



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

## Diplomarbeit

# Neuentwicklung und Inbetriebnahme eines Leuchtenlifts

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

## Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

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

(E307 Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik)

**Projektass. DI Franz Paulischin**

(E307 Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

**Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften**

von

**Thomas Pühringer**



Wien, im Juli 2017

---

Thomas Pühringer





TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

## **Diplomarbeit**

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im Juli 2017

---

Thomas Pühringer



## Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Diplomarbeit unterstützt und motiviert haben.

Besonders möchte ich mich bei meinen Betreuern Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Kartnig sowie Herrn Projektass. DI Franz Paulischin für die fachliche und persönliche Unterstützung bedanken. Außerdem möchte ich mich bei Herrn Markus Schneider für den reibungslosen Ablauf des Fertigungsprozesses, den sorgfältigen Zusammenbau sowie die Unterstützung bei der Problemlösung und Ideenfindung bereits während der Konstruktionsarbeiten bedanken.

Dem Unternehmen REEL TECH Handelsg.m.b.H. möchte ich für die Möglichkeit der Verfassung dieser Diplomarbeit danken. Ein besonderer Dank für die fortwährende intensive Zusammenarbeit gilt hierbei Herrn Raffik F. Kazbour und Herrn Erwin Dietrich.

Meiner Freundin Stephanie Hecht möchte ich für die tägliche Unterstützung und Ermutigung danken.

Mein Dank gilt auch meiner Familie, allen voran meinen Eltern Rosa und Günter Pühringer, die mir mein Studium ermöglicht und mich während meiner Studienzzeit stets durch ihre aufmunternden Worte unterstützt haben.

Nicht unerwähnt bleiben sollten meine Freunde für ihre Begleitung in den letzten Jahren. Sie haben mir stets eine angenehme Abwechslung geboten, die ich in stressigen Zeiten dankend angenommen habe.

## Kurzfassung

Das Gesamtziel der Fa. Reeltech ist die Entwicklung einer Leuchtenliftserie für 80 kg bis 600 kg mit Hubhöhen von bis zu 30 Metern und erhöhten Einsatzzeiten. Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein neuartiges Konzept zu finden und dieses in Form eines Prototyps beziehungsweise Komponententeststandes umzusetzen.

Als Grundlage dient die Analyse von Schadensursachen bestehender Produkte. Mit diesen Erkenntnissen können vorhandene Probleme identifiziert und in der Neuentwicklung vermieden werden.

Im theoretischen Teil der Arbeit wird die Möglichkeit zur methodische Vorgehensweise in der Produktentwicklung beschrieben, welche später im praktischen Teil angewendet wird. Mit der genauen Definition der Anforderungen werden mehrere Konzepte entwickelt und das am besten geeignete ausgewählt. Nach der Konzeptfindung, Konzeptbewertung und Konzeptauswahl werden alle Bauteile als 3D-CAD Modell konstruiert und zu einem realitätstreuen Modell des Komponententeststandes zusammengefügt. Mit der Ausarbeitung aller Fertigungsunterlagen konnte mit dem Fertigungsprozess begonnen und der Prüfstand assembliert werden. Dieser fertig zusammengebaute Komponententeststand kann nun für die Untersuchung der Ablegereife der eingesetzten Hebemittel und weiteren Versuchen, wie zum Beispiel Funktionstests der einzelnen Komponenten, eingesetzt werden.

Die abschließende Aufgabe dieser Arbeit ist es, Konzepte für eine spätere Serienfertigung zu entwickeln. Hierfür sind Lösungen, zu den im Prüfstand aufgetretenen Fehlern, im letzten Kapitel der Arbeit angeführt. Die Möglichkeit zur Serienfertigung des Gehäuses als Druckgussbauteil wird näher ausgearbeitet.

## Abstract

The overall objective of the company Reeltech is to invent a brand-new lighting-lift product line for weights from 80 kg to 600 kg and a maximum lowering distance of 30 meters. Compared to already existing lighting-lift types the time of usage should be increased. The aim of this paper is to find a new and innovative concept realized in a prototype.

The concept finding process is based on the damage analysis of already existing products, which enables the identification of causes of failure so that they can be avoided in the new design.

The theoretical part of this paper covers the description of the methodical procedure in product development. This procedure is shown in the practical part with the invention of the new lighting-lifts. The precise definition of the requirements allows the elaboration of various concepts and the selection of the most suitable one. After the conceptual design, evaluation and selection all parts of the new lighting-lift prototype are constructed as a 3D-CAD model. The assembling of all components results in a realistic virtual model of the component test stand. After finishing the detail design, the manufacturing process has started and the prototype was assembled. With the test stand of the new lighting-lift, the timely discard of fiber ropes or other tests of all functions can be set up.

The final task of this paper is to find concepts for the future realization of the serial production. Therefore, the last chapter offers solutions to problems that have occurred during the test and furthermore elaborates a possibility to realize a die-cast housing.



# Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	I
Kurzfassung.....	II
Abstract .....	III
Inhaltsverzeichnis .....	I
1 Einleitung .....	1
1.1 Ausgangssituation .....	1
1.2 Aufgabenstellung allgemein .....	2
2 Theoretische Grundlagen Produktentstehungsprozess (PEP).....	4
2.1 Methodisches Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung .....	9
2.1.1 Erarbeitung der Anforderungsliste .....	10
2.1.2 Inhalt der Anforderungsliste .....	14
2.2 Methodisches Konzipieren .....	15
2.2.1 Abstrahieren zum Erkennen wesentlicher Probleme .....	16
2.2.2 Aufstellen von Funktionsstrukturen .....	16
2.2.3 Aufstellen der Wirkstruktur .....	17
2.2.4 Auswählen von günstigen Lösungsvarianten.....	18
2.2.5 Bewertung von Lösungsvarianten.....	21
2.3 Methodisches Entwerfen .....	26
2.3.1 Hauptarbeitsschritte Entwurfsprozess.....	26
2.3.2 Gestaltungsgrundregeln.....	28
2.4 Methodisches Ausarbeiten .....	28
2.4.1 Arbeitsschritte beim Ausarbeiten .....	29
3 Analyse bestehender Produkte .....	30
3.1 Analyse bestehender Lifte .....	30
3.2 Analyse des auf Kunststoffseil umgerüsteten Liftes .....	33
3.3 Analyse des Kunststofffaserseiles .....	34
4 Praktische Umsetzung im Projekt Dual Lift .....	37
4.1 Anforderungsliste Dual Lift .....	37
4.1.1 Aufstellen der Anforderungsliste Dual Lift .....	37
4.2 Konzept Dual Lift .....	43

4.2.1	Abstrahieren.....	43
4.2.2	Funktionsstruktur Dual Lift .....	44
4.2.3	Wirkstruktur Dual Lift.....	45
4.2.4	Beschreibungen Morphologischer Kasten .....	51
4.2.5	Günstige Lösungsvarianten .....	65
4.2.6	Beschreibung Konzept 1 .....	72
4.2.7	Beschreibung Konzept 2.....	75
4.2.8	Beschreibung Konzept 3.....	77
4.2.9	Beschreibung Konzept I.....	79
4.2.10	Beschreibung Konzept II.....	80
4.2.11	Bewertung der Lösungsvarianten .....	80
4.2.12	Ausarbeitung Konzept 2I .....	87
4.2.13	Ausarbeitung Konzept 3I .....	90
4.2.14	Bewertung und Auswahl .....	91
4.3	Entwurf Dual Lift Komponententeststand .....	93
4.3.1	Baugruppe Seiltrommel .....	95
4.3.2	Baugruppe Seilführung .....	103
4.3.3	Baugruppe Verriegelung.....	108
4.3.4	Baugruppe Lastteller .....	111
4.3.5	Baugruppe Gehäuse.....	114
4.3.6	Sensorik.....	117
5	Ausarbeitung.....	121
5.1	Nummerierungssystem.....	121
5.1.1	Zeichnungsart .....	121
5.1.2	Baugruppennummer .....	121
5.1.3	Blatt im Zeichnungsregister .....	122
6	Ausblick und Erkenntnisse .....	123
6.1	Versuche am Komponententeststand.....	124
6.2	Konzept für ein Gussgehäuse .....	126
6.3	Seile .....	129
6.4	Baugrößenanpassung .....	130
6.5	Notwendige Änderungen .....	130

6.5.1	Schlaffseilsensor .....	130
6.5.2	Positionierung Endlagenschalter Verriegelung .....	131
7	Anhang.....	132
7.1	Analyse bestehender Produkte .....	132
7.1.1	Schwachstellenanalyse.....	132
7.1.2	Analyse Überhitzung .....	132
7.1.3	Zugprüfversuch .....	138
7.2	Entscheidung Mehrseilssystemtyp .....	139
7.3	Verträglichkeitsmatrizen .....	141
7.4	Auswahllisten .....	142
7.5	Berechnungen Seiltrieb .....	147
7.5.1	Zugmittel .....	147
7.5.2	Seiltrommel .....	147
7.5.3	Antriebsstrang.....	149
7.5.4	Trommelwelle mit Motorenhalterung .....	157
7.5.5	Trommellagerung.....	163
7.5.6	Seilendbefestigung .....	164
7.6	Berechnungen Seilführung .....	165
7.6.1	Umlenkrollen .....	166
7.6.2	Wellenführung.....	167
7.6.3	Gewindespindel mit Übertrieb .....	175
7.6.4	Schlaffseilsensor .....	178
7.7	Berechnungen Verriegelung .....	179
7.7.1	Verriegelungsblech .....	179
7.7.2	Verriegelungsbolzen .....	179
7.8	Berechnungen Lastteller.....	180
7.9	Berechnungen Gehäuse.....	181
7.9.1	Deckenbefestigung Gewindestangen .....	181
7.9.2	Deckenbefestigung Ringschrauben .....	181
7.9.3	Grundplatte .....	184
7.10	Stückliste.....	185
7.11	Datenblätter der Zukaufteile .....	189

---

7.12	Zeichnungen .....	225
7.13	Morphologischer Kasten Übersicht .....	227
8	Literaturverzeichnis .....	228
9	Abbildungsverzeichnis .....	231
10	Formelverzeichnis .....	234
11	Tabellenverzeichnis .....	235
12	Abkürzungsverzeichnis .....	236

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Beleuchtungskörper erfordern stets einen unbedingt notwendigen Wartungsaufwand. Größtenteils sind sie in großen Höhen montiert und nicht einfach zugänglich. Somit sind für die Wartung der Einsatz von Fachpersonal und schweren Geräten wie Hebebühnen, mehrteilige Leitern mit Spezialteilen zum Aufstellen auf Treppen etc. erforderlich, was wiederum einen erheblichen Kostenaufwand verursacht und mit Gefahren bei der Handhabung verbunden ist. Mit Hilfe eines Leuchtenliftes der Fa. REEL TECH kann der Beleuchtungskörper spannungslos in die gewünschte ungefährliche Arbeitshöhe gebracht und angehalten werden, wodurch Wartungsarbeiten einfach und ohne Einsatz von speziellem Fachpersonal durchgeführt werden können. Die Bedienung erfolgt über eine programmierbare Fernbedienung.<sup>1</sup> Im Normalzustand, d. h. bei Leuchtenbetrieb und Publikumsverkehr, wird der bewegliche Lastteller der Leuchtenlifte über Sicherheitsriegel im Gehäuse verankert und gesichert. Die Last ruht nun vollständig auf dem dafür ausgelegten Haltesystem. Das Seil ist dabei entlastet und dient als separates, unabhängiges Sicherungssystem.<sup>2</sup>

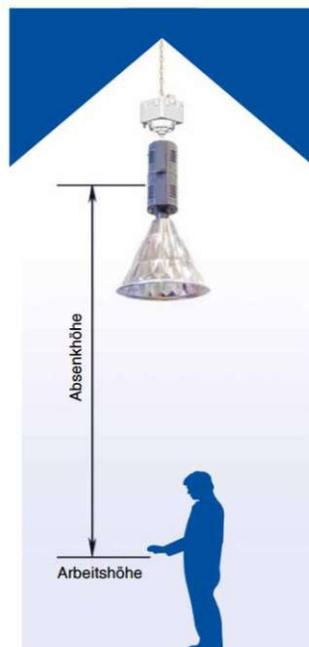


Abbildung 1: Prinzip Leuchtenlift<sup>3</sup>

<sup>1</sup> vgl. REEL TECH, 2017

<sup>2</sup> vgl. REEL TECH, o. J., S. 5

<sup>3</sup> REEL TECH, o. J., S. 5

Moderne Leuchtmittel, wie zum Beispiel die LED Technologie, haben eine relativ hohe Lebensdauer (vgl. *Abbildung 2: Lebensdauer Beleuchtungskörper*), wodurch sich die Wartungsarbeiten meist auf Reinigungsarbeiten und die Wartung der Beleuchtungskörper beschränkt, was wiederum zu relativ niedrigen Einsatzzeiten der Lifte führt. Mit dem Einsatz der Lifte in anderen Bereichen wie zum Beispiel der Werbebranche, für Überwachungskameras oder Rauchmelder, haben sich die Anforderungen stark verändert. Beim Einsatz von Leuchtenliften für Werbebanner und Dekoration müssen die Geräte für eine weitaus höhere Zyklenzahl und höhere Hublasten ausgelegt werden.

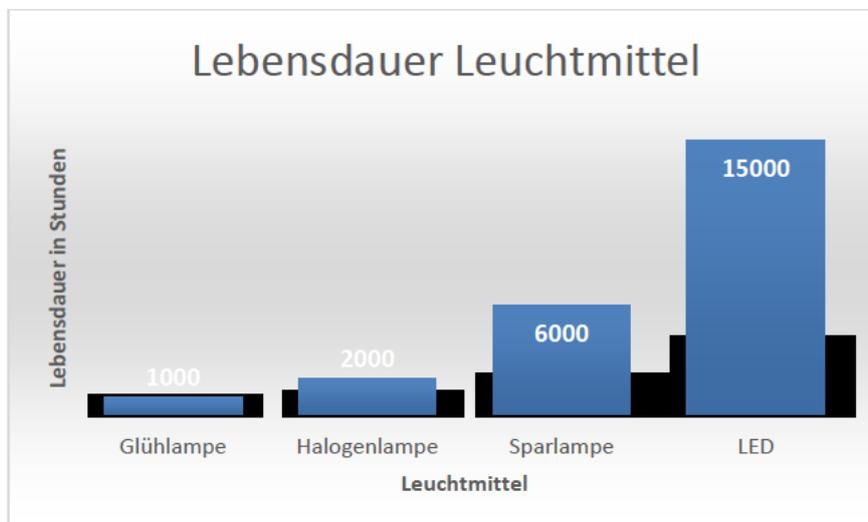


Abbildung 2: Lebensdauer Beleuchtungskörper<sup>4</sup>

## 1.2 Aufgabenstellung allgemein

Auf Grund der oben angeführten neuen Einsatzgebiete hat die Fa. REEL TECH dem Institut für Konstruktionslehre und Technische Logistik den Auftrag für eine Neukonstruktion eines Leuchtenliftes unter Berücksichtigung der neuen Rahmenbedingungen erteilt. Ziel ist nicht die Änderung bestehender Leuchtenlifte, sondern die Entwicklung neuer Konzepte, welche bewertet und ausgewählt werden. Das am besten geeignete Konzept wird in Form eines Komponententeststandes bzw. Prototypen angefertigt. Die zur Fertigung benötigten Unterlagen werden als 2D-Zeichnungsableitungen ausgearbeitet. Für eine spätere Serienproduktion wird ein mögliches Konzept in Form eines 3D CAD Modells ausgearbeitet. Bei der Konstruktion ist es unbedingt erforderlich darauf zu achten, dass die neu entwickelten Produkte den Sicherheitsvorschriften genügen und somit weiterhin eine TÜV-Süd Zertifizierung erhalten werden kann. Die „zwei voneinander unabhängigen Sicherungen für frei

<sup>4</sup> vgl. Gasser & Tschudy, 2012, S. 59

hängende elektrische Betriebsmittel über 5kg in Räumen für Besucher und auf Bühnen<sup>5</sup> sind hierbei unumgänglich.

Um schon im Vorhinein bestehende Probleme ausschließen zu können, werden aus der Produktpalette der Fa. REEL TECH defekte, sowie funktionsfähige Lifte unterschiedlicher Hubhöhen und Hublasten zur Schwachstellenanalyse bereitgestellt.

Bei der Produktentwicklung soll auf bestehende Methoden zur strukturierten Vorgehensweise, wie von Pahl/Beitz im Standardwerk „Konstruktionslehre“<sup>6</sup> sowie in der VDI Richtlinie VDI 2221<sup>7</sup> beschrieben, zurückgegriffen werden.

Die methodische Vorgehensweise ist deshalb so wichtig, da der Entwickler bzw. Konstrukteur Lösungen systematisch mit Hilfe entsprechender Methoden erarbeitet, bewertet und auswählt. Dadurch ist man nicht darauf angewiesen, im richtigen Augenblick einen guten Einfall für eine passende Lösung zu haben.<sup>8</sup>

---

<sup>5</sup> DIN VDE 0100-718 Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-718: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Öffentliche Einrichtungen und Arbeitsstätten, 2014, S. 6

<sup>6</sup> Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2013

<sup>7</sup> VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, 1993

<sup>8</sup> vgl. Pahl u. a., 2013, S. 349

## 2 Theoretische Grundlagen Produktentstehungsprozess (PEP)

In diesem Kapitel der Diplomarbeit wird die methodische Vorgehensweise während des Produktentstehungsprozesses beschrieben. Dabei wird hauptsächlich auf die von Pahl und Beitz<sup>9</sup> und in der VDI 2221<sup>10</sup> beschriebenen Methoden zurückgegriffen.

Die Entwicklung eines Produktes geschieht nicht in einem gesamten Prozessschritt, sondern in vielen einzelnen. Diese werden zusammen als „Produktentstehungsprozess“ (PEP) bezeichnet. Dieser fasst die Arbeitsschritte von der Produktidee bis zum fertigen Bauteil zusammen. Wurden zu Beginn der Industrialisierung Produkte von ein und derselben Person erdacht und hergestellt, so ist durch die Teilung dieser Arbeitsschritte eine modellhafte Abbildung notwendig geworden. Diese Modelle müssen alle Eigenschaften des Produkts im ganzen Produktlebenszyklus widerspiegeln. Die Qualität des erarbeiteten Modells ist ausschlaggebend für den Erfolg beim Konstruieren. Die Summe aller Arbeitsschritte zur Definition des Modells, also von der Idee bis zur Erzeugung der Fertigungsunterlagen wird als Entwicklungs- und Konstruktionsprozess (EKP) bezeichnet. Dieser Teilprozess ist je nach Komplexität des Produkts selbst sehr umfangreich und deshalb wird bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts versucht diesen systematisch zu strukturieren.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> vgl. Pahl u. a., 2013

<sup>10</sup> vgl. VDI 2221 - *Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*, 1993

<sup>11</sup> vgl. Pahl u. a., 2013, S. 11f

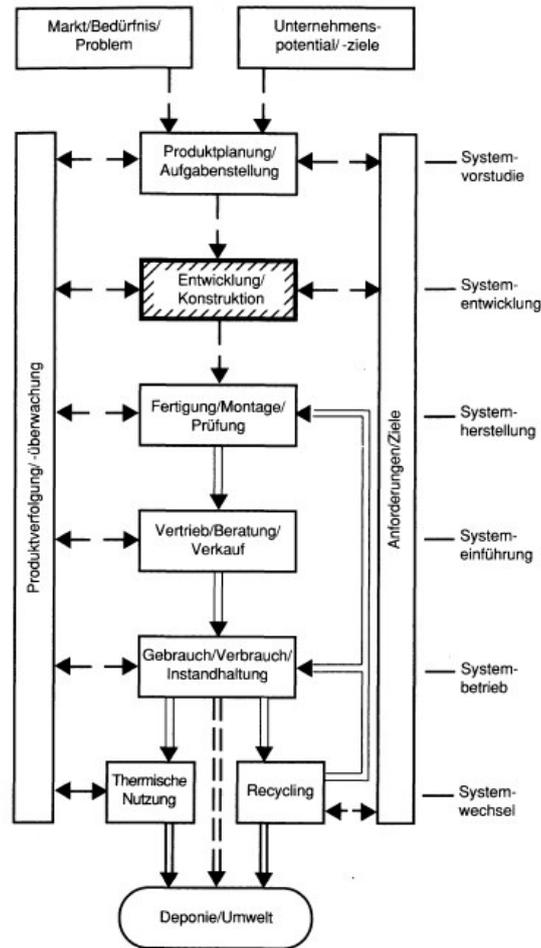


Abbildung 3: Produktkreislauf

Die zentrale Bedeutung des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses im Produktentstehungsprozess ist schematisch in *Abbildung 3: Produktkreislauf* dargestellt. Es werden die Ergebnisse und Erfahrungen aller Phasen des Produktlebenszyklus miteinbezogen. Dabei hängt der Erfolg der Produktentwicklung stark von den Informationsflüssen zum und vom Umfeld ab.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> vgl. VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, 1993, S. 8

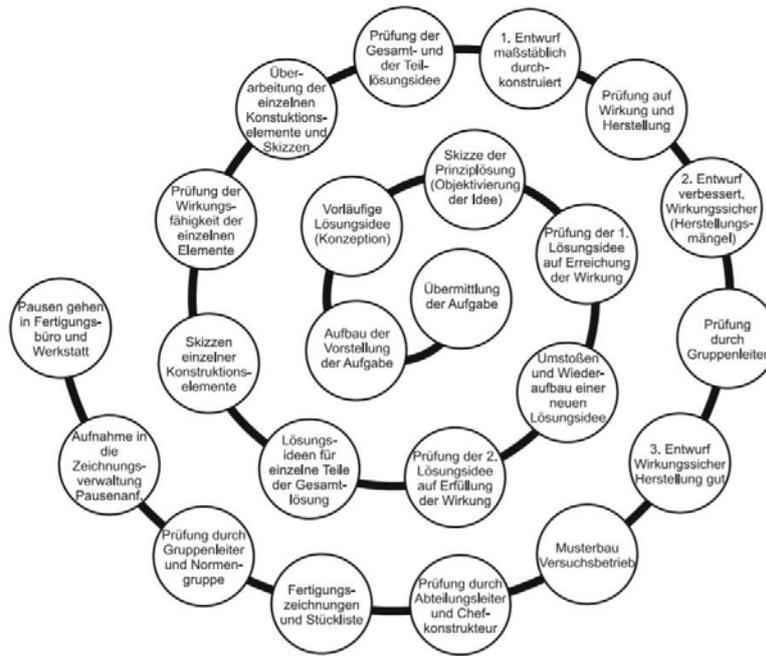


Abbildung 4: Ansatz eines systematisch strukturierten Konstruktionsprozesses<sup>13</sup>

Ein erster Ansatz zur Strukturierung des Konstruktionsprozesses ist in *Abbildung 4: Ansatz eines systematisch strukturierten Konstruktionsprozesses* dargestellt. In dem von Wögerbauer<sup>14</sup> definierten Modell lassen sich bereits die Hauptschritte des späteren Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses ablesen:

- Aufgabe klären
- Lösungsidee entwickeln
- Bewerten der Lösung
- Verbessern der Lösung
- Erstellen der Herstellungsunterlagen<sup>15</sup>

Der Prozess wurde anschließend verfeinert und von verschiedenen Verfassern auf ähnliche Art und Weise definiert. Das von Pahl und Beitz entwickelten Modell (*Abbildung 5: Hauptarbeitsschritte beim Planen und Konzipieren*) soll hier als Beispiel angeführt werden, da es eine sehr anschauliche, klare Version des in seinen Hauptarbeitsschritten aufgegliederten Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses ist.<sup>16</sup>

<sup>13</sup> Pahl u. a., 2013, S. 15

<sup>14</sup> Wögerbauer, 1942

<sup>15</sup> vgl. Pahl u. a., 2013, S. 14

<sup>16</sup> vgl. Pahl u. a., 2013, S. 16

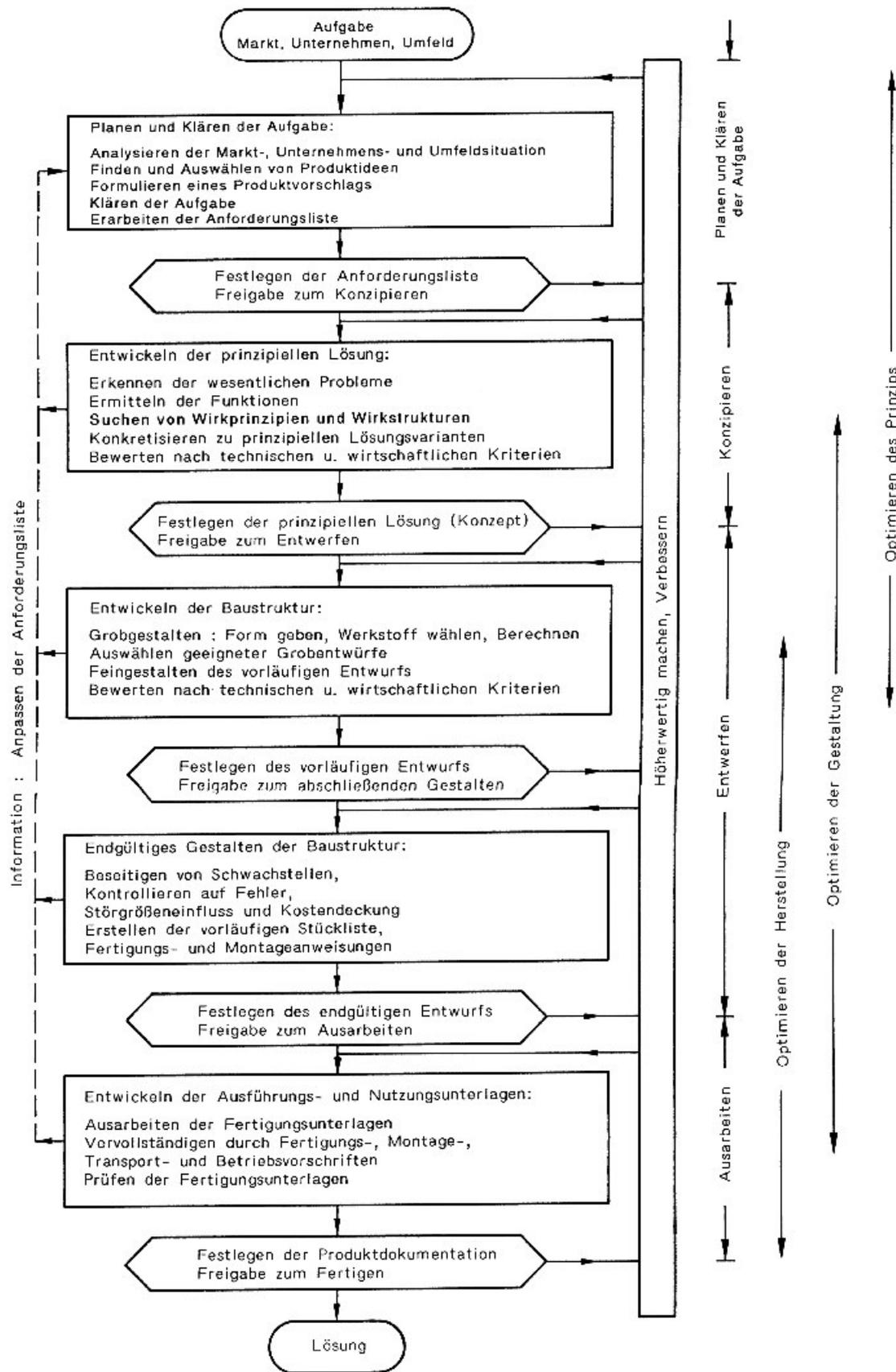


Abbildung 5: Hauptarbeitsschritte beim Planen und Konzipieren<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Pahl, Beitz, Feldhusen, & Grote, 2007, S. 198

Der gesamte Prozess wird in vier Phasen eingeteilt. In diesen Phasen ergeben sich durch das Durchführen der fünf Hauptarbeitsschritte die dazugehörigen fünf Arbeitsergebnisse. Wie in der Abbildung ersichtlich, handelt es sich beim Entwicklungs- und Konstruktionsprozess nicht um einen Prozess, der einmal von oben nach unten durchlaufen wird und danach ein Ergebnis liefert. Es handelt sich vielmehr um einen iterativen Vorgang, bei dem zwischen den einzelnen Arbeitsschritten oft mehrmals hin- und hergesprungen werden muss. In der allgemein gültigen Richtlinie VDI 2221 werden die entwickelten Modelle und Erkenntnisse zum Entwicklungs- und Konstruktionsprozess in einem sehr ähnlichen Prozessmodell zusammengeführt. Verglichen mit dem von Pahl Beitz entwickelten Prozess handelt es sich nicht um fünf, sondern um sieben Arbeitsschritte, mit den dazugehörigen Arbeitsergebnissen.<sup>18</sup> Wie in der Tabelle unten abgebildet, ist ersichtlich, dass die Grundarbeitsschritte die gleichen sind.

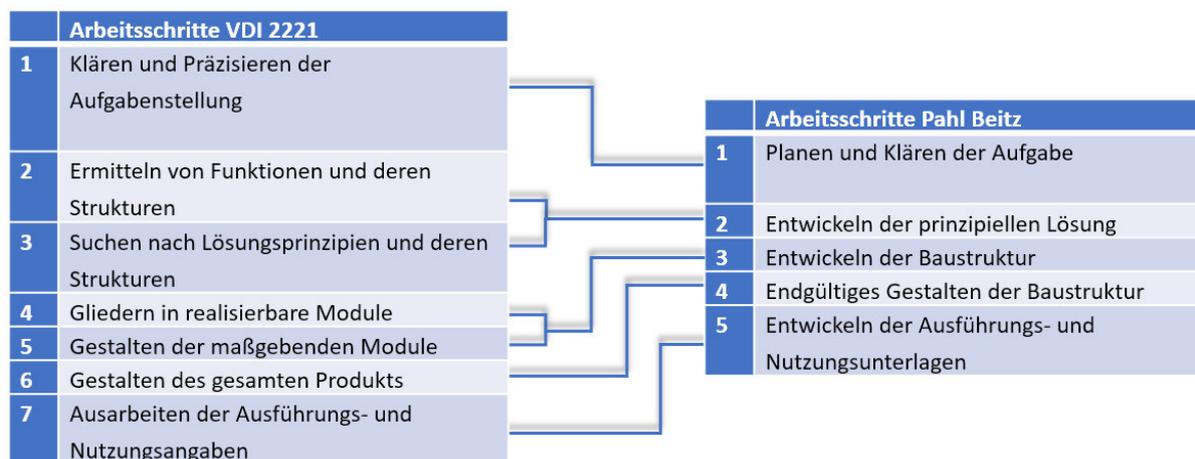


Abbildung 6: Gegenüberstellung VDI 2221 - Pahl Beitz

Wie in der Aufgabenstellung erwähnt, ist das endgültige Ziel der Leuchtenlift-Produktentwicklung eine Serienfertigung. Die Vorgangsweise der Produktentstehung für ein Großserien-Produkt soll mit Hilfe der *Abbildung 7: Phasen der Produktentstehung* veranschaulicht werden.

<sup>18</sup> vgl. Pahl u. a., 2013, S. 16f; vgl. *VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*, 1993, S. 9f

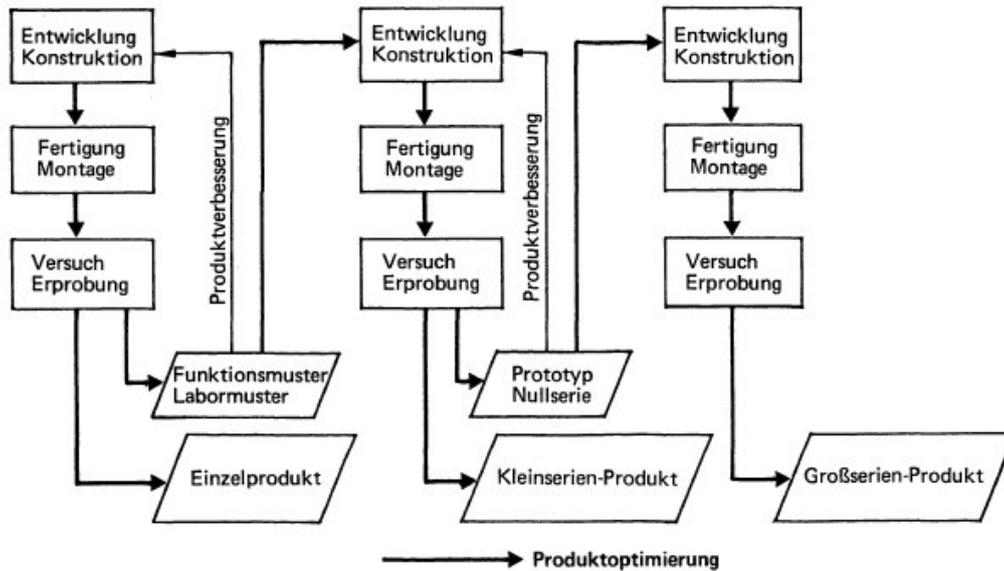


Abbildung 7: Phasen der Produktentstehung<sup>19</sup>

Ein einmaliger Durchlauf des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses, wie es bei der Entwicklung eines Einzelproduktes vorgesehen ist, wäre bei einem Serienprodukt zu risikoreich. Untersuchungsergebnisse mit Hilfe eines Labormusters beziehungsweise Prototypen fließen zur Verbesserung in einen erneuten Entwicklungs-, Konstruktions- und Fertigungszyklus ein. Dieser Vorgang kann für eine Großserienfertigung noch einmal wiederholt werden.<sup>20</sup>

In den folgenden Kapiteln, sollen nun die Arbeitsphasen, mit den dazugehörigen Arbeitsschritten des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses, näher ausgeführt werden.

## 2.1 Methodisches Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung

Eine Anforderung ist eine Vorgabe, deren Erfüllung den zielgerichteten Verlauf des jeweiligen Konstruktionsprozesses steuert und/oder die Eigenschaften des betreffenden Produktes bestimmt.<sup>21</sup>

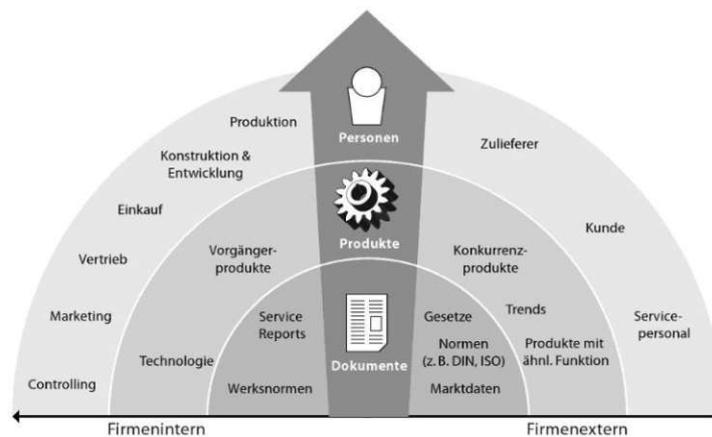
In dieser Arbeitsphase geht es darum, alle Zusammenhänge, die mit der Aufgabe verknüpft sind, zu klären. Informationen zu allen Lebensphasen des Produktes müssen beschaffen und ausgewertet werden. Das Ziel dieser Auswertung ist die

<sup>19</sup> VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, 1993, S. 8

<sup>20</sup> vgl. VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, 1993, S. 8

<sup>21</sup> Kickermann, 1995, S. 23

Erstellung einer sogenannten Anforderungsliste.<sup>22</sup> Hierbei ist es notwendig, sowohl interne als auch externe Quellen heranzuziehen. Was solche Quellen sein könnten, ist in der *Abbildung 8: Mögliche Anforderungsquellen* dargestellt.



**Abbildung 8: Mögliche Anforderungsquellen<sup>23</sup>**

Ein Hauptgrund für Verzögerungen im Projekt sind oftmals eine ungenaue Definition der Ziele sowie eine unklare Beschreibung der Anforderungen an das Produkt. Dies kann zu zusätzlichen Iterationsvorgängen im Produktentstehungsprozess führen, was wiederum zusätzliche Kosten verursacht. Es geht im Grunde darum, die Barriere zwischen Hersteller und Kunden zu überwinden. Dadurch können die genauen Anforderungen schon am Beginn des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses festgelegt und später auftretende Misserfolge und kostspielige Änderungen ausgeschlossen werden.<sup>24</sup> Die Erstellung der Anforderungsliste ist mit großem Aufwand verbunden, welcher sich jedoch auf Grund des direkten Zusammenhangs mit dem Erfolg des Produktes lohnt.<sup>25</sup>

### 2.1.1 Erarbeitung der Anforderungsliste

Sobald ein Lastenheft mit dem Kunden vereinbart wird, tritt die Entwicklungsabteilung in die Klärungsphase zur Erstellung einer Anforderungsliste ein. In dieser Phase wird geprüft, ob die gewünschten Punkte technisch realisierbar, beziehungsweise ob diese gewinnbringend umsetzbar sind. Als Grundlage für die Klärungsphase dient das mit dem Kunden vereinbarte Lastenheft. Als Ergebnis erhält man ein sogenanntes Pflichtenheft, welches den Realisierungsvorschlag unter der Vorgabe des

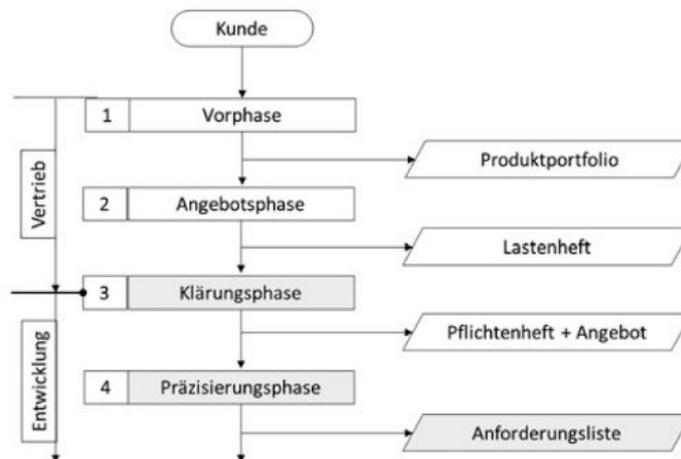
<sup>22</sup> vgl. Naefe, 2009, S. 36

<sup>23</sup> Pahl u. a., 2013, S. 328

<sup>24</sup> vgl. Ehrlenspiel, Kiewert, Lindemann, & Mörtl, 2014, S. 58

<sup>25</sup> vgl. Roth & Roth, 1994, S. 64

Lastenheftes beinhaltet. Nun kann, wie in *Abbildung 9: Phasen bis zur Erstellung der Anforderungsliste* dargestellt, ein Angebot bzw. Vertrag erstellt werden.<sup>26</sup>



**Abbildung 9: Phasen bis zur Erstellung der Anforderungsliste<sup>27</sup>**

In der *Abbildung 10: Hauptarbeitsschritte zur Erstellung der Anforderungsliste* ist die zweistufige Vorgehensweise zur Erstellung einer Anforderungsliste beschrieben. Nach dem Erkennen und Dokumentieren der offensichtlichen Anforderungen ist es notwendig, diese mit Hilfe entsprechender Methoden wie zum Beispiel dem Einsatz einer Hauptmerkmaliste oder der Szenario Technik zu ergänzen bzw. weiter zu spezifizieren. Die ermittelten Anforderungen lassen sich weiters in Forderungen und Wünsche gliedern. Anforderungen, die das Produkt bedingungslos erfüllen muss, werden als „Forderung“ gekennzeichnet. Dies können die vorgegebenen Rahmenbedingungen, aber auch Sicherheitsvorschriften, Normen oder Richtlinien sein. Eigenschaften, welche durch einen zulässigen Mehraufwand die Mindestanforderungen überschreiten beziehungsweise erweitern, sollen mit dem Vermerk „Wunsch“ auch in die Anforderungsliste aufgenommen werden. Um bei einer späteren Beurteilung verschiedener Varianten einen Mehrwert eines Konzeptes erkennen zu können ist die Kennzeichnung von Forderungen und Wünschen sehr wichtig. Je genauer dieses Verzeichnis aller Forderungen und Wünsche mit Zahlenangaben oder verbal präzisiert wird, desto hilfreicher ist die Anforderungsliste bei der späteren Konstruktionsaufgabe.<sup>28</sup>

<sup>26</sup> vgl. Pahl u. a., 2013, S. 319

<sup>27</sup> Pahl u. a., 2013, S. 320

<sup>28</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 214f

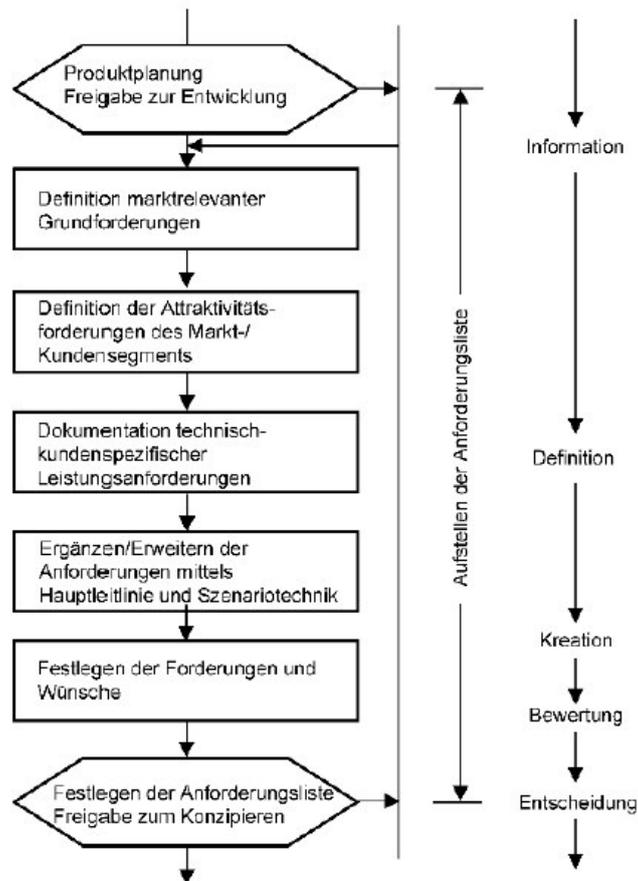


Abbildung 10: Hauptarbeitsschritte zur Erstellung der Anforderungsliste<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Pahl u. a., 2007, S. 214

Bei der Ergänzung der Anforderungen mit Hilfe einer Leitlinie wird der gesamte Lebenszyklus betrachtet. Es können dazu folgende Aspekte herangezogen werden:

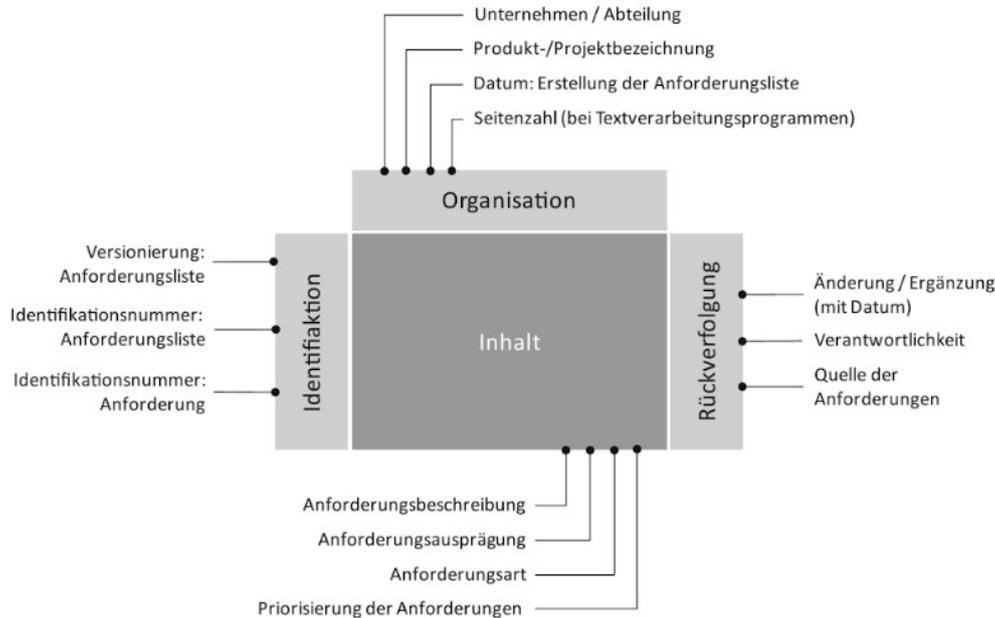
Hauptmerkmal	Beispiele
Geometrie	Größe, Höhe, Breite, Länge, Durchmesser, Raumbedarf, Anzahl, Anordnung, Anschluss, Ausbau und Erweiterung
Kinematik	Bewegungsart, Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit, Beschleunigung
Kräfte	Kraftgröße, Kraftrichtung, Krafthäufigkeit, Gewicht, Last, Verformung, Steifigkeit, Federeigenschaften, Stabilität, Resonanzen
Energie	Leistung, Wirkungsgrad, Verlust, Reibung, Ventilation, Zustandsgrößen wie Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Erwärmung, Kühlung, Anschlussenergie, Speicherung, Arbeitsaufnahme, Energieumformung
Stoff	Physikalische und chemische Eigenschaften des Eingangs- und Ausgangsprodukts, Hilfsstoffe, vorgeschriebene Werkstoffe (Nahrungsmittelgesetz u. ä.), Materialfluss und -transport
Signal	Eingangs- und Ausgangssignale, Anzeigeart, Betriebs- und Überwachungsgeräte, Signalform
Sicherheit	Unmittelbare Sicherheitstechnik, Schutzsysteme, Betriebs-, Arbeits- und Umweltsicherheit
Ergonomie	Mensch-Maschine-Beziehung: Bedienung, Bedienungsart, Übersichtlichkeit, Beleuchtung, Formgestaltung
Fertigung	Einschränkung durch Produktionsstätte, größte herstellbare Abmessung, bevorzugtes Fertigungsverfahren, Fertigungsmittel, mögliche Qualität und Toleranzen
Kontrolle	Mess- und Prüfmöglichkeit, besondere Vorschriften (TÜV, ASME, DIN, ISO, AD-Merkblätter)
Montage	Besondere Montagevorschriften, Zusammenbau, Einbau, Baustellenmontage, Fundamentierung
Transport	Begrenzung durch Hebezeuge, Bahnprofil, Transportwege nach Größe und Gewicht, Versandart und -bedingungen
Gebrauch	Geräuscharmheit, Verschleißrate, Anwendung und Absatzgebiet, Einsatzort (z. B. schwefelige Atmosphäre, Tropen,...)
Instandhaltung	Wartungsfreiheit bzw. Anzahl und Zeitbedarf der Wartung, Inspektion, Austausch und Instandsetzung, Anstrich, Säuberung
Recycling	Wiederverwendung, Wiederverwertung, Entsorgung, Endlagerung, Beseitigung
Kosten	Max. zulässige Herstellkosten, Werkzeugkosten, Investition und Amortisation
Termin	Ende der Entwicklung, Netzplan für Zwischenschritte, Lieferzeit

Abbildung 11: Leitlinie zur Erweiterung der Anforderungsliste<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Pahl u. a., 2007, S. 220

## 2.1.2 Inhalt der Anforderungsliste

Die Kernbereiche einer Anforderungsliste sind in der *Abbildung 12: Aufbau einer Anforderungsliste* angegeben und sollen kurz erläutert werden:



**Abbildung 12: Aufbau einer Anforderungsliste<sup>31</sup>**

- Organisation:**  
 Anmerkung der Informationen wie zum Beispiel Erstellungsdatum, zuständige Abteilung oder ähnliches. Diese Informationen werden meist im Kopfbereich der Liste platziert.
- Identifikation:**  
 Informationen zur sinnvollen Verwaltung der gesamten Anforderungsliste und der einzelnen Anforderungen sind unbedingt erforderlich. Ohne Identifikationsnummer sowie Versionsnummer ist eine Datenverwaltung nicht durchsichtig umzusetzen.
- Inhalt:**  
 In diesem Punkt werden die Anforderungen an das Produkt schriftlich dokumentiert.
- Rückverfolgung:**  
 Hier werden alle Informationen erfasst, um Änderungen schlüssig nachvollziehen zu können. Es ist sinnvoll die Quelle, aus der die Änderung hervorgegangen ist, mit anzugeben. Somit ist es im Nachhinein möglich, Beweggründe für Änderungen oder Ergänzungen zu klären.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> Pahl u. a., 2013, S. 322

<sup>32</sup> vgl. Pahl u. a., 2013, S. 322ff

## 2.2 Methodisches Konzipieren

Ziel des methodischen Konzipierens ist das Festlegen auf ein Lösungsprinzip. Dies geschieht durch Abstrahieren der Aufgabe auf die wesentlichen Probleme, der Erstellung von einer oder mehrerer Funktionsstrukturen und deren Kombination in einer Wirkstruktur. Die Auswahl eines Lösungsprinzips wird durch Bewertungsverfahren der verschiedenen Konzepte durchgeführt. Hierbei handelt es sich um den Arbeitsschritt zwei nach Pahl Beitz bzw. um die Arbeitsschritte zwei und drei nach VDI 2221 (vgl. *Abbildung 6: Gegenüberstellung VDI 2221 - Pahl Beitz*) des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses.<sup>33</sup>

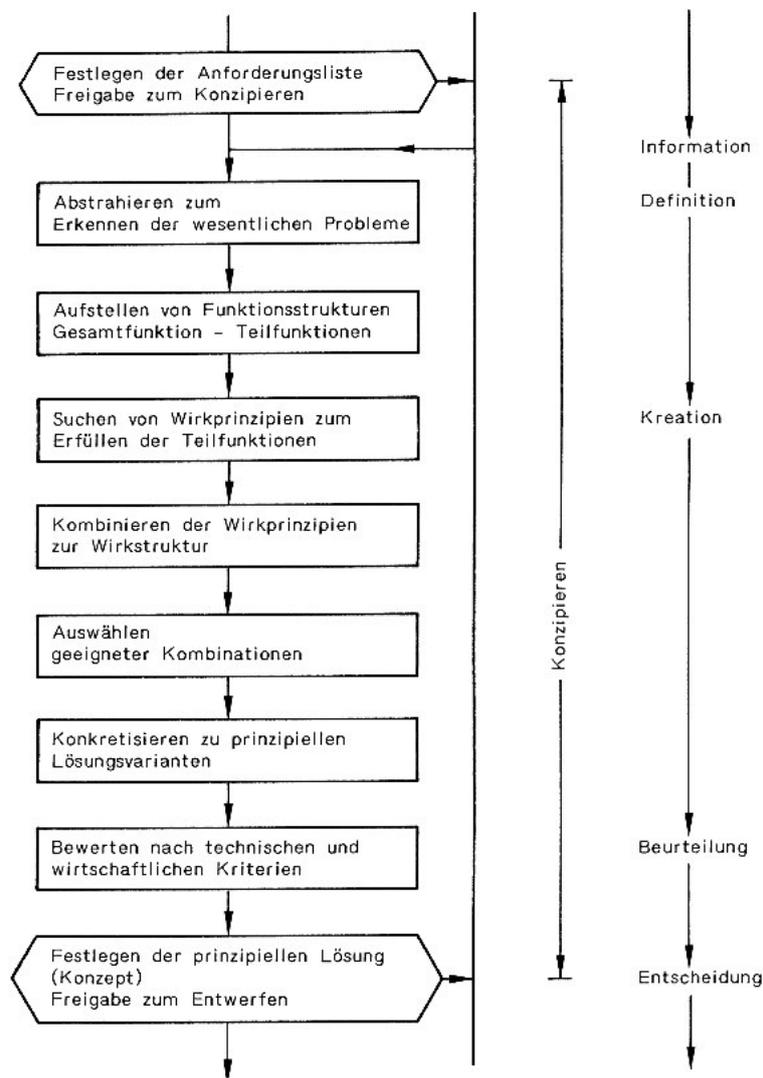


Abbildung 13: Arbeitsschritte beim Konzipieren<sup>34</sup>

<sup>33</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 231; vgl. *VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*, 1993, S. 10

<sup>34</sup> Pahl u. a., 2007, S. 232

### 2.2.1 Abstrahieren zum Erkennen wesentlicher Probleme

Bekannte und bewährte Technologien zur Umsetzung eines Produkts erscheinen oftmals als der „sichere“ Weg beim Konstruieren. Diese Herangehensweise schränkt jedoch die Sicht auf mögliche neue, einem noch unbekannte und dadurch eventuell risikoreichere Lösungswege ein. Um jedoch neue Technologien nicht von vornherein auszuschließen, ist es hilfreich die Problemstellung auf die Grundfunktionen zu verallgemeinern. Mit einer neutralen Lösungsformulierung der Gesamtfunktion des zu entwickelnden Produkts ist ein solider Grundstein mit genügend Freiraum zur Findung von verschiedenen Lösungsansätzen gelegt.<sup>35</sup>

### 2.2.2 Aufstellen von Funktionsstrukturen

Mit der neutralen Problemformulierung ist die Gesamtaufgabe bereits im Wesentlichen formuliert. Der Zweck ist also bekannt. Es kann nun näher auf die Funktionen eingegangen werden. Mittels Verwendung einer Blockdarstellung kann nun zunächst die Gesamtfunktion angegeben werden. Als weitere Schritte werden die Teilfunktionen, welche zur Erfüllung der Gesamtfunktion notwendig sind, gesucht. Hierbei ist es wegen der Übersichtlichkeit zweckmäßig nicht sofort in eine sehr detailreiche Darstellung überzugehen, sondern sich der Funktionsstruktur in unterschiedlichen Detaillierungsebenen mit steigender Komplexität anzunähern (*vgl. Abbildung 14: Funktionsstruktur in unterschiedlichen Detaillierungsebenen*). Es werden für die Teilfunktionen Energie-, Stoff- sowie Signalfuss zur Formulierung herangezogen. Eine allgemeine nicht auf anwendbare Lösungen basierende Beschreibung ist für einen uneingeschränkten Konzeptfindungsprozess notwendig. Wie der Name Funktionsstruktur schon verdeutlicht, soll wirklich nur auf die einzelnen Funktionen des Produkts eingegangen werden.<sup>36</sup>

---

<sup>35</sup> vgl. Pahl u. a., 2013, S. 342f

<sup>36</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 243–248; vgl. *VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*, 1993, S. 10

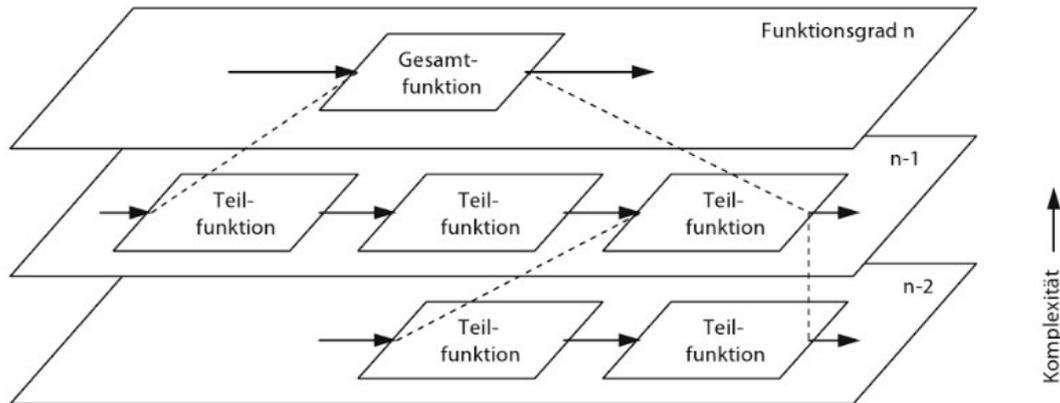


Abbildung 14: Funktionsstruktur in unterschiedlichen Detaillierungsebenen<sup>37</sup>

Grundsätzlich soll gelten, dass alle Funktionen in der Funktionsstruktur gleich wichtig sind. Nebenfunktionen scheinen einen weniger starken Wert zu haben als Hauptfunktionen. Es sollen jedoch in der Funktionsstruktur nur für die Aufgabe notwendige Funktionen aufgelistet sein, was wiederum bedeutet, dass alle Funktionen gleich wichtig sind, da sie für die Lösung unbedingt notwendig sind.<sup>38</sup>

### 2.2.3 Aufstellen der Wirkstruktur

Mit der Suche nach, zu den vorphysikalischen Teilfunktionen passenden, Wirkprinzipien und dem Zusammenfassen dieser in der Wirkstruktur beginnt nun der Prozess nach dem Finden konkreter Lösungen zur Erfüllung der logischen und allgemeinen Funktionsstruktur.<sup>39</sup>

Diese Aufgabe wird zur anspruchsvollsten für den Ingenieur werden, da entweder für bekannte Funktionen neue Lösungen gesucht oder für komplett unbekannte neue realisiert werden müssen. Für eine erfolgreiche, uneingeschränkte Lösungsfindung ist es besonders wichtig, sein Denken soweit wie möglich zu öffnen. Eine Grundlage hierfür ist es, durch den richtigen Abstraktionsgrad der Funktionen das Suchfeld nicht einzuschränken.<sup>40</sup> Durch das Zerlegen des Problems in seine Bestandteile wurde es überschaubar gemacht. Es muss keine neue Gesamtlösung gefunden werden, sondern Lösungen werden für die einzelnen Teile gesucht. Durch dieses bewusst gesteuerte diskursive Denken wird einem ein größerer Kreativitätsbereich eröffnet und es können leichter viele unterschiedliche und neue Wirkprinzipien erarbeitet werden.<sup>41</sup>

<sup>37</sup> Pahl u. a., 2013, S. 345

<sup>38</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 255

<sup>39</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 255; vgl. VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, 1993, S. 22

<sup>40</sup> vgl. Naefe, 2009, S. 67

<sup>41</sup> vgl. Naefe, 2009, S. 69; vgl. Pahl u. a., 2013, S. 368f

Wie oben schon erwähnt soll nochmals betont werden, dass dieser Schritt zu mehreren Lösungsvarianten, einem sogenannten Lösungsfeld, führen soll.<sup>42</sup>

Als Ordnungsschema der gewonnenen Lösungen hat sich die Eintragung auch mit der Verwendung von Prinzipskizzen in den morphologischen Kästen nach Zwicky bewährt. Es werden in einer Tabelle (siehe *Abbildung 15: Morphologischer Kasten*) die Teilfunktionen auf der Ordinate und die dazugehörigen Lösungen auf der Abszisse eingetragen.<sup>43</sup>

Teilfunktion \ Teillösung	1	2	3	4
A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	
B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>		
C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>		
D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>

**Abbildung 15: Morphologischer Kasten<sup>44</sup>**

Eine Gesamtlösung kann nun ermittelt werden, indem man jeweils ein Element aus einer Zeile mit einem der nächsten Zeile kombiniert. Die Anzahl der unterschiedlichen Lösungsvarianten hängt sowohl von der Anzahl der Lösungen von jeder einzelnen Teilfunktion als auch von der Verträglichkeit untereinander ab.<sup>45</sup>

## 2.2.4 Auswählen von günstigen Lösungsvarianten

Es ergibt sich im vorhin beispielhaft angeführten Morphologischen Kasten (*vgl. Abbildung 15: Morphologischer Kasten*) somit eine Anzahl von maximal 48 verschiedenen Lösungsvarianten bei absoluter Verträglichkeit der einzelnen Teillösungen untereinander. Wie man an diesem kleinen Beispiel gut erkennen kann, ergibt sich hierbei sehr schnell eine enorm hohe Anzahl unterschiedlicher theoretisch möglicher Lösungsprinzipien. Diese Anzahl gilt es nun wieder zu reduzieren.

<sup>42</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 255f

<sup>43</sup> vgl. Naefe, 2009, S. 73; vgl. Pahl u. a., 2007, S. 256; vgl. VDI 2222 - *Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien*, 1997, S. 60

<sup>44</sup> vgl. Zwicky, 1989, S. 42f, 55, 114ff

<sup>45</sup> vgl. Naefe, 2009, S. 73; vgl. Pahl u. a., 2007, S. 159, 259

Mit den folgenden Hinweisen wird die Lösungsanzahl bereits erheblich reduziert:

- Kombination verträglicher Lösungen (Verträglichkeitsmatrix)  
Betrachtet man hierbei wieder das oben genannte Beispiel des Morphologischen Kastens unter der Berücksichtigung der Annahme, dass die Teillösung A<sub>1</sub> nur mit der Teillösung B<sub>1</sub> sowie die Teillösung A<sub>2</sub> nur mit B<sub>2</sub> verträglich ist, ergibt sich eine Anzahl von maximal 32 theoretisch möglichen Lösungsprinzipien.
- Lösungen müssen die Anforderungsliste erfüllen (*Abbildung 17: Auswahltabelle*)
- Lösungen müssen unter einem zulässigen Aufwand realisierbar sein (*Abbildung 17: Auswahltabelle*)
- Günstige Varianten auswählen und mit den anderen vergleichen, damit die Vorzüge erkennbar werden<sup>46</sup>

		A			B		C		D			
		1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	4
A	1	■	■	■		x						
	2	■	■	■	x							
	3	■	■	■								
B	1				■	■						
	2					■	■					
C	1						■	■				
	2							■	■			
D	1								■	■	■	■
	2								■	■	■	■
	3								■	■	■	■
	4								■	■	■	■

■ ...Hauptdiagonale fällt weg da Verträglichkeit verschiedener Teillösungen für ein und die selbe Teilfunktion nicht notwendig

■ ...Nur eine Tabellenhälfte muss geprüft werden da zum Beispiel A1 mit B1 das gleiche Ergebnis gibt wie B1 mit A1

⊠ ...Keine Verträglichkeit

Abbildung 16: Verträglichkeitsmatrix<sup>47</sup>

<sup>46</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 260

<sup>47</sup> vgl. Ponn & Lindemann, 2008, S. 109

TU WIEN		Auswahlliste <b>Leuchtenlift</b>							Thomas Pühringer Blatt: 1 Seite 1	
		BEURTEILEN							ENTSCHEIDEN	
		+ Ja - nein ? Informationsmangel ! Anforderungsliste überprüfen							+ Lösung verfolgen - Lösung scheidet aus ? Informationen beschaffen ! Anforderungsliste auf Änderung prüfen	
		Auswahlkriterien:								
		Verträglichkeit gegeben								
		Anforderungsliste erfüllt								
		Grundsätzlich realisierbar								
		Aufwand zulässig								
		Unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben								
		Im eigenen Bereich bevorzugt								
		andere Gründe								
LV	A	B	C	D	E	F	G	Bemerkungen (Hinweise, Begründungen)		
A1	1	+	-						Maximallast zu gering	-
A2	2	+	+	+						+
A3	3	+	+	+	+	+	+	-	Ausschluss aus ästhetischen Gründen (Auftraggeber)	-
B1	4	-							mit A2 nicht verträglich	-
B2	5	+	+	+	+	+	+	+		+
C1	6	+	+	+	-				Umsetzung zu kompliziert	-
C2	7	+	+	+	+	+	+	+		+
D1	8	+	-						Bauraum überschritten	-
D2	9	+	-						Geschwindigkeit zu gering	-
D3	10	+	+	+	+	+	+	+		+
D4	11	+	!	+	+	+	+	+	Anforderungsliste auf Änderung prüfen	!
-	12									
-	13									
-	14									
Datum: Okt. 2016							geändert am:			

Abbildung 17: Auswahltabelle<sup>48</sup>

Durch Anwenden der Auswahltabelle bleiben im oben angeführten Beispiel noch folgende Lösungsvarianten übrig:

1. A2-B2-C2-D3

Beziehungswise nach Rücksprache zur Änderung der Anforderungsliste

2. A2-B2-C2-D4

Unter Zuhilfenahme des Morphologischen Kastens und der Anwendung der oben angeführten Methoden zur Reduktion des Lösungsspektrums bleiben nun meistens noch zu viele Konzepte übrig, um jedes einzeln zu konkretisieren. Es ist also notwendig eine weitere Minimierung der Lösungskonzepte zu erreichen. Hierfür ist es zweckmäßig die noch möglichen Varianten mit Hilfe von Bewertungsverfahren zu analysieren.<sup>49</sup>

<sup>48</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 262

<sup>49</sup> vgl. Ponn & Lindemann, 2008, S. 113

## 2.2.5 Bewertung von Lösungsvarianten

Im Rahmen einer Nutzwertanalyse sollen nun die noch übrigen Lösungsvarianten nach ihrem technischen und wirtschaftlichen Nutzen bewertet werden. Hierbei müssen die zu bewertenden Lösungsvarianten noch detaillierter ausgeführt werden. Außerdem müssen möglichst detaillierte und quantifizierbare Bewertungskriterien ermittelt werden. Nur so kann man den Wert einer Lösung erarbeiten.<sup>50</sup>

### Ermitteln der Bewertungskriterien:

Zur Ermittlung der Bewertungskriterien soll die Anforderungsliste herangezogen werden. Jedes für die Aufgabe wichtige Hauptmerkmal soll mit einem Bewertungskriterium vertreten sein. Um doppelte Bewertungen zu vermeiden, müssen die einzelnen Kriterien voneinander unabhängig sein. Die Kriterien sollen abdecken, wie wahrscheinlich bzw. unter welchen Schwierigkeiten eine Erfüllung der Forderungen umsetzbar ist und wie gut die Wünsche der Anforderungsliste erfüllt werden. Zusätzlich sollen allgemeine technische und wirtschaftliche Eigenschaften betrachtet werden. Um in der Nutzwertanalyse eine Übersichtlichkeit zu bewahren soll daher eine maximale Anzahl von 15 Kriterien nicht überschritten werden.

### Bedeutung für den Gesamtwert (Gewichtung):

Die einzelnen Beurteilungskriterien haben einen unterschiedlichen Einfluss auf den Gesamtwert des Konzeptes. Zur Ermittlung der Gewichtungsfaktoren kann die Methode durch paarweisen Vergleich bzw. Dominanzmatrix angewendet werden.<sup>51</sup> Bei dieser Methode werden die einzelnen Kriterien paarweise miteinander verglichen und Punkte vergeben:

- 1 Punkt: Kriterium A ist wichtiger als Kriterium B
- 0,5 Punkte: Die Kriterien A und B sind gleich wichtig
- 0 Punkte: Kriterium A ist schlechter als Kriterium B

Die so gewonnene Gesamtpunktzahl je Kriterium wird durch Division durch die vergebenen Punkte in einen Gewichtungsfaktor umgewandelt. Zur Veranschaulichung soll ein theoretisches Beispiel betrachtet werden:

---

<sup>50</sup> vgl. Naefe, 2009, S. 78

<sup>51</sup> vgl. Naefe, 2009, S. 87

Es wird angenommen, das zu bewertende Konzept verfügt über drei Bewertungskriterien mit folgender Aufteilung:

- **Kriterium 1:** Kriterium 1 ist wichtiger als alle anderen Kriterien (je 1 Punkt)
- **Kriterium 2:** Kriterium 2 ist schlechter als Kriterium 1 (0 Punkte); Kriterium 2 und Kriterium 3 sind gleich wichtig (0,5 Punkte)
- **Kriterium 3:** Kriterium 3 ist schlechter als Kriterium 1 (0 Punkte); Kriterium 3 und Kriterium 2 sind gleich wichtig (0,5 Punkte)

Diese Punkte werden nun in eine Tabelle eingetragen und die Summe der erreichten Punkte jedes Kriteriums sowie der Gesamten vergebenen Punkte ermittelt (siehe *Tabelle 1: Gewichtungsfaktoren Theorie*). Wendet man die *Formel 1: Ermittlung Gewichtungsfaktor Theorie* an, können nun die einzelnen Gewichtungsfaktoren ermittelt werden. Beispielhaft wird dies für das Kriterium 1 angeführt (vgl. *Formel 2: Ermittlung Gewichtungsfaktor Kriterium 1*).

...als →		Kriterium			Summe	Gew. %
		1	2	3		
Kriterium	↓ wichtiger...	1	1	1	2	66,7%
		0		0,5	0,5	16,7%
		0	0,5		0,5	16,7%
gesamt					3	100,0%

**Tabelle 1: Gewichtungsfaktoren Theorie**

$$\text{Gew. Kriterium} = \frac{\text{Punkte Kriterium}}{\text{Gesamtpunkte}} * 100\%$$

**Formel 1: Ermittlung Gewichtungsfaktor Theorie**

$$\text{Gewichtung Kriterium 1} = \frac{2}{3} * 100\% = 66,7\%$$

**Formel 2: Ermittlung Gewichtungsfaktor Kriterium 1**

### Zusammenstellen der Eigenschaftsgrößen:

Den erkannten Bewertungskriterien sollen ihre Eigenschaftsgrößen zugeordnet werden (vgl. *Abbildung 18: Beispiele für Eigenschaftsgrößen*). Diese sollen soweit als möglich quantitative Angaben enthalten. Ist dies in der aktuellen Konzeptphase nicht möglich sollen sie verbal ausgedrückt werden, um Werte zuordnen zu können.

Wertskala		Eigenschaftsgrößen			
Nutzwert	VDI 2225	Kraftstoff- verbrauch g/kWh	Leistungs- gewicht kg/kW	Einfachheit der Gussteile -	Lebensdauer Fahr-km
Pkt.	Pkt.				
0	0	400	3,5	extrem kompliziert	$20 \cdot 10^3$
1		380	3,3		30
2	1	360	3,1	kompliziert	40
3		340	2,9		60
4	2	320	2,7	mittel	80
5		300	2,5		100
6	3	280	2,3	einfach	120
7		260	2,1		140
8	4	240	1,9	extrem einfach	200
9		220	1,7		300
10		200	1,5		$500 \cdot 10^3$

Abbildung 18: Beispiele für Eigenschaftsgrößen<sup>52</sup>

### Beurteilen nach Wertvorstellungen:

Natürlich ist beim Aufstellen der Werte ein stark subjektiver Einfluss nicht vermeidbar, man spricht hierbei auch vom „Subjektivschritt“. Durch die Vergabe von Punkten werden den Eigenschaftsgrößen sogenannte Wertevorstellungen zugeordnet. Die Nutzwertanalyse greift hierbei auf ein größeres Wertespektrum als die VDI 2225 zurück (vgl. *Abbildung 19: Wertskala*). Die ermittelten Teilwerte werden in eine Bewertungsliste (vgl. *Abbildung 20: Bewertungsliste*) eingetragen und im nächsten Schritt mit den festgelegten Gewichtungsfaktoren behaftet.

