | | |
| | W | Hubmechanismus: Umklappen | | Hydraulik | | | | |
| | F | Stützbein: Heben/Senken | | Hydraulik | | | | |
| | W | Stützbein: Umklappen | | Hydraulik | | | | |
| | F | Niveaueausgleich | | Hydraulik | | | | |
| | F | Abstützung Chassis | | Hydraulik | | | | |
| | F | Steuerung und Sensorik | | LKW Boardnetz | | | | |
| Stoff | W | Werkstoffe: | | | | | | |
| | | Stahl | | | | | | |
| | | multimaterielle Strukturkonzepte | | | | | | |
| Signal | für Konzept nicht relevant | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Abbildung 3.2.2.: Anforderungsliste - TEIL II

|  | | Anforderungsliste für mobilen Container Umsetzer | | | | Seite: 3 | |
|---|-----|---|------|-----|----|---------------|--|
| | | | | | | 21.07.2012 | |
| Änderung | F/W | Anforderung | | | | Verantwortung | |
| Sicherheit | F | EN 13849 Performance Level D | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Fertigung | | für Konzept nicht relevant | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Kontrolle | | für Konzept nicht relevant | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Montage | | für Konzept nicht relevant | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Gebrauch | F | Betreib im Freien, rauhe Umgebung, Regen, Schnee | | | | | |
| | F | Betriebstemperaturen | min. | -30 | °C | | |
| | | | max. | 40 | °C | | |
| Instandhaltung | | für Konzept nicht relevant | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Recycling | | für Konzept nicht relevant | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Kosten | | für Konzept nicht relevant | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Termin | | für Konzept nicht relevant | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Abbildung 3.2.3.: Anforderungsliste - TEIL III

3.3. Funktionsstruktur

Unter einer Funktion ist beim Beschreiben und Lösen von konstruktiven Aufgaben der gewollte Zusammenhang zwischen Eingang und Ausgang eines Systems mit dem Ziel, eine Aufgabe zu erfüllen, zu verstehen. Die Funktion wird zu einer Formulierung der Aufgabe auf einer abstrakten und lösungsneutralen Ebene und wenn die Gesamtaufgabe ausreichen präzisiert vorliegt, kann auch die Gesamtfunktion angegeben werden. Eine Gesamtfunktion lässt sich in vielen Fällen sofort in erkennbare Teilfunktionen aufgliedern, welche dann Teilaufgaben innerhalb der Gesamtaufgabe entsprechen. Eine Funktionsstruktur zeigt die sinnvolle und verträgliche Verknüpfung von Teilfunktionen zur Gesamtfunktion [3].

Im folgenden Kapitel werden zuerst die Symbole zur Darstellung von Funktionen eingeführt. Daran anschließend erfolgt die Beschreibung der Gesamtfunktion und den daraus abgeleiteten Teilfunktionen.

3.3.1. Darstellung von Funktionsstrukturen

Abbildung 3.3.1 zeigt die Symbole zur Darstellung von Funktionsstrukturen, welche im Rahmen dieser Diplomarbeit verwendet werden.

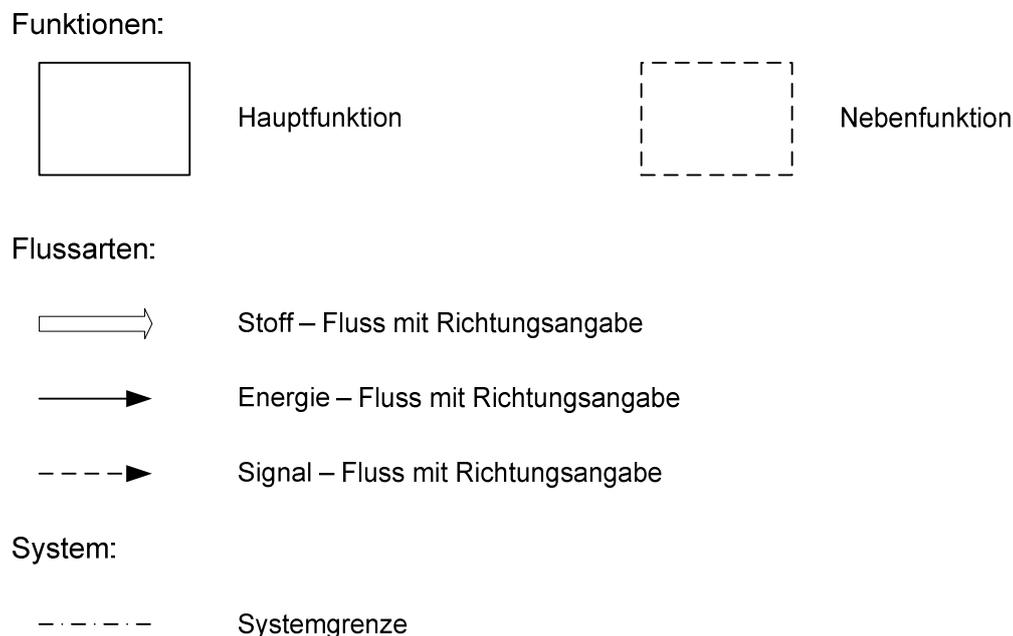


Abbildung 3.3.1.: Symbole zur Darstellung von Funktionsstrukturen [3]

Funktionen werden durch die Kombination eines Hauptwortes mit einem Zeitwort beschrieben. Hauptfunktionen sind Teilfunktionen die unmittelbar der Gesamtfunktion dienen, dagegen tragen Nebenfunktionen, im Sinne von Hilfsfunktionen, nur mittelbar zur Gesamtfunktion bei [3].

3.3.2. Gesamtfunktion

Aus der Aufgabenstellung sind die folgenden Aufgaben des Mobiler Container Umsetzers bekannt:

- Aufnehmen und Abstellen von Containern von Bahn-Waggons
- Aufnehmen und Abstellen von Containern von anderen LKWs
- Aufnehmen und Abstellen von Containern am Boden
- Übereinander stapeln von Containern
- Beidseitige Manipulation von Containern

Die Aufgabe „beidseitige Manipulation von Containern“ bedeutet, dass die zuvor genannten Aufgaben auf beide Seiten des LKWs ausgeführt werden können. Diese Aufgaben können als Gesamtfunktion mit „Container manipulieren“ zusammen gefasst werden (siehe Abbildung 3.3.2).



Abbildung 3.3.2.: Gesamtfunktion des Mobiler Container Umsetzer

Die oben genannten Teilaufgaben des MCU haben dieselben Ausgangs- und Endzustände gemeinsam:

- kein Container auf MCU
- Container auf MCU

Bevor mit einer Manipulation begonnen wird, befindet sich ein oder eben kein Container auf dem MCU. Umgekehrt ist nach erfüllter Aufgabe kein oder ein Container am MCU. Diese Ausgangs- und Endzustände sind aus der Sicht des Stoffumsatzes Ein- und Ausgänge in das System.

Als Energie wird dem System hydraulische und elektrische Energie bereit gestellt.

Als Input-Signale dienen alle Größen zur Steuerung und Überwachung des MCU. Die Visualisierung und Anzeige der Betriebszustände des MCU für den Bediener ist die Hauptaufgabe

der Output-Signale. Die Signalumsätze werden in dieser Diplomarbeit aufgrund der Aufgabenstellung nicht weiter beachtet und sind hier aus Gründen der Vollständigkeit nur kurz erwähnt.

3.3.3. Teilfunktionen

Die Gesamtfunktion wird in weiterer Folge in Teilfunktionen herunter gebrochen. Die einzelnen Teilfunktionen und deren Verknüpfungen sind in Abbildung 3.3.3 zu sehen. Als Hauptfluss wird der Stofffluss zugrunde gelegt. In der vorliegenden Detaillierungsstufe werden die Energie- und Signalflüsse nicht beachtet, da sie für die Konzipierung noch keine entscheidende Rolle spielen.

In Abbildung 3.3.3 sind die zwei Zweige der Gesamtfunktion zu erkennen. Diese beschreiben mit ihren Teilfunktionen die Manipulation eines Containers. Nachfolgend werden die einzelnen Teilfunktionen kurz beschrieben.

LKW/Auflieger positionieren:

Als erster Schritt muss der LKW bzw. dessen Auflieger richtig zum Container der aufgenommen wird (Zweig: kein Container auf MCU) bzw. zum Verladeort bei dem ein Container abgestellt wird (Zweig: Container auf MCU) positioniert werden. Der Verladeort ist je nach Aufgabe ein Waggon, ein anderer LKW, eine vorgesehene Fläche am Boden oder aber ein Container auf den ein zweiter gestapelt wird. Beim Positionieren müssen der Abstand zum Container sowie die Positionier- und Winkelfehler (siehe Abbildungen 3.2.1-3.2.3) in gewissen Grenzen eingehalten werden.

LKW/Auflieger abstützen:

Um eine ausreichende Stabilität und Standsicherheit des LKW bzw. Auflieger mit dem darauf montierten MCU und einem Container zu gewährleisten, muss das System abgestützt werden. Ein weiterer Grund für das Abstützen ist das Vermeiden des Ein- und Ausfederns des LKWs, bei der Aufnahme bzw. Abgabe eines Containers.

Schlitten längs verfahren:

Die Teilfunktion Schlitten längs verfahren ist als Nebenfunktion angeführt. Diese dient der Anpassung des Mobiler Container Umsetzers an verschiedene Containerlängen. Im Rahmen dieser Diplomarbeiten wird diese Nebenfunktion nicht ausgearbeitet, da von einer recht einfachen Realisierung ausgegangen wird.

Container aufnehmen:

Einen Container aufnehmen bedeutet, diesen mit geeigneten Mitteln anzuheben und sicher festzuhalten, ohne die maximal erlaubten Kräfte, die der Container ertragen kann, zu überschreiten. Mit einem Hubsystem wird ein Aufnahmemittel in die geforderte senkrechte z-

Richtung verschoben. Dabei führt das Hubsystem gleichmäßige lineare Bewegungen aus. Ist die senkrechte Zielposition erreicht, wird der Container an den Corner Castings mit dem Aufnahmemittel verbunden und der Container kann angehoben werden.

Container absetzen:

Hat der Container seine Endposition erreicht, wird er mit dem Hubsystem abgestellt und die Verbindung zwischen dem Aufnahmemittel und dem Container gelöst. Anschließend wird das Hubsystem wieder in seine Ausgangsposition gebracht. Die Endposition vom Container ist entweder auf dem LKW bzw. Auflieger (Zweig: kein Container auf MCU) oder aber der Verladeort (Zweig: Container auf MCU; vgl. mit Teilfunktion LKW/Auflieger positionieren).

Schlitten ausfahren:

Der Schlitten verschiebt das Hubsystem mitsamt Aufnahmemittel in y-Richtung, um je nach Beladungszustand einen Container aufzunehmen (Zweig: kein Container auf MCU) oder einen Container abzustellen (Zweig: Container auf MCU). Gefordert ist eine lineare Bewegung mit gleichmäßigem Umsetzen.

Schlitten einfahren:

Der Schlitten verschiebt das Hubsystem in horizontaler y-Richtung wieder zurück in die mittige Ausgangsstellung.

Niveau ausgleichen:

Während der Manipulation des Containers muss, damit die Positionier- und Winkelfehler keine Grenzwerte überschreiten, ein Niveaueausgleich durchgeführt werden.

LKW/Auflieger absenken:

Bevor der LKW wieder losfahren kann, muss der LKW bzw. der Auflieger wieder abgesenkt werden.

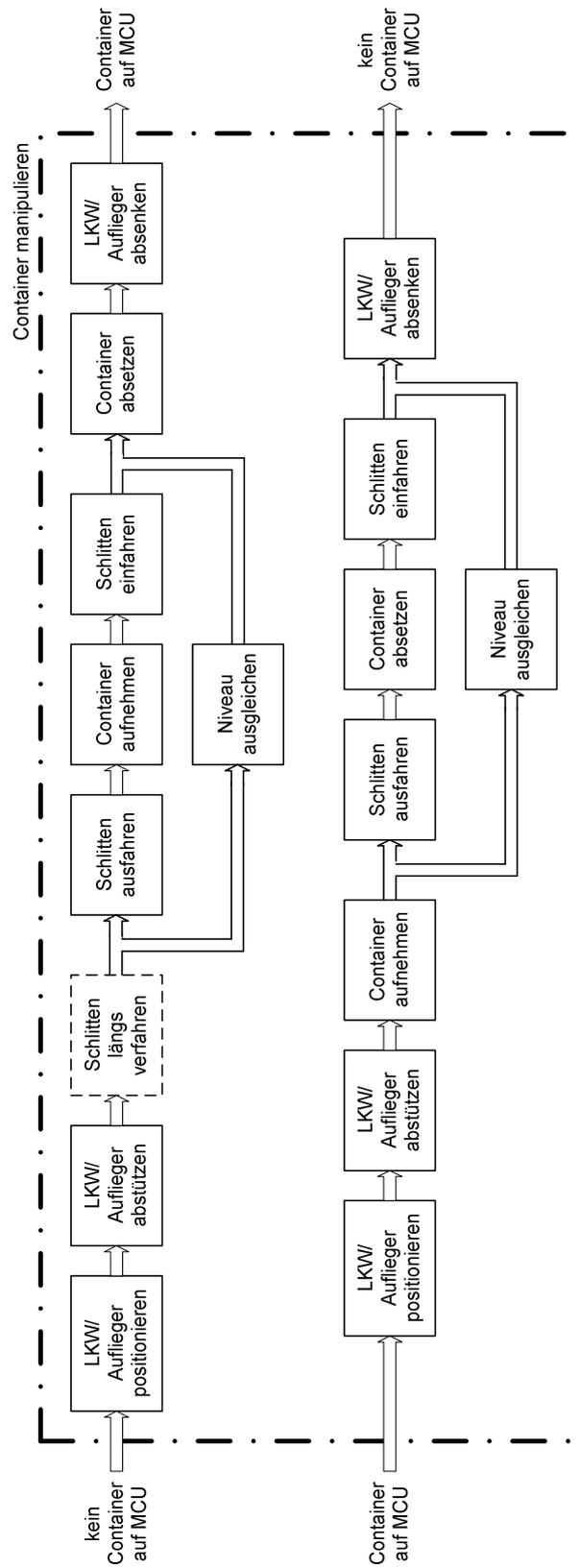


Abbildung 3.3.3.: Teilfunktionen des Mobiler Container Umsetzer

4. Konzipieren des Hubsystems

4.1. Problemstellung

Bevor geeignete Lösungen für das Hubsystem gesucht werden können, sollen zuerst einmal die wichtigsten Randbedingungen dafür erörtert werden. Ziel des Hubsystems ist es den Container innerhalb vernünftiger Zeiten problemlos auf die gewünschten Höhen anheben bzw. herabsenken zu lassen. Das Hubsystem soll des Weiteren möglichst platzsparend, leicht und trotzdem kompakt und zuverlässig sein.

Im Folgenden werden einige wichtige allgemeine Forderungen an das Hubsystem gestellt:

- einfache und kompakte Konstruktion
- zuverlässige und sichere Bauweise
- benutzerfreundliche Handhabung für den Bediener
- System muss alle geforderten Höhen anfahren können
- schmale Bauweise erwünscht (idealerweise unter 170mm)

4.2. Funktionsstruktur - Aufgaben des Hubsystems

In Kapitel 3.3 wurde bereits mit einer groben Aufstellung der Funktionsstruktur begonnen. Für das Hubsystem kommen nur die Hauptfunktionen „Container aufnehmen“ und „Container absetzen“ in Frage. Nachfolgend soll diese Struktur für die Aufgaben des Hubsystems verfeinert werden.

In Abbildung 4.2.1 werden die einzelnen Teilfunktionen für diese Hauptfunktionen dargestellt. Die Teilfunktionen a und c aus Abbildung 4.2.1 besitzen vom Prinzip her die selben Abläufe, unterscheiden sich jedoch dadurch, dass sie chronologisch umgekehrt ablaufen.

Somit kann exakt gesagt werden welche Höhen zu welchem Zeitpunkt im Manipulationsvorgang angefahren werden muss. Als Beispiel soll hier die Manipulation eines Container vom LKW auf den Boden dienen.

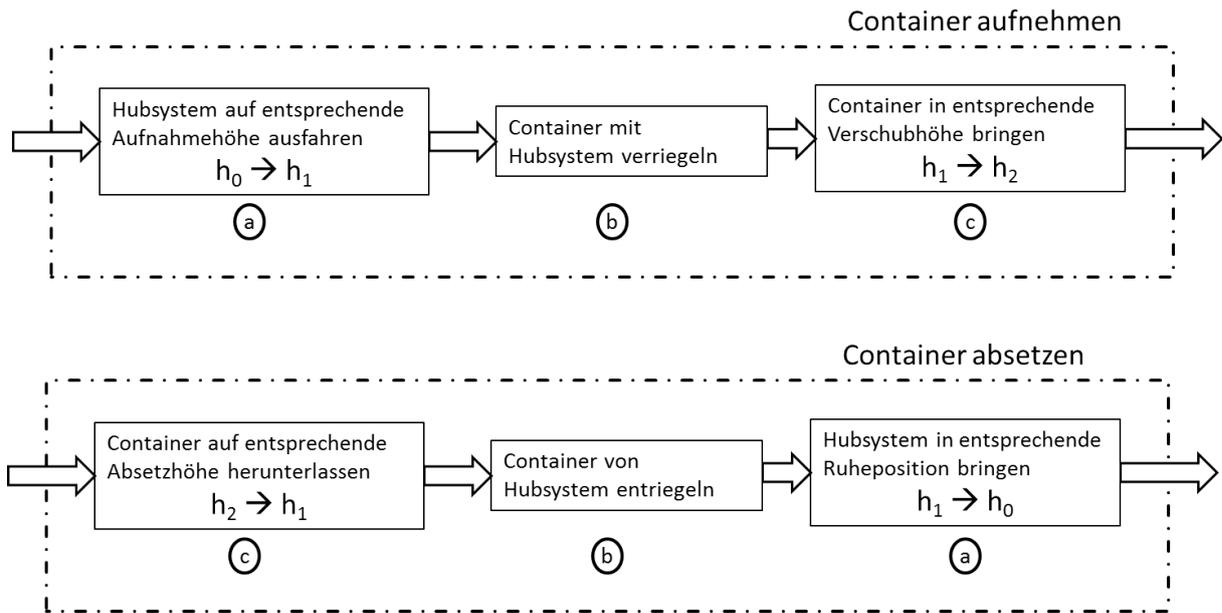


Abbildung 4.2.1.: Teilfunktionen zum Aufnehmen bzw. Absetzen des Containers

Zuerst wird das Hubsystem aus der Ausgangsposition (Ruhezustand des Hubsystems) in die Aufnahmeposition (h_1) gebracht, wo der Container mit entsprechenden Aufnahmemechanismen (siehe Kapitel 5) mit dem MCU verbunden wird. Anschließend wird das Hubsystem samt dem aufgenommenen Container in Verschiebposition (h_2) gebracht. Nach den Bewegungsabläufen der Schlitten und der entsprechenden anderen Baugruppen muss der Container in die Absetzposition gebracht werden (h_1 bzw. h_3). Der Container wird danach entriegelt und das Hubsystem kann erneut in Verschiebposition gebracht werden (h_2). Nun kann der Schlitten wieder einfahren und das ganze System in die Ausgangsposition verfahren werden.

In den Abbildungen 4.2.2 und 4.2.3 werden die verschiedenen anzufahrenden Höhen aus der Sicht des Containers und der jeweiligen auszuführenden Manipulation angeführt. Dabei werden die Höhenangaben von der Bezugshöhe der Oberkante des Schlittens aus gesehen, die sich 1500 mm über dem Boden befindet (mehr dazu in [5]).

Durch die Kenntnis der anzufahrenden Höhen des Containers kann das Hubsystem nun grob konzipiert werden. Die beiden maßgebenden Höhen sind in den Abbildungen 4.2.2 und 4.2.3 grau hinterlegt. Sie stellen die minimale und maximale Höhe, die das Hubsystem bewältigen muss, dar.

| ISO Container | LKW --> Boden HÖHE | | LKW --> Schiene/LKW HÖHE | | LKW --> Stapelung HÖHE | |
|---------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|------------------|---------------------------|------------------|
| | Oberkante Cont. | Unterkante Cont. | Oberkante Cont. | Unterkante Cont. | Oberkante Cont. | Unterkante Cont. |
| h_1 | 2191 mm | -400 mm | 2191 mm | -400 mm | 2191 mm | -400 mm |
| h_2 | 2400 mm | -191 mm | 2400 mm | -191 mm | > 3682 mm | > 1091 mm |
| h_3 | 1091 mm | -1500 mm | 2191 mm | -400 mm | 3682 mm | 1091 mm |

Abbildung 4.2.2.: Anzufahrende Höhen - ISO Container

| HIGH CUBE Container | LKW --> Boden HÖHE | | LKW --> Schiene HÖHE | | LKW --> Stapelung HÖHE | |
|------------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|------------------|---------------------------|------------------|
| | Oberkante Cont. | Unterkante Cont. | Oberkante Cont. | Unterkante Cont. | Oberkante Cont. | Unterkante Cont. |
| h_1 | 2496 mm | -400 mm | 2496 mm | -400 mm | 2496 mm | -400 mm |
| h_2 | 2700 mm | -196 mm | 2700 mm | -196 mm | > 4292 mm | > 1396 mm |
| h_3 | 1396 mm | -1500 mm | 2496 mm | -400 mm | 4292 mm | 1396 mm |

Abbildung 4.2.3.: Anzufahrende Höhen - High Cube Container

Einen weiteren wichtigen Einfluss auf das Hubsystem hat auch die Art der Containeraufnahme. Diese wird im folgenden Hauptkapitel näher beschrieben. Es soll hier nur auf ein Element vorgegriffen werden und zwar, dass die sogenannte Quertraverse das Bindeglied zwischen Containeraufnahme und Hubsystem bilden soll (siehe Kapitel 5.3.2). Diese Quertraverse kann je nach Konzept unterschiedlich auf oder an dem Hubsystem angebracht sein und muss um den Container manipulieren zu können durch das Hubsystem in der Höhe verschiebbar sein. Dies ist auch die Hauptaufgabe des Hubsystems: die Quertraverse muss bei gegebenen Lasten in die entsprechenden Höhen verschiebbar sein.

Somit lassen sich die wichtigsten Aufgaben und Anforderungen für das Hubsystem zusammenfassen:

- Hubsystem muss zwischen den relativen Höhen 4300mm und 1090mm agieren können (Oberkante Schlitten ist Bezugshöhe)
- max. Containergewicht von 32.5 Tonnen muss manipuliert werden können
- 4000mm Höhe dürfen im eingefahrenen Zustand nicht überschritten werden (siehe StVO)
- Hubsystem darf bei Schienenmanipulation keine Probleme mit der Oberleitung verursachen
- Auf kritische Querbelastungen muss geachtet werden
- Hubvorgang soll möglichst einfach und sicher ablaufen können
- Möglichst schmale Bauweise in x-Richtung erwünscht
- hohe Zuverlässigkeit des Mechanismus erforderlich
- robuste Bauweise

4.3. Erarbeitete Konzepte

Grundsätzlich wurde bei der Konzepterstellung so vorgegangen, dass über einen gewissen Zeitraum hinweg verschiedenste Konzepte für die Baugruppe entwickelt und gesammelt wurden. Eine anschließende Bewertung mit Vor- und Nachteilen sollte vorerst Auskunft darüber geben, ob die Idee weiter betrachtet werden sollte. Im Folgenden werden nur jene Konzepte vorgestellt, die einigermaßen Sinn machen und auch physikalisch sowie technisch ohne größere Einwände blieben.

4.3.1. Standardmastsystem

Zuerst wird ein Konzept für die Hubmechanik vorgestellt, welches nach dem Vorbild eines „handelsüblichen“ Gabelstaplers arbeitet. Dabei werden zwei hydraulische Zylinder benötigt, die an ein Führungsschienensystem gekoppelt sind und durch ein Ketten- oder Kabelsystem den doppelten Hub erzeugen können. In Abbildung 4.3.1 kann man das prinzipielle Schema erkennen wobei die Quertraverse an die Stelle angebunden wird, wo bei einem Stapler die Gabeln montiert sind. Die Traverse bewegt sich beim Hubvorgang in einem entsprechenden Führungssystem nach oben. Durch das Kettensystem wird doppelter Hub erreicht, wobei natürlich im Hintergrund immer die Biegungs- und Knicklasten beachtet werden müssen. Nachteil dieses Systems ist aufgrund des doppelten Hubs, dass die Druckkräfte auf die Zylinder auch verdoppelt wirken. Des Weiteren muss eine genau Höhenanalyse durchgeführt werden um zu gewährleisten, dass die 4000mm auch wirklich eingehalten werden können, wenn man als Voraussetzung ansieht, dass auch alle zuvor genannten Höhen angefahren werden müssen.