Wertskala			
Nutzwertanalyse		Richtlinie VDI 2225	
Pkt.	Bedeutung	Pkt.	Bedeutung
0	absolut unbrauchbare Lösung	0	unbefriedigend
1	sehr mangelhafte Lösung		
2	schwache Lösung	1	gerade noch tragbar
3	tragbare Lösung		
4	ausreichende Lösung	2	ausreichend
5	befriedigende Lösung		
6	gute Lösung mit geringen Mängeln	3	gut
7	gute Lösung		
8	sehr gute Lösung		
9	über die Zielvorstellung hinausgehende Lösung	4	sehr gut (ideal)
10	Ideallösung		

Abbildung 19: Wertskala<sup>53</sup><sup>52</sup> Pahl u. a., 2007, S. 173<sup>53</sup> Pahl u. a., 2007, S. 172

Nr.	Bewertungskriterien		Eigenschaftsgrößen			Variante $V_1$ (z. B. $M_1$ )			Variante $V_2$ (z. B. $M_2$ )			... Variante $V_j$			... Variante $V_m$			
		Gew.		Einh.	Eigensch.	Wert	Gew.Wert	Eigensch.	Wert	Gew.Wert	Eigensch.	Wert	Gew.Wert	Eigensch.	Wert	Gew.Wert		
					$e_{i1}$	$w_{i1}$	$wg_{i1}$	$e_{i2}$	$w_{i2}$	$wg_{i2}$	...	$e_{ij}$	$w_{ij}$	$wg_{ij}$	...	$e_{im}$	$w_{im}$	$wg_{im}$
1	geringer Kraftstoffverbr.	0,3	Kraftstoffverbrauch	$\frac{g}{kWh}$	24,0	8	2,4	300	5	1,5	...	$e_{i1}$	$w_{i1}$	$wg_{i1}$	...	$e_{im}$	$w_{im}$	$wg_{im}$
2	leichte Bauart	0,15	Leistungsgewicht	$\frac{kg}{kW}$	1,7	9	1,35	2,7	4	0,6	...	$e_{i2}$	$w_{i2}$	$wg_{i2}$	...	$e_{im}$	$w_{im}$	$wg_{im}$
3	einfache Fertigung	0,1	Einfachheit der Gussteile	-	kompliziert	2	0,2	mittel	5	0,5	...	$e_{i3}$	$w_{i3}$	$wg_{i3}$	...	$e_{im}$	$w_{im}$	$wg_{im}$
4	hohe Lebensdauer	0,2	Lebensdauer	Fahr-km	80 000	4	0,8	150 000	7	1,4	...	$e_{i4}$	$w_{i4}$	$wg_{i4}$	...	$e_{im}$	$w_{im}$	$wg_{im}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$i$		$g_i$			$e_{i1}$	$w_{i1}$	$wg_{i1}$	$e_{i2}$	$w_{i2}$	$wg_{i2}$	...	$e_{ij}$	$w_{ij}$	$wg_{ij}$	...	$e_{im}$	$w_{im}$	$wg_{im}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$n$		$g_n$			$e_{n1}$	$w_{n1}$	$wg_{n1}$	$e_{n2}$	$w_{n2}$	$wg_{n2}$	...	$e_{nj}$	$w_{nj}$	$wg_{nj}$	...	$e_{nm}$	$w_{nm}$	$wg_{nm}$
		$\sum_{i=1}^n g_i = 1$				$\frac{\sum w_{i1}}{W_1}$	$\frac{\sum wg_{i1}}{Wg_1}$		$\frac{\sum w_{i2}}{W_2}$	$\frac{\sum wg_{i2}}{Wg_2}$	...		$\frac{\sum w_{ij}}{W_j}$	$\frac{\sum wg_{ij}}{Wg_j}$			$\frac{\sum w_{in}}{W_n}$	$\frac{\sum wg_{in}}{Wg_n}$

Abbildung 20: Bewertungsliste<sup>54</sup>

### Bestimmen des Gesamtwerts:

Mit den Teilwerten kann ein sogenannter Gesamtwert für jede Lösungsvariante errechnet werden. Es hat sich hierbei für die Bewertung von technischen Produkten die Summation der Teilwerte durchgesetzt.

$$G_{wg_j} = \sum_{i=1}^n g_i * w_{ij} = \sum_{i=1}^n wg_{ij}$$

Formel 3: Gesamtwert

### Vergleichen der Lösungsvarianten:

Es können nun die Varianten unterschiedlich verglichen werden. Zum Beispiel kann die Variante mit dem maximalen Gesamtwert als beste Variante beurteilt werden.  
→ relativer Vergleich der Varianten untereinander

Mit dem Bezug des Gesamtwertes auf einen gedachten Idealwert, welcher sich aus dem maximal möglichen Wert ergibt, erhält man eine sogenannte Wertigkeit.  
→ Vergleich der absoluten Wertigkeit

$$W_{g_j} = \frac{G_{wg_j}}{w_{max} * \sum_{i=1}^n g_i}$$

Formel 4: absolute Wertigkeit

<sup>54</sup> Pahl u. a., 2007, S. 175

Ist es möglich auch wirtschaftliche Aussagen zu treffen, empfiehlt sich die technische  $W_t$  und eine wirtschaftliche Wertigkeit  $W_w$  getrennt voneinander zu ermitteln und diese dann zu einer Gesamtwertigkeit (Stärke der Lösung) zu kombinieren. Dies kann, wie in der VDI 2225 vorgeschlagen, in einem „Stärke - Diagramm“ aufgetragen werden (vgl. *Abbildung 21: Stärkediagramm mit Hyperbeln gleicher Stärke*).<sup>55</sup>

Das Hyperbelverfahren bildet das geometrische Mittel aus technischer und wirtschaftlicher Wertigkeit. Es bietet den Vorteil, dass große Unterschiede zwischen den beiden Wertigkeiten ausgeglichen werden. Da man in der Wirklichkeit ausgeglichene Lösungen erhalten möchte, wird die Gesamtwertigkeit nach dem Hyperbelverfahren ermittelt und das Konzept mit dem höchsten Wert bietet die geeignetste Lösung.<sup>56</sup>

$$W = \sqrt{W_t \times W_w}$$

#### Formel 5: Hyperbelfunktion<sup>57</sup>

Hat man beispielsweise zwei Lösungen mit dem gleichen Gesamtwert, welche sich nur in der Ausgewogenheit unterscheiden, erreicht die ausgewogenere eine bessere Wertigkeit. Folgendes theoretische Beispiel soll dies veranschaulichen:

$$\text{Lösung 1: } W_t = 0,1; W_w = 0,9 \rightarrow W = \sqrt{0,1 * 0,9} = 0,3$$

$$\text{Lösung 2: } W_t = 0,5; W_w = 0,5 \rightarrow W = \sqrt{0,5 * 0,5} = 0,5$$

Es ergibt sich also für die ausgewogenere Lösung ein besserer Wert  $W$ . Die technische und wirtschaftliche Wertigkeit der beiden Lösungen sind in das Stärkediagramm eingetragen (vgl. *Abbildung 21: Stärkediagramm mit Hyperbeln gleicher Stärke*). Die Hyperbeln geben die Linien gleicher Stärke an. Haben zwei Lösungen den gleichen Wert  $W$ , so ist die ausgewogenere zu bevorzugen.<sup>58</sup>

<sup>55</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 167–177

<sup>56</sup> vgl. Pahl u. a., 2013, S. 394f

<sup>57</sup> vgl. Baatz, 1971, S. 78f

<sup>58</sup> vgl. Breiing & Knosala, 1997, S. 200

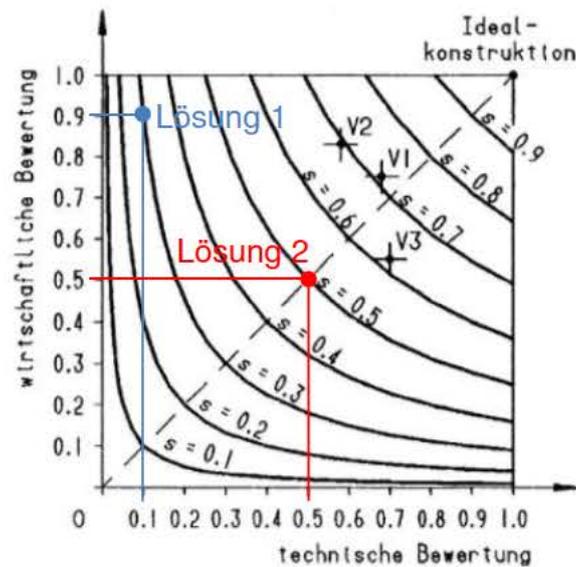


Abbildung 21: Stärkediagramm mit Hyperbeln gleicher Stärke<sup>59</sup>

Nun können entweder die am höherwertigsten Konzepte näher ausgearbeitet werden und mit den so dazugewonnenen Details noch einmal analysiert werden, oder es kann bereits eine Variante ausgewählt werden.

## 2.3 Methodisches Entwerfen

In der nächsten Phase des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses soll aus der ausgewählten prinzipiellen Lösung die Baustruktur des Produkts erarbeitet werden. Das Ziel ist die Festlegung der Gestalt nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien. Beim Entwurfsvorgang handelt es sich um einen sehr komplexen Prozess, bei dem oft mehrere Arbeitsbereiche gleichzeitig geklärt werden müssen. Mit steigendem Informationsgrad müssen Arbeitsschritte oft iterativ wiederholt werden. Führen solche iterativen Wiederholungen zu Änderungen im Entwurf, muss hierbei sehr genau darauf geachtet werden, welche Folgen diese für bereits bestehende Entwürfe bedeuten.

### 2.3.1 Hauptarbeitsschritte Entwurfsprozess

Auf Grund der vielseitigen und je nach Aufgabe oft sehr unterschiedlichen Einflüsse auf den Gestaltungsvorgang ist es nur bedingt möglich einen strengen Plan zu erstellen, der wie ein Kochrezept abgearbeitet werden kann. Bei den in der *Tabelle 2: Hauptarbeitsschritte Entwerfen* aufgelisteten Hauptarbeitsschritten handelt es sich

<sup>59</sup> vgl. Breiing & Knosala, 1997, S. 199

vielmehr um eine Leitlinie, welche eine Hilfestellung zur Optimierung des Entwurfsprozesses sein soll.<sup>60</sup>

	Arbeitsschritt	Kurzbeschreibung
1	<b>Erkennen gestaltungsbestimmender Anforderungen</b>	Gestaltbestimmende Anforderungen aus der Anforderungsliste ermitteln (z. B. Leistung, Bewegung, Stoffe, Umgebung,...)
2	<b>Klären der räumlichen Bedingungen</b>	Bestimmende räumliche Bedingungen (z.B. maximale Abmessungen, einzuhaltende Richtungen,...) ermitteln
3	<b>Strukturieren in gestaltungsbestimmende Hauptfunktionsträger</b>	Bauteile, welche die Hauptfunktionen erfüllen und den maßgebenden Einfluss auf die Gesamtgestaltung haben, definieren.
4	<b>Grobgestalten der gestaltungsbestimmenden Hauptfunktionsträger</b>	Vorläufiges Auslegen von Werkstoff und Gestalt; noch nicht interessante Einzelheiten vernachlässigen; vereinfachte Darstellung verwenden
5	<b>Auswählen geeigneter Entwürfe</b>	Einen oder mehrere Vorentwürfe zur Weitererarbeitung auswählen
6	<b>Grobgestalten weiterer Hauptfunktionsträger</b>	Grobgestaltung fehlender Hauptfunktionsträger ergänzen
7	<b>Suchen von Lösungen für Nebenfunktionen</b>	Finden notwendiger Nebenfunktionen (z.B. Stütz- und Haltefunktionen, Kühlfunktionen,...); wenn möglich Wiederholteile oder Normteile nutzen
8	<b>Feingestalten der Hauptfunktionsträger unter Beachten der Nebenfunktionsträger</b>	Gestaltungsregeln, Normen, Vorschriften, weitere Berechnungen, Versuchsergebnisse hinzuziehen; alle Einzelheiten endgültig festlegen
9	<b>Feingestalten der Nebenfunktionsträger und vervollständigen der vorläufigen Entwürfe</b>	Feingestalten der Nebenfunktionsträger; gemeinsame Darstellung aller Funktionsträger
10	<b>Bewerten nach technischen und wirtschaftlichen Kriterien</b>	Konkretisierung nur soweit durchführen bis eine Bewertung möglich ist
11	<b>Festlegen des vorläufigen Gesamtentwurf</b>	Gesamte Baustruktur des technischen Produkts
12	<b>Optimierendes und abschließendes Gestalten</b>	Beseitigen der erkannten Schwachstellen; gegebenenfalls vorige Arbeitsschritte nochmal durchlaufen; endgültiges Gestalten
13	<b>Kontrollieren auf Fehler und Störgrößeneinfluss</b>	Auf Fehler bezüglich Funktion, räumliche Verträglichkeit kontrollieren und verbessern
14	<b>Vervollständigen durch vorläufige Stückliste, Fertigungs- und Montageanweisungen</b>	Endgültiger Gesamtentwurf
15	<b>Festlegen des Gesamtentwurfs</b>	Freigabe zum Ausarbeiten

Tabelle 2: Hauptarbeitsschritte Entwerfen<sup>61</sup>

<sup>60</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 305f; vgl. VDI 2223 - *Methodisches Entwerfen technischer Produkte*, 2004, S. 7f

<sup>61</sup> Pahl u. a., 2007, S. 307

### 2.3.2 Gestaltungsgrundregeln

Es gibt in der Fachliteratur zur Gestaltung von Bauteilen zahlreiche Regeln für den Entwurf von technischen Produkten. Grundsätzlich lassen sich diese jedoch immer auf drei fundamentale Grundregeln zurückführen. Würde man meinen, dass die Erfüllung der technischen Funktion das Kriterium für eine gelungene Problemlösung sei, muss man jedoch bedenken, dass immer eine wirtschaftliche Realisierung des Projektes angestrebt wird. Zudem kommt noch der Aspekt der Sicherheit für den Menschen und die Umwelt, welcher schon rein aus moralischen aber auch rechtlichen Gründen nicht außer Acht gelassen werden darf. Zusammenfassend kann man die Grundregeln nun wie folgt formulieren:

- „Eindeutig“ → Erfüllung der technischen Funktion
- „Einfach“ → wirtschaftliche Realisierung
- „Sicher“ → Sicherheit für Mensch und Umgebung

Werden diese fundamentalen Grundsätze eingehalten, ist die Aussicht auf eine erfolgreiche Umsetzung des Projektes sehr gut. Nur mit dem direkten Zusammenhang von Funktionserfüllung, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit kann eine zufriedenstellende Lösung erreicht werden.<sup>62</sup> Um diese „einfachen“ Grundregeln zur Gestaltung anschaulich darzustellen, soll an dieser Stelle auf theoretische Beispiele verzichtet und auf den praktischen Teil zur Umsetzung des Projektes im Kapitel *4 Praktische Umsetzung im Projekt Dual Lift* verwiesen werden.

## 2.4 Methodisches Ausarbeiten

In der letzten Phase des Konstruktionsprozesses werden dem Entwurf alle Einzelheiten zugeordnet und in entsprechenden Unterlagen dokumentiert. Details wie Form, Maße, Oberfläche, Werkstoff sowie Fertigungs- und Montagestrukturen müssen definiert werden. Unstrukturierte Mengenzustelllisten für die Materialwirtschaft sowie strukturierte für Konstruktion, Fertigung und Montage müssen erstellt werden. Das Ziel des Ausarbeitens ist die Festlegung der Lösung inklusive einer Produktdokumentation, in welcher alle notwendigen Nutzungsangaben festgehalten werden, also alle Unterlagen die den Bau und Betrieb des Produkts definieren.<sup>63</sup>

---

<sup>62</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 57,314

<sup>63</sup> vgl. Naefe, 2009, S. 136f,140; vgl. Pahl u. a., 2007, S. 551f

### 2.4.1 Arbeitsschritte beim Ausarbeiten

Arbeitsschritt		Kurzbeschreibung
1	<b>Detaillieren von Einzelteilen</b>	Detailoptimierungen von Form, Material, Oberflächenbeschaffenheit, Passungen und Toleranzen unter Einhaltung von bestehenden Normen. Optimierungsziele: hohe Ausnutzung, handelsübliche Zukaufteile, zweckmäßige Werkstoffwahl und fertigungs- und kostengünstige Gestaltung
2	<b>Zusammenfassen</b>	Einzelteile in Gruppen (in der Praxis meist Baugruppen genannt) bis hin zum Gesamtprodukt zusammenfassen; Erstellen von Baugruppen- und Gesamtzeichnungen; Erstellen von Stücklisten unter Zuhilfenahme eines geeigneten Nummerierungssystems;
3	<b>Vervollständigen</b>	Vorschriften für Transport, Montage oder Fertigungsverfahren ergänzen; Erstellen einer Betriebsanleitung mit Nutzungsangaben;
4	<b>Prüfen</b>	Besonders wichtig ist die Prüfung der Einzelteilzeichnungen und Stücklisten; Prüfen auf: Einhaltung der Normen/Werksnormen, Eindeutigkeit der Bemaßung, erforderliche Fertigungsangaben, Zulieferangaben bei Zukaufteilen, Rohmaße für Materialbeschaffung

Tabelle 3: Arbeitsschritte beim Auswerten<sup>64</sup>

<sup>64</sup> vgl. Pahl u. a., 2007, S. 552

### 3 Analyse bestehender Produkte

Um die in der aktuellen Produktpalette auftretenden Fehler nicht zu wiederholen, wurden von der Fa. Reeltech Lifte in verschiedenen Baugrößen zur Schwachstellenanalyse zur Verfügung gestellt.

- CSI-12
- HDI-25
- PDI-35
- PDI-50

Diese Lifte wurden in ihre Einzelteile zerlegt und ihre Komponenten analysiert. Ein spezielles Augenmerk wird auf die Seilführung der verwendeten Stahlseile gelegt, da hier die meisten Schäden auftreten.

Zusätzlich wurde von der Fa. Reeltech ein Lift der HDI-25 mit einem Kunststoffseil der Fa. Teufelberger bespult, um Informationen über die Eigenschaften des Kunststoffseiles in einem bestehenden Produkt zu ermitteln. Bei diesem Versuch ist der Fa. Reeltech ein vermeintlich erhöhter Leistungsbedarf des Motors aufgefallen. Dieser Lift wurde ebenfalls zur Verfügung gestellt, um die Ursachen dieses „Leistungsanstieges“ ermitteln zu können.

Zusätzlich wird die eingesetzte Kiteline einem Zugprüfversuch unterzogen, um auch Informationen zur Bruchlast des Seiles in Kombination mit einem Spleiß als Endverbindung zu ermitteln.

#### 3.1 Analyse bestehender Lifte

Für die Seilführung der Lifte werden je Umlenkung die w-Faktoren wie in der Norm DIN 15020 angeführt ermittelt.<sup>65</sup> Somit kommt man auf einen Gesamtfaktor, welcher zur Berechnung der minimalen Umlenkrollendurchmesser benötigt wird. Details zur Bestimmung der Faktoren bzw. zur Ermittlung der Umlenkrollendurchmesser sind in der Berechnung für eine Beispielumlenkrolle im Anhang (7.1 *Analyse bestehender Produkte*) angeführt.

---

<sup>65</sup> DIN 15020, 1974, S. 5

Analyse bestehender Lifte					
Bezeichnung	CSI-12	HDI-25	PDI-35	PDI-50	
Traglast [kg]	12	25	35	50	
Seiltyp	7x19	7x19	7x19	7x19	
Seil- Ø	1,4mm	2,1mm	2,1mm	2,1mm	
Motor	DC 24V	1AC 230V	1AC 230V	BLDC 220V	
Getriebe	Cyclo- + Stirnradgetriebe	Schnecken- + Stirnradgetriebe	Schnecken-+ Stirnradgetriebe	Schnecken- + Stirnradgetriebe	
Seilführung					
Seilrollen:					
1	Seilrollen-Ø [mm]	Trommel	Trommel	Trommel	Trommel
	Rillen- Ø [mm]				
	w	1	1	1	1
2	Seilrollen-Ø [mm]	16	13,1	13,1	13,1
	Rillen- Ø [mm]	1,4	3,1	3,1	3,1
	w	2	4	4	4
3	Seilrollen-Ø [mm]	16	13,1	13,1	13,1
	Rillen- Ø [mm]	1,4	3,1	3,1	3,1
	w	4	2	2	2
4	Seilrollen-Ø [mm]	16	18,3	18,3	18,3
	Rillen- Ø [mm]	1,4	4	4	4
	w	4	2	2	2
5	Seilrollen-Ø [mm]	16	12,2	12,2	12,2
	Rillen- Ø [mm]	1,4	3,1	3,1	3,1
	w	4	2	2	2
6	Seilrollen-Ø [mm]	11	12,1	12,1	12,1
	Rillen- Ø [mm]	1,4	4	4	4
	w	4	4	4	4
7	Seilrollen-Ø [mm]	11	12,1	12,1	12,1
	Rillen- Ø [mm]	1,4	4	4	4
	w	2	2	2	2
<b>w gesamt</b>		21	17	17	17

Berechnung des Seiltriebes nach DIN 15020				
Lifttype	CSI-12	HDI-25	PDI-35	PDI-50
Triebwerksgruppe <sup>66</sup>	1Dm	1Dm	1Dm	1Dm
c für 1770N/mm <sup>267</sup>	0,075	0,075	0,075	0,075
Anzahl Seilstränge	1	2	2	2
d min <sup>68</sup>	0,81	0,83	0,98	1,17
d <sub>eingesetzt</sub>	1,40	2,10	2,10	2,10
h <sub>1</sub> für Seilrolle (drehungsarm) <sup>69</sup>	14,00	14,00	14,00	14,00
h <sub>2</sub> für Seilrolle (w>10) <sup>70</sup>	1,25	1,25	1,25	1,25
D <sub>min</sub> [mm] <sup>71</sup>	24,50	36,75	36,75	36,75
min Rillenradius [mm] <sup>72</sup>	0,74	1,10	1,10	1,10

Vergleich Ergebnis der Norm mit eingesetzten Umlenkrollen					
1	Durchmesser [mm]	Trommel	Trommel	Trommel	Trommel
	Durchmesser Norm [mm]				
	Vergleich	ok	ok	ok	ok
2	Ø [mm]	16,00	13,10	13,10	13,10
	Ø Norm [mm]	24,50	36,75	36,75	36,75
	Vergleich	0,65	0,36	0,36	0,36
3	Ø [mm]	16,00	13,10	13,10	13,10
	Ø Norm [mm]	24,50	36,75	36,75	36,75
	Vergleich	0,65	0,36	0,36	0,36
4	Ø [mm]	16,00	18,30	18,30	18,30
	Ø Norm [mm]	24,50	36,75	36,75	36,75
	Vergleich	0,65	0,50	0,50	0,50
5	Ø [mm]	16,00	12,20	12,20	12,20
	Ø Norm [mm]	24,50	36,75	36,75	36,75
	Vergleich	0,65	0,33	0,33	0,33
6	Ø [mm]	11,00	12,10	12,10	12,10
	Ø Norm [mm]	24,50	36,75	36,75	36,75
	Vergleich	0,45	0,33	0,33	0,33
7	Ø [mm]	11,00	12,10	12,10	12,10
	Ø Norm [mm]	24,50	36,75	36,75	36,75
	Vergleich	0,45	0,33	0,33	0,33

Tabelle 4: Analyse bestehender Lifte

<sup>66</sup> DIN 15020, 1974, S. 2 Tabelle 1<sup>67</sup> DIN 15020, 1974, S. 3 Tabelle 2<sup>68</sup> DIN 15020, 1974, S. 2 Formel 1<sup>69</sup> DIN 15020, 1974, S. 4 Tabelle 4<sup>70</sup> DIN 15020, 1974, S. 6 Tabelle 5<sup>71</sup> DIN 15020, 1974, S. 4 Formel 3<sup>72</sup> DIN 15020, 1974, S. 5 Formel 4

Die durchgeführte Berechnung lt. DIN 15020 ist im Anhang 7.1 *Analyse bestehender Produkte* für den CSI-12 beispielhaft angeführt.

Vergleicht man die berechneten minimalen Durchmesser mit den eingesetzten Umlenkrollen, kann man gut erkennen, dass alle Umlenkrollendurchmesser viel zu klein dimensioniert sind. Die kleinsten eingesetzten Umlenkrollen haben nur 1/3 des laut Norm minimal zu verwendenden Durchmessers. Die Biegung des Seiles um diese kleinen Durchmesser führt zu sehr hohen Biegespannungen im Seil (vgl.

*Formel 6: Relaux'sche Formel*). Dies hat zur Folge, dass sehr häufig Seilschäden auftreten. Durch die kleinen Durchmesser der Rollen kommt es sogar zu bleibenden Verformungen im Seil.

$$\sigma = \frac{d}{D} * E$$

$\sigma$ ... Spannung  
 $d$ ... Durchmesser des Drahtes  
 $D$ ... Durchmesser Umlenkung  
 $E$ ... E-Modul

#### Formel 6: Relaux'sche Formel

Ein zusätzlicher Grund für Seilschäden ist der nicht zum Seil passend gewählte Rillenradius. Die unterschiedlichen Radien sind vermutlich durch die Wiederverwendung von Bauteilen für unterschiedliche Liftbaugrößen entstanden. Ein weiterer gravierender Fehler, der durch eine Baugrößenanpassung entstanden ist, sind nicht fluchtende Seilrollen bei den Lifttypen PDI-35 und PDI-50. Die Seilrollen sind hierbei so stark verdreht angeordnet, dass die laut Norm DIN 15020 maximal erlaubten 4° Seilaufwinkel<sup>73</sup> überschritten werden.

Weiters ist beim Auseinanderbau der Geräte aufgefallen, dass es oftmals nicht möglich ist das Gerät zerstörungsfrei zu zerlegen, da die Seilführung über den Deckel der Lifte ausgeführt ist und somit ein Abspulen des Seiles (Senken des Lasttellers) vor dem Öffnen erfordert. Dies ist jedoch bei defekten Geräten oftmals nicht möglich und soll in Zukunft anders gelöst werden.

## 3.2 Analyse des auf Kunststoffseil umgerüsteten Liftes

Bei den Testläufen mit dem auf Kunststoffseil umgerüsteten Lift wurde bei einer Hubhöhe von durchschnittlich 13m bereits der Thermosensor des Motors ausgelöst. Dies hatte vorerst bei der Fa. Reeltech den Verdacht erregt, dass durch das Kunststoffseil mehr Leistung benötigt wird. Einige Testläufe im Labor für Fördertechnik

<sup>73</sup> DIN 15020, 1974, S. 8

und technische Logistik an der TU Wien haben gezeigt, dass diese Überhitzung nicht durch die Änderung des Seiles verursacht wird, sondern ein Problem mit der eingesetzten Steuerungs-/Motorkombination vorliegt. So benötigt der Motor ohne Getriebe des HDI-25 im Leerlauf außerhalb des Liftgehäuses eine Leistung von 105W und überhitzt nach einer Zeit von ca. 13 min. Dies entspricht in etwa der Fahrzeit von ca. 18m Hubhöhe. Hieran kann man gut erkennen, dass nicht die benötigte Leistung zum Bewegen der Last, sondern der Motor selbst das Problem darstellt (vgl. 7.1.2 *Analyse Überhitzung*).

Die Überhitzung im Leerlauf ist ein Indiz, dass der Motor mit der falschen Nennspannung betrieben wird. So sind weitere Versuche mit einer reduzierten Spannung durchgeführt worden und hierbei konnten beträchtlich längere Fahrzeiten erreicht werden. Die Spannung konnte bei den Versuchen auf minimal 180V reduziert werden, da bei einem geringeren Wert die laut Beschriftung auf 230V basierende Steuerung nicht mehr funktionierte. Diese Versuchsergebnisse legen den Schluss nahe, dass eine für 230V 50Hz ausgelegte Steuerung mit einem im Herstellerland üblichen 110V Motor betrieben wird.

Alle Messergebnisse der durchgeführten Versuche sind im Anhang (7.1.2 *Analyse Überhitzung*) angefügt.

### 3.3 Analyse des Kunststofffaserseiles

Verschiedene Seilproben des Faserseiles Kiteline FL14NG (vgl. 7.11 *Datenblätter der Zukaufteile*) wurden gespleißt einem Zugprüfversuch unterzogen und mit den Bruchlastergebnissen einer nicht gespleißten Probe verglichen. Die Ergebnisse der Prüfversuche sind in *Abbildung 23: Zugprüfversuch Diagramm* grafisch aufbereitet. Details zu den Proben sind im Anhang (7.1.3 *Zugprüfversuch*) beigefügt.

Die Seilproben werden in einer Zugprüfmaschine solange gedehnt bis ein Bruch der Proben eintritt. Während dieser Beanspruchung der Seile wird die Kraft und der Verfahrweg der Aufnahmen für die Seilenden gespeichert. Diese Werte werden in *Abbildung 23: Zugprüfversuch Diagramm* dargestellt. Für die Versuche eins bis drei wurden die gespleißten Seilenden in Gabelköpfen montiert (vgl. *Abbildung 22: Zugprüfversuch links*). Als Vergleichsprüfung wurden die Seilenden der vierten Probe auf zwei Zylinder aufgewickelt, welche zur Krafteinleitung dienen (vgl. *Abbildung 22: Zugprüfversuch rechts*).



Abbildung 22: Zugprüfversuch Kiteline gespleißt (links), ungespleißt (rechts)

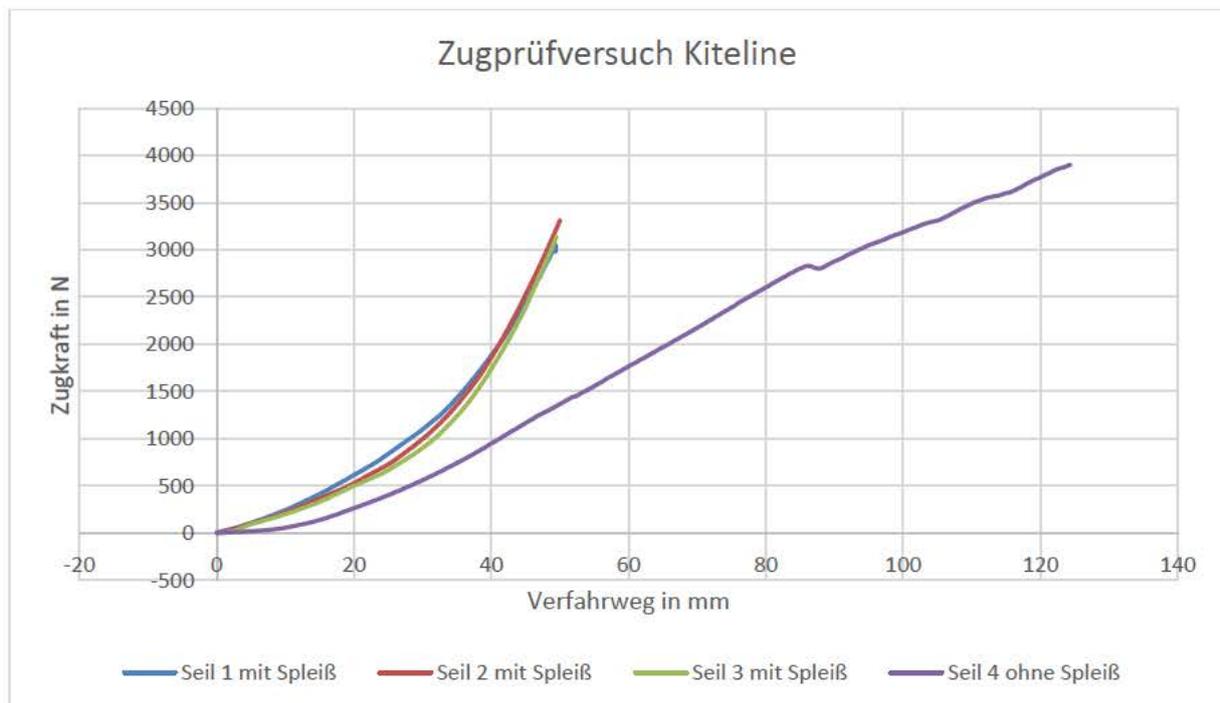


Abbildung 23: Zugprüfversuch Diagramm

Die Bruchkräfte der gespleißten Proben weichen doch recht deutlich voneinander ab. Dies liegt daran, dass die Qualität des Spleißes unterschiedlich ausgeführt ist. So ist das Seil Nr. 2 die Probe mit dem höchsten Wert der Bruchkraft auch gleichzeitig die Probe, bei der der Spleiß am meisten ausgedünnt wurde. Durch diese Ausdünnung des Spleißes wird ein viel regelmäßiger Übergang geschaffen und somit ist eine

bessere Kräfteinleitung gegeben. Hierbei müssen unbedingt die Herstellerangaben zu Spleißlänge, Ausdünnlänge usw. beachtet werden. Verglichen mit dem im Datenblatt (vgl. 7.11 *Datenblätter der Zukaufteile*) angegebenen Wert für die Bruchkraft (400daN), erreichen die gespleißten Seile ca. 80% bzw. das ungespleißte Seil 97% des Katalogwertes.

Die Kurven der gespleißten Seile zeigen bis zu einer Kraft von ca. 2000N einen sehr flachen Verlauf. Dieser Verlauf entsteht nicht durch die starke Dehnung der Seilproben, sondern ist durch den Setzvorgang bzw. das Festziehen des Spleißes bedingt. Nach durchlaufen dieses Vorgangs stellt sich ein Wert von etwa 2% Dehnung ein. Bei der Probe mit den ungespleißten Enden ist dieser Setzvorgang bis zum Bruch der Probe nicht abgeschlossen. Dies kann eine Folge der vielen Umwindungen um die Befestigungszylinder sein, welche mit steigender Kraft immer etwas nachrutschen. Bei einem Verfahrweg von ca. 87mm ist bei Seil 4 ein solcher Rutschvorgang in Form eines Kraftabfalls deutlich erkennbar.

## 4 Praktische Umsetzung im Projekt Dual Lift

In diesem Kapitel der Diplomarbeit werden die erarbeiteten Schritte (vgl. *2 Theoretische Grundlagen Produktentstehungsprozess (PEP)*) mit dem Ziel der Neuentwicklung eines Leuchtenliftes durchgeführt.

### 4.1 Anforderungsliste Dual Lift

Als Grundlage wurde von der Fa. Reeltech ein Pflichtenheft vorgelegt. Zusätzlich wurden einige vorhandene Produkte vorgeführt und eine Bedienungsanleitung eines bestehenden Liftes zur Verfügung gestellt. Die Informationen aus all diesen Unterlagen wurden in der unten angeführten Hauptmerkmalliste zusammengefasst und in der Anforderungsliste spezifiziert. Im Laufe der Arbeit wurden bei Besprechungen immer wieder Anforderungen geändert. Diese Änderungen wurden mit Datum, Namen und kurzer Beschreibung in die Anforderungsliste eingepflegt.

#### 4.1.1 Aufstellen der Anforderungsliste Dual Lift

Die im Kapitel *2.1.1 Erarbeitung der Anforderungsliste* beschriebenen Schritte werden nun durchgeführt.

##### **Marktrelevante Grundanforderungen:**

- Weltweiter Einsatz
- Einhaltung der Sicherheitsvorschriften für TÜV Prüfung
- Absenkhöhe 20m
- Hublast 80kg
- Schaltung von Hauptkontakten und Nebenkontakten
- Drahtlose Bedienungsmöglichkeit

##### **Attraktivitätsanforderungen:**

- Absenkhöhe >20m
- Hublast bis 600kg
- Einsatz in chlorhaltiger Umgebung
- Anzahl der Hilfskontakte auf 24 erweiterbar
- Möglichkeit für den Einsatz von Multimedia Technik als Last

##### **Leistungsanforderungen:**

- Versorgungsspannung 110...240V/50-60Hz
- min. Fahrgeschwindigkeit 8cm/s
- min. Lebensdauer 1000 Zyklen

## Ergänzen und Erweitern der Anforderungen:

Mittels Hauptmerkmalliste (vgl. Tabelle 5: Hauptmerkmalliste Dual Lift) sollen die bereits ermittelten Anforderungen erweitert werden.

Gruppe	Hauptmerkmal
Geometrie	max. Absenkhöhe ca.20m
	max. Hublast 80kg (skalierbar bis 150kg)
	5-fache Sicherheit der Verriegelungskomponenten nach ÖNORM E 8002-1 <sup>74</sup>
	max. Hublast durch Änderung der Komponenten skalierbar bis 300kg/500kg bei gleicher Gehäusegröße
	Min. Hublast nicht größer als 10% des maximalen Gewichts
	max. Gehäuseabmessungen 400x400x400mm
	Ringschraube am Liftunterteil zur Leuchten Montage
	Befestigungsmöglichkeit für Liftzubehör am Liftunterteil (min. 2 Aufnahmepunkte)
Kinematik	Zentriervorrichtung für exakte Lampenausrichtung (auch bei Zwischendecken)
	Min. Fahrgeschwindigkeit 8cm/s
	Reduzierung der Geschwindigkeit bei Annäherung an das obere bzw. untere Limit
	Anfahrts- bzw. Bremsrampe (geringer dynamischer Beiwert)
Energie	verdrehgesichertes Absenken (min. 2 Aufhängpunkte) für Leuchten mit Orientierung
	Versorgungsspannung: 110...240V/50-60Hz
	Separate Anschlüsse für Lift- und Lichtkreis
Anschlüsse	Schutzklasse I (mit Erdung) / Wunsch Schutzklasse II
	2 Lichtkreise 110...240V / 50-60Hz
	Allpolige Abschaltung über eingebautes Relais
	Zusatzkontakte min. 4 (0,75mm <sup>2</sup> )
	Wunsch bis zu 24 zusätzliche Kontakte ausrüstbar für Licht und TV Anwendungen bis 500Mhz (Cat6)
Stoff	Anschlüsse oben mit Schraubklemmen, unten offene Kabelenden
	Verwendung in salz- bzw. chlorhaltiger Atmosphäre soll möglich sein (gekapselte Elektronik)
Signal	Schutzart min IP54
	Funk
Sicherheit	Sicherheit gegen Herunterfallen bei Stromausfall
	5-fache Sicherheit der Verriegelungskomponenten nach ÖNORM E 8002-1 <sup>75</sup>
	Endabschaltung, wenn max. Absenkhöhe erreicht ist (3-4 Windungen müssen aufgerollt bleiben)
	Kein Herunterfahren im stromlosen Zustand bzw. kein erneutes Hochfahren bei Wiedereinschalten des Stromes
	Sicherheitsverriegelung

<sup>74</sup> vgl. ÖVE/ÖNORM E 8002-1, 2002, S. 16

<sup>75</sup> vgl. ÖVE/ÖNORM E 8002-1, 2002, S. 16

Gruppe	Hauptmerkmal
	LED an der Unterseite zur Signalisierung der geschlossenen Sicherheitsverriegelung
	Anschalten des Lichtes zur Signalisierung der geschlossenen Sicherheitsverriegelung nach Hebevorgang
	Erkennen der Home Position (oben) und automatische Aktivierung der zweiten Sicherung
	Automatische Abschaltung des Lichtkreises vor Absenkvorgang (Vermeiden von Lichtbögen)
	Minimallastsensor
	Sicherheit gegen unberechtigte Bedienung
Ergonomie	Steuerung per Fernbedienung/App
	Einzelsteuerung und Gruppensteuerung
	min.999 Lifte mit einer Fernbedienung
	min 99 Gruppen mit einer Fernbedienung
	Funktionen: Auf, Ab, Stopp, Licht EIN/AUS in Einzel- und Gruppensteuerung
	Programmieren der Absenkhöhe
	Kabellose Programmierung mittels Master Fernbedienung
	Programmierbare Verzögerung zwischen Abschaltung und Beginn des Absenkvorganges (z.B. für Rotorlift warten bis Stillstand vor Absenkvorgang)
Kontrolle	Mess-bzw. Prüfmöglichkeit der Absenktiefe
	Schlaffseilsensor gegen Knäuelbildung
Montage	Deckenmontage mittels Montagezubehör
	Montage in Zwischendecke (Spalt <1,5cm)
Gebrauch	Einsatz in salz- und chlorhaltiger Atmosphäre
Instandhaltung	Lebensdauer der Mechanik: >2000 Hebezyklen
	Lebensdauer des Hebematerials: >1000 Hebezyklen
	Schaltzyklen der Relais min. 2000 (16A)
Kosten	Max. Zielproduktionspreis 80kg: 920€
	Max. Zielproduktionspreis 300kg: 1700€
	Max. Zielproduktionspreis 500kg: 2300€

Tabelle 5: Hauptmerkmalliste Dual Lift

### Festlegen der Anforderungsliste:

Die so ermittelten Anforderungen werden nun so gut wie möglich spezifiziert und in die endgültige Anforderungsliste eingetragen. Hierbei wird auch festgelegt, ob die eingetragene Anforderung ein Wunsch oder eine Forderung sein soll. Im weiteren Verlauf des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses kann es vorkommen, dass gewisse Anforderungen adaptiert werden. Dies ist mittels durchsichtiger Versionsnummerierung und Bemerkungen unbedingt festzuhalten.

TU Wien REEL TECH		Anforderungsliste Dual Lift	Datum: 24.11.2016 Blatt:1
Änderung	Forderung / Wunsch	Anforderung	Verantwortlicher
24.11.2016	F	<b>1. Geometrie:</b> max. Absenkhöhe 20m	Konstruktion
	W	max. Absenkhöhe 30m	Konstruktion
	F	max. Gehäuseabmessungen ohne Befestigung LxBxH: 450x450x430mm	Konstruktion
	F	Eyebolt am Liftunterteil zur Leuchtenmontage	Konstruktion
24.11.2016	F	Befestigungsmöglichkeiten für Liftzubehör am Liftunterteil mit mindestens 2 Aufnahmepunkten	Konstruktion
	F	max. Gewicht vgl. bestehende Produkte	Konstruktion
13.09.2016		<b>2. Kräfte:</b>	
	F	max. Hublast 80kg (skalierbar bis 150kg)	Konstruktion
	W	max. Hublast durch Änderung der Komponenten skalierbar bis 300kg bzw. 600kg bei gleicher Gehäusegröße	Konstruktion
	F	min. Hublast nicht größer als 10% der max. Last (z.B. 80kg Lift soll ab 8kg Last funktionieren)	Konstruktion
		<b>3. Kinematik:</b>	
	F	min. Fahrgeschwindigkeit 8cm/s (Obergrenze aus dynamischer Belastung)	Konstruktion
	W	konstante Fahrgeschwindigkeit	Konstruktion/Steuerung
	F	Reduzierung der Geschwindigkeit bei Annäherung an die obere bzw. untere Endposition	Konstruktion/Steuerung
	F	Beschleunigung bei Anfahrts- bzw. Bremsvorgang darf maximal zu einer zusätzlichen Belastung von 20% führen	Konstruktion/Steuerung
	F	Verdrehsicheres Absenken (min. 2 Aufhängepunkte)	Konstruktion
	F	genaue Positionierung auch bei Einsatz in Zwischendecken (Fluchten von länglichen Leuchten)	Konstruktion
		<b>4. Energie:</b>	
	F	Versorgungsspannung 110...240V/50-60Hz	Konstruktion/Steuerung
F	Separate Energieversorgung für Lift- und Lichtkreis	Steuerung	
F	Schutzklasse I	Konstruktion/Steuerung	
W	Schutzklasse II	Konstruktion/Steuerung	
	<b>5. Anschlüsse:</b>		
F	2 Lichtkreise 110...240V/50-60Hz (je 3x1,5mm <sup>2</sup> )	Konstruktion/Steuerung	
F	Allpolige Abschaltung über eingebautes Relais der Lichtkreise + Zusatzkontakte bei Absenkvorgang	Steuerung	
F	4 Zusatzkontakte (0,75mm <sup>2</sup> )	Konstruktion/Steuerung	
W	ausrüstbar auf 24 Zusatzkontakte für Licht und TV Anwendungen bis 500MHz (CAT6) in Modulform	Konstruktion/Steuerung	
F	Anschlüsse oben mit Schraubklemmen IP54	Konstruktion/Steuerung	
F	Anschlüsse unten mit offenen Kabelenden	Konstruktion/Steuerung	

Ausgabe 2

TU Wien REEL TECH		Anforderungsliste Dual Lift	Datum: 24.11.2016 Blatt:2
Änderung	Forderung / Wunsch	Anforderung	Verantwortlicher
13.09.2016	W	<b>6. Stoff:</b> nicht elektrisch leitfähiges Hebemittel	Konstruktion
	F	<b>7. Signal:</b> Steuerung mittels Fernbedienung	Steuerung
	F	Steuerung mittels potentialfreier Kabel	Steuerung
		<b>8. Sicherheit:</b>	
	F	Schutz gegen Herunterfallen bei Stromausfall	Konstruktion/Steuerung
	F	Hebezeug mit 7-facher Sicherheit nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	Konstruktion
	F	Sicherheitsfaktor 10 für maximale Anzahl der Hebezyklen	Konstruktion
	F	Endabschaltung bei Erreichen des <i>Endes des Hebemittels</i> , wobei noch 3 bis 4 Windungen aufgerollt bleiben müssen	Konstruktion/Steuerung
	F	Kein Herunterfahren im stromlosen Zustand bzw. kein erneutes Hochfahren bei Wiedereinschalten des Stromes	Konstruktion/Steuerung
	F	Sicherheitsverriegelung: 2 voneinander unabhängige Sicherungen für freihängende elektrische Betriebsmittel über 5kg Masse in Räumen für Besucher und Bühnen	Konstruktion
	F	LED an der Unterseite zur Signalisierung der geschlossenen Sicherheitsverriegelung	Konstruktion/Steuerung
	F	Anschalten des Lichtes zur Signalisierung der geschlossenen Sicherheitsverriegelung nach dem Hebevorgang	Steuerung
	F	Erkennen der Home Position (oben) und automatische Aktivierung der zweiten Sicherung	Konstruktion/Steuerung
	F	Automatische Abschaltung des Lichtkreises vor Absenkvorgang zur Vermeidung von Lichtbögen	Steuerung
	F	Sicherheit gegen unberechtigte Bedienung	Steuerung
	F	Minimallastsensor zur Abschaltung bei Kollisionen	Konstruktion
		<b>9. Steuerung und Funktionen:</b>	
	F	Steuerung mittels Fernbedienung oder App	Steuerung
F	Einzelsteuerung: mögliche Bedienung von min. 999 Liften mit einer Fernbedienung	Steuerung	
F	Gruppensteuerung: mögliche Bedienung von min. 99 Gruppen mit einer Fernbedienung	Steuerung	
F	Funktionen: Auf, Ab, Stopp, Licht EIN/AUS in Einzel- und Gruppensteuerung	Steuerung	
F	Programmieren der Absenkhöhe: manuell mit Fernbedienung bzw. durch Eingabe	Konstruktion/Steuerung	
F	Kabellose Programmierung mittels Master Fernbedienung	Steuerung	
F	Programmierbare Verzögerung zwischen Abschaltung und Beginn des Absenkvorganges (z.B. Warten bis Stillstand vor Absenkvorgang bei Rotorlift)	Steuerung	

Ausgabe 2

TU Wien REEL TECH		Anforderungsliste Dual Lift	Datum 24.11.2016 Blatt:3
Änderung	Forderung / Wunsch	Anforderung	Verantwortlicher
		<b>9. Steuerung und Funktionen:</b>	
	F	Synchronlauf: Kommunikation von mehreren Liften soll möglich sein (z.B. Ausrichten nach einem "Master"-Lift)	Konstruktion/Steuerung
	F	Automatischer Ablauf beim Einfahren: Erkennen des Einfahrens in obere Endposition -> Geschwindigkeit reduzieren -> Verriegelung schließen -> Absenken auf Verriegelung -> Licht und LED einschalten	Konstruktion/Steuerung
	F	Automatischer Ablauf beim Absenken: Strom abschalten -> Anheben -> Öffnen der Verriegelung -> Absenken auf untere Endposition	Konstruktion/Steuerung
		<b>10. Fertigung:</b>	
	F	Stückzahlen ca. 200 Lifte pro Jahr	Reeltech
		<b>11. Kontrolle:</b>	
	F	Mess- bzw. Prüfmöglichkeit der Absenktiefe	Steuerung
	F	Schlaffseilsensor gegen Knäuelbildung	Konstruktion/Steuerung
	F	Erkennung der Endlage und Verriegelungsstatus	Konstruktion/Steuerung
		<b>12. Montage:</b>	
	F	Deckenmontage mittels Montagezubehör	Konstruktion
	F	Einfahrmöglichkeit in Zwischendecken (<1,5cm Spalt je Seite)	Konstruktion
		<b>13. Gebrauch:</b>	
	W	ruhiger Lauf	Konstruktion
	W	Einsatz in salz- und chlorhaltiger Atmosphäre	Konstruktion
	F	Schutzart IP54 in geschlossenem Zustand	Konstruktion
	W	Schutzart höher als IP54 in geschlossenem Zustand	Konstruktion
		<b>14. Instandhaltung</b>	
	F	Lebensdauer der Mechanik >2000 Hebezyklen (Zyklus=Heben+Senken)	Konstruktion
	F	Lebensdauer des Hebematerials > 1000 Hebezyklen	Konstruktion
	F	Schaltzyklen der Relais und Kontakte min. 2000 (16A)	Steuerung
		<b>15. Kosten</b>	
	F	Maximaler Zielproduktionspreis des 80kg Liftes: 920€	Serienentwicklung
	F	Maximaler Zielproduktionspreis des 300kg Liftes: 1700€	Serienentwicklung
	F	Maximaler Zielproduktionspreis des 500kg Liftes: 2300€	Serienentwicklung
06.09.2016		→ Mischpreis, da gleiche Baugröße für alle Lasten	
		<b>16. Termin</b>	
06.09.2016	F	Übergabe der Fertigungsunterlagen Komponententeststand: Mai 2017	Konstruktion/Steuerung
Ausgabe 2			

Tabelle 6: Anforderungsliste

## 4.2 Konzept Dual Lift

In den folgenden Kapiteln werden die notwendigen Arbeitsschritte zur Erstellung eines Konzeptes für einen Leuchtenlift durchgeführt.

### 4.2.1 Abstrahieren

Es soll aus der umfangreichen Anforderungsliste eine lösungsneutrale Formulierung des Problems herausgearbeitet werden.

#### 1. Schritt: Forderungen mit wesentlicher Funktion:

- Absenkhöhe 20m
- Max. Abmessungen 450x450x430mm
- Hublast 8-80kg
- Fahrgeschwindigkeit min. 8cm/s
- verdrehgesichertes Absenken
- zwei Lichtkreise und vier Zusatzkontakte
- Fernbedienung
- zwei voneinander unabhängige Sicherungen
- Automatischer Hebe- und Senkvorgang
- Kontrollanzeige für erfolgreichen Hebevorgang
- Absenkhöhe einstellbar
- Schutzart IP54
- Schutzklasse I
- EIN/AUS schalten des Lichtes

#### 2. Schritt: Quantitative Aussagen in qualitative umsetzen → auf wesentliche Aussagen reduzieren:

- Heben und senken der Last
- Einstellbare Absenkhöhe
- Beliebige Gehäuseform
- Eingeschränkte Gehäuseabmessungen
- verschiedene Lasten
- verdrehgesichertes Absenken
- Schutz gegen Staub, Berührung und Spritzwasser im geschlossenen Zustand
- Alle elektrisch leitfähigen Gehäuseteile mit Schutzleiter versehen
- Bedienung des Lichts
- Doppelte Sicherung gegen Herunterfallen
- Ausstattung mit Zusatzkontakten
- Automatischer Ablauf
- Zentrierung

### 3. Schritt: Erkanntes sinnvoll erweitern:

- Einstellbare Absenkhöhe
- Unterschiedliche Hublasten
- verdrehgesichertes Absenken
- Doppelte Sicherung
- Ferngesteuerte Bedienung
- Automatischer Ablauf
- Schaltmöglichkeit des Lichtes

### 4. Schritt: Problem lösungsneutral formulieren:

„Ferngesteuertes, drehungsfreies und sicheres Heben, Senken und Halten von Lasten auf eine einstellbare Absenkhöhe, mit doppelter Sicherung & schaltbarer Stromversorgung im Hängebetrieb.“

#### 4.2.2 Funktionsstruktur Dual Lift

Es sollen die notwendigen Funktionen des Leuchtenlifts ermittelt werden. Zur Bewahrung der Übersichtlichkeit geschieht dies ausgehend von der Grundfunktion in 3 weiteren Verfeinerungsebenen.

#### Grundfunktion:

Last heben, halten  
und senken

Abbildung 24: Grundfunktion Dual Lift

#### Verfeinerungsstufe 1:

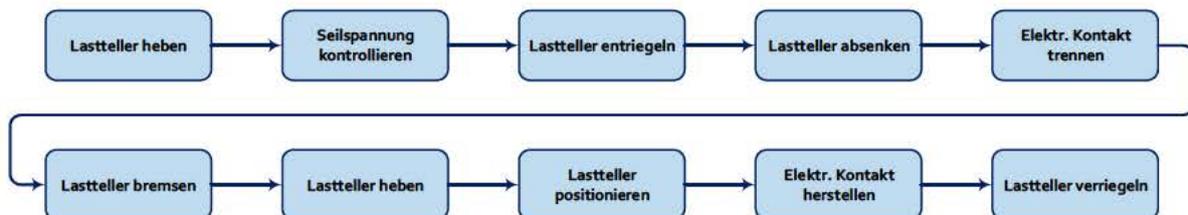


Abbildung 25: Funktionsstruktur Dual Lift Verfeinerungsstufe 1

### Verfeinerungsstufe 2:

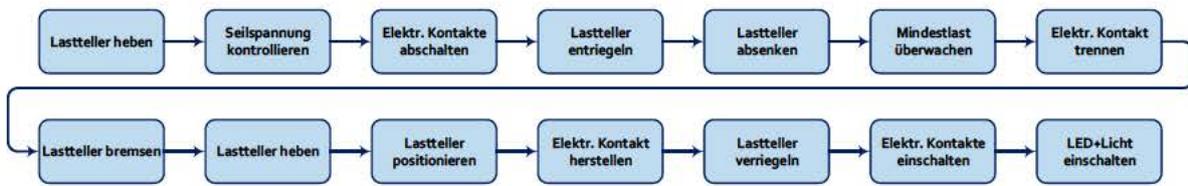


Abbildung 26: Funktionsstruktur Dual Lift Verfeinerungsstufe 2

### Verfeinerungsstufe 3:

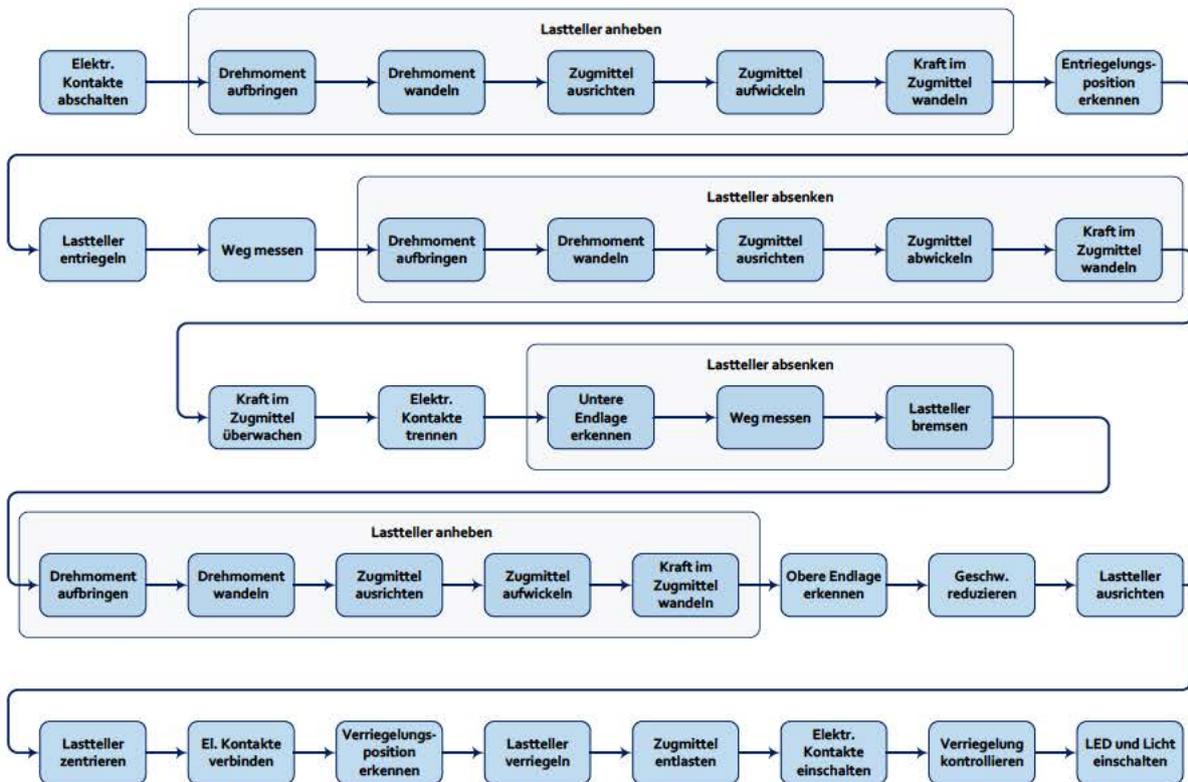
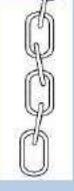
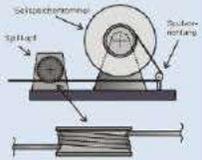
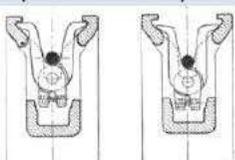


Abbildung 27: Funktionsstruktur Dual Lift

### 4.2.3 Wirkstruktur Dual Lift

Zu den Funktionen werden nun mögliche Wirkprinzipien als Lösungen gesucht. Diese werden in den morphologischen Kästen eingetragen. Genauere Beschreibungen zu den Lösungen sind im Kapitel 4.2.4 *Beschreibungen Morphologischer Kasten* aufgelistet. Für ein besseres Verständnis der weiteren Kapitel ist der Morphologische Kasten als verkleinerte Version im Anhang 7.13 *Morphologischer Kasten Übersicht* auf einem Blatt zusammengefasst und kann so ausgeklappt werden, dass er neben dem lesen der Diplomarbeit weiterhin betrachtet werden kann.

Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>A</b> Hebemittel	Band <sup>76</sup> 	Kunststoffseil <sup>77</sup> 	Stahlseil <sup>78</sup> 	Kette 	Stahldraht <sup>79</sup> 	Stahlband <sup>80</sup> 		
<b>B</b> Drehmoment aufbringen	Gleichstrommotor	Wechselstrommotor	Schrittmotor	Trommelmotor				
<b>C</b> Drehmoment wandeln	direkt	Getriebe: Stirnradgetriebe Schneckengetriebe Kegelradgetriebe Harmonic Drive Getriebe Cyclo Getriebe	Kette	Zahnriemen				
<b>D</b> Kraft auf Zugmittel übertragen	Trommel, Kettenrad	Seilspill <sup>81</sup> 	Seilklemmscheibe (Karlik-Scheibe) <sup>82</sup> 					

<sup>76</sup> „Kevlar Band 320 gr/m<sup>2</sup> 80 mm | Versterking | Producten | Finres“, o. J.

<sup>77</sup> „Kevlarseil 5mm Meterware online kaufen“, o. J.

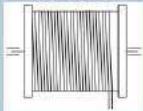
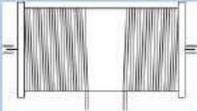
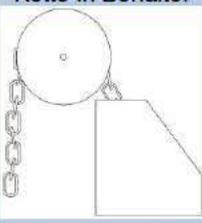
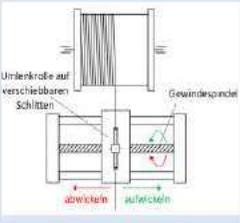
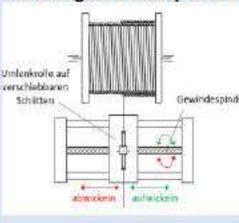
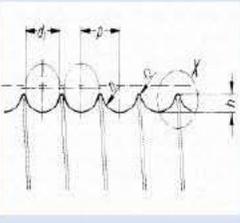
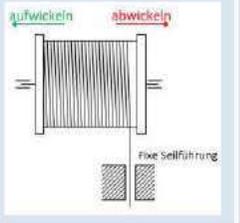
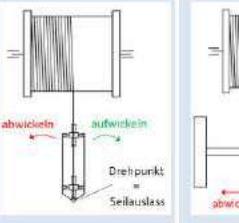
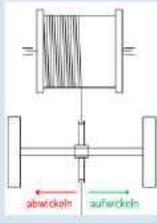
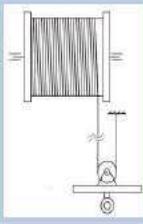
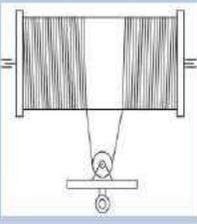
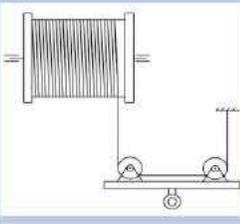
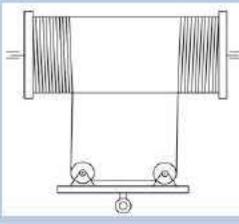
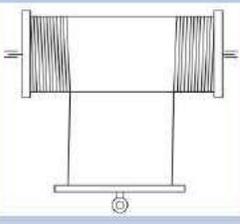
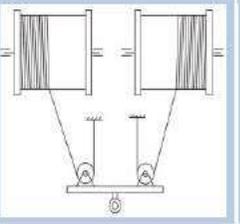
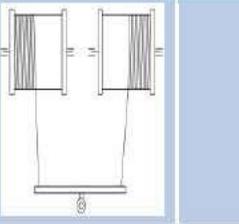
<sup>78</sup> „FSS 2 - 619 S“, o. J.

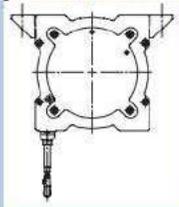
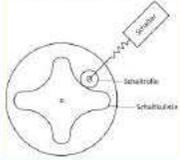
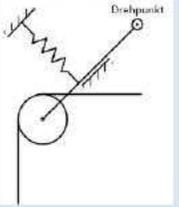
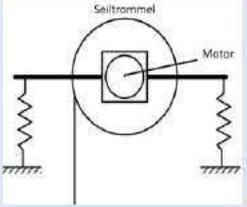
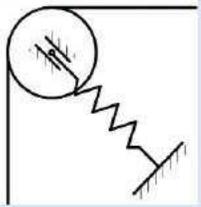
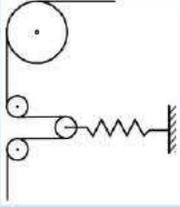
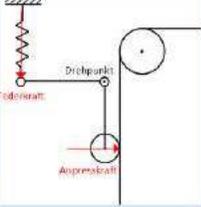
<sup>79</sup> „Gadau“, o. J.

<sup>80</sup> „Stahlband, gebläut - 19 mm breit x 0,5 mm Stärke, in Scheibenwicklung - TransPak Shop Schweiz“, o. J.

<sup>81</sup> „LANCIER CABLE GMBH - Einkopf-Spillwinden“, o. J.

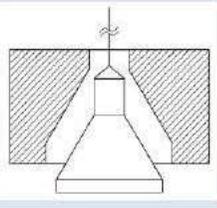
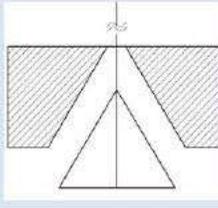
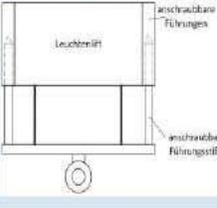
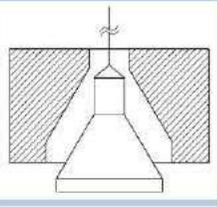
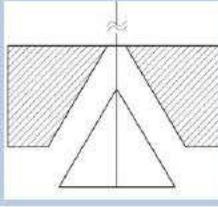
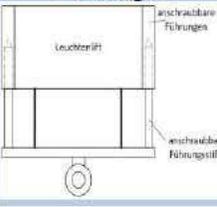
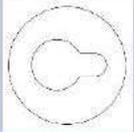
<sup>82</sup> Czitary, 2013, S. 233

Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>E</b> Zugmittel aufwickeln	Einzel-trommel 	Mehrfachtrommel 	Band mehrlagig 	Kette in Behälter 				
<b>F</b> Zugmittel ausrichten	kein	Band mehrlagig 	Einlagig geführt durch Gewindespindel 	Mehrlagig geführt durch reversier Kreuzgewindespindel 	Geführt durch gerillte Trommel 	Verschieben der Trommel 	Geführt durch Kompensator 	Verschiebbare Umlenkrollen 
<b>G</b> Kraft im Zugmittel wandeln								
<b>H</b> Laststeller bremsen	Bremse am Motor federbetätigt	selbsthemmendes Getriebe	selbstbremsendes Getriebe	zusätzliche Bremse				

Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>I</b> Weg messen	Messung der Motorumdrehungen (Motor mit Hall Sensor)	Messung der Umdrehungen einer Umlenkrolle	Messung der Umdrehungen der Trommel	Seilzuggeber <sup>83</sup> 	Messung der Umdrehungen mit Schalter 			
<b>J</b> Kraft im Zugmittel überwachen	Messung Motor-drehmoment über Motorstrom	Federgelagerte Umlenkrolle mit Schalter 	Motormoment aufnehmen 	Linear gefürte Umlenkrolle federgelagert 	Federgelagerte Umlenkrolle 	Federgelagerte Anpressrolle 		
<b>K</b> Obere Endlage erkennen	Näherungsschalter <sup>84</sup> 	Näherungssensor: Ultraschallsensor Seilzugsensor Lasersensor	Anschlag + Drehmomentmessung	Wegmessung				

<sup>83</sup> „Lineare Wegerfassung“, o. J.

<sup>84</sup> vgl. REEL TECH, o. J., S. 8

Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>L</b> Laststeller rot. ausrichten	Mehrseil- system	Vorhandenes System <sup>85</sup> 	2x Kegel 	Pyramide 	Verlängerbare Führungen 			
<b>M</b> Laststeller transl. ausrichten	Mehrseil- system	Vorhandenes System 	1x Kegel 	Pyramide 	Verlängerbare Führungen 			
<b>N</b> Ver-/Ent- riegelungs position erkennen	Anschlag und Drehmoment messung	Endlagensensor	Endlagenschalter					
<b>O</b> Laststeller verriegeln	System 1 <sup>86</sup> 	System 2 <sup>87</sup> 	Einrastvorrichtung wegbetätigt (vgl. Küchenoberschrank)	Twist Lock System <sup>88</sup> 	Schub- oder Drehmechanismus: 			

<sup>85</sup> REEL TECH, o. J., S. 9

<sup>86</sup> REEL TECH, o. J., S. 6

<sup>87</sup> REEL TECH, o. J., S. 5

<sup>88</sup> „Catalog: Container Twist Locks“, o. J.

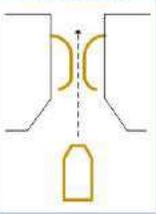
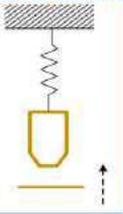
Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>P</b> Verriegelung erkennen	Schlaffseil-sensor	Endlagenschalter	Schlaffseilsensor + Endlagenschalter					
<b>Q</b> Elektr. Kontakt herstellen	System 1 89 	System 2 90 	Pkw Schiebetürkontakte	Durchfahrbare Kontakte 	Federgelagerte Kontakt-pins/-platte 			
<b>R</b> Signal senden	Vorhandene Fernbedienung 91 	Funkfernbedienung	App 92 	Kabelgebunden + Schalter				

Tabelle 7: Morphologischer Kasten Dual Lift

All diese Lösungsvarianten ergeben nun bei vollständiger Verträglichkeit beziehungsweise Realisierbarkeit eine theoretische Anzahl von ca.  $7 \times 10^{11}$  Lösungskombinationen. Diese können natürlich nicht alle ausgearbeitet werden und müssen somit in den nächsten Arbeitsschritten auf eine geringe Anzahl günstiger Lösungsvarianten reduziert werden.

<sup>89</sup> REEL TECH, o. J., S. 6

<sup>90</sup> REEL TECH, o. J., S. 6

<sup>91</sup> REEL TECH, o. J., S. 22

<sup>92</sup> vgl. „Apple ID - Official Apple Support“, o. J.; vgl. „Google Play“, o. J.

## 4.2.4 Beschreibungen Morphologischer Kasten

### A) Hebemittel

Grobe Richtwerte für die erforderlichen Bruchkräfte sind im Diagramm in *Abbildung 28: Bruchkraftabschätzung* abgebildet. Zu beachten ist jedoch, dass dieses Diagramm für den Idealfall einer gleichmäßigen Belastung aller Seilstränge gilt. Wie im Kapitel 7.2 *Entscheidung Mehrseilssystemtyp* beschrieben wird ist dies jedoch nicht immer der Fall.

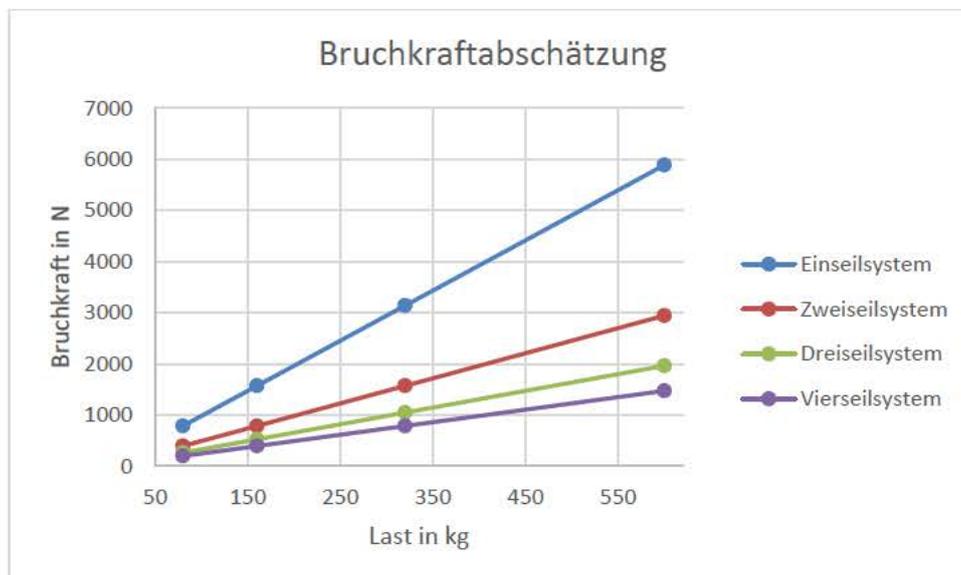


Abbildung 28: Bruchkraftabschätzung

- A1 Kunststoffband

Kunststofffasern sind unempfindlich gegen Verletzungen wie zum Beispiel durch Abknicken bei der Montage. Das Material ist nicht elektrisch leitend. Bänder haben keine Eigendrehung und verursachen keine Rotation beim Absenken des Lasttellers. Die erforderlichen Mindestdurchmesser für Trommel und Umlenkrollen sind in der selben Größenordnung wie beim Stahlseil.

Material	Höchstzugkraft [N]	Maße Breite x Dicke [mm]
Para-Aramid	Min. 3560N	12,5 x 0,4
PES/Aramid	Min. 2000N	13 x 0,67

Tabelle 8: Beispiele Kunststoffband Güth und Wolf

- A2 Kunststoffseil

Kunststofffasern sind unempfindlich gegen Verletzungen wie zum Beispiel durch Abknicken bei der Montage. Das Material ist nicht elektrisch leitend. Kunststoffseile haben keine Eigendrehung und verursachen keine Rotation beim Absenken des Lasttellers.

Material	Durchmesser [mm]	Höchstzugkraft [N]
STS (UHMWPE)	3	21000
	5	40000
Dyneema	2	3600
	2,5	4500
	3	7200
	4	14400
	5	21000
LCP (Vectran)	3	7200
	4	13500
	6	21000
PBO (Zylon)	3	15000
	4	21500
	6	54000
Aramid (Kevlar)	3	8000
	4	15000
	6	30000

Tabelle 9: Beispiele Kunststoffseile<sup>93</sup>

- A3 Stahlseil

Relativ große Umlenkradien notwendig (vgl. DIN1520). Es sind keine 100% drehungsfreien Seile verfügbar, was zu einer Rotation beim Absenken des Lifts führt. Sie sind in der Handhabung sehr empfindlich (z.B.: Beschädigungen beim Einbau, Knicken, Abspulen von der Trommel im entlasteten Zustand).

Typ	Durchmesser [mm]	Höchstzugkraft [N]
SUS304 7X19 (aktuell eingesetzte Seile)	1,2	1510
	1,4	1940
	1,6	2140
	2	3480
	2,4	5140

Tabelle 10: aktuell eingesetzte Stahlseile

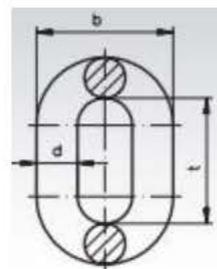
<sup>93</sup> Teufelberger Fiber Rope GmbH, 2015

- A4 Rundstahlkette

Keine Rotation; große Geometrie im Vergleich zu Seilen → großer Platzbedarf und Gewicht. Ein Vorteil ist die Unempfindlichkeit bei der Montage. Nachteilig ist die Geräuschentwicklung beim Hebe- bzw. Senkvorgang.

## Rundstahlketten DIN 766

Maße [mm]			Nutzlast bei $v_{\max}=1\text{m/s}$ [N]	Min. Bruchkraft	Gewicht [kg/m]
d	t	b			
4	16	14	2000	8000	0,32
5	18,5	17	3200	12000	0,5
6	18,5	20	4000	16000	0,75
8	24	26	8000	32000	1,35

Tabelle 11: Daten Rundstahlketten DIN 766<sup>94</sup>

Für Kettenlängen von 20m bis 60m ergeben sich Gewicht und ein ungefährer Platzbedarf je nach Kettenart:

Kettenmaße [mm]				Kettenlänge					
				l=30m		l=60m		l=90m	
d	t	b	Masse [kg/m]	Masse [kg]	Volumen [dm <sup>3</sup> ]	Masse [kg]	Volumen [dm <sup>3</sup> ]	Masse [kg]	Volumen [dm <sup>3</sup> ]
4	16	14	0,32	9,6	2,5	19,2	5,0	19,2	7,6
5	18,5	17	0,5	15,0	3,9	30,0	7,9	30,0	11,8
6	18,5	20	0,75	22,5	5,9	45,0	11,9	45,0	17,8
8	24	26	1,35	40,5	10,4	81,0	20,8	81,0	31,2

Tabelle 12: Kettenlängen und Volumen

<sup>94</sup> vgl. DIN 766 - Rundstahlketten, 2015, S. 8,11

- A5 und A6 Draht und Stahlband

Durch die Biegung um die Trommel bzw. um die Umlenkrollen entsteht eine sehr hohe Biegespannung im Draht. Diese Biegespannung wird nach der Formel von Relaux berechnet.

$$\sigma = \frac{d}{D} * E$$

- σ... Spannung
- d... Durchmesser des Drahtes
- D... Durchmesser Umlenkung
- E... E-Modul

#### Formel 7: Relaux'sche Formel

Somit ergibt sich zum Beispiel für einen 0,5mm dicken Draht und einem Trommeldurchmesser von 250mm allein durch die Umlenkung eine Spannung von 420N/mm<sup>2</sup>.

### B) Drehmoment aufbringen

Eine ungefähre Abschätzung für die benötigte Antriebsleistung ist im Diagramm (siehe *Abbildung 29: Leistungsabschätzung*) abgebildet.

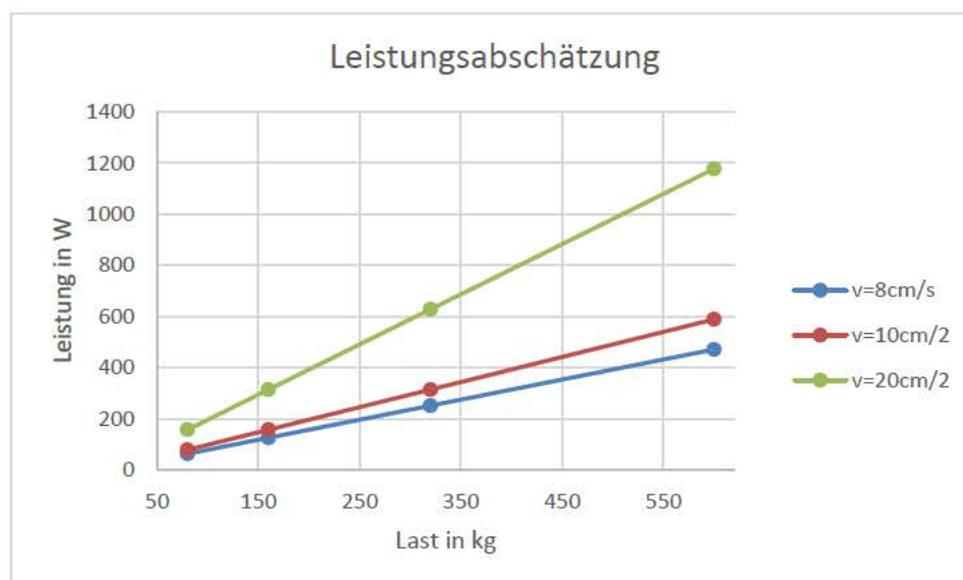


Abbildung 29: Leistungsabschätzung

Je nach Motoranordnung (Aufbringung des Drehmoments auf Trommel), Getriebetyp sowie Trommeldurchmesser ergeben sich unterschiedliche Werte für Drehmoment und Drehzahl.

### C) Drehmoment wandeln:

Um von einer sehr hohen Motorenndrehzahl und einem kleinen Nenndrehmoment auf eine niedrige Drehzahl der Trommel und ein hohes Drehmoment zum Heben der Last zu kommen, können unterschiedliche Getriebetypen, Ketten oder Zahnriemen mit Kettenrädern oder Zahnriemenscheiben unterschiedlicher Zähnezahlen eingesetzt werden. Beim einem Motorentyp, welcher ein hohes Moment bei einer niedrigen Drehzahl zur Verfügung stellt (zum Beispiel Schrittmotor) ist keine zusätzliche Wandlung erforderlich.

### D) Kraft auf Zugmittel übertragen

Das Drehmoment des Antriebs muss auf das Zugmittel übertragen werden. Hierfür gibt es reib- und formschlüssige Lösungen. Grundlage zur Berechnung für die reibschlüssige Kraftübertragung ist die Eytelwein'sche Gleichung (*Formel 8: Eytelwein'sche Gleichung*).

$$S_1 \leq S_2 * e^{\mu * \alpha}$$

$S_1, S_2$	Seilkräfte in N mit $S_1 > S_2$
$\alpha$	Umschlingungswinkel in rad
$\mu$	Reibungsbeiwert zwischen Seil und Unterlage

#### Formel 8: Eytelwein'sche Gleichung

- D1 Trommel bzw. Kettenrad

Das Drehmoment wird auf eine Trommel oder ein Kettenrad übertragen. Bei der Trommel wird über die Reibung zwischen Seil und Trommelmantel sowie über die Seilendbefestigung an der Trommel die Kraft ins Zugmittel eingeleitet. Bei einer Rundstahlkette mit Kettenrad geschieht die Kraftübertragung formschlüssig.

- D2 Seilspill

Beim Seilspill erfolgt die Kraftübertragung durch Reibschluss. Das Zugmittel wird mehrmals um eine Treibscheibe gewickelt, wodurch die Reibkraft erhöht wird (vgl. *Tabelle 7: Morphologischer Kasten Dual Lift D2*).

- Karlik-Scheibe

Durch eine sogenannte Seilklemmscheibe können sehr hohe Reibwerte erreicht werden (ca.  $\mu=6$ ). Die Klemmelemente der Scheibe werden durch die Radialkraft des Seiles betätigt. Durch die Klemmung entsteht jedoch eine sehr hohe Seilbelastung.

### E) Zugmittel aufwickeln

Das Zugmittel muss im Leuchtenbetrieb des Liftes komplett im Gehäuse untergebracht werden. Dies kann auf zwei unterschiedliche Varianten erfolgen. Einerseits kann das Zugmittel aufgewickelt werden, andererseits ist es bei der Verwendung einer Kette oder eines Seilspill-Systems auch möglich diese in einem Behälter oder Sack zu verstauen. Je nach Wickelart (einlagig/ mehrlagig) und Zugmittelabmessungen ergibt sich ein unterschiedlicher Raumbedarf für die Unterbringung im Lift. Details hierzu sind im *F) Zugmittel ausrichten* bzw. für die Kette bereits in *Tabelle 12: Kettenlängen und Volumen* mit angeführt.

### F) Zugmittel ausrichten

Bei den in diesem Kapitel angeführten Diagrammen entspricht die Zugmittellänge nicht der Länge eines einzelnen Zugmittelstranges, sondern der Gesamtlänge aller Zugmittelstränge.

- F1 keine Ausrichtung des Zugmittels

Das Zugmittel wird undefiniert auf eine Trommel aufgewickelt. Es hat das Bestreben sich normal auf die Trommel aufzurollen, wird aber vom bereits aufgewickelten Seil seitlich abgelenkt. Bis zu einer gewissen Ablenkung legt sich das Seil einlagig auf die Trommel, bis es in die nächste Lage wandert und wieder von der Position normal zur Trommel zu wickeln beginnt. Dadurch entsteht eine dreieckförmige nicht definierte Wickelung. Somit kann beim Einsatz mehrerer Seile nicht garantiert werden, dass alle Trommeln bei der gleichen Anzahl der Trommelumdrehungen die gleiche Seilmenge aufgespult haben.

- F2 Band mehrlagig

Pro Umdrehung wächst der Außendurchmesser der Spule um die doppelte Dicke des Bandes an. Durch diese Durchmesserzunahme verändert sich die Belastung des Motors. Es muss für eine konstante Fahrgeschwindigkeit die Motordrehzahl an den Bandrollenaußendurchmesser angepasst werden.

Last oben → größter Durchmesser → kleinste Drehzahl

Last unten → kleinster Durchmesser → größte Drehzahl

Die erforderliche Antriebsleistung bleibt jedoch die selbe, da mit steigendem Moment eine kleinere Drehzahl benötigt wird bzw. umgekehrt (vgl. *Abbildung 30: Veränderung des Durchmessers* und *Abbildung 31: Veränderung der Drehzahl*).

$$P = F_{Last}(const) * v(const) = const$$

$$P = M * \frac{n * \pi}{30} = const$$

P	Leistung in W
$F_{Last}$	konstante Kraft durch Hublast in N
v	konstante Hubgeschwindigkeit in m/s
M	erforderliches Antriebsmoment in Nm
n	erforderliche Drehzahl in U/min

Formel 9: Leistung Band mehrlagig

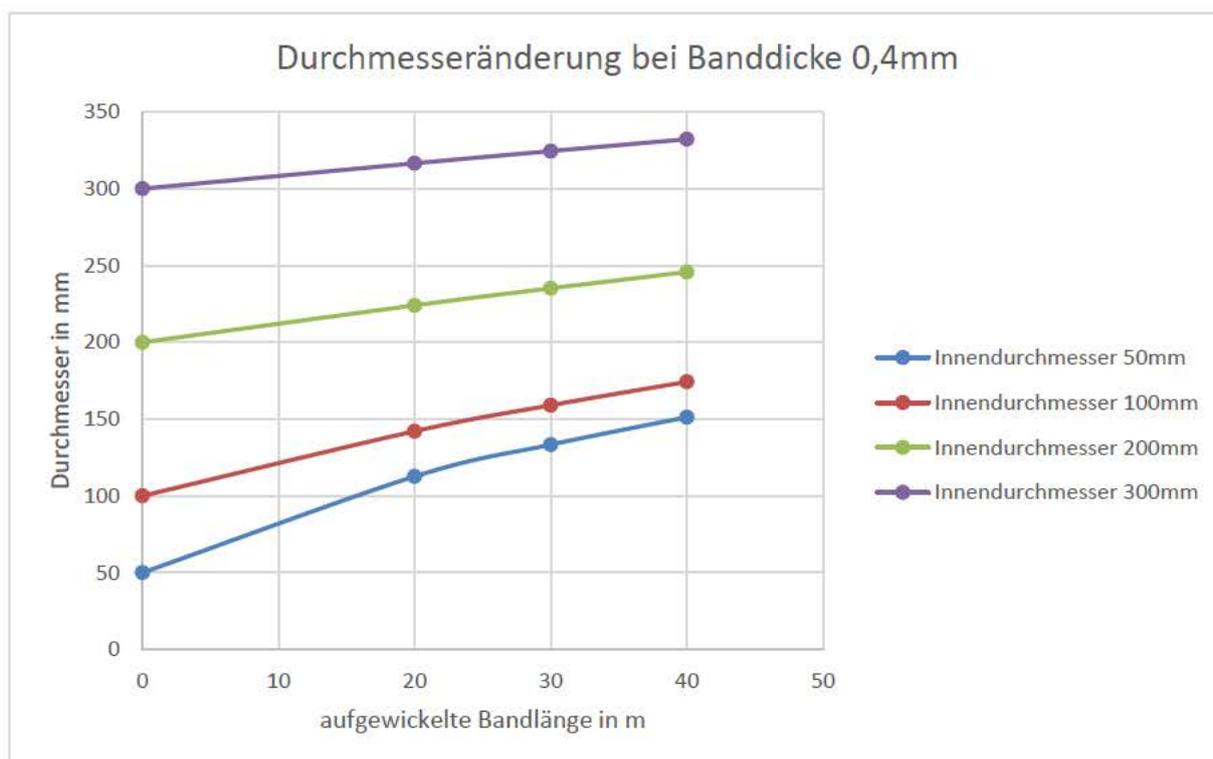


Abbildung 30: Veränderung des Durchmessers

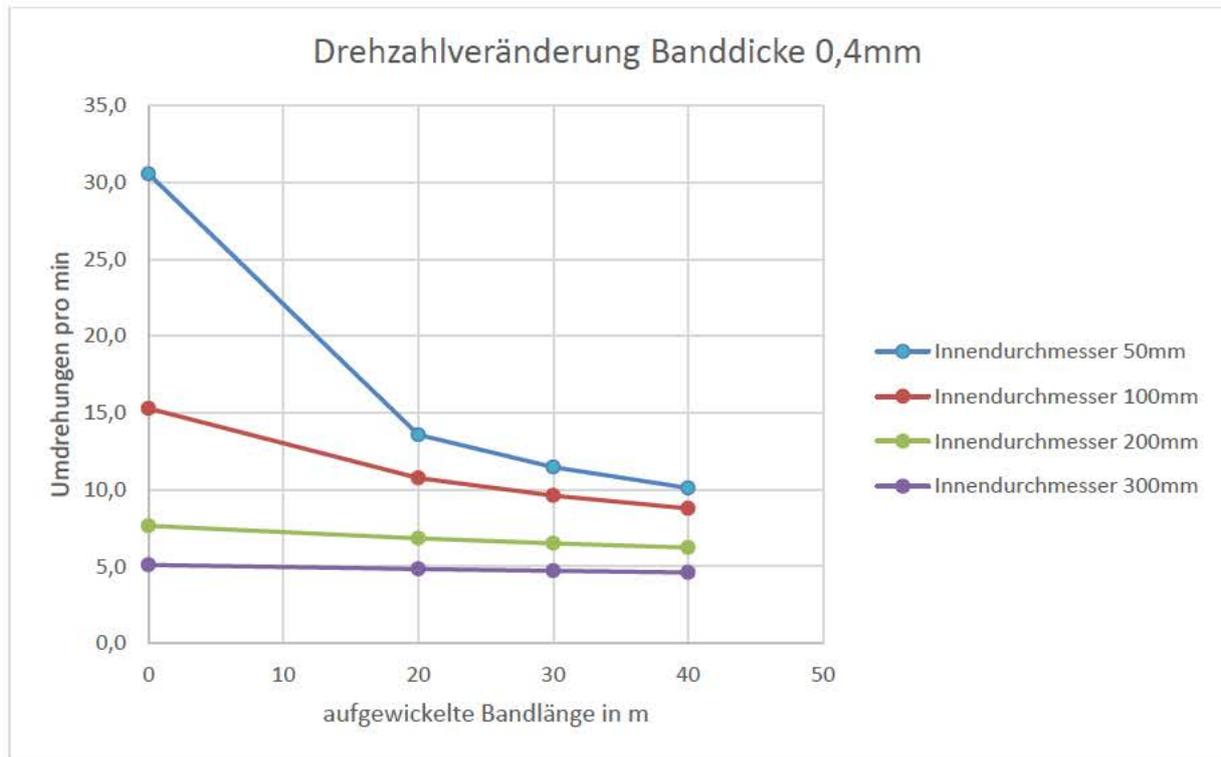


Abbildung 31: Veränderung der Drehzahl

- F3 einlagig geführt durch Gewindespindel

Eine Seilführung legt das Seil exakt auf die Trommel. Die Seilführung wird durch eine Gewindespindel in Richtung der Trommellängsachse verschoben und lenkt somit das Seil exakt nebeneinander auf die Seiltrommel. Je Trommelumdrehung muss die Seilführungsvorrichtung mindestens um den Seildurchmesser verschoben werden.

Die erforderliche Breite der Trommel wird durch den Vorschub der Gewindespindel und der Gesamtlänge des Seiles beeinflusst. In der Abbildung unten ist der „Minimalfall“ (Vorschub = Seildurchmesser) angenommen.

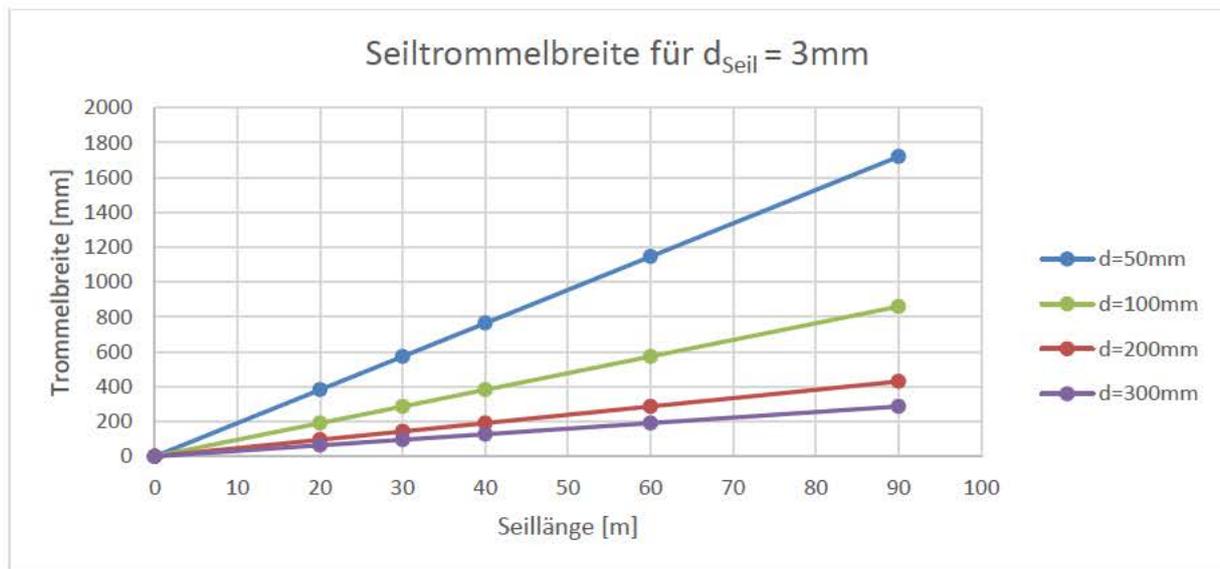


Abbildung 32: Trommelbreite einlagiges Wickeln

- F4 Mehrlagig geführt durch Kreuzgewindespindel

Funktionsprinzip ähnlich wie in Punkt F3, nur kehrt die Seilführung, welche nun mit einer reversier Kreuzgewindespindel verschoben wird, am Trommelende um und legt eine weitere Lage Seil über die bereits aufgewickelte. So können kürzere Trommellängen eingesetzt werden. Im Vergleich zu einer einlagigen Wicklung sind die Belastungsbedingungen des Seiles anders. Seilzonen der ersten Lage der Seiltrommel werden um die glatte Trommeloberfläche gebogen, aber wenn die zweite Lage aufgewickelt wird werden sie überwickelt, zusammengedrückt und auf ihrer Oberfläche von den Seilsträngen der zweiten Lage belastet. Seilzonen, die auf die zweite oder höhere Lage aufgewickelt werden, werden auf allen Seiten beansprucht.<sup>95</sup>

- F5 Geführt durch gerillte Trommel

Das Seil wird durch eine in die Trommel eingedrehte Rille bei einer ordentlichen Wicklung auf der Trommel unterstützt. Für eine gerillte einlagige Trommel ist ein Biegewechsel auf einer Seiltrommel vergleichbar mit einem Biegewechsel auf einer Seilscheibe. Versuche haben gezeigt, dass ein Biegewechsel auf einer einlagig bespulten, gerillten Trommel das gleiche Maß an Ermüdung erzeugt wie ein Biegewechsel über eine Seilscheibe, vorausgesetzt, die Zugkraft und die Durchmesser sind gleich. In beiden Fällen wird das Seil um eine glatte, gekrümmte Oberfläche der gleichen Geometrie gebogen.<sup>96</sup>

<sup>95</sup> vgl. Verreet, 2003, S. 4f

<sup>96</sup> vgl. Verreet, 2003, S. 4

- F6 Verschieben der Trommel

Es wird nicht das Seil auf die Trommel gelenkt, sondern die Trommel wird in Richtung der Trommelachse je Umdrehung um den Seildurchmesser verschoben. Hierbei wird das Seil immer an der exakt gleichen Position nach unten geführt und somit nicht durch zusätzliche Umlenkungen belastet. Die Verschiebung kann durch eine Gewindespindel erzeugt werden. Hierfür wird jedoch ein erhöhter Bauraum (vgl. *Abbildung 33: Platzbedarf Trommel verschiebbar*) benötigt. Der gelb gestrichelte Teil der Skizze zeigt die Position der Trommel, wenn die gesamte Zugmittellänge aufgewickelt ist (Lastteller oben). Der mit Schwarz gezeichnete Teil der Skizze zeigt die Position der Spule, wenn kein Zugmittel aufgewickelt ist (Lastteller unten). Es wird die Breite für die Wicklung jedes Zugmittelstranges plus einmal die Breite eines einzelnen Zugmittelstranges benötigt. Um die Außenabmessungen des Lifes einhalten zu können, müssen sehr große Trommeldurchmesser eingesetzt werden. Die Rote strichlierte Linie markiert im Diagramm (vgl. *Abbildung 34: Trommeldurchmesser bei Verschieben der Trommel*) die maximale Gehäusegröße.

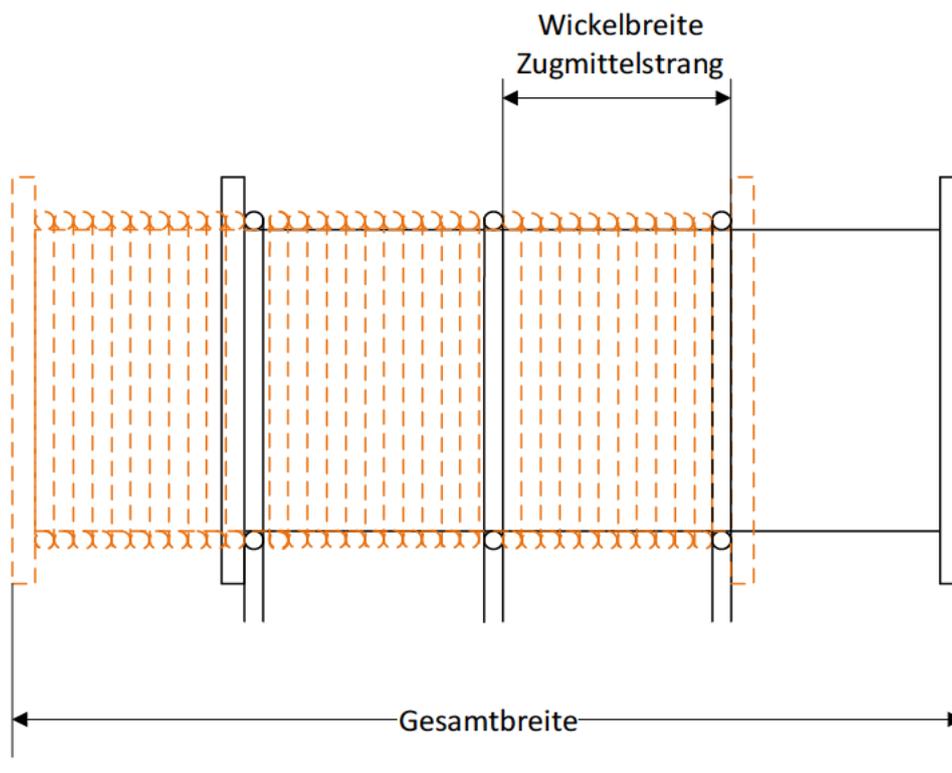


Abbildung 33: Platzbedarf Trommel verschiebbar

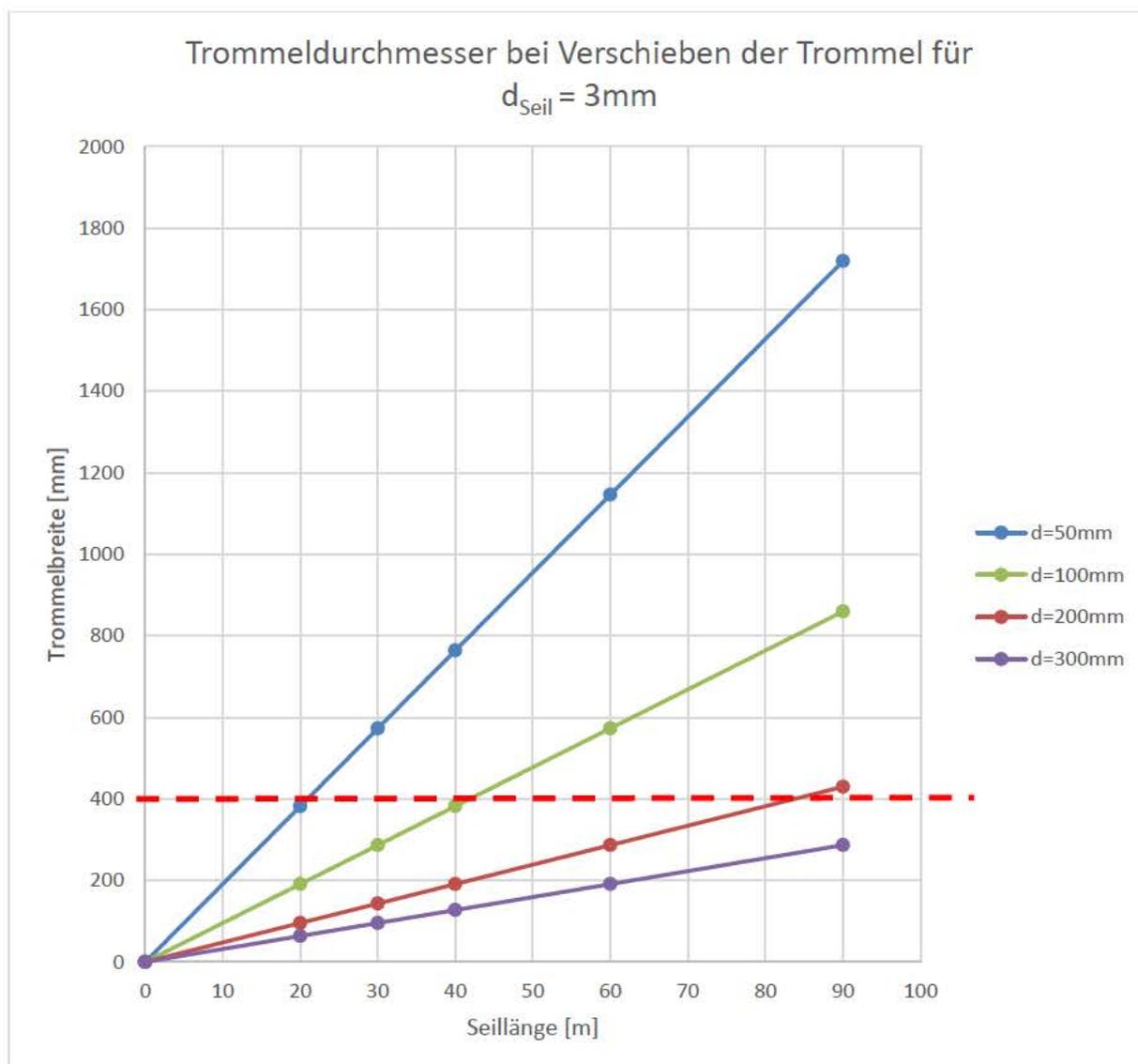


Abbildung 34: Trommeldurchmesser bei Verschieben der Trommel

- F7 Geführt durch Wickelarm

Das Seil wird durch zwei vorgelagerte Umlenkrollen, welche in einem drehbaren Arm montiert sind, geführt. Der gesamte Arm kann so geschwenkt werden, dass die Trommelachse nicht mehr parallel zu den Rollenachsen ist. Diese Schwenkbewegung ermöglicht eine bogenförmige Verschiebung des Seilaufpunktes und somit kann das Seil immer mit der Aufwickelposition mitwandern. Geschwenkt wird der Arm durch die seitliche Abdrängkraft der bereits aufgewickelten Seillage gegenüber dem auflaufenden Seil. Da der Drehpunkt des Wickelarmes genau mit dem Seilauslaufpunkt des Seiles aus dem Liftgehäuse übereinstimmt, bleibt dieser immer an der gleichen Stelle und es wird keine entgegenwirkende Kraft erzeugt.

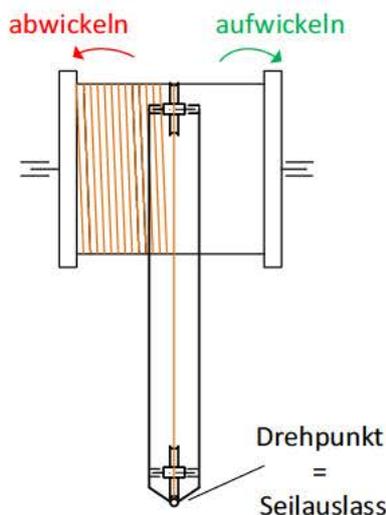


Abbildung 35: Prinzip Wickelarm

Genauer ist dieses Prinzip im Kapitel 4.2.12 *Ausarbeitung Konzept 2I* erläutert.

- F8 Verschiebbare Umlenkrolle

Durch die Ablenkungskraft der bereits aufgewickelten Seilage gegenüber dem auflaufenden Seil, kann sich eine frei verschiebbare Umlenkrolle mit dem Seilaufpunkt mitbewegen. Ziel ist es hierbei den Abstand zwischen dem fixen Seileinlaufpunkt und der Seiltrommel möglichst groß zu gestalten, damit der notwendige Ablenkwinkel möglichst gering gehalten wird und eine geordnete Wicklung auf der Trommel ermöglicht wird.

### G) Kraft im Zugmittel wandeln

Durch den Einsatz zusätzlicher Umlenkrollen können wie bei einem Flaschenzug die Seilkräfte bzw. aufzuspulende Seillänge beeinflusst werden. Wird zum Beispiel ein Seilende durchgeschert, halbiert sich die Kraft im Seil und die aufzuwickelnde Seillänge wird verdoppelt.

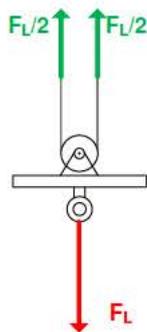


Abbildung 36: Seilkräfte im durchgeschliffenen Seil

## H) Lastteller bremsen

Der Lastteller darf sich im Stillstand sowie im stromlosen Zustand des Liftes nicht weiter absenken. Dafür können verschiedene Möglichkeiten genutzt werden:

- H1 Bremse am Motor federbetätigt

Es gibt Motortypen, die mit einer zweiten Abtriebswelle ausgestattet sind. Auf diese Welle kann eine federbetätigte Bremse aufgesteckt werden. Die Federbetätigung garantiert das Einleiten des Bremsvorganges auch im Falle eines Stromausfalles.

- H2 selbsthemmendes Getriebe

Ein Getriebe ist selbsthemmend, wenn im Ruhezustand beliebig große äußere Kräfte bzw. Momente, die am gehemmten Anschlussglied wirken, im Getriebe Reibungskräfte erzeugen, die wenigstens ein in der Kraftübertragungskette liegendes Getriebeglied hemmen, so dass keine Bewegung möglich ist.<sup>97</sup> Selbsthemmende Getriebe haben den Nachteil eines sehr schlechten Wirkungsgrades (kleiner 0,5).

- H3 selbstbremsendes Getriebe

Ein Getriebe ist selbstbremsend, wenn im Laufzustand beliebig große äußere Kräfte und Momente, die am gehemmten Anschlussglied treibend wirken, an den in der Kraftübertragungskette liegenden Getriebegliedern Verlustleistungen erzeugen, die im zeitlichen Mittel größer sind als die zugeführte Leistung. Es kommt zum Stillstand, falls im zeitlichen Mittel über A keine Leistung zugeführt wird.<sup>98</sup> Selbstbremsende Getriebe haben den Nachteil eines sehr schlechten Wirkungsgrades (kleiner 0,45)

- H4 zusätzliche Bremse

Bietet der Motortyp bzw. das Getriebe nicht die geforderten Eigenschaften, so muss eine zusätzliche Bremseinrichtung verbaut werden.

## I) Weg messen

Der Absenkweg des Lasttellers kann entweder über die Anzahl der Umdrehungen der Trommel, des Motors oder einer Umlenkrolle berechnet werden, oder direkt mit einem Seilzuggeber aufgenommen werden.

---

<sup>97</sup> Hinrichsen, 2007, S. 7

<sup>98</sup> vgl. Hinrichsen, 2007, S. 7

### **J) Kraft im Zugmittel überwachen**

Zur Vermeidung von Wickelfehlern oder dem Herausspringen des Zugmittels aus der Führung muss sichergestellt sein, dass es stets mit einer gewissen Mindestlast gespannt wird. Einerseits ist diese Überwachungseinrichtung ein unbedingt erforderliches Funktionsmodul des Liftes, andererseits dient es auch zur Sicherheit für den Bediener, wie zum Beispiel beim Auftreffen des Lasttellers auf ein Hindernis. Grundsätzlich kann entweder die Spannung im Zugmittel überwacht werden oder die Belastung des Motors.

### **K) Obere Endlage erkennen**

Der Lift muss selbstständig erkennen, dass die obere Endlage erreicht wird. In der Nähe der oberen Endlage muss die Fahrgeschwindigkeit verringert werden, damit der Lastteller ausgerichtet und danach verriegelt werden kann.

### **L & M) Lastteller ausrichten**

Der Lastteller muss beim Erreichen der oberen Endlage ausgerichtet werden. Dies kann entweder durch den Einsatz mehrerer Seile oder durch zusätzliche Zentriervorrichtungen wie im Morphologischen Kasten ersichtlich geschehen. Es wird eine grobe Vorausrichtung bei der Annäherung bzw. für das Durchfahren von Zwischendecken und in weiterer Folge bzw. beim Einfahren in das Liftgehäuse in der oberen Endlage um eine feine translatorische und rotatorische Ausrichtung. Für eine entsprechende Lösung können die Systeme miteinander kombiniert werden.

### **N) Ver- und Entriegelungsposition erkennen**

Ist der Lastteller an der oberen Endlage angekommen muss der Motor abgeschaltet und der Lastteller verriegelt werden. Die Position ab der der Verriegelungsvorgang gestartet werden kann muss durch Sensoren, Motorbelastung oder Schalter erkannt werden.

### **O & P) Lastteller verriegeln und Verriegelung erkennen**

Zur Verriegelung können entweder durch Aktuatoren oder durch den Fahrweg betätigte Systeme eingesetzt werden. Ist die Verriegelung geschlossen und trägt die hängende Last, muss dies vom Lift erkannt werden. Dazu können die bereits ermittelten Signale wie Schlaffseil, Position („Weg messen“) und Motorbelastung verwendet oder zusätzlich auch noch das Verriegelungssystem mit Endlagenschalter ausgestattet werden.

### Q) Elektrischen Kontakt herstellen

Die Kontakte müssen einen gewissen Verfahrensweg aufnehmen können (Einfahren→Verriegeln→Absenken auf Verriegelung). Dieser Weg kann entweder durch Federn oder durch eine Gestaltung, die ein Durchfahren zulässt, realisiert werden werden.

### R) Signal senden

Die Steuerung des Liftes soll auf jeden Fall mittels kabelgebundenen und drahtlosen Einrichtungen erfolgen können.

## 4.2.5 Günstige Lösungsvarianten

Um die in Kapitel 2.2.4 *Auswählen von günstigen Lösungsvarianten* angeführten Methoden zur Bestimmung günstiger Lösungsvarianten übersichtlicher zu gestalten, wird von nun an die Wirkstruktur in zwei Teile eingeteilt, die voneinander im Großen und Ganzen unabhängig sind.

Als erstes werden nun alle Funktionen, die ihre Höhe während dem Hebevorgang des Lasttellers nicht ändern, betrachtet. Diese werden nun als Liftbaugruppe bezeichnet. Diese beinhaltet die Erzeugung, Wandlung und Ausrichtung der Hubkraft sowie das eingesetzte Hebemittel. Alle beweglichen Teile werden als Lasttellerbaugruppe bezeichnet. Diese beinhalten die Ausrichtung, Verriegelung, Kontakte sowie Signale.

1. Liftbaugruppe: A→J
2. Lasttellerbaugruppe: K→R

Als erster Schritt werden nun die Verträglichkeitsmatrizen für die beiden Baugruppen erstellt. Diese sind im Anhang 7.3 *Verträglichkeitsmatrizen* einsehbar.

Als zweiter Schritt wird mit Hilfe von Auswahllisten die Lösungsmenge weiter reduziert. Die ausgefüllten Auswahllisten sind im Anhang 7.4 *Auswahllisten* angefügt.

Nun werden unter Zuhilfenahme der Auswahllisten in Kombination mit den Verträglichkeitsmatrizen günstige Lösungsvarianten zusammengefasst. Die Ergebnisse wurden außerdem zur Veranschaulichung der Einschränkung der Lösungsvarianten in den morphologischen Kasten bzw. die Wirkstruktur eingetragen (vgl. Tabelle 13: Pfade im Morphologischen Kasten). Es ergeben sich hiermit folgende Konzeptvarianten, welche nun unter Anwendung von den in Kapitel 2.2.5 *Bewertung von Lösungsvarianten* beschriebenen Bewertungsverfahren verglichen und ausgewählt werden.

Mit der Anwendung der Auswahlliste wurde nun bereits die Gesamtanzahl der Lösungsvarianten reduziert. Werden nun die Verträglichkeitsmatrizen, grobe maßstabsgetreue Anordnungsskizzen sowie die Tatsache, dass es sich beim verwendeten Mehrseilsystem um ein Dreiseilsystem handeln soll, berücksichtigt (vgl. 7.2 Entscheidung Mehrseilsystemtyp), bleiben folgende Konzepte zur genaueren Bewertung übrig:

#### **Für die Liftbaugruppe:**

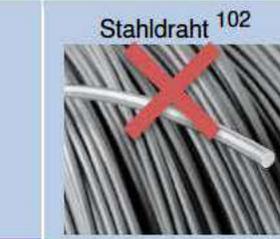
1. Konzept „Band“:  
A1-B1-C2-D1-E3-F3-G7-H3-I3-J6
2. Konzept „Wickelarm“:  
A2-B4-C2-D1-E2-F5+7-G5-H1-I1-J6
3. Konzept „Gewindespindel einlagig“:  
A2-B4-C2-D1-E2-F3-G5-H1-I1-J6

#### **Für die Laststellerbaugruppe:**

- I. Konzept „Kegelzentrierung“  
K1-L3-M3-N3-O5-P3
- II. Konzept „Pyramidenzentrierung“  
K1-L4-M4-N3-O4-P3

Für die Art der Kontaktherstellung soll erstmals nur der Platzbedarf berücksichtigt werden. Die Lösungsvariante soll mit den Erkenntnissen zur benötigten Hubhöhe beziehungsweise Positionierungsgenauigkeit nach den ersten Testfahrten mit dem Komponententeststand entschieden werden. Die Art der Signalübermittlung wird den Steuerungstechnikern überlassen. Die Option der verlängerbaren Führungen zur Zwischendeckenmontage (L5/M5) soll für beide Konzepte berücksichtigt werden.

Diese Konzepte sind auch als sogenannte Pfade im morphologischen Kasten markiert.

Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>A</b> Hebemittel	Band <sup>99</sup> 	Kunststoffseil <sup>100</sup> 	Stahlseil <sup>101</sup> 	Kette 	Stahldraht <sup>102</sup> 	Stahlband <sup>103</sup> 		
<b>B</b> Drehmoment aufbringen	Gleichstrommotor	Wechselstrommotor	Schrittmotor 	Trommelmotor				
<b>C</b> Drehmoment wandeln	direkt 	Getriebe: Stirnradgetriebe Schneckengetriebe Kegelradgetriebe Harmonic Drive Getriebe Cyclo Getriebe	Kette	Zahnriemen				
<b>D</b> Kraft auf Zugmittel übertragen	Trommel, Kettenrad	Seilspill <sup>104</sup> 	Seilklemmscheibe (Karlik-Scheibe) <sup>105</sup> 					

<sup>99</sup> „Kevlar Band 320 gr/m<sup>2</sup> 80 mm | Versterking | Producten | Finres“, o. J.

<sup>100</sup> „Kevlarseil 5mm Meterware online kaufen“, o. J.

<sup>101</sup> „FSS 2 - 619 S“, o. J.

<sup>102</sup> „Gadau“, o. J.

<sup>103</sup> „Stahlband, gebläut - 19 mm breit x 0,5 mm Stärke, in Scheibenwicklung - TransPak Shop Schweiz“, o. J.

<sup>104</sup> „LANCIER CABLE GMBH - Einkopf-Spillwinden“, o. J.

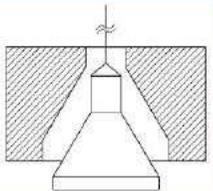
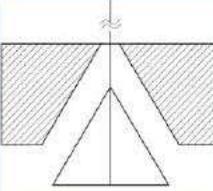
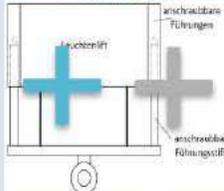
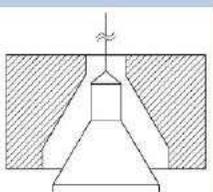
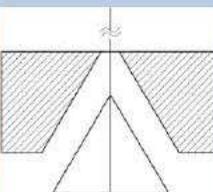
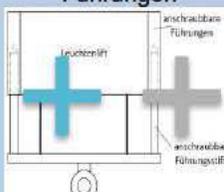
<sup>105</sup> Czitary, 2013, S. 233

Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>E</b> Zugmittel aufwickeln	Einzel-trommel 	Mehrfachtrommel 	Band mehrlagig 	Kette in Behälter 				
<b>F</b> Zugmittel ausrichten	kein 	Band mehrlagig 	Einlagig geführt durch Gewindespindel 	Mehrlagig geführt durch reversier Kreuzgewindespindel 	Geführt durch gerillte Trommel 	Verschieben der Trommel 	Geführt durch Kompensator 	Verschiebbare Umlenkrollen 
<b>G</b> Kraft im Zugmittel wandeln								
<b>H</b> Laststeller bremsen	Bremse am Motor federbetätigt 	selbsthemmendes Getriebe 	selbstbremsendes Getriebe 	zusätzlich Bremse 				

Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>I</b> Weg messen	Messung der Motorumdrehungen (Motor mit Hall Sensor)	Messung der Umdrehungen einer Umlenkrolle 	Messung der Umdrehungen der Trommel	Seilzuggeber 106 	Messung der Umdrehungen mit Schalter 			
<b>J</b> Kraft im Zugmittel überwachen	Messen Motor-drehmoment über Motorstrom	Federgelagerte Umlenkrolle mit Schalter 	Motormoment aufnehmen 	Linear geführte Umlenkrolle federgelagert 	Federgelagerte Umlenkrolle 	Federgelagerte Anpressrolle 		
<b>K</b> Obere Endlage erkennen	Näherungsschalter 107 	Näherungssensor:  Ultraschallsensor Seilzugsensor Lasersensor	Anschlags-Drehmomentmessung 	Wegmessung				

<sup>106</sup> „Lineare Wegerfassung“, o. J.

<sup>107</sup> vgl. REEL TECH, o. J., S. 8

Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>L</b> Laststeller rot. ausrichten	<del>Mehrseil- system</del>	Vorhandenes System <sup>108</sup> 	2x Kegel 	Pyramide 	Verlängerbare Führungen 			
<b>M</b> Laststeller transl. ausrichten	<del>Mehrseil- system</del>	Vorhandenes System 	1x Kegel 	Pyramide 	Verlängerbare Führungen 			
<b>N</b> Ver-/Ent- riegelungs- position erkennen	<del>Anschlag u. Drehmoment messung</del>	<del>Endlagensensor</del>	Endlagenschalter					
<b>O</b> Laststeller verriegeln	<del>System 1 <sup>109</sup></del> 	<del>System 2 <sup>110</sup></del> 	<del>Einrastvorrichtung wegbewegbar (vgl. Küchenbeschrank)</del>	Twist Lock System <sup>111</sup> 	Schub- oder Drehmechanismus: 			

<sup>108</sup> REEL TECH, o. J., S. 9

<sup>109</sup> REEL TECH, o. J., S. 6

<sup>110</sup> REEL TECH, o. J., S. 5

<sup>111</sup> „Catalog: Container Twist Locks“, o. J.

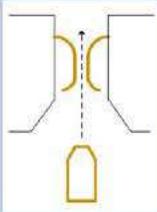
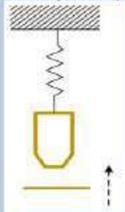
Wirkprinzip / Teilfunktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>P</b> Verriegelung erkennen	<del>Schlaffseilsensor</del>	<del>Endlagenschalter</del>	Schlaffseilsensor + Endlagenschalter					
<b>Q</b> Elektr. Kontakt herstellen	System 1 112 	System 2 113 	Pkw Schiebetürkontakte	Durchfahrbare Kontakte 	Federgelagerte Kontakt-pins/-platte 			
<b>R</b> Signal senden	Vorhandene Fernbedienung 114 	Funkfernbedienung	App 115 	Kabelgebunden + Schalter				

Tabelle 13: Pfade im Morphologischen Kasten

<sup>112</sup> REEL TECH, o. J., S. 6

<sup>113</sup> REEL TECH, o. J., S. 6

<sup>114</sup> REEL TECH, o. J., S. 22

<sup>115</sup> vgl. „Apple ID - Official Apple Support“, o. J.; vgl. „Google Play“, o. J.

## 4.2.6 Beschreibung Konzept 1

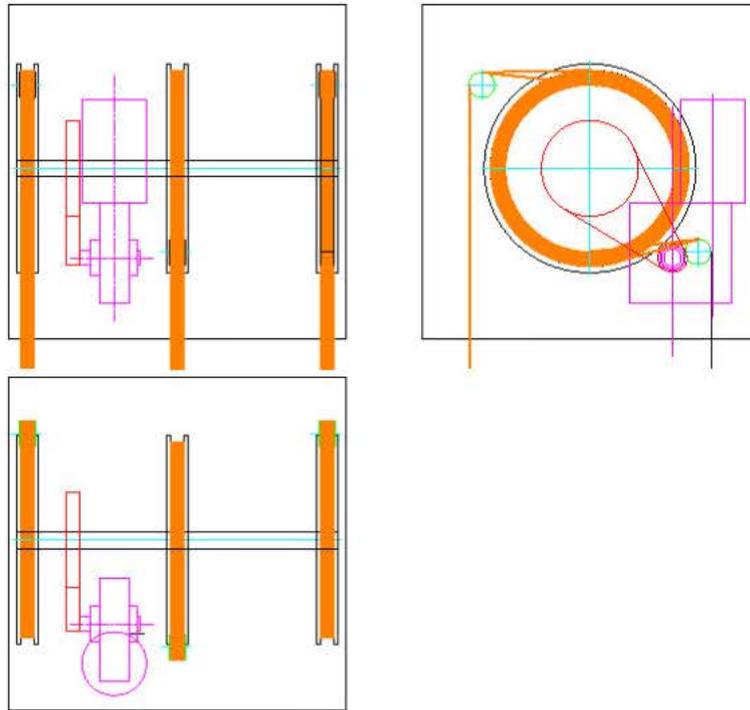


Abbildung 37: Konzept 1

Farbe	Bauteil
Magenta	Motor
Orange	Band
Rot	Übertrieb Motor auf Bandtrommeln
Grün	Umlenkrollen

Tabelle 14: Legende Farben Konzept 1

Der Antrieb der Bandtrommeln kann entweder direkt vom Getriebeantrieb oder mittels einer zusätzlichen Kraftübertragung von Getriebe auf die Trommelwelle realisiert werden. Bei der zusätzlichen Übertragungsstufe ist es möglich eine weitere Übersetzungsstufe und somit eine Anpassung der Drehzahl beziehungsweise des Drehmoments zu realisieren. Ein Nachteil hierbei ist jedoch die zusätzlich auftretende radiale Belastung der Getriebeabtriebswelle. Durch die zusätzlichen Umlenkrollen wird eine fixe Position des Bandauslaufes vom Liftgehäuse sichergestellt. Da die Führung des Bandes jedoch sehr anfällig für Fehler ist, müssen hier vorab Versuche durchgeführt werden. In diesen Versuchen muss abgeklärt werden, wie leicht ein schräg auf die Umlenkrollen auflaufendes Band verläuft, auf die Bordscheiben wandert oder im schlimmsten Fall sogar umklappt. All diese Fälle sind bei einem Versuchsaufbau der Fa. Reeltech bereits aufgetreten.

Beim Aufwickeln des Bandes in mehreren Lagen ergibt sich je nach Bandlänge (Lagenanzahl) und Banddicke pro Umdrehung der Trommel eine Durchmesser- und somit Drehmomentänderung und eine Drehzahl- und somit Fahrgeschwindigkeitsänderung (vgl. *Abbildung 31: Veränderung der Drehzahl*).

Um die Veränderungen von Drehzahl und Drehmoment möglichst gering zu halten müssen möglichst große Trommelinnendurchmesser verwendet werden. Für einen Durchmesser von 200mm ergeben sich folgende notwendige Werte für den Antrieb bei der Fahrgeschwindigkeit von 8cm/s einer Last von 600kg:

Drehmoment: ca. 735 Nm

Drehzahl: ca. 5,1 U/min

Wie in *Abbildung 37: Konzept* ersichtlich ist hier der Einsatz eines Winkelgetriebes vorteilhaft. Durch den winkligen Einbau der Motoren ist eine Unterbringung im Liftgehäuse leichter möglich. Ein weiterer Vorteil durch den Einsatz eines Schneckengetriebes ist die Selbsthemmung beziehungsweise Selbstbremsung.

Die Messung der Absenkhöhe muss über die Anzahl der Trommelumdrehungen unter Berücksichtigung der Durchmesseränderung auf Grund der mehrlagigen Wicklung oder über die Messung der Umdrehungen einer Umlenkrolle berechnet werden.

Die Kontrolle, ob das Zugmittel unter ausreichender Spannung für ein geordnetes Aufwickeln ist, wird durch eine mittels Feder vorgespannte Anpressrolle realisiert. So werden zusätzliche Umlenkungen des Zugmittels vermieden.

Vorteile:

- + wenig Bauteile
- + Schneckengetriebe einsetzbar
- + Selbsthemmung

Nachteile

- Durchmesseränderung beim Wickeln
- Drehmomentänderung beim Wickeln
- Drehzahländerung beim Wickeln
- anfällig bei Schwenken der Last
- anfällig für Wickelfehler (Auflaufen des Bandes auf Bordscheibe, Umklappen des Bandes beim Wickeln)
- Dickenänderung des Bandes führt zu unterschiedlichen Wickellängen
- ein kleiner Fehler in der untersten Lage wird durch die nachfolgenden Lagen immer größer.

Diese Fehlerfortpflanzung soll durch die folgenden Formeln veranschaulicht werden.

$$U = U_0 + U_1 + \dots + U_n = \sum_{i=0}^n U_i$$

**Formel 10: Bandlänge ideal**

Der Umfang, also die aufgespulte Seillänge entspricht im idealen Fall die Summe des Umfanges jeder einzelnen Lage (vgl. *Formel 10: Bandlänge ideal*). Tritt bei der ersten Lage bereits ein Fehler auf, setzt sich dieser in jeder weiteren Lage vergrößert fort (vgl. *Formel 11: Bandlänge fehlerbehaftet*).

$$U_F = U_0 + \Delta U_{F0} + U_1 + \Delta U_{F1} + \dots + U_n + \Delta U_{Fn} = U + \sum_{i=0}^n \Delta U_{Fi}$$

**Formel 11: Bandlänge fehlerbehaftet**

## 4.2.7 Beschreibung Konzept 2

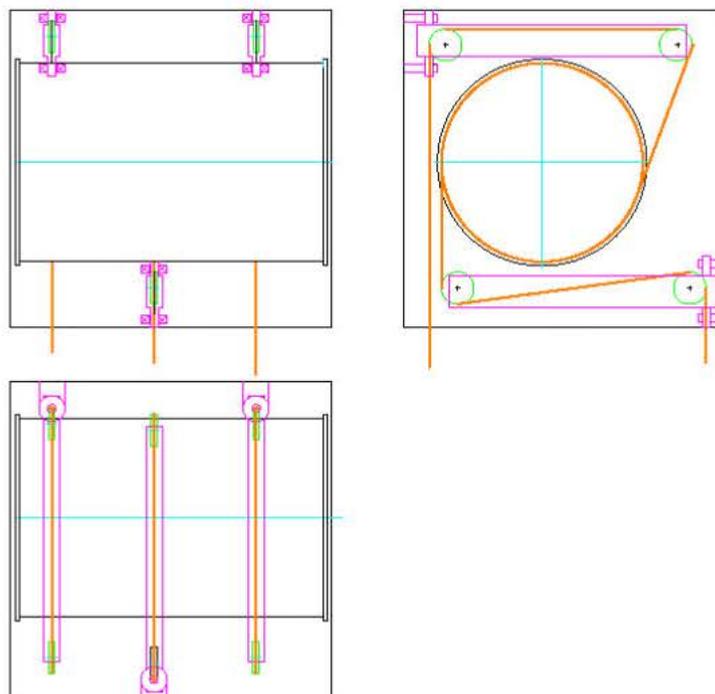


Abbildung 38: Konzept 2

Farbe	Bauteil
Magenta	Schwenkarm mit Befestigung/Lagerung samt Seildurchführung
Grün	Umlenkrollen
Orange	Seil
Schwarz	Gehäuse und Trommel

Tabelle 15: Legende Farben Konzept 2

Die drei Kunststoffseile werden einlagig auf eine Mehrfachtrommel aufgewickelt. Wie in der *Abbildung 38: Konzept 2* ersichtlich, ist hierfür ein Trommeldurchmesser von mindestens 200 mm notwendig, damit der Bauraum nicht überschritten wird. Dies bedeutet, dass der Motor in der Trommel untergebracht werden muss und daher kein Einsatz eines Schnecken- oder anderen Winkelgetriebes möglich ist. Da bei den für den Einsatz in der Trommel möglichen Getriebe keine Selbsthemmung beziehungsweise Selbstbremsung auftritt, ist der Einsatz einer zusätzlichen Bremse, welche direkt am zweiten Ende des Motors angebaut wird, notwendig. Durch die Unterbringung des Motors in der Trommel ist noch eine zusätzliche Übersetzungsstufe in Form eines Innenzahnkranzes und einem Ritzel auf der Getriebeabtriebswelle möglich. Die Anpassung auf unterschiedliche Liftbaugrößen ist durch den Einsatz mehrerer Motoren sowie dem Tausch des Faserseiles und der Anpassung der Rillenform an das Seil möglich. Die Notwendigkeit der Rille entsteht dadurch, dass es

sich bei den Schwenkarmen um frei bewegliche, nicht zwangsgeführte Seilführungselemente handelt. Die Rille gibt somit die Seilposition vor und der Schwenkarm folgt dieser. Nach DIN 15020 ist es möglich, dass Seile unter einem Winkel von  $4^\circ$  auf die Umlenkrollen auflaufen können. Daher ist auch sichergestellt, dass die Führung des Zugmittels auch in Schräglagen funktioniert. In der Skizze (vgl. *Abbildung 38: Konzept 2*) sind mögliche Anordnungen für die Seiltrommel und Wickelarme abgebildet.

Für die Berechnung der Absenkhöhe wird über die im Motor verbauten Hallsensoren die Motordrehzahl gemessen. Für die Umrechnung in Meter Absenkhöhe sind weiters die Übersetzungen von Getriebe sowie Zusatzübersetzung (Ritzel-Innenzahnkranz) und der Trommeldurchmesser zu berücksichtigen.

Zur Kontrolle ob eine Schlaffseilbildung vorliegt, wird wiederum eine durch eine Feder belastete Anpressrolle eingesetzt.

#### Vorteile:

- + definiertes Wickeln
- + funktionsfähig auch bei Schrägstellungen

#### Nachteile:

- Zur Baugrößenanpassung muss auch die Trommel getauscht werden.
- Eine Rille in der Trommel ist notwendig.
- viele Bauteile

### 4.2.8 Beschreibung Konzept 3

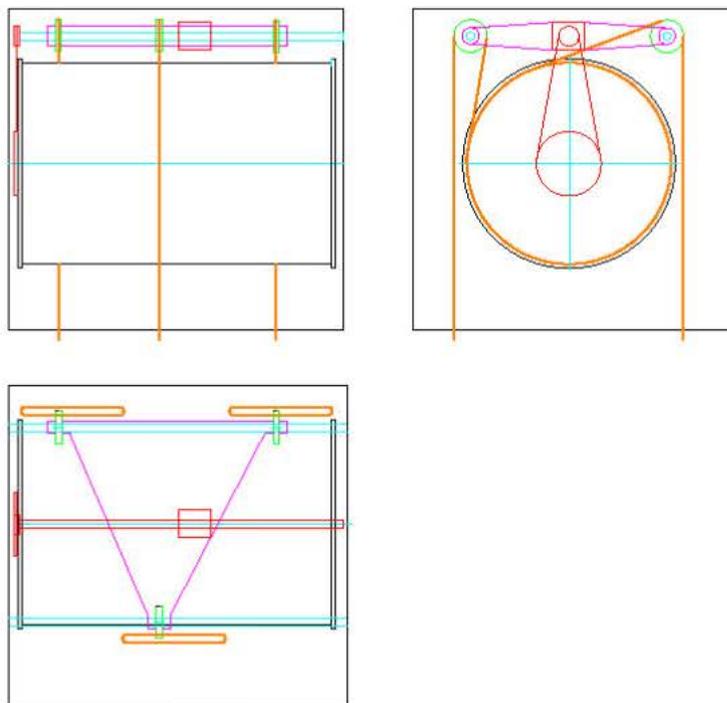


Abbildung 39: Konzept 3

Farbe	Bauteil
Magenta	Seilführungsschlitten
Hellblau	Führungswellen
Orange	Seil und Seilauslass
Rot	Gewindespindel samt Mutter und Übertrieb von Trommel
Grün	Umlenkrollen
Schwarz	Seiltrommel und Gehäuse

Tabelle 16: Legende Farben Konzept 3

Drei Kunststofffaserseile werden auf einer glatten Mehrfachtrommel einlagig aufgewickelt. Hier ist es wiederum notwendig, den Motor innerhalb der Trommel mit einer zusätzlichen Übersetzungsstufe zu montieren und eine zusätzliche Motorbremse einzusetzen. Die Seile werden über Umlenkrollen geführt. Diese werden durch eine Gewindespindel in Richtung der Trommelachse verschoben. Somit wird der Seilaufpunkt von den angetriebenen Umlenkrollen verschoben, was jedoch auch den Nachteil mit sich bringt, dass sich der Seilauslaufpunkt aus dem Liftgehäuse auch mitverschiebt. Somit bewegt sich die Last beim Absenken beziehungsweise Heben maximal um die für die maximale Seillänge notwendige Aufwickelbreite. Der Einsatz einer gerillten Trommel ist hierbei nicht notwendig, da der Vorschub über die Spindelsteigung und Übersetzung des Übertriebes von Trommel auf Spindel

vorgegeben ist und eingestellt werden kann. Die Anpassung der Liftbaugrößen kann somit einfach durch den Tausch des Zugmittels und dem Einbau zusätzlicher Motoren sowie der Änderung der Übertriebsübersetzung von der Trommel auf die Gewindespindel vorgenommen werden.

Zur Wegmessung soll, wie schon im Konzept 2, der im Motor verbaute Hallsensor genützt werden.

Als Schlaffseilsensor soll wiederum die federbelastete Anpressrolle eingesetzt werden.

Vorteile:

- + definiertes Wickeln
- + funktionsfähig auch bei Schrägstellungen
- + wenig Änderungen für Baugrößenanpassung

Nachteile:

- Bewegung des Lasttellers in Richtung der Trommelachse beim Absenkvorgang  
Durch zusätzliche Seilführungsrollen könnte diese Bewegung verhindert werden. Eine solche Anpassung benötigt jedoch viele Bauteile und verursacht seitliche Kräfte auf den Seilführungsschlitten.

### 4.2.9 Beschreibung Konzept I

Vorerst sollen zur Erkennung der oberen Endlage Näherungsschalter eingesetzt werden. Die Versuchsdurchführung soll dann zeigen, ob diese notwendig sind, oder ob es ausreicht die Annäherung über den berechneten Fahrweg des Lasttellers zu definieren.

Wie im morphologischen Kasten abgebildet, soll die translatorische und rotatorische Zentrierung über Kegel realisiert werden. Hierfür ist es notwendig mindestens 2 Kegel einzusetzen. Als Zusatzbauteile sollen Zentriervorrichtungen für Lifte, welche unter Zwischendecken montiert werden, angebaut werden können.

Für die Kontrolle, ob die Verriegelungsposition erreicht ist, wird ein Endlagenschalter eingesetzt. Dieser Schalter gibt an, ob ein Schub- oder Drehmechanismus geschlossen werden kann und danach das Zugmittel entlastet werden kann. Das Zusammenspiel von Schlaffseilsensor, Endlagenschaltern und der aufgenommenen Lasttellerposition soll anzeigen, ob der Verriegelungsmechanismus richtig funktioniert hat und somit die Kontakte mit Strom beaufschlagt werden können.

Für die Kontakte soll ein Platz freigehalten werden. Die Kontaktart wird dann nach den ersten Testversuchen je nach benötigtem Kontaktaufnahmeweg ausgewählt werden.

Vorteile:

- + einfache Bauteile der Zentriervorrichtung (Drehteil)
- + wenig Bauteile für Verriegelung
- + kostengünstig

Nachteile:

- mindestens zwei Zentriervorrichtungen notwendig

### 4.2.10 Beschreibung Konzept II

Die Annäherung an die obere Endlage soll wie im Konzept I vorerst durch Näherungsschalter realisiert werden.

Bei der Zentrierung soll anstatt eines Kegels ein pyramidenförmiges Bauteil konstruiert werden. Dadurch ist es möglich die rotatorische und translatorische Ausrichtung mit einem Bauteil zu realisieren. Es soll wiederum der Anbau für verlängerbare Führungen möglich sein.

Drehbare, seitlich abgeflachte Verriegelungsbolzen durchfahren ein Langloch im Lastteller und werden ab dem Erreichen der Verriegelungsposition um 90° gedreht (vgl. *Tabelle 7: Morphologischer Kasten Dual Lift O4*). Somit liegt der Lastteller nach dem Entlasten des Zugmittels auf den Verriegelungsbolzen auf. Das Erreichen der Verriegelungsposition sowie die Erkennung ob die Verriegelung ordentlich durchgeführt wurde, soll mit Endlagenschaltern, Schlangenseilsensoren und Wegmessung kontrolliert werden.

Vorteile:

- + weniger Bauteile für Zentrierung notwendig

Nachteile:

- kompliziertere Fertigung der Zentrierpyramide
- viele Bauteile für Verriegelung notwendig
- aufwendig

### 4.2.11 Bewertung der Lösungsvarianten

Nun sollen die ausgewählten Lösungskonzepte mittels Nutzwertanalyse bewertet werden. Hierbei werden wieder die beiden Baugruppen Lastteller und Lift getrennt voneinander betrachtet.

Ermitteln der Bewertungskriterien:

- Kriterium 1: Hublast  
Die Hublast muss mindestens 80 kg betragen. Eine Erhöhung der Hublast durch Anpassung von Bauteilen auf 600 kg soll möglich sein.
- Kriterium 2: Hubhöhe  
Die Hubhöhe wird durch die maximal mögliche Zugmittelaufspulllänge der einzelnen Konzepte bestimmt.

- Kriterium 3: Hubgeschwindigkeit  
Eine konstante Hubgeschwindigkeit von ca. 8 cm/s soll erreicht werden. Bei den Testfahrten mit den bestehenden Produkten hat sich jedoch herausgestellt, dass eine höhere Fahrgeschwindigkeit wünschenswert ist.
- Kriterium 4: Synchronisierbarkeit  
Mehrere Lifte sollen gemeinsam angesteuert werden und die gleichen Fahrmanöver ausführen. Wickelfehler müssen entweder vermieden oder durch Einsatz spezieller Regelungstechnik ausgebessert werden.
- Kriterium 5: Zugmittelausrichtung  
Da drei Anschlagpunkte des Zugmittels am Lastteller die selbe Fahrbewegung ausführen müssen, ist eine definierte Wicklung des Zugmittels erforderlich. Fehlereinflüsse sollen hierbei bewertet werden.
- Kriterium 6: Baugrößenanpassung  
Da der Einsatz dieses Liftbautyps bis zu 600 kg gefordert ist, müssen die Möglichkeiten zur Anpassung an die Hublast bewertet werden.
- Kriterium 7: Einfachheit  
Eine einfache, klare Bauart ist wünschenswert.
- Kriterium 8: Ausrichtung des Lasttellers  
Im Hängezustand und beim Einsatz in Zwischendecken muss der Lastteller so ausgerichtet sein, dass eine Verdrehung geringgehalten wird. Dieser Faktor ist zum Beispiel beim Einsatz mehrerer Lifte mit länglichen Leuchten, welche fluchtend an der Decke hängen sollten, sehr wichtig.
- Kriterium 9: Funktionssicherheit  
Der Einfluss von äußeren Faktoren, wie zum Beispiel ein Schaukeln der Last, darf sich auf die Funktion nicht negativ auswirken.
- Kriterium 10: Baugröße  
Bei der Baugröße des Liftgehäuses ist speziell auf die Höhe zu achten. Je niedriger das Konzept baut, desto besser.

## Wirtschaftliche Kriterien:

- Kriterium 11: Anschaffungskosten Antrieb  
Kosten für die einsetzbare Motor- /Getriebekombination sowie für eine zusätzliche Bremse und Elemente zur Kraftübertragung.
- Kriterium 12: Kostenaufwand Hubmittel
- Kriterium 13: Kostenaufwand Zukauf- und Normteile  
Je nach Konzepttyp sind unterschiedliche Zukaufteile anzuschaffen. Die Kosten dafür sollen abgeschätzt und bewertet werden.
- Kriterium 14: Fertigungskosten  
Je einfacher die Bauart desto geringer sind die Fertigungskosten.
- Kriterium 15: Lagerungskosten  
Müssen sehr viele unterschiedliche Bauteile eingesetzt werden, so erhöht sich der Lagerungsaufwand.

## Bestimmung der Gewichtungsfaktoren

...als → ↓ wichtiger...		Kriterium										Summe Σ	Gewichtung in %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Kriterium	1		0,5	1	0,5	0,5	0	0	1	0	0,5	4	8,9%
	2	0,5		1	0,5	0	0	0	1	0	0,5	3,5	7,8%
	3	0	0		0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1,1%
	4	0,5	0,5	1		1	1	0	0,5	0	1	5,5	12,2%
	5	0,5	1	1	0		0	0	0	0	0	2,5	5,6%
	6	1	1	1	0	1		0	1	0	1	6	13,3%
	7	1	1	1	1	1	1		1	0	0,5	7,5	16,7%
	8	0	0	1	0,5	1	0	0		0	0,5	3	6,7%
	9	1	1	1	1	1	1	1	1		1	9	20,0%
	10	0,5	0,5	0,5	0	1	0	0,5	0,5	0		3,5	7,8%
gesamt											45	100%	

Tabelle 17: Gewichtung (techn. Bewertung) durch paarweisen Vergleich

...als → ↓ wichtiger...		Kriterium					Summe Σ	Gewichtung in %
		11	12	13	14	15		
Kriterium	11		0,5	1	0,5	0,5	2,5	25,0%
	12	0,5		0	0	0,5	1	10,0%
	13	0	1		0	0	1	10,0%
	14	0,5	1	1		1	3,5	35,0%
	15	0,5	0,5	1	0		2	20,0%
gesamt						10	100%	

Tabelle 18: Gewichtung (wirtsch. Bewertung) durch paarweisen Vergleich

Den Eigenschaften der unterschiedlichen Konzepte werden nun Punkte zugeteilt. Für diese Punktezuteilung müssen sogenannte Eigenschaftsgrößentabellen erstellt werden.