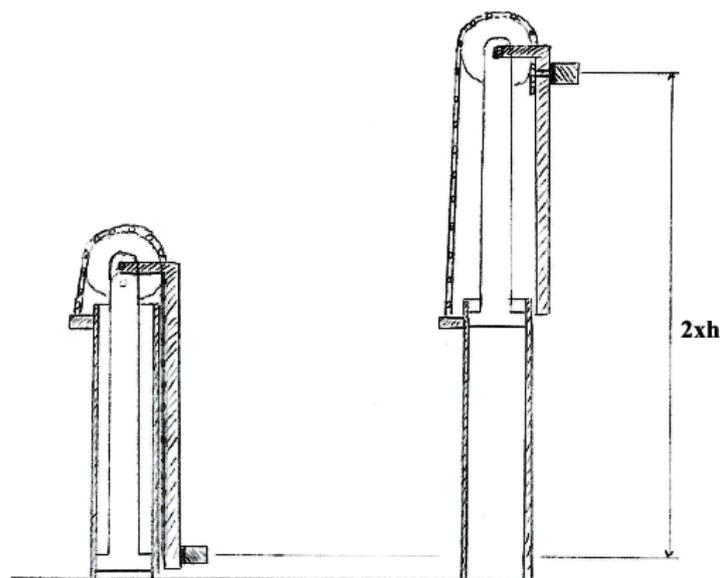


Abbildung 4.3.1.: Konzept - Standardmastsystem

Vorteile

- nur eine Zylindereinheit
- eventuell standardisierte Lösung durch Staplerhersteller möglich
- relativ simpler Aufbau

Nachteile

- doppelte Lastwirkung auf Zylinder (inverser Flaschenzug)
- Überstehen des Mastes bei Zwischenlage
- eventuell Probleme bei Maximalhöhe für High-Cube-Container Stapelung

4.3.2. Duplexmastsystem

Dieses Konzept basiert erneut auf Gabelstaplermodellen. Wie man in Abb. 4.3.2 erkennen kann benötigt das Duplexmastsystem zwei Zylinderstufen für den Hubvorgang. Auf die erste Stufe entfällt demnach nur die einfache Last, wobei die zweite Stufe, ähnlich dem vorigen Konzept, erneut die doppelten Lasten aufnehmen muss. Erneut kann hier aber nur der doppelte Hub der anfänglichen Zylinderhöhe erreicht werden. Aber es wird vermieden, dass es zu einem Überstehen des Mastes über den Container kommt. Dies ist wichtig bei Betrachtungen um die Oberleitung bei Schienenmanipulationen, aber sonst eigentlich nur von sekundärer Bedeutung. Größter Nachteil dieses Konzepts ist auf jeden Fall, dass eine erhöhte Breite des Systems erreicht wird, wobei jedoch die Anordnung ineinanderverschachtelt werden kann. Nichtsdestotrotz muss bei der Konstruktion extrem darauf geachtet werden, um nicht ein zu breites Hubsystem zu erhalten. Die wichtigsten anderen Vor- und Nachteile werden anschließend noch angeführt.

Vorteile

- kein Überstehen des Mastes
- eventuell standardisierte Lösung durch Staplerhersteller möglich
- einfache Lastwirkung auf Zylinderstufe 1 (Vorteil gegenüber Triplex-System)

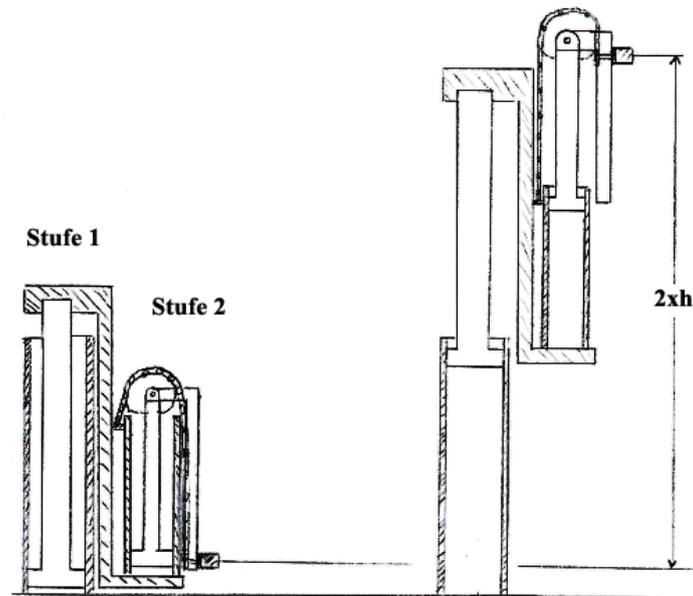


Abbildung 4.3.2.: Konzept - Duplexmastsystem

Nachteile

- 2 Zylinderhubeinheiten erfordern viel Platz
- doppelte Lastwirkung auf Zylinderstufe 2
- komplexer Aufbau
- erhöhter Steuerungsaufwand durch zwei Zylinderstufen
- eventuell Probleme bei Maximalhöhe für High-Cube-Container Stapelung

4.3.3. Triplexmastsystem

Dieses System wurde nur der Vollständigkeit halber angeführt. Bei Gabelstaplern kommt es manchmal auch zur Anwendung von Triplexmastsystemen. Wie in Abbildung 4.3.3 zu sehen ist, kommen hier zwei Zylinderstufen mit jeweils doppeltem Hub zur Anwendung. Dabei kann hier der 4-fache Hub der anfänglichen Zylinderhöhe erreicht werden. Probleme machen hier sicherlich eine geforderte schmale Konstruktion sowie die jeweils doppelte Lastwirkung aufgrund des 4-fachen Hubs. Alle weiteren Vor- und Nachteile werden nachstehend aufgelistet.

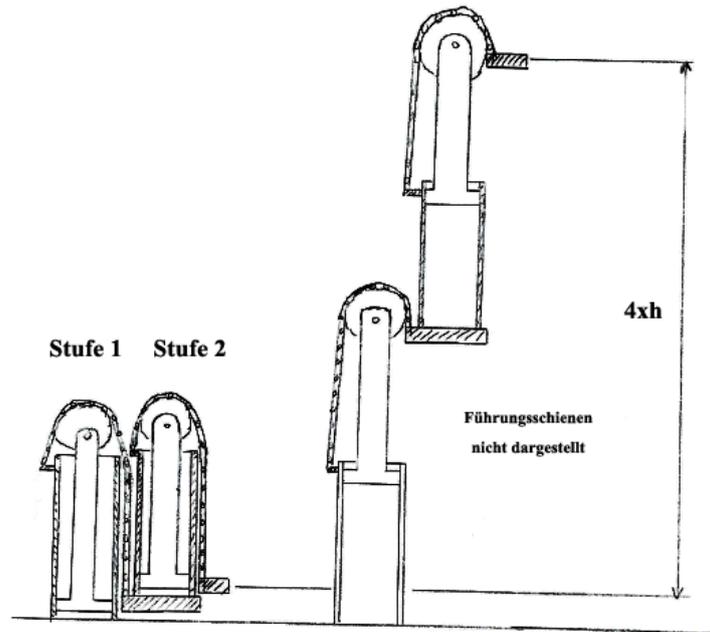


Abbildung 4.3.3.: Konzept - Triplexmastsystem

Vorteile

- kein Überstehen des Mastes
- eventuell standardisierte Lösung durch Staplerhersteller möglich
- sehr große Höhen erreichbar; Möglichkeit der Stapelung eines dritten Container

Nachteile

- 2 Zylinderhubeinheiten erfordern viel Platz
- doppelte Lastwirkung auf beide Zylinderstufen
- sehr komplexer Aufbau

4.3.4. Teleskopzylinder

Dieses Konzept arbeitet mit Hilfe von Teleskopzylindern, die die Quertraverse in die jeweilige Position bringen sollen. Das Prinzip von Teleskopzylindern basiert auf einem Verschachtelungssystem von mehreren Zylindern, die beim Einfahren ineinandergeschoben werden (siehe

Abbildung 4.3.4). Dazu werden 2 Teleskopzylinder für jede Seite benötigt, die jeweils die Quertraverse tragen, die die Schnittstelle zum Container bildet.

Der Vorteil gegenüber den Mastsystemen liegt darin, dass hier nicht die doppelte Lastwirkung aufgenommen werden muss. Außerdem werden keine Zusatzkonstruktionen wie Kettenaufhängung und Führungsbleche benötigt, was sich natürlich sehr vorteilhaft auf eine schlanke und kompakte Bauweise auswirkt. Da diese ineinander verschachtelten Zylinder unterschiedliche Durchmesser aufweisen, gilt der kleinste Durchmesser, d.h. der Durchmesser der obersten Stufe, als kritischer Querschnitt zur Bauteilauslegung. Dies bedeutet, der Teleskopzylinder kann nur mit so großen Lasten beaufschlagt werden, als die oberste Stufe verträgt. Andernfalls müssten Beschränkungen des Lastgewichts für die Stapelung von Containern angegeben werden.

Nach ersten überschlägigen Entwurfsberechnungen sollte es aber kein Problem sein, geeignete Teleskopzylinder für die geforderten Anwendungen zu finden. Einziges Problem könnte werden, dass diese Teleskopzylinder um die Maximalhöhe zu erreichen, einen enormen Bedarf an Hydrauliköl erfordern (bis zu 50 l pro Zylinder). Alle weiteren Vor- und Nachteile dieses Konzepts werden anschließend angeführt.

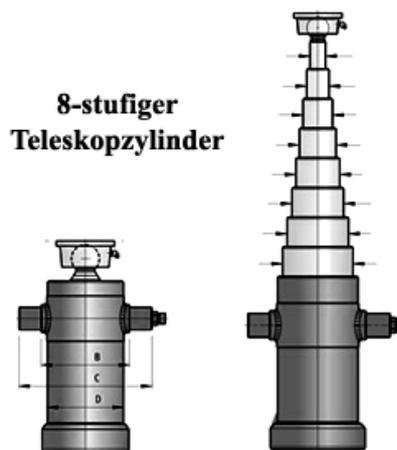


Abbildung 4.3.4.: Konzept - Teleskopzylindersystem

Vorteile

- Dimensionierung des Zylinders leichter möglich - keine doppelte Lastwirkung
- einfach und kompakt
- die geforderten Hubhöhen wären mit 4-6 stufigen Teleskopzylinder möglich
- die Rahmenbedingung der 4000 mm Maximalhöhe wäre einfach einzuhalten

- dadurch wäre auch ein höherer Auszug möglich - einfachere Dimensionierung des Auszugs
- weniger komplexe Mechanismen rund um das Mastsystem
- einfacher Aufbau der Quertraverse
- evt. Know-How bei diversen LKW- und Baumaschinenhersteller
- Sicherheiten bei Tragfähigkeit leichter erreichbar
- mehrstufige Varianten möglich - Flexibilität bei der Auswahl von Zylindern und Herstellern
- evt. gewichtssparender als Mastsystemkonzepte

Nachteile

- sehr großes Ölvolumen nötig (bis zu 50 Liter pro Teleskopzylinder)
- Biegemomente innerhalb des Zylinders könnten für Probleme sorgen
- Flächenpressungen am Auflagepunkt der „Verschachtelungen“ beachten
- evt. teurere Anschaffung
- evt. aufwendigeres Wegmesssystem nötig

Aufgrund der Wichtigkeit des Kapitels über die Hubmechanik werden der Vollständigkeit halber noch einige andere alternative Hubsysteme angeführt, die jedoch aufgrund der geforderten Parameter schon bei der Ideensammlung ausgeschieden wurden.

4.3.5. Alternative Hubsysteme

4.3.5.1. Hubspindel

Mit Hilfe von Hubspindeln können schwere Lasten gehoben werden. Beispiel dafür wären die Hebebühnen in KFZ-Werkstätten, die großteils mit Hilfe von Hubspindeln arbeiten. Für die Anwendung zum Containermanipulieren scheidet dieses Konzept jedoch aus, da mit so einem Hubspindelportal nur Höhen innerhalb dieses Portals erreicht werden können. Für Höhen darüber hinaus (für Stapelung notwendig) wäre dieses System ungeeignet.



Abbildung 4.3.5.: Alternativkonzepte - Hubspindel und Scherenhubtisch

4.3.5.2. Schermechanismus

Scherenhubtische kommen in der Industrie und im Gewerbe oftmals vor und geben sehr robuste Hebebühnen ab. Jedoch für die Anwendung hier sind sie gänzlich ungeeignet, da sie einfach zu breit bauen und aufgrund der mechanischen Verhältnisse entweder die Höhe nicht erreichen können, oder bei den erforderlichen Höhen zu große Kräfte entstehen würden.

4.3.5.3. Zahnstangenklettern

Für Zahnstangenklettereinrichtungen gelten vom Prinzip her dieselben Einschränkungen wie für die Hubspindelkonzepte. Man würde die erforderlichen Höhen nicht erreichen können.

4.4. Bewertung und Auswahl konkreter Konzepte

Nach intensiver Beschäftigung mit der Erarbeitung zahlreicher Konzeptlösungen für die einzelnen Hauptbaugruppen wurde damit begonnen diese mit Vor- bzw. Nachteilen zu bewerten. Diese Bewertung sollte dabei helfen, einen Überblick über die bisher gefundenen Konzepte zu geben und die endgültige Auswahl des bestmöglichen Gesamtkonzepts zu erleichtern. Die Vorstellung des schlussendlich ausgewählten Gesamtkonzepts erfolgt in der Diplomarbeit von Hr.Trully [6]. Für die Baugruppe des Hubsystems werden nachfolgend die wichtigsten und entscheidenden Aspekte zur Auswahl des bestmöglichen Hubmechanismus zusammengefasst.

Durch die Auflistung der wichtigsten Vor- und Nachteile wurde in den einzelnen Kapiteln schon eine erste Bewertung der einzelnen Konzepte durchgeführt. Grundsätzlich wurde so vorgegangen, dass die wichtigsten Kriterien herangezogen wurden und die einzelnen Konzepte der Reihe nach eine Bewertung erhalten haben. In der nachfolgenden Abbildung 4.4.1 erhält man einen Einblick in die Bewertung der Hubsystemkonzepte. Dabei wurde nach der Methode vorgegangen, die in der VDI 2225 als technische Bewertung bezeichnet wird. [4]

Anhand der verschiedenen Kriterien und der Eignung der einzelnen System dafür kristalli-

| Kriterien | Standard-Mastsystem | Duplex-Mastsystem | Triplex-Mastsystem | Teleskopzylinder |
|--|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| Einfachheit der Konstruktion | 2 | 1 | 0 | 3 |
| Auftretende Kräfte in z-Richtung | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Handhabung/Steuerung | 3 | 2 | 1 | 3 |
| Automatisierbarkeit | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Robustheit/Zuverlässigkeit | 4 | 3 | 3 | 2 |
| Gewicht | 2 | 1 | 0 | 4 |
| Höhen leicht erreichbar | 2 | 3 | 4 | 2 |
| Punktsumme | 17 | 14 | 12 | 21 |
| Technische Wertigkeit Punktsumme/Ideale Punktsumme | 0,61 | 0,50 | 0,43 | 0,75 |

Abbildung 4.4.1.: Bewertung der Konzepte zum Hubmechanismus

siert sich eindeutig das System des Teleskopzylinders als bestes heraus. Dadurch, dass der Teleskopzylinder vom Aufbau her am unkompliziertesten ist und relativ einfach handzuhaben ist, konnte man dieses System ganz klar gegenüber den anderen favorisieren. Somit kommt der Teleskopzylinder als Konzept für die weitere Entwicklung bzw. den Entwurf des Gesamtkonzepts am ehesten in Frage.

Im anschließenden Kapitel werden Machbarkeitsanalysen zum Teleskopzylinder durchgeführt um auch sicherzugehen, dass dieses System den geforderten Lasten und Kräften standhält. Dabei wird genau nachgerechnet ob die Biegemomente im Hubsystem bzw. die Flächenpressungen zulässig sind.

4.5. Machbarkeitsanalyse

4.5.1. Mechanisches Modell - Teleskopzylinder

Ziel dieser Analyse soll sein, genaue Angaben darüber geben zu können, welche maximalen Kräfte auf den Teleskopzylinder wirken dürfen bzw. auf welche Parameter bei der Auswahl geeigneter Zylinder geachtet werden muss. Die Kenntnis der maximal zulässigen Kräfte in x- und z-Richtung kann sehr hilfreich sein bei der Entwicklung von geeigneten Schnittstellen zwischen Container-Aufnahme und Hubsystem (siehe Kapitel 5).

Die wichtigsten Kriterien bei der Belastung von Teleskopzylindern sind:

- zulässiger höchster hydraulischer Druck bzw. nötiger Mindestdurchmesser der obersten Stufe
- zulässige höchste horizontal angreifende Kraft hinsichtlich Biegemomentenbelastung
- zulässige höchste horizontal angreifende Kraft hinsichtlich Flächenpressung

Somit erfolgte für jedes Kriterium eine eigene Berechnung mit einem Vergleich von handelsüblichen Teleskopzylindern.

4.5.1.1. Hydraulischer Druck:

Wie schon in Kapitel 4.3.4 erwähnt, zählt für die maximal zulässige Last nur der Durchmesser der obersten Stufe des Teleskopzylinders. Es sei denn man gibt entsprechende Vorschriften aus, dass man größere Lasten nur in geringen Höhen manipulieren dürfe. Dies ist aber auf Grund von Sicherheitsaspekten nicht zu empfehlen. Somit wäre zu Anfang der Innendurchmesser der obersten Stufe für die Betrachtungen heranzuziehen. Mit Hilfe der folgenden grundlegenden Berechnung für hydraulische Hubvorgänge kann der minimal notwendige Innendurchmesser bei gegebenen maximalen Druck ermittelt werden.

Aufgrund der Annahme, dass für den gesamten MCU vier Teleskopzylinder verwendet werden kann man folgern, dass die Fläche des Innendurchmesser multipliziert mit dem zulässigen Maximaldrucks der Hydraulik größer sein muss als ein Viertel des gesamten Containergewichts; dazu kommt noch ein Sicherheitsfaktor von 1,2.

$$\frac{D^2\pi}{4} \cdot p_{max} \geq \frac{mg}{4} \cdot 1,2 \quad (4.5.1)$$

$$D = \sqrt{\frac{mg \cdot 1,2}{\pi p_{max}}} \quad (4.5.2)$$

Somit kann für einen gegebenen zulässigen maximalen Hydraulikdruck der nötige Innendurchmesser der obersten Stufe ermittelt werden. Es wurde hierzu ein Teleskopzylinder-Anbieter herangezogen, der die vorher erwähnten Hubhöhen abdecken kann. Dabei werden zulässige Hydraulikdrücke von etwa 200 bar verwendet. Für die Berechnung werden 180 bar angenommen, um genügend Spielraum zu lassen.

Lt. Gleichung 4.5.2 müsste die oberste Stufe einen Innendurchmesser von 82,25 mm besitzen. Dies bedeutet, dass der Minimaldurchmesser der obersten Stufe bei einer geeigneten Auswahl zumindest 82,25 mm groß sein sollte.

4.5.1.2. Belastung durch Biegemoment:

Aufgrund der vorangegangenen Berechnungen bezüglich des Minimaldurchmessers wurde ein geeigneter Teleskopzylinder bei einem bekannten Hydraulik-Anbieter ausgewählt. Im Anhang A befinden sich Datenblätter für gängige Teleskopzylinder, wobei vorerst der Zylinder TK5010Q ausgewählt wurde. Aufgrund der geforderten Höhen sollte eine 5-stufige Ausführung genommen werden. Anhand des Beispiels dieses Zylinders soll die Berechnung für die zulässige Querbelastung auf Teleskopzylinder dargestellt werden.

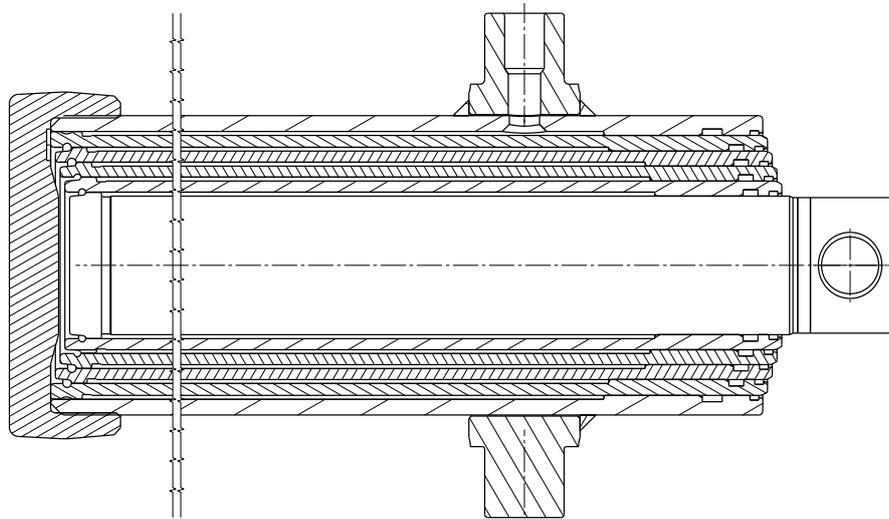


Abbildung 4.5.1.: Schnittzeichnung des ausgewählten Teleskopzylinder im eingefahrenen Zustand

Durch die spezielle Anordnung der Containeraufnahme und des Hubsystems kann es zu Querbelastungen auf den Teleskopzylinder kommen. Im Folgenden wird die zulässige maximale Querkraft ermittelt. Begonnen wird mit der zulässigen Biegemomentenwirkung.

Aufgrund des größtmöglichen Hebels wird das System natürlich im vollständig ausgefahrenen Zustand betrachtet, bei dem man die ungünstigsten Verhältnisse vorfindet. In Absprache mit der Fa. Schema Hydraulik wurde eine ziemlich simple Berechnungsvorschrift für die auftretenden maximalen Biegebelastungen auf die einzelnen Zylinderstufen erarbeitet. Im Grunde ist es eine einfache Kragträgerbelastung, an deren eingespanntem Ende das maximale Biegemoment auftritt (siehe Abbildung 4.5.2). Es müssen jedoch trotzdem die einzelnen maximalen Biegemomente und jeweiligen Widerstandsmomente für jede Stufe errechnet werden um sicherzugehen, dass auch alle Stufen aufgrund der abnehmenden Durchmesser den Belastungen standhalten.

$$F_{Qmax} \leq \frac{\sigma_{bzul} \cdot W_b}{L} \quad (4.5.3)$$

$$W_b = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D} \quad (4.5.4)$$

In Absprache mit der Fa. Schema Hydraulik werden Sicherheiten für diese Art der Beanspruchung zwischen 1,3 bis 2,5 angenommen. Mit einem σ_{bzul} von etwa 188 N/mm^2 wird für den üblicherweise eingesetzten Werkstoff E470 vorerst eine Sicherheit von 2,5 angenommen.

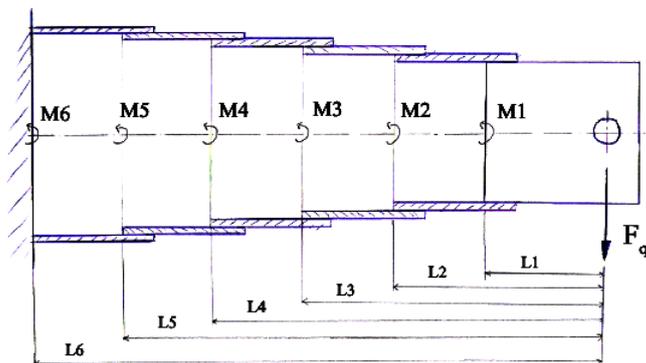


Abbildung 4.5.2.: mechanisches Modell des Teleskopzylinders - Biegemomentenbelastung

Um die genauen Abstände zwischen der Belastung F_Q und der Einspannung zu erhalten wurden von der Fa. Schema Hydraulik CAD-Daten des ausgewählten Zylinders zur Verfügung gestellt. Im Anhang A kann man die Abstände zwischen den einzelnen Stufen ablesen.

Durch Anwendung der Gleichungen 4.5.3 und 4.5.4 kann man mit folgenden maximal zulässigen Querbelastungen für die Biegebeanspruchung dieses Zylinders rechnen:

- Stufe 1: $\max.F_Q = 17 \text{ kN}$
- Stufe 2: $\max.F_Q = 8,5 \text{ kN}$
- Stufe 3: $\max.F_Q = 8,2 \text{ kN}$
- Stufe 4: $\max.F_Q = 8,6 \text{ kN}$
- Stufe 5: $\max.F_Q = 9,6 \text{ kN}$

Eine genaue Übersicht der Berechnung findet sich im Anhang B wieder.

Durch diese Ergebnisse kann man folgern, dass die Biegebeanspruchung sicherlich kein allzu großes Problem für den Teleskopzylinder darstellt. Einziges Problem, das auftreten kann, wäre, dass es aufgrund von Durchbiegung zu einem leichten Verkanten der Stufen untereinander kommen kann und somit die nötige Einfahrkraft höher sein kann. Doch bei dieser Anwendung kommt es nur zu einer größeren Durchbiegung, wenn das System ohnehin schwere Lasten hebt und somit sowieso eine hohe Einfahrkraft gegeben ist. In Absprache mit der Fa. Schema Hydraulik sollte dies kein Problem darstellen.

4.5.1.3. Belastung durch Flächenpressung:

Dieses Kapitel beschäftigt sich damit, die maximal zulässige Querkraft auf den Teleskopzylinder infolge der Flächenpressung zu ermitteln. Hierzu wird erneut das Teleskopzylindermodell aus den vorangegangenen Kapiteln herangezogen. Um eine aussagekräftige Berechnung aufstellen zu können, muss der Übergang zwischen den einzelnen Stufen genauer betrachtet werden.

Abbildung 4.5.3 zeigt hier die typische Geometrie eines Standardteleskopzylinder der ohne spezielle Führungsringe auskommt. Der für diese Berechnung verwendete Zylinder wäre auch ein Standardzylinder ohne Führungsringe und es kommt somit praktisch zu einer Beanspruchung von „Stahl auf Stahl“.

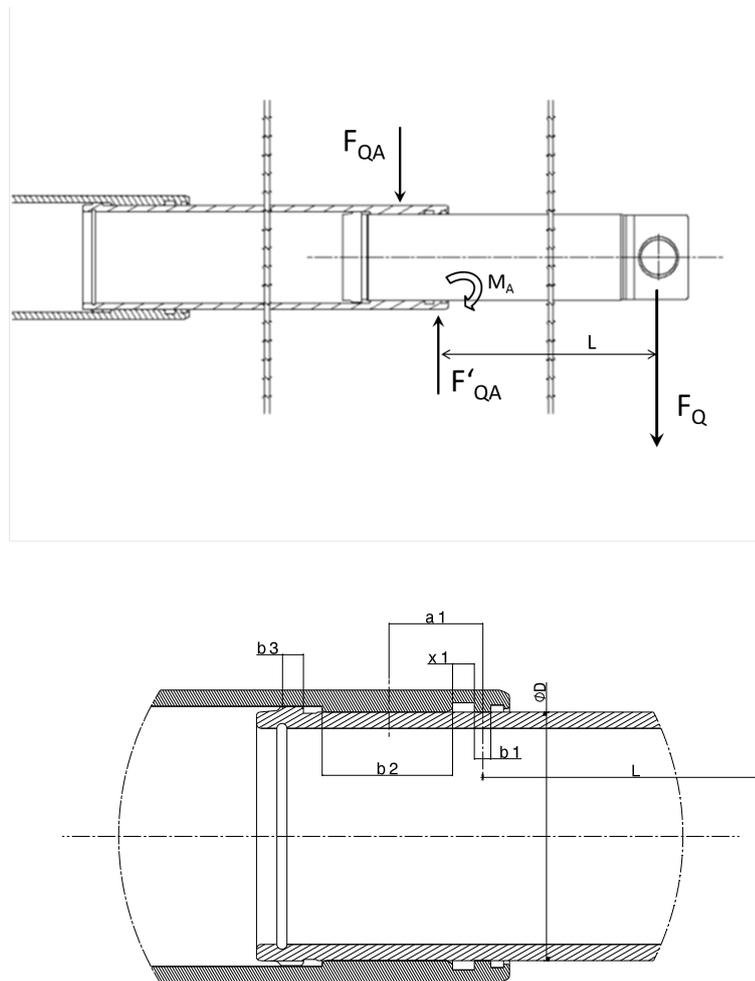


Abbildung 4.5.3.: mechanisches Modell für Flächenpressung bei Teleskopzylindern mit Geometrieverhältnissen

Die folgenden Berechnungen erfolgten erneut in Absprache mit der Fa. Schema Hydraulik. Im Prinzip wird einfach ein Momentengleichgewicht um den Stufenübergang angenommen und danach mit einer daraus resultierenden Ersatzquerkraft (F_{Qa}) im Übergang die auftretende

Flächenpressung berechnet. Mit einer zulässigen maximalen Flächenpressung kann somit auf die maximal zulässige Querkraft auf den Zylinder zurück gerechnet werden.

$$\Sigma M_A = 0 = L \cdot F_Q - a_1 \cdot F_{Qa} \quad (4.5.5)$$

$$F_{Qamax} = D \cdot b_1 \cdot \sigma_{pzul} \quad (4.5.6)$$

$$F_Q \leq = \frac{D \cdot b_1 \cdot \sigma_{pzul} \cdot a_1}{L} \quad (4.5.7)$$

Als zulässige Flächenpressung wird 170 N/mm^2 angenommen, da Stahl auf Stahl trifft. Die genauen Berechnungsdetails für die einzelnen Stufen werden im Anhang B dargestellt. Im Folgenden werden nur die Ergebnisse kurz angeführt:

- Stufe 1: $\max.F_Q = 5,7 \text{ kN}$
- Stufe 2: $\max.F_Q = 3,6 \text{ kN}$
- Stufe 3: $\max.F_Q = 2,8 \text{ kN}$
- Stufe 4: $\max.F_Q = 3,1 \text{ kN}$
- Stufe 5: $\max.F_Q = 7,1 \text{ kN}$

Anhand dieser Ergebnisse kann gefolgert werden, dass die Flächenpressung ein Problem für den Teleskopzylinder darstellen kann. Die vorangegangenen Werte gelten für genau den zuvor ausgewählten Teleskopzylinder, der aber ohne Führungselemente arbeitet. Somit könnte mit Hilfe von geeigneten Führungsringsen in den Übergängen zwischen den Stufen noch eine höhere zulässige Horizontalkraft erzielt werden. Nach Anfrage bei Schema Hydraulik wurde dies auch bestätigt, jedoch würden die Kosten pro Zylinder steigen, da 5-stufige Teleskopzylinder üblicherweise ohne Führungsringsen gebaut werden.

Somit sollte in jedem Fall darauf geachtet werden, beim Entwurf der Schnittstellen zwischen Containeraufnahme und Hubsystem die Horizontalkräfte möglichst gering zu halten, um das Problem der Flächenpressung zu minimieren.

4.5.2. Schlussfolgerungen

Aus den zuvor errechneten maximalen Belastungen können wichtige Parameter für die Auswahl des geeigneten Schnittstellensystem abgeleitet werden. So darf für jede Seite des Containers nur eine maximale horizontale Kraft von $2 \times 2,8 \text{ kN}$ wirken. Wird diese Kraft überschritten kann die Sicherheit des Hubsystems nicht mehr gewährleistet werden bzw. müssen evt. spezielle Teleskopzylinder mit Führungsringsen verwendet werden. Es sei aber darauf hingewiesen, dass diese maximal zulässige Kraft nur für den komplett auf Anschlag ausgefahrenen

Teleskopzylinder gilt. Ähnlich verhält es sich mit dem zulässigen Gesamtgewicht des Containers. Die Containermasse darf bei Standardteleskopzylindern, die mit 180 bar arbeiten nicht höher als 37200 kg betragen. Dies sollte allerdings ohnehin nicht überschritten werden können, da die StVO sowieso nur geringere Lasten für den Straßenverkehr zulässt. Einzig bei extrem asymmetrisch beladenen Containern könnte sich dadurch ein Problem ergeben. Doch auch die Packungsnorm für Container sieht vor, dass Container mit so stark abweichenden Schwerpunkten nicht verladen werden dürfen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich das Konzept mit dem Teleskopzylinder gut realisieren lässt. Einzig bei der Konzipierung bzw. beim Entwurf der Schnittstellen zwischen Hubsystem und Container muss darauf geachtet werden, dass nicht zu große Horizontalkräfte in die Teleskopzylinder eingeleitet werden, dürfen um ein einwandfreies Arbeiten dieser Zylinder zu gewährleisten.

5. Konzipieren der Containeraufnahme des MCU

Dieses Kapitel beschreibt den wohl komplexesten Sachverhalt der Containermanipulation. Wie soll die Aufnahme des Containers oder besser ausgedrückt wie sollen die Schnittstellen zwischen Container, Hubsystem und dem Auszugssystem aussehen? Das folgende Kapitel wird sich eingehendst mit dieser Thematik beschäftigen.

5.1. Problemstellung

Wie schon im vorigen Kapitel sollen zum besseren Verständnis auch hier zu Beginn die wichtigsten Problemstellungen erörtert werden. Ziel der Containeraufnahme ist es den Container mit zulässigen Mitteln anheben zu können ohne, dass dabei der Container selber, die Containeraufnahme, das Hubsystem oder auch das Führungssystem des Schlittens miteinander kollidieren oder zu Schaden kommen. Um dies zu gewährleisten, müssen die Schnittstellen zwischen den einzelnen Baugruppen genau definiert werden, um exakte Kenntnisse über die Kraftverläufe bzw. Belastungen in den Bauteilen erhalten zu können. Somit ergibt sich für dieses Kapitel nicht nur die Problematik der Containeraufnahme selber sondern auch die der Abstimmung der einzelnen Baugruppen untereinander, um die eingeleiteten Kräfte der Containeraufnahme bestmöglich verarbeiten zu können.

5.2. Erörterung der Aufgaben

Die Aufteilung der Hauptfunktion für diese Baugruppe „Container verriegeln“ bzw. „Container entriegeln“ in weitere kleinere Teilfunktionen lässt sich hier nur sehr schwierig durchführen, da diese Aufteilung zur Gänze von dem Mechanismus der Containeraufnahme abhängt.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Aufnahmen, die für den MCU in Frage kommen:

- Aufnahme mittels Twist-Lock-Mechanismus
- Kettenaufnahme

Dies führte auch zu zwei unterschiedlichen Arten von Schnittstellensystemen (siehe Kapitel 5.4 und 5.5).

Des Weiteren muss unterschieden werden, welche Corner Castings überhaupt dafür geeignet sind die Lasten des Containers aufnehmen zu können. So gibt die ISO 3874 die genauen zulässigen Belastungen der einzelnen Corner Castings an (siehe auch Kapitel 1.4). Daraus lässt sich schließen, dass aufgrund der begrenzten Aufbaumöglichkeiten durch den Auszug und der normativen Randbedingungen aus der ISO 3874 nur die Oberseite der oberen Eckbeschläge sowie der seitliche Anschlag der unteren Corner Castings zur Aufnahme des Containers geeignet sind (siehe Abb. 5.2.1).

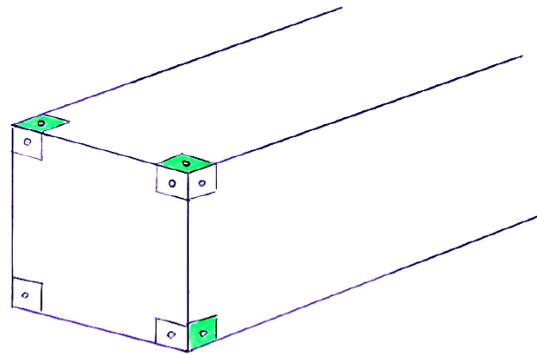


Abbildung 5.2.1.: Zulässige Aufnahmemöglichkeiten der Eckbeschläge

Aufgrund dieser Überlegungen eignen sich die Twist-Lock-Aufnahmen nur für die Manipulation mittels der oberen Eckbeschläge. Die Kettenaufnahme kann hingegen für beide Anschlagarten verwendet werden.

Wie schon in Kapitel 1.4 angeführt, ist das große Problem der Aufnahme über die oberen Corner Castings, dass diese laut ISO 3874 (siehe [1]) nur bei exakt senkrechter Lasteinleitung verwendet werden dürfen, ähnlich der Manipulation durch Spreader bei Hafenkranen. Doch wie in Kapitel 1.4 gezeigt wurde, dürfen die Corner Castings ein gewisses Maß an axialen Kräften aufnehmen, nämlich 10,8 kN.

Bei Manipulation über die unteren Corner Castings mittels Ketten erhält man weit höheren Spielraum und bessere Flexibilität bei der Gestaltung der Containeraufnahme.

Durch die Einleitung der Kräfte an den jeweiligen Eckbeschlägen wird bei der Entwicklung von Konzepten auch zwischen zwei verschiedene Arten von mechanischen Modellen unterschieden:

- Containersteifigkeit wird vollständig ausgenutzt: Damit werden Axialkräfte fast vollständig in den Container eingeleitet um nur marginale Torsionsmomente in das Auszugssystem einzuleiten, um somit eine einfachere Dimensionierung des Führungssystem zu ermöglichen. Hier müssen die maximalen axialen Kräfte exakt ermittelt werden, um mögliche Überbelastungen des Containers zu erkennen bzw. zu verhindern. Vom Prinzip her könnte bei dieser Art ein Gelenk als Verbindung zwischen Hubsystem und Auszugssystem verwendet werden.

- Containersteifigkeit wird nur begrenzt bis gar nicht ausgenützt: Hier wird eine entsprechend robustere Bauweise und somit auch aufwendigere Dimensionierung des Führungssystems gefordert. Das Hubsystem ist mit dem Auszug fix verbunden und nimmt alle bzw. einen Großteil der axialen Kräfte auf.

Durch Analyse dieser Möglichkeiten der Aufnahme von Containern in Kombination mit den anderen Baugruppen ergeben sich einige wichtige zu erfüllende Aufgaben für die Containeraufnahme sowie die Gestaltung des mechanischen Gesamtmodells der Baugruppen:

- möglichst einfach und unkompliziert handzuhabende Aufnahme des Containers
- Möglichkeit des Niveausgleiches
- Einhaltung der maximal zulässigen Kräfte auf die Eckbeschläge
- Biegemoment in der Quertraverse beachten
- möglichst geringe Horizontalkräfte, die auf das Hubsystem wirken
- Auftretende Biegung im Hubsystem möglichst klein halten
- Resultierende Torsionskräfte auf das Auszugssystem klein halten
- möglichst einfache Gestaltung der Schnittstellen zwischen den Baugruppen
- schmale und platzsparende Konstruktion der Schnittstellen bzw. der Containeraufnahme

5.3. Allgemeine Überlegungen

Bevor jedoch die jeweiligen entwickelten Systeme vorgestellt werden, erfolgen noch einige Erklärungen zu den Randbedingungen und sonstige Informationen, die als wichtig im Zusammenhang mit diesen Konzepten erscheinen.

5.3.1. Niveausgleichsmöglichkeiten

Durch entsprechende Wahl des mechanischen Modells zwischen Auszugssystem, Hubsystem, Quertraverse und Containeraufnahme können Niveausgleichsmöglichkeiten geschaffen werden. Grundsätzlich wird es sich aber als schwierig erweisen die geforderten Winkelunterschiede auszugleichen. In erster Linie wurde versucht die großen Winkelabweichungen durch die Primärlagerungskonzepte bzw. beim Anfahren des LKWs auszugleichen. Mehr dazu erfahren Sie in der Diplomarbeit von Herrn Trully [6]. Nichtsdestotrotz wäre es vorteilhaft, dass die

Schnittstelle zwischen Container und dem Rest der Konstruktion zumindest kleine Unterschiede in Position und Winkel wettmachen könnte, um damit etwas flexibler in der Steuerung und Handhabung des MCUs zu werden. Vor allem beim Absetzvorgang des Container auf den Corner Fittings bzw. am Boden würde eine flexible Konstruktion die Bedienung erleichtern.

5.3.2. Quertraverse als Aufnehmer des Containers

Während der Überlegungen zum genauen Konzept, wie denn der Container am besten mit dem Hubsystem aufgenommen werden soll, hat sich ein System als besonders vorteilhaft herauskristallisiert. Mit Hilfe einer Quertraverse, die die beiden Hubzylinder einer Seite verbindet, soll der Container aufgenommen werden.

Der Sinn hinter dem Traversensystem liegt darin, dass dadurch eine erhöhte Stabilität für das Hubsystem gegeben wäre und diese Quertraverse desweiteren auch für alle Hubsystemkonzepte (siehe Kap.4) verwendet werden könnte. Somit könnte dieses Modul als eigentliche Schnittstelle zwischen Container und Hubsystem fungieren. Außerdem könnte dieser Bauteil auch alle α -Winkelunterschiede ausgleichen, in dem die Traverse mit einem Bolzen in der Mitte mit einem fixen Teil am Hubsystem verbunden wäre. Dieser Bolzen könnte mit einem entsprechenden Mechanismus praktisch als Drehachse fungieren. Damit könnte der Schwerpunkt des Containers jederzeit in der Mitte gehalten werden, um eine asymmetrische Lastaufteilung in yz-Ebene auf die Hubzylinder zu verhindern. Außerdem wäre diese Winkeländerung eventuell nötig, um den Container exakt und sicher absetzen zu können. Denn beim Absetzvorgang müssen die Ecken nacheinander in sicherer Weise abgesetzt werden um Verspannungen in den Bauteilen zu vermeiden. Dafür wäre eine drehbare Traverse ein ungemeiner Vorteil.

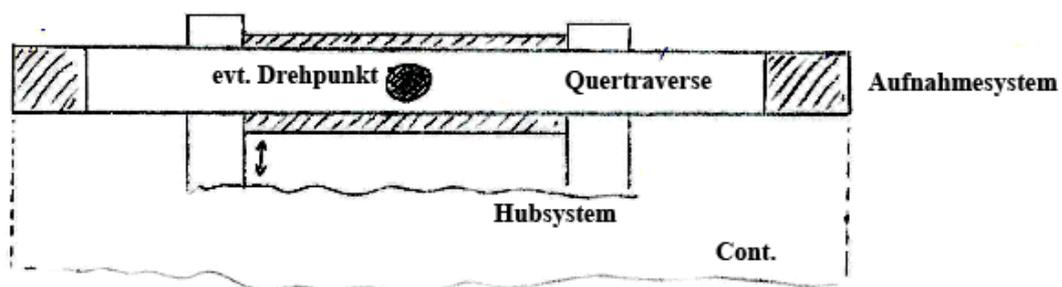


Abbildung 5.3.1.: Konzept der Quertraverse als Schnittstelle zwischen Hubsystem und Container

In weiterer Folge werden aber auch einige Systeme gezeigt, die auf eine drehbare Traverse verzichten. Bei den Hauptträger-Konzepten (siehe Kapitel 5.4.1, 5.4.2 und 5.5.1) könnte hier auf einen Lastenausgleich zurückgegriffen werden, wie er bei Spreadern zum Einsatz kommt,

um asymmetrische Lastverhältnisse auszugleichen. Dabei wird eine bewegliche Masse auf dem Hauptträger angebracht, die in y-Richtung verschiebbar gelagert wird. Somit kann diese sogenannte Ausgleichsmasse eventuale außermittige Schwerpunkte des Containers ausgleichen und sorgt für eine gleichmäßige Belastung der Hubzylinder. Dies gilt natürlich nur für die Verhältnisse in der yz-Ebene. Um einen Lastenausgleich in der xz-Ebene durchführen zu können, d.h. das Hubsystem vorne soll die selben Belastungen erhalten wie das Hubsystem an der Hinterseite des LKWs, bedarf es schwierigerer Ausgleichskonstruktionen, die hier aber vorerst nicht beschrieben werden sollen.

5.3.3. Aufnahme des Containers mit Ketten oder Seile

Verwendet man Ketten oder Seile zur Manipulation des Containers, ergeben sich einige essentielle Vorteile für den Entwurf und auch für den späteren Anwender. Wenn das zuvor erwähnte Quertraversenkonzept verwendet wird, können z.B. von den beiden Enden dieses Querträgers jeweils Ketten als Aufhängemedium des Containers verwendet werden. Und zwar werden die Ketten je nach Konzept entweder an den unteren oder oberen Corner Castings angebracht und sorgen somit für eine Verbindung zwischen Traverse und Container (siehe Abb. 5.3.2).

Der entscheidende Vorteil bei Verwendung durch Ketten liegt darin, dass beim Absetzen des Containers nicht mehr darauf geachtet werden muss, dass die Ecken der Reihe nach aufgesetzt werden sollen, sondern dass die Flexibilität der Ketten dafür sorgt, dass der Container sich selbst überlassen werden kann. Dabei kann es beim Absetzen nicht zu Verspannungen zwischen den einzelnen Baugruppen kommen, da die Ketten einfach locker werden können. Würden keine Ketten oder Seile verwendet werden, müsste der Absetzvorgang geordnet von einer Ecke zur anderen mit entsprechenden Winkeländerungen ablaufen.

Somit könnte vom Prinzip her auch auf den Drehbolzen der Quertraverse verzichtet werden, wenn man den Umstand ausser Acht lässt, dass es zu verschiedenen Belastungen der Hubzylinder bei asymmetrischer Beladung kommen darf.

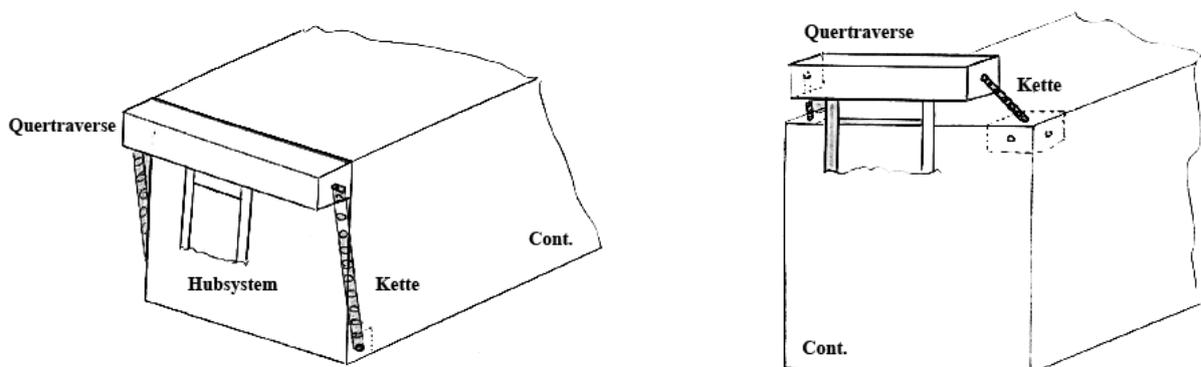


Abbildung 5.3.2.: Beispielkonzepte für die Kettenaufhängung

5.4. Konzepte mit Twist-Lock-Aufnahme

In den anschließenden Unterkapiteln sollen nun die verschiedenen Konzepte vorgestellt werden, wie der Container mit dem übrigen System interagieren soll. Begonnen wird mit einer kleinen Übersicht der Systeme mit Twist-Lock-Aufnahme und deren wichtigsten Merkmale (siehe Tabelle 5.1).

| Konzept - Variante | T01 | T02 | T03 | T04 | T05 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hauptträger über Container | x | x | | | |
| Fixe Einspannung des Hubsystems | | | | | x |
| Drehbare Lagerung des Hubsystems | x | x | x | x | |
| Lasteinleitung in obere Corner Castings | x | x | x | x | x |
| Lasteinleitung in untere Corner Castings | | | | | |
| Pufferanschlag | | | x | | |
| Bolzensicherung | | | | | |
| Verwendung Ketten | | | | | |
| Verwendung Twist-Locks | x | x | x | x | x |

Tabelle 5.1.: Übersicht Konzepte mit Twist-Lock-Aufnahme

5.4.1. T01 Portalsystem mit Hauptträger

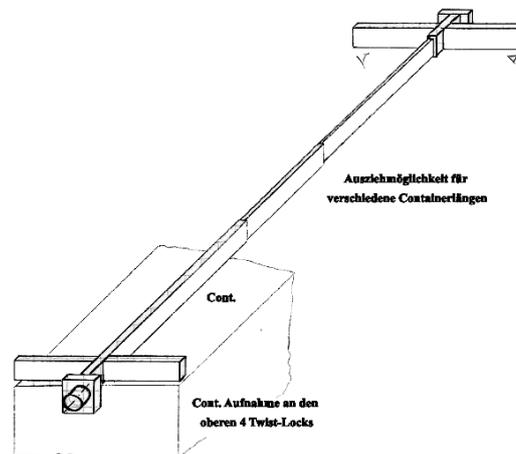


Abbildung 5.4.1.: Konzept T01 - Portalsystem mit Hauptträger

Dieses Konzept ist sehr stark angelehnt an bereits bekannte Spreader-Systeme, wie man sie aus Schiffshäfen kennt. Dabei werden die beiden Hubsysteme durch einen Portalträger miteinander verbunden, um die auftretenden Druckkräfte in x-Richtung aufnehmen zu können und den Container dadurch nicht zu belasten. Das Portal nimmt dabei den Container an den oberen Eckbeschlägen auf und leitet dabei die Kräfte exakt senkrecht ein. Der Träger wird teleskopartig ausziehbar gestaltet, um verschiedene Containergrößen aufnehmen

zu können. Dabei könnte auf jeden Fall viel Know-How von Spreader-Herstellern bezogen werden. Durch die senkrechte Aufnahme des Containers würden die Torsionskräfte, die auf den Auszug wirken minimal sein, was die Auszugsdimensionierung erheblich erleichtern würde. Möglich wäre durch dieses Konzept auch ein Winkel- bzw. Symmetrieausgleich um den α -Winkel durch geeignete Konstruktionen (siehe Vor- und Nachteile). Als weiteren Vorteil könnte man sehen, dass die unteren Corner Castings überhaupt nicht angegriffen werden müssen. Der große und wahrscheinlich auch entscheidende Nachteil liegt darin, dass mit diesem System keine HighCube-Container im Straßenverkehr transportiert werden können, da durch den Hauptträger die zugelassene Höhe von 4000 mm weit überschritten wird.