Punkte	1	2	3	4	5
	Last	Hubhöhe	Geschwindigkeit	Synchronisierbarkeit	Zugmittelausrichtung
0	<80	20	<8cm/s	nicht möglich	nicht möglich
1	80	21	8cm/s	extrem kompliziert	extrem kompliziert
2	100	22			
3	120	23		kompliziert	kompliziert
4	140	24			
5	160	25	9cm/s	mittel	mittel
6	180	26			
7	200	27	10cm/s	einfach	einfach
8	220	28			
9	240	29		extrem einfach	extrem einfach
10	300	30	>10cm/s		

Tabelle 19: technische Eigenschaftsgrößen Teil 1

Punkte	6	7	8	9	10
	Baugrößenanpassung	Einfachheit	Präzision der Ausrichtung	Funktionssicherheit	Bauhöhe in mm
0	nicht möglich	extrem kompliziert	10°	extrem fehleranfällig	500
1	extrem kompliziert		kompliziert		9°
2		mittel		8°	460
3			kompliziert	7°	440
4	mittel	6°		etwas fehleranfällig	420
5		mittel	5°	fehlerunanfällig	400
6	einfach		4°		380
7		einfach	3°	360	
8	extrem einfach		extrem einfach	2°	extrem fehlerunanfällig
9		1°		320	
10		0,5°	300		

Tabelle 20: technische Eigenschaftsgrößen Teil 2

Punkte	11	12	13	14	15
	Kosten Antrieb	Kosten Hubmittel	Kosten Zukaufteile	Fertigungsaufwand	Kosten Lagerung
0	€ 500,00	€ 220,00	€ 1.000,00	extrem kompliziert	extrem viele Gerätebaugrößen
1	€ 470,00	€ 200,00	€ 900,00		
2	€ 440,00	€ 180,00	€ 800,00	kompliziert	sehr viele Gerätebaugrößen
3	€ 410,00	€ 160,00	€ 700,00		
4	€ 380,00	€ 140,00	€ 600,00	mittel	viele Umbauarbeiten
5	€ 350,00	€ 120,00	€ 500,00		
6	€ 320,00	€ 100,00	€ 400,00	einfach	
7	€ 290,00	€ 80,00	€ 300,00		
8	€ 260,00	€ 60,00	€ 200,00	extrem einfach	gleiches Gerät Motortausch
9	€ 230,00	€ 40,00	€ 100,00		
10	€ 200,00	€ 20,00	€ 0,00		gleiches Gerät

Tabelle 21: wirtschaftliche Eigenschaftsgrößen

Die Werte der Eigenschaftsgrößentabelle werden nun zur Bewertung der Konzepte herangezogen. Kriterien die nicht im Konzept vorkommen, werden automatisch auf den Wert 10 gesetzt.

	Gew.	Konzept 1			Konzept 2			Konzept 3			
		Eigensch. Größe	Wert	Gew. Wert	Eigensch. Größe	Wert	Gew. Wert	Eigensch. Größe	Wert	Gew. Wert	
Technische Kriterien	1	8,9	600kg	10	0,89	600kg	10	0,89	600kg	10	0,89
	2	7,8	30m	10	0,78	ca. 30m (seilabhängig)	9	0,70	ca.30m (seilabhängig)	9	0,70
	3	1,1									
	4	12,2	kompliziert	3	0,37	einfach	8	0,98	extrem einfach	9	1,10
	5	5,6	kompliziert	3	0,17	mittel	5	0,28	einfach	8	0,44
	6	13,3	mittel	5	0,67	mittel	5	0,67	extrem einfach	9	1,20
	7	16,7	einfach	7	1,17	einfach	7	1,17	einfach	6	1,00
	8	6,7	nicht enth.	10	0,67	nicht enth.	10	0,67	nicht enthalten	10	0,67
	9	20,0	sehr fehleranfällig	2	0,40	etwas fehleranfällig	5	1,00	extrem fehlerunanfällig	9	1,80
	10	7,8	ca. 350mm	7,5	0,58	ca.400mm	5	0,39	ca. 400mm	5	0,39
<b>Gesamtwert technisch</b>						74	6,84		85	8,30	
<b>absolute techn. Wertigkeit</b>				62,5	5,74					68%	
										83%	

Tabelle 22: techn. Bewertung Konzept 1-3

	Gew.	Konzept 1			Konzept 2			Konzept 3			
		Eigensch. Größe	Wert	Gew. Wert	Eigensch. Größe	Wert	Gew. Wert	Eigensch. Größe	Wert	Gew. Wert	
Wirtschaftl. Kriterien	11	25	260 €	8	2	290 €	7	1,75	290 €	7	1,75
	12	10	50 €	8	0,8	40 €	9	0,9	40 €	9	0,9
	13	10	100 €	9	0,9	300 €	7	0,7	300 €	7	0,7
	14	35	extrem einfach mit offenen Fragen	6	2,1	mittel	5	1,75	einfach	6	2,1
	15	20	viele Umbauarbeiten	4	0,8	gleiches Gerät Motortausch	9	1,8	gleiches Gerät Motortausch	9	1,8
<b>Gesamtwert wirtschaftl.</b>			36	6,95		37	6,9		38	7,25	
<b>absolute wirtschaftl. Wertigkeit</b>			66%			69%			73%		
<b>GESAMTWERTIGKEIT W</b>			59%			69%			78%		

Tabelle 23: wirtschaftl. Bewertung Konzept 1-3 + Gesamtwertigkeit

	Gew.	Konzept I			Konzept II			
		Eigenschaftsgröße	Wert	Gew. Wert	Eigenschaftsgröße	Wert	Gew. Wert	
Techn. Kriterien	1	8,9	nicht enthalten	10	0,89	nicht enthalten	10	0,89
	2	7,8	nicht enthalten	10	0,78	nicht enthalten	10	0,78
	3	1,1	nicht enthalten	10	0,11	nicht enthalten	10	0,11
	4	12,2	nicht enthalten	10	1,22	nicht enthalten	10	1,22
	5	5,6	nicht enthalten	10	0,56	nicht enthalten	10	0,56
	6	13,3	extrem einfach	10	1,33	extrem einfach	10	1,33
	7	16,7	extrem einfach	9	1,50	kompliziert	3	0,50
	8	6,7	1°	9	0,60	1°	9	0,60
	9	20,0	extrem fehlerunanfällig	9	1,80	etwas fehleranfällig	5	1,00
	10	7,8	keine negative Beeinflussung	10	0,78	keine negative Beeinflussung	10	0,78
<b>Gesamtwert technisch</b>			97	9,57		87	7,77	
<b>absolute Wertigkeit</b>			96%			78%		

Tabelle 24: technische Bewertung Konzept 4-5

		Konzept I				Konzept II		
		Gew.	Eigenschafts-Größe	Wert	Gew. Wert	Eigenschafts-Größe	Wert	Gew. Wert
Wirtschaftl. Kriterien	11	25	nicht enthalten	10	2,5	nicht enthalten	10	2,5
	12	10	nicht enthalten	10	1	nicht enthalten	10	1
	13	10	10 €	10	1	30 €	9	0,9
	14	35	extrem einfach	9	3,15	einfach	8	2,8
	15	20	gleiches Gerät	10	2	gleiches Gerät	10	2
<b>Gesamtwert wirtschaftlich:</b>				49	9,65		47	9,2
<b>absolute Wertigkeit</b>					97%			92%
<b>GESAMTWERTIGKEIT W</b>					<b>96%</b>			<b>85%</b>

Tabelle 25: wirtsch. Bewertung Konzept I-II + Gesamtwertigkeit

Nun können die Ergebnisse der Bewertung in einem Diagramm veranschaulicht werden.

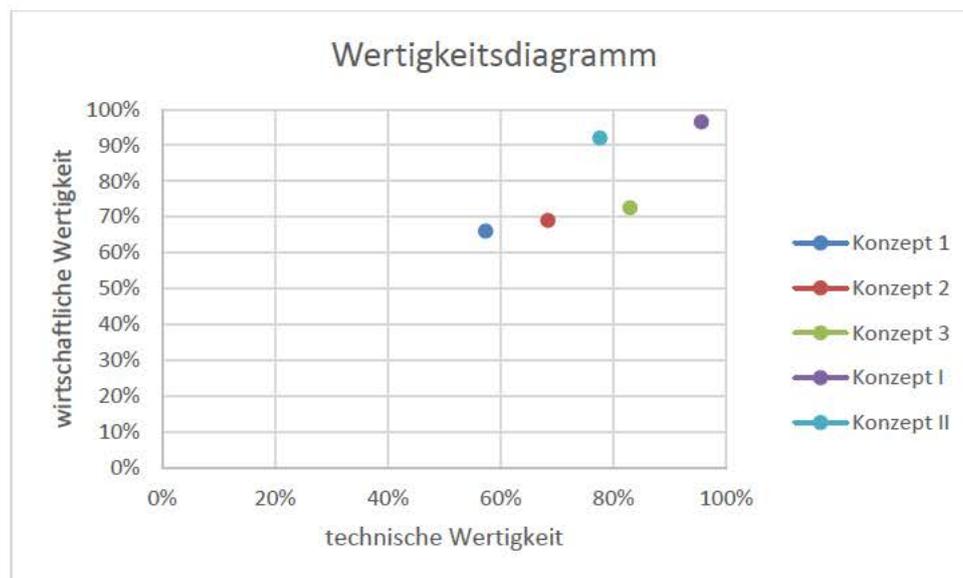


Abbildung 40: Wertigkeitsdiagramm

Aus dieser Bewertung soll nun das Konzept I fix ausgewählt werden und mit den beiden besten Konzepten der Liftbaugruppe kombiniert werden. Diese beiden Konzepte werden nun nochmals genauer ausgearbeitet und dann nach den gleichen Bewertungskriterien beurteilt.

## 4.2.12 Ausarbeitung Konzept 2l

In der *Abbildung 41: 3D-Konzept Wickelarm* sind die benötigten Bauteile des Konzeptes mit ihren wichtigsten Funktionen dargestellt.

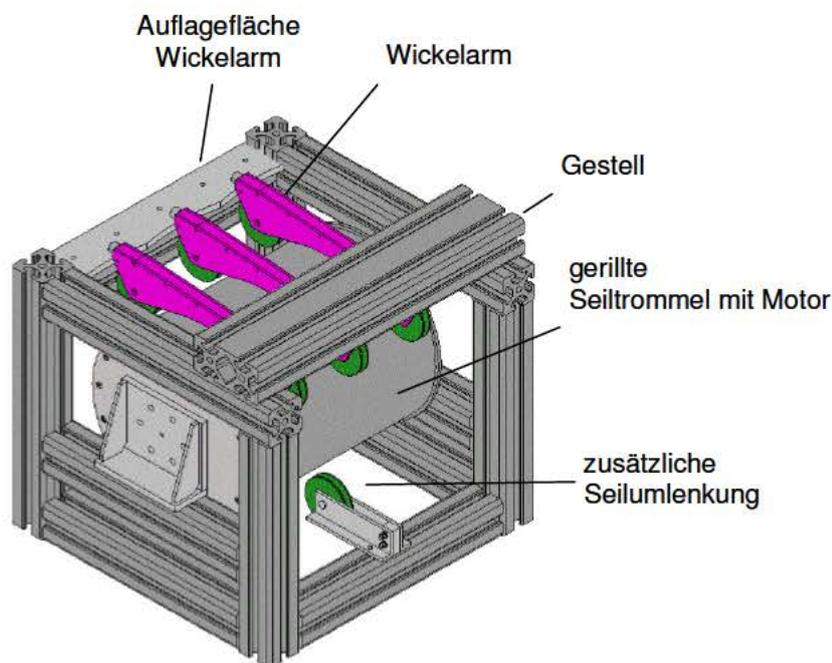


Abbildung 41: 3D-Konzept Wickelarm

Um mit der Gesamtbauhöhe auszukommen, muss der Schwenkarm speziell geformt werden (vgl. *Abbildung 42: 3D-Konzept Wickelarm Detail*). Diese Platzoptimierung erfordert wiederum komplizierte Bauteilgeometrien. Die Anzahl der Bauteile ist bei diesem System sehr hoch. Es werden je Schwenkarm drei Blechzuschnitte, eine Kurvenrolle, ein Schrägkugellager, ein Dreh-/ Frästeil zur Lagerbefestigung und zwei Umlenkrollen benötigt (vgl. *Abbildung 41: 3D-Konzept Wickelarm*). Da die Seilauflaufpunkte aus dem Liftgehäuse und somit die Anschlagpunkte am Laststeller nicht in einer Linie, sondern dreieckförmig angeordnet sein sollen, muss ein Zugmittel mit zusätzlichen Umlenkrollen auf die andere Seite gebracht werden. Dies bedeutet wiederum eine zusätzliche Seilbelastung und einen Mehraufwand in der Produktion.

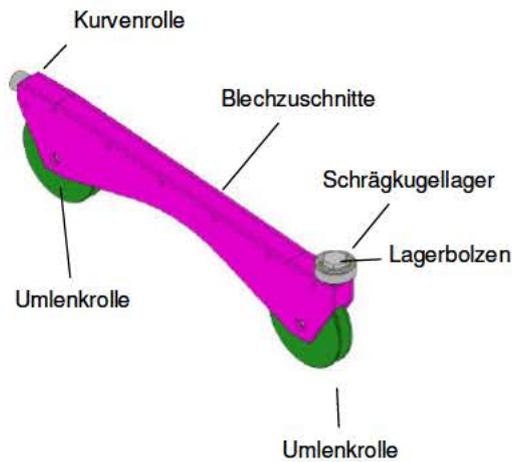


Abbildung 42: 3D-Konzept Wickelarm Detail

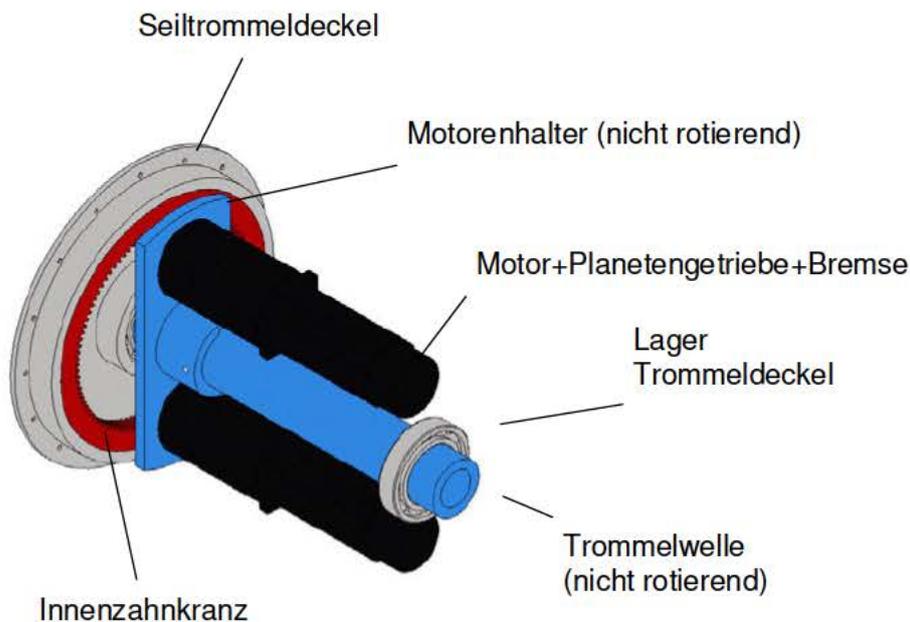


Abbildung 43: 3D-Konzept Seiltrommel Trommelmotor

In *Abbildung 43: 3D-Konzept Seiltrommel Trommelmotor* ist der Seiltrommelaufbau dargestellt. Zur besseren Einsicht in das Trommelinnere wurden der rechte Seitendeckel und die Trommel ausgeblendet. Die Drehmomentübertragung des Motors erfolgt über das Motorritzel, welches in den mit dem linken Seitendeckel verbundenen Innenzahnkranz eingreift. Wichtig bei diesem Konzept ist, dass nicht die Trommelwelle angetrieben wird, sondern die, auf der stehende Trommel. Zusätzlich besteht noch die Möglichkeit, Komponenten der Steuerung in der Seiltrommel unterzubringen und somit Bauraum im späteren Liftgehäuse zu sparen.

Die Verriegelungskomponenten sind in *Abbildung 44: 3D-Konzept Verriegelung* dargestellt. Die mit dem Laststeller mitbewegten Verriegelungsbolzen werden durch eine Schwenkbewegung des Verriegelungsbleches in der oberen Endlage eingehakt, somit wird die Last über die Auflageflächen der Bolzen auf das Blech übertragen.

Da der Auslasspunkt des Seiles aus dem Liftgehäuse eine von der Hubbewegung abhängige Seitwärtsbewegung durchführt, muss darauf geachtet werden, dass bei offener Verriegelung eine Kollision des Verriegelungsbleches mit dem Seil vermieden wird. Auf Grund dieser Tatsache kommt die ungewöhnliche Form des Verriegelungsbleches zustande (vgl. *Abbildung 63: Verriegelung geschlossen (links) Verriegelung offen (rechts)*).

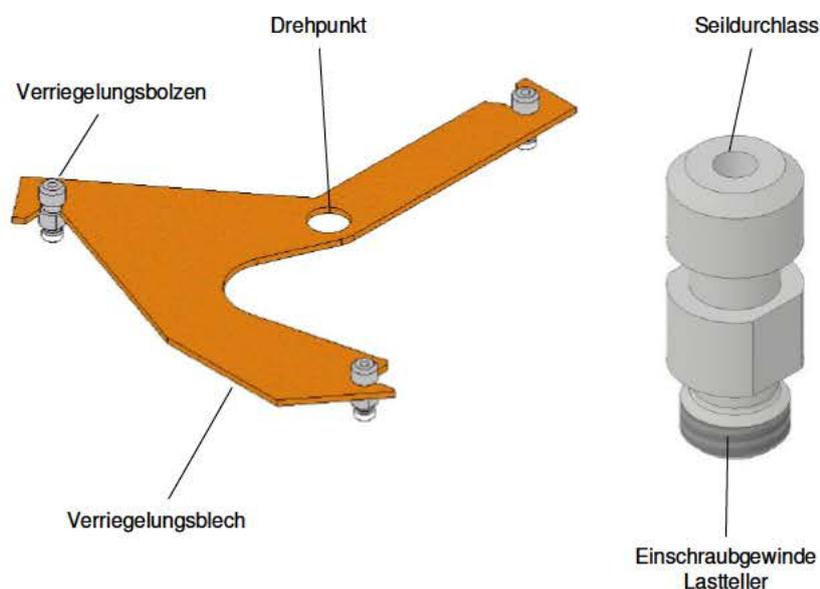


Abbildung 44: 3D-Konzept Verriegelung

### 4.2.13 Ausarbeitung Konzept 3I

Zur Führung des Trägers der drei Seilrollen wird ein Linearführungssystem mit Gleitlagerelementen eingesetzt. Dieser Schlitten wird durch die gelagerte Trapezgewindespindel angetrieben. Der Antrieb der Spindel erfolgt mittels Zahnriemen mit Zahnriemenrädern unterschiedlicher Zähnezahlen. So kann der Vorschub eingestellt werden (vgl. *Abbildung 45: 3D-Konzept Gewindespindel einlagig*).

Die Trommel und der Lastteller samt Verriegelung ist gleich wie bereits im oben beschriebenen Konzept 2I ausgeführt.

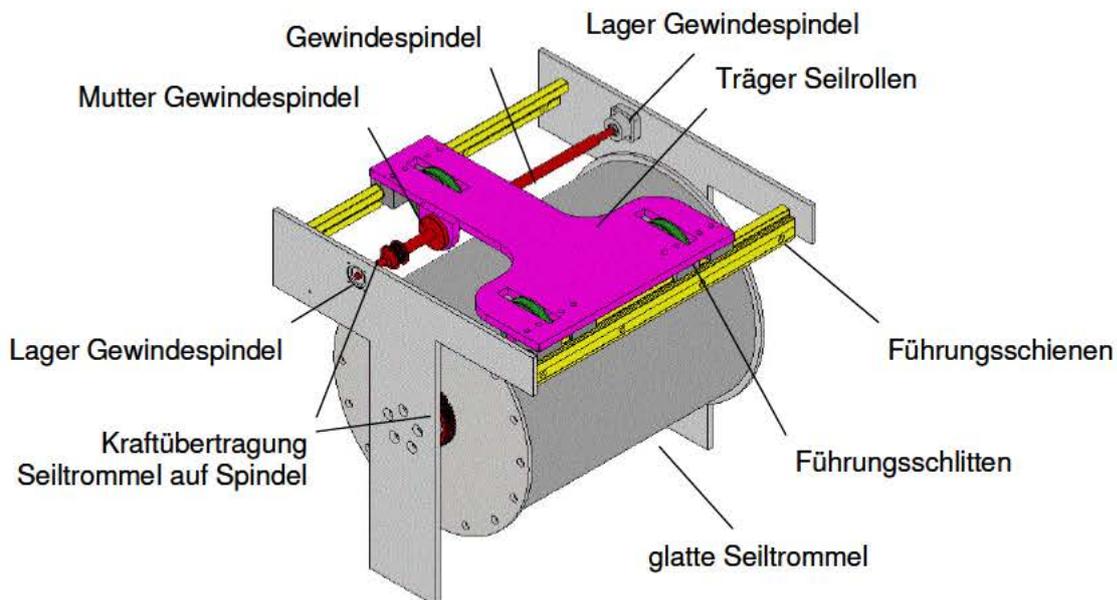


Abbildung 45: 3D-Konzept Gewindespindel einlagig

#### 4.2.14 Bewertung und Auswahl

Nach Erstellen der beschriebenen 3D-Konzepte und nochmaliger Bewertung mit denselben Bewertungskriterien wird nun das umzusetzende Konzept ausgewählt.

Bewertungskriterium		Konzept 2+I'				Konzept 3+I'		
		Gewichtung	Eigenschaftsgröße	Wert	Gew. Wert	Eigenschaftsgröße	Wert	Gew. Wert
techn. Kriterium	1	8,9	600kg	10	0,89	600kg	10	0,89
	2	7,8	ca. 30m (rillenabhängig)	9	0,70	30m	10	0,78
	3	1,1	ca.10cm/s (regelbar)	10	0,11	ca.10cm/s (regelbar)	10	0,11
	4	12,2	Extrem einfach	9	1,10	extrem einfach	9	1,10
	5	5,6	mittel	5	0,28	einfach	8	0,44
	6	13,3	mittel	5	0,67	extrem einfach	9	1,20
	7	16,7	einfach	7	1,17	einfach	6	1,00
	8	6,7	1°	9	0,60	1°	9	0,60
	9	20,0	etwas fehleranfällig	5	1,00	extrem fehlerunanfällig	9	1,80
	10	7,8	ca.400mm	5	0,39	<400mm	6	0,47
<b>Gesamtwert technisch</b>				73	6,90		86	8,39
<b>absolute Wertigkeit</b>					69%			84%
wirtsch. Kriterien	11	25	290 €	7	1,75	290 €	7	1,75
	12	10	40 €	9	0,9	40 €	9	0,9
	13	10	400 €	6	0,6	310 €	7	0,7
	14	35	kompliziert	3	1,05	einfach	6	2,1
	15	20	gleiches Gerät viele Umbauarbeiten	6	1,2	gleiches Gerät Motortausch	10	2
<b>Gesamtwert wirtschaftlich:</b>				31	5,5		39	7,45
<b>absolute Wertigkeit</b>					55%			75%
<b>Gesamtwertigkeit W</b>					62%			79%

Tabelle 26: Bewertungstabelle 2I und 3I

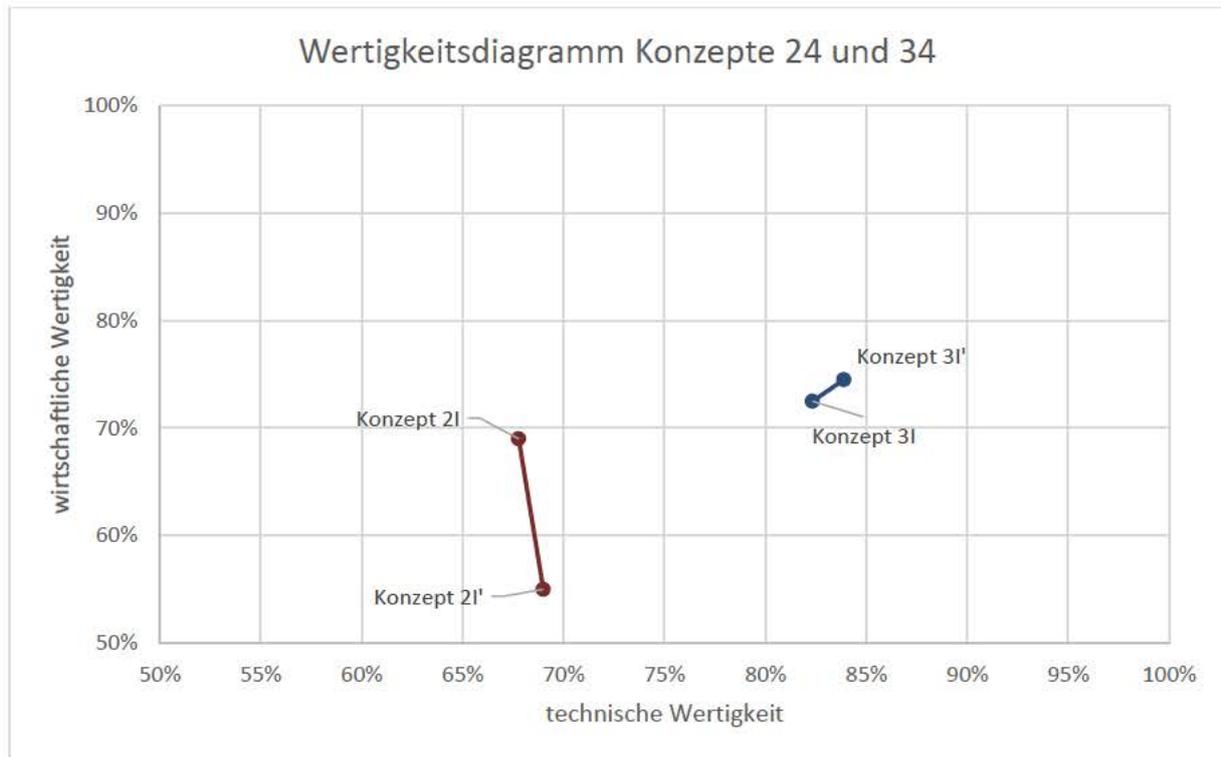


Abbildung 46: Wertigkeitsdiagramm

Im Diagramm ist ersichtlich, wie sich die Stärke der Konzepte nach genauerer Ausarbeitung verändert hat. Diese Veränderung hat ergeben, dass das Konzept 2I' mit einem Wert von 62% nach Berechnung lt. Hyperbelfunktion (vgl. *Formel 5: Hyperbelfunktion*) das weniger wertige Konzept ist. Es wird deshalb das höherwertigere Konzept 3I' ( $W = 79\%$ ) ausgewählt und zum Entwurf freigegeben.

### 4.3 Entwurf Dual Lift Komponententeststand

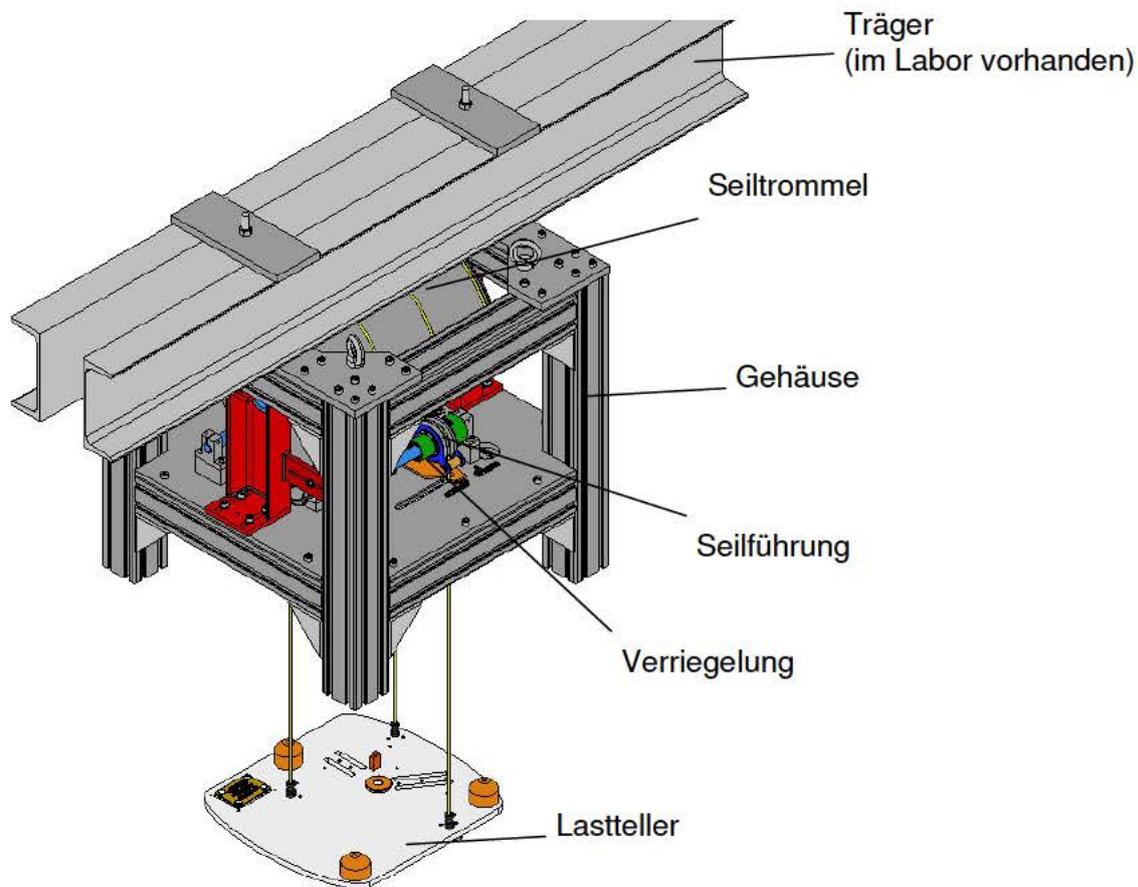


Abbildung 47: Gesamtaufbau

Das Gesamtkonzept wird in einzelne Baugruppen aufgeteilt. Diese Baugruppen werden nun nach den schon im Kapitel 2.3 *Methodisches Entwerfen* erwähnten Grundregeln konstruiert. Die Konstruktionsergebnisse sollen nun näher erläutert werden. Wie schon in den Arbeitsschritten (*Tabelle 2: Hauptarbeitsschritte Entwerfen*) erläutert, werden Nebenfunktionsträger erst nach dem Entwurf der Hauptfunktionsträger konstruiert. Zur Bewahrung der Übersichtlichkeit sollen in den nächsten Kapiteln immer alle Funktionsträger der gesamten Unterbaugruppe aufgelistet werden.

Um neben der Kontrolle der Bauteilfestigkeiten die Gestaltungsrichtlinie „Sicherheit“ einzuhalten müssen folgende Punkte beachtet werden:

Richtlinie/Norm	Aussage
Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	<b>Betriebskoeffizient</b> von Kunststofffaserseilen hat den Wert <b>7</b> <sup>116</sup> „Betriebskoeffizient“: arithmetisches Verhältnis zwischen der vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten garantierten Last, die das Bauteil höchstens halten kann und der auf dem Bauteil angegebenen maximalen Tragfähigkeit. <sup>117</sup>
Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	<b>Statischer Prüfkoeffizient: 1,25</b> <b>Dynamischer Prüfkoeffizient: 1,1</b> „Prüfkoeffizient“: arithmetisches Verhältnis zwischen der für die statische oder dynamische Prüfung der Maschine zum Heben von Lasten oder des Lastaufnahmemittels verwendeten Last und der auf der Maschine zum Heben von Lasten oder dem Lastaufnahmemittel angegebenen maximalen Tragfähigkeit. <sup>118</sup>
Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	Die maximale <b>Tragfähigkeit</b> eines <b>mehrsträngigen Anschlagmittels</b> wird aus der maximalen Tragfähigkeit des schwächsten Strangs, der Anzahl der Stränge und einem von der Anschlagart abhängigen Minderungsfaktor errechnet <sup>119</sup>
DIN 15020	Bei tiefster Stellung des Tragmittels müssen <b>vor der Endbefestigung</b> noch mindestens <b>zwei Seilwindungen</b> auf der Seiltrommel liegen. <sup>120</sup>
DIN 15061 Teil 1	Rillengeometrie für Umlenkrollen <sup>121</sup>
DIN 15020	Ablaufsicherung: Geometrie der Bordscheiben <sup>122</sup>
DIN 580	Maximale Lasten von Ringschrauben <sup>123</sup>
ÖVE/ÖNORM E 8002-1	Sicherheitsfaktor 5 für Verriegelungssysteme <sup>124</sup>
VDE 0100-718	Doppelte Verriegelung für Leuchten über 5kg <sup>125</sup>

Tabelle 27: Sicherheitsbestimmungen

Die weiteren Gestaltungsgrundregeln „Eindeutigkeit“ und „Einfachheit“, wurden so berücksichtigt, dass zum Beispiel bei Lagerungen keine Überbestimmtheit auftreten soll oder bei der Formgebung der Bauteile möglichst einfache Fertigungsverfahren und Arbeitsschritte angewendet werden können. Dies beinhaltet auch, dass die Möglichkeiten zur Fertigung von Bauteilen an der Universität genutzt werden können und Aufträge an Expertenfirmen vermieden werden. Ein weiteres Merkmal beim

<sup>116</sup> vgl. *Maschinenrichtlinie*, 2006, S. L 157/59

<sup>117</sup> *Maschinenrichtlinie*, 2006, S. L 157/57

<sup>118</sup> *Maschinenrichtlinie*, 2006, S. L 157/57

<sup>119</sup> *Maschinenrichtlinie*, 2006, S. L 157/59

<sup>120</sup> *DIN 15020*, 1974, S. 8

<sup>121</sup> *DIN 15061 Teil 1*, 1977, S. 1

<sup>122</sup> vgl. *DIN 15020*, 1974, S. 8

<sup>123</sup> *DIN 580 - Ringschrauben*, 2010, S. 11 Tabelle 4

<sup>124</sup> vgl. *ÖVE/ÖNORM E 8002-1*, 2002, S. 16

<sup>125</sup> vgl. *DIN VDE 0100-718 Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-718: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Öffentliche Einrichtungen und Arbeitsstätten*, 2014, S. 6

Prinzip Einfachheit ist die vermehrte Verwendung von Zukaufteilen. Diese sollen leicht zugänglich sein. Als Beispiel soll hierbei genannt werden, warum man beim Übertrieb von Trommel auf Vorschubeinheit/Gewindespindel (vgl. 4.3.2 *Baugruppe Seilführung*) keinen Zahnriemen, sondern eine Rollenkette mit Kettenrädern verwendet hat. Grundsätzlich sind Zahnriemenscheiben in jeder Zähnezahl verfügbar. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass der Preis für Riemenscheiben außerhalb der Standardzähnezahlen auf ein Fünffaches des „Standardpreises“ anwächst. Da die Dichte der unterschiedlichen Zähnezahlen von Kettenrädern relativ hoch ist und man mit wenigen Kettenrädern das benötigte Vorschubspektrum gut abdecken kann, wird daher eine Rollenkette eingesetzt.

### 4.3.1 Baugruppe Seiltrommel

Die gestaltbestimmenden Hauptfunktionsträger der Seiltrommel sind einerseits der Trommelmantel mit Seitendeckeln samt Lagerung und auf der anderen Seite der Antriebsstrang im Inneren. Die Vorrichtung zur Unterbringung der Elektronik für die Motorsteuerung wird als sogenannter Nebenfunktionsträger bezeichnet. Nebenfunktionsträger werden nach dem Entwurf der Hauptfunktionsträger konstruiert.

- **Zugmittel:**

Am Komponententeststand sollen unterschiedliche Arten von Kunststofffaserseilen getestet werden. Zum einen sollen unterschiedliche Seildurchmesser für unterschiedliche maximale Hublasten verwendet werden, zum anderen sollen unterschiedliche Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften getestet werden. Unter Verzicht der vollen Hubhöhe sollen auch Aramid Seile getestet werden. Dieser Materialtyp hat auf Grund der schweren Entflammbarkeit den Vorteil, dass er auch in Zonen strikter Brandschutzvorschriften eingesetzt werden kann, weist aber im Vergleich zu anderen Fasern höhere Durchmesser bei gleicher Bruchfestigkeit auf.

Bezeichnung	Durchmesser	Hersteller	Material	Bruchkraft	Hublast
Kiteline OL-2	2,9mm	Teufelberger	Dyneema	8800N	384kg
Aramid Cord	3mm	Liros	Aramid	5600N	245kg
Aramid Cord	4mm	Liros	Aramid	7000N	305kg

Tabelle 28: eingesetzte Seiltypen

Die der Tabelle hintergründigen Berechnungen sind im Anhang 7.5.1 *Zugmittel* angeführt.

- **Seiltrommel:**

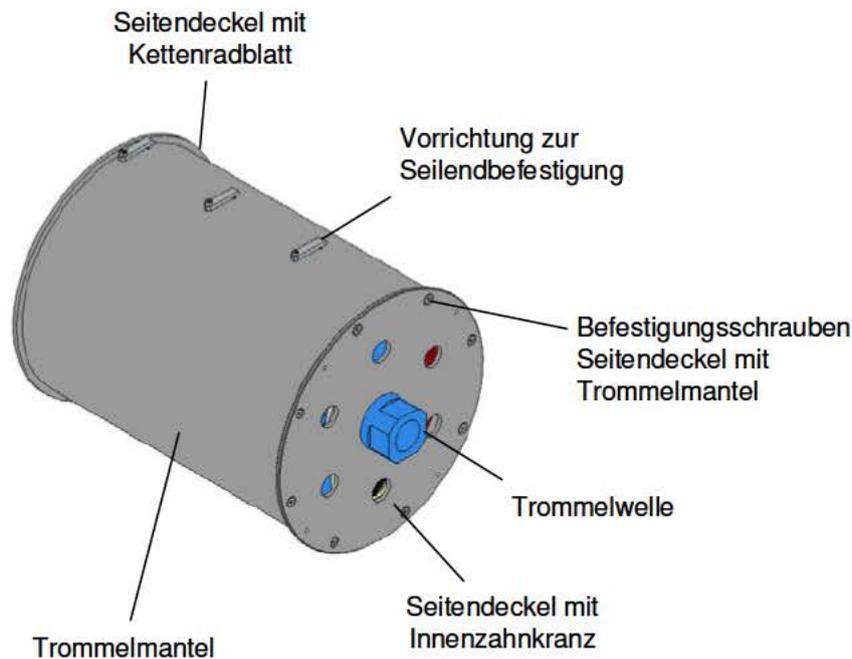


Abbildung 48: Seiltrommel

Auf Grund der bereits im Kapitel 4.2.4 *Beschreibungen Morphologischer Kasten* (vgl. F) *Zugmittel ausrichten*) ausgeführten Überlegungen zur Unterbringung der Zugmittel auf und des Antriebsstranges in der Trommel, ohne Überschreitung der maximalen zulässigen Abmessungen, wurden folgende Abmessungen gewählt:

Trommeldurchmesser: 280mm

Trommellänge: 370mm

Diese Kombination aus Durchmesser und Länge bietet die beste Möglichkeit zur Unterbringung eines geeigneten Antriebs mit Zusatzverzahnung zur Kraftübertragung und bietet gleichzeitig ausreichend Platz zur Unterbringung des Antriebsstranges.

Dies ergibt für die zu prüfenden Seile folgende maximale Hubhöhen:

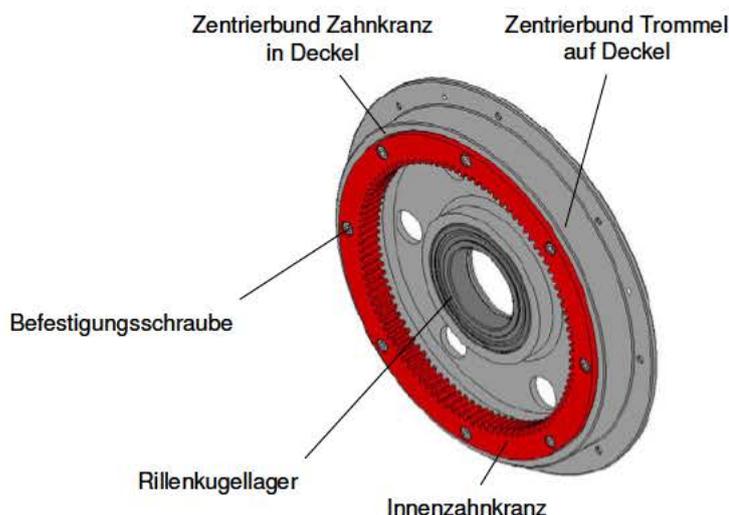
Bezeichnung	Durchmesser	Hersteller	Material	Hubhöhe
Kiteline OL-2	2,9mm	Teufelberger	Dyneema	34,8m
Aramid Cord	3mm	Liros	Aramid	33,5m
Aramid Cord	4mm	Liros	Aramid	24,5m

Tabelle 29: max. Hubhöhen

Die der Tabelle hintergründigen Berechnungen sind im Anhang 7.5.2 *Seiltrommel* angeführt.

- **Antriebsstrang**

Für die Kraftübertragung auf die Seiltrommel werden die Seitendeckel mit der Trommel durch Schrauben verbunden. Der Innenzahnkranz wird ebenfalls mit Schrauben in einem der Seitendeckeln befestigt (vgl. *Abbildung 49: Seitendeckel mit Innenzahnkranz*).



**Abbildung 49: Seitendeckel mit Innenzahnkranz**

Der Antriebsstrang muss so gewählt werden, dass dieser in der Trommel Platz findet. Die Auswahl des Antriebs wurde nach untenstehender *Tabelle 30: Auswahl Antriebsstrang* durchgeführt. Dies war ein iterativer Prozess, dessen Abhängigkeiten der einzelnen Faktoren untereinander in der *Abbildung 50: Faktoren Antriebsauslegung* verdeutlicht werden soll. Zusätzlich müssen noch die Faktoren Verfügbarkeit des notwendigen Antriebes, mögliche Baugrößenanpassung und die Verfügbarkeit von Normkomponenten (z.B. verfügbare Zähnezahlen bei Zusatzverzahnung) berücksichtigt werden.

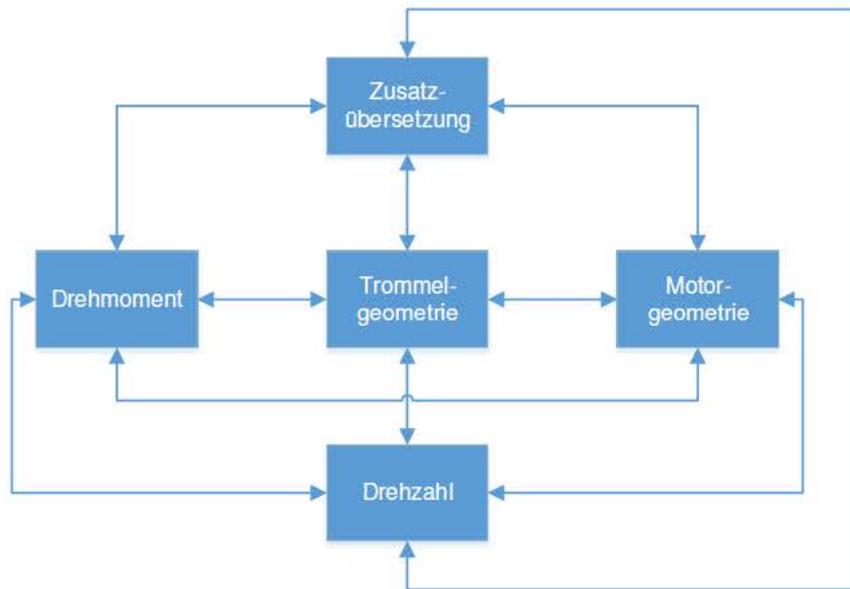


Abbildung 50: Faktoren Antriebsauslegung

Für die Brushless DC Motor-Planetengetriebe-Kombination BL70L+P72 der Fa. Elra ergeben sich folgende Übersetzungsverhältnisse, Hublasten und Drehzahlen bei einer Fahrgeschwindigkeit von mindestens 8cm/s.

Das Datenblatt des ausgewählten Motors, Getriebes und der Bremse ist im Anhang 7.11 *Datenblätter der Zukaufteile* beigelegt.

Für die Berechnung zur *Tabelle 30: Auswahl Antriebsstrang* ist im Anhang (7.5.3 *Antriebsstrang*) ein Beispiel angegeben.

BL70+P72		Last [kg]	Motor		Getriebe			Zusatz-verzahnung			Trommel		
			M [Nm]	n [U/min]	$\eta$	i	M [Nm]	n [U/min]	z1	z2	i	M [Nm]	n [U/min]
1 Motor	gefordert	80										120,9	5,5
	erreicht	340,2	1,5	3000	0,7	80	84	37,5	18	100	5,6	466,7	6,8
2 Motoren	gefordert	600										906,4	5,5
	erreicht	679,6	3	3000	0,7	80	84	37,5	18	100	5,6	933,4	6,8

Tabelle 30: Auswahl Antriebsstrang

Wie aus der Tabelle ersichtlich können höhere Fahrgeschwindigkeiten als benötigt erreicht werden. Die geforderte Fahrgeschwindigkeit von 8cm/s würde eine Drehzahl von 5,5 U/min voraussetzen. Mit der Drehzahl von 6,8 U/min wird eine Fahrgeschwindigkeit von 9,9 cm/s erreicht.

Die Berechnung und Werkstoffauswahl der Zahnräder wurde mit der Berechnungssoftware KISSSoft durchgeführt und ist zusammengefasst im Anhang (7.5.3 *Antriebsstrang*) beigefügt.

Da die durch die Verzahnung auftretenden Radiallasten die maximal zulässigen Lasten des Planetengetriebes überschreiten, muss ein adaptierter Getriebedeckel mit verstärkten Lagern eingesetzt werden. Diese Adaption ist lt. Hersteller leicht möglich, verzögert jedoch die Lieferzeit. Da eine rasche Fertigstellung des Komponententeststandes von der Fa. Reeltech gefordert wurde, muss für die ersten Testläufe auf einen Motor aus dem Lagerbestand der Fa. ELRA zurückgegriffen werden. Zum Abfangen der Radiallast wird eine zusätzliche Lagerung des Ritzels angebaut (vgl. *Abbildung 51: Detail- Schnittansicht Ritzellagerung*). Beim Motor aus dem Lagerbestand handelt es sich um:

BL61XL-48V + B60 + P62V4-45.56:1

Somit können bei den ersten Testläufen nur Lasten von 100kg getestet werden. Die Fahrgeschwindigkeit muss durch die Motorsteuerung begrenzt werden, da sich durch die niedrige Getriebeübersetzung eine sehr schnelle Geschwindigkeit (14,6cm/s) ergeben würde.

Die Datenblätter, Berechnungen der Lasten sowie die Auslegung der zusätzlichen Ritzellagerung vom vorläufig eingesetzten Motor/ Getriebe/ Bremse sind im Anhang 7.5 *Berechnungen* beigelegt.

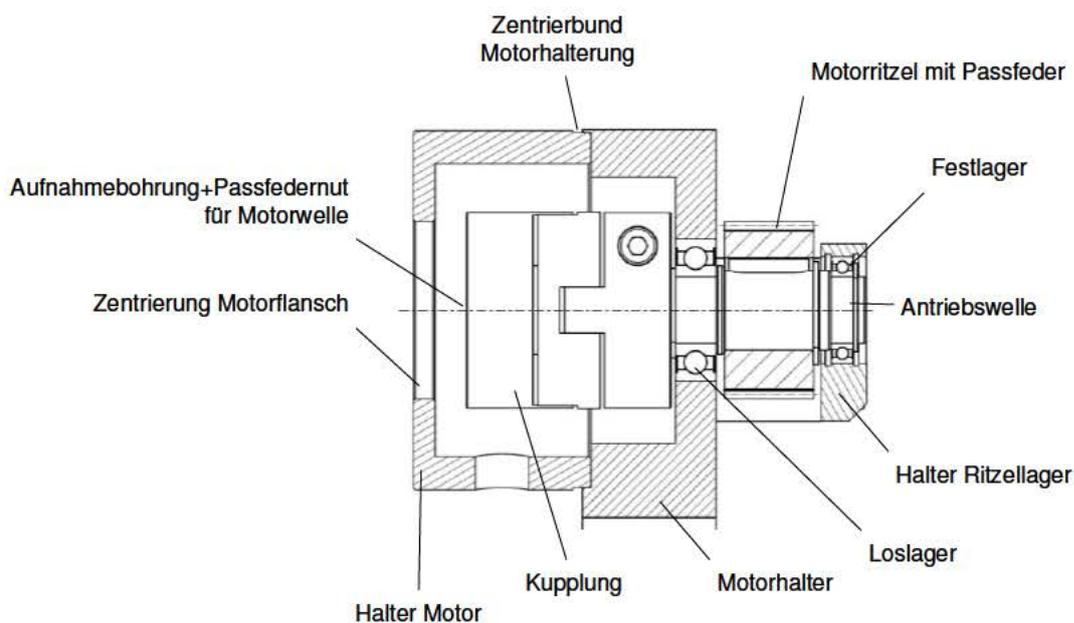


Abbildung 51: Detail- Schnittansicht Ritzellagerung

- **Trommelwelle mit Motorenhalterung**

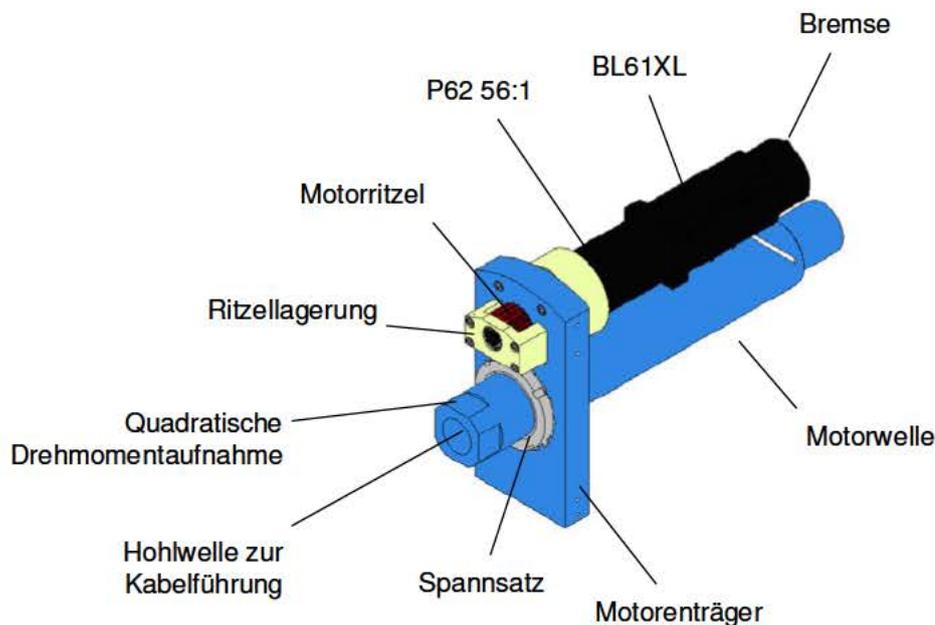


Abbildung 52: Trommelwelle mit Motorhalter

Die Trommelwelle wird als Hohlwelle ausgeführt, um die für die Steuerungselektronik und Motoren benötigten Kabel aus der Trommel zu führen. Das Drehmoment wird über eine quadratische Wellenabflachung ins Gestell eingeleitet. Die Motoren sitzen auf einem Motorenträger, welcher mittels Spannsatz (Vermeidung der Auftragsfertigung von Passfedernuten durch eine externe Firma) auf der Motorwelle befestigt wird. Berechnungen zu dieser Baugruppe sind im Anhang 7.5.4 *Trommelwelle mit Motorenhalterung* angeführt.

- **Trommellagerung**

Die Trommel wird auf einer stehenden Welle schwimmend mit einem Spiel von ca. 0,1mm gelagert. Es werden Rillenkugellager in die Seitendeckel eingesetzt. Die Belastung der Lager ergibt sich durch die Last und die aktuelle Absenkhöhe, da sich der Seilauflaufpunkt beim Hebevorgang bewegt. Mit den Lagerbelastungen sowie der Trommelwellengeometrie können die Lager ausgewählt und die Lebensdauer kontrolliert werden (siehe 7.5.5 *Trommellagerung*).

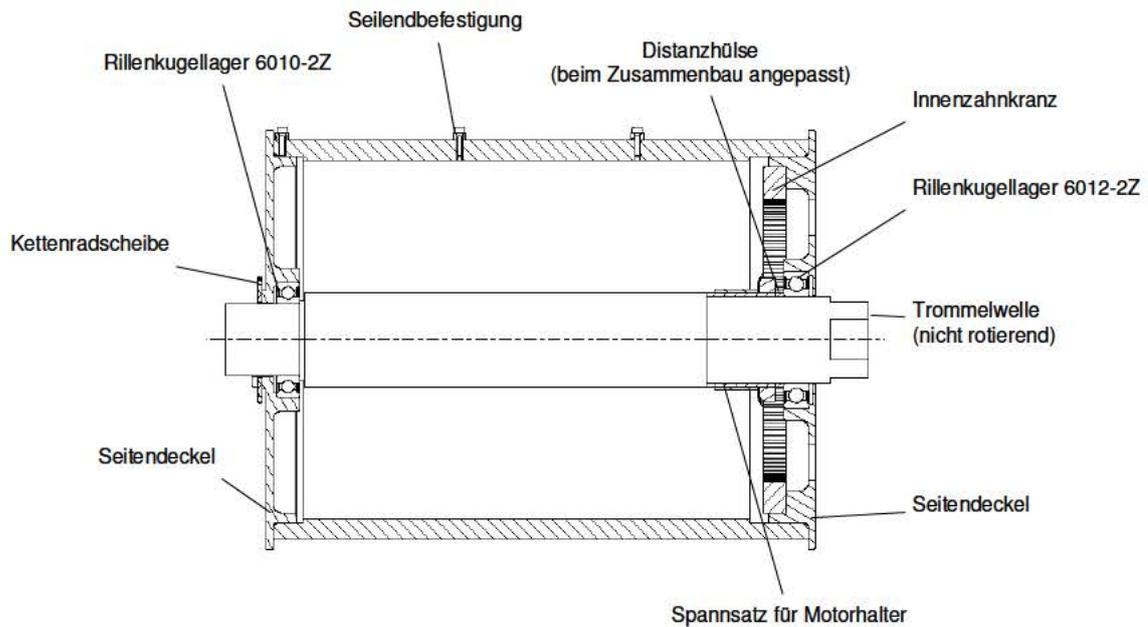


Abbildung 53: Trommellagerung Schnittansicht

### • Übertrieb Gewindespindel

Ein Seitendeckel der Trommel wird mit einem Kettenrad ausgestattet (vgl. *Abbildung 54: Seitendeckel mit Übertrieb*). Dieses Kettenrad dient später zum Übertrieb des Drehmoments auf die Gewindespindel zur Erzeugung des Vorschubs der Seilführung. Die genauen Zähnezahlkombinationen werden im Kapitel (4.3.2 *Baugruppe Seilführung*) genauer ausgeführt.

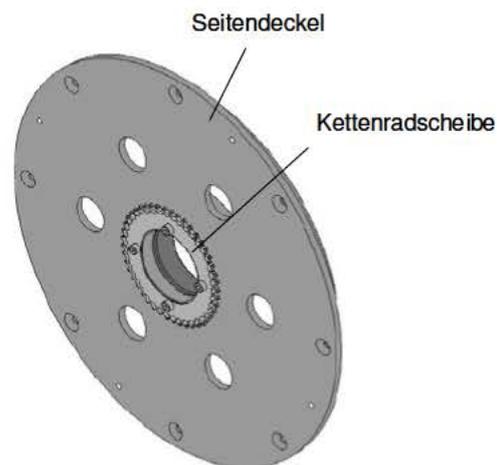


Abbildung 54: Seitendeckel mit Übertrieb

- **Seilendbefestigung:**

Mit der Eytelwein'schen Gleichung (*Formel 8: Eytelwein'sche Gleichung*) kann die Kraft auf die Endbefestigung des Seiles ermittelt werden. Diese ist wie in Abbildung 55: *Seilendbefestigung* dargestellt über einen Mitnehmerbolzen, welcher in einer Bohrung im Trommelmantel durch einen mit einer Schraube befestigten Niederhalter montiert ist, realisiert.

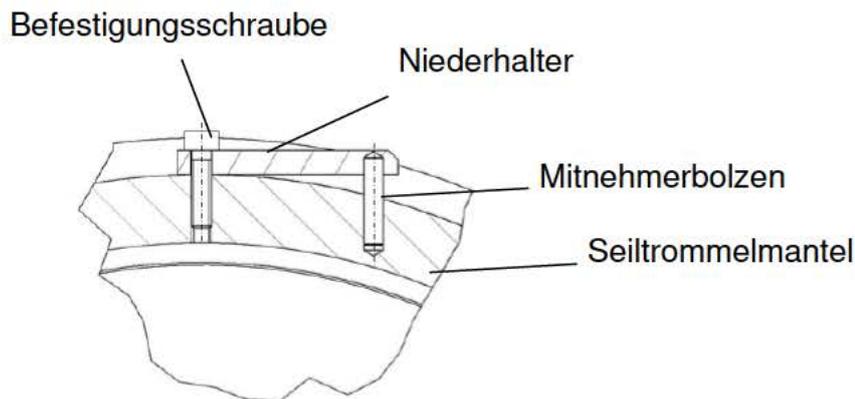


Abbildung 55: Seilendbefestigung

In der Norm DIN 15020 wird festgelegt, dass bei Stahlseilen mindestens zwei Restwindungen auf der Trommel aufgewickelt bleiben müssen.<sup>126</sup> Da die Stahlseile jedoch höhere Reibwerte als Kunststofffaserseile besitzen, wird als Sicherheit noch eine weitere Seilwindung auf der Trommel gelassen. So sollen beim Erreichen der unteren Endlage noch drei Umdrehungen Seil auf der Trommel aufgespult bleiben.

Der Reibwert auf einer glatten zylindrischen Oberfläche ohne Rille wird mit  $\mu=0,057$  angenommen.<sup>127</sup>

Berechnungen sind im Anhang (*7.5.6 Seilendbefestigung*) angeführt.

- **Unterbringung der elektronischen Komponenten**

Neben der Anbringung des Getriebemotors werden auch die elektronischen Komponenten in der Trommel untergebracht.

<sup>126</sup> vgl. *DIN 15020*, 1974, S. 8

<sup>127</sup> vgl. Dipl.-Ing. Markus Michael, 2010, S. 80

Es werden zur Ansteuerung der Komponenten Motor, Bremse und Verriegelung folgende Bauteile benötigt:

1x Netzteil 48V	→	Versorgung Motor
1x Motorsteuerung	→	Aufbereitung der Spannung (Drehfeld)
1x Netzteil 12V	→	Versorgung Verriegelung
1x Netzteil 24V	→	Versorgung Bremse
2x Relais	→	Verriegelung
1x Relais	→	Bremse
1x Relais	→	Licht, Kontakte

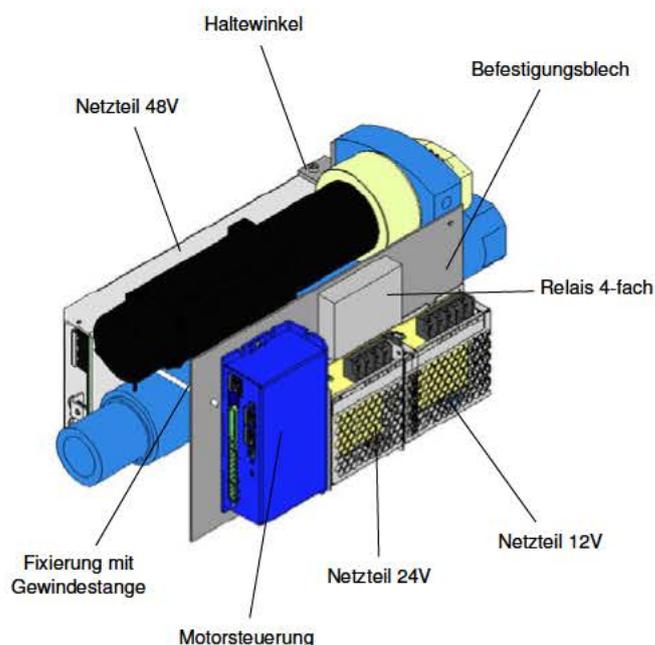


Abbildung 56: Unterbringung der elektronischen Komponenten

### 4.3.2 Baugruppe Seilführung

Die drei kugelgelagerten Umlenkrollen werden verschiebbar auf zwei Wellenführungen unter der Seiltrommel angebracht. Die Position unterhalb der Seiltrommel ergibt sich aus Gründen des notwendigen Bauraumes sowie der günstigeren Wellenführungsbelastung. Die notwendige Vorschubbewegung wird durch eine Gewindespindel mit Mutter und Übertrieb durch Kettenräder mit Kette von der Trommel aufgebracht. Zusätzlich ist an jeder Umlenkrollenposition noch eine Kontrollvorrichtung zur Überprüfung der notwendigen Mindestlast, den sogenannten Schlaffseilsensor, angebracht.

Hauptfunktionsträger in dieser Baugruppe sind die Umlenkrollen, der Seilführungsschlitten und die Verschiebeeinrichtung.

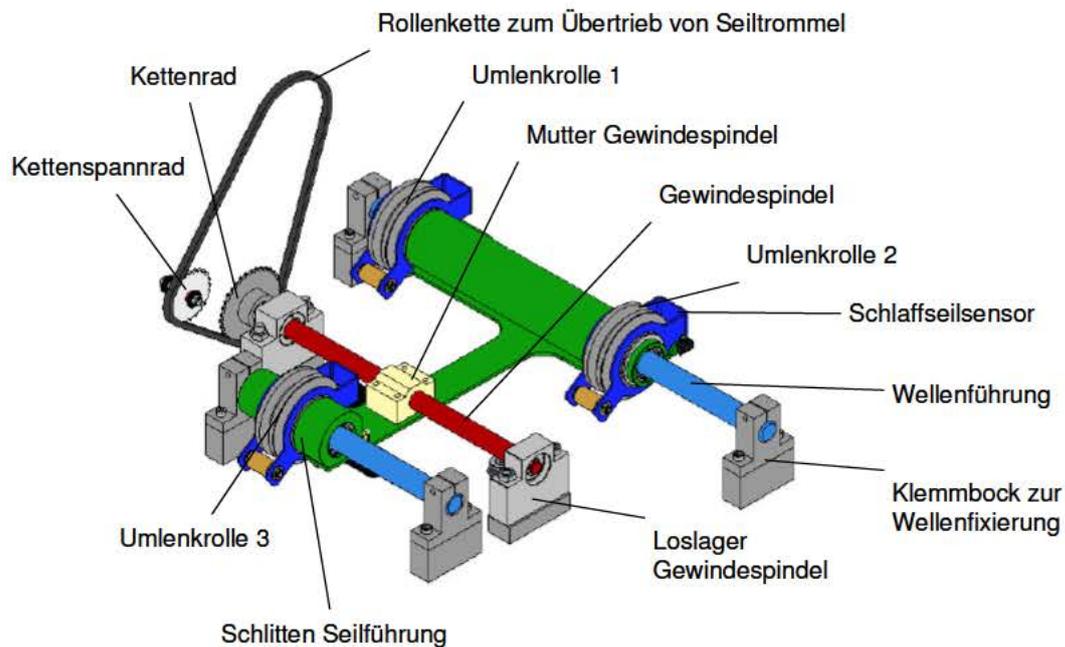


Abbildung 57: Seilführung

- **Umlenkrollen:**

In der *Abbildung 57: Seilführung* ist die Position der Umlenkrollen dargestellt. Zur Verdeutlichung der Führung des Seiles von der Seiltrommel über die Umlenkrollen ist das System Seilführungsschlitten mit Seiltrommel in der *Abbildung 58: Seilumlenkungen* in Seitenansicht dargestellt.

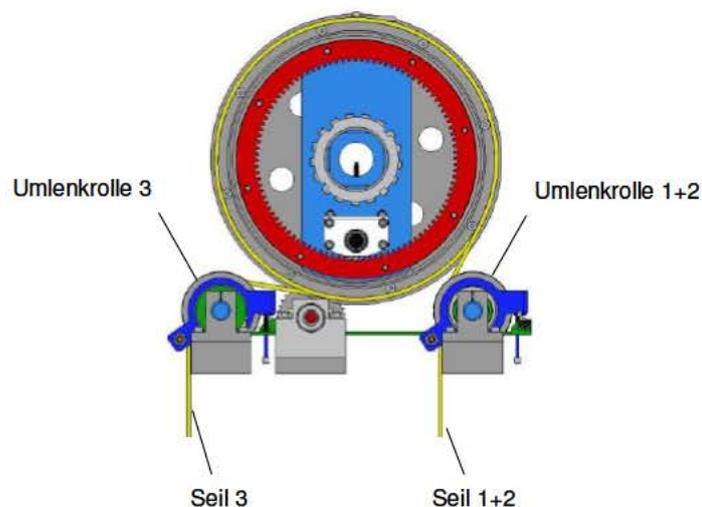


Abbildung 58: Seilumlenkungen

Nach der Rücksprache mit Kunststofffaserseilherstellern wurde ein Durchmesser Verhältnis von Seildurchmesser zu Umlenkrollendurchmesser von ca. 15 angestrebt. Die Rille ist nach DIN 15061 Teil 1 für den größten Seildurchmesser angefertigt. Der Einsatz dünnerer Seile in der größeren Rille soll lt. Seilhersteller kein Problem darstellen.

Seil	Seildurchmesser	Durchmesser Verhältnis
Kiteline OL-2	2,9mm	22,4
Aramid Cord	3mm	21,6
Aramid Cord	4mm	16,25

Tabelle 31: Durchmesser Verhältnis Umlenkrolle

Auf Grund der niedrigen Reibwerte von Kunststoffseilen sind die Umlenkrollen mit jeweils 2 Kugellagern auf dem Führungsschlitten gelagert (vgl. *Abbildung 59: Lagerung Umlenkrollen und Wellenführung*). Diese sollen dafür sorgen, dass die Rollen rotieren und das Seil nicht über eine stehende Rolle gleitet.

Berechnungen sind im Anhang 7.6.1 *Umlenkrollen* beigelegt.

- **Wellenführung:**

Zwei der drei Umlenkrollen sind auf einem gemeinsamen Führungsrohr gelagert. Die dritte Umlenkrolle ist auf einer kürzeren Wellenführungseinheit angebracht, welche durch einen Blechzuschnitt miteinander verbunden werden (vgl. *Abbildung 57: Seilführung*). Die beiden Wellenführungseinheiten sind jeweils mit zwei Gleitlagerführungsbuchsen auf den beiden Führungswellen verschiebbar gelagert (*Abbildung 59: Lagerung Umlenkrollen und Wellenführung*). In der Abbildung ist der Schnitt einer der beiden Umlenkrollen des gemeinsamen Führungsrohres abgebildet. Bei der Einzelrolle werden zwei Gleitlagerführungen direkt unter der Rolle eingesetzt, da diese Rolle wesentlich höher belastet wird.

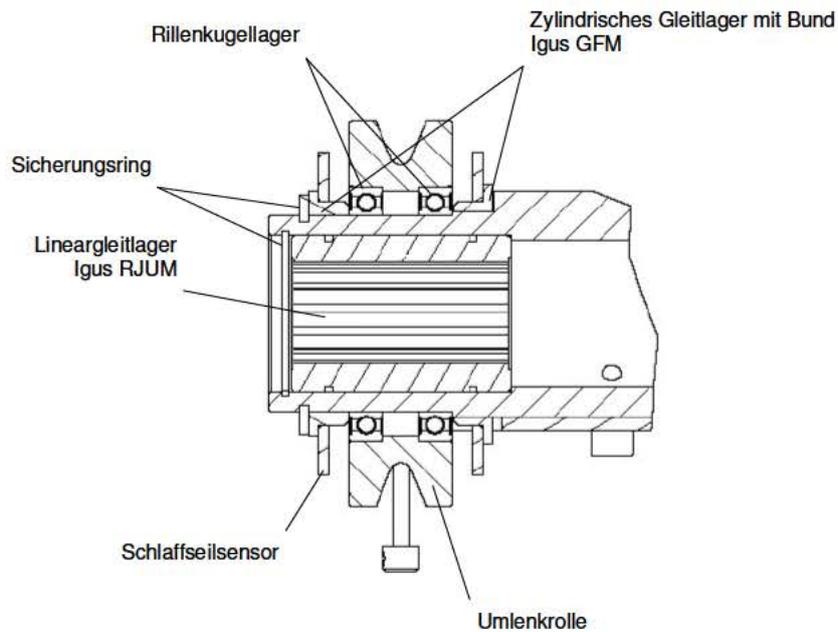


Abbildung 59: Lagerung Umlenkrollen und Wellenführung

Berechnungen zur Lagerung des Seilführungsschlittens sind im Anhang 7.6 *Berechnungen Seilführung* beigelegt.

- **Gewindespindel mit Übertrieb:**

In der *Abbildung 60: Übertrieb Trommel auf Gewindespindel* sind die notwendigen Bauteile für den Übertrieb der Trommeldrehbewegung auf die Spindel abgebildet. Ziel ist die Erzeugung des Vorschubes für eine geordnete Seilwicklung auf der Trommel.