Vorteile

- Belastung der oberen Eckbeschläge nur in lotrechter Richtung
- ein Großteil der Kräfte in x-Richtung wird vom Hauptträger aufgenommen
- nur sehr geringe Torsionsmomente werden auf das Auszugssystem übertragen
- praktisch keine horizontale Krafteinleitung in das Hubsystem
- geringe Biegemomente innerhalb des Hubsystems
- kein Lastangriff an den unteren Corner Castings
- ähnliches System wie bei Spreadern - evt. Know-How-Verwendung möglich
- mit drehbarer Traverse auch α -Winkel-Ausgleich möglich
- optimale Lastaufteilung durch Symmetrieausgleich möglich (in y-z-Ebene)
- weniger Gewicht als Konzept T02 (Rahmenträger) nötig

Nachteile

- Hauptträger nötig; verursacht zusätzliches Gewicht gegenüber anderen Konzepten
- HighCube-Container können nicht im Straßenverkehr transportiert werden (<4000mm)
- Ausschubsystem des Hauptträgers nötig um verschiedene Containerlängen manipulieren zu können
- innerhalb des Ausschubsystems muss ein Verriegelungsmechanismus eingebaut sein, um die x-Kräfte aufnehmen zu können

5.4.2. T02 Portalsystem mit Rahmenträger

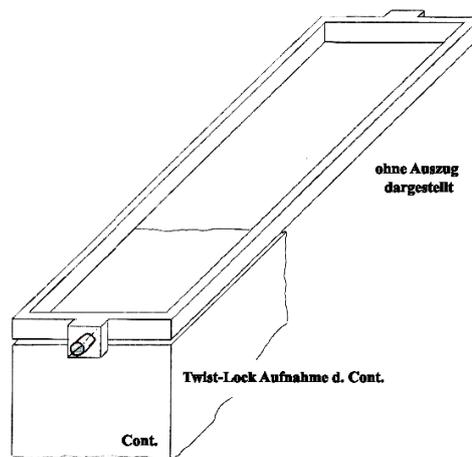


Abbildung 5.4.2.: Konzept T02 - Portalsystem mit Rahmenträger

Dieses Konzept arbeitet vom Prinzip her nach der selben Weise wie das zuvor vorgestellte (T01). Statt einem einzigen Hauptträger wird ein Rahmensystem verwendet, auf dem auch die Twist-Locks, die den Container aufnehmen sollen, sitzen. Ansonsten hat dieses Konzept die selben Vorteile. Ein Nachteil ist natürlich das höhere Gewicht und der kompliziertere Aufbau aufgrund des Rahmensystems.

Vorteile

- Belastung der oberen Eckbeschläge nur in lotrechter Richtung
- ein Großteil der in x-Richtung werden vom Rahmenträger aufgenommen
- nur sehr geringe Torsionsmomente werden auf das Auszugssystem übertragen
- praktisch keine horizontale Krafteinleitung in das Hubsystem
- geringe Biegekräfte innerhalb des Hubsystems
- kein Lastangriff an den unteren Corner Castings
- ähnliches System wie bei Spreadern - evt. Know-How-Verwendung möglich
- mit drehbarer Traverse auch α -Winkel-Ausgleich möglich
- optimale Lastaufteilung durch Symmetrieausgleich möglich (in y-z-Ebene)

Nachteile

- Hauptträger nötig; verursacht zusätzliches Gewicht gegenüber allen anderen Konzepten
- HighCube-Container können nicht im Straßenverkehr transportiert werden ($<4000\text{mm}$)
- kompliziertes Ausschubsystem des Hauptträgers nötig um verschiedene Containerlängen manipulieren zu können
- innerhalb des Ausschubsystems muss ein Verriegelungsmechanismus eingebaut sein um die x-Kräfte aufnehmen zu können

5.4.3. T03 Twist-Lock-System mit verlängerten Pufferanschlagen

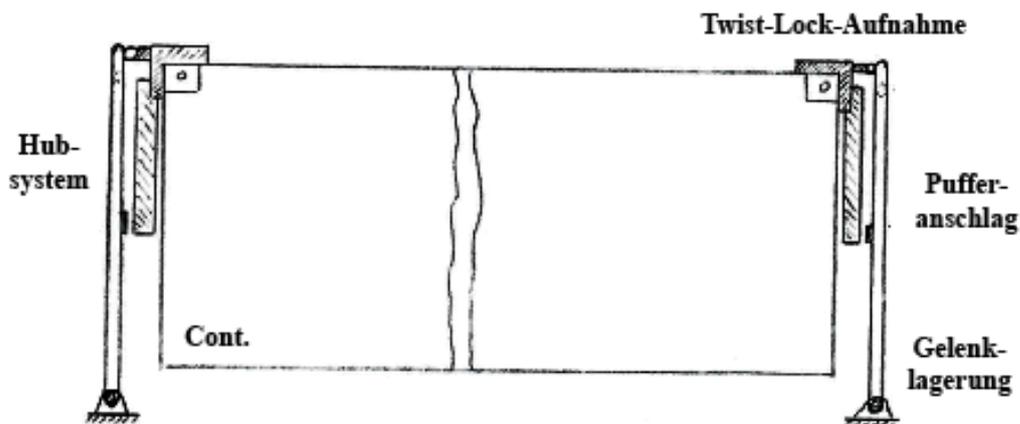


Abbildung 5.4.3.: Konzept T03 - TL-System mit verlängerten Pufferanschlagen

Dieses Konzept arbeitet mit jeweils zwei Hubsäulen, die durch die Quertraverse verbunden sind, und einer Twist-Lock-Aufnahme mit Pufferanschlagen. Die Puffer sind dabei so gewählt, dass sie mit einem Abstand zu den oberen Twist-Lock-Aufnahmen am Hubsystem anschlagen. Es muss aber genau überprüft werden, ob die zulässigen Kräfte auf die oberen Eckbeschläge nicht überschritten werden. Ein weiterer Nachteil ist, dass durch die Pufferanschlagen das System weit breiter gebaut werden muss. Sonstige Vor- und Nachteile werden anschließend angeführt.

Vorteile

- kein Portalsystem nötig
- ein Großteil der Kräfte in x-Richtung werden in den Container eingeleitet

- nur sehr geringe Torsionsmomente werden auf das Auszugssystem übertragen
- geringe Biegekräfte innerhalb des Hubsystems
- keine Belastung der unteren Corner Castings
- drehbares Quertraversen-System möglich
- Twist-Lock-System einsetzbar

Nachteile

- grenzwertige, möglicherweise auch unzulässige Belastung der oberen Corner Castings
- breitere Bauweise des Systems notwendig (Puffer muss untergebracht werden)
- komplexes Konzept
- Hubsystem muss mit geladenem Container im Straßenverkehr geneigt werden, um die 4000 mm Maximalhöhe einzuhalten (siehe auch Kap. 5.5.2)

5.4.4. T04 Bewegliches Hubsystem mit Twist-Lock-Aufnahme ohne Pufferanschlägen

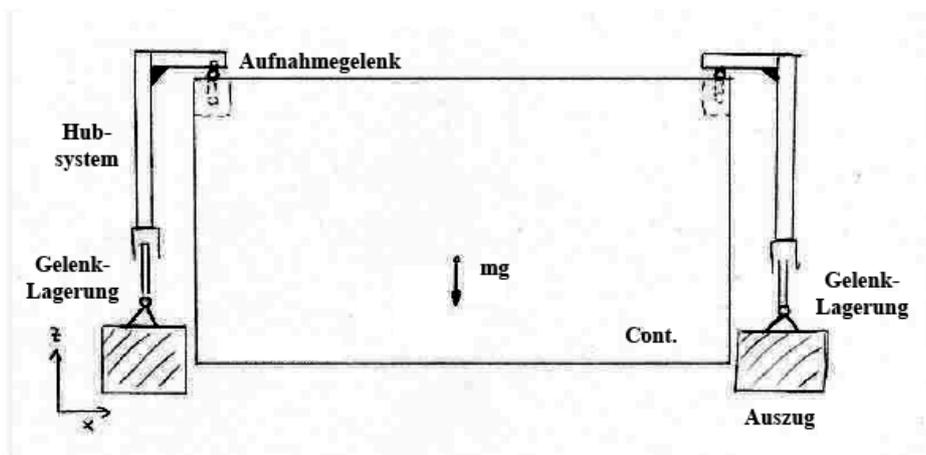


Abbildung 5.4.4.: Konzept T04 - Aufhängung mittels Gelenken

Dieses Konzept funktioniert vom Prinzip genauso wie das T03-System lediglich wird auf die Pufferanschläge verzichtet. Bei dieser Variante werden die x-Kräfte auch in den Container eingeleitet. Jedoch könnte dieses System ziemlich instabil gegenüber äußeren Einflüssen reagieren. Außerdem könnten die eingeleiteten Kräfte in die oberen Eckbeschläge nicht zulässig sein. Ein weiteres Problem schafft der Umstand, dass die Quertraverse über dem Container

positioniert ist (wie bei Konzept T03) und darum das Hubsystem bei der Fahrt mit Container im Straßenverkehr zurückklappbar sein muss.

Vorteile

- kein Portalsystem nötig
- ein Großteil der Kräfte in x-Richtung werden in den Container eingeleitet
- nur sehr geringe Torsionsmomente werden auf das Auszugssystem übertragen
- geringe Biegekräfte innerhalb des Hubsystems
- untere Corner Castings werden nicht belastet
- drehbares Quertraversensystem einsetzbar

Nachteile

- Hubsystem muss mit geladenem Container im Straßenverkehr geneigt werden, um die 4000 mm Maximalhöhe einzuhalten (siehe auch Kap. 5.5.2)
- grenzwertige, möglicherweise auch unzulässige Belastung der oberen Corner Castings
- spezieller Gelenkaufnahmemechanismus an den oberen Corner Castings
- System ist möglicherweise relativ instabil und anfällig gegenüber Störeinflüssen

5.4.5. T05 Fixiertes Hubsystem mit gefederter Twist-Lock-Aufnahme

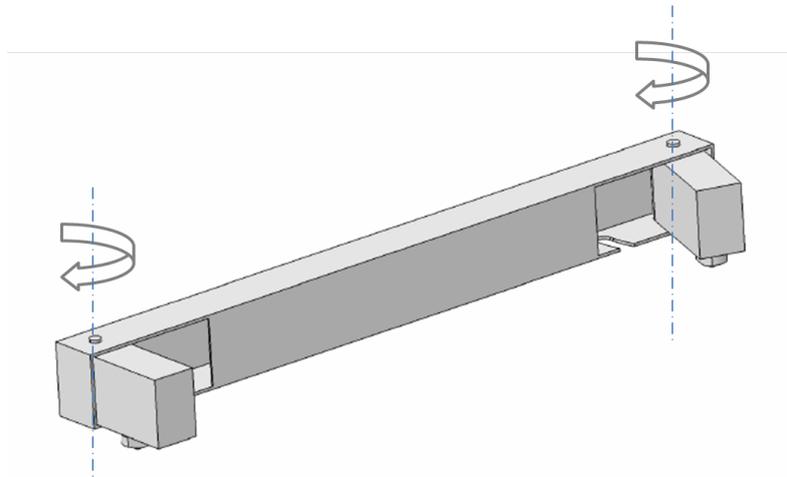


Abbildung 5.4.5.: Konzept T05 - Quertraverse mit Twist-Lock-Aufnahme

Diese Konzeptlösung verwendet eine fixe Einspannung des Hubsystems am Auszug. In der Quertraverse befindet sich, wie in Abbildung 5.4.5 zu sehen ist, ein ausklappbares Twist-Lock-Aufnahmesystem. Nach Ausklappen des Twist-Lock-Trägers kann der Container aufgenommen werden. Innerhalb des Twist-Lock-Trägers ist ein horizontales Federsystem eingebaut, um die Twist-Lock-Aufnahme in x-Richtung verschiebbar zu machen. Das wäre hinsichtlich der Begrenzung der horizontalen Kräfte auf den Container und auch auf das Hubsystem sinnvoll, da man mit Hilfe eines geeigneten Federsystems diese Kräfte entsprechend begrenzen könnte. Ein schematisches Modell ist in Abbildung 5.4.6 dargestellt.

Anstatt des Federsystems wäre auch eine steuerbare Hydraulikzylindereinheit denkbar, die den Twist-Lock in x-Richtung bewusst verschieben könnte und somit die horizontalen Kräfte genau gesteuert werden können. Auch würde damit die Aunahme des Containers erleichtert werden, wenn die Twist-Locks in x-Richtung beweglich wären.

Aufgrund der Ausnehmungen für den Klappmechanismus muss die Traverse hinsichtlich Biegung und auftretender Torsion entsprechend dimensioniert werden. Der Drehmechanismus für das Ausklappen könnte über einen auf der Traverse sitzenden Motor gesteuert werden, um Platz für das Federführungssystem innerhalb der Traverse bzw. des Twist-Lock-Trägers zu schaffen.

Das Twist-Lock-System selber kann eine ganz gewöhnliche Standardaufnahme sein, wie sie eigentlich auch bei Spreadern oder ähnlichen Kransystemen zum Einsatz kommt. Einzig die Befestigung dieser Standardaufnahme am Twist-Lock-Träger bzw. die Verbindung mit dem zuvor erwähnten Federsystem muss genau entworfen werden. Der große Vorteil dieses Systems liegt darin, dass es aufgrund der Verwendung der Twist-Locks automatisierbar ist und die horizontalen Kräfte begrenzt werden können.

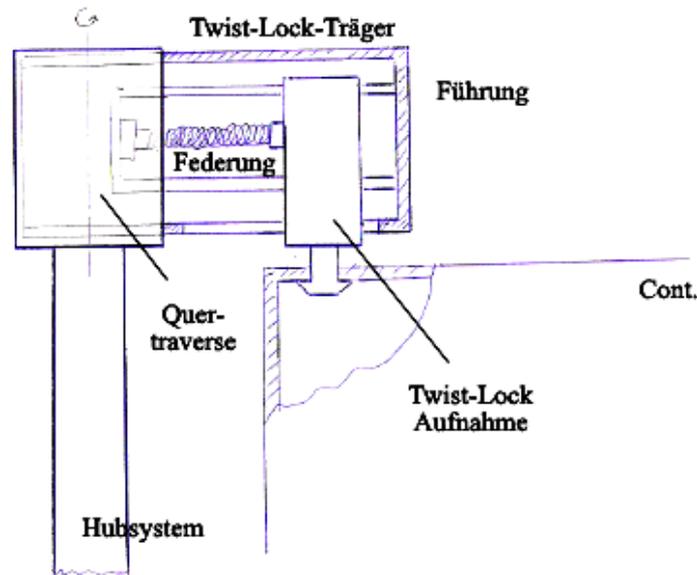


Abbildung 5.4.6.: Konzept T05 - Verschiebbare TwistLocks

Ein großer Nachteil gegenüber den Kettenlösungen besteht in diesem System, dass es beim Absetzen des Containers zu Verspannungen in den Bauteilen kommen wird. Normalerweise sollten die einzelnen Ecken der Reihe nach mit entsprechenden Mechanismen abgesetzt werden. Dies ist hier aufgrund der Anordnung der einzelnen Bauelemente nur schwer möglich. Eine Idee wäre, dass die Twist-Locks selber mit einer Kompensationsfeder in z-Richtung ausgestattet sind, die bei Absetzen des Containers wieder entspannt wird und somit die Ecken des Containers sich jeweils individuell an das gegebene Umfeld anpassen können. Um die Twist-Lock-Zapfen nach dem Absetzvorgang für den Drehvorgang lastfrei zu machen, werden zusätzliche hydraulische Elemente benötigt, die die Federn schließlich komplett entlasten. In Abbildung 5.4.7 wäre ein beispielhaftes System mit einem Tellerfedernpaket dargestellt.

Natürlich wäre auch denkbar, dass die Nachgiebigkeit des Gesamtsystems (Auslenkungen bzw. Verdrehungen der einzelnen Baugruppen) diesen Ausgleich aufnehmen könnte und man bewusst gewisse Spannungen im System in Kauf nimmt. Eine genaue Nachrechnung der Bauteile wäre dafür unbedingt erforderlich.

Alles in allem muss beim Entwurf auf jeden Fall der Aspekt des richtigen Absetzvorgangs genauestens beachtet werden und die Komponenten entsprechend dazu entworfen werden.

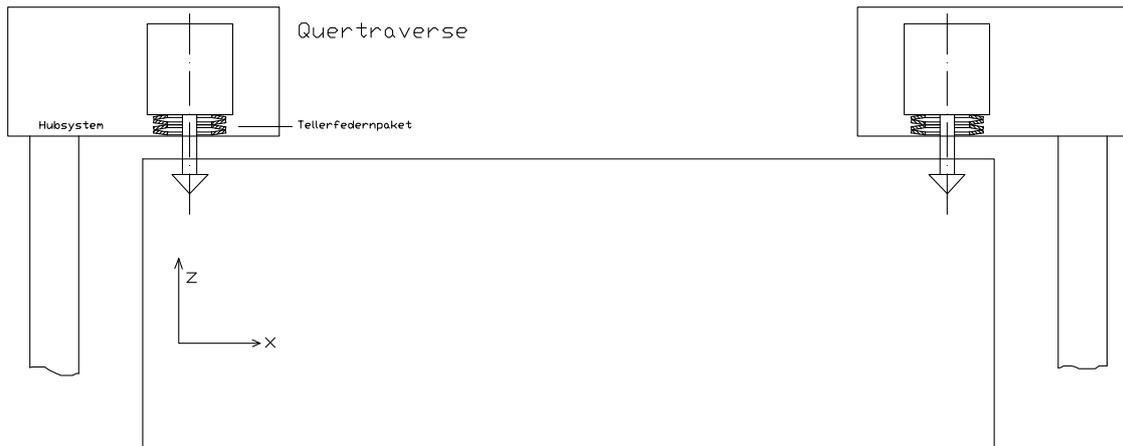


Abbildung 5.4.7.: Konzept T05 - Tellerfedernpaket

Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile zusammenfassend angeführt:

Vorteile

- kein Portalsystem nötig
- mit entsprechender Sensorik vollständig automatisierbar
- Begrenzung der horizontalen Kräfte auf die Eckbeschläge möglich
- untere Corner Castings werden nicht belastet

Nachteile

- komplizierter Aufbau (im Vergleich zu Kettenlösungen)
- Steuerung und Sensorik für Twist-Lock-System nötig
- Drehmechanismus zum Ausklappen der Twist-Lock-Träger nötig
- Ausgleichsfederung der Twist-Locks zum flexiblen Absetzen des Containers notwendig
- Durch außermittige Lasteinleitung entstehen hohe auf die Quertraverse wirkende Torsionsmomente
- höhere Belastung der Auszüge (Torsion)

5.5. Konzepte mit Kettenaufnahme

In diesem Kapitel werden die entwickelten Konzepte, die mit einer Kettenaufnahme arbeiten, vorgestellt. Zuerst soll erneut eine kleine Übersicht der zur Auswahl stehenden System mit Kettenaufnahme betrachtet werden (siehe Tabelle 5.2).

| | K01 | K02 | K03 | K04 | K05 | K06 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hauptträger über Container | x | | | | | |
| Fixe Einspannung des Hubsystems | | | | x/o | x | x |
| Drehbare Lagerung des Hubsystems | x | x | x | x/o | | |
| Lasteinleitung in obere Corner Castings | | x | x | x | | x |
| Lasteinleitung in untere Corner Castings | x | x | x | x | x | x |
| Pufferanschlag | | | x | x | | x |
| Bolzensicherung | | x | | | | |
| Verwendung Ketten | x | x | x | x | x | x |
| Verwendung Twist-Locks | | | | | | |

Tabelle 5.2.: Übersicht der Konzepte mit Kettenaufnahme

5.5.1. K01 Portalsystem mit Kettenaufnahme

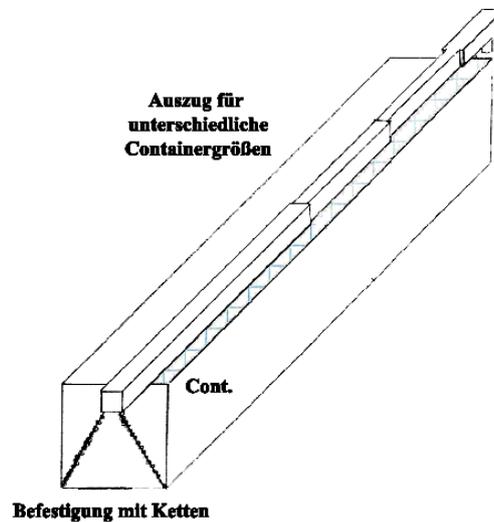


Abbildung 5.5.1.: Konzept K01 - Portalsystem mit Kettenaufhängung

Dieses Konzept arbeitet erneut mit einem Portalträger, wobei hier jedoch der Container an den unteren Corner Castings mit Hilfe von Ketten aufgenommen wird. Durch dieses System ergeben sich einige Vor- bzw. Nachteile die nun nachstehend in Kürze erläutert werden.

Vorteile

- keine Belastung der oberen Corner Castings
- ein Großteil der Kräfte in x-Richtung werden vom Rahmenträger aufgenommen
- nur sehr geringe Torsionsmomente werden auf das Auszugssystem übertragen
- geringe Biegemomente innerhalb des Hubsystems
- Lastangriff nur an den unteren Corner Castings
- Flexibilität beim Absetzen des Container durch die Kettenaufhängung
- Traverse nicht unbedingt nötig

Nachteile

- Hauptträger nötig; verursacht zusätzliches Gewicht gegenüber allen anderen Konzepten
- HighCube-Container können nicht im Straßenverkehr transportiert werden (<4000 mm)
- kompliziertes Ausschubsystem des Hauptträgers nötig um verschiedene Containerlängen manipulieren zu können
- innerhalb des Ausschubsystems muss ein Verriegelungsmechanismus eingebaut sein, um die x-Kräfte aufnehmen zu können
- Eventuelles Auftreten von Schwingungen durch die Kettenaufhängung in x- und y-Richtung

5.5.2. K02 Kettenaufnahme mit Bolzensicherung

Dieses Konzept sieht vor, dass der Container durch Ketten aufgenommen werden kann und die x-Kräfte mit Hilfe einer Bolzensicherung in den Container eingeleitet werden. Dadurch werden die Biegemomente innerhalb des Hubsystems und die Torsionskräfte im Auszug minimiert. Der größte Nachteil an diesem Konzept liegt darin, dass die Quertraverse vom Niveau her über den oberen Corner Castings liegen muss. D.h. für Transporte im Straßenverkehr muss das Hubsystem nach hinten klappbar sein, um die Traverse unter die zugelassene Höhe von 4000 mm zu positionieren (siehe Abb. 5.5.2). Des Weiteren muss erneut geprüft werden, ob die zulässigen Kräfte auf die oberen Eckbeschläge nicht überschritten werden. Anschließend werden die Vor- und Nachteile zusammengefasst.

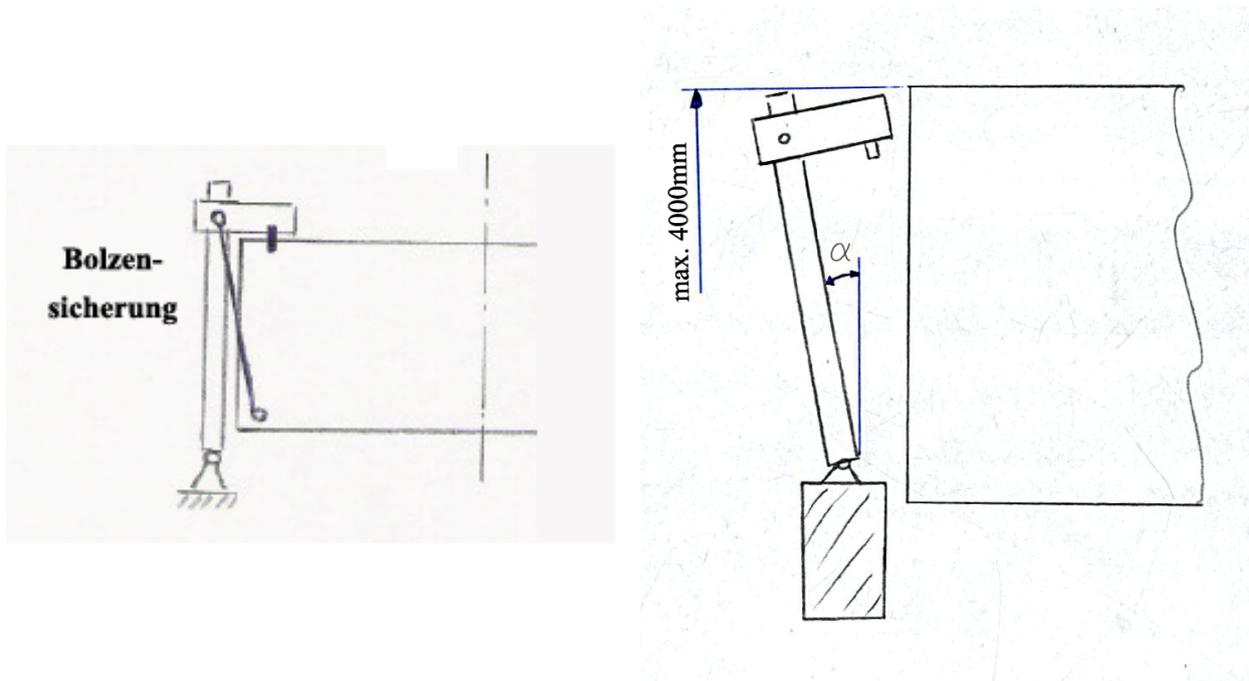


Abbildung 5.5.2.: Konzept K02 - a) Kettenaufhängung mit Bolzensicherung oben; b) Zurückklappen des Hubsystems

Vorteile

- kein Portalsystem nötig
- ein Großteil der Kräfte in x-Richtung werden in den Container eingeleitet
- nur sehr geringe Torsionsmomente werden auf das Auszugssystem übertragen
- geringe Biegekräfte innerhalb des Hubsystems
- Flexibilität beim Absetzen des Container durch die Kettenaufhängung
- drehbare Traverse nicht unbedingt nötig

Nachteile

- evt. grenzwertige, möglicherweise auch unzulässige Belastung der oberen Corner Castings
- Bolzenmechanismus für obere Corner Castings notwendig
- Hubsystem muss mit geladenem Container im Straßenverkehr geneigt werden, um die 4000 mm Maximalhöhe einzuhalten

5.5.3. K03 Kettenaufnahme mit Pufferanschlügen und drehbarem Hubsystem

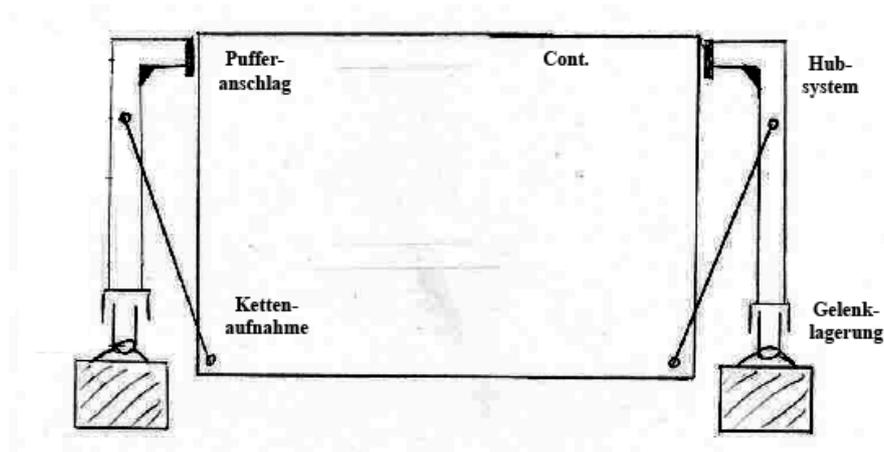


Abbildung 5.5.3.: Konzept K03 - Kettenaufhängung mit Puffersicherung

Dieses System funktioniert ähnlich wie das Konzept K02, nur dass anstatt der Bolzensicherung auf eine Pufferanschlagssicherung zurückgegriffen wird. Ein Vorteil liegt darin, dass die Quertraverse nicht über den oberen Eckbeschläge liegen braucht, wodurch das Hubsystem nicht klappbar sein muss. Wie auch beim Konzept K02 werden die x-Kräfte vollständig in den Container geleitet, was eventuell zu einer Überbelastung der oberen Eckbeschläge führen könnte. Alle Vor- und Nachteile werden nun nochmals zusammengefasst.

Vorteile

- kein Portalsystem nötig
- ein Großteil der Kräfte in x-Richtung werden in den Container eingeleitet
- nur sehr geringe Torsionsmomente werden auf das Auszugssystem übertragen
- geringe Biegekräfte innerhalb des Hubsystems
- Flexibilität beim Absetzen des Containers durch die Kettenaufhängung
- drehbare Traverse nicht unbedingt nötig
- Pufferanschlüge gegenüber K02 einfach realisierbar

Nachteile

- grenzwertige, möglicherweise auch unzulässige Belastung der oberen Corner Castings

5.5.4. K04 Kettenaufnahme mit Pufferanschlägen und einseitig fixierten Hubsystem

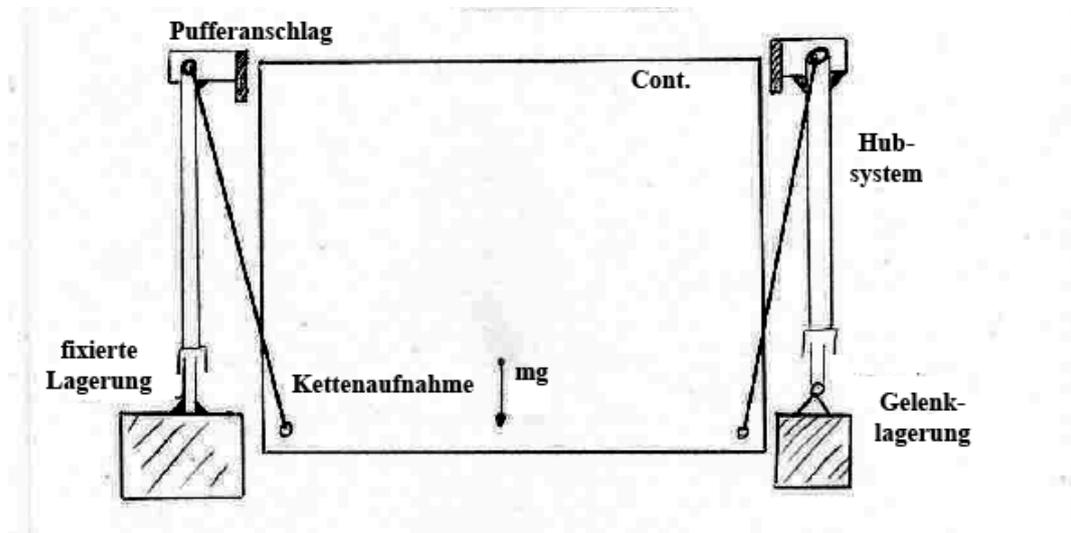


Abbildung 5.5.4.: Konzept K04 - Kettenaufhängung mit einem fixierten Hubmasten

Dieses System baut auf dem K03-Konzept auf, jedoch wird auf der einen Seite ein auf dem Auszug fixierter Hubmast verwendet. Dies soll einen Teil der zuvor in den Container eingeleiteten x-Kräfte in den Hubmasten bzw. den Auszug einleiten. Dies bedeutet auch eine aufwendigere Dimensionierung des Auszuges. Unter Umständen könnte damit erreicht werden, dass man dadurch leichter zulässige Axialkräfte auf die Eckbeschläge erhält. Ansonsten ist dieses Konzept genauso aufgebaut wie das System K03. Die einzelnen Vor- und Nachteile werden nachfolgend angeführt.

Vorteile

- kein Portalsystem nötig
- Pufferanschläge bedeuten keinen großen Konstruktionsaufwand
- Flexibilität beim Absetzen des Container durch die Kettenaufhängung
- drehbare Traverse nicht unbedingt nötig
- einfachere Auslegung eines Auszuges (Gelenklagerung) möglich
- grundsätzlich einfach zu realisierendes System

Nachteile

- aufwendigere Dimensionierung des anderen Auszuges (Fixierte Lagerung) nötig

- Belastung der oberen Corner Castings (Zulässigkeit prüfen)
- Biegemomente im Hubsystem

5.5.5. K05 Kettenaufnahme ohne Pufferanschläge

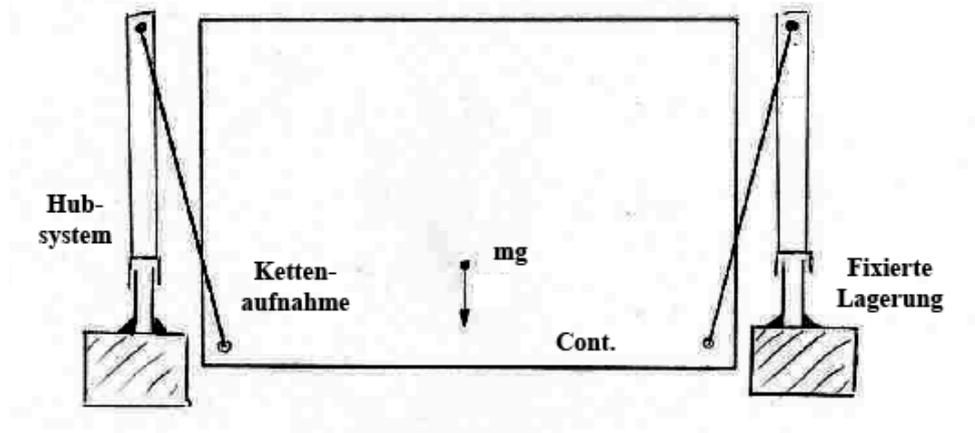


Abbildung 5.5.5.: Konzept K05 - Kettenaufhängung mit zwei fixierten Hubmasten ohne Puffer

Dieses Konzept basiert auf dem K04-System, verzichtet jedoch gänzlich auf Puffer und gelenkige Hubmasten. Beide Seiten der Hubsysteme sind komplett fixiert mit den Auszügen und sollen alle x-Kräfte selbstständig aufnehmen, ohne jegliche Belastungen in Längsrichtung in den Container einzuleiten. Das führt zu hohen erforderlichen Torsionssteifigkeiten und ebenso zu hohen Biegemomenten innerhalb des Hubsystems. Außerdem muss die maximal mögliche Auslenkung der Quertraverse unter Last beachtet werden, damit sie nicht mit dem Container kollidiert. Der größte Vorteil liegt im wenig komplexen System, da gänzlich auf Pufferanschläge, drehbare Traverse, gelenkige Lagerung, etc. verzichtet werden kann. Eine Auflistung der Vor- und Nachteile folgt.

Vorteile

- kein Portalsystem nötig
- keine Pufferanschläge
- Flexibilität beim Absetzen des Containers durch die Kettenaufhängung
- drehbare Traverse nicht unbedingt nötig
- wenig komplexes System
- keine Belastung der oberen Corner Castings

Nachteile

- sehr hohe Belastung der Auszüge (Torsionssteifigkeit)
- Durchbiegung darf im Hubsystem nur begrenzt auftreten
- hohe Biegemomente im Hubsystem

5.5.6. K06 Kettenaufnahme mit Pufferfedern und beidseitig fixierten Hubsystem

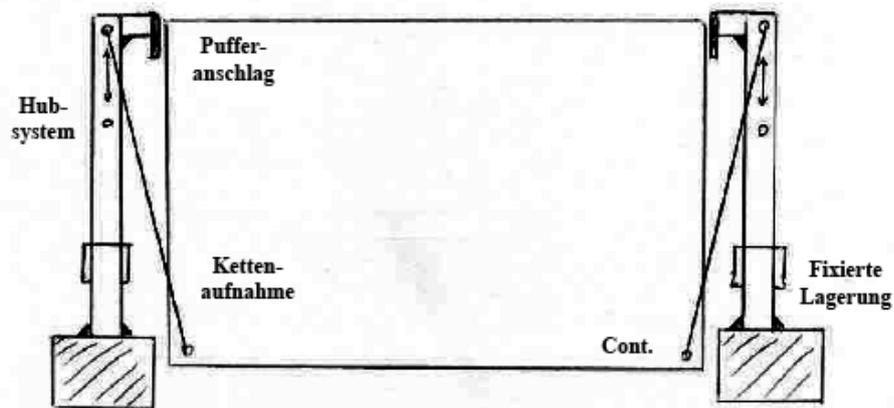


Abbildung 5.5.6.: Konzept K06 - Kettenaufhängung mit zwei fixierten Hubmasten und Pufferanschlüssen

Dieses System vereint die Vorteile von K03 und K05, indem alle Hubmasten fixiert am Auszug verwendet werden und trotzdem Pufferanschlüsse vorhanden sind, die einen Teil der Kräfte in Längsrichtung in den Container einleiten. Denkbar wäre natürlich auch ein ähnliches Federpuffersystem wie es beim Twist-Lock-System (T05 - Kap.5.4.5) Anwendung findet, um die horizontalen Kräfte begrenzen bzw. teilweise steuern zu können. Dazu könnten außen an der Quertraverse in Richtung Container Pufferfedern angebracht werden, die bei höheren Belastungen die horizontalen Kräfte in die oberen Corner Castings einleiten. Alle Vor- und Nachteile zu diesem System werden anschließend angeführt.

Vorteile

- kein Portalsystem nötig
- Pufferanschlüsse bedeuten keinen großen Konstruktionsaufwand
- Flexibilität beim Absetzen des Container durch die Kettenaufhängung
- drehbare Traverse nicht unbedingt nötig

- grundsätzlich eher einfach zu realisierendes System
- etwas verringerte Belastung der Auszüge gegenüber dem Konzept K05

Nachteile

- hohe Belastung der Auszüge (Torsionssteifigkeit)
- Belastung der oberen Corner Castings (Zulässigkeit prüfen)
- Biegemomente im Hubsystem

5.6. Bewertung und Auswahl konkreter Konzepte

Bei der Auswahl konkreter Konzepte für die Schnittstellen wurde für beide Gruppen der Aufnahme (Kette, Twist-Lock) ein zu favorisierendes Konzept ausgewählt. Vorgegangen wurde erneut nach der wie schon in Kapitel 4.4 verwendeten Bewertung der einzelnen Systeme. Es zeigte sich, dass sich ganz klar jeweils ein Konzept herauskristallisierte.

Die Lösungen K06 und T05 sind die beiden Schnittstellenkonzepte, die zu favorisieren sind und zwischen diesen beiden gilt es nun eine Entscheidung zu treffen. Um eine geeignete Auswahl zwischen diesen beiden objektiv treffen zu können, müssen die gewünschten Anforderungen seitens der Firma HET genauer betrachtet werden.

Das Konzept mit der Kettenlösung besticht durch eine relativ einfache Konstruktion und größere Zuverlässigkeit. Die Lösung mit den Twist-Locks hingegen kann damit punkten, dass es mit geeigneter Sensorik auch automatisiert ablaufen kann. Eine Gegenüberstellung der wichtigsten Vor- und Nachteile dieser beiden erwähnten Konzeptlösungen folgt in Tabelle 5.3.

Im Prinzip stellt sich folgende Frage: Soll das System auf Kosten von Einfachheit und Zuverlässigkeit komplett automatisierbar sein?

Somit läuft alles darauf hinaus, welche Punkte mehr Priorität besitzen:

- einfache Konstruktion, unkomplizierter Aufbau, wenig Fehleranfälligkeit, kostengünstig
- automatisierbar, jeder Arbeitsschritt des MCUs ist von einer Bedienkonsole aus steuerbar

Als Favorit der Projektgruppe an der TU Wien gilt das Konzept mit der Kettenlösung. Es wurden Besprechungen mit der Firma HET diesbezüglich durchgeführt, wo zu Beginn beschlossen wurde, dass dieses Konzept auch weiterverfolgt werden sollte. Somit wurden

| T05 | K06 |
|--|--|
| Vorteile: | Vorteile: |
| vollständig automatisierbar | einfacher Aufbau |
| untere Eckbeschläge werden nicht belastet | Flexibilität beim Absetzen durch die Ketten |
| | keine Manipulation der oberen Eckbeschläge |
| Nachteile: | Nachteile: |
| komplizierter Aufbau | nicht automatisierbar |
| Sensorik und Steuerelemente auf Quertraverse nötig | Ein -und Aushängen der Ketten beim Stapeln schwierig |
| Lasteinleitung in Quertraverse unvorteilhaft | |

Tabelle 5.3.: Gegenüberstellung der Vor -und Nachteile der Konzepte T05 und K06

anschließend auch erste mechanische Modelle aufgestellt um die genauen Belastungen auf die einzelnen Schnittstellen herauszurechnen (mehr dazu in Kapitel 5.7.1).

In weiterer Folge des Projekts stellte sich schließlich aber immer mehr heraus, dass die Firma HET doch mehr zum Konzept der Twist-Lock-Systeme tendierte, da die Automatisierbarkeit ein wichtigeres Thema darstellt, auch im Hinblick auf Mitbewerber am Markt. Somit wurde auch zu diesem Konzept eine grobe Vordimensionierung der Bauteile durchgeführt (siehe Kapitel 5.7.2).

Unter Berücksichtigung der folgenden Machbarkeitsanalysen wurde schlussendlich in Absprache mit Fa.HET entschieden, das System T05 als Schnittstellenkonzept auszuwählen und im weiteren Projektverlauf weiter zu verwenden.

5.7. Machbarkeitsanalysen

5.7.1. K06 - Modellierung des Kettensystems

Wie bereits zuvor erwähnt, wurde das System K06 genaueren Untersuchungen unterzogen. Ziel war es nicht nur, die Belastungen auf die einzelnen Bauteile zu ermitteln sondern auch ein Berechnungsprogramm zu erstellen, in dem die Durchbiegungen und Verdrehungen der Baugruppen Containeraufnahme, Hubsystem und dem Auszugssystem berechnet werden. Dieses Kapitel beschreibt, wie dieses Berechnungsprogramm modelliert wurde und welche Ergebnisse es gebracht hat.

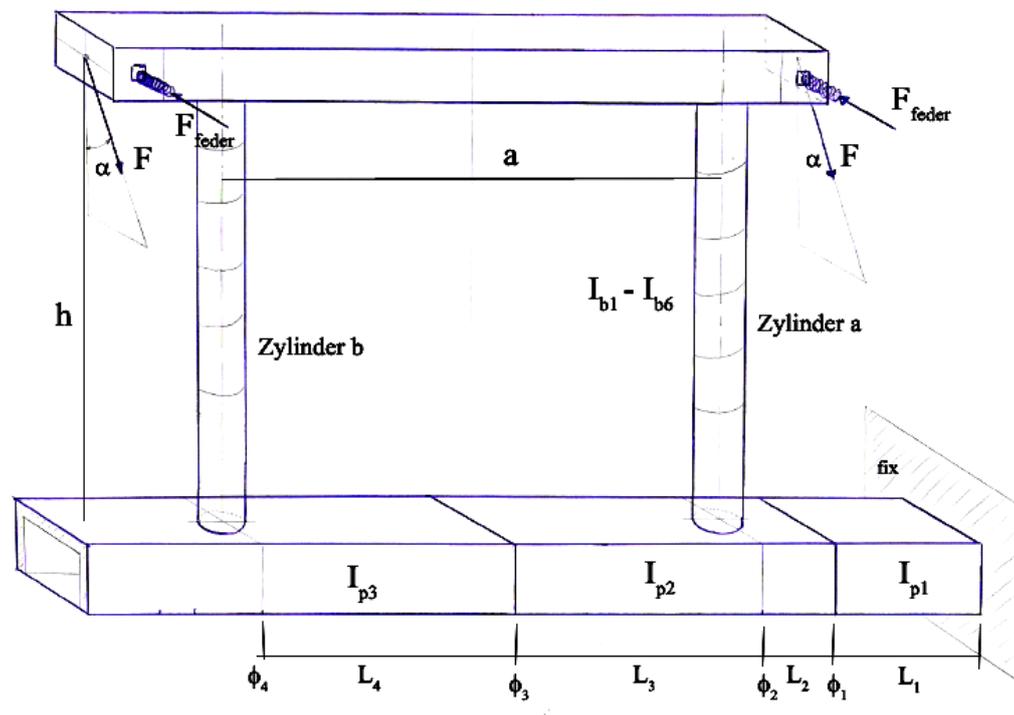


Abbildung 5.7.1.: mechanisches Modell des Konzepts K06

5.7.1.1. Mechanische Modellbildung in Matlab/Simulink für Konzept K06

Die Abbildung 5.7.1 zeigt vom Prinzip her das mechanische Modell des Gesamtsystems das zu modellieren ist. Der Auszug unten wird als Torsionsstab mit drei verschiedenen Sektionen angesehen, d.h. der Träger besitzt im ungünstigsten Fall (wenn er ganz ausgefahren bzw. heruntergeklappt ist) 3 verschiedene Abschnitte mit unterschiedlichen Widerstandsmomenten. Am einen Ende wird er als fix eingespannt gesehen und am anderen Ende als frei. D.h. für die Torsionsbeanspruchung hat der ausgefahrene Stützfuß im Modell keinen Einfluss. Eine Durchbiegung des Auszugs wird hier auch nicht berücksichtigt, soll aber in der Diplomarbeit von Hr. Lang betrachtet werden [5].

Das Hubsystem soll mit seinen beiden Zylindern jeweils fix mit dem Auszugssystem verbunden sein. Eine stabilisierende Wirkung der Quertraverse zwischen den beiden Zylindern soll vernachlässigt werden. Die Zylinder selber werden als Biegeträger angesehen, wobei es von der Geometrie so aussieht, dass die Höhe des Hubsystem variiert werden kann und das Berechnungsprogramm automatisch erkennen soll, welche Stufen dabei ausgefahren sind. Die Besonderheit an dieser Art von Teleskopzylindern (einfachwirkend) ist, dass zuerst die größte Stufe, dann die Zweitgrößte usw. nacheinander ausfahren. Beim Einfahren läuft es wieder genau umgekehrt ab - zuerst die kleinste Stufe usw.

Dieser Biegeträger (Zylinder) wird so modelliert, dass die einzelnen Stufen des Teleskopzylinders jeweils als Rohre angesehen werden und es somit zu einem Biegestab mit 6 verschiedenen Flächenträgheitsmomenten kommt. Mit Hilfe der Formeln von Mohr (Theorie 1.Ordnung)

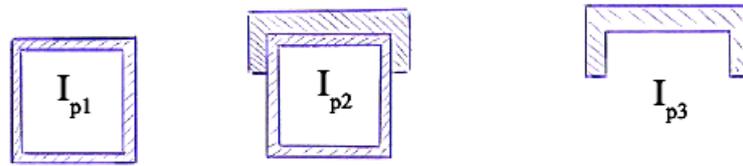


Abbildung 5.7.2.: Drei Querschnitte des Auszugs

kann diese Biegung ohne größeren Aufwand berechnet werden.

Die Lasteinleitung durch den Container über die Ketten erfolgt in einem bestimmten Winkel α . Die Traverse soll der Einfachheit halber als ideal steif angesehen. Die Verbindung zwischen den Zylindern und der Traverse soll aber als gelenkig angesehen werden, damit eine unterschiedliche Auslenkung der beiden Zylinder möglich ist.

Die Pufferfedern sind am oberen Ende des Hubsystems angebracht und werden in die Berechnung mit der Federkonstante k einfließen. Es wurde idealerweise angenommen, dass die Federn so dimensioniert sind, dass die unbelastete Federlänge L_0 genau dem Abstand zwischen Traverse und abgestelltem Container entspricht. Wird der Container vom Kettensystem aufgenommen, verwindet sich das gesamte System und die Feder wird vom Container auf Druck beansprucht. Je nach Größe der Federkonstante wird nun mehr oder weniger Druck auf die oberen Corner Castings ausgeübt.

Somit ist das gesamte System in drei grobe Abschnitte aufgeteilt:

- Torsionstab unten
- Biegeträger mitte
- Lasteinleitung + Pufferfedernsystem

Um das gesamte System berechnen zu können, müssen die Schnittstellen genau aufeinander abgestimmt sein. D.h. der Verdrehwinkel an der Stelle 2 am Auszug und Zylinder a muss gleichgesetzt werden. Für Zylinder b gilt selbiges. Genauso muss die Durchbiegung des jeweiligen Zylinder addiert mit der Verdrehung des Auszugs und dem jeweiligen Hebelarm gleich dem Federweg der Pufferfedern sein.

Mit Hilfe dieser Annahmen wurde ein mechanisches Modell in Matlab erstellt. Aufgrund einiger rekursiven Formeln, die in Zusammenhang mit dem Federsystem und dem Torsionstab entstanden sind, wurde entschieden diese Aufgabe mittels Simulink zu modellieren. Den Quellcode für die Matlab-Datei und das Simulink-Modell kann man im Anhang C wiederfinden.