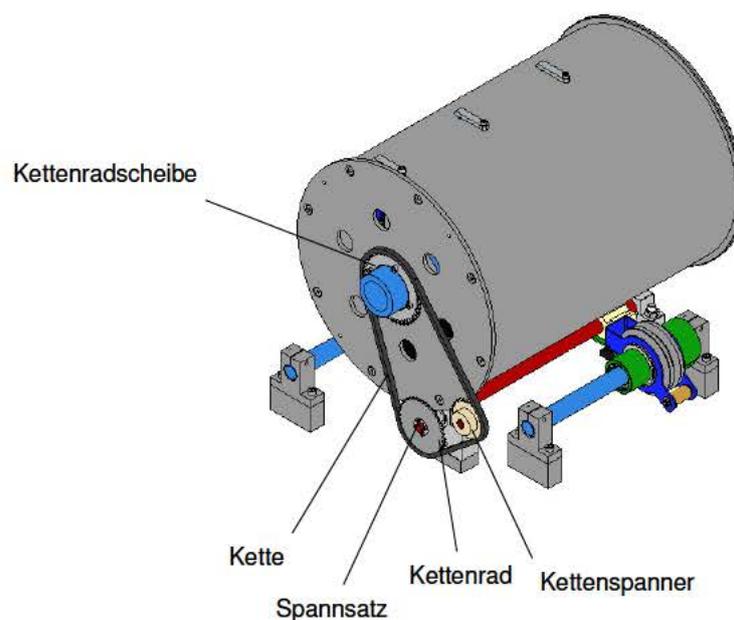


Abbildung 60: Übertrieb Trommel auf Gewindespindel

Auf Grund der Position der Seilendbefestigung und somit der vorgegebenen Wickelrichtung (vgl. *Abbildung 58: Seilumlenkungen*) ergibt sich, dass die Trapezgewindespindel linksgängig sein muss. Zur Kraftübertragung der Drehbewegung der Spindel auf den Seilführungsschlitten wird eine passende Mutter auf den Schlitten montiert. Gelagert wird die Spindel mit zwei Lagerböcken. (vgl. *Abbildung 57: Seilführung*) Die Aufnahme des Drehmoments erfolgt über ein Kettenrad, welches zur leichten Montage und Fertigung mittels Spannsatz auf der Spindel montiert wird. Alle Teile dieser Baugruppe sind Zukaufteile und es muss lediglich die Bohrung der Kettenräder an den Spannsatz angepasst werden. Zum Spannen der Kette wird ein Kunststoffkettenrad vorgesehen. (vgl. *Abbildung 60: Übertrieb Trommel auf Gewindespindel*)

Da in den Testfahrten am Komponententeststand ermittelt werden soll, wie viel Millimeter Vorschub je Umdrehung welches der Seile benötigt, werden verschiedene Kettenräder und Kettenradscheiben angeschafft. Mit diesen sind folgende Vorschubwerte realisierbar.

$$\text{Vorschub} \left[ \frac{\text{mm}}{\text{Umdrehung}} \right] = \text{Gewindespindelsteigung} \left[ \frac{\text{mm}}{\text{Umdrehung}} \right] * \frac{z_{\text{Trommel}} [\text{Zähne}]}{z_{\text{Spindel}} [\text{Zähne}]}$$

Formel 12: Vorschub Gewindespindel

Zähnezahlen		spindelseitig		
		36	38	40
trommelseitig	38	3,17 mm/Umdrehung	3,00 mm/Umdrehung	2,85 mm/Umdrehung
	54	4,50 mm/Umdrehung	4,26 mm/Umdrehung	4,05 mm/Umdrehung
	57	4,75 mm/Umdrehung	4,50 mm/Umdrehung	4,28 mm/Umdrehung

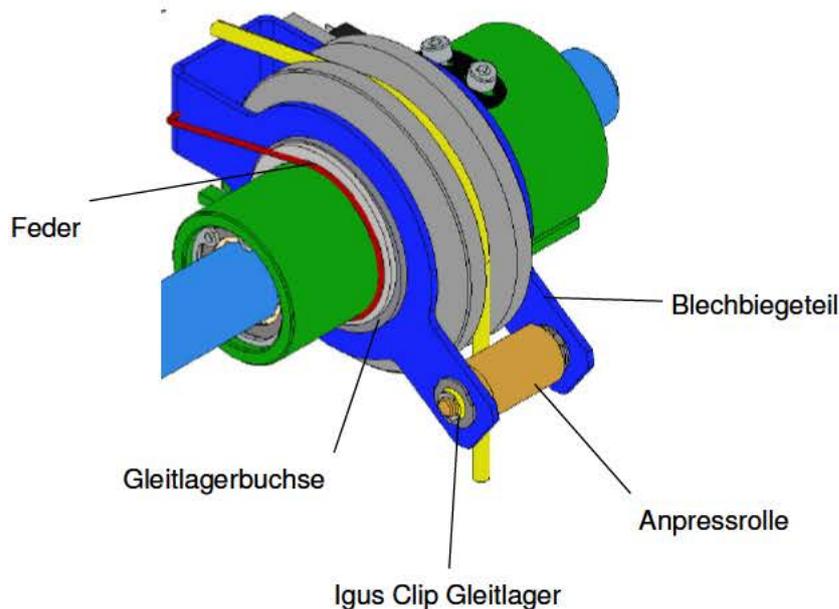
Tabelle 32: Vorschubwerte für Zähnezahlkombinationen

Die Position für die Anbringung der Mutter (vgl. *Abbildung 57: Seilführung*) ergibt sich aus den Reibkräften der Führungen. Sie ist so gewählt, dass kein zusätzliches Moment entsteht, welches zu Verklemmungen in der Wellenführung beitragen kann.

Berechnungen zur Tabelle sowie zur Bestimmung des Kraftangriffspunktes der Spindel sowie zur Spindeldimensionierung sind im Anhang 7.6.3 *Gewindespindel mit Übertrieb* beigelegt.

- **Schlaffseilsensor:**

Die durch eine Feder vorgespannte Anpressrolle drückt an das senkrecht nach unten laufende Seil. Die Anpressrolle wird mit sogenannten Clip-Gleitlagern für Blechbauteile gelagert. Der Lagerkörper dieser Lager ist als Kugelkalotte ausgeführt um Schrägstellungen durch Biegeungenauigkeiten des Blechgrundkörpers auszugleichen und somit für einen leichtgängigen Lauf der Anpressrolle zu sorgen (vgl. *Abbildung 61: Schlaffseilsensor*). Ist die Seilspannung zu gering, d.h. die durch die Feder erzeugte Anpresskraft der Rolle ist deutlich stärker als die durch die Seilspannung erzeugte Gegenkraft, wird das Seil abgelenkt. Die für diese Ablenkung erforderliche Drehbewegung des gesamten Schlaffseilsensors führt außerdem dazu, dass ein Endlagenschalter geöffnet (vgl. *Abbildung 73: Schlaffseilsensor Schalter links*) und so der Steuerung die Schlaffseilbildung angezeigt wird. Gelagert ist der Blechkörper mit Gleitlagerbuchsen (vgl. *Abbildung 59: Lagerung Umlenkrollen und Wellenführung*). Berechnungen zur Auslegung der Federkraft für eine Minimallast von 4 kg und einen Auslenkwinkel von  $5^\circ$  sind im Anhang 7.6.4 *Schlaffseilsensor* durchgeführt.



**Abbildung 61: Schlaffseilsensor**

### 4.3.3 Baugruppe Verriegelung

Die Verriegelung besteht aus mehreren Komponenten (vgl. *Abbildung 62: Verriegelung* bzw. *Abbildung 44: 3D-Konzept Verriegelung*). Das im Lift verbleibende Verriegelungsblech und die mit dem Laststeller mitbewegten Bolzen. Die zur Ver- bzw. Entriegelung benötigte Drehbewegung wird durch einen Stellmotor, welcher normalerweise in der Automobilbranche bei Zentralverriegelungen eingesetzt wird, erzeugt.

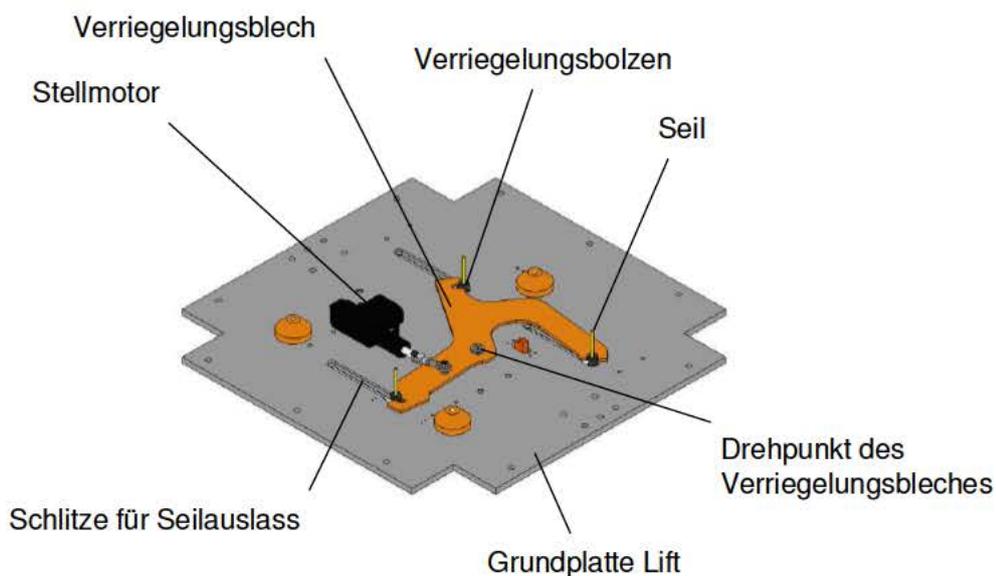


Abbildung 62: Verriegelung

- **Verriegelungsblech**

Die ungewöhnliche Form des Verriegelungsbleches entsteht dadurch, dass die Schlitze für den Seilauslass aus dem Lift während der Hubbewegung nicht verdeckt sein dürfen damit das Seil nicht vom Blech blockiert bzw. beschädigt wird. In der *Abbildung 63: Verriegelung geschlossen (links) Verriegelung offen (rechts)* ist die Verriegelung in geschlossenem und offenem Zustand dargestellt. Im offenen Zustand sind die Schlitze für den Seilauslass nicht vom Verriegelungsblech abgedeckt und es entsteht keine Gefahr für eine Beschädigung des Seiles durch das Blech.

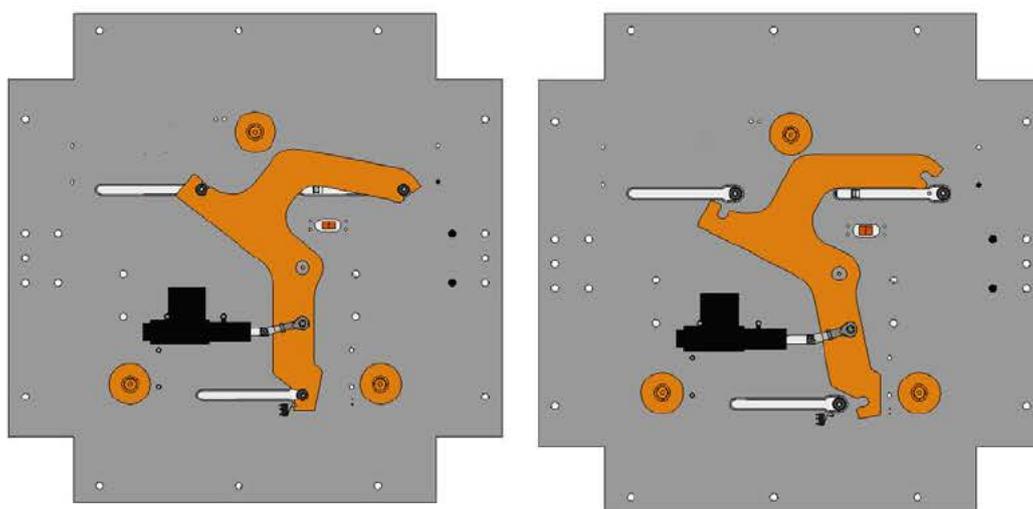


Abbildung 63: Verriegelung geschlossen (links) Verriegelung offen (rechts)

- **Lagerung der Verriegelung**

Das Verriegelungsblech wird so gelagert, dass die Gabelköpfe des Verriegelungsbleches durch eine Drehbewegung in die Verriegelungsbolzen geschoben werden. Um ein „Festkleben“ auf der Grundplatte nach längerem Leuchtenbetrieb zu vermeiden, wird die zur Lagerung im Drehpunkt eingesetzte Gleitlagerbuchse als Gleitlager mit Bund ausgeführt. Der Bund sorgt dafür, dass zwischen dem Blech und der Grundplatte ein Spalt bleibt. Mit der Belastung des Bleches durch die im Blech eingehängten Bolzen wird das Blech elastisch verformt und ein Kontakt mit der Grundplatte hergestellt.

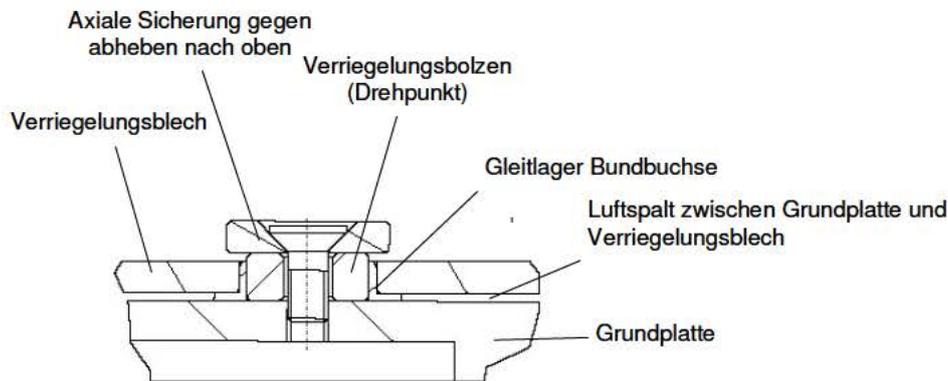


Abbildung 64: Verriegelung Lagerung am Drehpunkt

- **Verriegelungsbolzen**

Die Verriegelungsbolzen werden direkt in den Lastteller eingeschraubt. Das Seil wird durch eine Bohrung im Zentrum des Bolzens geführt. Im verriegelten Zustand liegt der Lastteller mit den Verriegelungsflächen der Bolzen auf dem Verriegelungsblech auf und die Last wird somit nicht mehr von den Seilen, sondern von den Bolzen getragen. In der *Abbildung 65: Verriegelungsbolzen* ist einer der drei Bolzen abgebildet und seine Funktionselemente sind gekennzeichnet.



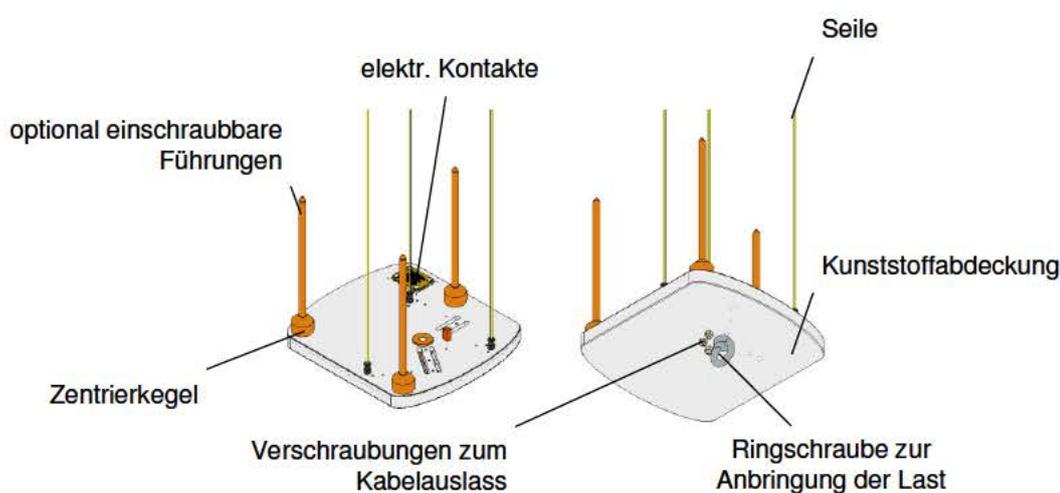
Abbildung 65: Verriegelungsbolzen

### 4.3.4 Baugruppe Lastteller

Der Lastteller ist der Teil des Liftes, welcher abgesenkt werden kann. Die Aufgaben der Bauteile des Lasttellers (vgl. *Abbildung 66: Lastteller Ansicht von oben (links) und unten (rechts)*) sind:

- Halten der Last
- elektrischer Kontakt in der oberen Endlage
- Aufnahme der Verriegelungsbolzen
- Seilendbefestigung

Die Umsetzung dieser Punkte wird nachfolgend noch detaillierter erläutert.



**Abbildung 66: Lastteller Ansicht von oben (links) und unten (rechts)**

- **Grundplatte**

Die Grundplatte ist als Blechzuschnitt ausgeführt und dient als Träger für alle Funktionen des Lasttellers (vgl. *Abbildung 67: Lastteller Ansicht von unten, umgedreht*). Die Grundplatte ist nicht symmetrisch ausgeführt, sondern so konstruiert, dass beim Erreichen der oberen Endlage alle Schlitze für den Seilauslass aus dem Lift abgedeckt werden. Damit die zum Gebrauch des Liftes erforderliche Mindestlast nicht durch zusätzliche Gewichte aufgebracht werden muss, wird die gesamte Platte aus einem massiven Stahlblech ausgeführt. Dieses Gewicht sorgt dafür, dass die Seile gespannt werden und somit die Schlaffseilsensoren nicht auslösen und eine Fahrt ohne zusätzlicher Last möglich ist.

Die Schlitze in der Grundplatte ermöglichen die Einstellarbeiten zur Ausrichtung des Lasttellers. Es können Gabelschlüssel durchgeführt und die Sechskantmuttern und somit die Seilanschlagpunkte bzw. Seillänge verstellt werden.

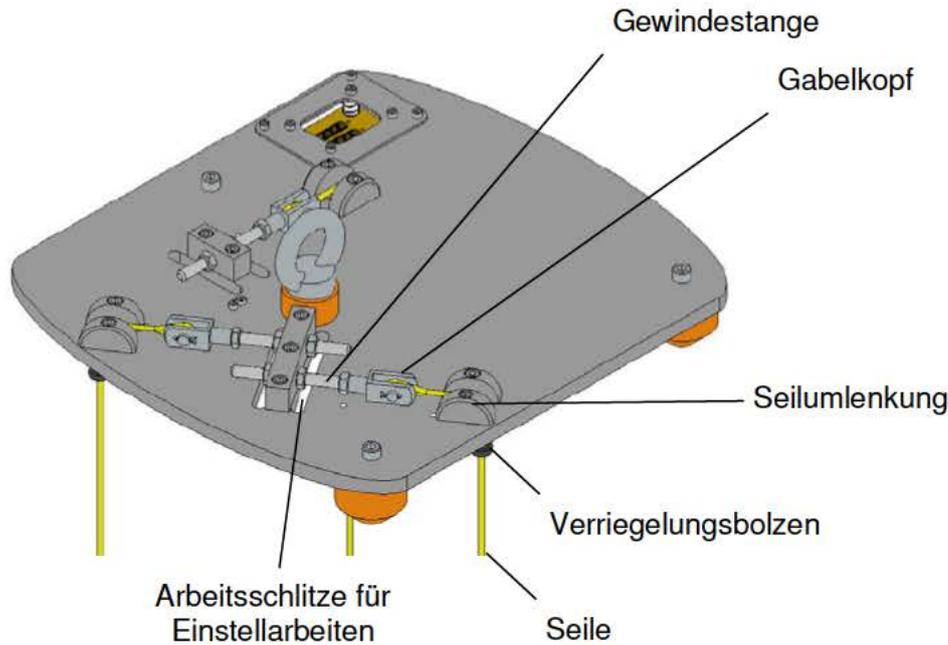


Abbildung 67: Lastteller Ansicht von unten, umgedreht

- **Befestigung der Last**

Die Last kann entweder an einer Ringschraube im Schwerpunkt der drei Seile aufgehängt werden oder über unterschiedliche Bohrmuster am Lastteller, welche das Zentrum wiederum im Schwerpunkt haben. Dadurch wird eine gleichmäßige Seilbelastung gewährleistet.

- **Seilendbefestigung**

Die Seile werden durch die Verriegelungsbolzen geführt, um 90° umgelenkt und an Gewindestangen mit Gabelköpfen befestigt. Das Seil wird mit gespleißten Kauschen in den Gabelköpfen befestigt (vgl. *Abbildung 67: Lastteller Ansicht von unten*). Die Befestigung mittels Gewindestangen dient dazu, dass die Seillänge jedes Seiles noch verändert werden kann. So kann nach dem Aufhängen der Last eine unterschiedliche Seilverlängerung der einzelnen Stränge ausgeglichen werden und somit der Lastteller waagrecht ausgerichtet werden.

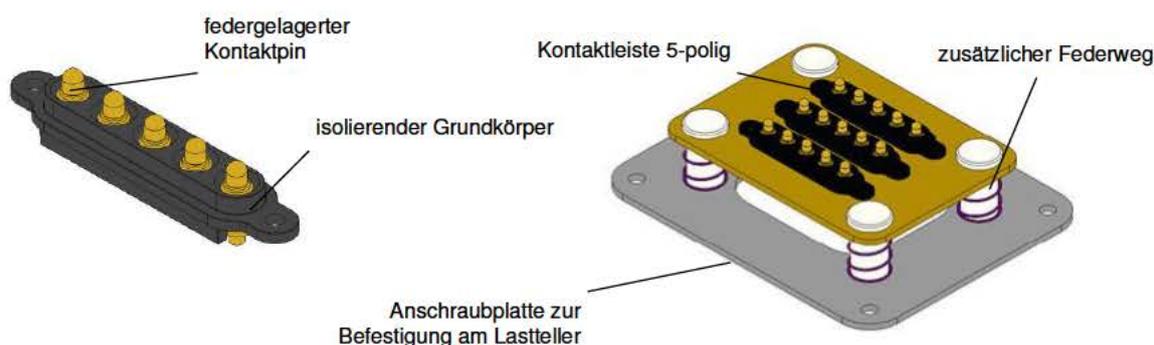
- **Zentrierung in der oberen Endlage**

Die Ausrichtung in der oberen Endlage wird durch drei Zentrierkegel ausgeführt. Die Kegelfläche dient hierbei zur langsamen Vorausrichtung. Ist der Lastteller soweit angehoben bis der zylindrische Unterteil des Kegels erreicht wird, ist der Zentriervorgang abgeschlossen und der Lastteller so ausgerichtet, dass mit dem Verriegelungsvorgang begonnen werden kann. Als Option für die Montage in Zwischendecken können in die Zentrierkegel noch Verlängerungen eingeschraubt

werden. Mit diesen Verlängerungen wird gewährleistet, dass der Lastteller in der richtigen Position durch den Durchlass der Zwischendecke fährt.

- **elektrische Kontakte**

In der oberen Endlage sollen die elektrischen Kontakte geschlossen sein. Da für den Verriegelungsvorgang der Lastteller in den Lift einfährt bis die Position zum Schließen der Verriegelung erreicht ist und dann abgesenkt wird, müssen die Kontakte diesen Weg aufnehmen können und nach dem Absenken noch immer geschlossen sein. Als Zukaufteile gibt es Kontaktmodule (vgl. *Abbildung 68: Kontaktleiste UWE 5-polig (links) Federkontaktmodul (rechts)*), welche einen Federweg von bis zu 2,5mm aufnehmen können. Ob dieser Weg ausreichend ist, müssen die ersten Versuche mit dem Komponententeststand zeigen. Als Option könnten diese Module auf federgelagerten Kontaktplatten (vgl. *Abbildung 68: Kontaktleiste UWE 5-polig (links) Federkontaktmodul (rechts)*) montiert mit einem zusätzlichen Verfahrensweg ausgestattet werden.



**Abbildung 68: Kontaktleiste UWE 5-polig (links) Federkontaktmodul (rechts)**

### 4.3.5 Baugruppe Gehäuse

Für den Prototypenbau ist es nicht sinnvoll ein Gussgehäuse als Einzelstück anfertigen zu lassen. Um auch während des Betriebs des Liftes die Funktion der Baugruppen im Liftinneren beobachten zu können, wird das Gehäuse als Rahmen ausgeführt. In diesem werden die Funktionsträger des Liftes auf einer wasserstrahlgeschnittenen Grundplatte montiert (vgl. *Abbildung 69: Gehäuse Komponententeststand*).

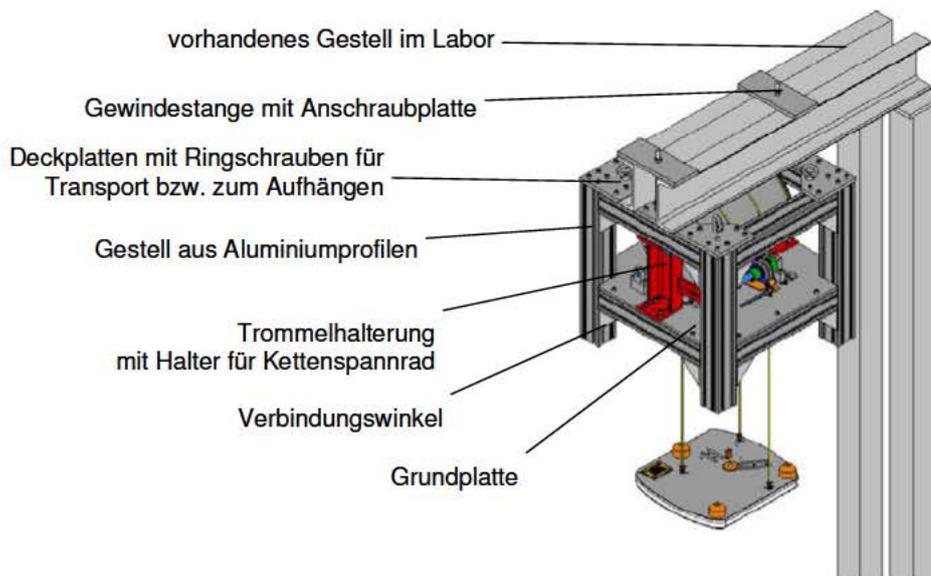


Abbildung 69: Gehäuse Komponententeststand

- **Gestell**

Durch den Einsatz eines Alu-Systemprofil-Baukasten für industrielle Anwendungen ist der Zusammenbau eines präzisen Rahmens leicht möglich. Die Alu-Profile werden abgelängt und mit Verbindungswinkeln zueinander positioniert. In den Rillen der Aluminiumprofile können mit Nutensteinen Teile positioniert und befestigt werden. Somit entfallen Schweißarbeiten und die damit verbundenen Probleme mit Verzug und eine exakte Positionierung der Komponenten zueinander ist ohne zusätzlichen Fertigungsaufwand leicht möglich.

Zur Befestigung an einem im Labor vorhandenen Gestell werden Gewindestangen und passende Blechplatten vorgesehen. Außerdem kann der Lift auch über Ringschrauben befestigt werden. Hierbei ist zu beachten, dass sich durch die Verfahrbewegung der Last in Trommelachsrichtung der Schwerpunkt des Systems und somit der Aufhängewinkel ändert (vgl. *Abbildung 70: Liftschrägstellung*).

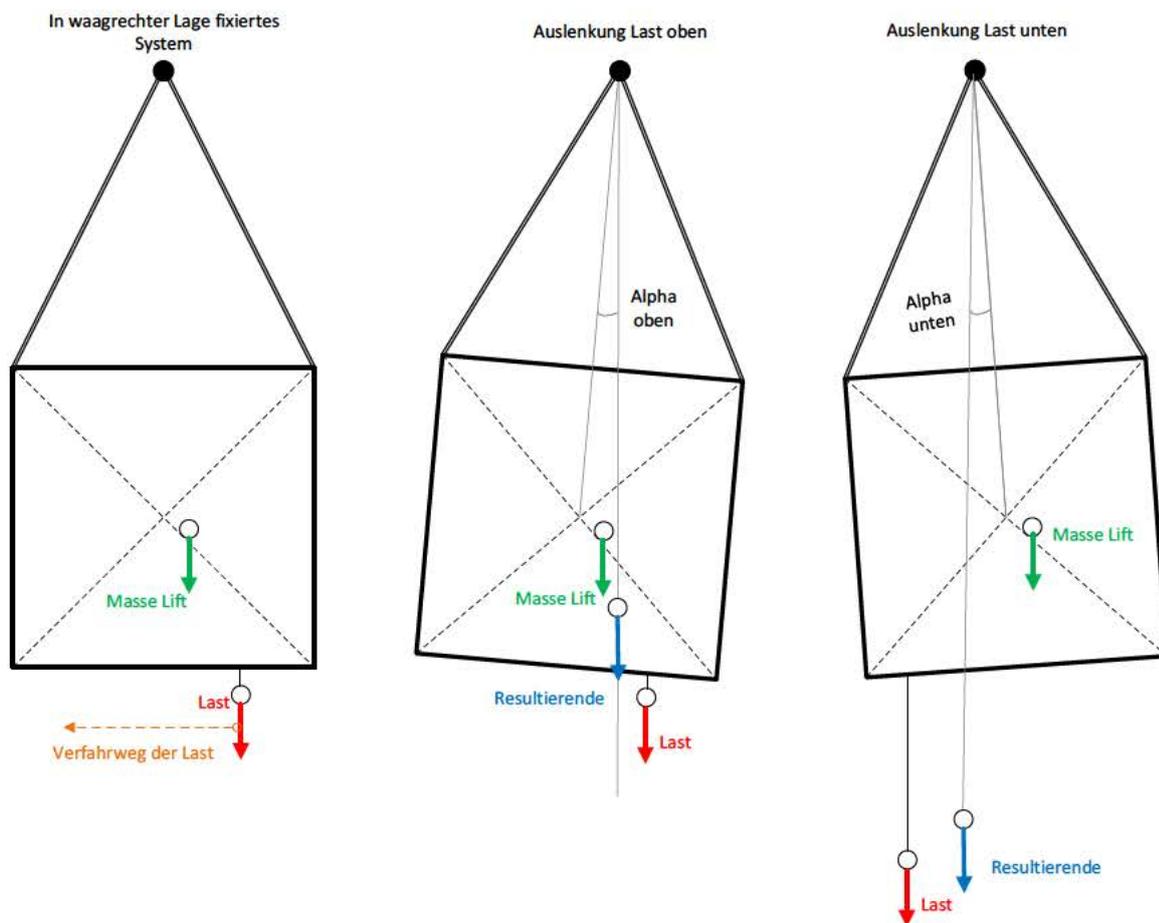


Abbildung 70: Liftschrägstellung

Für eine Kettenlänge von ca. 1m und der Maximallast von 600kg ergibt sich der in der *Abbildung 71: Liftschrägstellung Beispiel* als Diagramm dargestellte Verlauf der Schrägstellung.

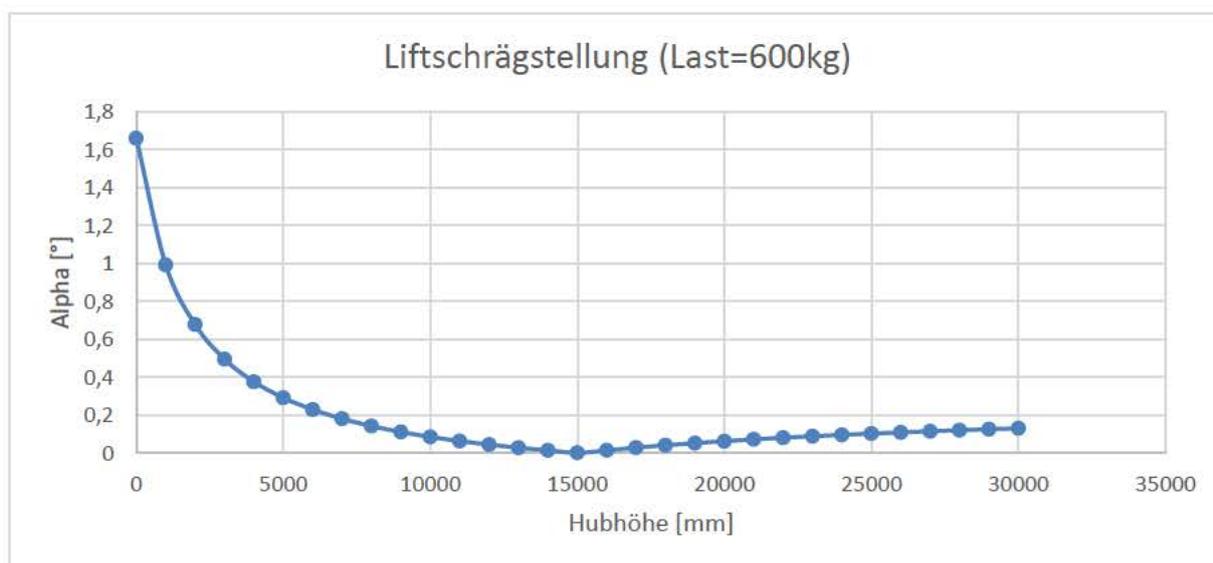


Abbildung 71: Liftschrägstellung Beispiel

Um diese Winkeländerung zu minimieren, kann das Gerät mit unterschiedlich langen Befestigungselementen (Ketten, Gurten, etc.) in einem der Anfangsauslenkung entgegenwirkenden Winkel montiert werden. Durch diese Methode könnte ein symmetrischer Verlauf des Auslenkwinkels erzeugt und somit die Schrägstellung des Gehäuses gering gehalten werden. Die Änderung des Hängewinkels während der Fahrt kann jedoch bei einer Hängemontage nicht verhindert werden, da durch das Wandern der Last immer eine Verschiebung des Gesamtschwerpunktes verursacht wird.

- **Grundplatte**

Auf der Grundplatte werden die Halterungen für die Befestigung der Seiltrommel, die Verriegelung und die Seilführung samt Gewindespindel montiert. Weiters sind die Gegenstücke zur Zentrierung und Schlitz zum Seilauslass vorgesehen. Die Grundplatte wird als Zuschnitt aus einem Aluminiumblech gefertigt.

- **Trommelhalterung**

Die Trommel wird auf zwei Stehern aus U-Profilen auf der Grundplatte angebracht. Einer der beiden Steher ist mit dem Gegenstück zum rechteckförmigen Ende der Trommelwelle ausgestattet, worüber das Drehmoment aufgenommen wird. Beim anderen Steher liegt die Welle in einer zylindrischen Bohrung auf. Dieser ist zusätzlich noch mit der Halterung für das Kettenspannrad ausgeführt.

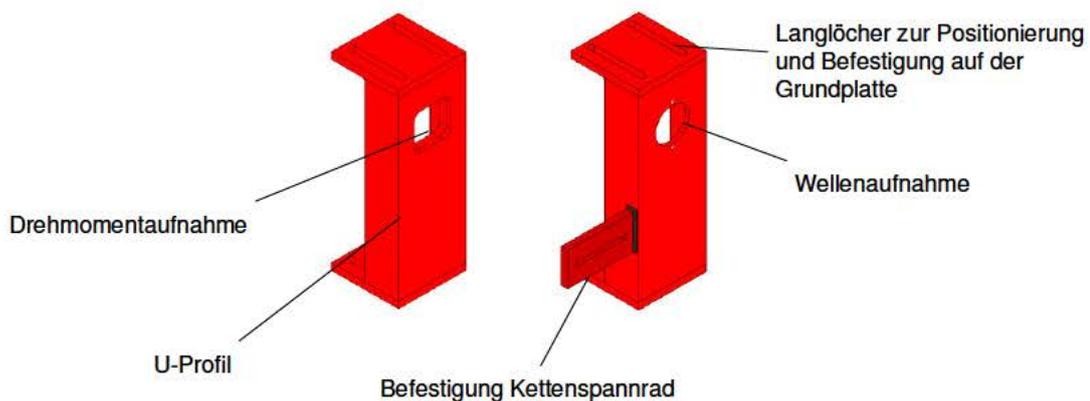


Abbildung 72: Trommelhalterungen

### 4.3.6 Sensorik

Für den Betrieb müssen folgende Informationen ermittelt werden:

- **Weg**

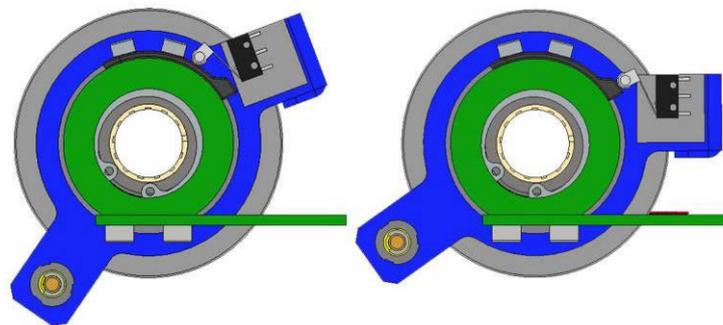
Zur Wegmessung werden die im Motor verbauten Hall-Sensoren verwendet. Der durch diese Sensoren aufgenommene Drehwinkel der Motorwelle wird mit *Formel 13: Absenkhöhe* auf den gefahrenen Weg des Lasttellers umgerechnet.

$$Weg[m] = Trommelumfang[m] * \frac{Drehwinkel [^\circ]}{i_{Getriebe} * i_{Zusatz} * 360^\circ}$$

**Formel 13: Absenkhöhe**

- **Schlaffseilsensor**

Hierzu ist am Schlaffseilsensor (vgl. *Abbildung 73: Schlaffseilsensor Schalter*) ein Endlagenschalter mit Schaltkulisse angebracht. Die Schaltkulisse ist so gestaltet, dass der Schalter gedrückt ist sobald das Seil gespannt ist. So wird die Sicherheit auch bei einem defekten Schalter gewährleistet, da das Gerät nicht in den Hebebetrieb übergehen darf, solange der Schalter kein Signal liefert.



**Abbildung 73: Schlaffseilsensor Schalter**

- **Verriegelung**

Die Endlagen der Verriegelung werden mit Endlagentastern (vgl. *Abbildung 74: Sensoren Verriegelung*) kontrolliert. Es muss bei Hebebetrieb die Verriegelung immer geöffnet sein, wodurch ein Kontakt von Seil und Verriegelungsblech und somit eine Beschädigung der Seile verhindert wird. Mit dem zweiten Verriegelungsschalter wird kontrolliert, ob die Verriegelung korrekt geschlossen wurde und die Last abgesenkt werden kann.

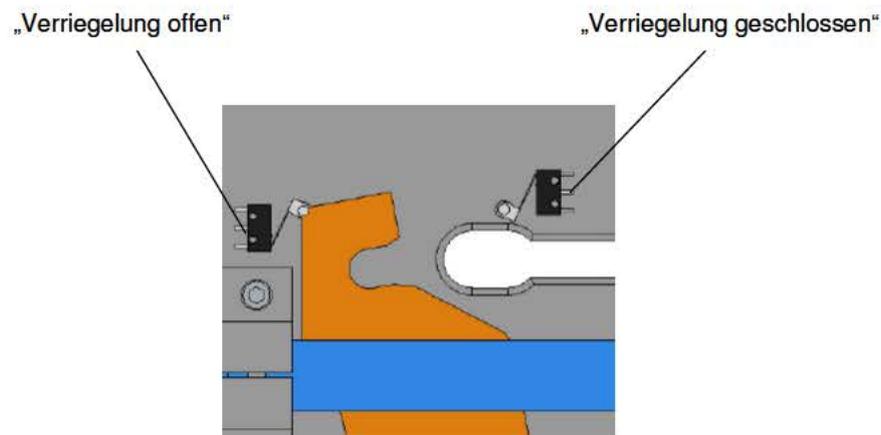


Abbildung 74: Sensoren Verriegelung

- **Annäherungssensor**

Eine erste Fahrgeschwindigkeitsreduktion soll bereits ca. einem halben Meter vor dem Erreichen der Endlage geschehen. Über die Position des Seilführungsschlittens kann auf die abgespulte Seillänge geschlossen werden. Es wird für diese Kontrolle der Annäherung ein Endlagentaster eingesetzt, welcher durch den Seilführungsschlitten betätigt wird (siehe *Abbildung 75: Sensor Annäherung*). Zum Einstellen der Position muss *Formel 14: Schlittenposition* angewendet werden:



Abbildung 75: Sensor Annäherung

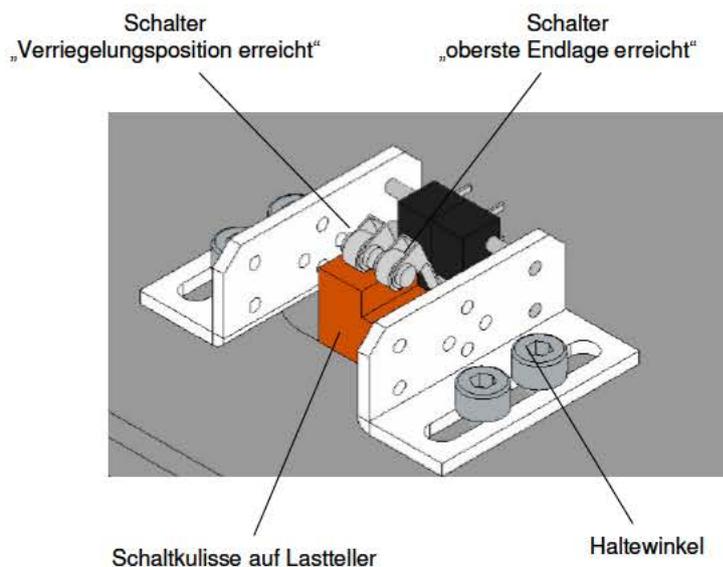
$$\text{Schlittenposition}[mm] = \frac{\text{Absenkhöhe}[mm]}{\text{Trommelumfang}[mm]} * \text{Vorschubwert}[mm]$$

#### Formel 14: Schlittenposition

Der Vorschubwert ist der Wert, den der Schlitten bei einer Trommelumdrehung zurücklegt. Um eine erste Annäherung bei zum Beispiel einem Meter vor Erreichen der oberen Endlage einzustellen muss der Schlitten, bei einem Vorschubwert von 4mm, einen Verfahrweg von ca. 4,5mm erreicht haben.

- **Verriegelungsposition erkennen**

Ist der Lastteller so weit in den Lift eingefahren, dass die Verriegelung in die Verriegelungsbolzen einfahren kann, muss ein Signal an die Steuerung geliefert werden. Eine am Lastteller angebrachte Schaltkulisse betätigt den für dieses Signal notwendigen Endlagentaster (vgl. *Abbildung 76: Sensoren Verriegelungsposition und oberste Endlage*).



**Abbildung 76: Sensoren Verriegelungsposition und oberste Endlage**

- **Oberste Endlage erkennen**

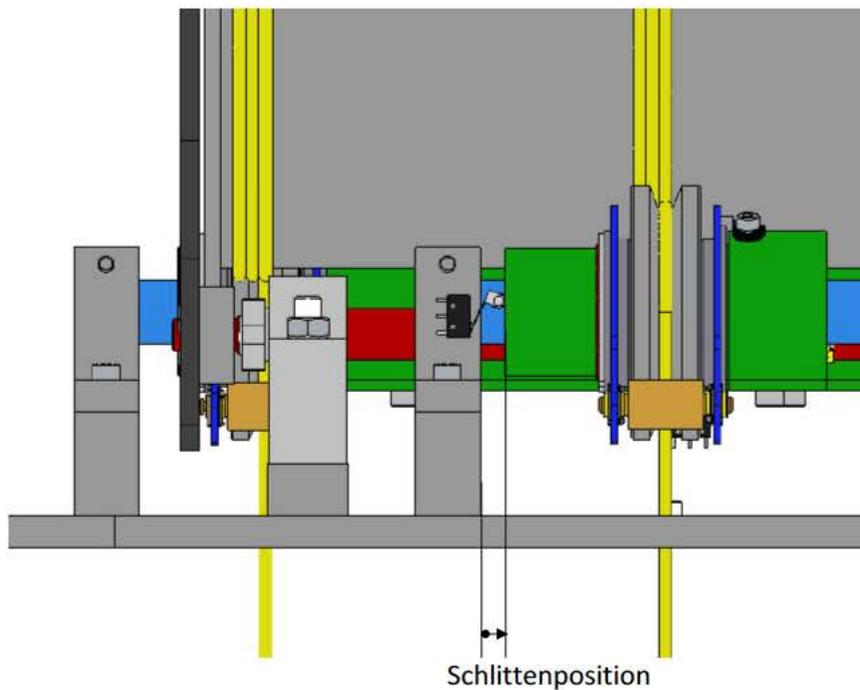
Fährt der Lastteller über die Verriegelungsposition hinaus und stößt an das Liftgehäuse, würde diese Blockade eine sehr hohe Seilspannung und somit eine Beschädigung der mechanischen Komponenten nach sich ziehen. Deshalb wird durch die am Lastteller angebrachte Schaltkulisse ein weiterer Taster (vgl. *Abbildung 76: Sensoren Verriegelungsposition und oberste Endlage*) betätigt, welcher das Erreichen der obersten Endlage signalisiert.

- **Unterste Endlage erkennen**

Es sollen nach Erreichen der maximalen Absenkhöhe noch drei Restwindungen der Seile auf der Trommel verbleiben. Diese unterste Endlage wird wieder über die Position des Seilführungsschlittens ermittelt (vgl. *Abbildung 77: Schlittenposition unterste Endlage*), wobei die Position des Schalters diesmal aus der Anzahl der Restwindungen und dem verwendeten Seil (Vorschubwert) ergibt (vgl. *Formel 15: Schalterposition Unterste Endlage*)

*Position = Anzahl Restwindungen \* Vorschubwert – 5mm (konstruktionsbedingt)*

**Formel 15: Schalterposition Unterste Endlage**



**Abbildung 77: Schlittenposition unterste Endlage**

## 5 Ausarbeitung

Die Zeichnungen liegen im Originalformat am Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik auf. Außerdem ist eine Konstruktionsstückliste (Bauteile nach Baugruppen sortiert) im Anhang 7.10 *Stückliste* angefügt. Weiters ist eine auf die Papiergröße A4 verkleinerte Zusammenstellungszeichnung im Anhang 7.12 *Zeichnungen* einsehbar.

### 5.1 Nummerierungssystem

Die Zeichnungen wurden zur Organisation mit einem Nummerierungssystem gekennzeichnet.

*Zeichnungsart\_Baugruppennummer\_Blatt im Zeichnungsregister\_fortl. Nummer\_Änderungsstand*

#### 5.1.1 Zeichnungsart

- L...Layoutzeichnung

Positionierungsangaben werden oftmals in sogenannten Layouts dargestellt.

- A...Zusammenstellungszeichnung

Zur Darstellung von Baugruppen werden Zusammenstellungszeichnungen erstellt, welche den Zusammenbau der einzelnen Bauteile beschreiben. Außerdem werden Schweißbaugruppen ebenfalls in Zusammenstellungszeichnungen definiert und mit den für die Schweißarbeiten benötigten Daten versehen.

- D...Detailzeichnung

Alle zur Fertigung des Einzelteiles notwendigen Daten müssen in dieser Zeichnung angegeben werden. Dies beinhaltet:

- Maße
- Material
- Toleranzen
- Form- und Lagetoleranzen
- Oberflächenangaben

#### 5.1.2 Baugruppennummer

Die Gesamtbaugruppe wird mit einer Baugruppennummer versehen, um diese von späteren Konstruktionen wie zum Beispiel dem Serienprodukt unterscheiden zu können. Für die Baugruppe Komponententeststand wurde die Baugruppennummer 100 gewählt.

### 5.1.3 Blatt im Zeichnungsregister

Zur Übersicht aller benötigten Zeichnungen werden die Zeichnungsnummern mit Titel und weiteren Informationen wie Änderungsstand oder Papierformat im Zeichnungsregister protokolliert. Hier wurde zur besseren Übersicht das Zeichnungsregister in mehreren Blättern ausgeführt. Blatt A beinhaltet alle Baugruppenzeichnungen und Blatt B alle Detailzeichnungen.

## 6 Ausblick und Erkenntnisse

Wie schon in der *Abbildung 7: Phasen der Produktentstehung* dargestellt wurde, ist es für ein Serienprodukt nicht zweckmäßig sofort das endgültige Produkt auszuarbeiten. So ist es sinnvoll, dass mit den Ergebnissen der Testläufe am Komponententeststand notwendige Änderungen entweder sofort realisiert und wieder getestet werden bzw. für die Ausarbeitung des Serienprodukts beachtet werden.

Mit dem Einsatz der hochfesten, laufenden Faserseile dringt man in einen modernen Bereich der Fördertechnik, Hebe- und Handhabungstechnik, Materialflusstechnik und Logistik ein. Es ist die Prognose der Lebensdauer der, über die Trommel und Seilrollen, laufenden Seile bei sicherheitsrelevanten Anwendungen wie beim Heben von Leuchten oder Reklame von entscheidender Bedeutung. Gibt es für die Berechnung der Lebensdauer von Stahlseilen Gleichungen, welche auf der Grundlage von zahlreichen Dauerversuchen ermittelt wurden, so ist dies bei Kunststofffaserseilen noch unerforschtes Terrain und bislang unmöglich.<sup>128</sup> Auf Grund dieser fehlenden Erkenntnisse ist es unbedingt erforderlich, Versuche am Komponententeststand durchzuführen bevor das Gerät für die Serienproduktion freigegeben wird. Die *Abbildung 78: Untersuchungsdichte Stahlseil Faserseil* soll verdeutlichen, wie groß der Unterschied in der Untersuchungsdichte von Stahlseilen und Faserseilen ist.

Stahldrahtseile	Parameter mit Einfluss auf die Seillebensdauer	Faserseile
●●●○	Seilkonstruktion	●○○○
●●●●	Seildurchmesser	●○○○
●●●○	Schlaglänge	●○○○
●●○○	Werkstoff Drähte/Fasern	●○○○
●●●●	Festigkeit Drähte/Fasern	○○○○
●●●●	Scheibendurchmesser	●○○○
●●○○	Rillenform	○○○○
●●●○	Schrägzug	○○○○
●●●●	Biegelänge	●○○○
●●●○	Schmierung/Imprägnierung	○○○○
gut untersucht ●●●●		nicht untersucht ○○○○

Abbildung 78: Untersuchungsdichte Stahlseil Faserseil

Auf Grund der Vorteile von Faserwerkstoffen gegenüber Stahlseilen hat man sich trotz der geringen Informationen zu den Ablegekriterien für diesen neuen innovativen Weg entschieden und führt mittels Komponententeststand die notwendigen Versuche durch.

<sup>128</sup> vgl. Wehking, 2014, S. 65f

## 6.1 Versuche am Komponententeststand

In diesem Kapitel werden einige Test beschrieben, welche notwendige Erkenntnisse für den nächsten Schritt zur Serienfertigung liefern sollen.

- **Gleichmäßiges Heben**

Eine wichtige Erkenntnis bei den ersten Tests mit dem Komponententeststand ist, ob die fixen Seilanschlagpunkte für ein stabiles Verhalten des Lasttellers sorgen. Bei einem Lastteller mit durchgeschliffenen Seilen kann es vorkommen, dass dieser während der Fahrt eine Schrägstellung in seiner Horizontalen erfährt. Dieses Problem soll beim Komponententeststand nicht auftreten können. Weiters sollen diese Test zeigen, ob die Seile gleichmäßig aufgewickelt werden und der Lastteller waagrecht auf und ab bewegt wird.

- **Kettenräder bzw. Seilführungsschlittenvorschub**

Da im Vorhinein noch nicht exakt vorausgesagt werden kann welcher Seildurchmesser welchen Vorschubwert für einen exakten Wickelvorgang benötigt, sollen die Kettenräder so kombiniert werden, dass für jedes Seil der passende Vorschubwert eingestellt werden kann.

- **Endbefestigung des Seiles**

Ist das Seil bis auf die Restwindungen abgespult, wirkt die größte Kraft auf die Endbefestigung. In dieser Position muss noch die maximale Last mit einer Sicherheit von  $S_{\text{stat}}=1,25$  getragen werden können. Weiters soll die erforderliche Anzahl der Restwindungen ermittelt werden bzw. kontrolliert werden ob die Endbefestigung die maximale Last tragen kann.

- **maximale Seillänge**

Messung der maximalen Länge an Seil die aufgespult werden kann bis die Endbefestigung des nächsten Seilstranges bzw. die Bordscheibe der Trommel erreicht wird.

- **Erforderlicher Verfahrensweg und -geschwindigkeit beim Verriegeln**

Nach dem Einfahren in das Liftgehäuse wird die Verriegelung geschlossen und der Lastteller abgesenkt. Der benötigte Verfahrensweg hat einen direkten Einfluss auf die benötigten Kontaktmodule. Beträgt dieser Weg unter 2,5 mm, so ist es möglich die Kontaktreihen direkt vom Hersteller (*vgl. Abbildung 68: Kontaktleiste UWE 5-polig (links) Federkontaktmodul (rechts)*) einzusetzen. Außerdem muss geklärt werden, auf welche Geschwindigkeit das System in dieser oberen Endlage gedrosselt werden muss, damit der Verriegelungsvorgang abgeschlossen werden kann.

- **Dauerversuch**

Vom TÜV wird für die Zertifizierung vorgeschrieben, dass im Test die zehnfache Anzahl der für den Bediener zugelassenen Zyklen erreicht werden muss. Da das Seil 1000 Zyklen erreichen soll, müssen im Test 10000 Zyklen gefahren werden. Hierbei soll das Seil immer so weit abgespult werden, dass es im Gerät einen gesamten Durchlauf aller Biegewechsel erfährt. Dies bedeutet, es muss mindestens die Länge Seil abgespult werden, die eine volle Trommelumdrehung und die Umlenkrolle durchläuft.

- **Test der mechanischen Komponenten**

Da im Produktlebenszyklus das Seil der Lifte einmal ausgetauscht werden soll, müssen die mechanischen Komponenten die doppelte Zyklenanzahl erreichen können. Dieser Test kann im Hintergrund der Dauerversuche mit aufgenommen werden, da bei einem Erreichen der 10000 Testzyklen ein Sicherheitsfaktor von 5 erreicht werden würde.

- **Test von möglichen Störungseinflüssen**

Störungen, wie zum Beispiel schwingende Lasten oder eine schiefe Deckenmontage, sollen gezielt hervorgerufen werden und das Verhalten des Systems getestet werden. Somit können Randbedingungen, welche in der Bedienungsanleitung vermerkt werden müssen, abgeklärt werden. Zusätzlich sollen die Folgen eines eingedrehten Lasttellers geklärt werden (dreht sich der Lastteller wieder aus, wandert die Position der übereinanderliegenden, miteinander verdrehten Seilstränge, etc.).

- **Maximallasten der unterschiedlichen Motoren für Baugrößenabstimmung**

Die maximalen Lasten der unterschiedlichen Motoren für die Anpassung der Baugrößen sollen mit den rechnerischen Ergebnissen abgestimmt werden. Die rechnerischen Werte sind für die Nenngrößen der Motoren berechnet worden. Da die Motoren jedoch nur sehr selten für relativ kurze Einschaltdauern verwendet werden, ist es durchaus möglich sie über den Nennwerten zu betreiben. Hierfür soll auch die Motortemperatur mit aufgenommen werden.

- **Überprüfung der Wegmessung**

Der aufgenommene Weg soll mit dem tatsächlichen verglichen werden. Eventuell kann der Annäherungssensor an die obere Endlage durch die korrekte Wegmessung entfallen.

- **Mindestlasten**

Für die Bestimmung der Federsteifigkeit der Feder des Schlaffseilsensors soll der Lift einerseits ohne diesen und mit geringen Lasten betrieben werden. So soll die Präzision der Seilauwicklung kontrolliert und die mindestens erforderliche Seilspannung ermittelt werden. Andererseits soll die für die Erkennung von Kollisionen die minimal erforderliche Kraft zur Seilablenkung bestimmt und mit den Ergebnissen der Berechnung verglichen werden.

- **Versagen des Liftes**

Steigerung der Last bis ein Versagen des Liftes auftritt. Ermittlung des Schwächsten Bauteiles.

## 6.2 Konzept für ein Gussgehäuse

In der Serienproduktion ist es für Serien ab 500 Stück sinnvoll mittels Druckgussverfahren zu arbeiten. Bei Leichtmetallwerkstoffen können Teilegrößen bis zu 50 kg gefertigt und die Genauigkeitsklasse fein (0,03mm bis 0,1mm) erreicht werden.<sup>129</sup> Auf Grund dieser Eigenschaften bietet sich ein Druckgussgehäuse für die spätere Serienproduktion sehr gut an.

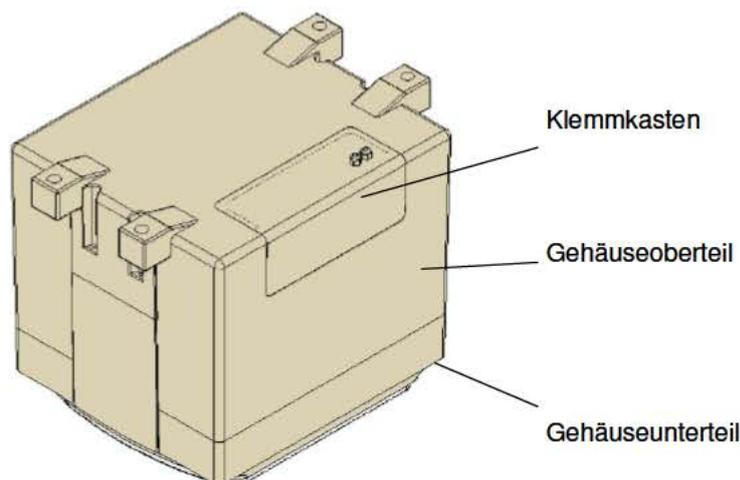


Abbildung 79: Gussgehäuse

<sup>129</sup> vgl. Ehrlenspiel u. a., 2014, S. 229

Ein Vorschlag für die Form des Gehäuses (vgl. *Abbildung 79: Gussgehäuse*) ist in diesem Kapitel dargestellt. Die Teilung des Gehäuses kann so erfolgen, dass die Trommelwelle problemlos eingesetzt werden kann aber auch noch eine Bearbeitung der Flächen möglich ist. Die Teilebene und die zu bearbeitenden Flächen sind farblich markiert. Das Gehäuse soll die Funktionen für die Klemmung der Führungswellen, die Aufnahme der Trommel, den Drehpunkt der Verriegelung und die Aufnahme der Zentrierkegel vereinen und somit wird die Anzahl der Zukaufteile reduziert (vgl. *Abbildung 80: Gehäuseoberteil* und *Abbildung 81: Gehäuse Unterteil*).

In der oberen Gehäusehälfte wird zusätzlich noch der Raum für elektrische Anschlüsse geschaffen. Dieser Klemmenbereich ist so gestaltet, dass die Dichtheit auf Eindringen von Staub oder Spritzwasser mit dem Öffnen der Abdeckung nicht beeinflusst wird (vgl. *Abbildung 80: Gehäuseoberteil links*). Der Klemmbereich liegt sozusagen „außerhalb“ des Gehäuses und die Kabel können mittels Verschraubungen in das Gehäuseinnere geführt werden. Der Deckel des Klemmkastens ist ein gleichschenkeliges Winkelprofil. Die Montagerichtung dieses Deckels beeinflusst die Lage des Kabelauslasses. So können die Kabel entweder seitlich oder an der an der Oberseite vom Liftgehäuse herausgeführt werden.

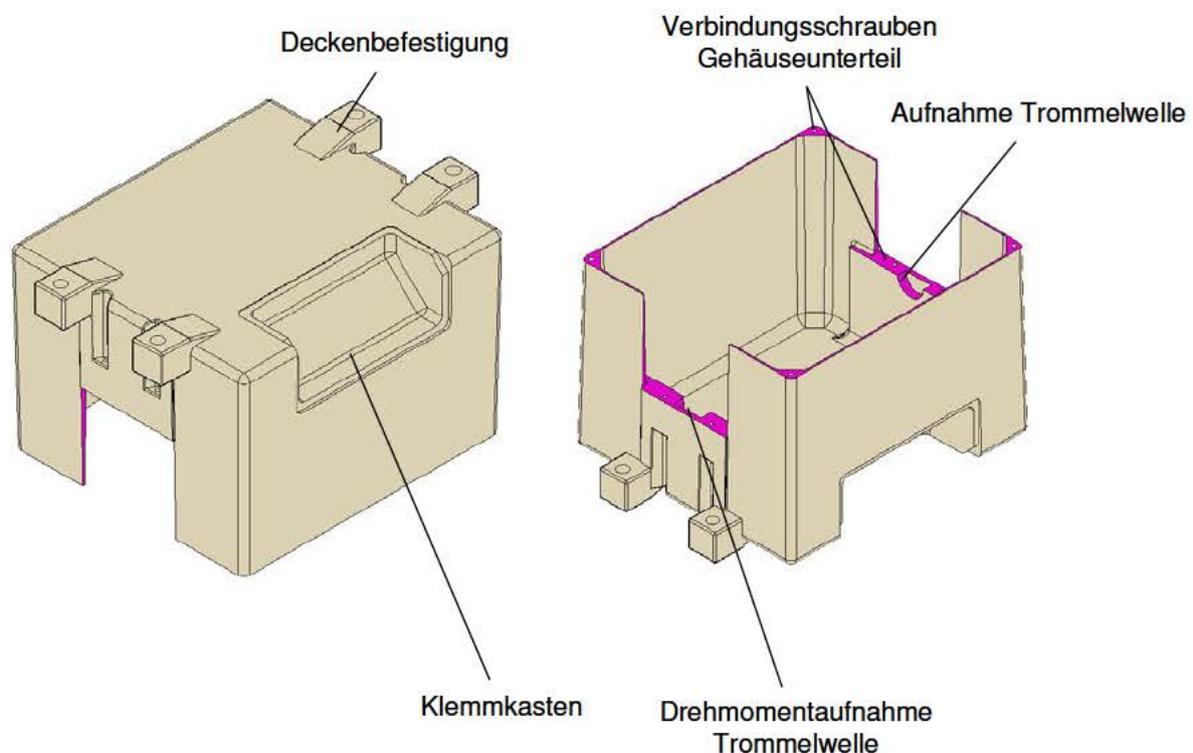
Zur Erhöhung der IP Schutzklasse kann am unteren Gehäuse der Einlass für den Laststeller noch zusätzlich mit einer Dichtung versehen werden. In *Abbildung 81: Gehäuse Unterteil* ist dieser nur mit einem Steg ausgeführt, welcher das Eindringen von Spritzwasser und Fremdpartikel verhindert.

Eine weitere Funktion des Gehäuseoberteils ist die Deckenmontage. Dafür sind Laschen vorgesehen, durch welche der Lift mittels Segmentanker, Gewindestangen oder Schrauben an Decken oder Trägern montiert werden kann. Hierbei ist zu beachten, dass auf Grund der sich mit der Hubhöhe ändernden Lastposition die Belastung der Schrauben ändert. Diese müssen für den höchsten Lastfall ausgelegt werden. Zusätzlich muss wegen der unsymmetrischen Position des Lastaufnahme punkts am Liftgehäuse darauf geachtet werden, dass die Bohrungen für die Aufnahme des Liftes nicht symmetrisch um die gewünschte Position der Leuchte sind. Ist eine beliebige Montagerichtung der Lifte gewünscht, muss dies mit Montageplatten ausgeglichen werden.

In den Abbildungen *Abbildung 80: Gehäuseoberteil* und *Abbildung 81: Gehäuse Unterteil* sind die Funktionen, welche das Gehäuse ohne Einsatz vieler Zukaufteile übernehmen kann eingezeichnet. Auf die Unterschiede zum Komponententeststand wird in *Tabelle 33: Gegenüberstellung Gusskonzept zu Komponententeststand* näher eingegangen:

Funktion	Gusskonzept	Komponententeststand
Deckenbefestigung	mit dem Gehäuseoberteil gegossene Laschen	Gewindestangen bzw. Ringschrauben am Gestell (vgl. <i>Abbildung 69: Gehäuse Komponententeststand</i> )
Klemmkasten	von außen einsehbare Ausparung im Gehäuseoberteil (vom Innenraum abgetrennt) mit Deckel	zusätzlicher Schaltschrank
Drehmomentaufnahme	Rechteckaufnahme im Ober- und Unterteil mittig geteilte	Trommelhalterung mit Rechteckaufnahme (vgl. <i>Abbildung 72: Trommelhalterungen</i> )
Auflager Trommelwelle	Zylinderaufnahme im Ober- und Unterteil mittig geteilte	Trommelhalterung mit Zylinderaufnahme und axialer Sicherung gegen verrutschen (vgl. <i>Abbildung 72: Trommelhalterungen</i> )
Aufnahme der Führungswellen	Geteilter Wellenbock Unterteil: gegossen mit Gehäuseunterteil Oberteil: aufschraubbares Klemmstück	Wellenbock (Zukaufteil) mit Distanzblöcken für richtige Führungswellenhöhe (vgl. <i>Abbildung 57: Seilführung</i> )
Aufnahme Lager Gewindespindel	Geteilte Lagerböcke Unterteil: gegossen mit Gehäuseunterteil Oberteil: aufschraubbar	Fest- und Loslagereinheiten als Zukaufteil mit Distanzblöcken für die richtige Spindelhöhe (vgl. <i>Abbildung 57: Seilführung</i> )

**Tabelle 33: Gegenüberstellung Gusskonzept zu Komponententeststand**



**Abbildung 80: Gehäuseoberteil**

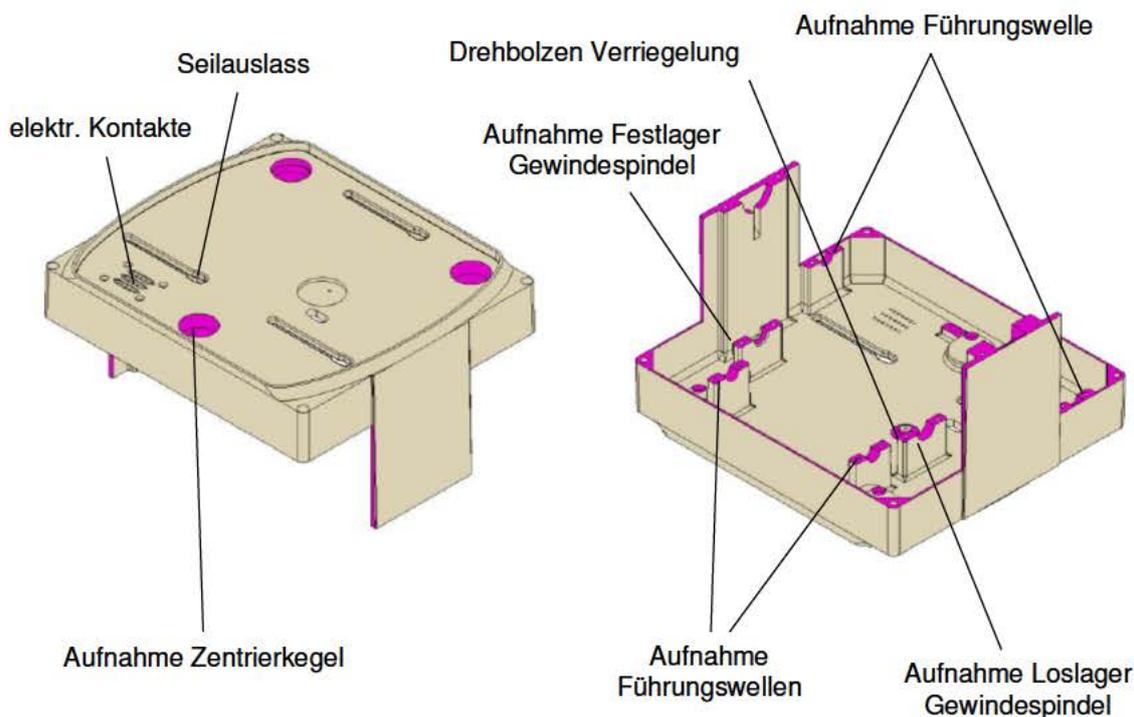


Abbildung 81: Gehäuse Unterteil

### 6.3 Seile

Es gibt zahlreiche Arten von Seilendverbindungen. Für Faserseile mit kleinem Durchmesser sind diese jedoch noch nicht marktüblich. Der Hersteller Teufelberger hat im gemeinsamen Meeting aber durchaus die Option für Versuche zu Vergussendstücken bei kleinen Seildurchmessern angeboten, was wiederum für die Serienanwendung in Betracht gezogen werden sollte, da eventuell die Option besteht die Seilenden am Lastteller gleich mit Gewindebolzen vom Hersteller vergießen zu lassen.

Zur Ablegereifeerkennung gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. So gibt es zum Beispiel die Möglichkeit in nichtleitende Seile kurzdehnende leitende Kohlenstofffasern einzuarbeiten. Diese Fasern haben Biegeeweichseigenschaften, welche unter denen der tragenden Seilfasern liegen und brechen somit früher. Durch den Bruch der Fasern geht auch die Leitfähigkeit verloren und es kann hierbei bei jeder Fahrt kontrolliert werden, ob das Seil seine Ablegereife erreicht hat.<sup>130</sup>

<sup>130</sup> vgl. Wehking, 2014, S. 72

## 6.4 Baugrößenanpassung

Mit dem im Kapitel 4.3.1 *Baugruppe Seiltrommel* ausgewählten Getriebemotor kann der Bereich bis 300kg mit einem Motor und 300kg bis 600kg mit zwei Motoren abgedeckt werden. Es muss abgewogen werden, ob es nicht sinnvoll wäre die Baureihe noch einmal aufzuteilen und mit einem Antrieb für zum Beispiel 150kg und den dazugehörigen Bauteilen (Innenzahnkranz und Motorritzel) geringerer Festigkeiten auszustatten um Kosten zu reduzieren. Dies führt jedoch wieder zu einem größeren Lager- und Logistikaufwand und auch zu geringeren Stückzahlen, was wiederum einen großen Einfluss auf die Preisgestaltung der Antriebe hat.

## 6.5 Notwendige Änderungen

Beim Zusammenbau sind bereits erste notwendige Änderungen der Konstruktion aufgetreten. Diese sollen in diesem Kapitel kurz beschrieben werden.

### 6.5.1 Schlaffseilsensor

Beim Schlaffseilsensor ist der Umbau von einer Druckfeder mit Federdorn auf eine Drehfeder notwendig gewesen, da der durch die Grundplatte der Seilführung ragende Dorn eine Kollision mit dem Stellmotor verursacht hat (vgl. *Abbildung 82: Schlaffseilsensor ursprüngliche Version*). Zusätzlich wurde der seitlich montierte Endlagenschalter für eine bessere Einstellmöglichkeit anders positioniert und mit einer einstellbaren Schaltkulisse ergänzt (vgl. *Abbildung 73: Schlaffseilsensor Schalter*).

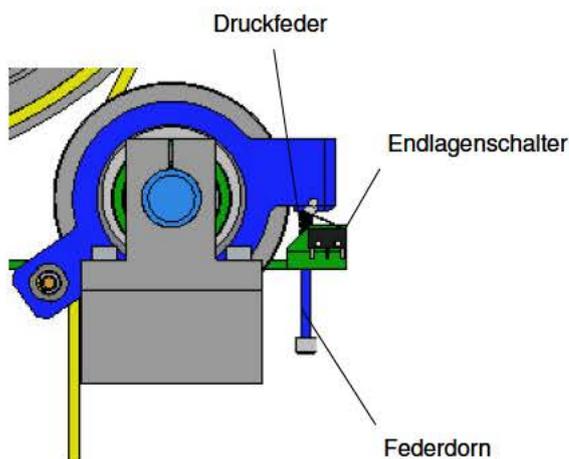


Abbildung 82: Schlaffseilsensor ursprüngliche Version

Eine weitere notwendige Änderung beim Schlaffseilsensor ist die Verringerung der Blechhöhe an der hinteren Biegung. Da bei der Umlenkrolle 3 das Seil zu knapp über die Blechkante laufen würde und bei bestimmten Auslenkwinkeln des Sensors Beschädigungen davontragen könnte (vgl. *Abbildung 83: Schlaffseilsensor Änderung Blechbiegeteil*).

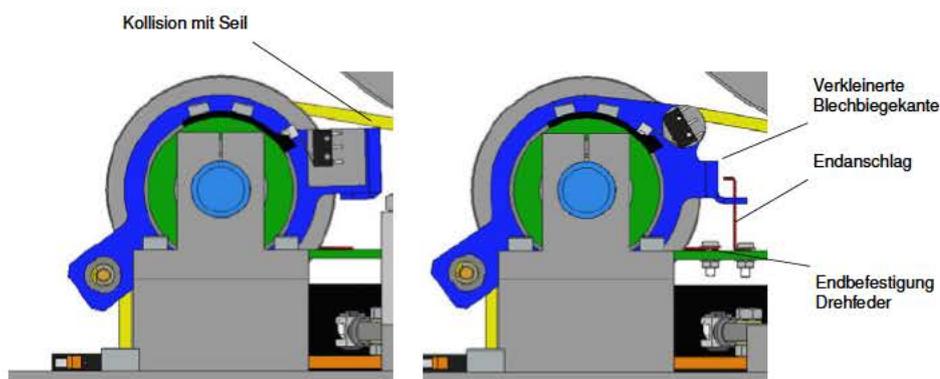


Abbildung 83: Schlaffseilsensor Änderung Blechbiegeteil

Als weitere Neuerung wurde ein Endanschlag hinzugefügt, damit der Schlaffseilsensor nicht so weit nach unten rotieren kann und mit den an der Grundplatte des Liftes montierten Bauteilen kollidiert (vgl. *Abbildung 83: Schlaffseilsensor Änderung Blechbiegeteil*).