5.7.1.2. Ergebnisse der Simulationen für Konzept K06

Da das mechanische Modell in Matlab mit Verwendung von vielen veränderlichen Variablen erstellt wurde, können damit verschiedenste Anordnungen bzw. Dimensionierungen der Bauteile durchprobiert werden und dafür die entsprechenden Ergebnisse ausgegeben werden.

Erste Ergebnisse zeigten, dass die Kräfte, die auf die Corner Castings wirken, innerhalb der Rahmenbedingungen bleiben. Außerdem bleiben die Verschiebungen und Verwindungen in einem zulässigen Bereich.

Für exaktere Betrachtungen müssten genauere Geometrien des Auszugs zur Verfügung stehen. Bis jetzt wurden nur ungefähre Abmessungen des Führungssystems angenommen und aus diesen die Widerstandsmomente ermittelt. Die Berechnung selber lässt sich aber für ziemlich genaue Voraussagen in Bezug auf Verschiebungen und Verdrehungen des gesamten Systems verwenden und kann für eine spätere Entwurfsrechnung herangezogen werden.

Im Folgenden werden Resultate erster Berechnungen mit ihren jeweiligen Ausgangsparameter gezeigt (siehe Tabellen 5.4 und 5.5):

| | | | |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Masse Container | m | 32500 | kg |
| Abstand Container - Traverse | s | 210 | mm |
| Breite Traverse | a | 2500 | mm |
| Länge L1 | l1 | 500 | mm |
| Länge L2 | l2 | 200 | mm |
| Länge L3 | l3 | 1050 | mm |
| Länge L4 | l4 | 1050 | mm |
| Pufferfederkonstante | k | 250 | mm |
| Schubmodul Auszug | G | 80000 | N/mm ² |
| polares Trägheitsmoment Sek.1 | Ip ₁ | 84 · 10 ⁶ | mm ⁴ |
| polares Trägheitsmoment Sek.2 | Ip ₂ | 100 · 10 ⁶ | mm ⁴ |
| polares Trägheitsmoment Sek.3 | Ip ₃ | 3 · 10 ⁶ | mm ⁴ |
| minimale Wanddicke Sektion 1 | t ₁ | 5 | mm |
| minimale Wanddicke Sektion 2 | t ₂ | 7 | mm |
| minimale Wanddicke Sektion 3 | t ₃ | 10 | mm |
| maximale Höhe | h | 4300 | mm |

Tabelle 5.4.: Eingangsparameter für Modellrechnung des Kettenkonzepts K06

| | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------|-------------------|
| Verdrehung des Führungssystem Pos.1 | φ_1 | 0,1 | ° |
| Verdrehung des Führungssystem Pos.2 | φ_2 | 0,1 | ° |
| Verdrehung des Führungssystem Pos.3 | φ_3 | 0,15 | ° |
| Verdrehung des Führungssystem Pos.4 | φ_4 | 2,13 | ° |
| Auslenkung des Zylinders A oben | w_a | 17,23 | mm |
| Auslenkung des Zylinders B oben | w_b | 17,22 | mm |
| Axialkraft auf Eckbeschläge oben 1 | F_{x_a} | 1837 | N |
| Axialkraft auf Eckbeschlag oben 2 | F_{x_b} | 1840 | N |
| Schubspannung Pos.1 | τ_1 | 23,0 | N/mm ² |
| Schubspannung Pos.2 | τ_2 | 16,5 | N/mm ² |
| Schubspannung Pos.3 | τ_3 | 8,5 | N/mm ² |
| Schubspannung Pos.4 | τ_4 | 26,5 | N/mm ² |

Tabelle 5.5.: Resultate der Modellrechnung des Kettenkonzepts K06

5.7.2. T05 - Vordimensionierung des Twist-Locks-Systems

Dieses Kapitel befasst sich mit der groben Vordimensionierung des von der Fa. HET favorisierten Konzept T05 (siehe Kapitel 5.4.5). Dazu sollen folgende Bauteile ungefähre Abmessungen erhalten, um einen späteren Entwurf bzw. die Abstimmung unter den einzelnen Hauptbaugruppen zu erleichtern:

- Quertraverse
- Twist-Lock-Träger
- Twist-Lock-Aufnahme

5.7.2.1. Quertraverse

Die Quertraverse erfährt in Folge der Geometrie des Konzepts Biege -und Torsionsbelastungen. Daher wird diese Vordimensionierung in zweierlei Hinsicht erfolgen. Begonnen wird mit der Betrachtung der Biegebeanspruchung.

Biegung:

Die für die Biegebeanspruchung relevanten Geometrien werden in Abbildung 5.7.3 dargestellt. Es sollen dabei nur jene Kräfte mit einbezogen werden, die auch für eine reine Biegebeanspruchung in Frage kommen. So kann das System vom Prinzip her als „Träger auf zwei Stützen“ betrachtet werden, mit der Containerlast an den Enden und einer fixen Einspannung zwischen Hubzylinder und Quertraverse.

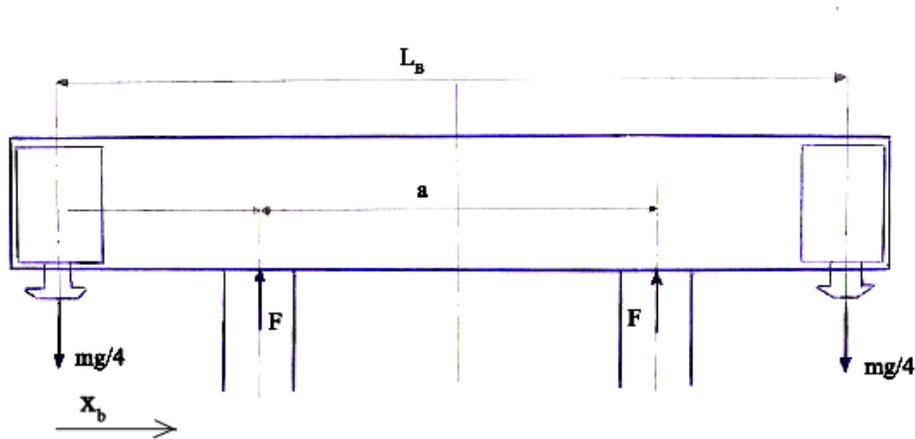


Abbildung 5.7.3.: Mechanisches Modell für die Biegeberechnung der Quertraverse

Für die Quertraverse kommen drei kritische Querschnitte (A,B,C) in Frage, die in Abbildung 5.7.4 genauer dargestellt sind. Für jeden dieser Querschnitte wird ein eigenes axiales Trägheitsmoment ermittelt, welches in weiterer Folge entscheidend für die Dimensionierung der Traverse ist.

Mit den allgemein bekannten Formeln zur Berechnung von Biegebelastungen (siehe Gleichung 5.7.1) kann die maximal auftretende Spannung ermittelt werden. Als Masse des Containers werden erneut 32500 kg des 45ft-Container herangezogen.

$$\sigma_b = \frac{m \cdot g \cdot x_b}{4 \cdot W_b} \quad (5.7.1)$$

Die genauen Daten und entsprechenden Ergebnisse der Berechnung finden Sie im Anhang wieder. Wie dort zu sehen ist, bleiben die kritischen Biegespannungen bei den gewählten Abmessungen (siehe Kapitel 5.7.2.4) weit unterhalb der maximal zulässigen Spannungen für Stähle. Somit stellt die Biegebelastung für die Quertraverse kein Problem dar.

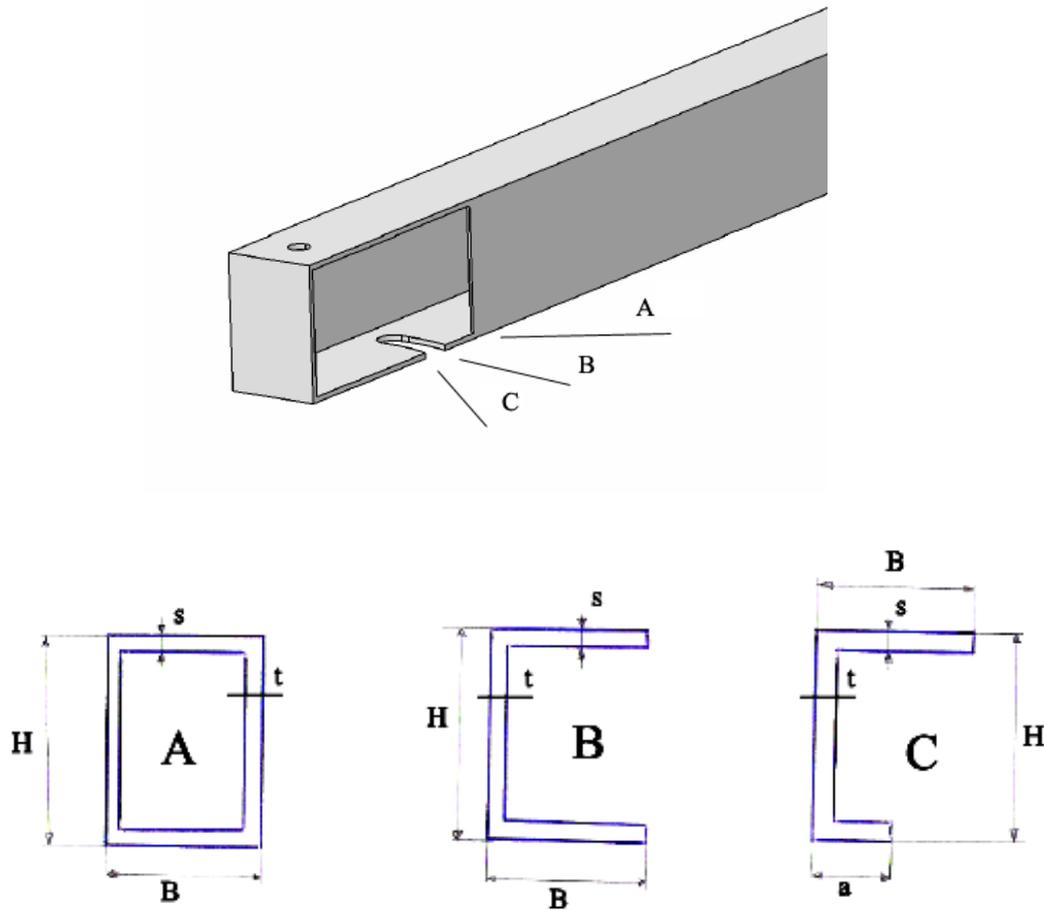


Abbildung 5.7.4.: Einteilung der kritischen Querschnitte in der Quertraverse

Torsion:

Durch den Hebelsarm (z), der aufgrund der Ausdrehung des Twist-Locks aus der Traverse entsteht, wird ein Torsionsmoment eingeleitet. Da das Twist-Lock-System in diesem Konzept durch das Federführungssystem verschiebbar ist, muss vom ungünstigsten Belastungsfall ausgegangen werden. D.h. die Berechnungen werden mit $z=200$ mm durchgeführt.

Mit folgender allg. bekannter Gleichung kann die Schubspannung, die auf die Traverse wirkt, berechnet werden.

$$\tau_t = \frac{m \cdot g \cdot z}{4 \cdot W_t} \quad (5.7.2)$$

Die Berechnung erfolgt erneut für die 3 zuvor erwähnten kritischen Querschnitte (siehe Abbildung 5.7.4). Dazu nötig ist auch die Ermittlung der polaren Widerstandsmomente dieser Querschnitte, die mit Hilfe der Bredt'schen Formeln errechnet werden können.

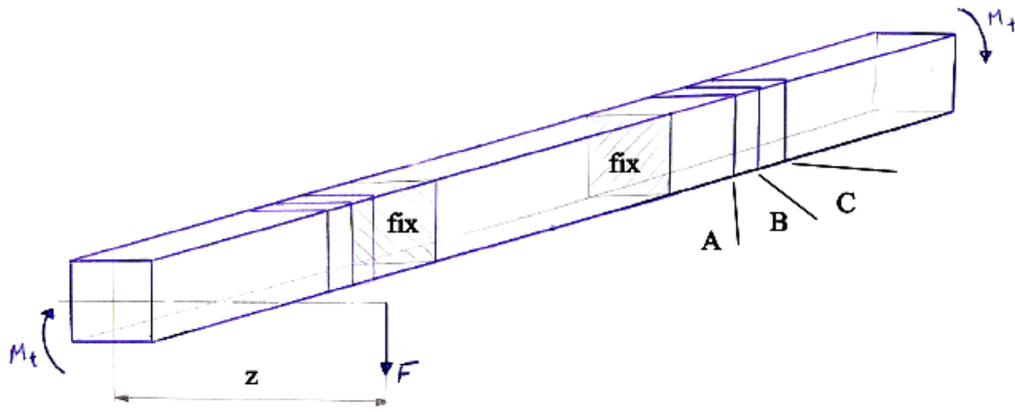


Abbildung 5.7.5.: Mechanisches Modell für die Torsionsberechnung der Quertraverse

Die genauen Berechnungsunterlagen kann man erneut im Anhang nachlesen. Aus den Ergebnissen der Berechnungen kann man sehr gut herauslesen, dass die Torsionsbelastung der Quertraverse ein relativ großes Problem darstellt und daher eine sehr robuste Dimensionierung des Bauteils erfordert. Die Rahmendicke oben und unten (s) musste auf 25 mm erhöht werden, um den Torsionsbelastungen standzuhalten bzw. eine relativ schmale Bauweise ($t=7.5$ mm, $B=170$ mm) zu ermöglichen. Da die Biegebelastungen der Quertraverse einen relativ kleinen Anteil haben, wurde auf eine Vergleichsspannungsrechnung verzichtet. In dieser Arbeit soll lediglich ein erster grober Bauteilentwurf stattfinden; für genauere Betrachtungen muss die Vergleichsspannung aber sehr wohl beachtet werden.

5.7.2.2. Twist-Lock-Träger

Der Twist-Lock-Träger wird nur auf Biegung beansprucht und kann somit als Kragträgerproblem angesehen werden; Abbildung 5.7.6 verdeutlicht diesen Umstand. Wie im vorangehenden Kapitel werden die Berechnungen sinngemäß mit der Gleichung 5.7.1 für Biegespannungen aufgestellt.

Wie man anhand der Ergebnisse (Anhang D) sehen kann, stellt die Dimensionierung des Twist-Lock-Trägers kein großes Problem dar. Vielmehr ist er mit den gewählten Abmessungen stark überdimensioniert und lässt somit im Innern genug Platz für das Federsystem, die Führung und die Steuerung der Twist-Locks.

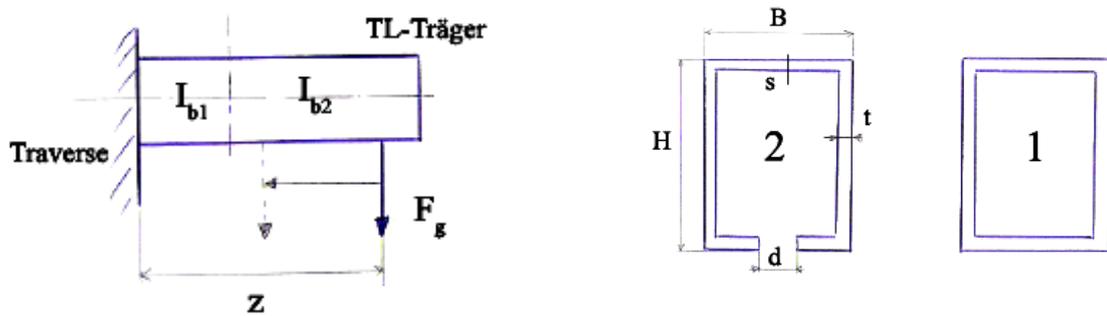


Abbildung 5.7.6.: Mechanisches Modell der Twist-Lock-Trägerbelastung

5.7.2.3. Twist-Lock-Aufnahme

Für die Dimensionierung der Twist-Lock-Aufnahme können Systeme von bekannten Herstellern verwendet werden. In der Abbildung 5.7.7 ist ein typisches Twist-Lock-System mit den relevanten Abmessungen abgebildet. Im Großen und Ganzen kann gefolgert werden, dass solche Twist-Lock-Aufnahme-Systeme relativ einfach in dem vorher beschriebenen Quertraversen-System untergebracht werden können.

5.7.2.4. Grobe Abmessungen der Twist-Lock-Aufnahme

Mit den vorangegangenen Berechnungen konnte eine grobe Auslegung der Bauteile rund um die Aufnahme des Containers gemacht werden. Die Abbildung 5.7.8 zeigt die Abmessungen dieser Konstruktionen. Dies sollte hilfreich für folgende Detailentwürfe aber auch für die Auslegung der anderen Hauptbaugruppen (siehe [6] und [5]) sein.

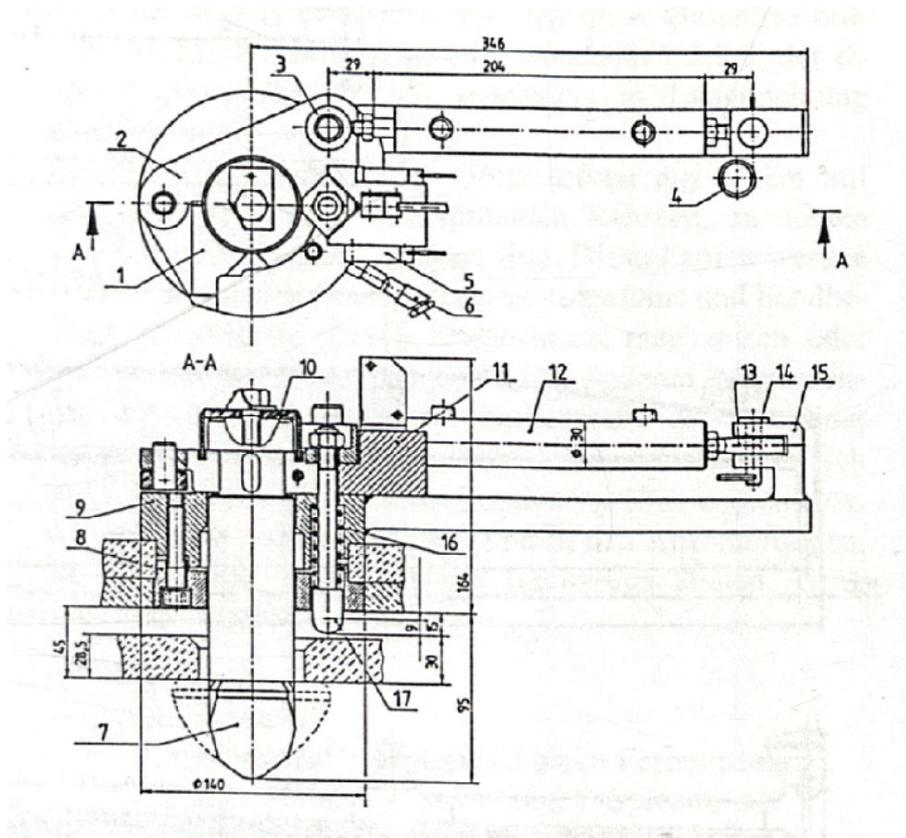


Abbildung 5.7.7.: Typische Twist-Lock Aufnahme bei Spreadern [12]

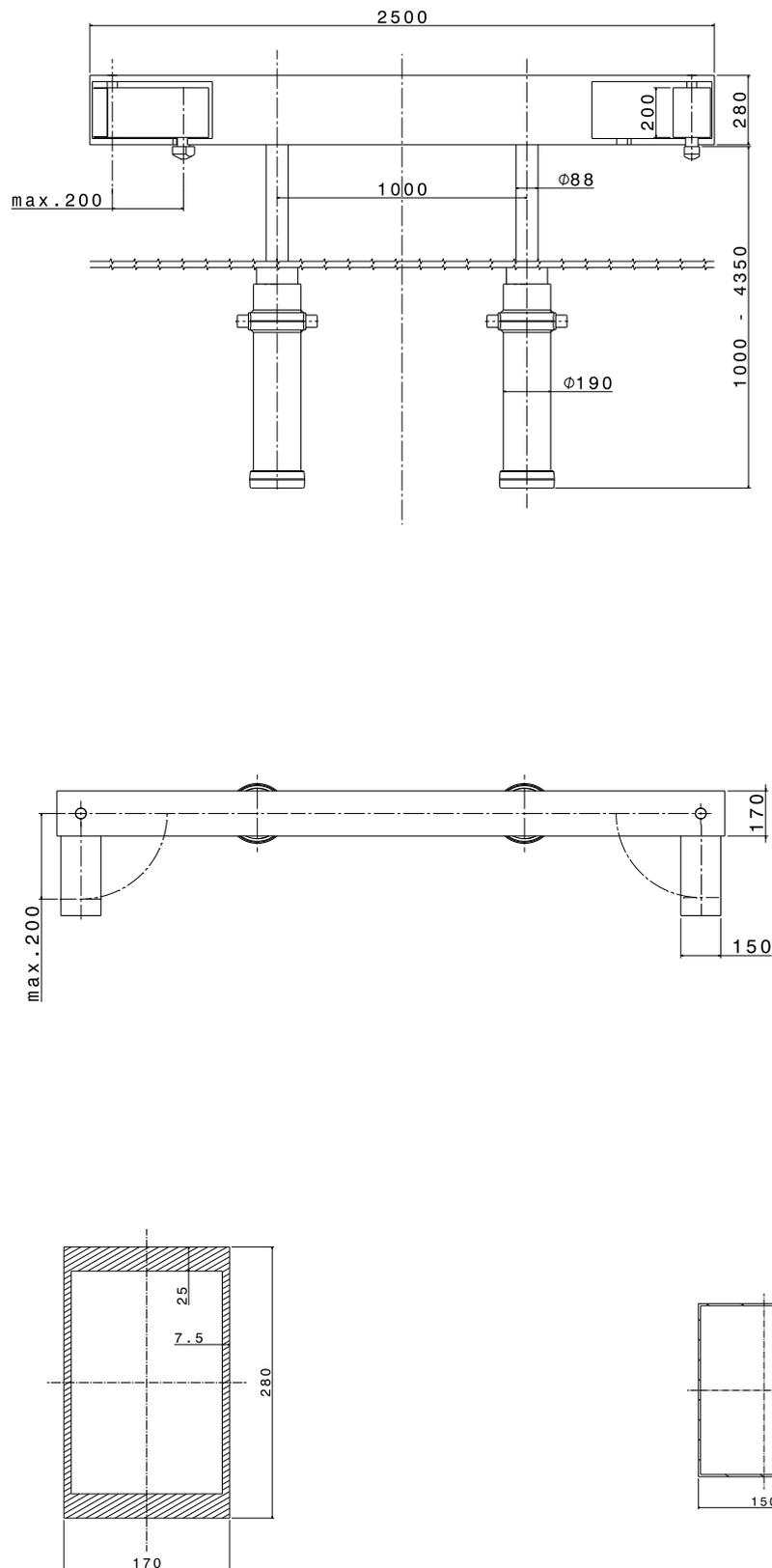


Abbildung 5.7.8.: Hauptabmessungen der Hauptbaugruppen Hubsystem (Teleskopzylinder) und Containeraufnahme (T05)

6. Zusammenfassung

Ziel des Gesamtprojekts ist es, einen markttauglichen mobilen Containerumsetzer (MCU) zu entwickeln, der den gegebenen Forderungen entspricht. Dafür mussten die genauen Problemstellungen und Aufgaben erkannt werden. Mit der Erstellung der Anforderungsliste wurde die Konzipierung des kompletten MCUs eingeleitet und damit auch eine völlig neue Produktentwicklung nach dem Schema der VDI 2221 durchgeführt. Durch Aufstellen von Funktionsstrukturen konnte eine Einteilung in Hauptbaugruppen getroffen werden, um das System modular aufbauen zu können.

So beschäftigte sich diese Arbeit damit, Baugruppenkonzepte für das Hubsystem und die Containeraufnahme auszuarbeiten. Für das Hubsystem kristallisierte sich ganz klar das Teleskopzylindermodell als bestmögliche Variante heraus. Mit Hilfe der Teleskopzylinder sollen nunmehr die Container auf -und abbewegt werden.

Für die Konzipierung der Containeraufnahme, die sicherlich der aufwendigste Teil der Arbeit war, sieht die Auswahl nicht so eindeutig aus. Es konnten zwei Konzepte vorgelegt werden, die für die Aufnahme am besten geeignet schienen. In Absprache mit der Fa.HET Verkehrstechnik wurde schlussendlich ein System mit Twist-Lock-Aufnahme ausgewählt. Der Containeraufnahmeprozess kann damit mit entsprechender Sensorik komplett von einer Bedienkonsole aus ablaufen.

Für die beiden ausgewählten Hauptbaugruppenkonzepte wurden entsprechende Machbarkeitsanalysen durchgeführt und ungefähre Abmessungen festgelegt. Dies soll den Entwurf der anderen Hauptbaugruppen wesentlich erleichtern.

Durch Zusammenführung der Konzepte aus den anderen Hauptbaugruppen konnte ein komplettes Gesamtkonzept des MCUs vorgelegt werden [6]. Nächster Schritt wird es sein, zu jeder Hauptbaugruppe entsprechende Entwürfe auszuarbeiten, um eine genaue Dimensionierung der einzelnen Bauteile ermöglichen zu können. Danach können erste Steuerungskonzepte für die Bewegungsabläufe entwickelt werden. Schlussendlich bleibt das Ziel, einen ersten Prototypen des MCUs vorzustellen, der den gegebenen Herausforderungen der Containermanipulation gewachsen ist.

Literaturverzeichnis

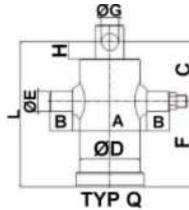
- [1] OENORM ISO 3874: ISO-Container der Reihe 1/Handhabung und Sicherung, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2009
- [2] VDI 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 1993
- [3] Pahl, Gerhard; Beitz, Wolfgang; Feldhusen, Jörg; Grote, Karl-Heinrich: Konstruktionslehre/Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung, 7. Auflage, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 2007
- [4] VDI 2225: Technisch-Wirtschaftliches Konstruieren, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 1998
- [5] Lang, Alexander: Konzipierung eines mobilen Container-Umsetzers: Führungssystem und Schlitten, 2012
- [6] Trully, Michael: Konzipierung eines mobilen Container-Umsetzers: Trägerantrieb und Niveauregulierung, 2012
- [7] Richtlinie 96/53/EG Anhang 1: Festlegung der höchstzulässigen Abmessungen für bestimmte Straßenfahrzeuge im innerstaatlichen und grenzüberschreitenden Verkehr in der Gemeinschaft sowie zur Festlegung der höchstzulässigen Gewichte im grenzüberschreitenden Verkehr, 1996-07-25
- [8] Kraftfahrgesetz Österreich: §4 KFG Allgemeines, 2012-08-01
- [9] ISO 1496-1: Series 1 freight containers - Specification and testing/Part 1: General cargo containers for general purpose Amendment 2, International Organization for Standardization, Genf, 1998
- [10] DIN ISO 1161: ISO-Container der Reihe 1/Eckbeschläge, Anforderungen, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 1981
- [11] VDI 2687: Lastaufnahmemittel für Container, Wechselbehälter und Sattelanhänger, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 1989
- [12] Scheffler, Martin; Feyrer, Klaus; Matthias, Karl: Fördermaschinen, Vieweg Verlag, Braunschweig, 1998

- [13] DIN ISO 668: ISO-Container der Reihe 1/Klassifikation, Maße, Gesamtgewicht (ISO 668 : 1995), DIN Deutsches Normungsinstitut e.V., Berlin, 1999

A. Anhang - Datenblätter Teleskopzylinder

Schema Hydraulik GmbH

Teleskopzylinder - vierstufige Ausführung - Typ Querbohrung



Bitte erkundigen Sie sich bei Anfragen und Bestellungen nach der momentanen Lieferzeit.

| | | | | | |
|-----------|-----------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø46=2,9t | A [mm]: | 135 | ØG [mm]: | 26 |
| 2. Stufe: | Ø61=5,2t | B [mm]: | 40 | ØD [mm]: | 112 |
| 3. Stufe: | Ø76=8,1t | H [mm]: | 27 | ØE [mm]: | 35 |
| 4. Stufe: | Ø91=11,7t | | | | |

Last bei 180 bar = 7 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1013

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø61=5,2t | A [mm]: | 150 | ØG [mm]: | 31 |
| 2. Stufe: | Ø76=8,1t | B [mm]: | 40 | ØD [mm]: | 124 |
| 3. Stufe: | Ø91=11,7t | C [mm]: | 112 | ØE [mm]: | 40 |
| 4. Stufe: | Ø107=16,1t | H [mm]: | 32 | | |

Last bei 180 bar = 10 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1016

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø68=6,5t | A [mm]: | 175 | ØG [mm]: | 36 |
| 2. Stufe: | Ø88=10,9t | B [mm]: | 45 | ØD [mm]: | 152 |
| 3. Stufe: | Ø107=16,1t | C [mm]: | 130 | ØE [mm]: | 45 |
| 4. Stufe: | Ø126=22,4t | H [mm]: | 42 | | |

Last bei 180 bar = 14 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1019

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø88=10,9t | A [mm]: | 210 | ØG [mm]: | 36 |
| 2. Stufe: | Ø107=16,1t | B [mm]: | 45 | ØD [mm]: | 170 |
| 3. Stufe: | Ø126=22,4t | C [mm]: | 200 | ØE [mm]: | 50 |
| 4. Stufe: | Ø145=29,7t | H [mm]: | 42 | | |

Last bei 180 bar = 20 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1022

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø107=16,1t | A [mm]: | 230 | ØG [mm]: | 46 |
| 2. Stufe: | Ø126=22,4t | B [mm]: | 45 | ØD [mm]: | 190 |
| 3. Stufe: | Ø145=29,7t | C [mm]: | 212 | ØE [mm]: | 50 |
| 4. Stufe: | Ø165=38,4t | H [mm]: | 52 | | |

Last bei 180 bar = 22 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1025

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | C mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK3060Q | 500 | 220 | 90 | 130 | 2 | 15,5 |
| TK3061Q | 590 | 270 | 100 | 170 | 2,4 | 19 |
| TK3062Q | 640 | 290 | 100 | 190 | 2,7 | 19,5 |
| TK3063Q | 790 | 320 | 100 | 220 | 3,2 | 20,5 |
| TK3064Q | 910 | 350 | 100 | 250 | 3,6 | 23,5 |
| TK3065Q | 1060 | 385 | 105 | 280 | 4,3 | 25,5 |
| TK3066Q | 1190 | 420 | 105 | 315 | 4,7 | 27,5 |
| TK3067Q | 1390 | 470 | 105 | 365 | 6 | 31 |
| TK3068Q | 1710 | 550 | 105 | 445 | 6,7 | 35,5 |
| TK3069Q | 1990 | 620 | 105 | 515 | 7,9 | 39 |

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | C mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK3041Q | 670 | 297 | | 185 | 4 | 25 |
| TK3042Q | 830 | 337 | | 225 | 5 | 28,5 |
| TK3043Q | 950 | 367 | | 255 | 5,6 | 30 |
| TK3044Q | 1050 | 392 | | 280 | 6,2 | 32 |
| TK3045Q | 1190 | 427 | | 315 | 7 | 34,5 |
| TK3046Q | 1290 | 452 | | 340 | 7,5 | 37,5 |
| TK3047Q | 1510 | 507 | | 395 | 8,8 | 41,5 |
| TK3048Q | 1710 | 557 | | 445 | 10 | 45 |
| TK3049Q | 1990 | 627 | | 515 | 11 | 49,5 |

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK4040Q | 1980 | 645 | 515 | 15,6 | 75,5 |
| TK4041Q | 1040 | 410 | 278 | 8,3 | 48 |
| TK4042Q | 1220 | 455 | 325 | 9,7 | 53,5 |
| TK4043Q | 1500 | 525 | 395 | 12 | 61,5 |
| TK4044Q | 1700 | 575 | 445 | 13,5 | 67,5 |

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK4070Q | 1030 | 405 | 205 | 11,7 | 55 |
| TK4071Q | 970 | 390 | 190 | 11,5 | 53 |
| TK4072Q | 1210 | 450 | 250 | 13,7 | 60 |
| TK4045Q | 1490 | 520 | 320 | 16,8 | 67 |
| TK4046Q | 1690 | 570 | 370 | 19 | 74 |
| TK4047Q | 1970 | 640 | 440 | 22,2 | 82 |
| TK4090Q | 2510 | 800 | 600 | 30 | 100 |

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK4080Q | 1010 | 425 | 210 | 15,8 | 70 |
| TK4081Q | 1190 | 470 | 255 | 18,5 | 76 |
| TK4082Q | 1470 | 540 | 325 | 22,6 | 86 |
| TK4083Q | 1670 | 590 | 375 | 25,6 | 92 |
| TK4048Q | 1950 | 660 | 445 | 29,7 | 100 |
| TK4049Q | 2510 | 820 | 605 | 40 | 126 |

Schema Hydraulik GmbH

Teleskopzylinder - fünfstufige Ausführung - Typ Querbohrung



Bitte erkundigen Sie sich bei Anfragen und Bestellungen nach der momentanen Lieferzeit.

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø46=2,9t | A [mm]: | 150 | ØG [mm]: | 26 |
| 2. Stufe: | Ø61=5,2t | B [mm]: | 40 | ØD [mm]: | 124 |
| 3. Stufe: | Ø76=8,1t | H [mm]: | 27 | ØE [mm]: | 40 |
| 4. Stufe: | Ø91=11,7t | | | | |
| 5. Stufe: | Ø107=16,1t | | | | |

Last bei 180 bar = 8 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1016

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | C mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK3090Q | 500 | 198 | 100 | 95 | 2,5 | 17 |
| TK3050Q | 690 | 265 | 110 | 155 | 3,5 | 22 |
| TK3091Q | 840 | 295 | 110 | 185 | 4,5 | 23,5 |
| TK3092Q | 1040 | 335 | 110 | 225 | 5 | 27,5 |
| TK3093Q | 1190 | 365 | 110 | 255 | 6 | 29,5 |
| TK3094Q | 1490 | 425 | 110 | 315 | 7,5 | 33,5 |
| TK3095Q | 2140 | 555 | 110 | 445 | 10,8 | 43,5 |
| TK3096Q | 2490 | 625 | 110 | 515 | 12,4 | 49 |
| TK3097Q | 1315 | 390 | 110 | 280 | 7 | 30,5 |
| TK3098Q | 765 | 280 | 110 | 170 | 3,9 | 23 |
| TK3099Q | 1850 | 505 | 110 | 395 | 9,5 | 39 |

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø61=5,2t | A [mm]: | 175 | ØG [mm]: | 31 |
| 2. Stufe: | Ø76=8,1t | B [mm]: | 45 | ØD [mm]: | 152 |
| 3. Stufe: | Ø91=11,7t | C [mm]: | 120 | ØE [mm]: | 45 |
| 4. Stufe: | Ø107=16,1t | H [mm]: | 32 | | |
| 5. Stufe: | Ø126=22,4t | | | | |

Last bei 180 bar = 11 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1019

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | C mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK3051Q | 980 | 335 | | 215 | 7,5 | 39 |
| TK3052Q | 1230 | 385 | | 265 | 9 | 44,5 |
| TK3053Q | 1480 | 435 | | 315 | 11 | 51,5 |
| TK3054Q | 1880 | 515 | | 395 | 13,5 | 60 |
| TK3055Q | 2130 | 565 | | 445 | 15,5 | 65,5 |
| TK3056Q | 2480 | 635 | | 515 | 18 | 73,5 |
| TK3057Q | 830 | 305 | | 185 | 6,5 | 35,5 |

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø68=6,5t | A [mm]: | 210 | ØG [mm]: | 36 |
| 2. Stufe: | Ø88=10,9t | B [mm]: | 45 | ØD [mm]: | 170 |
| 3. Stufe: | Ø107=16,1t | C [mm]: | 205 | ØE [mm]: | 50 |
| 4. Stufe: | Ø126=22,4t | H [mm]: | 42 | | |
| 5. Stufe: | Ø145=29,7t | | | | |

Last bei 180 bar = 16 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1022

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK5000Q | 1295 | 410 | 205 | 12,7 | 63 |
| TK5001Q | 1520 | 455 | 250 | 14,8 | 70 |
| TK4050Q | 1870 | 525 | 320 | 18,2 | 79 |
| TK4051Q | 2120 | 575 | 370 | 20,6 | 86 |
| TK5002Q | 2470 | 645 | 440 | 24 | 95 |
| TK5015Q | 2990 | 775 | 570 | 29 | 114 |

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø88=10,9t | A [mm]: | 230 | ØG [mm]: | 36 |
| 2. Stufe: | Ø107=16,1t | B [mm]: | 45 | ØD [mm]: | 190 |
| 3. Stufe: | Ø126=22,4t | C [mm]: | 205 | ØE [mm]: | 50 |
| 4. Stufe: | Ø145=29,7t | H [mm]: | 42 | | |
| 5. Stufe: | Ø165=38,4t | | | | |

Last bei 180 bar = 22 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1025

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK5005Q | 1275 | 410 | 205 | 17,5 | 70 |
| TK5006Q | 1500 | 455 | 250 | 20,3 | 77 |
| TK5007Q | 1850 | 525 | 320 | 25 | 86 |
| TK4052Q | 2100 | 575 | 370 | 28,2 | 92 |
| TK4053Q | 2450 | 645 | 440 | 32,8 | 101 |
| TK5010Q | 3490 | 875 | 670 | 46 | 131 |
| TK5011Q | 2990 | 775 | 570 | 40 | 118 |

Schema Hydraulik GmbH

Teleskopzylinder - sechsstufige Ausführung - Typ Querbohrung



Bitte erkundigen Sie sich bei Anfragen und Bestellungen nach der momentanen Lieferzeit.

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø30=1,1t | A [mm]: | 150 | ØG [mm]: | 26 |
| 2. Stufe: | Ø46=2,9t | B [mm]: | 40 | ØD [mm]: | 124 |
| 3. Stufe: | Ø61=5,2t | H [mm]: | 27 | ØE [mm]: | 40 |
| 4. Stufe: | Ø76=8,1t | | | | |
| 5. Stufe: | Ø91=11,7t | | | | |
| 6. Stufe: | Ø107=16,1t | | | | |

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | C mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK6001Q | 450 | 160 | 65 | 95 | 2,5 | 13 |
| TK6002Q | 840 | 260 | 100 | 155 | 3,6 | 21 |

Last bei 180 bar = 6 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1016

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø46=2,9t | A [mm]: | 175 | ØG [mm]: | 26 |
| 2. Stufe: | Ø61=5,2t | B [mm]: | 45 | ØD [mm]: | 152 |
| 3. Stufe: | Ø76=8,1t | H [mm]: | 27 | ØE [mm]: | 45 |
| 4. Stufe: | Ø91=11,7t | | | | |
| 5. Stufe: | Ø107=16,1t | | | | |
| 6. Stufe: | Ø126=22,4t | | | | |

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | C mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK6005Q | 690 | 215 | 90 | 125 | 4,5 | 27 |
| TK6006Q | 1005 | 300 | 115 | 185 | 6,5 | 34,5 |
| TK6007Q | 1180 | 330 | 115 | 215 | 7,1 | 38 |
| TK6008Q | 1480 | 380 | 115 | 265 | 8,9 | 44 |
| TK6009Q | 1780 | 430 | 115 | 315 | 11,2 | 49,5 |
| TK6010Q | 2257 | 510 | 115 | 395 | 12 | 54,5 |
| TK6011Q | 2557 | 560 | 115 | 445 | 16 | 60 |

Last bei 180 bar = 9 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1019

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø61=5,2t | A [mm]: | 210 | ØG [mm]: | 31 |
| 2. Stufe: | Ø76=8,1t | B [mm]: | 45 | ØD [mm]: | 170 |
| 3. Stufe: | Ø91=11,7t | C [mm]: | 195 | ØE [mm]: | 50 |
| 4. Stufe: | Ø107=16,1t | H [mm]: | 32 | | |
| 5. Stufe: | Ø126=22,4t | | | | |
| 6. Stufe: | Ø145=29,7t | | | | |

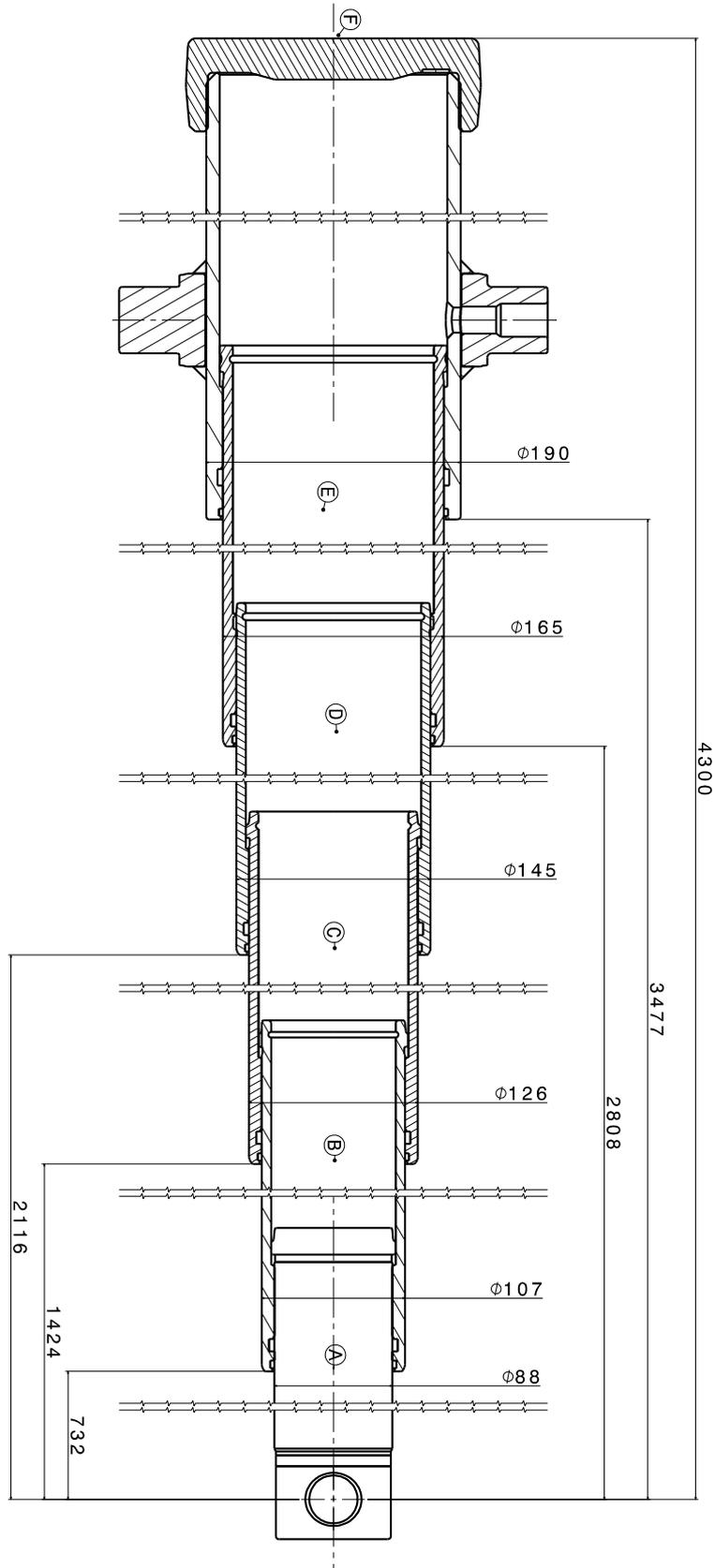
| Artikelnr. | Hub mm | L mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK6017Q | 987 | 305 | 110 | 10 | 48 |
| TK6020Q | 1470 | 385 | 190 | 13 | 59 |
| TK6025Q | 3585 | 765 | 570 | 32 | 112 |

Last bei 180 bar = 13 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1022

| | | | | | |
|-----------|------------|---------|-----|----------|-----|
| 1. Stufe: | Ø68=6,5t | A [mm]: | 230 | ØG [mm]: | 36 |
| 2. Stufe: | Ø88=10,9t | B [mm]: | 45 | ØD [mm]: | 190 |
| 3. Stufe: | Ø107=16,1t | C [mm]: | 208 | ØE [mm]: | 50 |
| 4. Stufe: | Ø126=22,4t | H [mm]: | 42 | | |
| 5. Stufe: | Ø145=29,7t | | | | |
| 6. Stufe: | Ø165=38,4t | | | | |

| Artikelnr. | Hub mm | L mm | F mm | Ölvolumen l | Gewicht kg |
|------------|-----------|---------|---------|----------------|---------------|
| TK4058Q | 1540 | 418 | 210 | 18,5 | 80 |
| TK4059Q | 1810 | 463 | 255 | 21,5 | 87 |
| TK4060Q | 2225 | 533 | 325 | 25,9 | 100 |
| TK4061Q | 2525 | 583 | 375 | 29,4 | 108 |
| TK4062Q | 2950 | 653 | 445 | 34,6 | 123 |
| TK4063Q | 3405 | 753 | 545 | 40 | 142 |
| TK4064Q | 3585 | 783 | 575 | 42 | 147 |
| TK4065Q | 3765 | 813 | 605 | 44 | 153 |

Last bei 180 bar = 20 t
Passender Kardanring = Artikelnr.: 1025



B. Anhang - Berechnungen Teleskopzylinder

Biegemoment im Teleskopzylinders

TK5010Q

| Position A | | |
|------------|-------|-----------------|
| D | 88 | mm |
| d | 0 | mm |
| L | 740 | mm |
| W_b | 66903 | mm ³ |
| zul. FQ | 16997 | N |

| Position D | | |
|------------|--------|-----------------|
| D | 145 | mm |
| d | 126 | mm |
| L | 2820 | mm |
| W_b | 128645 | mm ³ |
| zul. FQ | 8576 | N |

| Position B | | |
|------------|-------|-----------------|
| D | 107 | mm |
| d | 88 | mm |
| L | 1440 | mm |
| W_b | 65245 | mm ³ |
| zul. FQ | 8518 | N |

| Position E | | |
|------------|--------|-----------------|
| D | 165 | mm |
| d | 145 | mm |
| L | 3500 | mm |
| W_b | 177994 | mm ³ |
| zul. FQ | 9561 | N |

| Position C | | |
|------------|-------------|-----------------|
| D | 126 | mm |
| d | 107 | mm |
| L | 2140 | mm |
| W_b | 94254 | mm ³ |
| zul. FQ | 8280 | N |

| Position F | | |
|------------|--------|-----------------|
| D | 190 | mm |
| d | 165 | mm |
| L | 4300 | mm |
| W_b | 290395 | mm ³ |
| zul. FQ | 12696 | N |

| | | |
|--------------------|-----|-------------------|
| zul. Biegespannung | 188 | N/mm ² |
|--------------------|-----|-------------------|

Flächenpressung bei Biegung des Teleskopzylinders

TK5010Q

| Position A | | |
|------------|------|----|
| b1 | 7 | mm |
| b2 | 55,7 | mm |
| D | 88 | mm |
| d | 0 | mm |
| L1 | 740 | mm |
| x1 | 9,3 | mm |
| b3 | 9 | mm |
| a1 | 40,5 | mm |
| zul. FQ | 5731 | N |

| Position D | | |
|------------|------|----|
| b1 | 7 | mm |
| b2 | 75,7 | mm |
| D | 145 | mm |
| d | 126 | mm |
| L1 | 2820 | mm |
| x1 | 9,3 | mm |
| b3 | 9 | mm |
| a1 | 50,5 | mm |
| zul. FQ | 3090 | N |