### 6.5.2 Positionierung Endlagenschalter Verriegelung

Die Endlagenschalter der Verriegelungsendpositionen wurden so umpositioniert, dass das Verriegelungsblech die Schalter durch eine tangentielle Vorbeibewegung auslöst und somit die Schalter nicht durch zu große Verriegelungsfahrwege (vgl. *Abbildung 74: Sensoren Verriegelung*) beschädigt werden können. Diese Änderung kommt daher, dass der Stellmotor für die Drehbewegung sehr schnell operiert und dadurch sehr starke Schläge ausgeübt werden. Zusätzlich wurde eine Positioniermöglichkeit durch Halbleche mit Langlöchern geschaffen. Zur besseren Veranschaulichung sind in der *Abbildung 84: Änderung der Endlagenschalter Verriegelung* beide Positionen der Verriegelung in unterschiedlichen Farben dargestellt.

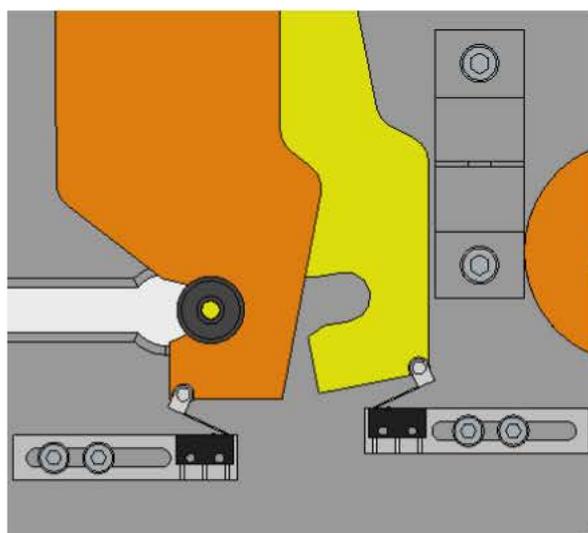


Abbildung 84: Änderung der Endlagenschalter Verriegelung

## 7 Anhang

### 7.1 Analyse bestehender Produkte

#### 7.1.1 Schwachstellenanalyse

Berechnung der notwendigen Mindestumlenkrollendurchmesser nach DIN 15020 beispielhaft für CSI-12 mit den Werten aus *Tabelle 4: Analyse bestehender Lifte*.

$$c_1 := 0.075$$

$$h_1 := 14$$

$$h_2 := 1.25$$

$$\text{Traglast} := 12\text{kg}$$

$$n_{\text{Seile}} := 1$$

$$d_{\text{eingesetzt}} := 1.4\text{mm}$$

$$D_{\text{eingesetzt}} := 16\text{mm}$$

$$d_{\text{min}} := c_1 \cdot \frac{\text{mm}}{\sqrt{N}} \left( \sqrt{\frac{\text{Traglast} \cdot g}{n_{\text{Seile}}}} \right) = 0.814 \cdot \text{mm}$$

$$D_{\text{min}} := d_{\text{eingesetzt}} \cdot h_1 \cdot h_2 = 24.5 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Sicherheitsfaktor} := \frac{D_{\text{eingesetzt}}}{D_{\text{min}}} = 0.653$$

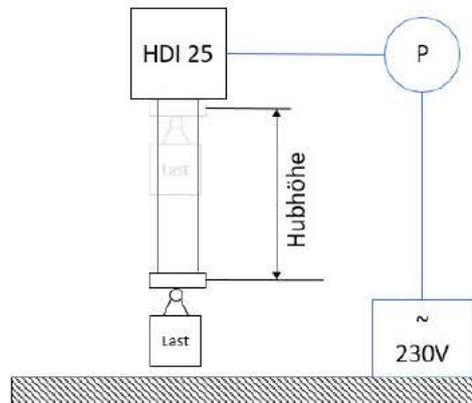
#### 7.1.2 Analyse Überhitzung

Es werden folgende Tests durchgeführt:

- Lift HDI 25: Heben und Senken von Lasten
- Motor und Getriebe HDI 25: ausgebauter Motor mit Getriebe ohne Belastung
- Motor HDI 25: ausgebauter Motor ohne Last
- Motor HDI 50: ausgebauter Motor ohne Last
- Lift HDI 25 Kunststoffseil: Heben und Senken von Lasten mit reduzierter Versorgungsspannung
- Lift HDI 25 Stahlseil: Heben von Lasten mit reduzierter Versorgungsspannung

## Test HDI 25

Daten Lift:	
Modell	HDI 25
	230V
Rating	50Hz
Max. Strom Licht	16A
Last	6...25kg
Hubhöhe	10m
Seriennummer	204505
	Stahlseil
Seil	2,1mm



9:18 Kühlpause

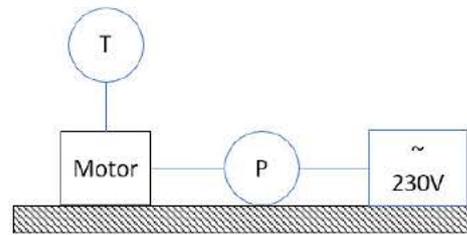
4:07 Kühlpause

Testlauf	1	2	3	4	5	6	7	8
Heben/Senken	senken	heben	heben	senken	heben	senken	heben	heben
Hubhöhe [m]	8	4,7	3,3	4	4	4	1,2	2,8
Gewicht [kg]	10	10	10	22	22	22	22	22
Fahrzeit	05:22	03:11	02:45	02:21	02:32	02:46	00:44	02:10
Fahrzeit [s]	322	191	165	141	152	166	44	130
Leistung [W] (el. Aufnahme)	106	140	147	102	155	109	150	150
Stoppursache	unten	Hitze	oben	unten	oben	unten	Hitze	oben

Auswertung Testlauf	1	2	3	4	5	6	7	8
Fahrgeschw. [cm/s]	2,48	2,46	2,00	2,84	2,63	2,41	2,73	2,15
benötigte Hubleistung [W]	2,44	2,41	1,96	6,12	5,68	5,20	5,89	4,65
verlorene Leistung [W]	103,56	137,59	145,04	95,88	149,32	103,80	144,11	145,35
Fahrtweg bis Überhitzung [m]	12,70			13,20				

## Test Motor + Getriebe von HDI25 (AC 230V/50Hz)

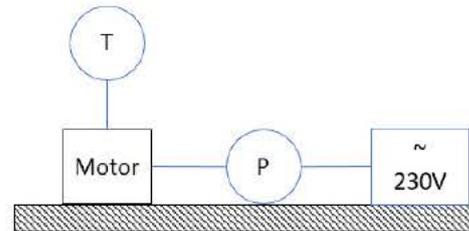
Daten Motor:	
Modell	230V/ 50Hz
Getriebe	Ja
Last	keine



Testlauf	1	2	3	4	5	6	7	8
Betrieb	Leerlauf	abkühlen	Leerlauf	abkühlen	Leerlauf			
Dauer	11:41	02:44	03:04	03:25	02:41			
Leistung [W] (el. Aufnahme)	110W	2,4W	110W	2,4	110W			
Stoppursache/ Startursache	Hitze	abgekühlt	Hitze	abgekühlt	Hitze			
Abschalttemp/ Einschalttemp Wicklung	112°	90°	118°	92°	119°			
Abschalttemp/ Einschalttemp Motorgehäuse	67°	70°	74°	71°	78°			

## Test Motor von HDI25 (AC 230V/50Hz)

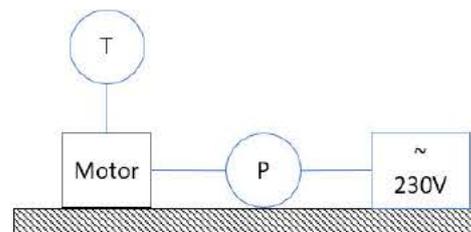
Daten Motor:	
Modell	230V/ 50Hz
Getriebe	ohne
Last	keine



Testlauf	1	2	3	4	5	6	7	8
Betrieb	Leerlauf	Stillstand						
Dauer	13:25							
Leistung [W] (el. Aufnahme)	105W	6,8W						
Stoppursache/ Startursache	Hitze							
Abschaltemp/ Einschaltemp Wicklung	116°							
Abschaltemp/ Einschaltemp Motorgehäuse	69°							

## Test Motor von HDI50 (BL DC 230V 200W)

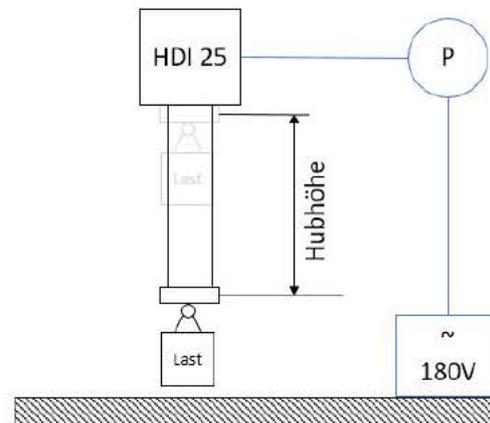
Daten Lift:	
Modell	BD90
Last	keine
Getriebe	Ja



Testlauf	1	2	3	4	5	6	7	8
Betrieb	Leerlauf	Stillstand						
Dauer	04:12							
Leistung [W] (el. Aufnahme)	16W	6,6W						
Stoppursache/ Startursache	ausschalten							
Abschaltemp/ Einschaltemp Motorgehäuse	keine Erwärmung							

## Test HDI 25 spannungsreduziert

Daten Lift:	
Modell	HDI 25
Spannung	180V/50Hz
Max. Strom Licht	16A
Last	6...25kg
Hubhöhe	10m
Seriennummer	204195
Seil	Kiteline

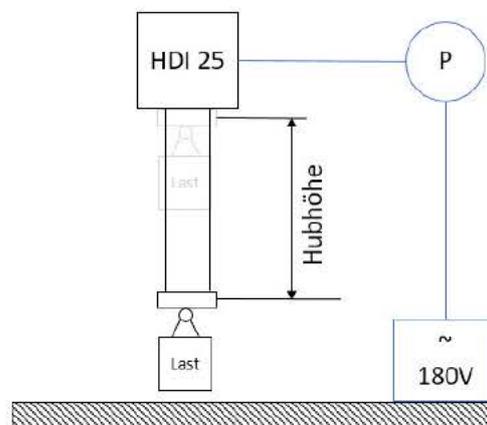


Testlauf	1	2	3	4	5	6	7	8
Heben/Senken	senken	heben	senken	heben	senken	heben	senken	heben
Hubhöhe [m]	8	8	8	8	8	8	8	7,8
Gewicht [kg]	25	25	25	25	25	25	25	25
Fahrzeit	04:10	05:10	03:56	04:40	03:47	04:29	03:59	04:45
Fahrzeit [s]	250	310	236	280	227	269	239	285
Leistung [W] (el. Aufnahme)	60	110	63	110	65	110	65	110
Stoppursache	unten	oben	unten	oben	unten	oben	unten	Hitze/ Steuerung funktioniert nicht mehr

Auswertung Testlauf	1	2	3	4	5	6	7	8
Fahrgeschw. [cm/s]	3,20	2,58	3,39	2,86	3,52	2,97	3,35	2,74
benötigte Hubleistung [W]	7,85	6,33	8,31	7,01	8,64	7,29	8,21	6,71
verlorene Leistung [W]	52,15	103,67	54,69	102,99	56,36	102,71	56,79	103,29
Fahrtweg bis Überhitzung [m]	63,80							

## Test HDI 25 spannungsreduziert

Daten Lift:	
Modell	HDI 25
Spannung	180V/ 50Hz
Max. Strom Licht	16A
Last	6...25kg
Hubhöhe	10m
Seriennummer	204505
Seil	Stahlseil 2,1mm



Testlauf	1	2	3	4	5	6	7	8
Heben/Senken	senken	heben	senken	heben	Abbruch, da kein Unterschied zum Kunststoffseil ersichtlich			
Hubhöhe [m]	8	8	8	8				
Gewicht [kg]	25	25	25	25				
Fahrzeit	05:00	05:35	04:14	05:45				
Fahrzeit [s]	300	335	254	345				
Leistung [W] (el. Aufnahme)	61	103	65	110				
Stoppursache	unten	oben	unten	oben				

Auswertung Testlauf	1	2	3	4	5	6	7	8
Fahrgeschwindigkeit [cm/s]	2,67	2,39	3,15	2,32				
benötigte Hubleistung [W]	6,54	5,86	7,72	5,69				
verlorene Leistung [W]	54,46	97,14	57,28	104,31				
Fahrweg bis Überhitzung [m]								

### 7.1.3 Zugprüfversuch

- **Seil 1:**



Abbildung 85: Seilprobe 1

Länge: 51 cm

Länge Speiß: 16 cm

Bruchkraft: 2979,2 N

- **Seil 2:**



Abbildung 86: Seilprobe 2

Länge 50 cm

Länge Spleiß: 15,5 cm stark ausgedünnt

Bruchkraft: 3313,8 N

- **Seil 3:**



Abbildung 87: Seilprobe 3

Länge 50 cm

Länge Spleiß: 16,5 cm

Bruchkraft: 3136,9 N

- **Seil 4:**



Abbildung 88: Seilprobe 4

Freie Länge: 53 cm

Bruchkraft: 3896,3 N

## 7.2 Entscheidung Mehrseilsystemtyp

Der ausdrückliche Wunsch der Fa. Reeltech ist der Einsatz eines Mehrseilsystems. Zu Beginn wurden deshalb grundsätzliche Lösungsvarianten zur Umsetzung eines solchen erarbeitet und zusammen mit der Fa. Reeltech besprochen. Somit konnte nach Präsentation und Erklärung der erarbeiteten Konzepte (vgl. *Tabelle 7: Morphologischer Kasten Dual Lift Zeile „G“*) gemeinsam geklärt werden, dass keine Seilführung durch den Laststeller (siehe *Tabelle 7: Morphologischer Kasten Dual Lift Zelle G1, G2, G3, G4, G6*) realisiert werden soll. Die Seilführung durch den Laststeller führt dazu, dass dieser in seiner waagrechten Position nicht fixiert ist und eine Kippbewegung des Laststellers beim Hebevorgang nicht ausgeschlossen wird. Der Auswahlprozess für die Anzahl der Zugmittel soll mit Hilfe der

*Abbildung 89: Mehrseilsysteme Laststeller* und den nachfolgenden Erklärungen geschildert werden.

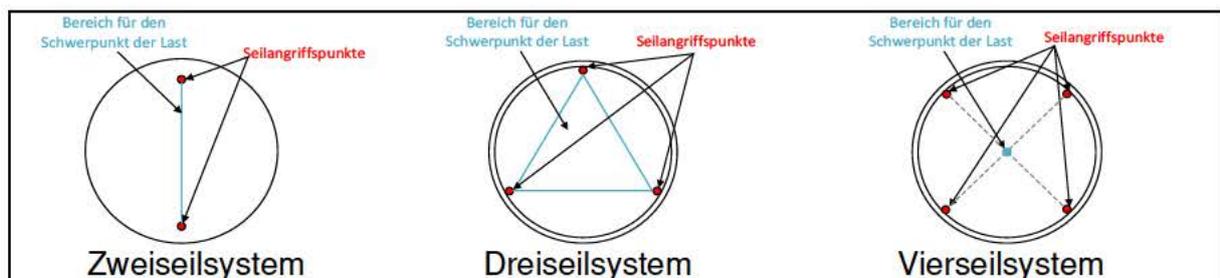


Abbildung 89: Mehrseilsysteme Laststeller

Weicht beim Zweiseilsystem der Schwerpunkt der Last von der Linie zwischen den beiden Kraftangriffspunkten ab, so kippt der Laststeller.

Beim Dreiseilsystem ergibt sich ein Dreieck zwischen den Seilangriffspunkten. Liegt der Lastschwerpunkt innerhalb, ist kein Kippen des Laststellers möglich.

Beim Vierseilsystem ergibt sich durch die statische Überbestimmtheit das Problem, einer undefinierten nicht gleichmäßigen Belastung der einzelnen Seile. Möglichkeiten für eine Lösung dieses Problems sind in den folgenden Punkten beschrieben:

- a.) Die Seile gleich lang sind und der Schwerpunkt der Last exakt in der Mitte liegt.
- b.) Die Seile sind entweder selbst sehr elastisch oder über elastische Komponenten (z.B. Federn) am Laststeller angeschlagen.

- c.) Zwei der vier Seile auf einen gemeinsamen Kraftangriffspunkt zusammengeführt werden.

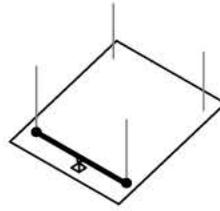


Abbildung 90: Vierseilsystem 2 Seile auf einem Kraftangriffspunkt

- d.) Zwei Seile durch ein durchgeführtes Seil ersetzt werden.

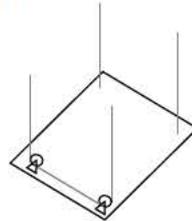


Abbildung 91: Vierseilsystem zwei Seile durchgeschliffen

Da all diese Möglichkeiten zur Umwandlung des Vierseilsystems in ein statisch bestimmtes System auf ein „theoretisches“ Dreiseilsystem führen, ergeben sich keine Vorteile gegenüber diesem. Zusammengefasst sind die Nachteile des Vierseilsystems:

- Mehrkosten wegen zusätzlicher Seillänge
- zusätzlicher Platzbedarf zur Unterbringung aller Wicklungen der vier Seile
- zusätzliche Bauteile zur Umwandlung in ein statisches System

Wegen dieser Nachteile werden die Vierseilsysteme nicht weiter in Betracht gezogen.

Ein Zweiseilsystem scheidet auf Grund der leichten Kippmöglichkeit des Lasttellers aus.







TU WIEN		Auswahlliste <b>Leuchtenlift</b>							Thomas Pühringer Blatt:2 Seite1	
		<b>BEURTEILEN</b>							<b>ENTSCHEIDEN</b>	
		+ Ja - nein ? Informationsmangel ! Anforderungsliste überprüfen							+ Lösung verfolgen - Lösung scheidet aus ? Informationen beschaffen ! Anforderungsliste auf Änderung prüfen	
		<b>Auswahlkriterien:</b>								
		Verträglichkeit gegeben								
		Anforderungsliste erfüllt								
		Grundsätzlich realisierbar								
		Aufwand zulässig								
		Unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben								
		Im eigenen Bereich bevorzugt								
		andere Gründe								
LV	A	B	C	D	E	F	G	Bemerkungen (Hinweise, Begründungen)		
F1	22	+	-	+	+			kein exaktes Wickeln möglich	-	
F2	23	+	?	+	?			Bandführung ev. problematisch (auflaufen auf Bordscheibe, umschlagen, ...)	?	
F3	24	+	+	+	+				+	
F4	25	+	+	+	-			unterschiedlicher Wickeldurchmesser -> Drehmoment-Drehzahländerung; komplizierte Spindel; ev. Verklemmen des Seiles	-	
F5	26	+	+	+	?			unterschiedliche Rillengeometrie für unterschiedliche Seile -> Baugrößenanpassung aufwendig; ev. nicht ausreichend	?	
F6	27	+	-					Überschreitung der Baugröße	-	
F7	28	+	?	+	+			ev. nicht ausreichend (Kombination mit Rille)	?	
F8	29	+	-	+	+			aktuell eingesetzt -> kein definiertes Aufwickeln möglich	-	
G1	30						-	Ausschluss durch Fa. Reeltech -> Kippbewegung	-	
G2	31						-	Ausschluss durch Fa. Reeltech -> Kippbewegung	-	
G3	32						-	Ausschluss durch Fa. Reeltech -> Kippbewegung	-	
G4	33						-	Ausschluss durch Fa. Reeltech -> Kippbewegung	-	
G5	34	+	+	+	+				+	
G6	35						-	Ausschluss durch Fa. Reeltech -> Kippbewegung	-	
G7	36	+	+	+	+				+	
H1	37	?	+	+	+			je nach Motor-/ Getriebetyp	?	
H2	38	?	+	+	+			je nach Motor-/ Getriebetyp	?	
H3	39	?	+	+	+			je nach Motor-/ Getriebetyp	?	
H4	40	+	+	+	-			zusätzlicher Mehraufwand	-	
I1	41	+	+	+	+				+	
I2	42	+	-					Ungenauigkeit durch Schlupf	-	
I3	43	?	+	+	+			nur bei definiertem Wickeln	?+	
I4	44	+	+	+	-			sehr hohe Anschaffungskosten	-	
I5	45	+	+	+	+		-	keine bestehenden Komponenten einsetzen (ev. Patentprobleme)	-	

Datum: Okt. 2016

geändert am:

TU WIEN		Auswahlliste <b>Leuchtenlift</b>							Thomas Pühringer Blatt:3 Seite1	
		<b>BEURTEILEN</b>							<b>ENTSCHEIDEN</b>	
		+ Ja - nein ? Informationsmangel ! Anforderungsliste überprüfen							+ Lösung verfolgen - Lösung scheidet aus ? Informationen beschaffen ! Anforderungsliste auf Änderung prüfen	
		<b>Auswahlkriterien:</b>								
		Verträglichkeit gegeben								
		Anforderungsliste erfüllt								
		Grundsätzlich realisierbar								
		Aufwand zulässig								
		Unmittelbare Sicherheitstechnik gegeben								
		Im eigenen Bereich bevorzugt								
		andere Gründe								
LV		A	B	C	D	E	F	G	Bemerkungen (Hinweise, Begründungen)	
J1	46	?	?	+	+				Erprobung im Komponententeststand	?
J2	47	+	+	+	+	-			Sicherheitsrisiko da Federnbruch nicht erkennbar	-
J3	48	?	?	+	-				Messung durch Steuerungstechnik	-
J4	49	+	+	+	+	-			Sicherheitsrisiko da Federnbruch nicht erkennbar	-
J5	50	+	+	+	-	-			viele Umlenkungen ->hohe Belastung	-
J6	51	+	+	+	+					+
K1	52	?	?	+	+				ev. Kombination mit Wegmessung notwendig	?
K2	53	+	+	+	-				Mehrkosten; Signalverarbeitung notwendig	-
K3	54	+	-	+	+	-			zusätzliche Seilbelastung	-
K4	55	?	?	+	+				ev. Kombination mit Endschalter notwendig	?
L1	56	+	-						nur für grobe Vorausrichtung	-
L2	57	+	+	+	+			-	bestehende Komponente (ev. Patentprobleme)	-
L3	58	+	+	+	+					+
L4	59	+	+	+	+					+
L5	60	+	+	+	+	+	+		zusätzliches Feature für Zwischendeckenmontage	+
M1	61	+	-						nur für grobe Vorausrichtung	-
M2	62	+	+	+	+			-	bestehende Komponente (ev. Patentprobleme)	-
M3	63	+	+	+	+					+
M4	64	+	+	+	+					+
M5	65	+	+	+	+	+	+		zusätzliches Feature für Zwischendeckenmontage	+
N1	66	+	-	+	+	-			zusätzliche Seilbelastung	-
N2	67	+	+	+	-				Mehrkosten; Signalverarbeitung notwendig	-
N3	68	+	+	+	+					+
O1	69	+	+	+	+			-	bestehende Komponente (ev. Patentprobleme)	-
O2	70	+	+	+	+			-	bestehende Komponente (ev. Patentprobleme)	-
O3	71	+	+	+	-				viele Bauteile; elektrische Betätigung trotzdem erwünscht (Fa.Reeltech)	-
O4	72	+	+	+	+					+
O5	73	+	+	+	+					+

Datum: Okt. 2016

geändert am:



## 7.5 Berechnungen Seiltrieb

### 7.5.1 Zugmittel

Die drei am Lastteller angeschlagenen Zugmittel müssen unter Berücksichtigung des Betriebskoeffizienten für Kunststofffaserseile ausgelegt werden. Eigentlich müsste nach dem schwächsten Zugmittel dimensioniert werden, da aber drei gleichwertige eingesetzt werden ist dies nicht notwendig.

$$g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$S_{\text{Faserseile}} := 7 \quad \dots \text{Betriebskoeffizient Kunststofffaserseile}$$

$$F_{\text{Bruch}} := 8800\text{N} \quad \dots \text{max. Bruchkraft des Seiles}$$

$$n_{\text{Seile}} := 3 \quad \dots \text{Anzahl der Seile}$$

$$\text{Last}_{\text{max}} := \frac{F_{\text{Bruch}} \cdot n_{\text{Seile}}}{S_{\text{Faserseile}} \cdot g} = 384.579 \text{ kg} \quad \dots \text{max. zulässige Last unter Berücksichtigung des Betriebskoeffizienten lt. Maschinenrichtlinie}$$

### 7.5.2 Seiltrommel

- **Hintergründige Berechnungen zur *Tabelle* 29:** max. Hubhöhen

$$d_{\text{Trommel}} := 280\text{mm}$$

$$l_{\text{Trommel}} := 370\text{mm}$$

$$d_{\text{Seil}} := 2.9\text{mm}$$

$$n_{\text{Rest}} := 3 \quad \dots \text{Anzahl der Restwindungen}$$

$$n_{\text{Seile}} := 3$$

$$\text{Hub}_{\text{max}} := \frac{(d_{\text{Trommel}} \cdot \pi) \cdot \left[ \frac{l_{\text{Trommel}}}{d_{\text{Seil}}} - (n_{\text{Rest}} \cdot n_{\text{Seile}}) \right]}{n_{\text{Seile}}} = 34.771 \text{ m} \quad \dots \text{max. Hub}$$

- **Übertragung des Drehmoments von Zahnkranz bis Trommelmantel:**

Schrauben M5:

$$d_{M5} := 5 \text{ mm}$$

$$A_{Sp.M5} := 0.61 \cdot d_{M5}^2 = 15.25 \cdot \text{mm}^2$$

$$R_{e.8.8} := 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$R_{p02.8.8} := R_{e.8.8} \cdot 0.8 = 512 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schrauben M6:

$$d_{M6} := 6 \text{ mm}$$

$$A_{Sp.M6} := 0.61 \cdot d_{M6}^2 = 21.96 \cdot \text{mm}^2$$

$$R_{e.8.8} = 640 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$R_{p02.8.8} = 512 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Schrauben am Deckel:

maximale Vorspannkraft einer Schraube:

$$F_{vmax.M5} := R_{p02.8.8} A_{Sp.M5} = 7.808 \times 10^3 \text{ N}$$

geforderte Umfangskraft:

$$F_U := \frac{M_M}{r_{Schrauben}} = 7.6274 \times 10^3 \text{ N}$$

benötigte gesamte Vorspannkraft:

$$F_{V.gesamt} := \frac{F_U}{\mu_{AlSt}} = 4.0144 \times 10^4 \text{ N}$$

Anzahl der Schrauben:

$$n_{Schrauben} := \frac{F_{V.gesamt}}{F_{vmax.M5}} = 5.1414$$

$$n_{gewählt} := 8$$

$$\text{Sicherheit}_{Deckel} := \frac{n_{gewählt} \cdot F_{vmax.M5}}{F_{V.gesamt}} = 1.556$$

Schrauben am Innenzahnkranz:

maximale Vorspannkraft einer Schraube:

$$F_{vmax.M6} := R_{p02.8.8} A_{Sp.M6} = 1.1244 \times 10^4 \text{ N}$$

geforderte Umfangskraft:

$$F_{U.IZK} := \frac{M_M}{r_{Schrauben.IZK}} = 9.1529 \times 10^3 \text{ N}$$

benötigte gesamte Vorspannkraft:

$$F_{V,IZK,gesamt} := \frac{F_{U,IZK}}{\mu_{AlSt}} = 4.8173 \times 10^4 \text{ N}$$

Anzahl der Schrauben:

$$n_{\text{Schrauben,IZK}} := \frac{F_{V,IZK,gesamt}}{F_{vmax.M6}} = 4.2845$$

$$n_{\text{gewählt}} = 8$$

$$\text{Sicherheit}_{IZK} := \frac{n_{\text{gewählt}} \cdot F_{vmax.M6}}{F_{V,IZK,gesamt}} = 1.8672$$

### 7.5.3 Antriebsstrang

$$d_{\text{Trommel}} = 280 \text{ mm}$$

$$\text{Last} := 80 \text{ kg}$$

$$z_1 := 18$$

...Zähnezah Motorritzel

$$z_2 := 100$$

...Zähnezah Innenzahnkranz

$$S_{\text{dyn}} := 1.1$$

...dynamischer Prüfkoeffizient

$$M_{\text{Motor}} := 1.5 \text{ N}\cdot\text{m}$$

...Motornennmoment BL70L

$$n_{\text{Motor}} := 3000 \cdot \frac{1}{\text{min}}$$

...Motornendrehzahl

$$i_{\text{Getriebe}} := 80$$

...gewählte Getriebeübersetzung P72 3stufig

$$\eta_{\text{Getriebe}} := 0.7$$

...Getriebewirkungsgrad

$$v_{\text{Hub}} := 8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

...Fahrgeschwindigkeit

- **Drehzahl und Drehmoment:**

$$M_{\text{benötigt}} := \text{Last} \cdot g \cdot S_{\text{dyn}} \cdot \frac{d_{\text{Trommel}}}{2} = 120.818 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \dots\text{benötigtes Trommelmoment}$$

$$M_{\text{erreicht}} := M_{\text{Motor}} \cdot i_{\text{Getriebe}} \cdot \eta_{\text{Getriebe}} \cdot \frac{z_2}{z_1} = 466.667 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \dots\text{erreichtes Trommelmoment}$$

$$n_{\text{benötigt}} := \frac{v_{\text{Hub}}}{d_{\text{Trommel}} \cdot \pi} = 5.457 \frac{1}{\text{min}} \quad \dots\text{benötigte Trommeldrehzahl}$$

$$n_{\text{erreicht}} := n_{\text{Motor}} \cdot \frac{1}{i_{\text{Getriebe}}} \cdot \frac{z_1}{z_2} = 6.75 \frac{1}{\text{min}} \quad \dots\text{erreichte Trommeldrehzahl}$$

- **Drehzahl, Drehmoment und Last BL61XL-P62**

$$i_{\text{P62}} := 56 \quad \dots\text{Getriebeübersetzung P62}$$

$$M_{\text{BL61XL}} := 0.75 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \dots\text{Motornennmoment BL61XL}$$

$$M_{\text{Trommel.BL61}} := M_{\text{BL61XL}} \cdot i_{\text{P62}} \cdot \eta_{\text{Getriebe}} \cdot \frac{z_2}{z_1} = 163.333 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\text{Last}_{\text{BL61}} := \frac{M_{\text{Trommel.BL61}}}{\frac{d_{\text{Trommel}}}{2} \cdot g \cdot S_{\text{dyn}}} = 108.152 \text{ kg} \quad \dots\text{maximale Last}$$

$$n_{\text{Trommel.BL61}} := n_{\text{Motor}} \cdot \frac{1}{i_{\text{P62}}} \cdot \frac{z_1}{z_2} = 9.643 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_{\text{BL61}} := d_{\text{Trommel}} \cdot \pi \cdot n_{\text{Trommel.BL61}} = 14.137 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \quad \dots\text{maximale Fahrgeschwindigkeit}$$

- **Zahnradberechnung:**

Die Kontrolle des Motorritzels sowie des Innenzahnkranzes wurde mit der Berechnungssoftware KISSOFT durchgeführt. Es wurde die Berechnungsmethode nach DIN 3990 gewählt.

Eingangsdaten:

$$z_1 = 18$$

$$z_2 = -100 \text{ (negative Zähnezahl} \rightarrow \text{Innenzahnkranz)}$$

$$b_1 = 20 \text{ mm}$$

$$b_2 = 16 \text{ mm}$$

		----- RAD 1 -----	RAD 2 --
Leistung (W)	[P]	309.635	
Drehzahl (1/min)	[n]	37.3	5.6
Drehmoment (Nm)	[T]	79.2	528.0
Anwendungsfaktor	[KA]		1.00
Geforderte Lebensdauer (h)	[H]	2000.00	
Rad treibend (+) / getrieben (-)		+	-
Arbeitsflanke Rad 1: Rechte Flanke			
Drehrichtung Rad 1 im Uhrzeigersinn			
Schmierungsart		Fettschmierung	
Fettsorte		Fett: Microlube GB 00	
Schmierstoff-Basis		Mineralöl-Basis	

## 1. ZAHNGEOMETRIE UND WERKSTOFF

(Geometrieberechnung nach ISO 21771:2007, DIN ISO 21771)

		----- RAD 1 -----	RAD 2 --
Achsabstandstoleranz	ISO 286:2010 Abmass js7		
Normalmodul (mm)	[mn]	2.0000	
Eingriffswinkel im Normalschnitt (°)	[alfn]	20.0000	
Schrägungswinkel am Teilkreis (°)	[beta]	0.0000	
Zahnbreite (mm)	[b]	20.00	16.00
Schrägungsrichtung			Geradverzahnt
Verzahnungsqualität	[Q-DIN 3961:1978]	6	6
<b>Werkstoff</b>			
Rad 1:	16 MnCr 5 (1), Einsatzstahl, einsatzgehärtet ISO 6336-5 Bild 9/10 (MQ), Kernfestigkeit $\geq 25\text{HRC}$ Jominy J=12mm <HRC28		
Rad 2:	C45 (2), Vergütungsstahl, brenn/ind. gehärtet ISO 6336-5 Bild 11/12 (MQ)		
		----- RAD 1 -----	RAD 2 --
Oberflächen-Härte		HRC 59	HRC 57
Dauerfestigk. Zahnfußsspannung (N/mm <sup>2</sup> )	[σFlim]	430.00	370.00
Dauerfestig. Hertzsche Pressung (N/mm <sup>2</sup> )	[σHlim]	1500.00	1220.00
Bruchfestigkeit (N/mm <sup>2</sup> )	[σB]	1000.00	700.00
Streckgrenze (N/mm <sup>2</sup> )	[σS]	695.00	490.00
Elastizitätsmodul (N/mm <sup>2</sup> )	[E]	206000	206000
Poissonzahl	[ν]	0.300	0.300
Mittenrauhwert Ra, Flanke (μm)	[RAH]	0.60	0.60
Mittenrauhwert Ra, Fuss (μm)	[RAF]	3.00	3.00
Gemittelte Rauhtiefe Rz, Flanke (μm)	[RZH]	4.80	4.80
Gemittelte Rauhtiefe Rz, Fuss (μm)	[RZF]	20.00	20.00

## 2.SICHERHEITEN UND LEBENSDAUER

Sollsicherheit		[SFmin]	1.40	1.40
Sicherheitsfaktor für Zahnfussspannung		[SF=sigFG/sigF]	1.62	1.85
Sollsicherheit		[SHmin]	1.00	1.00
Sicherheit für Flankenpressung	Wälzkreis	[SHw]	1.30	1.22
Sollsicherheit		[SBmin]		2.000
Sicherheitsfaktor für Fressen (Blitz-Temperatur)		[SB]		2.270
Sollsicherheit		[SSmin]		1.800
Sicherheitsfaktor für Fressen (Int.-T.)		[SSint]		5.081
Sicherh. f. übertragenes Moment (Int.-T.)		[SSL]		39.004
Lebensdauer Zahnfuss (h)		[HFatt]	1e+006	1e+006
Lebensdauer Zahnflanke (h)		[HHatt]	4403	2.697e+004

Hinweis: Die Angabe 1e+006 h bedeutet, dass die Lebensdauer > 1'000'000 h ist.

- Ritzellagerung:

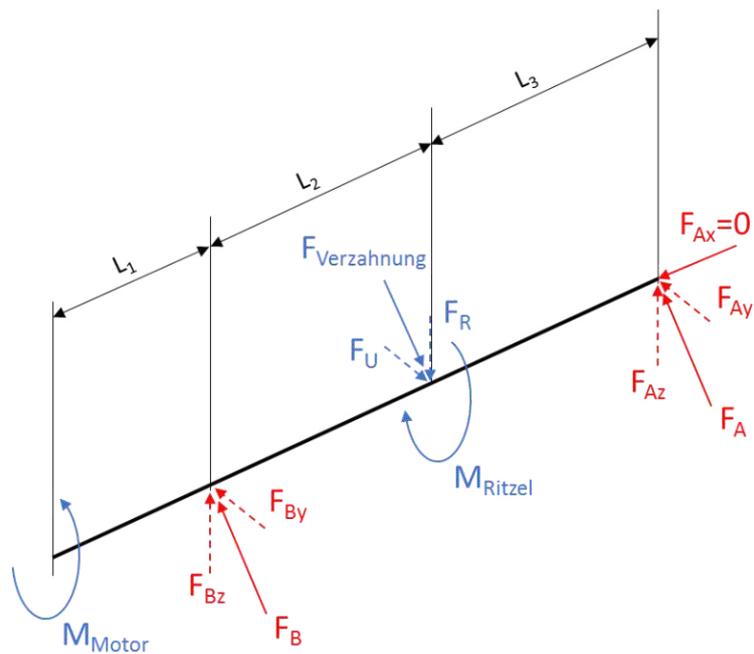


Abbildung 92: Ritzellagerung freigeschnitten

$$M_{\text{Getriebe}} := 30 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{\text{Ritzel}} := M_{\text{Getriebe}}$$

$$z_{\text{Ritzel}} := 18$$

$$m_n := 2 \text{ mm}$$

...Modul

$$\alpha := 20^\circ$$

...Eingriffswinkel

$$L_1 := 13.4 \text{ mm}$$

$$L_2 := 16.5 \text{ mm}$$

$$L_3 := 16.5 \text{ mm}$$

$$R_{e,S275} := 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

...gewählter Ritzelwellenwerkstoff

$$F_u := \frac{M_{\text{Ritzel}}}{\left(\frac{m_n \cdot z_{\text{Ritzel}}}{2}\right)} = 1.667 \times 10^3 \cdot \text{N}$$

...die Umfangskraft bewirkt das Ritzelmoment am Wirkkreisdurchmesser

$$F_r := F_u \cdot \tan(\alpha) = 606.617 \text{ N}$$

...durch den Eingriffswinkel entsteht eine zusätzliche Radialkraft

$$F_{\text{Verzahnung}} := \sqrt{F_u^2 + F_r^2} = 1.774 \times 10^3 \text{ N}$$

...Belastung der Welle durch Kombination aus Umfangskraft und Radialkraft

$$F_A \cdot (L_2 + L_3) - F_{\text{Verzahnung}} \cdot L_2 = 0$$

...Summe der Momente um B ist Null

$$F_B \cdot (L_2 + L_3) - F_{\text{Verzahnung}} \cdot L_3 = 0$$

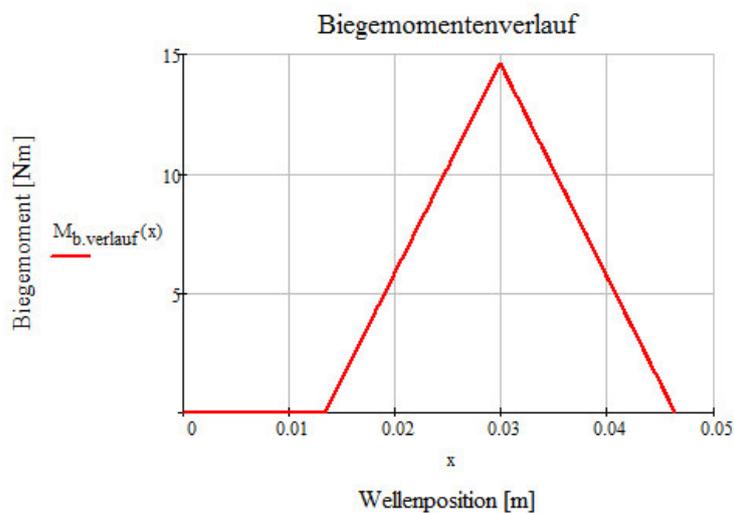
...Summe der Momente um A ist Null

$$F_A := \frac{F_{\text{Verzahnung}} \cdot L_2}{L_2 + L_3} = 886.815 \text{ N}$$

...Lagerkraft in A

$$F_B := \frac{F_{\text{Verzahnung}} \cdot L_3}{L_2 + L_3} = 886.815 \text{ N}$$

...Lagerkraft in B



**Abbildung 93: Biegemomentenverlauf Ritzelwelle**

$$M_{b,max} := F_B \cdot L_2 = 14.632 \text{ N}\cdot\text{m}$$

...das maximale Biegemoment tritt am Angriffspunkt des Ritzels im Abstand  $L_2$  vom Lager B auf

$$d_{Welle} := 15 \text{ mm}$$

$$W_p := \frac{\pi}{16} \cdot d_{Welle}^3 = 662.68 \cdot \text{mm}^3$$

$$\tau_t := \frac{M_{Getriebe}}{W_p} = 45.271 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$W_b := \frac{\pi}{32} \cdot d_{Welle}^3 = 331.34 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_b := \frac{M_{b,max}}{W_b} = 44.161 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_v := \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_t^2} = 89.992 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$S_{Welle} := \frac{R_{e,S275}}{\sigma_v} = 3.056$$

Berechnung des schwächeren Lagers (Lager A):

$$C_0 := 1260\text{N} \quad C_{\text{dyn}} := 2080\text{N}$$

$$f_S := \frac{C_0}{F_A} = 1.421$$

$$L_{10} := \left( \frac{C_{\text{dyn}}}{F_A} \right)^3 = 12.903 \quad \dots \text{nomielle Lebensdauer in Millionen Umdrehungen}$$

$$\text{Zyklen} := 2000$$

$$U_{\text{Zyklus}} := 379 \quad \dots \text{notwendige Getriebewellenumdrehungen je Zyklus (Heben und Senken)}$$

$$U_{\text{Gesamt}} := \text{Zyklen} \cdot U_{\text{Zyklus}} = 7.58 \times 10^5 \quad \dots \text{Anzahl Gesamtumdrehungen Getriebeausgangswelle}$$

$$S_A := \frac{L_{10} \cdot 10^6}{U_{\text{Gesamt}}} = 17.022 \quad \dots \text{vergleicht man die nominelle Lebensdauer mit den maximal zu erreichenden Umdrehungen ergibt sich ein Sicherheitsfaktor von } S_A$$

Berechnung der kritischen Passfeder (kupplungsseitig):

$$p_{\text{zul.S275}} := 0.9 \cdot R_{e.S275} = 247.5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$K_G := 1$$

$$h_{\text{Passfeder}} := 5\text{mm} \quad t_{1.\text{Passfeder}} := 3\text{mm} \quad l_{\text{tr.Passfeder}} := 10\text{mm}$$

$$d_{\text{Welle}} = 15\text{mm} \quad i := 1 \quad \varphi := 1 \quad b_{\text{Passfeder}} := 5\text{mm}$$

$$M_{T.\text{zul}} := p_{\text{zul.S275}} \cdot K_G \cdot (h_{\text{Passfeder}} - t_{1.\text{Passfeder}}) \cdot l_{\text{tr.Passfeder}} \cdot \frac{d_{\text{Welle}}}{2} \cdot i \cdot \varphi = 37.125 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$S_{\text{Passfeder}} := \frac{M_{T.\text{zul}}}{M_{\text{Getriebe}}} = 1.238$$

### 7.5.4 Trommelwelle mit Motorenhalterung

- Belastung der Seiltrommel durch Seile:

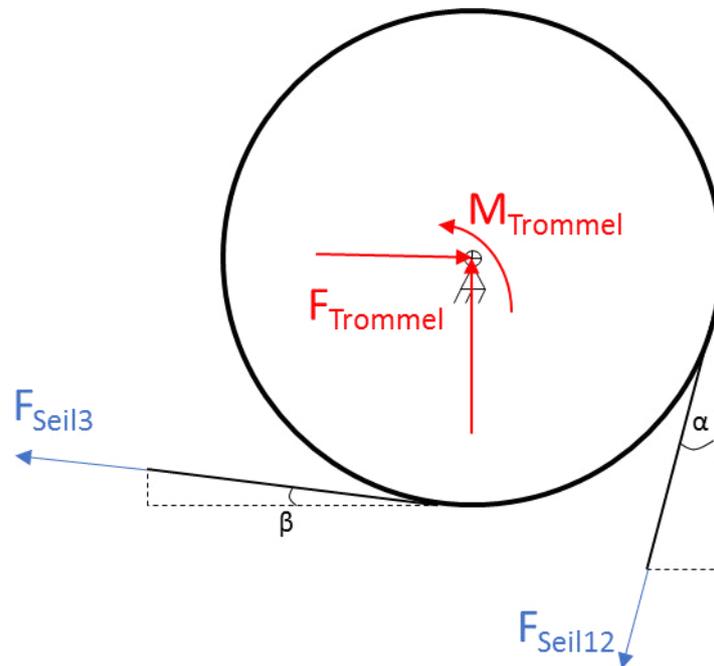


Abbildung 94: Belastung Seiltrommel

Masse := 600kg ...gleiche Bauteile für alle Liftbaugrößen

$S_{\text{dyn}}$  := 1.1 ...dynamischer Prüfkoeffizient

$S_{\text{Stat}}$  := 1.25 ...statischer Prüfkoeffizient

$n_{\text{Seile}}$  := 3 ...Anzahl der Seilstränge

$d_{\text{Trommel}}$  := 280mm ...Trommeldurchmesser

$n_{\text{Trommel}}$  :=  $7 \frac{1}{\text{min}}$  ...Trommeldrehzahl

$M_{\text{Trommel}}$  :=  $\text{Masse} \cdot g \cdot \frac{d_{\text{Trommel}}}{2} \cdot S_{\text{Stat}} = 1.03 \times 10^3 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$  ...maximales Moment durch Last bei statischer Prüfung

$F_{\text{Seil}}$  :=  $\frac{\text{Masse} \cdot g \cdot S_{\text{Stat}}}{n_{\text{Seile}}} = 2.452 \times 10^3 \text{ N}$  ...maximale Seilkraft durch Last bei statischer Prüfung

- Dimensionierung der Trommelwelle:

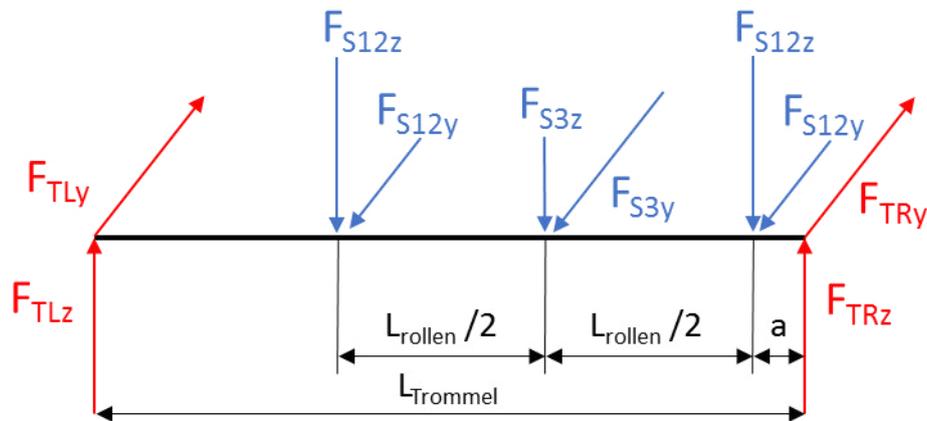


Abbildung 95: Kräfte Trommelwelle

- $a := 18\text{mm}$  ...Abstand des Seilaufpunktes 18mm bis 127mm  
 $l_R := 246\text{mm}$   
 $l_T := 400\text{mm}$   
 $\alpha := 28^\circ$  ...Seilaufwinkel Seil 1 und Seil 2  
 $\beta := 11^\circ$  ...Seilaufwinkel Seil 3

$$F_{\text{Seil}} = 2.4517 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{S12,y} := F_{\text{Seil}} \cdot \sin(\alpha) = 1.151 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{S12,z} := F_{\text{Seil}} \cdot \cos(\alpha) = 2.1647 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{S3,y} := F_{\text{Seil}} \cdot \cos(\beta) = 2.4066 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{S3,z} := F_{\text{Seil}} \cdot \sin(\beta) = 467.7993 \text{ N}$$

$$-F_{S12,y} - F_{S3,y} - F_{S12,y} + F_{TrR,y} + F_{TrL,y} = 0 \quad \dots \text{Momentengleichgewicht}$$

$$F_{S12,z} + F_{S3,z} + F_{S12,z} - F_{TR,z} - F_{TrL,z} = 0$$

Summe  $M_y$  um L:

$$F_{TR,z} \cdot l_T - F_{S12,z} \cdot (l_T - a) - F_{S3,z} \cdot \left( l_T - a - \frac{l_R}{2} \right) - F_{S12,z} \cdot (l_T - a - l_R) = 0$$

Summe  $M_z$  um L:

$$\left[ -F_{TrR,y} \cdot l_T + F_{S12,y} \cdot (l_T - a) + F_{S3,y} \cdot \left( l_T - a - \frac{l_R}{2} \right) \right] + F_{S12,y} \cdot (l_T - a - l_R) = 0$$

Summe  $M_y$  um R:

$$-F_{TrL.z} \cdot l_T + F_{S12.z} \cdot (a + l_R) + F_{S3.z} \cdot \left(a + \frac{l_R}{2}\right) + F_{S12.z} \cdot a = 0$$

Summe  $M_z$  um L:

$$F_{TrL.y} \cdot l_T - F_{S12.y} \cdot (a + l_R) - F_{S3.y} \cdot \left(a + \frac{l_R}{2}\right) - F_{S12.y} \cdot a = 0$$

$$\begin{pmatrix} F_{TR.z} \\ F_{TrL.z} \\ F_{TrR.y} \\ F_{TrL.y} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} 3106.1729261875703 \text{ N} \\ 1691.0053381947776 \text{ N} \\ 3048.8121578905560 \text{ N} \\ 1659.7780473458239 \text{ N} \end{pmatrix}$$

... Auflagerkräfte der Seiltrommel (=Belastung der Trommelwelle)

$$F_{TR} := \sqrt{F_{TR.z}^2 + F_{TrR.y}^2} = 4.3524 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{TL} := \sqrt{F_{TrL.z}^2 + F_{TrL.y}^2} = 2.3695 \times 10^3 \text{ N}$$

Belastung der Trommelwelle:

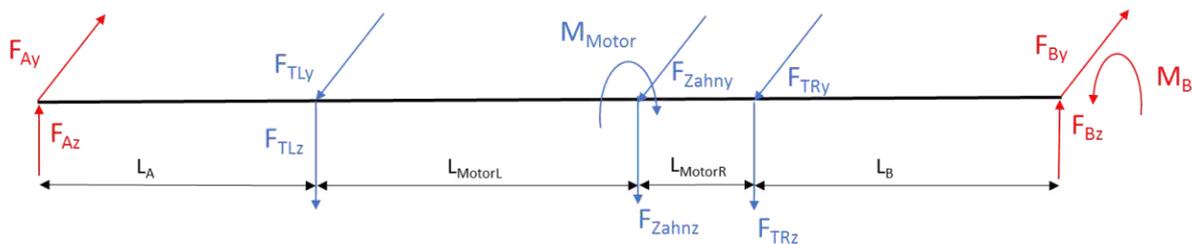


Abbildung 96: Trommelwelle freigeschnitten

$$M_M := M_{Trommel} = 1.0297 \times 10^3 \cdot \text{N} \cdot \text{m} \quad \dots \text{ maximal auftretendes Moment}$$

$$l_A := 43 \text{ mm}$$

$$l_B := 37 \text{ mm}$$

$$l_{ML} := 352 \text{ mm}$$

$$l_{MR} := 15 \text{ mm}$$

$$F_{Z.y} := 5280 \text{ N}$$

$$F_{Z.z} := 1921 \text{ N}$$

... Ergebnis für Zahnkräfte vgl. Berechnung Zusatzverzahnung mit KISSsoft

Summe der Momente  $M_y$  um A:

$$-F_{TrL.z} \cdot l_A - F_{Z.z} \cdot (l_A + l_{ML}) - F_{Tr.z} \cdot (l_A + l_{ML} + l_{MR}) + F_{B.z} \cdot (l_A + l_{ML} + l_{MR} + l_B) = 0$$

Summe der Momente  $M_z$  um A:

$$-F_{TrL.y} \cdot l_A - F_{Z.y} \cdot (l_A + l_{ML}) - F_{Tr.y} \cdot (l_A + l_{ML} + l_{MR}) + F_{B.y} \cdot (l_A + l_{ML} + l_{MR} + l_B) = 0$$

Summe der Momente  $M_y$  um B:

$$-F_{A.z} \cdot (l_A + l_{ML} + l_{MR} + l_B) + F_{TrL.z} \cdot (l_{ML} + l_{MR} + l_B) + F_{Z.z} \cdot (l_{MR} + l_B) + F_{Tr.z} \cdot l_B = 0$$

Summe der Momente  $M_z$  um B:

$$-F_{A.y} \cdot (l_A + l_{ML} + l_{MR} + l_B) + F_{TrL.y} \cdot (l_{ML} + l_{MR} + l_B) + F_{Z.y} \cdot (l_{MR} + l_B) + F_{Tr.y} \cdot l_B = 0$$

$$\begin{pmatrix} F_{A.y} \\ F_{A.z} \\ F_{B.y} \\ F_{B.z} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2366.7033131312381424 \cdot \text{N} \\ 2008.9184673369804942 \cdot \text{N} \\ 7621.8868921051418576 \cdot \text{N} \\ 4709.2597970453675058 \cdot \text{N} \end{pmatrix} \quad \dots \text{Berechnung der Auflagerkräfte}$$

$$F_A := \sqrt{F_{A.y}^2 + F_{A.z}^2} = 3.104 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_B := \sqrt{F_{B.y}^2 + F_{B.z}^2} = 8.959 \times 10^3 \text{ N}$$

Mit den Abmessungen der Trommelwelle soll nun die Spannung kontrolliert werden:

$$d_I := 50 \text{ mm} \quad d_{II} := 65 \text{ mm} \quad d_{III} := 60 \text{ mm} \quad d_{IV} := 60 \text{ mm} \quad d_i := 35 \text{ mm}$$

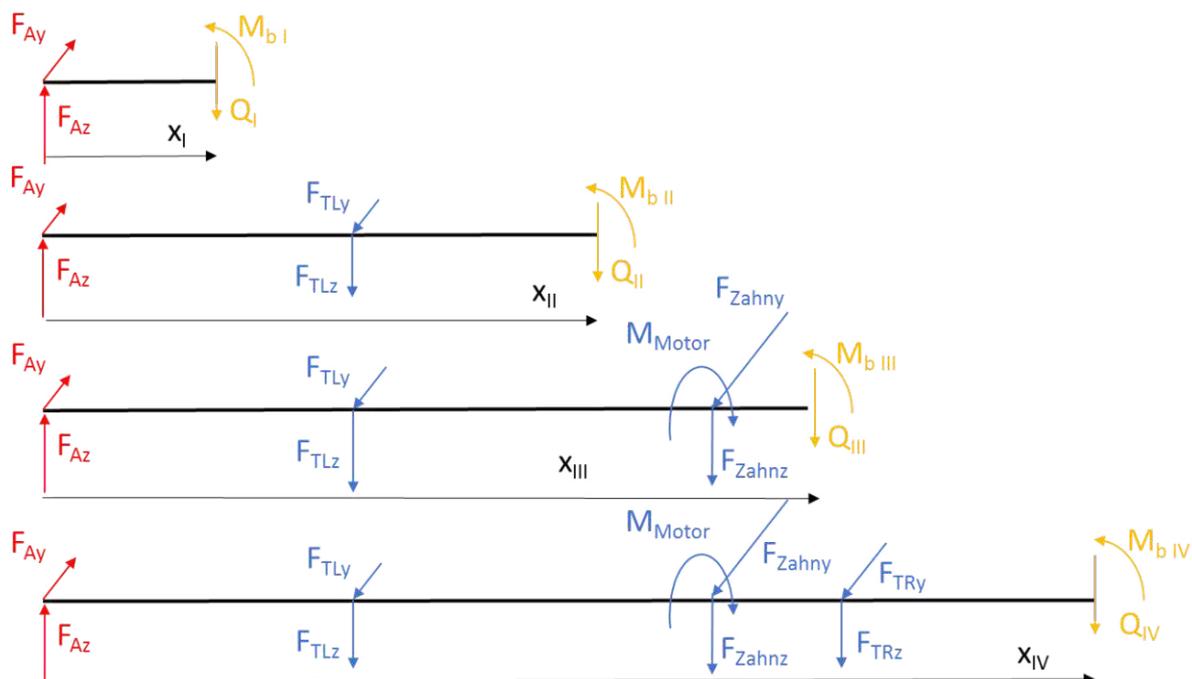


Abbildung 97: Schnittgrößen Trommelwelle

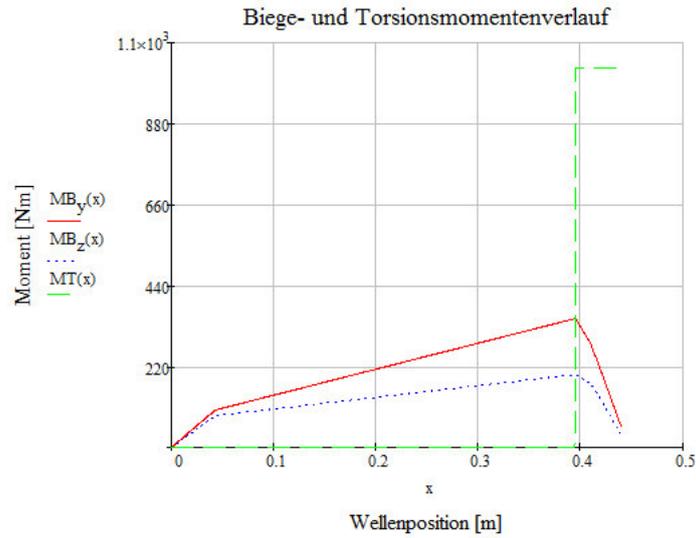


Abbildung 98: Momentenverlauf Trommelwelle

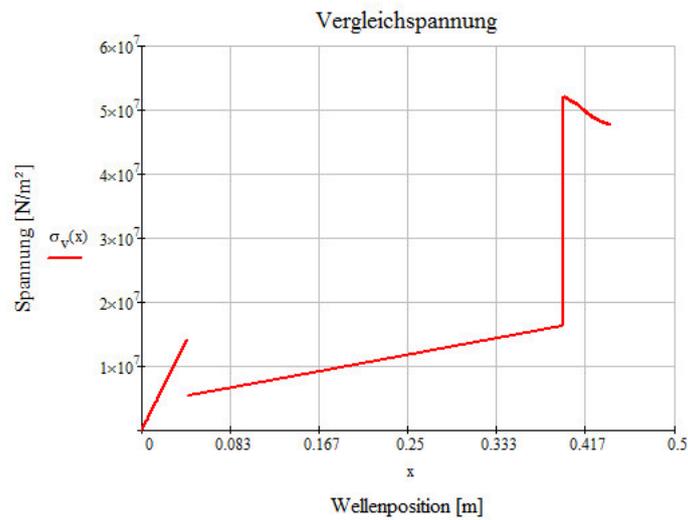


Abbildung 99: Vergleichsspannungsverlauf Trommelwelle

$$\sigma_{v,max} := \sigma_v(397\text{mm}) = 51.978 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$R_{m,Al6082} = 290 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Für die Position  $a=127\text{mm}$  ergeben sich folgende Werte:

$$F_A := \sqrt{F_{A,y}^2 + F_{A,z}^2} = 4.604 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_B := \sqrt{F_{B,y}^2 + F_{B,z}^2} = 7.508 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\sigma_{v,max} := \sigma_v(397\text{mm}) = 50.977 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kontrolle der Rechteckaufnahme:

$$R_{m.A16082} := 290 \frac{N}{\text{mm}^2}$$
$$P_{zul.A16082} := \frac{R_{m.A16082}}{4} = 72.5 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$
$$P_{m.Rechteck} := \frac{3 \cdot M_{Trommel}}{l_k \cdot d_f^2} = 12.356 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$
$$S_{Rechteck} := \frac{P_{zul.A16082}}{P_{m.Rechteck}} = 5.867$$

- **Dimensionierung Spannsatz:**

Spannsatz SSG60 maximales übertragbares Moment 1300Nm

$$D_{\text{Spannsatz}} := 70\text{mm}$$

$$P_{\text{m.Spannsatz}} := 52 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$C_{\text{Nabe}} := 1$$

$$R_{\text{s02.A16082}} := 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$D_{\text{m}} := D_{\text{Spannsatz}} \cdot \sqrt{\frac{R_{\text{s02.A16082}} + (P_{\text{m.Spannsatz}} \cdot C_{\text{Nabe}})}{R_{\text{s02.A16082}} - (P_{\text{m.Spannsatz}} \cdot C_{\text{Nabe}})}} = 86.451 \text{ mm} \quad 131$$

## 7.5.5 Trommellagerung

Die auftretenden Lagerkräfte wurden bereits im Kapitel oberhalb berechnet. Nun soll die Lagerlebensdauer kontrolliert werden.

$$F_{\text{L}} := \sqrt{F_{\text{TrL.y}}^2 + F_{\text{TrL.z}}^2} = 4.201 \times 10^3 \text{ N} \quad \dots \text{maximale Lagerbelastung Lager links}$$

$$F_{\text{R}} := \sqrt{F_{\text{TrR.y}}^2 + F_{\text{TrR.z}}^2} = 4.352 \times 10^3 \text{ N} \quad \dots \text{maximale Lagerbelastung Lager rechts}$$

$$F_{\text{L}} := 450\text{N} \quad \dots \text{angenommene Lagermaximallast}$$

Lagerberechnung des schwächeren Lagers: 6010

$$C_0 := 15800\text{N} \quad C_{\text{dyn}} := 22000\text{N}$$

$$f_{\text{S}} := \frac{C_0}{F_{\text{L}}} = 3.5111$$

$$L_{10} := \left( \frac{C_{\text{dyn}}}{F_{\text{L}}} \right)^3 = 116.8505 \quad \dots \text{nominelle Lebensdauer in Millionen Umdrehungen}$$

$$\text{Zyklen} := 2000$$

$$U_{\text{Zyklus}} := 68$$

...notwendige Getriebewellenumdrehungen je Zyklus (Heben und Senken)

$$U_{\text{Gesamt}} := \text{Zyklen} \cdot U_{\text{Zyklus}} = 1.36 \times 10^5$$

...Anzahl Gesamtumdrehungen Getriebeausgangswelle

$$S_{\text{A}} := \frac{L_{10} \cdot 10^6}{U_{\text{Gesamt}}} = 859.1947$$

...vergleicht man die nominelle Lebensdauer mit den maximal zu erreichenden Umdrehungen ergibt sich ein Sicherheitsfaktor von  $S_{\text{A}}$

<sup>131</sup> vgl. TAT-TECHNOM Antriebstechnik, 2014, S. 36

## 7.5.6 Seilendbefestigung

$$F_{\text{Seil}} = 2.4517 \times 10^3 \text{ N}$$

$$n_{\text{Rest}} := 2$$

...Anzahl der Restwindungen

$$\mu_{\text{Dyneema}} := 0.057$$

...Reibwert Dyneema auf  
Zylinderoberfläche

$$F_{\text{End}} := \frac{F_{\text{Seil}}}{e^{\mu_{\text{Dyneema}} \cdot n_{\text{Rest}} \cdot 2 \cdot \pi}} = 1.1978 \times 10^3 \text{ N}$$

...Eytelweinsche Gleichung

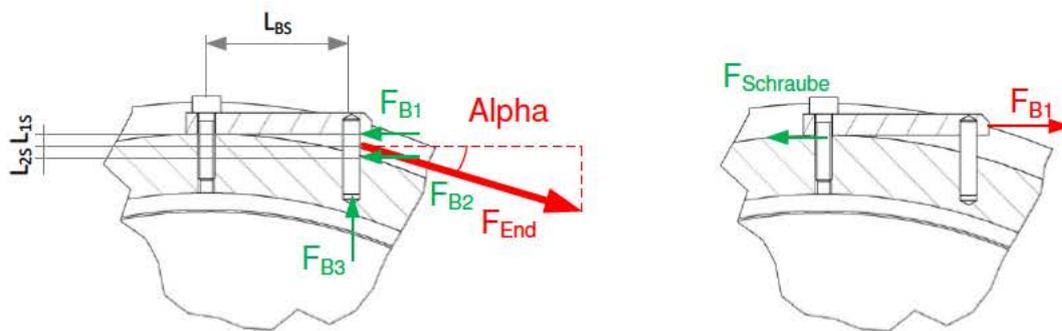


Abbildung 100: Kräfte Endbefestigung

$$\text{Alpha} := 14.6^\circ$$

$$l_{\text{BS}} := 35 \text{ mm}$$

$$l_{\text{1S}} := 3 \text{ mm}$$

$$l_{\text{2S}} := 3 \text{ mm}$$

$$F_{\text{End.h}} := F_{\text{End}} \cdot \cos(\text{Alpha}) = 1.1591 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{\text{End.v}} := F_{\text{End}} \cdot \sin(\text{Alpha}) = 301.9277 \text{ N}$$

$$F_{\text{B3.max}} := F_{\text{End.v}} = 301.9277 \text{ N}$$

Summe der Momente um B2:

$$-F_{\text{B1}} \cdot (l_{\text{1S}} + l_{\text{2S}}) + F_{\text{End.h}} \cdot l_{\text{2S}} = 0$$

$$F_{\text{B1}} := \frac{F_{\text{End.h}} \cdot l_{\text{2S}}}{l_{\text{1S}} + l_{\text{2S}}} = 579.5591 \text{ N}$$

$$F_{\text{B2}} := F_{\text{End.h}} - F_{\text{B1}} = 579.5591 \text{ N}$$

Schrauben M4:

$$d_{M4} := 4 \text{ mm}$$

$$A_{Sp.M4} := 0.61 \cdot d_{M4}^2 = 9.76 \cdot \text{mm}^2$$

$$R_{e.8.8} = 640 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$R_{p02.8.8} = 512 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

maximale Vorspannkraft einer Schraube:

$$F_{vmax.M4} := R_{p02.8.8} \cdot A_{Sp.M4} = 4.9971 \times 10^3 \text{ N}$$

geforderte Umfangskraft:

$$F_{Schraube} := F_{B1} = 579.5591 \text{ N}$$

maximale Reibkraft:

$$F_{Reib.max} := F_{vmax.M4} \cdot \mu_{AlSt} = 949.4528 \text{ N}$$

$$S_{Reibung} := \frac{F_{Reib.max}}{F_{Schraube}} = 1.6382$$

Somit ist die Kraftübertragung von Mitnehmerbolzen auf Seiltrommel mittels Reibschluss möglich.