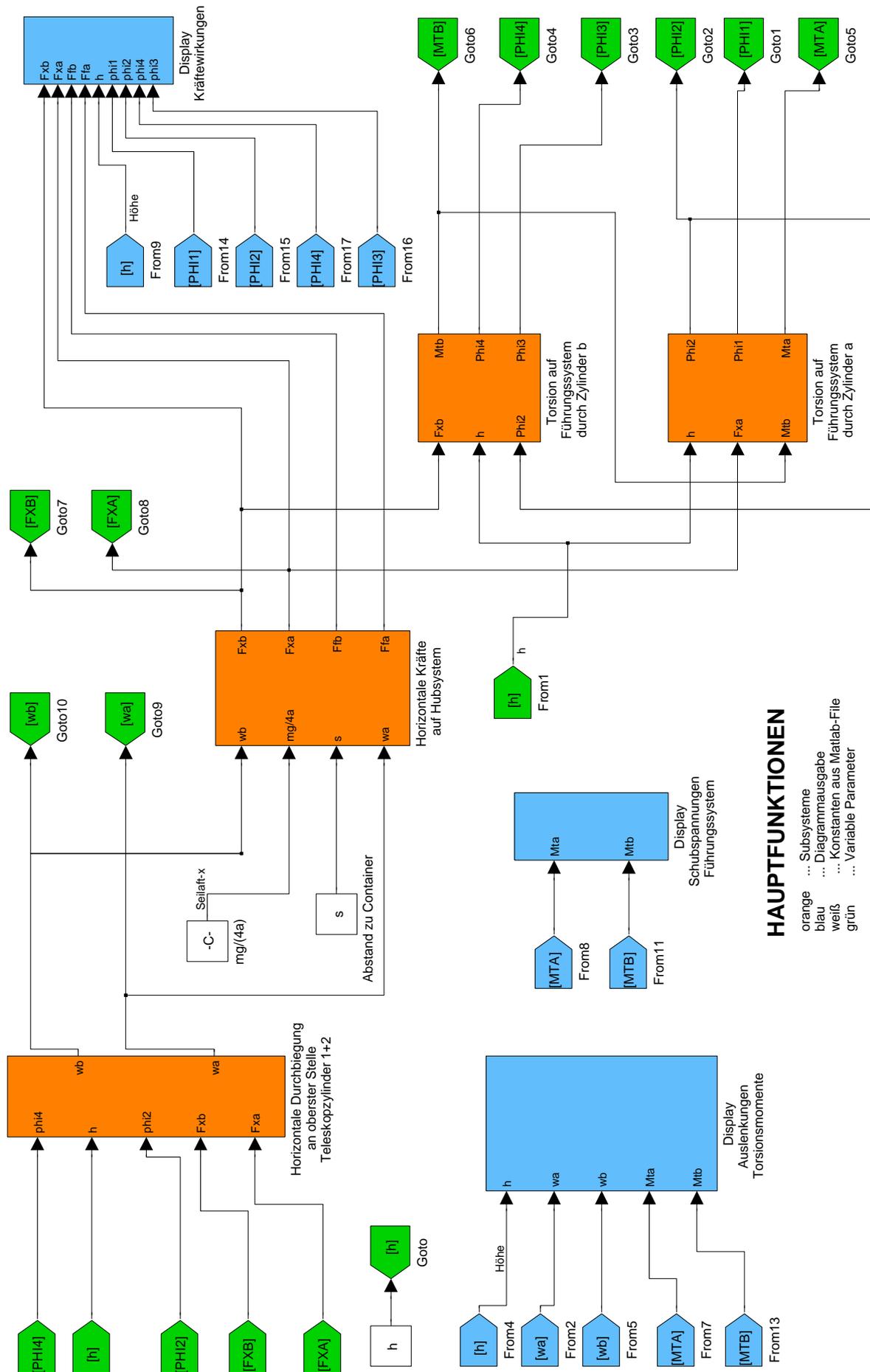
| Position B | | |
|------------|------|----|
| b1 | 7 | mm |
| b2 | 55,7 | mm |
| D | 107 | mm |
| d | 88 | mm |
| L1 | 1440 | mm |
| x1 | 9,3 | mm |
| b3 | 9 | mm |
| a1 | 40,5 | mm |
| zul. FQ | 3581 | N |

| Position E | | |
|------------|------|----|
| b1 | 17,5 | mm |
| b2 | 62 | mm |
| D | 165 | mm |
| d | 145 | mm |
| L1 | 3500 | mm |
| x1 | 12,5 | mm |
| b3 | 9 | mm |
| a1 | 50,5 | mm |
| zul. FQ | 7083 | N |

| Position C | | |
|------------|------|----|
| b1 | 7 | mm |
| b2 | 55,7 | mm |
| D | 126 | mm |
| d | 107 | mm |
| L1 | 2140 | mm |
| x1 | 9,3 | mm |
| b3 | 9 | mm |
| a1 | 40,5 | mm |
| zul. FQ | 2838 | N |

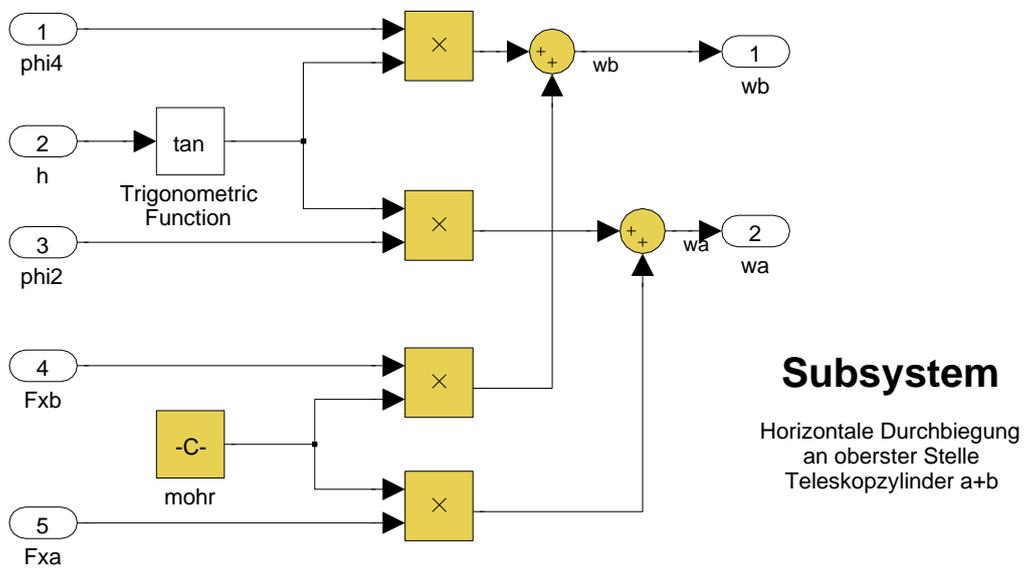
| | | |
|----------------------|-----|-------------------|
| zul. Flächenpressung | 170 | N/mm ² |
|----------------------|-----|-------------------|

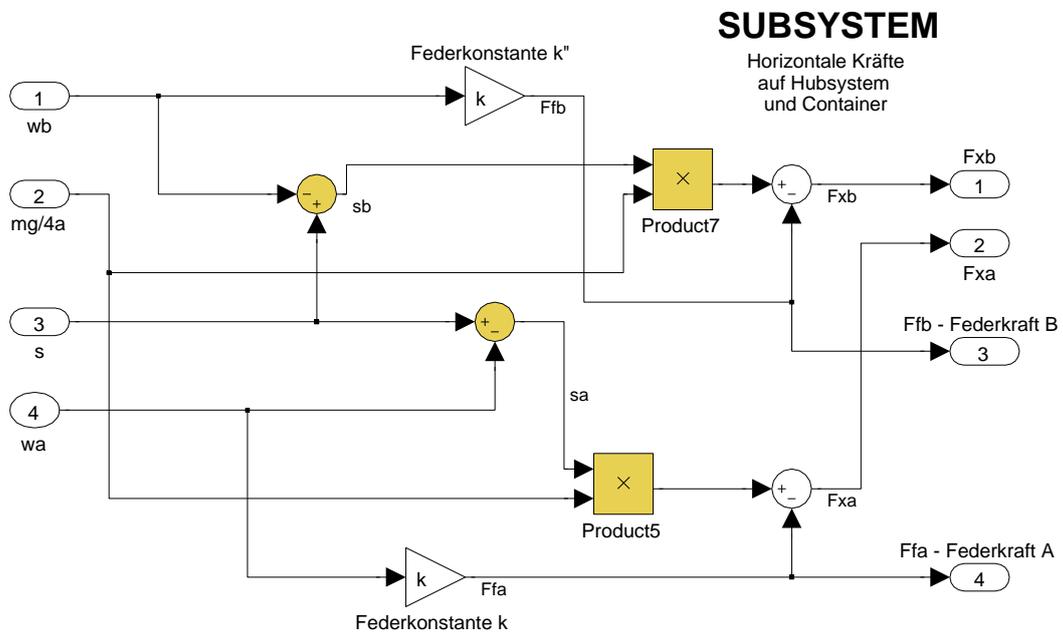
C. Anhang - Matlab/Simulink Modell für Kettensystem

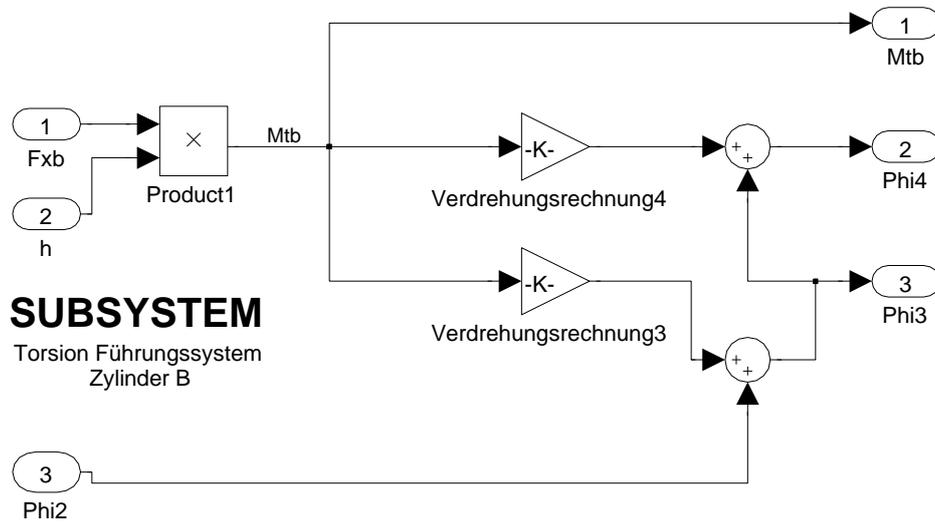


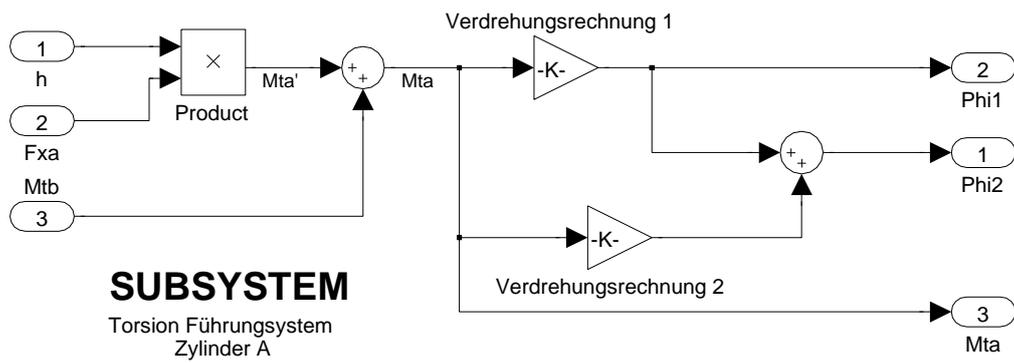
HAUPTFUNKTIONEN

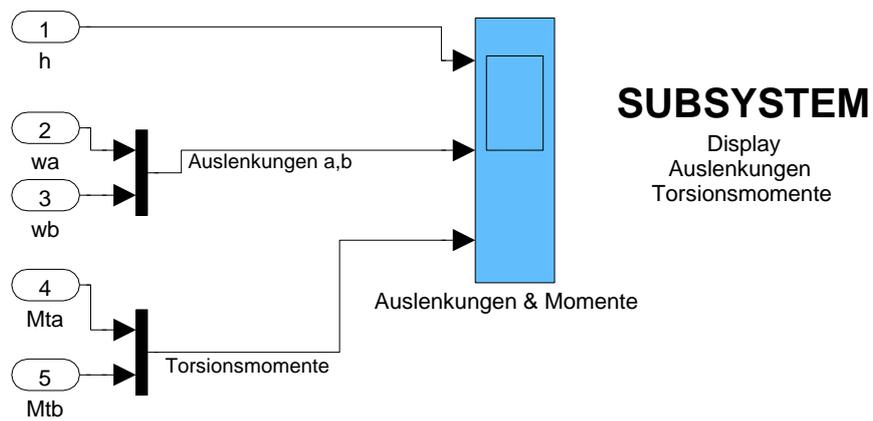
- orange ... Subsysteme
- blau ... Diagrammausgabe
- weiß ... Konstanten aus Matlab-File
- grün ... Variable Parameter

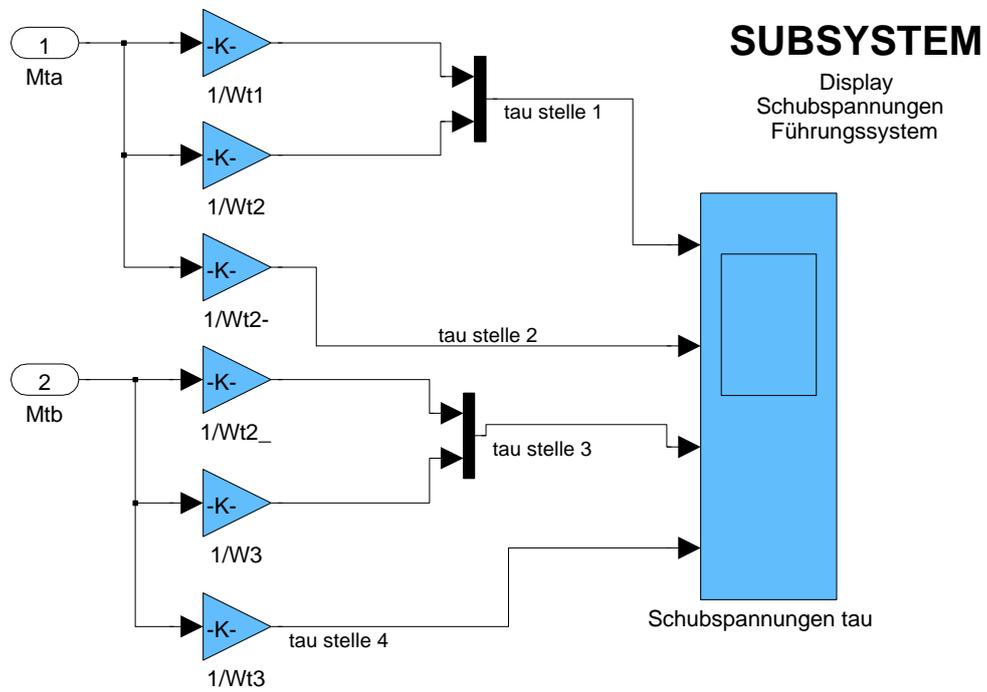


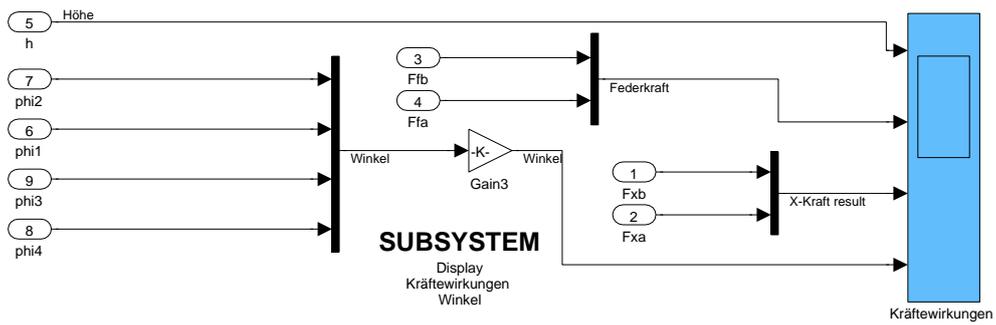












```
close all
clear all
clc

%% Fixe Parameter für das Gesamtkonzept K06

m = 32500;    % Masse Container
s = 210 ;    % x-Abstand zwischen Quertraverse und Container
a = 2500 ;   % Gesamtbreite der Traverse
l1= 500 ;    % Abstand L1 (siehe Modell)
l2= 200;     % Abstand L2 (siehe Modell)
g = 9.81;    % Erdbeschleunigung m/s^2

%% Variable Parameter des Torsionsstabes unten

k = 250 ;    % Federkonstante Pufferanschlag (N/mm)

l3= 1050;    % Abstand L3 (siehe Modell)
l4= 1050;    % Abstand L4 (siehe Modell)

G1 = 80000;  % Schubmodul Auszugsträgerbereich 1
G2 = 80000;  % Schubmodul Auszugsträgerbereich 2
G3 = 80000;  % Schubmodul Auszugsträgerbereich 3

Ip1= 83.8*10^6;    % Polares Trägheitsmoment 1
Ip2= 100*10^6;    % Polares Trägheitsmoment 2
Ip3= 3*10^6;      % Polares Trägheitsmoment 3

t1 = 5 ;        % minimale Wanddicke im Auszugsträgerbereich 1
t2 = 7 ;        % minimale Wanddicke im Auszugsträgerbereich 2
t3 = 10;        % minimale Wanddicke im Auszugsträgerbereich 3

%% Biegeparameter des Hubsystems

E1 = 210000;    % E-Modul des Zylinderwerkstoffes

% Flächenträgheitsmomente der einzelnen Stufen des Zylinders

I1 = 27587570.7; % (D=190, d=165 - Rohrdurchmesser)
I2 = 14684491.3; % (D=165, d=145 - Rohrdurchmesser)
I3 = 9326762.68; % (D=145, d=126 - Rohrdurchmesser)
I4 = 5937991.77; % (D=126, d=107 - Rohrdurchmesser)
I5 = 3490607;    % (D=107, d=88 - Rohrdurchmesser)
I6 = 2943747.71; % (D=88, d=0 - Rohrdurchmesser)

% Bestimmung der Längen des ausgefahrenen Teleskopzylinder durch Angabe der
% Gesamthöhe

h = 4300    % Höhe zwischen 903 und 4349 wählbar

if h<4350
    if h<3660
        if h<2961
            if h<2262
                if h<1583
```

```
        la = 850
        lb = h-850-53
        lc = 1
        ld = 1
        le = 1
        lf = 50
    else
        la = 850
        lb = 680
        lc = h-850-680-52
        ld = 1
        le = 1
        lf = 50
    end
else
    la = 850
    lb = 680
    lc = 680
    ld = h-2210-51
    le = 1
    lf = 50
end
else
    la = 850
    lb = 680
    lc = 680
    ld = 700
    le = h-2910-50
    lf = 50
end
else
    la = 850
    lb = 680
    lc = 680
    ld = 700
    le = 700
    lf = h-3610
end
else
    la = 850
    lb = 680
    lc = 680
    ld = 700
    le = 700
    lf = h
end

lu = la+lb+lc+ld+le+lf

%% Biegelinienparameter für das Mohr'sche Verfahren

% Multiplikatoren für die Phi-Kräfte

kphi1 = la*la/2;
kphi2 = (lu-la)*la;
```

```

kphi3 = lb*lb/2*I1/I2;
kphi4 = (lu-la-lb)*lb*I1/I2;
kphi5 = lc*lc/2*I1/I3;
kphi6 = (lu-la-lb-lc)*lc*I1/I3;
kphi7 = ld*ld/2*I1/I4;
kphi8 = (lu-la-lb-lc-ld)*ld*I1/I4;
kphi9 = le*le/2*I1/I5;
kphi10 = (lu-la-lb-lc-ld-le)*le*I1/I5;
kphi11 = lf*lf/2*I1/I6;

l11 = lu-la+2*la/3;
l12 = lu-la/2;
l13 = lu-la-lb+2*lb/3;
l14 = lu-la-lb/2;
l15 = lu-la-lb-lc+2*lb/3;
l16 = lu-la-lb-lc/2;
l17 = lu-la-lb-lc-ld+2*lc/3;
l18 = lu-la-lb-lc-ld/2;
l19 = lu-la-lb-lc-ld-le+2*le/3;
l110= lu-la-lb-lc-ld-le/2;
l111= lu-la-lb-lc-ld-le-lf+2*lf/3;

kmohr1 = kphi1*l11;
kmohr2 = kphi2*l12;
kmohr3 = kphi3*l13;
kmohr4 = kphi4*l14;
kmohr5 = kphi5*l15;
kmohr6 = kphi6*l16;
kmohr7 = kphi7*l17;
kmohr8 = kphi8*l18;
kmohr9 = kphi9*l19;
kmohr10 = kphi10*l110;
kmohr11 = kphi11*l111;

kmohrges1 = ✓
kmohr1+kmohr2+kmohr3+kmohr4+kmohr5+kmohr6+kmohr7+kmohr8+kmohr9+kmohr10+kmohr11;
kmohrges = kmohrges1/(E1*I1);

%% Parameter für die Schubspannungsrechnung bei geschlossenen Querschnitten
%% bei Kastenträgerformen

Am1 = (400-t1)*(180-t1); %mm^2
W1 = [Am1*2*t1];
Am2 = (400-t2)*(180-t2); %mm^2
W2 = [Am2*2*t2];
% Am3 = (400-t3)*(180-t3); %mm^2
% W3 = [Am3*2*t3];

%% Parameter für die Schubspannungsrechnung bei offenen Querschnitten (U-Profile)

% W1=[Ip1/t1];
% W2=[Ip2/t2];
W3=[Ip3/t3];

```

D. Anhang - Berechnungen

Schnittstellen für Twist-Lock-System

Berechnung der Biegespannung in der Quertraverse

| Position A | | |
|------------|---------|-------------------|
| L_B | 2322 | mm |
| a | 1000 | mm |
| x | 661 | mm |
| m_{Cont} | 32500 | kg |
| W_b | 1098783 | mm ³ |
| σ_b | 48 | N/mm ² |

| Position C | | |
|------------|--------|-------------------|
| L_B | 2322 | mm |
| a | 1000 | mm |
| x | 285 | mm |
| m | 32500 | kg |
| W_b | 344046 | mm ³ |
| σ_b | 66 | N/mm ² |

| Position B | | |
|------------|---------|-------------------|
| L_B | 2322 | mm |
| a | 1000 | mm |
| x | 385 | mm |
| m | 32500 | kg |
| W_b | 1044466 | mm ³ |
| σ_b | 29 | N/mm ² |

Berechnung der Widerstandsmomente für die Biegung der Quertraverse

| Widerstandsmoment A | | |
|---------------------|-----------|-----------------|
| H | 280 | mm |
| B | 170 | mm |
| t | 7,5 | mm |
| s | 25 | mm |
| I_b | 153829583 | mm ⁴ |
| e | 140 | mm |
| W_b | 1098783 | mm ³ |

| Widerstandsmoment C | | |
|---------------------|----------|-----------------|
| H | 280 | mm |
| B | 170 | mm |
| t | 7,5 | mm |
| s | 25 | mm |
| u | 40 | mm |
| I_b | 68605685 | mm ⁴ |
| e | 199,41 | mm |
| W_b | 344046 | mm ³ |

| Widerstandsmoment B | | |
|---------------------|-----------|-----------------|
| H | 280 | mm |
| B | 170 | mm |
| t | 7,5 | mm |
| s | 25 | mm |
| I_b | 146225208 | mm ⁴ |
| e | 140 | mm |
| W_b | 1044466 | mm ³ |

Berechnung der Torsionsspannung in der Quertraverse

| Position A | | |
|-------------------|--------|-------------------|
| B | 2322 | mm |
| a | 1000 | mm |
| z | 200 | mm |
| m_{Cont} | 32500 | kg |
| W_t | 621563 | mm ³ |
| τ_t | 26 | N/mm ² |

| Position C | | |
|------------|-------|-------------------|
| B | 2322 | mm |
| a | 1000 | mm |
| z | 200 | mm |
| m | 32500 | kg |
| W_t | 49014 | mm ³ |
| τ_t | 325 | N/mm ² |

| Position B | | |
|------------|-------|-------------------|
| B | 2322 | mm |
| a | 1000 | mm |
| z | 200 | mm |
| m | 32500 | kg |
| W_t | 77597 | mm ³ |
| τ_t | 205 | N/mm ² |

Berechnung der polaren Widerstandsmomente der Quertraverse

(Bredt'sche Formeln)

| Widerstandsmoment A | | |
|---------------------|----------|-----------------|
| H | 280 | mm |
| B | 170 | mm |
| t | 7,5 | mm |
| s | 25 | mm |
| I_t | 84793403 | mm ⁴ |
| t_{min} | 7,5 | mm |
| W_t | 621563 | mm ³ |

| Widerstandsmoment C | | |
|---------------------|---------|-----------------|
| H | 280 | mm |
| B | 170 | mm |
| t | 7,5 | mm |
| s | 25 | mm |
| u | 40 | mm |
| I | 1225350 | mm ⁴ |
| t_{max} | 25 | mm |
| W_t | 49014 | mm ³ |

| Widerstandsmoment B | | |
|---------------------|---------|-----------------|
| H | 280 | mm |
| B | 170 | mm |
| t | 7,5 | mm |
| s | 25 | mm |
| I | 1939933 | mm ⁴ |
| t_{max} | 25 | mm |
| W_t | 77597 | mm ³ |

Berechnung der Biegespannung im Twist-Lockträger

| Position 1 | | |
|-------------------|--------|-------------------|
| z | 200 | mm |
| m_{Cont} | 32500 | kg |
| W_b | 104036 | mm ³ |
| σ_b | 153 | N/mm ² |

| Position 2 | | |
|------------|--------|-------------------|
| z | 100 | mm |
| m | 32500 | kg |
| W_b | 103905 | mm ³ |
| σ_b | 77 | N/mm ² |

Berechnung der Widerstandsmomente

| Widerstandsmoment 1 | | |
|---------------------|----------|-----------------|
| H | 200 | mm |
| B | 150 | mm |
| t | 2,5 | mm |
| s | 2,5 | mm |
| I_b | 10403594 | mm ⁴ |
| e | 100 | mm |
| W_b | 104036 | mm ³ |

| Widerstandsmoment 2 | | |
|---------------------|----------|-----------------|
| H | 200 | mm |
| B | 150 | mm |
| t | 2,5 | mm |
| s | 2,5 | mm |
| d | 50 | mm |
| I_b | 10390469 | mm ⁴ |
| e | 100 | mm |
| W_b | 103905 | mm ³ |