## 7.6 Berechnungen Seilführung

$$\text{Masse} := 600 \text{ kg}$$

$$n_{Seile} := 3$$

$$S_{Stat} := 1.25$$

$$S_{dyn} := 1.1$$

$$F_{Seil} := \frac{\text{Masse} \cdot g \cdot S_{Stat}}{n_{Seile}} = 2.452 \times 10^3 \text{ N}$$

## 7.6.1 Umlenkrollen

- Belastung der Umlenkrollen

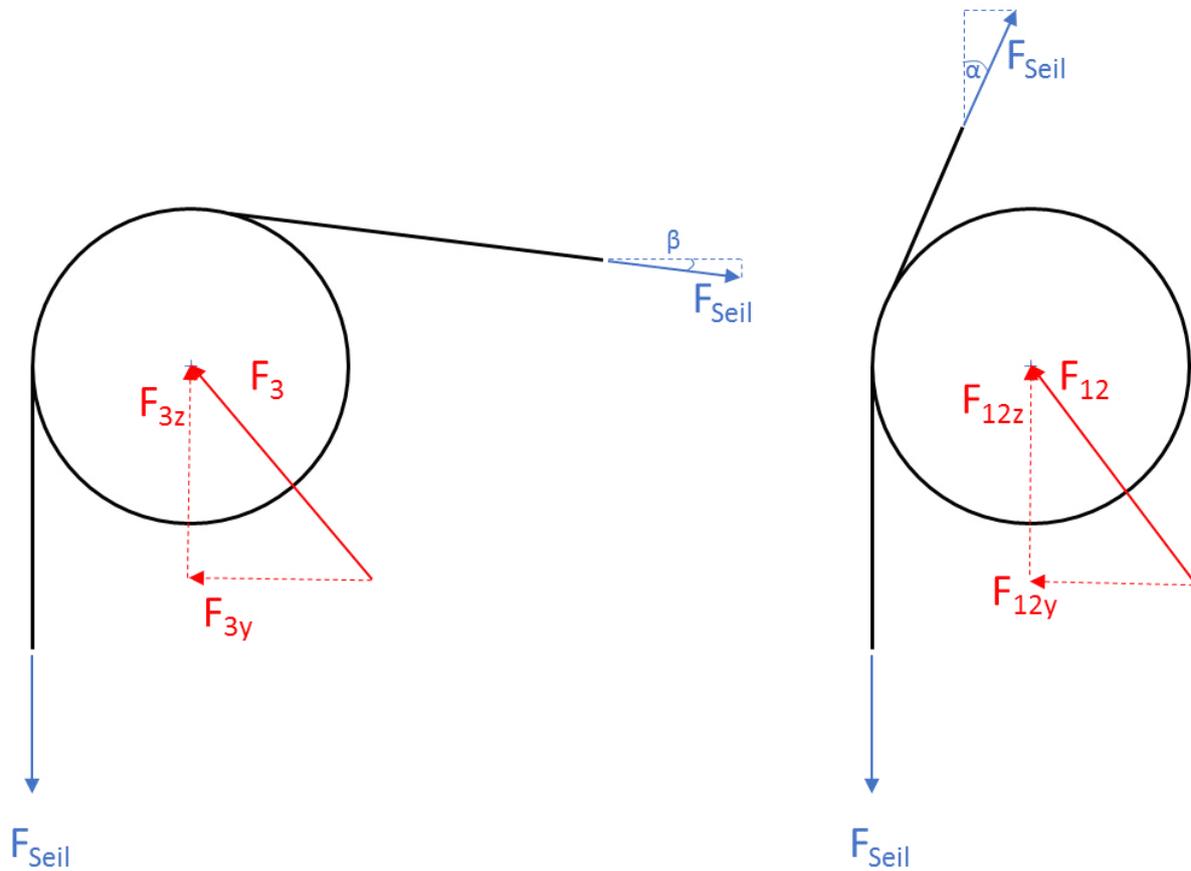


Abbildung 101: Belastung Umlenkrollen

$$\alpha := 28^\circ$$

$$\beta := 11^\circ$$

$$F_{12,y} := F_{\text{Seil}} \cdot \sin(\alpha) = 1.151 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{12,z} := F_{\text{Seil}} - F_{\text{Seil}} \cdot \cos(\alpha) = 286.973 \text{ N}$$

$$F_{12} := \sqrt{F_{12,y}^2 + F_{12,z}^2} = 1.186 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{3,y} := F_{\text{Seil}} \cdot \cos(\beta) = 2.407 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{3,z} := F_{\text{Seil}} + F_{\text{Seil}} \cdot \sin(\beta) = 2.919 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_3 := \sqrt{F_{3,y}^2 + F_{3,z}^2} = 3.784 \times 10^3 \text{ N}$$

- Lagerung Umlenkrollen

Hub := 30m

$d_{\text{Umlenkrolle}} := 65\text{mm}$

Zyklen := 2000

$U_{\text{Zyklus}} := \frac{2 \cdot \text{Hub}}{d_{\text{Umlenkrolle}} \cdot \pi} = 293.825$  ...notwendige Umlenkrollenumdrehungen je Zyklus (Heben und Senken)

$U_{\text{Gesamt}} := \text{Zyklen} \cdot U_{\text{Zyklus}} = 5.876 \times 10^5$  ...Anzahl Gesamtumdrehungen Getriebeausgangswelle

Lagerberechnung der stärker belasteten Umlenkrolle 61808

$C_0 := 4490\text{N}$

$C_{\text{dyn}} := 3750\text{N}$

$$f_S := \frac{C_0}{\frac{F_3}{2}} = 2.373$$

$$L_{10} := \frac{\left( \frac{C_{\text{dyn}}}{\frac{F_3}{2}} \right)^3}{\left( \frac{F_3}{2} \right)} = 7.789$$

...nominelle Lebensdauer in Millionen Umdrehungen

$$S_A := \frac{L_{10} \cdot 10^6}{U_{\text{Gesamt}}} = 13.255$$

...vergleicht man die nominelle Lebensdauer mit den maximal zu erreichenden Umdrehungen ergibt sich ein Sicherheitsfaktor von  $S_A$

## 7.6.2 Wellenführung

- Berechnung der Führungswelle mit den Umlenkrollen 1 und 2:

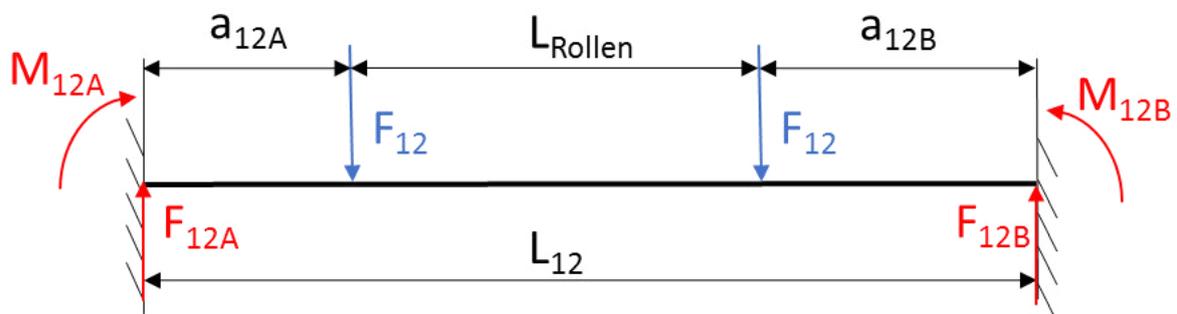


Abbildung 102: Kräfte Führungswelle 12

Lösen des statisch überbestimmten Systems für die Position der maximalen Wellenbelastung.

$$a_{12A} := 89.5 \text{ mm} \quad l_{\text{Rollen}} = 246 \text{ mm} \quad l_{12} = 425 \text{ mm}$$

$$a_{12B} := l_{12} - l_{\text{Rollen}} - a_{12A} = 89.5 \text{ mm}$$

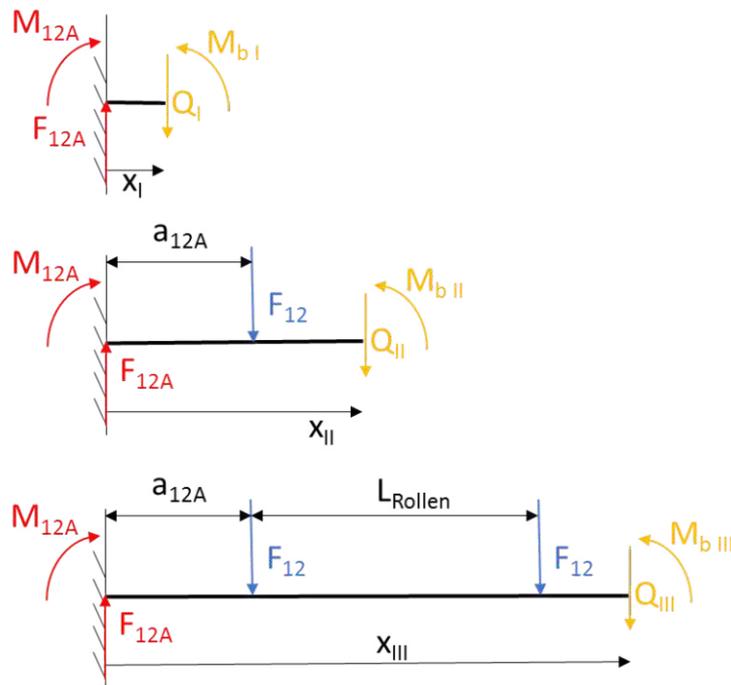


Abbildung 103: Ermittlung der Schnittgrößen Wellenführung 12

$$M_{bI}(x_I) := F_{12A} \cdot x_I + M_{12A}$$

$$M_{bII}(x_{II}) := F_{12A} \cdot x_{II} - F_{12}(x_{II} - a_{12A}) + M_{12A}$$

$$M_{bIII}(x_{III}) := F_{12A} \cdot x_{III} - F_{12}(x_{III} - a_{12A}) - F_{12}(x_{III} - a_{12A} - l_{\text{Rollen}}) + M_{12A}$$

### Biegelinie

$$w_{I.2\text{Strich}}(x_I) := \frac{-1}{E \cdot I_{\text{Führung}}} \cdot (M_{bI}(x_I))$$

$$w_{I.\text{Strich}}(x_I) := \int w_{I.2\text{Strich}}(x_I) dx_I + C_1$$

$$w_I(x_I) := \int w_{I.\text{Strich}}(x_I) dx_I + C_2$$

$$w_{II.2\text{Strich}}(x_{II}) := \frac{-1}{E \cdot I_{\text{Führung}}} \cdot (M_{bII}(x_{II}))$$

$$w_{II.\text{Strich}}(x_{II}) := \int w_{II.2\text{Strich}}(x_{II}) dx_{II} + C_3$$

$$w_{II}(x_{II}) := \int w_{II.\text{Strich}}(x_{II}) dx_{II} + C_4$$

$$w_{\text{III.2Strich}}(x_{\text{III}}) := \frac{-1}{E \cdot I_{\text{Führung}}} \cdot (M_{\text{bIII}}(x_{\text{III}}))$$

$$w_{\text{III.Strich}}(x_{\text{III}}) := \int w_{\text{III.2Strich}}(x_{\text{III}}) dx_{\text{III}} + C_5$$

$$w_{\text{II}}(x_{\text{II}}) := \int w_{\text{III.Strich}}(x_{\text{II}}) dx_{\text{II}} + C_6$$

Mit den Randbedingungen

$$w_{\text{I}}(0) = 0$$

$$w_{\text{III}}(l_{12}) = 0$$

$$w_{\text{I.Strich}}(0) = 0$$

$$w_{\text{III.Strich}}(a_{12A} + a_{12B} + l_{\text{Rollen}}) = 0$$

$$w_{\text{I}}(a_{12A}) = w_{\text{II}}(a_{12A})$$

$$w_{\text{II}}(a_{12A} + l_{\text{Rollen}}) = w_{\text{III}}(a_{12A} + l_{\text{Rollen}})$$

$$w_{\text{I.Strich}}(a_{12A}) = w_{\text{II.Strich}}(a_{12A})$$

$$w_{\text{II.Strich}}(a_{12A} + l_{\text{Rollen}}) = w_{\text{III.Strich}}(a_{12A} + l_{\text{Rollen}})$$

Ergeben sich folgende Auflagerreaktionen und Integrationskonstanten:

$$\text{Suchen}(C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, F_{12A}, M_{12A}) \rightarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.002880532340750792038 \\ -0.08593588149906529583 \\ 0.043357850827439015206 \\ -4.6126493322603649202 \\ 1186.2216787412407999 \\ -83809.352712900994834 \end{pmatrix}$$

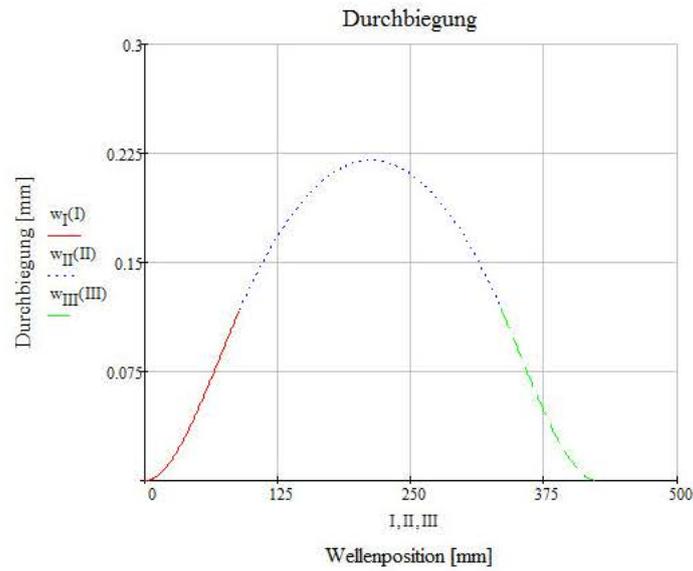


Abbildung 104: Durchbiegung Führungswelle 12

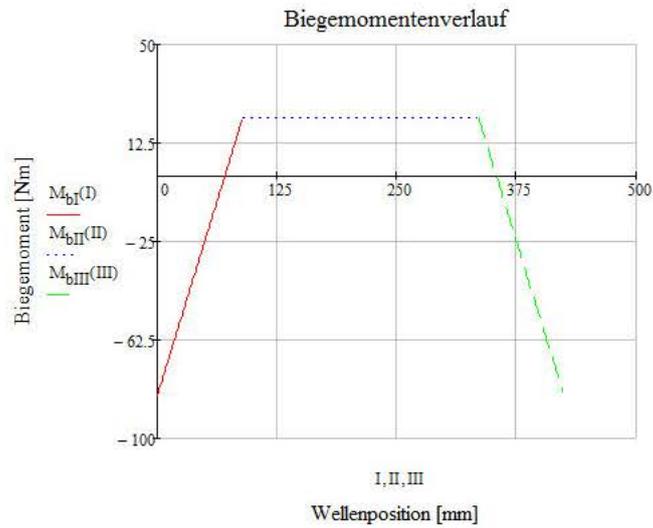


Abbildung 105: Biegemomentenverlauf Führungswelle 12

$$d_{\text{Führung.min}} := \sqrt[3]{\frac{-32 \cdot M_{bIII}(1_{12}) \cdot \text{N} \cdot \text{m}}{\pi \cdot R_{p02} \cdot C_f 53}} = 10,788 \cdot \text{mm}$$

- Berechnung der Führungswelle mit der Umlenkrolle3:

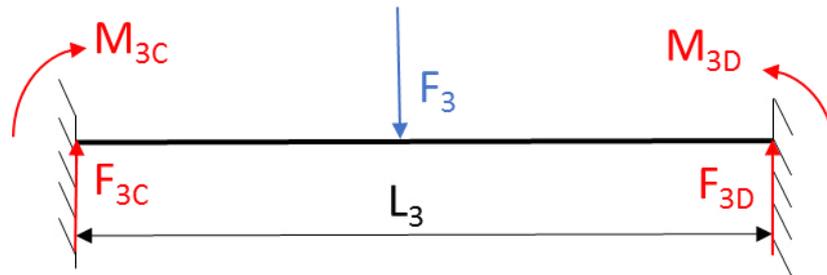


Abbildung 106: Kräfte Führungswelle 3

Lösen des statisch überbestimmten Systems für die Position der maximalen Wellenbelastung.

$$a_{3C} := 107.5\text{mm} \quad l_3 = 215\text{mm}$$

$$a_{3D} := l_3 - a_{3C} = 107.5\text{mm}$$

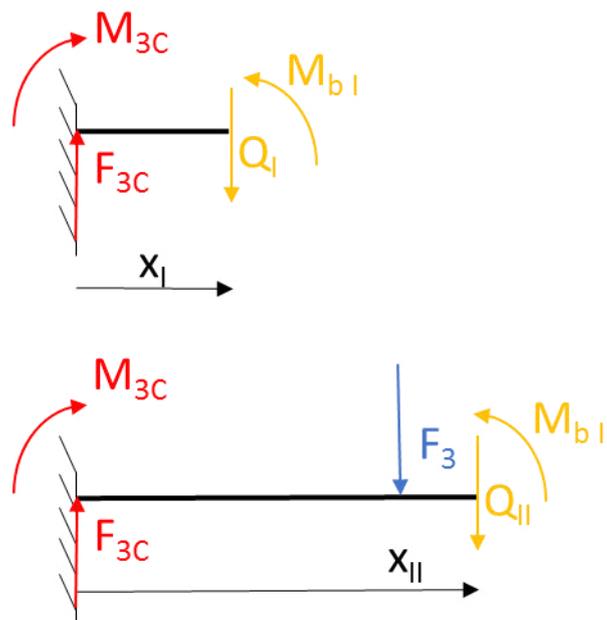


Abbildung 107: Ermittlung der Schnittgrößen Führungswelle 3

$$M_{bI.3}(x_{I.3}) := F_{3C} \cdot x_{I.3} + M_{3C}$$

$$M_{bII.3}(x_{II.3}) := F_{3C} \cdot x_{II.3} - F_3 \cdot (x_{II.3} - a_{3C}) + M_{3C}$$

Biegelinie:

$$w_{I.2\text{Strich.3}}(x_{I.3}) := \frac{-1}{E \cdot I_{\text{Führung}}} \cdot (M_{bI.3}(x_{I.3}))$$

$$w_{I.\text{Strich.3}}(x_{I.3}) := \int w_{I.2\text{Strich.3}}(x_{I.3}) dx_{I.3} + C_7$$

$$w_{I.3}(x_{I.3}) := \int w_{I.\text{Strich.3}}(x_{I.3}) dx_{I.3} + C_8$$

$$w_{II.2\text{Strich.3}}(x_{II.3}) := \frac{-1}{E \cdot I_{\text{Führung}}} \cdot (M_{bII.3}(x_{II.3}))$$

$$w_{II.\text{Strich.3}}(x_{II.3}) := \int w_{II.2\text{Strich.3}}(x_{II.3}) dx_{II.3} + C_9$$

$$w_{II.3}(x_{II.3}) := \int w_{II.\text{Strich.3}}(x_{II.3}) dx_{II.3} + C_{10}$$

mit den Randbedingungen:

$$w_{I.3}(0) = 0$$

$$w_{II.3}(a_{3C} + a_{3D}) = 0$$

$$w_{I.3}(a_{3C}) = w_{II.3}(a_{3C})$$

$$w_{I.\text{Strich.3}}(a_{3C}) = w_{II.\text{Strich.3}}(a_{3C})$$

$$w_{I.\text{Strich.3}}(0) = 0$$

$$w_{II.\text{Strich.3}}(a_{3C} + a_{3D}) = 0$$

Ergeben sich folgende Auflagerreaktionen und Integrationskonstanten:

$$\text{Suchen}(F_{3C}, M_{3C}, C_7, C_8, C_9, C_{10}) \rightarrow \begin{pmatrix} 1891.7630551697959503 \\ -101682.26421537653234 \\ 0 \\ 0 \\ 0.013254840074477955477 \\ -0.47496510266879340457 \end{pmatrix}$$

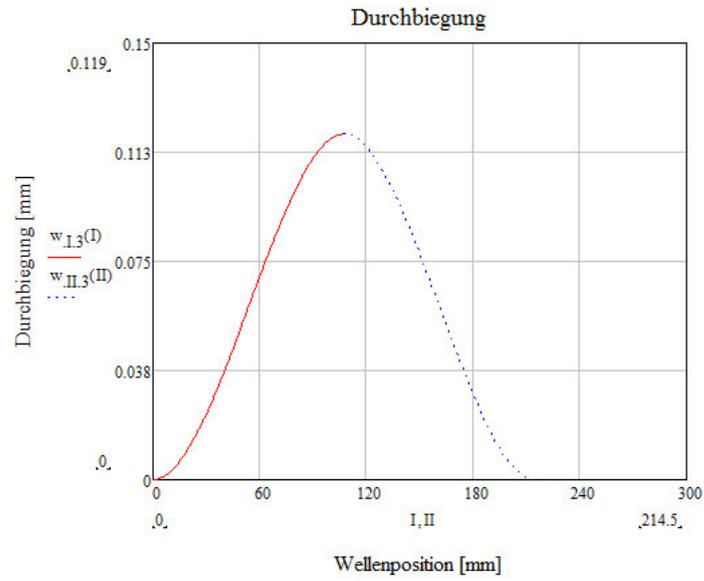


Abbildung 108: Durchbiegung Führungswelle 3

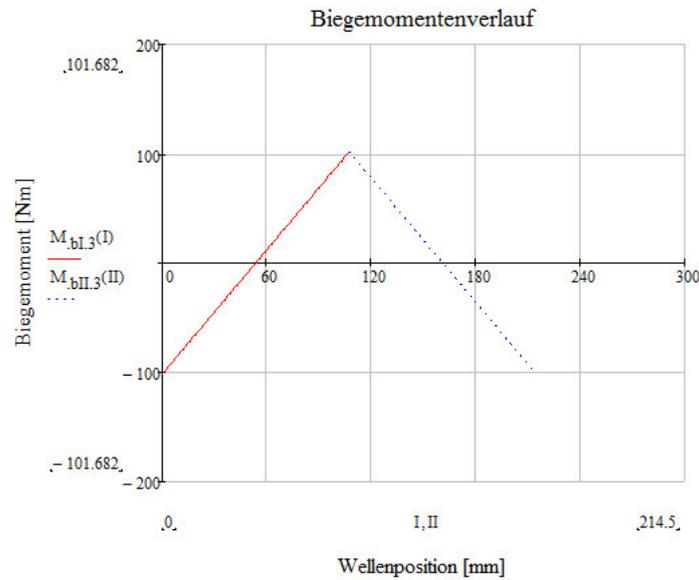


Abbildung 109: Biegemomentenverlauf Führungswelle 3

$$d_{\text{Führung,min.3}} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{bII,3}(a_{3C}) \cdot \text{N} \cdot \text{m}}{\pi \cdot R_{p02.Cf53}}} = 11.506 \text{ mm}$$

- **Kontrolle der Gleitlagerbelastung**

Für das gewählte Gleitlager drylin® R - Lineargleitlager RJUM-01 der Fa. igus ist eine maximale Flächenpressung von 5MPa vom Hersteller erlaubt.

$d_{\text{Führung}} := 20\text{mm}$  ...gewählter Führungswellendurchmesser

$$F_{\text{Gleitlager}} := \frac{F_3}{5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 756.705 \cdot \text{mm}^2$$

...erforderliche Gleitlagerfläche

$$l_{\text{Gleitlager.min}} := \frac{F_{\text{Gleitlager}}}{d_{\text{Führung}}} = 37.835 \cdot \text{mm}$$

...minimale Gleitlagerlänge für max. 5MPa Flächenpressung

Als Sicherheit werden an der höher belasteten Umlenkrolle 3 zwei Lineargleitlager und unter den Umlenkrollen 1&2 jeweils ein Lineargleitlager eingesetzt.

### 7.6.3 Gewindespindel mit Übertrieb

- Gewindespindel TR16x3:

$$F_{R,1} := F_{12} \cdot \mu_{\text{igus}} = 213.52 \text{ N}$$

$$F_{R,2} := F_{12} \cdot \mu_{\text{igus}} = 213.52 \text{ N}$$

$$F_{R,3} := F_3 \cdot \mu_{\text{igus}} = 681.035 \text{ N}$$

$$F_{\text{Spindel.min}} := F_{R,1} + F_{R,2} + F_{R,3} = 1.108 \times 10^3 \text{ N}$$

Material Gewindespindel: C15

$$R_{p0.2.C15} := 340 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{\text{Stahl}} := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$l_{\text{Spindel}} := 267 \text{ mm} \quad S_{\text{Spindel}} := 8$$

$$d_{\text{Spindel}} := 11.5 \text{ mm} \quad d_2 := 14 \text{ mm}$$

$$l_{k.\text{Spindel}} := l_{\text{Spindel}} \cdot 0.7 \quad P_h := 3 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{Strich}} := 12^\circ \quad \varphi := \text{atan} \left( \frac{P_h}{d_2 \cdot \pi} \right) = 3.902^\circ$$

Abschätzung des Durchmessers mit Knickung:

$$d_{\text{Spindel.min}} := \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F_{\text{Spindel.min}} \cdot S_{\text{Spindel}} \cdot l_{k.\text{Spindel}}^2}{\pi^3 \cdot E_{\text{Stahl}}}} = 7.428 \text{ mm}$$

Erforderliches Drehmoment:

$$T_{\text{Spindel}} := F_{\text{Spindel.min}} \cdot 1.5 \cdot d_2 \cdot \tan(\varphi + \rho_{\text{Strich}}) = 6.629 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$

$$W_{t.\text{Spindel}} := \frac{d_{\text{Spindel}}^3 \cdot \pi}{16} = 298.623 \cdot \text{mm}^3$$

$$\tau_{t.\text{Spindel}} := \frac{T_{\text{Spindel}}}{W_{t.\text{Spindel}}} = 22.2 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{zd.\text{Spindel}} := \frac{F_{\text{Spindel.min}} \cdot 1.5}{\left( \frac{d_{\text{Spindel}}^2 \cdot \pi}{4} \right)} = 16.002 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{v.\text{Spindel}} := \sqrt{\sigma_{zd.\text{Spindel}}^2 + 3 \cdot \tau_{t.\text{Spindel}}^2} = 41.648 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Nachprüfung auf Knicken:

$$I_{\text{Spindel}} := \frac{\pi \cdot d_{\text{Spindel}}^4}{64} = 8.585 \times 10^{-10} \text{ m}^4$$

$$i_{\text{Spindel}} := \sqrt{\frac{I_{\text{Spindel}}}{\left(\frac{d_{\text{Spindel}}^2 \cdot \pi}{4}\right)}} = 2.875 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_{\text{Spindel}} := \frac{l_{\text{k.Spindel}}}{i_{\text{Spindel}}} = 65.009$$

$$\lambda_{\text{P.C15}} := \pi \cdot \sqrt{\frac{E_{\text{Stahl}}}{R_{\text{p02.C15}}}} = 78.076 \quad \text{--> Eulerbereich}$$

$$F_{\text{K.Spindel}} := \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{Stahl}} \cdot I_{\text{Spindel}}}{l_{\text{k.Spindel}}^2} = 5.094 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\sigma_{\text{K.Spindel}} := \frac{\pi^2 \cdot E_{\text{Stahl}}}{\lambda_{\text{Spindel}}^2} = 490.429 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Sicherheit}_{\text{Knicken}} := \frac{\sigma_{\text{K.Spindel}}}{\frac{F_{\text{Spindel.min}}}{\left(\frac{d_{\text{Spindel}}^2 \cdot \pi}{4}\right)}} = 45.972$$

Überprüfung der Mutter:

$$l_{\text{Mutter}} := 35 \text{ mm}$$

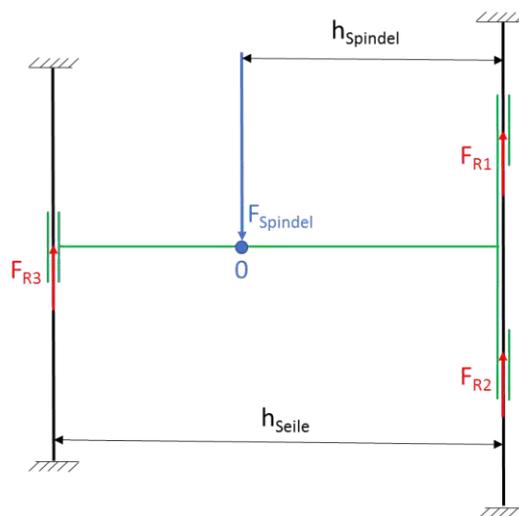
$$H_1 := 0.5 \cdot P_h$$

$$p_{\text{Mutter}} := \frac{F_{\text{Spindel.min}} \cdot P_h}{l_{\text{Mutter}} \cdot d_2 \cdot \pi \cdot H_1} = 1.44 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Wirkungsgrad der Gewindespindel:

$$\eta_{\text{Spindel}} := \frac{\tan(\varphi)}{\tan(\varphi + \rho_{\text{Strich}})} = 0.294$$

- **Bestimmung des Kraftangriffspunktes:**



**Abbildung 110: Bestimmung Kraftangriffspunkt Spindel**

$$l_{\text{Rollen}} := 246 \text{ mm}$$

$$h_{\text{Seile}} := 252 \text{ mm}$$

$$\mu_{\text{igus}} := 0.18 \quad \text{It igus: } 0,06-0,18$$

$$F_{R.1} := F_{12} \cdot \mu_{\text{igus}} = 213.52 \text{ N}$$

$$F_{R.2} := F_{12} \cdot \mu_{\text{igus}} = 213.52 \text{ N}$$

$$F_{R.3} := F_3 \cdot \mu_{\text{igus}} = 681.035 \text{ N}$$

$$F_{\text{Spindel.min}} := F_{R.1} + F_{R.2} + F_{R.3} = 1.108 \times 10^3 \text{ N}$$

Summe aller Momente um 0:

$$(F_{R.1} + F_{R.2}) \cdot h_{\text{Spindel}} - F_{R.3} \cdot (h_{\text{Seile}} - h_{\text{Spindel}}) = 0$$

$$h_{\text{Spindel}} := \frac{F_{R.3}}{F_{R.1} + F_{R.2} + F_{R.3}} \cdot h_{\text{Seile}} = 154.882 \cdot \text{mm}$$

### 7.6.4 Schlaffseilsensor

Die erforderliche Federkraft für eine Seilablenkung von  $5^\circ$  soll für eine Last von 4kg ermittelt werden.

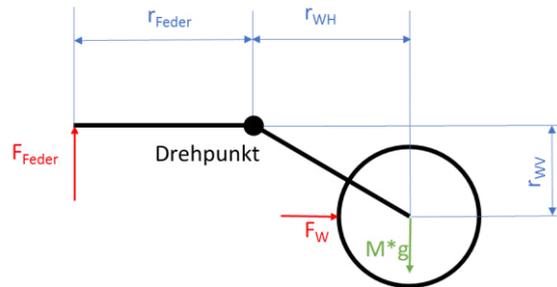


Abbildung 111: Abmessungen Schlaffseilsensor

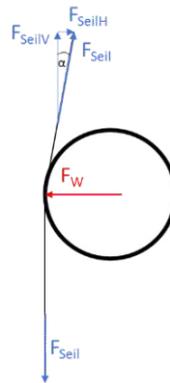


Abbildung 112: Kräfte Seilablenkung Schlaffseilsensor

$$r_{\text{Feder}} := 45\text{mm}$$

$$r_{\text{W.H}} := 41\text{mm}$$

$$r_{\text{W.V}} := 29\text{mm}$$

$$\alpha_{\text{min}} := 5^\circ$$

$$m_{\text{W}} := 0.03\text{kg}$$

$$m_{\text{min}} := 4\text{kg}$$

$$F_{\text{Seil.min}} := m_{\text{min}} \cdot g = 39.227\text{N}$$

$$F_{\text{W.min}} := F_{\text{Seil.min}} \cdot \sin(\alpha_{\text{min}}) = 3.419\text{N}$$

$$F_{\text{Feder}} \cdot r_{\text{Feder}} + m_{\text{W}} \cdot g \cdot r_{\text{W.H}} = F_{\text{W}} \cdot r_{\text{W.V}}$$

$$F_{\text{Feder}} := \frac{F_{\text{W.min}} \cdot r_{\text{W.V}} - m_{\text{W}} \cdot g \cdot r_{\text{W.H}}}{r_{\text{Feder}}} = 1.935\text{N}$$

## 7.7 Berechnungen Verriegelung

### 7.7.1 Verriegelungsblech

Die Finite Elemente Analyse ist im Anhang 7.9.3 *Grundplatte* bei der Berechnung der Grundplatte des Liftes angeführt.

### 7.7.2 Verriegelungsbolzen

Kontrolle der Spannung:

$$d_a := 9.8 \text{ mm}$$

$$d_i := 4.2 \text{ mm}$$

$$F_l := \frac{d_a^2 \cdot \pi}{4} - \frac{d_i^2 \cdot \pi}{4} = 61.575 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{\text{zug}} := \frac{F_{\text{Seil}}}{F_l} = 39.816 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < R_{p02.S275} = 275 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Kontrolle der Flächenpressung der Auflagefläche:

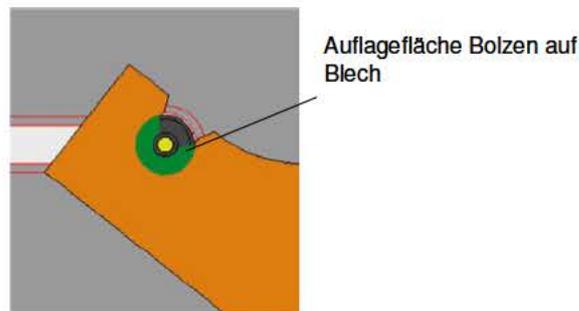


Abbildung 113: Auflagefläche Verriegelungsbolzen

$$d_A := 15 \text{ mm}$$

$$d_I := 1 \text{ mm}$$

$$F_{\text{Auflage}} := \frac{\frac{d_A^2 \cdot \pi}{4} - \frac{d_I^2 \cdot \pi}{4}}{360^\circ} \cdot 270^\circ = 61.261 \text{ mm}^2$$

$$p := \frac{F_{\text{Seil}}}{F_{\text{Auflage}}} = 40.02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad p_{\text{zul}} := 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## 7.8 Berechnungen Laststeller

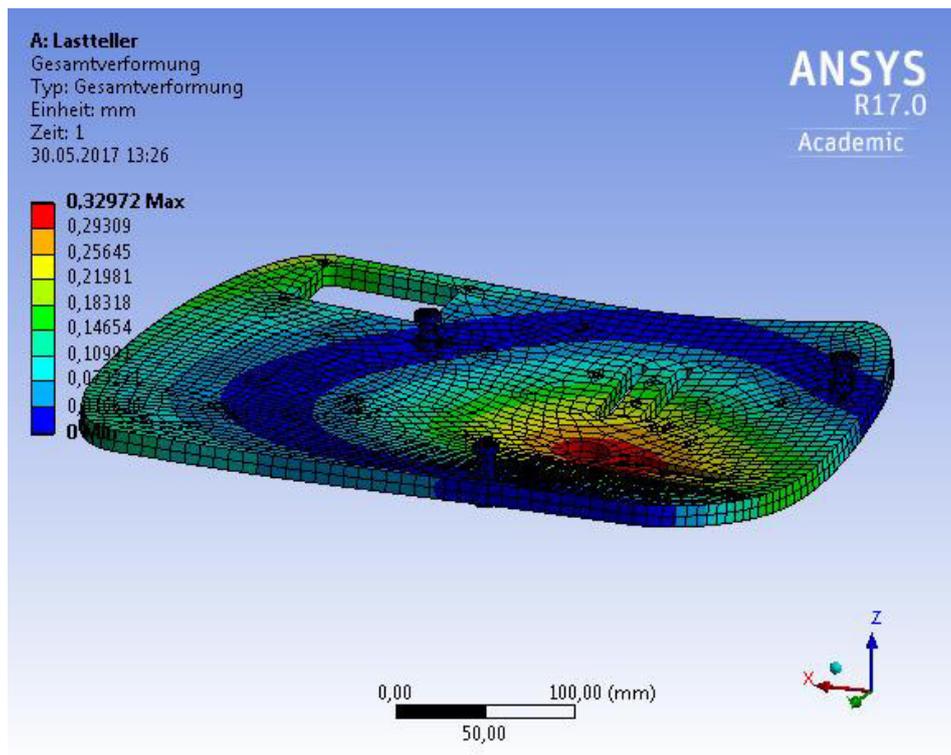


Abbildung 114: Verschiebung Laststeller

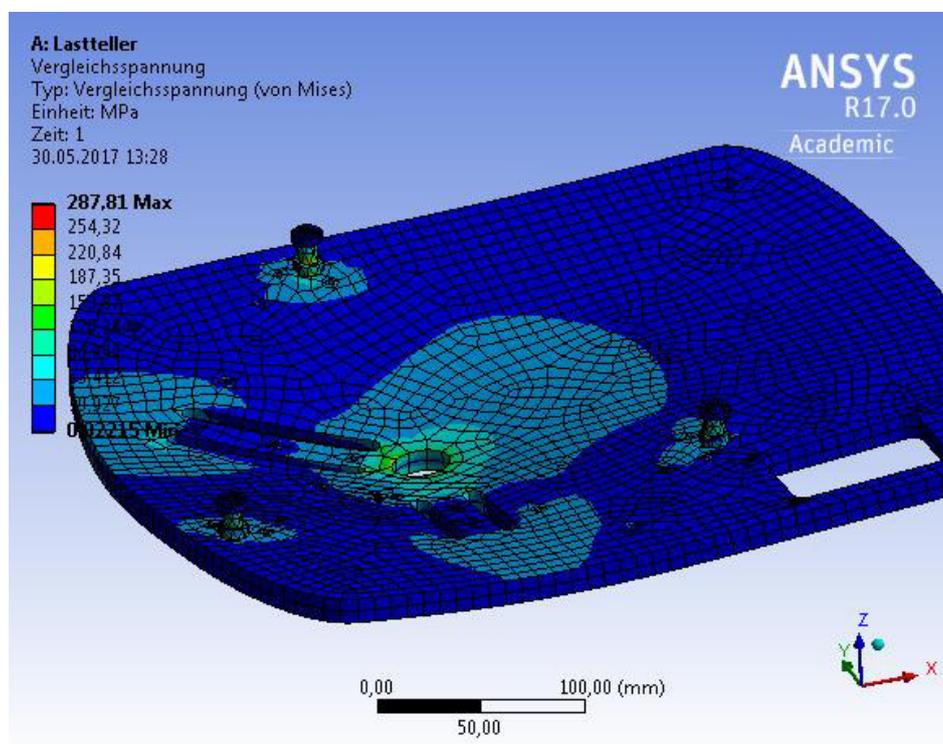


Abbildung 115: Vergleichsspannung Laststeller

## 7.9 Berechnungen Gehäuse

### 7.9.1 Deckenbefestigung Gewindestangen

Für die Deckenmontage sind zwei oder vier Gewindestangen vorgesehen:

$$d_{M12} := 12\text{mm}$$

$$A_{Sp.M12} := 0.61 \cdot d_{M12}^2 = 87.84 \cdot \text{mm}^2$$

$$R_{e.8.8} := 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$R_{p02.8.8} := 0.8 \cdot R_{e.8.8} = 512 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

maximale Zugkraft einer Gewindestange:

$$F_{M12.max} := R_{p02.8.8} \cdot A_{Sp.M12} = 4.497 \times 10^4 \text{ N}$$

geforderte Zugkraft

$$\text{Masse} := 600\text{kg}$$

$$S_{Stat} := 1.25$$

$$F_{max} := \text{Masse} \cdot g \cdot S_{Stat} = 7.355 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\text{Sicherheit} := \frac{F_{M12.max}}{F_{max}} = 6.115$$

### 7.9.2 Deckenbefestigung Ringschrauben

Die maximale auf die Befestigung wirkende Kraft ergibt sich aus dem statischen Prüfkoeffizienten sowie der maximalen Hublast.

$$F_{max} := \text{Masse} \cdot g \cdot S_{Stat} = 7.355 \times 10^3 \text{ N}$$

- **Dimensionierung der Ringschrauben:**

Maximallast einer Ringschraube  $F_{2\max}$  ist auf Grund von Sicherheitsbestimmungen lt. DIN 580 beschränkt.<sup>132</sup>

$$F_{2\max} := 240\text{N} \quad \text{lt. DIN 580}$$

$$F_{\text{gesamt}} := 4 \cdot F_{2\max} = 9.6 \times 10^3 \text{ N}$$

$$S_{\text{Ringschrauben}} := \frac{F_{\text{gesamt}}}{F_{\max}} = 1.305$$

- **Schrägstellung des gesamten Liftes:**

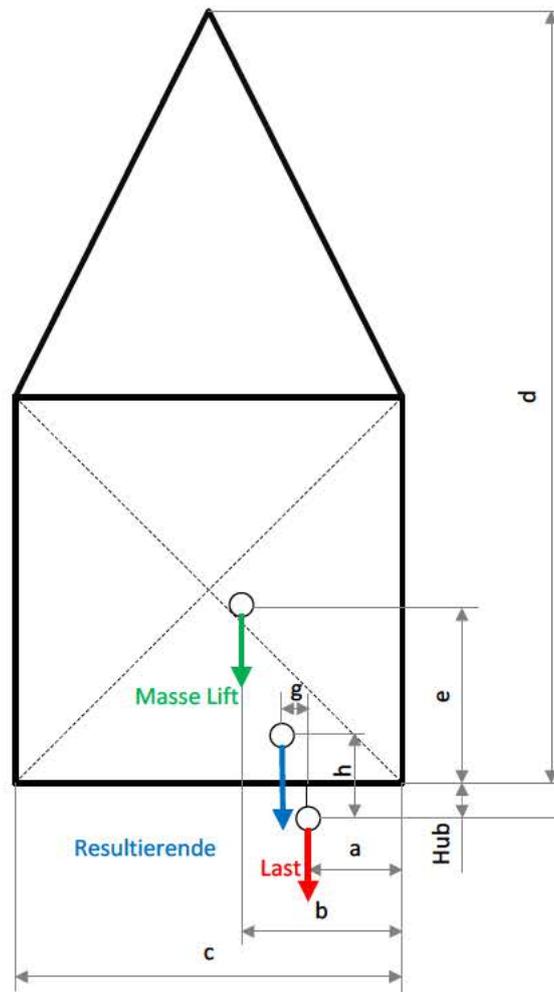


Abbildung 116: Maße Schrägstellung Lift

<sup>132</sup> DIN 580 - Ringschrauben, 2010

Last := 600kg

$M_{\text{Lift}}$  := 125kg

$d_{\text{Trommel}}$  := 280mm

Hub := 0m

$a := 142.5\text{mm} + \frac{\text{Hub}}{d_{\text{Trommel}} \cdot \pi} \cdot 3\text{mm} = 142.5 \cdot \text{mm}$

b := 194mm

$c := 399\text{mm}$

d := 1500mm

$e := 166\text{mm}$

$g := \left| (b - a) \cdot \frac{M_{\text{Lift}}}{M_{\text{Lift}} + \text{Last}} \right| = 8.879 \cdot \text{mm}$

$h := \frac{M_{\text{Lift}}}{\text{Last} + M_{\text{Lift}}} \cdot (e + \text{Hub}) = 28.621 \cdot \text{mm}$

$\text{Alpha} := \text{atan} \left[ \left| \frac{(b - a - g)}{\text{Hub} + d - h} \right| \right] = 1.659 \cdot ^\circ$

### 7.9.3 Grundplatte

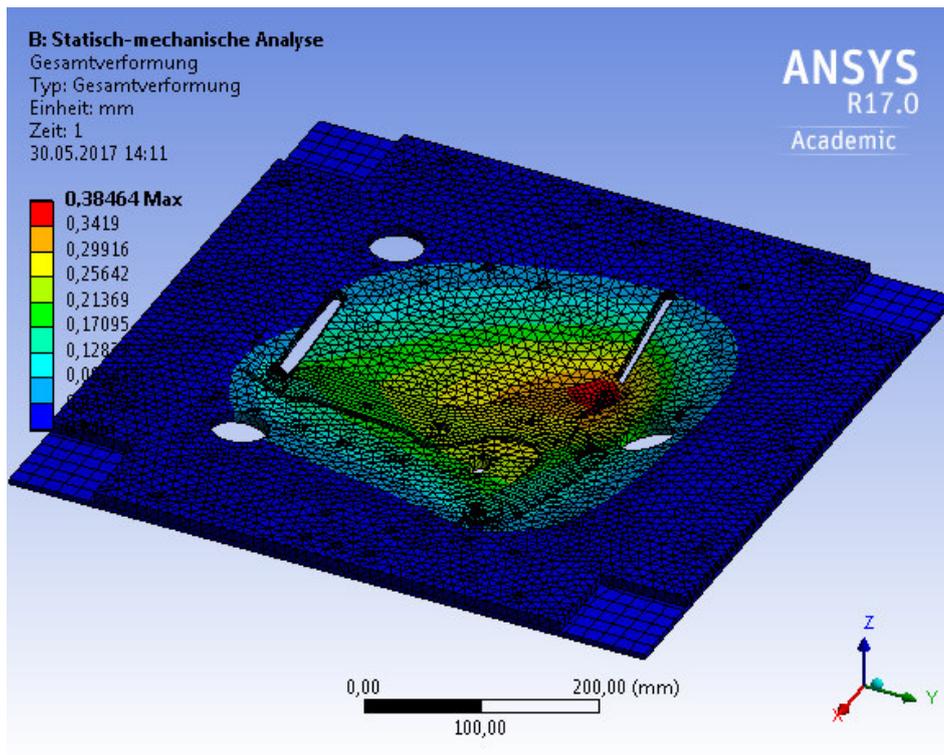


Abbildung 117: Grundplatte Verformung

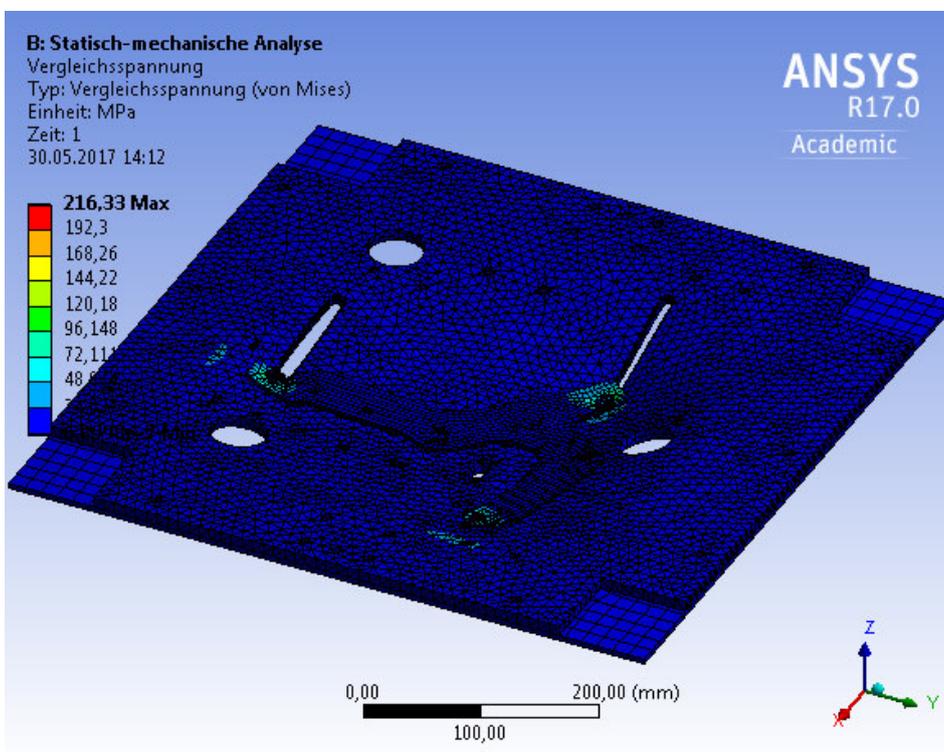


Abbildung 118: Grundplatte Vergleichsspannung

## 7.10 Stückliste

Pos.	Anz	Benennung	Bauteilnummer	Masse [kg]	Norm	Werkstoff	Rohmaß
1	1	Gestell	A_100_A_002_00	65,7			
1.6	16	Zylinderschraube	Innensechskant M8 x 35	0,021	DIN 912	St 8.8 verz	
1.9	2	Anschraubplatte	D_100_B_013_00	7,735	EN 10051	S235JR	600x160x15
1.12	4	Steher	Item Profil8 80x80 natur	4,352	item	Aluminium	600mm
1.13	24	Zylinderschraube	Innensechsk. M8x25	0,017	DIN 912	St 8.8 verz.	
1.14	88	Nutenstein	Nutenstein Profil 8 M8	0,001	item	St verz.	
1.16	16	Winkel	Winkel_8_80x80_Zn	0,299	item	Zn	
1.17	64	Zylinderschraube	Innensechskant M8x16	0,013	DIN 912	St 8.8 verz.	
1.18	2	Gewindestange	Gewindestange M12	0,028	DIN 975	St 8.8 verz.	
1.19	2	Sechskantmutter	Sechskantmutter M12	0,016	DIN 934	St 8 verz.	
1.20	8	Querträger	Item Profil8 80x80 L=440	3,192	item	Aluminium	440mm
1.21	4	Ringschraube	Ringschraube M12	0,177	DIN 580	St 8.8 verz.	
2	1	Seilführung	A_100_A_003_00	2,289			
2.1	1	Wellenführung	D_100_B_022_00	0,776	Rundrohre	AW-6060	d50x10 L=320
2.2	3	Seilrolle	D_100_B_024_00	0,124	Rundrohre	AW-6060	d80x15 L=25
2.3	6	Kugellager	61808-2Z	0,030			
2.4	4	Gleitlagereinheit	RJUM_01_20_1	0,021	igus		
2.5	4	Sicherungsring	Bohrung 32 x 1,2	0,002	DIN 472	Federstahl	
2.6	1	Wellenführung	D_100_B_023_00	0,173	Rundrohre	AW-6060	d50x10 L=120
2.7	0	Gleitlagereinheit	RJUM_03_20_1	0,020	igus		
2.8	1	Seilführung Grundplatte	D_100_B_021_00	0,161	Planalu	AW-6060	290x330x3
2.18	3	Gleitlagerbuchse	GFM-40-46 L=8	0,004	igus		
2.19	3	Gleitlagerbuchse	GFM-42-46	0,003	igus		
2.20	3	Sicherungsring	Welle 40 x 1,75	0,008	DIN 471	Federstahl	
2.22	12	Zylinderschraube	Innensechskant M5x10	0,003	DIN 912	St verz.	
2.23	3	Anpressrolle	D_100_B_025_00	0,038	Rundprofile	Messing	d16 L=45
2.24	3	Schlaffseilsensor Blech	D_100_B_020_00	0,090	Planalu	S235JR	250x75x2
2.25	3	Schaltkulisse Schlaffseilsensor	D_100_B_068_00	0,001		Kunststoff	
2.26	3	Abstandshalter Endschalter	D_100_B_069_00	0,002		Aluminium	
2.27	6	Clip Lager	ECLM_05_02_1	0,001	igus		
2.28	4	Sicherungsscheibe	Welle 3,2x0,6	0,001	DIN 6799	Federstahl	
2.29	1	Mutter Gewindespindel 16x3 links	MTSBHL16	0,033	Misumi		
2.30	3	Mikroschalter	D2F-L2	0,001	RS-components		
2.31	6	Zylinderschraube	Innensechskant M4x10	0,002	DIN 912	St 5.6	
2.32	2	Feder	Feder Schlaffseilsensor	0,001		Federstahldraht 0,8mm	
2.33	1	Feder	Feder Schlaffseilsensor	0,001		Federstahldraht 0,8mm	
2.34	6	Zylinderschraube	M3x10	0,001	DIN 912	St 5.6	
2.35	12	Scheibe	Unterlegscheibe A3,2	0,000	DIN 125	St	
2.36	6	Mutter	Sechskantmutter M3	0,000	DIN 934	St	
2.37	3	Endanschlag Schlaffseilsensor	Endanschlag	0,000		Federstahldraht 0,8mm	

Pos.	Anz	Benennung	Bauteilnummer	Masse [kg]	Norm	Werkstoff	Rohmaß
3	1	Träger Welle	A_100_A_007_00	4,417			
3.1	1	U-Profil Wellenaufnahme	U Profil 100	2,705	DIN EN 10025/10279	S235JR	UPN100 L=300
3.2	2	Anschweißplatte Träger	D_100_B_030_00	0,669	DIN 10058	S235JR	FL 100x10 L=100
3.4	1	Führung Kettenspanner	Kettenspanner	0,357		S235JR	FL 100x10 L=50 blank
4	1	Träger Moment	A_100_A_008_00	4,329			
4.1	2	Anschweißplatte Träger	D_100_B_030_00	0,669	DIN 10058	S235JR	FL 100x10 L=100
4.2	1	U-Profil Wellenaufnahme Drehmoment	U-Profil 100	2,670	DIN EN 10025/10279	S235JR	UNP100 L=300
4.3	1	Unterstützungsplatte	FL 100x10 L=65mm	0,296		S235JR	FL 100x10 L=65 blank
5	1	Laststeller	A_100_A_009_00	6,360			
5.1	1	Grundplatte Laststeller	D_100_B_033_00	4,535		S235JR	420x400x12
5.2	3	Verriegelungsbolzen	D_100_B_044_00	0,029		S355JS	d20 L=45
5.3	3	Seilumlenkung	D_100_B_040_00	0,047	EN 10277/10278	Aluminium	d40 L=50
5.4	3	Zentrierkegel	D_100_B_053_00	0,075		POM	d55 L=50
5.6	1	Befestigung Gabelköpfe doppelt	D_100_B_042_00	0,224		S235JR	
5.7	1	Befestigung Gabelkopf	D_100_B_041_00	0,095		S235JR	
5.10	3	Gewindestange	Gewindestange M8 L=100mm	0,005	DIN 976	St verz.	
5.11	1	Ringschraube	Ringschraube M16	0,293	DIN 580	St 8.8 verz.	
5.12	1	Aufnahme Ringschraube	D_100_B_050_00	0,195		S235JR	d45 L=50
5.13	3	Abstandshülse Verriegelungsbolzen	D_100_B_043_00	0,002	EN10060	S235JR	Rundstahl d15
5.17	1	Betätigung Endlagensensoren	D_100_B_049_00	0,010		Aluminium	15x10x20
5.18	3	Zylinderschraube	Innensechskant M8 x 20	0,015	DIN 912	St 8.8 verz.	
5.19	2	Zylinderschraube	Innensechskant M4 x 16	0,003	DIN 912	St 8.8 verz.	
5.20	9	Mutter	Sechskantmutter M8	0,005	DIN 934	St 8 verz.	
5.21	11	Zylinderschraube	Innensechskant M6 x 25	0,009	DIN 912	St 8.8 verz.	
5.24	1	Federkontaktmodul	A_100_A_012_00	0,106			
5.24.1	3	Kontaktreihe	UEBK-30256	0,002	UWE electronics		
5.24.2	1	Kontaktplatte	D_100_B_047_00	0,017		Planalu	80x60x2
5.24.3	4	Druckfeder	VD_090W_07_1	0,000	Gutekunst		
5.24.4	1	Anschraubplatte Kontaktmodul	D_100_B_046_00	0,032		Planalu	100x80x2
5.24.5	4	Federdorn Kontaktmodul	D_100_B_045_00	0,011	EN 10060	S235JR	Rundstahl d12
5.24.6	4	Zylinderschraube	Innensechskant M4x10	0,002	DIN 912	St 8.8 verz	
5.25	4	Zylinderschraube	Innensechskant M4x10	0,002	DIN 912	St 8.8 verz	
5.26	1	Befestigungshülse Ringschraube	D_100_B_051_00	0,086		S235JR	d40 L=30
5.27	3	Gabelkopf M8 kurz mit Bolzen und Splint	Gabelkopf M8	0,046	DIN 71752		
6	1	Seiltrommel	A_100_A_010_00	22,77			
6.1	1	Welle Trommelmotor	D_100_B_035_00	2,466		EN AW-7075	65x15 L=500
6.9	1	Trommel	D_100_B_016_00	11,14		EN AW-7075	d280x15 L=380
6.16	3	Seilbefestigung	D_100_B_014_00	0,014		S235JR	10x7x50
6.17	3	Mitnehmerbolzen	D_100_B_015_00	0,002	DIN 6325	1.2067	d3m6x18
6.21	11	Zylinderschraube	Innensechskant M4 x 16	0,003	DIN 912	St 8.8 verz.	
6.22	1	Deckel mit Innenzahnkranz	A_100_A_011_00	3,917			

Pos.	Anz	Benennung	Bauteilnummer	Masse [kg]	Norm	Werkstoff	Rohmaß
6.22.1	1	Deckel Seiltrommel Innenzahnkranz	D_100_B_048_00	1,774		EN AW-6082	d300 L=40
6.22.2	1	Innenzahnkranz	D_100_B_036_00	1,644	Mädler	C45	Modul=2 Zähne=100
6.22.3	8	Zylinderschraube	Innensechskant M6 x 25	0,009	DIN 912	St 8.8 verz.	
6.22.5	1	Rillenkugellager	6012-2Z	0,430			
6.23	1	Deckel Kette	A_100_A_006_00	1,644			
6.23.1	1	Deckel Kette	D_100_B_018_00	1,253		AW-6082	d295 L=30
6.23.4	4	Zylinderschraube	Innensechskant M4x10	0,002	DIN 912	St 8.8 verz	
6.23.6	1	Rillenkugellager	6010-2Z	0,263			
6.23.7	1	Kettenradscheibe	D_100_B_057_00	0,052	Mädler	Stahl	Art.Nr. 10074200
6.23.8	1	Kettenradscheibe	D_100_B_058_00	0,067	Mädler	Stahl	Art.Nr.10074500
6.24	16	Senkkopfschraube	Senkkopf Innensechsk. M5x20	0,004	DIN 7991	St 8.8 verz.	
6.26	1	Spannsatz	SSG-60	0,069	Mädler		Art. Nr. 61520060
6.27	1	Distanzhülse Lager	D_100_B_059_00	0,007		St	d65x15 L=30
6.33	1	Motorhalter	A_100_A_013_00	2,048			
6.33.1	1	Motorhalter	D_100_B_034_00	1,491		EN AW-7075	120x245x30
6.33.2	1	Welle Ritzellager	D_100_B_060_00	0,094		C45	d20 L=80
6.33.3	1	Motorhalter Ritzellager	D_100_B_061_00	0,207		Aluminium	d85 L=70
6.33.4	1	Halter Ritzellager	D_100_B_062_00	0,090		Aluminium	q40x40 L=80mm
6.33.5	1	Ritzel m2 z18	GEAKBH2.0-18-20-A- 18N	0,014	Misumi	C45	
6.33.6	1	Rillenkugellager	6802ZZ	0,001	Misumi		
6.33.7	1	Rillenkugellager	6002ZZ	0,004	Misumi		
6.33.8	1	Kupplung	MFJCWK44-14-15	0,055	Misumi		
6.33.9	8	Zylinderschraube	Innensechskant M5 x 40	0,008	DIN 912	St 8.8 verz.	
6.33.10	2	Sicherungsring 15x1	DIN 471 - 15x1	0,001	DIN 471		
6.33.11	1	Sicherungsring 18x1,2	DIN 471 - 18x1,2	0,001	DIN 471		
6.33.12	4	Zylinderschraube	Innensechskant M5 x 12	0,003	DIN 6912	St 8.8 verz.	
6.33.13	1	Passfeder	DIN 6885 - A 6 x 6 x 18	0,005	DIN 6885		
6.33.14	1	Passfeder	DIN 6885 - A 5 x 5 x 14	0,003	DIN 6885		
6.33.15	2	Sicherungsring 24 x 1,2	DIN 472 - 24 x 1,2	0,001	DIN 472		
6.33.16	1	Getriebemotor	BL61XL-48V + B60 + P62V4	0,002	ELRA		
6.34	1	Netzteil 48V	RSP-1000-48	0,243	Mean Well		
6.35	2	Netzteile 12V 24V	LRS-75-12 LRS-35-24	0,043	Mean Well		
6.36	1	Motorsteuerung Nanotec	N5 2.2	0,086	Nanotec		
6.37	1	Kondensator	10000µF	0,123	Nanotec		
6.38	1	Motorsteuerung Wantai	BLDC 8015 A	0,388	Wantai		
6.39	1	Gewindestange M4	Gewindestange M4 L=120mm	0,002	DIN		
6.40	1	Relais	Relais 4-fach	0,078	Arduino		
6.41	1	Halteblech Elektronik	D_100_B_064_00	0,282		Aluminium	300x175x2
6.42	1	Halteblech Netzteil 48V	D_100_B_065_00	0,028		Aluminium	Winkel 50x50x4
6.43	1	Halteblech Netzteil 48V unten	D_100_B_066_00	0,023		Aluminium	Winkel 50x50x4
7	1	Grundplatte	D_100_B_001_00	8,632	EN10051	EN AW-7075	600x600x10
8	1	Verriegelungsblech	D_100_B_003_00	0,789	EN10051	S235JR	330x300x4

Pos.	Anz	Benennung	Bauteilnummer	Masse [kg]	Norm	Werkstoff	Rohmaß
9	1	Bolzen	D_100_B_004_00	0,007		S235JR	d20 L=15
10	1	Sicherung axial	D_100_B_005_00	0,008		S235JR	D=20 L=15
11	2	Distanzblock	D_100_B_006_00	0,070	AI Flach	EN AW-6060	70x25x20
12	4	Distanzblock	D_100_B_007_00	0,295	AI Flach	EN Al 6060	60x20x40
13	1	Distanzblock	D_100_B_008_00	0,022	AI FL 30x15	EN AW 6060	30x15x25
14	3	Winkel	D_100_B_009_00	0,004		Aluminium	Winkel 15x15x2
15	1	Kettenrad	D_100_B_026_00	0,146	Mädler	Art. Nr. 10064500	
16	2	Anschraubplatte Gestell	D_100_B_037_00	2,927	DIN EN 10058	S235JR	FL 100x15 L=250
17	1	Kettenrad	D_100_B_056_00	0,100	Mädler	Art. Nr. 10063500	
18	1	Buchse Kettenspanner	D_100_B_063_00	0,007		S235JR	d10 L25
19	2	Halteblech Endlagenschalter	D_100_B_067_00	0,001		Aluminium	50x10 s=2
20	2	Scheibe	Scheibe di=5,5mm da=15mm t=1,5mm	0,002		S235JR	
21	1	Kettenrad Spanner	Art. Nr. 10052500	0,012	Mädler	Kunststoff	
22	1	Kette 04	Kette 04 Teilung 6 L=ca.700mm	0,031	Mädler	Art. Nr.10060000	
23	1	Spannsatz	BAR 10mm	0,024	Mädler	Art. Nr. 61541000	
24	4	Wellenbock	GWL 20mm	0,079	Mädler	Art. Nr. 64640620	
25	1	Führungswelle	SWM-20 L467	1,150	igus		467mm
26	1	Führungswelle	SWM-20 L255	0,627	igus		255mm
27	1	Gleitlagerbuchse	GFM_1517_05_1	0,000	igus		
28	1	Gabelkopf	GERMK_05_DIN_M4_3	0,002	igus		
29	1	Gelenkkopf	KBRM_05_M4_1	0,003	igus		
30	1	Gewindespindel 16x3 linksgängig	D_100_B_012_00	0,478	Misumi	C15	TR 16x3 LH L=380mm
31	1	Loslager	MTUZ12	0,055	misumi		
32	1	Festlager	MTWZ12	0,073	misumi		
33	1	Stellmotor	Stellmotor	0,056	Pollin		
34	31	Nutenstein	Nutenstein Profil 8 M8	0,001	item	St verz.	
35	1	Gewindestange M4	M4 L=30mm	0,003	DIN 975	St 4.6 verz.	L=30mm
36	12	Zylinderschraube	Innensechskant M4x10	0,002	DIN 912	St 8.8 verz.	
37	16	Zylinderschraube	Innensechskant M5x20	0,005	DIN 912	St 8.8 verz.	
38	1	Zylinderschraube	Innensechskant M5 x 40	0,008	DIN 912	St 8.8 verz.	
39	1	Senkkopfschraube	Innensechskant M5x12	0,002	DIN 7991	St 8.8 verz.	
40	1	Senkkopfschraube	Senkkopf Innensechsk. M5x20	0,004	DIN 7991	St 8.8 verz.	
41	3	Mutter	Sechskantmutter M5	0,001	DIN 934	St 8 verz.	
42	20	Zylinderschraube	Innensechskant M8 x 20	0,015	DIN 912	St 8.8 verz.	
43	8	Zylinderschraube	Innensechskant M8 x 35	0,021	DIN 912	St 8.8 verz.	
44	4	Zylinderschraube	Innensechskant M8 x 70	0,035	DIN 912	St 8.8 verz.	
45	17	Scheibe	Unterlegscheibe 8	0,002	DIN 126	St verz.	
46	4	Mutter	Sechskantmutter M8	0,005	DIN 934	St 8 verz.	
47	2	Sechskantmutter	Sechskantmutter M12	0,016	DIN 934	St 8 verz.	
48	8	Mikroschalter	D2F-L2	0,001	RS-components		
49	div.	Seile					100m

Tabelle 36: Stückliste

## 7.11 Datenblätter der Zukaufteile

In diesem Kapitel werden folgende Datenblätter angeführt:

Bezeichnung	Hersteller	Type
Faserseil Aramid	LIROS	Aramid Flechtschnur 00147
Faserseil	Teufelberger	OL-2/OI-3, Kiteline FLNG14
Getriebemotor klein	ELRA	BL61XL-48V + B60 + P62V4-45.56:1
Getriebemotor groß	ELRA	BL70L-48V+BT56+P72-86:1
Clips Gelenklager	Igus	igubal® ECLM
Führungswelle	Igus	drylin® SWM/SWMH
Gabelkopf	Igus	igubal® GERM/GELM
Gelenkkopf	Igus	igubal® KBRM/KBLM
Gleitlagerbuchse	Igus	iglidur® G
Lineargleitlager	Igus	drylin® RJUM-01
Rillenkugellager	FAG	6108-2RSR
Rillenkugellager	Misumi	6002-ZZ
Rillenkugellager	FAG	6010-2Z
Rillenkugellager	FAG	6012-2Z
Rillenkugellager	Misumi	6802-ZZ
Netzteil 12V + 24V	MEAN WELL	LRS-75
Netzteil 48V	MEAN WELL	RSP-1000
Gewindespindel	Misumi	MTWBLK16-333-S20
Kupplung	Misumi	MFJCKWK44-14-15
Blockmutter	Misumi	MTSBHL16
Motorritzel	Misumi	GEAKBH2.0-18-20-A-18N
Lagerung Gewindespindel	Misumi	MTUZ/MTUW
Rollenkette	Mädler	DIN ISO 04
Kettenrad Kunststoff	Mädler	DIN ISO 04
Kettenrad/ -scheibe	Mädler	DIN ISO 04
Spannsatz	Mädler	BAR
Spannsatz	Mädler	SSG
Wellenbock	Mädler	GWL
Ladekondensator	Nanotec	ZK4700/
Motorsteuerung	Nanotec	N5-
Mikroschalter	Omron	D2F-
Kontaktreihe	UWE	UEBK-30256/30257

Tabelle 37: Übersicht Anhang Datenblätter Zukaufteile

## LIROS Aramid Flechtschnur



### LIROS Aramid Flechtschnur

00147

Extrem reißfeste und reckarme Flechtleine für spezielle Einsatzgebiete in Industrie und Freizeit.

- Arbeitsdehnung < 1,5 %
- Hohe Hitzebeständigkeit
- Äußerst reißfest
- Dehnungsarm, sehr gut als Drahtersatz
- **Individuelle Anpassung bezüglich Länge möglich**
- Andere Durchmesser auf Anfrage

### Farben



059  
Gelb

Ø mm	Bruchlast daN	Spulen- länge
0,4	40	500
0,9	75	500
1,0	100	500
1,5	135	500
2,0	250	500
2,1	290	500
3,0	560	500
4,0	700	500
5,0	1000	250
6,0	2000	200

<b>Mantel</b>	Aramid
<b>Kern</b>	ohne
<b>Konstruktion</b>	0,4 - 0,9mm 6-fach geflochten 1,0 + 2,0mm 16-fach geflochten 1,5 + 2,1 + 3,0-6,0mm 8-fach geflochten

LIROS behält sich Farbänderungen vor und haftet nicht für Abweichungen zwischen Abbildungen und gelieferten Produkten.

# BRIDLE-, SAFETY- AND LEADER LINES



© Elance Kiteboarding

In cooperation with the development teams of the leading kite brands, our kite lines undergo continuous improvement. Our lines

are required to pass strict stress tests and quality inspections. The result are tailor-made solutions for the respective field of use.

## OL-2 / OL-3



### Technical Specifications

	OL-2	OL-3
<b>Material</b>	Dyneema®, NG-impregnated, 12-braided	Dyneema®, NG-impregnated, 12-braided
<b>Diameter</b>	2.90 mm	2.50 mm
<b>Breaking Load</b>	880 daN	500 daN

**OL-2: Characteristics:** Low stretch, high breaking load, easy to splice

**Capacity:** 500-1200 m/spool

**OL-3: Characteristics:** Low stretch with small tolerances, high breaking load, kink free, easy to splice

**Capacity:** 800-2000 m/spool

## GLOBE-5000



### Technical Specifications

	Cover: PES, 12-braided; Core: Dyneema®	Cover: PES, 16-braided; Core: Dyneema®	Cover: PES, 16-braided; Core: Dyneema®, 16-braided
<b>Diameter</b>	1.70 mm	2.50 mm	3.00 mm
<b>Elongation at 80 daN</b>	1.20%	1.20%	1.20%
<b>Breaking Load</b>	130 daN	300 daN	500 daN

**Characteristics:** cover/core-construction; very high abrasion resistance, low stretch

**Capacity:** 800-2000 m/spool

## HANDLING ADVICE FOR YOUR TEUFELBERGER KITE LINES



### CLEANING KITE LINES

If the kite lines are used in salt-water, they should be thoroughly washed with fresh water after the season to remove salt-crystals, and other damaging dirt. If the lines are used in fresh water they will still benefit from a good rinsing to remove any dirt particles.



### CLEANING IN THE WASHING MACHINE

Kite lines that are extremely dirty they can be cleaned in a washing machine, using cold or warm water. Don't use any kind of fabric softener!



### STORAGE

Before being put away for the season, or stored for extended periods kite lines should be thoroughly dry to avoid mildew. Kite lines are best stored hanging up and out of the sun. Generally, Dyneema® ropes should be protected from heat (above 60°C). **(Caution!** Be careful when keeping the ropes in a car!)

FLYING LINES

# HEAVY DUTY



In recent years, kiteboarding has evolved at breathtaking speed, and so have all its tricks, moves, jumps, and maneuvers on the water. It is about time that freestylers be given the chance to get lines that are capable of withstanding all these extreme loads. In the past, the enormous shock loads encountered in freestyle kiting, in particular, stressed many a line beyond its breaking point. Therefore, we prefer to design our lines with a greater safety margin so as to make absolutely sure that there will be no breakage. Those were the fundamental targets in the development of our heavy-duty lines.

## FL-9.NG – HOW ABOUT ULTIMATE BREAKING STRENGTH?

HEAVY DUTY



<b>Technical Specifications</b>	Dyneema®, pre-stretched, NG-impregnated, 12-braided	
<b>Diameter</b>	2.05 mm	
<b>Elongation (at 80 daN)</b>	0.55%	
<b>Stretch Development</b>	20 daN: 0.25%	80 daN: 0.55%
<b>Breaking Load</b>	650 daN	
<b>Weight</b>	3.30 g/m	

**Characteristics:** Low stretch with small tolerances, high breaking load, kink free, easy to splice  
**Capacity:** 800-1200 m/spool

## FL-14.NG – HAS SAILED THROUGH ALL TESTS!

HEAVY DUTY



<b>Technical Specifications</b>	Dyneema® with PE-Monofil, pre-stretched, NG-impregnated, 12-braided	
<b>Diameter</b>	1.70 mm	
<b>Elongation (at 80 daN)</b>	0.85%	
<b>Stretch Development</b>	20 daN: 0.25%	80 daN: 0.85%
<b>Breaking Load</b>	400 daN	
<b>Weight</b>	2.20 g/m	

**Characteristics:** Low stretch with small tolerances, high breaking load, kink free, easy to splice  
**Capacity:** 800-2000 m/spool

## FL-35.NG – DYNEEMA® SK99: THIN, LOW WEIGHT AND STRONG!

HEAVY DUTY



<b>Technical Specifications</b>	Dyneema® SK99, pre-stretched, NG-impregnated, 12-braided	
<b>Diameter</b>	1.35 mm	
<b>Elongation (at 80 daN)</b>	1.05%	
<b>Stretch Development</b>	20 daN: 0.45%	80 daN: 1.05%
<b>Breaking Load</b>	380 daN	
<b>Weight</b>	1.15 g/m	

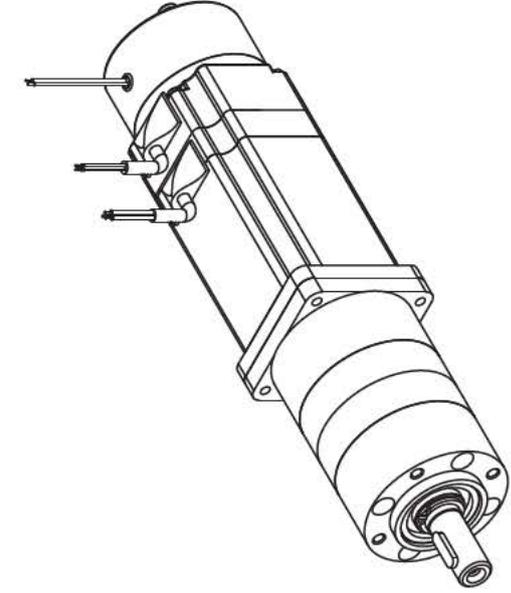
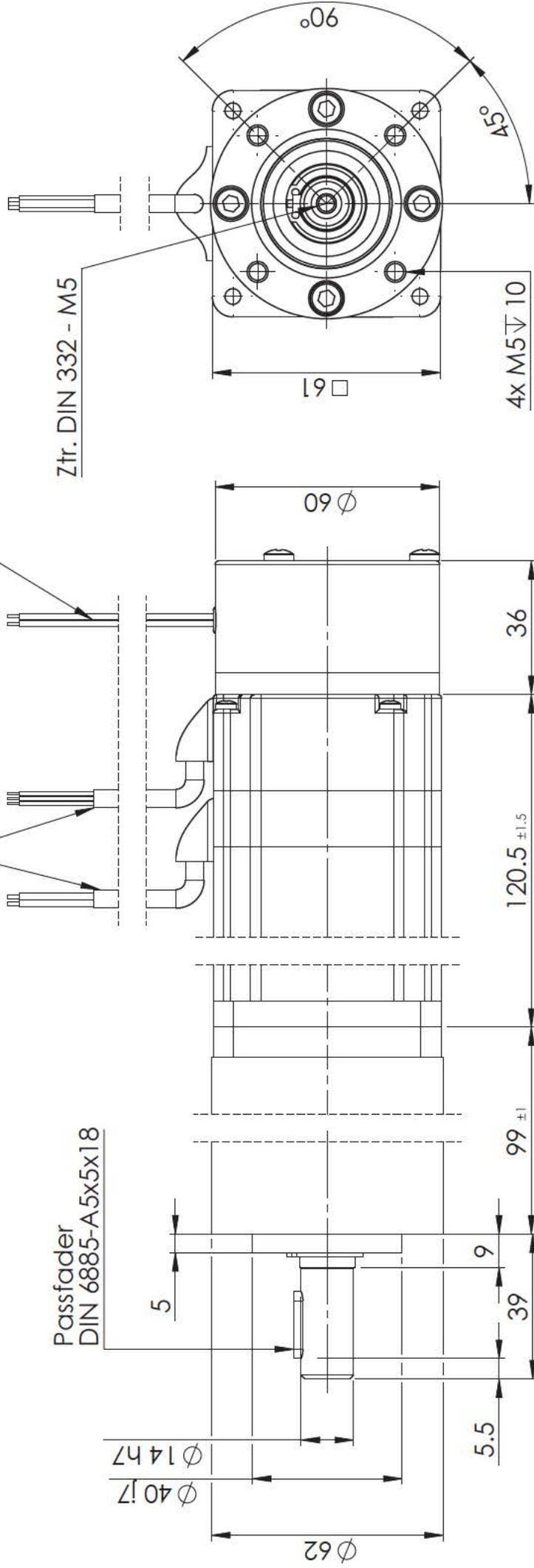
**Characteristics:** Low stretch with small tolerances, high breaking load, kink free, easy to splice  
**Capacity:** 800-2000 m/spool

Standard colours of the PE Monofil for FL-10, FL-14 and FL-20: black, blue, red, grey, orange  
 Standard colour of Impregnation: transparent. Other colours on demand. For example:



Litzenlänge ~400mm

Kabellänge 300mm (+30)



Technische Daten	
Nenn Drehzahl	55 upm
Nennmoment	17Nm
Nennstrom	8A
Versorgung	48VDC

Brems	
rot	24VDC
sschwarz	GND

Motorphasen	
Gelb	Phase R
Grün	Phase S
Blau	Phase T

Hallensoren	
Gelb	Hall A
Grün	Hall B
Blau	Hall C
Rot	+5VDC
Schwarz	GND



**ELRA Antriebstechnik Vertriebs Ges.m.b.H.**  
A-1020 Wien Schoenngasse 15-17 [www.elra.at](http://www.elra.at)

Benennung/Name:  
**BL61XL-48V + B60 + P62V4-45.56:1**

Toleranzen/  
Tolerances  
ISO 2768-m

Berechnung/Name:  
**vollständig / provisional!**

ELRA-ART-Nr. / BSA-ART-Nr.: **23472**

Zeichnungs-Nr. / Drawing-No.: **K5075**

Revisions: **V01**

Datum/Date: **04.04.2017** Name: **T.B.**

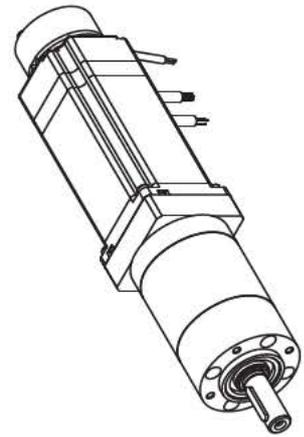
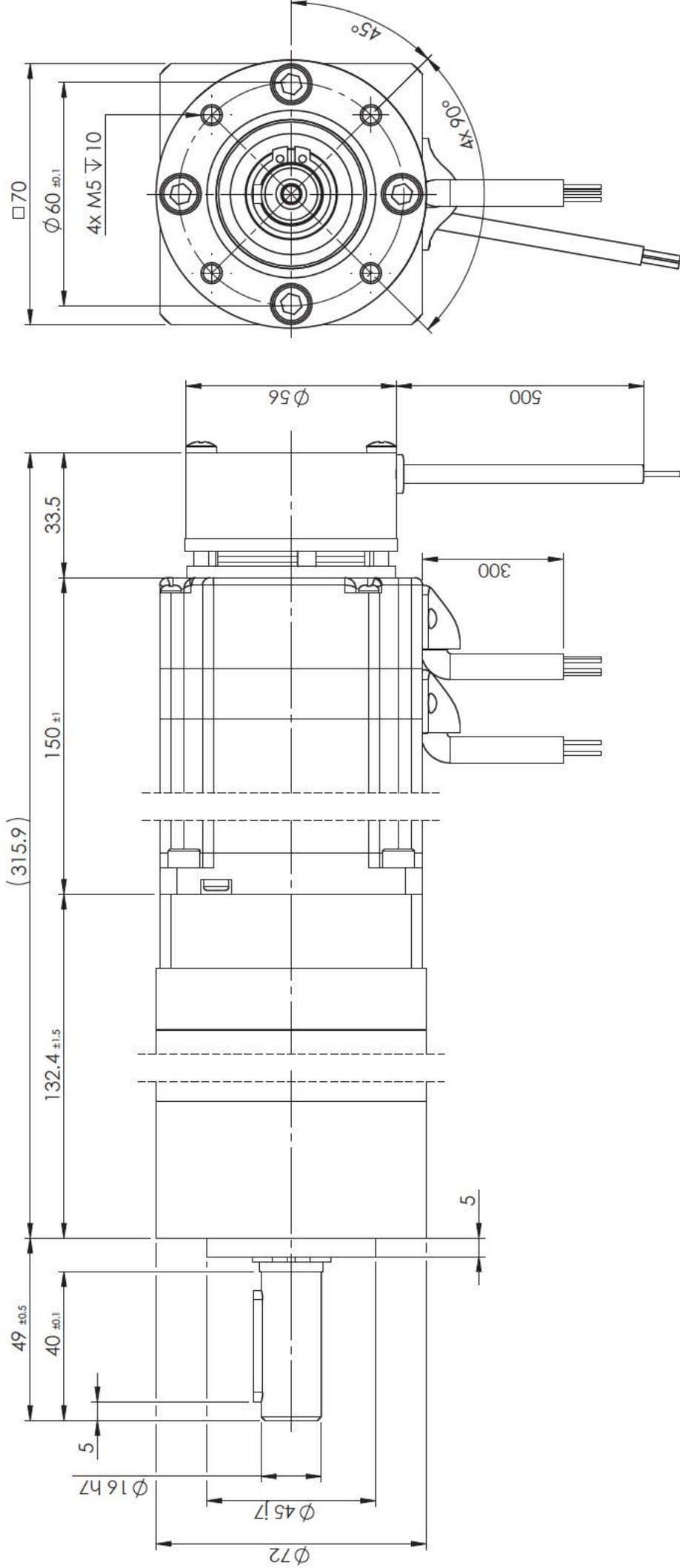
Gez./Drawn: **04.04.2017** P.D.

Gepr./Checked: **04.04.2017** Einhell/Unit: **mm**

Material: **2:3** Maßstab/Scale: **1/1**

Wiedergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Copyright- und Gebrauchsmusterverletzung vorbehalten. Schutzanmerk. BD 1010 beachten.

The reproduction, distribution and utilization of this document as well as the communication of its contents to others without express authorization is prohibited. Offenders will be held liable for the payment of damages. All rights reserved in the event of the grant of a patent, utility model or design. Refer to protection notice BD 1010.



**ELRA Antriebstechnik Vertriebs Ges.m.b.H.**  
A-1020 Wien Schoenngasse 15-17 [www.elra.at](http://www.elra.at)

Benennung/Name: **BL70L-48V+BT56+P72-86:1**

Toleranzen/  
Tolerances  
ISO 2768-m

vorläufig / provisional

Gez./Drawn:	<b>27.03.2017</b>	Name:	<b>T.B.</b>
Gepr./Checked:	<b>27.03.2017</b>	P.D.	<b>Blatt1</b>
Materi:	2:3	Einheit/Unit:	mm
Maßstab/Scale:	1/1	Revision:	V01

EBA-Alt-Nr./EBA-Alt-No.:	
Zeichnungs-Nr./Drawing-No.:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	
Materi:	
Maßstab/Scale:	
Einheit/Unit:	
Revision:	
Name:	
Datum/Date:	
Gez./Drawn:	
Gepr./Checked:	





**igus® Empfehlung: Linearerlager mit Gleitfolien aus iglidur® E7 für eine bis zu 8x längere Lebensdauer**

- Komplett unterstützt und montiert mit Standardunterstützung aus Aluminium
- Für unterstützte Wellen:
  - ▶ Teilunterstützungen max. 600 mm lang
  - ▶ Teilung standardmäßig T2, auf Wunsch ist auch T1 möglich
  - ▶ Teilung symmetrisch C5 = C6

**Abmessungen [mm] – Edelstahl 1.4125 gehärtet**

Art.-Nr.	d	Gewicht [kg/m]	max. Länge	Einhärttiefe (bei 1.4125)
EWM-06 <sup>89)</sup>	06	0,222	3.000	0,8
EWM-08 <sup>89)</sup>	08	0,359	4.000	0,9
EWM-10 <sup>89)</sup>	10	0,617	4.000	0,9
EWM-12	12	0,888	6.000	1,0
EWM-16	16	1,578	6.000	1,2
EWM-20	20	2,466	6.000	1,6
EWM-25	25	3,853	6.000	1,8
EWM-30	30	5,549	6.000	2,0
EWM-40	40	9,865	6.000	2,2
EWM-50	50	15,413	6.000	2,4

<sup>89)</sup> Material X90 (1.4112)



Bestellschlüssel

Type Größe Optionen

EWM - 06 - 2000



**Verfügbare Wellenwerkstoffe:**

- 1.4125 oder 1.4112, gehärtet/geschliffen ▶ EWM
- 1.4034, gehärtet/geschliffen ▶ EEW
- 1.4301, gezogen ▶ EWMR
- 1.4571, gezogen ▶ EWMS

**Abmessungen [mm] – Edelstahl 1.4034 gehärtet**

Art.-Nr.	d	Gewicht [kg/m]	max. Länge	Einhärttiefe (bei 1.4034)
EEWM-06	06	0,222	3.000	0,8
EEWM-08	08	0,359	4.000	0,9
EEWM-10	10	0,617	4.000	0,9
EEWM-12	12	0,888	6.000	1,0
EEWM-16	16	1,578	6.000	1,2
EEWM-20	20	2,466	6.000	1,6
EEWM-25	25	3,853	6.000	1,8
EEWM-30	30	5,549	6.000	2,0
EEWM-40	40	9,865	6.000	2,2
EEWM-50	50	15,413	6.000	2,4

**Abmessungen [mm] – Edelstahl 1.4301 (EWMR) oder 1.4571 gezogen (EWMS)**

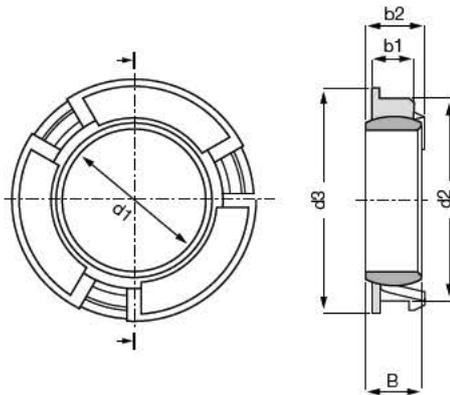
Art.-Nr.	d	Gewicht [kg/m]	max. Länge
EWMR-10	10	0,617	3.000
EWMS-10	10	0,617	3.000
EWMR-12	12	0,888	3.000
EWMR-16	16	1,578	3.000
EWMR-20	20	2,466	3.000
EWMS-20	20	2,466	3.000
EWMR-25	25	3,853	3.000
EWMR-30	30	5,549	3.000



Bestellbeispiel:

EWM-16-600: Stahwelle Ø 16 mm aus 1.4125, 500 mm lang

## Clips-Gelenklager: ECLM



### Bestellschlüssel

Typ

Größe

**E CL M -05-02**

Maßreihe E

Clips-Gelenklager

metrisch

Innen-Ø [mm]

Blechstärke



### Material:

Gehäuse: igumid G ▶ Seite 1235

Kalotte: iglidur® J ▶ Seite 100

- Sehr einfache Montage durch Einclipsen in Bleche
- Keine zusätzliche axiale Sicherung nötig
- Extrem geringer Bauraum: Platz sparende, dünnwandige Konstruktion

## Belastungsdaten

Art.-Nr.	maximale statische kurzzeitige Druckbelastung		maximale statische langzeitige Druckbelastung		Gewicht [g]
	radial [N]	axial [N]	radial [N]	axial [N]	
	ECLM-05-02	700	25	350	
ECLM-06-02	700	25	350	12,5	0,5
ECLM-08-02	1.000	25	500	12,5	0,5
ECLM-10-03	1.400	30	700	15,0	0,8
ECLM-12-03	1.800	20	900	10,0	0,8
ECLM-16-03	2.800	40	1.400	20,0	1,1

## Abmessungen [mm]

Art.-Nr.	d1	B	d2	d3	Blechdicke	b1	b2	maximaler Kippwinkel
	E10				y			
ECLM-05-02	5	6,0	12	13	2,0	3,9	6,0	25°
ECLM-06-02	6	6,0	12	13	2,0	3,9	6,0	18°
ECLM-08-02	8	6,0	14	15	2,0	3,9	6,0	16°
ECLM-10-03	10	6,0	16	17	3,0	4,5	6,7	12°
ECLM-12-03	12	6,0	18	19	3,0	4,5	6,7	12°
ECLM-16-03	16	6,0	22	24	3,0	4,5	6,7	12°



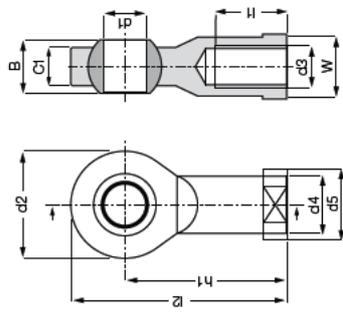
**Gelenkkopf mit Innengewinde: KBRM und KBLM**



- Wartungsfreier Trockenlauf
- Hohe Steifigkeit
- Sehr hohe Dauerfestigkeit bei wechselnden Belastungen
- Ausgleich von Fluchtungsfehlern
- Ausgleich von Kantenbelastungen
- Unempfindlich gegen Schmutz, Staub und Flusen
- Korrosions- und chemikalienbeständig
- Hohes Dämpfungsvermögen
- Geeignet für rotierende, oszillierende und lineare Bewegungen
- Sehr geringes Gewicht
- Maßreihe K in Anlehnung an DIN ISO 12240
- Ausführung mit Edelstahlhülse in der Kalotte für erhöhtes Anzugsdrehmoment
- Paßschraube mit Sicherungsring erhältlich  
 ▶ Zubehör, Seite 748

**Standardausführung**  
 mit Edelstahlhülse (MH)

**Gelenkkopf mit Innengewinde: KBRM und KBLM**



**Bestellschlüssel**

Typ	Größe (mm)	Optionen
<b>K B ... M- 02</b>		
Maßreihe K	Gewinde (Innengewinde)	Gewinde
	metrisch	L = Linksgewinde R = Rechtsgewinde
	Innen-Ø	

**Material:**  
 Gehäuse: igurid G ▶ Seite 1433  
 Kalotte: iglidur® W300 ▶ Seite 153

**Inch**  
 ▶ Seite 1398

**Technische Daten**

Art.-Nr.	max. stat. Zugbelastung [N]	min. Ein-Schraubtiefe [mm]	max. Anziehdrehmoment durch Kalotte [Nm]	max. Anziehdrehmoment ohne Edelstahlhülse [Nm]	max. Anziehdrehmoment durch Kalotte mit Edelstahlhülse [Nm]	Gewicht [g]			
KBRM-02	200	100	50	25	4	0,30	1	-	0,4
KBRM-03	800	400	100	50	5	0,50	2	4	2,7
KBRM-05 M4	1.000	500	250	125	7	0,75	5	12	3,5
KBRM-05	1.000	500	250	125	7	1,00	5	12	3,4
KBRM-06	1.400	700	400	200	8	1,50	10	15	4,7
KBRM-08	2.100	1.050	700	350	11	5,00	12	40	8,6
KBRM-10	3.100	1.550	800	400	13	15,00	20	50	14,6
KBRM-10 F	3.100	1.550	800	400	13	6,00	20	50	14,6
KBRM-12 <sup>(9)</sup>	3.600	1.800	900	450	15	20,00	30	70	22,0
KBRM-12 F	3.600	1.800	900	450	15	15,00	30	70	22,0
KBRM-14	4.000	2.000	1.000	500	17	25,00	35	75	30,9
KBRM-16	4.200	2.100	1.300	650	19	30,00	40	110	39,6
KBRM-16 F	4.200	2.100	1.300	650	19	27,50	40	110	39,6
KBRM-18	4.600	2.300	1.600	800	21	45,00	45	150	55,0
KBRM-20	5.400	2.700	2.100	1.050	22	60,00	55	200	73,5
KBRM-20 M20	5.400	2.700	2.100	1.050	22	60,00	55	200	73,5
KBRM-22	7.000	3.500	2.300	1.100	25	75,00	60	-	94,8
KBRM-25	8.500	4.250	2.300	1.150	28	120,00	60	-	119,8
KBRM-30	10.500	5.250	2.500	1.250	34	135,00	60	-	177,0
KBRM-30 M27x2	10.500	5.250	2.500	1.250	34	135,00	60	-	189,6

<sup>12)</sup> Sechskant-Gehäuse. Zeichnung wie KBRM, Seite 651

**Abmessungen [mm]**

Art.-Nr.	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12	d13	d14	d15	d16	d17	d18	d19	d20	d21	d22	d23	d24	d25	d26	d27	d28	d29	d30	d31	d32	d33	d34	d35	d36	d37	d38	d39	d40	d41	d42	d43	d44	d45	d46	d47	d48	d49	d50	d51	d52	d53	d54	d55	d56	d57	d58	d59	d60	d61	d62	d63	d64	d65	d66	d67	d68	d69	d70	d71	d72	d73	d74	d75	d76	d77	d78	d79	d80	d81	d82	d83	d84	d85	d86	d87	d88	d89	d90	d91	d92	d93	d94	d95	d96	d97	d98	d99	d100
KBRM-02	02	9	M02	4,0	4,6	3,0	4	-	12,5	6	17	SW04	30°																																																																																							
KBRM-03	03	13	M03	6,5	8,0	4,5	6	6,2	18,5	8	25	SW06	30°																																																																																							
KBRM-05 M4	05	18	M04	9,0	12,0	6,0	8	8,2	27	10	36	SW09	30°																																																																																							
KBRM-05	05	18	M05	9,0	12,0	6,0	8	8,2	27	10	36	SW09	30°																																																																																							
KBRM-06	06	20	M06	10,0	13,0	7,0	9	9,2	30	12	40	SW11	29°																																																																																							
KBRM-08	08	24	M08	13,0	16,0	9,0	12	12,2	36	16	48	SW14	25°																																																																																							
KBRM-10	10	30	M10	15,0	19,0	10,5	14	14,2	43	20	58	SW17	25°																																																																																							
KBRM-10 F	10	30	M10x1,25	15,0	19,0	10,5	14	14,2	43	20	58	SW17	25°																																																																																							
KBRM-12	12	34	M12	-	-	-	12,0	16	16,2	50	25	67	SW17	25°																																																																																						
KBRM-12 F	12	34	M12x1,25	18,0	22,0	12,0	16	16,2	50	25	67	SW19	25°																																																																																							
KBRM-14	14	38	M14	20,0	25,0	13,5	19	19,2	57	25	76	SW22	25°																																																																																							
KBRM-16	16	42	M16	22,0	27,0	15,0	21	21,2	64	28	85	SW22	23°																																																																																							
KBRM-16 F	16	42	M16x1,5	22,0	27,0	15,0	21	21,2	64	28	85	SW22	23°																																																																																							
KBRM-18	18	46	M18x1,5	25,0	31,0	16,5	23	23,2	71	32	94	SW27	23°																																																																																							
KBRM-20	20	50	M20x1,5	28,0	34,0	18,0	25	25,2	77	33	102	SW30	23°																																																																																							
KBRM-20 M20	20	50	M20x2,5	28,0	34,0	18,0	25	25,2	77	33	102	SW30	23°																																																																																							
KBRM-22	22	56	M22x1,5	30,0	37,0	20,0	28	-	84	37	112	SW32	22°																																																																																							
KBRM-25	25	60	M24x2,0	32,0	41,0	22,0	31	-	94	42	124	SW36	22°																																																																																							
KBRM-30	30	70	M30x2,0	37,0	50,0	25,0	37	-	110	50	145	SW41	22°																																																																																							
KBRM-30 M27x2	30	70	M27x2,0	37,0	50,0	25,0	37	-	110	50	145	SW41	22°																																																																																							

Gelenkköpfe in metrischen Abmessungen mit Edelstahlhülse können bestellt werden mit dem Zusatz MH hinter den hier aufgelisteten Bestellnummern. Beispiel: KBRM-10 MH (Innen-Ø: 10 mm).

## Product: iglidur® G

19.11.2013

### General Properties:

density:	1.46 g/cm <sup>3</sup>
colour:	dark grey
saturation with moisture absorption at 23°C / 50% r. h.:	0.7 weight %
saturation with water:	4.0 weight %

### Mechanical Properties:

flexural modulus:	7800 MPa
flexural strength:	210 MPa
max. permissible surface pressure at 20 °C:	80 MPa
Shore D hardness:	81

### Thermal Properties:

highest long term service temperature <sup>1)</sup> :	130°C
highest short term service temperature <sup>1), 2)</sup> :	220°C
highest short term ambient temperature <sup>1), 2)</sup> :	220°C
lowest service temperature:	-40°C

### Electrical Properties:

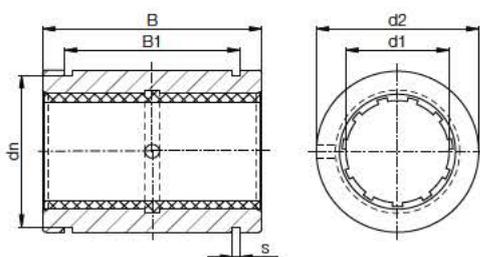
specific volume resistivity:	>10 <sup>13</sup> Ωcm
surface resistivity:	>10 <sup>11</sup> Ω

<sup>1)</sup> relaxation possible

<sup>2)</sup> without additional load; no movement



Bestellschlüssel



Typ Größe

**R J U M-01-10**

Geschlossen	iglidur® J	Gleitfolie	Metrisch	Standard	d1
-------------	------------	------------	----------	----------	----

● Sicherung über Sicherungsringe



<sup>78)</sup> gemäß igus® Prüfmethode ► Seite 1000

<sup>81)</sup> Ø < 10 mm mit eingepressten zyl. Gleitlagern

<sup>82)</sup> Konstruktionshinweis ► Seite 944

Bitte beachten Sie: Einbauhinweise ► Seite 945

### Technische Daten

Art.-Nr.	d1-Toleranz <sup>78)</sup> [mm]	Fmax. dynamisch <sup>82)</sup>		Fmax. statisch <sup>82)</sup>		Gewicht [g]
		P = 5 MPa [N]	P = 35 MPa [N]	P = 35 MPa [N]	P = 35 MPa [N]	
RJZM-01-05 <sup>81)</sup>	+0,025 +0,060	525	3.675	3.675	5	
RJZM-01-06 <sup>81)</sup>	+0,025 +0,060	525	3.675	3.675	5	
RJZM-01-08 <sup>81)</sup>	+0,032 +0,070	960	6.720	6.720	9	
RJUM-01-10	+0,030 +0,088	725	5.075	5.075	14	
RJUM-01-12	+0,030 +0,088	960	6.720	6.720	21	
RJUM-01-16	+0,030 +0,088	1.440	10.080	10.080	28	
RJUM-01-20	+0,030 +0,091	2.250	15.750	15.750	49	
RJUM-01-25	+0,030 +0,091	3.625	25.375	25.375	108	
RJUM-01-30	+0,040 +0,110	5.100	35.700	35.700	162	
RJUM-01-40	+0,040 +0,115	8.000	56.000	56.000	334	
RJUM-01-50	+0,050 +0,130	9.000	87.500	87.500	579	
RJUM-01-60	+0,050 +0,140	12.000	120.000	120.000	1.070	

### Abmessungen [mm]

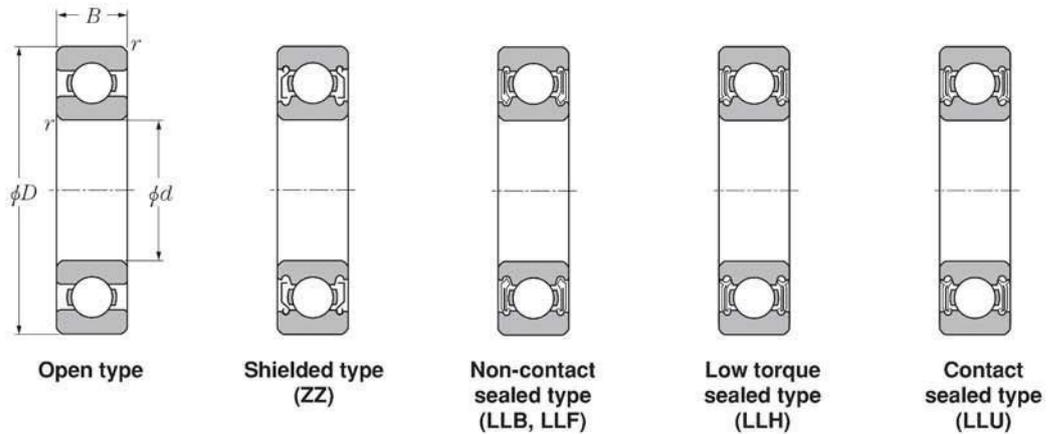
d1	d2	B	B1	s	dn	Art.-Nr.
	h7	h10	H10	H10	h10	
5	12	22	14,2	1,10	11,5	RJZM-01-05 <sup>81)</sup>
6	12	22	14,2	1,10	11,5	RJZM-01-06 <sup>81)</sup>
8	16	25	16,2	1,10	15,2	RJZM-01-08 <sup>81)</sup>
10	19	29	21,6	1,30	17,5	RJUM-01-10
12	22	32	22,6	1,30	20,5	RJUM-01-12
16	26	36	24,6	1,30	24,2	RJUM-01-16
20	32	45	31,2	1,60	29,6	RJUM-01-20
25	40	58	43,7	1,85	36,5	RJUM-01-25
30	47	68	51,7	1,85	43,5	RJUM-01-30
40	62	80	60,3	2,15	57,8	RJUM-01-40
50	75	100	77,3	2,65	70,5	RJUM-01-50
60	90	125	101,7	3,15	86,5	RJUM-01-60

# Rillenkugellager 61808-2RSR (Baureihe 618..-2RSR)

Hauptabmessungen nach DIN 625-1, beidseitig  
Lippendichtung

Das vorliegende Datenblatt ist nur eine Übersicht über Maße und Tragzahlen zum gewählten Produkt. Bitte beachten Sie unbedingt alle Hinweise in diesen Übersichtsseiten. Weiterführende Informationen finden Sie für viele Produkte unter dem Menüpunkt "Beschreibung". Außerdem können Sie umfangreiches Informationsmaterial auch über die Katalogauswahl (<http://www.fag.de/content.fag.de/de/mediathek/library/library.jsp>) oder Telefon +49 (91 32) 82 - 28 97 bestellen.

d	40 mm
D	52 mm
B	7 mm
d <sub>1</sub>	43,2 mm
D <sub>2</sub>	48,9 mm
Da	50 mm
max	
da	42 mm
min	
r <sub>a</sub>	0,3 mm
max	
r <sub>min</sub>	0,3 mm
m	0,035 kg Gewicht
C <sub>r</sub>	4900 N dynamische Tragzahl, radial
C <sub>0r</sub>	3750 N statische Tragzahl, radial
n <sub>G</sub>	6100 1/min Grenzdrehzahl
C <sub>ur</sub>	191 N Ermüdungsgrenzbelastung, radial
f <sub>0</sub>	14,6 Berechnungsfaktor



## d 10 ~ 20mm

d	Boundary dimensions				Basic load ratings				Factor	Limiting speeds				Bearing numbers					
	mm				kN		kgf			grease open type ZZ LLB	oil open type Z LB		LLH	LLU	open type	shielded type	non- contact sealed type	low torque sealed type	contact sealed type
	D	B	$r_{s\min}^{1)}$	$r_{NS\min}$	$C_r$	$C_{or}$	$C_r$	$C_{or}$			$f_0$	min <sup>-1</sup>							
10	15	3	0.1	—	0.855	0.435	87	44	15.7	10 000	12 000	—	—	6700	—	—	—	—	
	19	5	0.3	—	1.83	0.925	187	94	14.8	32 000	38 000	—	24 000	6800	ZZ	LLB	—	LLU	
	22	6	0.3	0.3	2.7	1.27	275	129	14.0	30 000	36 000	—	21 000	6900	ZZ	LLB	—	LLU	
	26	8	0.3	—	4.55	1.96	465	200	12.4	29 000	34 000	25 000	21 000	6000	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	30	9	0.6	0.5	5.10	2.39	520	244	13.2	25 000	30 000	21 000	18 000	6200	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	35	11	0.6	0.5	8.20	3.50	835	355	11.4	23 000	27 000	20 000	16 000	6300	ZZ	LLB	LLH	LLU	
12	18	4	0.2	—	0.930	0.530	95	54	16.2	8 300	9 500	—	—	6701	—	LLF	—	—	
	21	5	0.3	—	1.92	1.04	195	106	15.3	29 000	35 000	—	20 000	6801	ZZ	LLB	—	LLU	
	24	6	0.3	0.3	2.89	1.46	295	149	14.5	27 000	32 000	—	19 000	6901	ZZ	LLB	—	LLU	
	28	7	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	—	—	16001	—	—	—	—	
	28	8	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	21 000	18 000	6001	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	32	10	0.6	0.5	6.10	2.75	620	280	12.7	22 000	26 000	20 000	16 000	6201	ZZ	LLB	LLH	LLU	
15	37	12	1	0.5	9.70	4.20	990	425	11.1	20 000	24 000	19 000	15 000	6301	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	21	4	0.2	—	0.940	0.585	96	59	16.5	6 600	7 600	—	—	6702	—	LLF	—	—	
	24	5	0.3	—	2.08	1.26	212	128	15.8	26 000	31 000	—	17 000	6802	ZZ	LLB	—	LLU	
	28	7	0.3	0.3	3.65	2.00	375	204	14.8	24 000	28 000	—	16 000	6902	ZZ	LLB	—	LLU	
	32	8	0.3	—	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	—	—	16002	—	—	—	—	
	32	9	0.3	0.3	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	18 000	15 000	6002	ZZ	LLB	LLH	LLU	
17	35	11	0.6	0.5	7.75	3.60	790	365	12.7	19 000	23 000	18 000	15 000	6202	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	42	13	1	0.5	11.4	5.45	1 170	555	12.3	17 000	21 000	15 000	12 000	6302	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	23	4	0.2	—	1.00	0.660	102	67	16.3	5 000	6 700	—	—	6703	—	LLF	—	—	
	26	5	0.3	—	2.23	1.46	227	149	16.1	24 000	28 000	—	15 000	6803	ZZ	LLB	—	LLU	
	30	7	0.3	0.3	4.65	2.58	475	263	14.7	22 000	26 000	—	14 000	6903	ZZ	LLB	—	LLU	
	35	8	0.3	—	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	—	—	16003	—	—	—	—	
20	35	10	0.3	0.3	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	16 000	14 000	6003	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	40	12	0.6	0.5	9.60	4.60	980	465	12.8	18 000	21 000	15 000	12 000	6203	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	47	14	1	0.5	13.5	6.55	1 380	665	12.2	16 000	19 000	14 000	11 000	6303	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	62	17	1.1	—	22.7	10.8	2 320	1 100	11.1	14 000	16 000	—	—	6403	—	—	—	—	
	27	4	0.2	—	1.04	0.730	106	74	16.1	5 000	5 700	—	—	6704	—	LLF	—	—	
	32	7	0.3	0.3	4.00	2.47	410	252	15.5	21 000	25 000	—	13 000	6804	ZZ	LLB	—	LLU	
20	37	9	0.3	0.3	6.40	3.70	650	375	14.7	19 000	23 000	—	12 000	6904	ZZ	LLB	—	LLU	
	42	8	0.3	—	7.90	4.50	810	455	14.5	18 000	21 000	—	—	16004	—	—	—	—	
	42	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	18 000	21 000	13 000	11 000	6004	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	47	14	1	0.5	12.8	6.65	1 310	680	13.2	16 000	18 000	12 000	10 000	6204	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	52	15	1.1	0.5	15.9	7.90	1 620	805	12.4	14 000	17 000	12 000	10 000	6304	ZZ	LLB	LLH	LLU	

1) Smallest allowable dimension for chamfer dimension r.

# Rillenkugellager 6010-2Z (Baureihe 60..-2Z)

Hauptabmessungen nach DIN 625-1, beidseitig  
Spaltdichtung

Das vorliegende Datenblatt ist nur eine Übersicht über Maße und Tragzahlen zum gewählten Produkt. Bitte beachten Sie unbedingt alle Hinweise in diesen Übersichtsseiten. Weiterführende Informationen finden Sie für viele Produkte unter dem Menüpunkt "Beschreibung". Außerdem können Sie umfangreiches Informationsmaterial auch über die Katalogauswahl (<http://www.fag.de/content.fag.de/de/mediathek/library/library.jsp>) oder Telefon +49 (91 32) 82 - 28 97 bestellen.

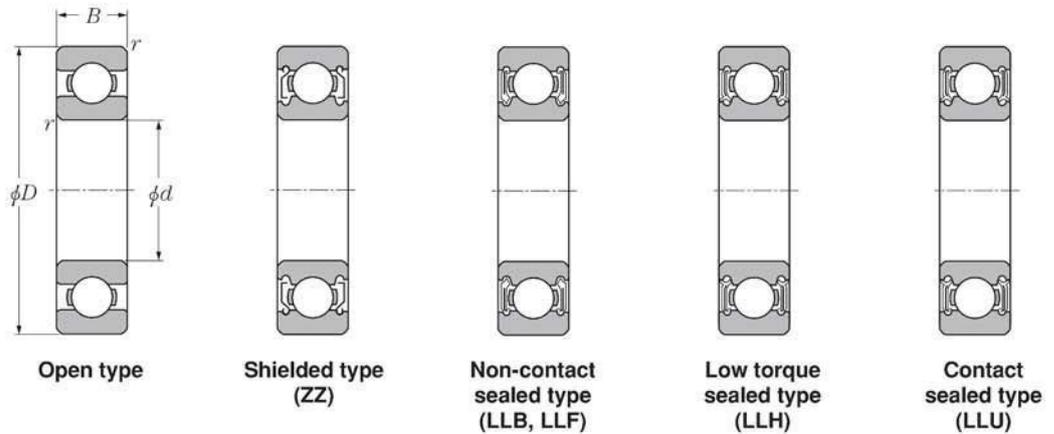
d	50 mm
D	80 mm
B	16 mm
d <sub>1</sub>	59,8 mm
D <sub>2</sub>	72,9 mm
Da	75,4 mm
max	
da	54,6 mm
min	
r <sub>a</sub>	1 mm
max	
r <sub>min</sub>	1 mm
m	0,282 kg Gewicht
C <sub>r</sub>	22000 N dynamische Tragzahl, radial
C <sub>0r</sub>	15800 N statische Tragzahl, radial
n <sub>G</sub>	10400 1/min Grenzdrehzahl
n <sub>B</sub>	8900 1/min Bezugsdrehzahl
C <sub>ur</sub>	770 N Ermüdungsgrenzbelastung, radial

# Rillenkugellager 6012-2Z (Baureihe 60..-2Z)

Hauptabmessungen nach DIN 625-1, beidseitig  
Spaltdichtung

Das vorliegende Datenblatt ist nur eine Übersicht über Maße und Tragzahlen zum gewählten Produkt. Bitte beachten Sie unbedingt alle Hinweise in diesen Übersichtsseiten. Weiterführende Informationen finden Sie für viele Produkte unter dem Menüpunkt "Beschreibung". Außerdem können Sie umfangreiches Informationsmaterial auch über die Katalogauswahl (<http://www.fag.de/content.fag.de/de/mediathek/library/library.jsp>) oder Telefon +49 (91 32) 82 - 28 97 bestellen.

d	60 mm
D	95 mm
B	18 mm
d <sub>1</sub>	71,3 mm
D <sub>2</sub>	86 mm
Da	89 mm
max	
da	66 mm
min	
r <sub>a</sub>	1 mm
max	
r <sub>min</sub>	1,1 mm
m	0,431 kg Gewicht
C <sub>r</sub>	31500 N dynamische Tragzahl, radial
C <sub>0r</sub>	23200 N statische Tragzahl, radial
n <sub>G</sub>	8500 1/min Grenzdrehzahl
n <sub>B</sub>	7600 1/min Bezugsdrehzahl
C <sub>ur</sub>	1190 N Ermüdungsgrenzbelastung, radial
f <sub>0</sub>	15,6 Berechnungsfaktor



## d 10 ~ 20mm

d	Boundary dimensions				Basic load ratings				Factor	Limiting speeds				Bearing numbers					
	mm				kN		kgf			f <sub>0</sub>	min <sup>-1</sup>				open type	shielded type	non-contact sealed type	low torque sealed type	contact sealed type
	D	B	r <sub>s min</sub> <sup>1)</sup>	r <sub>NS min</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>	C <sub>r</sub>	C <sub>or</sub>			grease open type ZZ	oil open type LLB	Z	LLH					
10	15	3	0.1	—	0.855	0.435	87	44	15.7	10 000	12 000	—	—	6700	—	—	—	—	
	19	5	0.3	—	1.83	0.925	187	94	14.8	32 000	38 000	—	24 000	6800	ZZ	LLB	—	LLU	
	22	6	0.3	0.3	2.7	1.27	275	129	14.0	30 000	36 000	—	21 000	6900	ZZ	LLB	—	LLU	
	26	8	0.3	—	4.55	1.96	465	200	12.4	29 000	34 000	25 000	21 000	6000	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	30	9	0.6	0.5	5.10	2.39	520	244	13.2	25 000	30 000	21 000	18 000	6200	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	35	11	0.6	0.5	8.20	3.50	835	355	11.4	23 000	27 000	20 000	16 000	6300	ZZ	LLB	LLH	LLU	
12	18	4	0.2	—	0.930	0.530	95	54	16.2	8 300	9 500	—	—	6701	—	LLF	—	—	
	21	5	0.3	—	1.92	1.04	195	106	15.3	29 000	35 000	—	20 000	6801	ZZ	LLB	—	LLU	
	24	6	0.3	0.3	2.89	1.46	295	149	14.5	27 000	32 000	—	19 000	6901	ZZ	LLB	—	LLU	
	28	7	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	—	—	16001	—	—	—	—	
	28	8	0.3	—	5.10	2.39	520	244	13.2	26 000	30 000	21 000	18 000	6001	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	32	10	0.6	0.5	6.10	2.75	620	280	12.7	22 000	26 000	20 000	16 000	6201	ZZ	LLB	LLH	LLU	
15	21	4	0.2	—	0.940	0.585	96	59	16.5	6 600	7 600	—	—	6702	—	LLF	—	—	
	24	5	0.3	—	2.08	1.26	212	128	15.8	26 000	31 000	—	17 000	6802	ZZ	LLB	—	LLU	
	28	7	0.3	0.3	3.65	2.00	375	204	14.8	24 000	28 000	—	16 000	6902	ZZ	LLB	—	LLU	
	32	8	0.3	—	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	—	—	16002	—	—	—	—	
	32	9	0.3	0.3	5.60	2.83	570	289	13.9	22 000	26 000	18 000	15 000	6002	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	35	11	0.6	0.5	7.75	3.60	790	365	12.7	19 000	23 000	18 000	15 000	6202	ZZ	LLB	LLH	LLU	
17	23	4	0.2	—	1.00	0.660	102	67	16.3	5 000	6 700	—	—	6703	—	LLF	—	—	
	26	5	0.3	—	2.23	1.46	227	149	16.1	24 000	28 000	—	15 000	6803	ZZ	LLB	—	LLU	
	30	7	0.3	0.3	4.65	2.58	475	263	14.7	22 000	26 000	—	14 000	6903	ZZ	LLB	—	LLU	
	35	8	0.3	—	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	—	—	16003	—	—	—	—	
	35	10	0.3	0.3	6.80	3.35	695	345	13.6	20 000	24 000	16 000	14 000	6003	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	40	12	0.6	0.5	9.60	4.60	980	465	12.8	18 000	21 000	15 000	12 000	6203	ZZ	LLB	LLH	LLU	
20	27	4	0.2	—	1.04	0.730	106	74	16.1	5 000	5 700	—	—	6704	—	LLF	—	—	
	32	7	0.3	0.3	4.00	2.47	410	252	15.5	21 000	25 000	—	13 000	6804	ZZ	LLB	—	LLU	
	37	9	0.3	0.3	6.40	3.70	650	375	14.7	19 000	23 000	—	12 000	6904	ZZ	LLB	—	LLU	
	42	8	0.3	—	7.90	4.50	810	455	14.5	18 000	21 000	—	—	16004	—	—	—	—	
	42	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	18 000	21 000	13 000	11 000	6004	ZZ	LLB	LLH	LLU	
	47	14	1	0.5	12.8	6.65	1 310	680	13.2	16 000	18 000	12 000	10 000	6204	ZZ	LLB	LLH	LLU	
20	52	15	1.1	0.5	15.9	7.90	1 620	805	12.4	14 000	17 000	12 000	10 000	6304	ZZ	LLB	LLH	LLU	

1) Smallest allowable dimension for chamfer dimension r.



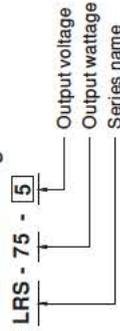
**■ Features**

- Universal AC input / Full range
- Withstand 300VAC surge input for 5 second
- No load power consumption < 0.2W
- Miniature size and 1U low profile
- High operating temperature up to 70°C
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Cooling by free air convection
- Compliance to IEC/EN 60335-1(PD3) and IEC/EN61558-1, -2-16 for household appliances
- Operating altitude up to 5000 meters (Note.7)
- Withstand 5G vibration test
- High efficiency, long life and high reliability
- LED indicator for power on
- 100% full load burn-in test
- 3 years warranty

**■ Description**

LRS-75 series is a 75W, single-output enclosed type power supply with 30mm of low profile design. Adopting the full range 85~264VAC input, the entire series provides an output voltage line of 5V, 12V, 15V, 24V, 36V and 48V.  
In addition to the high efficiency up to 91.5%, the design of metallic mesh case enhances the heat dissipation of LRS-75 that the whole series operates from -30°C through 70°C under air convection without a fan. Delivering an extremely low no load power consumption (less than 0.3W), it allows the end system to easily meet the worldwide energy requirement. LRS-75 has the complete protection functions and 5G anti-vibration capability; it is complied with the international safety regulations such as TUV EN60950-1, EN60335-1, EN61558-1/-2-16, UL60950-1 and GB4943. LRS-75 series serves as a high price-to-performance power supply solution for various industrial applications.

**■ Model Encoding**



**SPECIFICATION**

MODEL	LRS-75-5	LRS-75-12	LRS-75-15	LRS-75-24	LRS-75-36	LRS-75-48
DC VOLTAGE	5V	12V	15V	24V	36V	48V
RATED CURRENT	14A	6A	5A	3.2A	2.1A	1.6A
CURRENT RANGE	0 ~ 14A	0 ~ 6A	0 ~ 5A	0 ~ 3.2A	0 ~ 2.1A	0 ~ 1.6A
RATED POWER	70W	72W	75W	76.8W	76.8W	76.8W
RIPLE & NOISE (max.) Note.2	100mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	150mVp-p	200mVp-p	200mVp-p
VOLTAGE ADJ. RANGE	4.5 ~ 5.5V	10.2 ~ 13.8V	13.5 ~ 18V	21.6 ~ 28.8V	32.4 ~ 39.6V	43.2 ~ 52.8V
VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
LINE REGULATION Note.4	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
LOAD REGULATION Note.5	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
SETUP, RISE TIME	500ms, 30ms/230VAC	500ms, 30ms/115VAC	500ms, 30ms/115VAC	at full load		
HOLD UP TIME (Typ.)	60ms/230VAC	12ms/115VAC	at full load			
VOLTAGE RANGE	85 ~ 264VAC	120 ~ 373VDC				
FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz					
EFFICIENCY (Typ.)	86.5%	88%	88%	90%	91.5%	91.5%
AC CURRENT (Typ.)	1.4A/115VAC	0.85A/230VAC				
INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 50A/230VAC					
LEAKAGE CURRENT	< 0.75mA/240VAC					
OVER LOAD	110 ~ 150% rated output power					
PROTECTION	Protection type: Hiccup mode, recovers automatically after fault condition is removed					
OVER VOLTAGE	5.75 ~ 6.75V	13.8 ~ 16.2V	18.75 ~ 21.75V	28.8 ~ 33.6V	41.4 ~ 48.6V	55.2 ~ 64.8V
WORKING TEMP.	-30 ~ +70°C (Refer to "Derating Curve")					
WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing					
STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +65°C, 10 ~ 95% RH					
TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)					
VIBRATION	10 ~ 500Hz, 5G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes					
SAFETY STANDARDS	UL60950-1, TUV EN60950-1, EN60335-1, EN61558-1/-2-16, CCC GB4943 approved					
WITHSTAND VOLTAGE	IP-OP, IP-FG, OIP-FG: 2kVAC IP-FG: 2kVAC OIP-FG: 1.2kVAC					
ISOLATION RESISTANCE	IP-OP, IP-FG, OIP-FG: 100M Ohms/500VDC / 25°C / 70% RH					
EMC (Note 8)	Compliance to EN61000-4-2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, EN61000-6-2 (EN50082-2), heavy industry level, criteria A					
EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, EN61000-6-2 (EN50082-2), heavy industry level, criteria A					
MTBF	681.2K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)					
DIMENSION	99*97*30mm (L*W*H)					
PACKING	0.3kg, 45pcs/14.5kg (0.77CUFT)					
NOTE	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature.</li> <li>2. Ripple &amp; noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uF &amp; 47uF parallel capacitor.</li> <li>3. Tolerance: includes set up tolerance, line regulation and load regulation.</li> <li>4. Line regulation is measured from low line to high line at rated load.</li> <li>5. Load regulation is measured from 0% to 100% rated load.</li> <li>6. Length of set up time is measured at cold first start. Turning ON/OFF the power supply very quickly may lead to increase of the set up time.</li> <li>7. This ambient temperature derating of 5°C/1000m is needed for operating altitude greater than 2000m(6500ft).</li> <li>8. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. All the EMC tests are been executed by mounting the unit on a 360mm*360mm metal plate with 1mm of thickness. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMC testing of component power supplies." (as available on <a href="http://www.meanwell.com">http://www.meanwell.com</a>)</li> </ol>					



■ Features :

- Universal AC input / Full range
- AC input active surge current limiting
- Built-in 5V/0.5A auxiliary power
- Built-in active PFC function, PF>0.95
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage / Over temperature
- Output voltage can be trimmed between 40 ~ 110% of the rated output voltage
- Forced air cooling by built-in DC fan
- High power density 10.7w/inch<sup>3</sup>
- 1U low profile 41mm
- Active current sharing up to 4000W(3+1) (Note.8)
- DC OK Signal
- Built-in remote ON-OFF control
- Built-in remote sense function
- 5 years warranty



SPECIFICATION

MODEL	RSP-1000-12	RSP-1000-15	RSP-1000-24	RSP-1000-27	RSP-1000-48	
OUTPUT	DC VOLTAGE	12V	15V	24V	27V	48V
	RATED CURRENT	60A	50A	40A	37A	21A
	CURRENT RANGE	0 ~ 60A	0 ~ 50A	0 ~ 40A	0 ~ 37A	0 ~ 21A
	RATED POWER	720W	750W	960W	999W	1008W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	10 ~ 13.5V	13.5 ~ 16.5V	20 ~ 26.4V	24 ~ 30V	43 ~ 55V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	LOAD REGULATION	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	SETUP, RISE TIME	300ms, 50ms at full load				
HOLD UP TIME (Typ.)	16ms/230VAC 16ms/115VAC at full load					
INPUT	VOLTAGE RANGE Note.5	90 ~ 264VAC	127 ~ 370VDC			
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz				
	POWER FACTOR (Typ.)	0.95/230VAC	0.98/115VAC at full load			
	EFFICIENCY (Typ.)	83%	85%	88%	88%	90%
	AC CURRENT (Typ.)	12A/115VAC	6A/230VAC			
	INRUSH CURRENT (Typ.)	25A/115VAC	40A/230VAC			
	LEAKAGE CURRENT	<2.0mA / 240VAC				
PROTECTION	OVERLOAD	105 ~ 125% rated output power Protection type : Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed				
	OVER VOLTAGE	13.8 ~ 16.8V	17 ~ 20.5V	27.6 ~ 32.4V	31 ~ 36.5V	56.6 ~ 66.2V
	OVER TEMPERATURE	Shut down o/p voltage, recovers automatically after temperature goes down				
FUNCTION	AUXILIARY POWER(AUX)	5V @ 0.5A (+5%, -8%)				
	REMOTE ON/OFF CONTROL Note.6	Power on : short between on/off(pin6) & -S(pin2) on CN50 Power off : open between on/off(pin6) & -S(pin2) on CN50				
	DC OK SIGNAL	The TTL signal out, PSU turn on = 0 ~ 1V ; PSU turn off = 3.3 ~ 5.6V				
	OUTPUT VOLTAGE TRIM Note.6	Adjustment of output voltage is possible between 40 ~ 110% of rated output				
ENVIRONMENT	CURRENT SHARING(CS)Note.7	Please refer to function manual				
	WORKING TEMP.	-20 ~ +60°C (Refer to "Derating Curve")				
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing				
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH				
	TEMP. COEFFICIENT	±0.02%/°C (0 ~ 50°C)				
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes				
SAFETY & EMC (Note 4)	SAFETY STANDARDS	UL60950-1, TUV EN60950-1 approved				
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC				
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH				
	EMC EMISSION	Compliance to EN55022 (CISPR22), EN61000-3-2,-3				
	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, EN55024, EN61000-6-2, EN61204-3, heavy industry level, criteria A				
OTHERS	MTBF	116.75K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)				
	DIMENSION	295*127*41mm (L*W*H)				
	PACKING	1.95Kg; 6pcs/12.7Kg/1.15CUFT				
NOTE	<p>1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature.</p> <p>2. Ripple &amp; noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf &amp; 47uf parallel capacitor.</p> <p>3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation.</p> <p>4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. For guidance on how to perform these EMC tests, please refer to "EMI testing of component power supplies." (as available on <a href="http://www.meanwell.com">http://www.meanwell.com</a>)</p> <p>5. Derating may be needed under low input voltages. Please check the derating curve for more details.</p> <p>6. The power supply unit will have no output if the shorting connector is not assembled. It contains two shorting wires: one is from on/off(pin6) to -s(pin2) and the other is from Vco(pin8) to Vca(pin10). Please refer to function manual for details.</p> <p>7. In parallel connection, maybe only one unit operate if the total output load is less than 5% of rated load condition.</p> <p>8. Please consult MEAN WELL for applications of more units connecting in parallel.</p>					

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Leitspindelvergleich

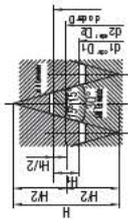
Ausführung	Miniaturgewindetrieb	Gewindetrieb	Kugeltreibtrieb	Kugeltreibtrieb ab geschliffen
Geometrie				
Eigenschaften	Einfache Zählung und Einzel-Positionierung. Wechselschritt in Schritt mit Kunststofftrieb für verteilte in betriebsgerä.	Optimal für hohe axial- und Radiallasten.	Kostenersparnis. Alternative wenn Präzision von Kugeltreibtrieb-geräten nicht erforderlich ist.	Optimal, wenn hohe Positioniergenauigkeit und -geschwindigkeit erforderlich sind.
Anwendungen-Beispiele	Antrieb von kleinen und großen Robotern im Um.	Lager-Rollarmtrieb für Werkzeugmaschinen in Betrieben.	Transferstreifen	Messinstrumente
Zulässige Drehzahl	Niedrige Drehzahl	Mittlere Drehzahl	Hohe Drehzahl	Hohe Drehzahl
Präzisionsgrad	★★	★★	★★★★	★★★★★
Zulässiger Axiallast Richtwert (N)	(max. 5A(N))	(max. 3000(N))	(max. 900(N))	(max. 900(N))

Sordiment: Gewindetriebe

Gewindetriebebaustellung	Geometrie	Rechtsgewinde	Links gewinde	Beidseitig Rechtsgewinde	Beidseitig links gewinde	Seite
Beidseitig abgesetzt		○	○	○	○	S. 801
Einseitig abgesetzt/Einseitig doppelt abgesetzt		○	○	○	○	S. 803
Einseitig abgesetzt/Einseitig doppelt abgesetzt		○	○	○	○	S. 805
Beidseitig doppelt abgesetzt		○	○	○	○	S. 807
Gerade		○	○	○	○	S. 808

Präzisionsnormen für Gewindetriebe

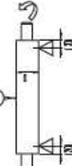
Artikel	Standard
Zulässige Maße und Toleranzen	JISB0217 Q218
Schraubenpräzision	Klasse 7e
Mittlerpräzision	Klasse 7H
Fehler Einzelsteigung	±0.02
Kumulativer Steigungsfehler	±0.15/300mm
Max. Wellenschlag	Steinmachergüte 12/6
Längstoleranz	ISO G6 (Mittlere Klasse)



Spezifikationsnormen für Trapezgewindetriebe

Wellen-Steigung	Gewindewellen-Steigung	Gesamtwellenanschlag (Max)																		
		125-200	201-315	315-400	401-500	501-630	631-800	801-1000	1001-1250	1251-1600	1601-2000									
8	1.5	0.14	0.21	0.27	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	2	0.09	0.16	0.21	0.27	0.35	0.46	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	2	0.09	0.16	0.21	0.27	0.35	0.46	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	3	0.09	0.16	0.21	0.27	0.35	0.46	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	3	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	4	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	4	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	5	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	5	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	5	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	6	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	6	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	6	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	6	0.11	0.13	0.16	0.2	0.25	0.32	0.42	0.55	0.73	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

• Schlagmessverfahren



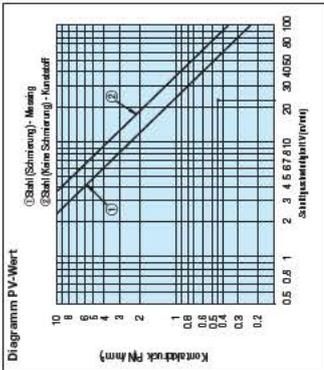
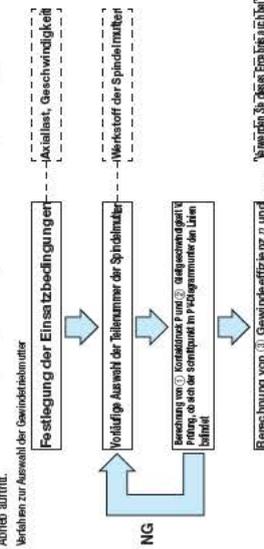
Spezifikationen für Gewindetriebmuttern

Wellen-Steigung	Teilenummer/Ausführung													
	MTS Standard	MTSJ Kompakt	MTSJR Führung	MTSOR/Langblecher	MTRFR/ReHS-konform	MTRBL/Spindel	MTRM Wartungsfrei	MTRF Hochfest-Kunststoff	MTRF Hochglanz-Ausführung	S. 795	S. 796	S. 797	S. 798	S. 799
8 1.5	1470	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 2	2550	2020	-	-	-	2550	-	-	-	2550	-	-	278	285
12 2	3920	3140	-	-	-	3920	-	-	-	3920	-	-	428	382
14 3	4900	3920	4900	-	-	4900	-	-	-	4900	-	-	536	480
16 3	6670	5340	6670	-	-	6670	-	-	-	6670	-	-	628	628
18 4	8720	-	-	-	-	8720	-	-	-	8720	-	-	954	873
20 4	9810	7850	9810	-	-	9810	-	-	-	9810	-	-	1071	980
22 5	12360	9980	12360	-	-	12360	-	-	-	12360	-	-	-	-
25 5	14220	11380	14220	-	-	14220	-	-	-	14220	-	-	-	-
28 6	17950	14420	17950	-	-	17950	-	-	-	17950	-	-	-	-
32 6	21080	16940	21080	-	-	21080	-	-	-	21080	-	-	-	-
36 6	25780	-	-	-	-	25780	-	-	-	25780	-	-	-	-
40 6	33830	-	-	-	-	33830	-	-	-	33830	-	-	-	-
50 8	40310	-	-	-	-	40310	-	-	-	40310	-	-	-	-

Technische Berechnungen für Gewindetriebe

Berechnen Sie Kontaktdruck P und Steiggeschwindigkeit V auf Grundlage der Einsatzbedingungen, um zu prüfen, dass kein ungewöhnlicher Verschleiß auftritt. Berechnen Sie den Schnittpunkt anhand der berechneten Werte P und V im PV-Diagramm. Ein Schnittpunkt unter der Linie ① oder ② im PV-Diagramm weist darauf hin, dass kein ungewöhnlicher Abrieb auftritt.

Verfahren zur Auswahl der Gewindetriebebaustellung



① Kontaktdruck P (N/mm²)

$P = \frac{F_s \cdot x}{F_0}$   
 $F_s$ : Axiallast (N)  
 $F_0$ : Zulässige dynamische Axiallast (N)  
 $x$ : Verhältnis der Axiallast zur zulässigen Axiallast  
 >> Spezifikationen für Spindelmaterialien  
 MTRFR/ReHS:  $x = 0.5$   
 MTRM:  $x = 0.3$   
 MTRF:  $x = 0.2$

② Gleitgeschwindigkeit V (m/min)

$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$   
 $d$ : Gewindewellen-Nenn-Ø  
 $n$ : Drehzahl (U/min)  
 >> Spezifikationen für Spindelmaterialien  
 MTRFR/ReHS:  $n = 100$   
 MTRM:  $n = 150$   
 MTRF:  $n = 200$

③ Gewindeeffizienz  $\eta$

$\eta = \frac{1 - \mu \cdot \tan(\alpha)}{1 + \mu \cdot \tan(\alpha)}$   
 $\mu$ : Dynamischer Reibungskoeffizient  
 $\alpha$ : Gewindeführungs-Winkel (Grad)

④ Lastmoment T (N-cm)

$T = \frac{F_s \cdot r}{2 \cdot \pi \cdot \eta}$   
 $F_s$ : Axiallast (N)  
 $r$ : Spindelradius (cm)

Berechnungsbeispiel

Bei Verwendung von Gewindewelle MTRFR16, Steigung 3, und Mutter MTRFR16 mit Messing-Busch, wenn der Axiallast 30(N) bei einer Wellendrehgeschwindigkeit von 500 (min<sup>-1</sup>) beträgt.

① Kontaktdruck P (N/mm²)  
 $P = \frac{F_s \cdot x}{F_0} = \frac{30 \cdot 0.5}{2550} = 0.0059$   
 ② Gleitgeschwindigkeit V (m/min)  
 $V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 14.5 \cdot 500}{60} = 379.9$   
 ③ Gewindeeffizienz  $\eta$   
 $\eta = \frac{1 - \mu \cdot \tan(\alpha)}{1 + \mu \cdot \tan(\alpha)} = \frac{1 - 0.2 \cdot \tan(3^\circ)}{1 + 0.2 \cdot \tan(3^\circ)} = 0.94$

Der Schnittpunkt der berechneten Werte  $V=379.9$  (m/min) und  $P=0.0059$  (N/mm²) liegt im PV-Diagramm unter der Linie ①. Dies weist darauf hin, dass kein ungewöhnlicher Abrieb auftritt.

Berechnungsbeispiel

Erforderliche Drehmoment bei Verwendung von Gewindewelle MTRFR16, Steigung 3 und Mutter MTRFR16 (Fruchtmutter)

③ Lastmoment T (N-cm)  
 $T = \frac{F_s \cdot r}{2 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{30 \cdot 0.7}{2 \cdot \pi \cdot 0.94} = 2.9$

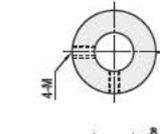
Eigenschaften: Große Toleranz für Fehlstellungen bei Radial- und Winkelversatz für Wellen mit bis zu max. Ø38.



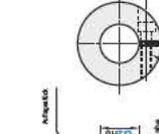
**Stellschraube**  
**MFJ** (Standardbohrung)



**Nabenklemmung**  
**MFJCLK** (Standardbohrung)



**Stellschraube**  
**MFJCLK** (Nabenklemmung)



**Nabenklemmung**  
**MFJCRK** (Standardbohrung)

**Stellschraube**  
Ausführung D: 44 14 15 16 18 20 22 25 26 28 30 35 38

**Nabenklemmung**  
Ausführung D: 44 14 15 16 18 20 22 25 26 28 30 35 38

Eigenschaften: Die Distanzschraube besteht aus Aluminiumbronze. Das zulässige Drehmoment ist doppelt so hoch wie bei der Kunststoffausführung (Baureihe MFJ).



**Stellschraube**  
**MFJGWK** (Nabenklemmung)



**Nabenklemmung**  
**MFCGWK** (Nabenklemmung)

**Stellschraube**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

**Nabenklemmung**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

Eigenschaften: Bei geringem Wellen-Ø sollte das Anzugmoment über dem angegebenen Wert liegen, um Schlag zu verhindern. Das angegebene Anzugmoment dient nur zur Information.



**Stellschraube**  
**MFJGWK** (Nabenklemmung)



**Nabenklemmung**  
**MFCGWK** (Nabenklemmung)

**Stellschraube**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

**Nabenklemmung**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

Eigenschaften: Die Distanzschraube besteht aus Aluminiumbronze. Das zulässige Drehmoment ist doppelt so hoch wie bei der Kunststoffausführung (Baureihe MFJ).



**Stellschraube**  
**MFJGWK** (Nabenklemmung)



**Nabenklemmung**  
**MFCGWK** (Nabenklemmung)

**Stellschraube**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

**Nabenklemmung**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

Eigenschaften: Bei geringem Wellen-Ø sollte das Anzugmoment über dem angegebenen Wert liegen, um Schlag zu verhindern. Das angegebene Anzugmoment dient nur zur Information.



**Stellschraube**  
**MFJGWK** (Nabenklemmung)



**Nabenklemmung**  
**MFCGWK** (Nabenklemmung)

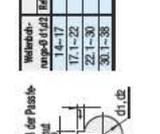
**Stellschraube**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

**Nabenklemmung**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

Eigenschaften: Die Distanzschraube besteht aus Aluminiumbronze. Das zulässige Drehmoment ist doppelt so hoch wie bei der Kunststoffausführung (Baureihe MFJ).



**Stellschraube**  
**MFJGWK** (Nabenklemmung)



**Nabenklemmung**  
**MFCGWK** (Nabenklemmung)

**Stellschraube**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

**Nabenklemmung**  
Ausführung D: 45 15 16 18 20 22 24 25 26 28 30 35

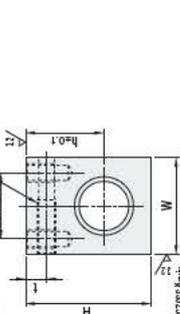
➊ Auch ohne Adapter für Spindelmutter einsetzbar. Kürzere Entwurfs- und Montagezeit für die Mutter.

■ Schmales Gehäuse



MTSBNR (Rechtsgewinde)  
 MTSBNL (Linksgewinde)

2-M6 Tiefel 2 Vorbohrung



Winkel: EN 12785/49°

Winkel: EN 12785/49°

Teilenummer Ausführung	Stel- lung P	h	W	H	L	L1	L2	W1	W2	M1	M2	t	Zulässige dynamische Axiallast (N)	Masse (g)	Stückpreis
10	2	20	20	30	24	16	-	12	8	M4	-	6	2,55	100	MTSMHR, MTSBHR
12	2	23	22	34	30	21	9	13	15	M5	M5	6	3,92	160	MTSMHR, MTSBHR
14	3	27	28	41	35	25	11	18	-	M6	M6	7	6,67	260	MTSMHR, MTSBHR
16	3	27	28	41	35	25	11	18	-	M6	M6	7	6,67	260	MTSMHR, MTSBHR
18	4	29	32	45	40	30	16	22	18	M6	M6	7	8,72	380	MTSMHR, MTSBHR
20	4	29	32	45	40	30	16	22	18	M6	M6	7	8,72	380	MTSMHR, MTSBHR
22	5	30	36	48	50	40	20	26	26	M8	M8	8	12,36	540	MTSMHR, MTSBHR
25	5	30	36	48	50	40	20	26	26	M8	M8	8	12,36	540	MTSMHR, MTSBHR
28	6	38	44	60	62	50	25	32	32	M8	M8	8	20,05	840	MTSMHR, MTSBHR
32	6	38	44	60	62	50	25	32	32	M8	M8	8	22,81	970	MTSMHR, MTSBHR

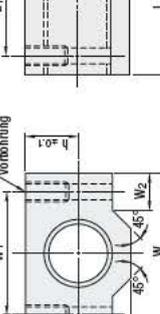
Ordering Example MTSBNR28

■ Breites Gehäuse  
 ■ Wartungsfrei



MTSMHR (Rechtsgewinde)  
 MTSBHR (Linksgewinde)

4-M6 Tiefel 2 Vorbohrung

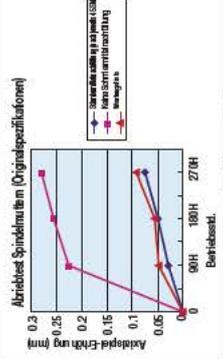


Winkel: EN 12785/49°

Winkel: EN 12785/49°

Teilenummer Ausführung	Stel- lung P	h	W	H	L	L1	L2	W1	W2	C	M	l	Zulässige dynamische Axiallast (N)	Masse (g)	Stückpreis
4	4	10	30	20	24	16	-	12	8	M4	-	6	2,55	100	MTSMHR, MTSBHR
5	5	11	38	22	30	20	9	13	15	M5	M5	6	3,92	160	MTSMHR, MTSBHR
6	6	11	38	22	30	20	9	13	15	M5	M5	6	3,92	160	MTSMHR, MTSBHR
7	7	14	44	26	35	24	11	18	-	M6	M6	7	6,67	260	MTSMHR, MTSBHR
8	8	14	44	26	35	24	11	18	-	M6	M6	7	6,67	260	MTSMHR, MTSBHR
9	9	16	48	32	40	28	16	22	18	M6	M6	7	8,72	380	MTSMHR, MTSBHR
10	10	16	48	32	40	28	16	22	18	M6	M6	7	8,72	380	MTSMHR, MTSBHR
11	11	20	62	38	50	34	20	26	26	M8	M8	8	12,36	540	MTSMHR, MTSBHR
12	12	20	62	38	50	34	20	26	26	M8	M8	8	12,36	540	MTSMHR, MTSBHR
13	13	25	68	47	56	40	25	32	32	M8	M8	8	20,05	840	MTSMHR, MTSBHR
14	14	25	68	47	56	40	25	32	32	M8	M8	8	22,81	970	MTSMHR, MTSBHR

Ordering Example MTSMHR20



Merkmale wartungsfreie Spindelmutter  
 Wie aus dem Messergebnis rechtlich hervorgeht, erreichen wartungsfreie Mütter von MTSMHR das Lebensdauerniveau von MTSBHR (45-Stunden-Intervall).  
 Wartungsfreier Betrieb nach stromloser Schrägung, äußerst leistungsstark, besonders bei Betrieb bei niedriger Geschwindigkeit.

■ Halterungen für Trapezgewindetriebre

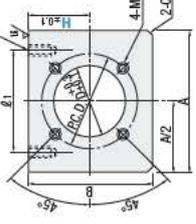
■ Schmales Gehäuse  
 ■ Wartungsfrei



Ausführung (Winkel) (Rechtsgewinde)  
 DNBB EN 1191 Schweißbohrer  
 DNBM Äquivalent Drehmoment  
 DNBA Minimum in Mill für Abstand

Winkel: EN 12785/49°

Winkel: EN 12785/49°



Teilenummer Ausführung	Nr.	H	A	B	ht	M1x2	D	Ø1	L	Ø2	M2x2	Verfügbare Mütter	Stückpreis
284	20	25	30	40	40	M4x7	20	30	24	6	M4x8	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12	12,14
315	22	25	30	40	40	M4x7	22	35	30	6	M4x10	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12	16
346	27	30	35	50	50	M6x10	28	45	34	18	M6x12	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12	18,20
426	29	30	35	40	50	M6x10	32	50	39	8	M6x16	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12	22,25
476	32	35	40	50	50	M6x12	36	50	46	30	M6x16	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12	36
588	40	45	50	60	60	M8x12	44	60	48	32	M8x16	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12	40
668	43	45	50	60	60	M8x12	52	65	52	36	M8x16	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12	40
7610	50	55	60	70	70	M10x14	58	75	60	40	M10x20	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12	50
8540	58	60	70	116	116	M14x18	68	85	70	50	M14x20	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12	50

Der Adapter für Spindelmutter in Kombination mit Rundschraube oder Spindelmutter mit Oxidationschutz verwenden.

Ordering Example DNBB315

Ordering Example DNBB315

Ordering Example MTSR, MTSR

Option	Code	Spez.
H-Maß	HC	M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12, M16, M20, M25, M30, M36, M40, M45, M50, M55, M60, M65, M70, M75, M80, M85, M90, M95, M100, M105, M110, M115, M120, M125, M130, M135, M140, M145, M150, M155, M160, M165, M170, M175, M180, M185, M190, M195, M200, M205, M210, M215, M220, M225, M230, M235, M240, M245, M250, M255, M260, M265, M270, M275, M280, M285, M290, M295, M300, M305, M310, M315, M320, M325, M330, M335, M340, M345, M350, M355, M360, M365, M370, M375, M380, M385, M390, M395, M400, M405, M410, M415, M420, M425, M430, M435, M440, M445, M450, M455, M460, M465, M470, M475, M480, M485, M490, M495, M500, M505, M510, M515, M520, M525, M530, M535, M540, M545, M550, M555, M560, M565, M570, M575, M580, M585, M590, M595, M600, M605, M610, M615, M620, M625, M630, M635, M640, M645, M650, M655, M660, M665, M670, M675, M680, M685, M690, M695, M700, M705, M710, M715, M720, M725, M730, M735, M740, M745, M750, M755, M760, M765, M770, M775, M780, M785, M790, M795, M800, M805, M810, M815, M820, M825, M830, M835, M840, M845, M850, M855, M860, M865, M870, M875, M880, M885, M890, M895, M900, M905, M910, M915, M920, M925, M930, M935, M940, M945, M950, M955, M960, M965, M970, M975, M980, M985, M990, M995, M1000, M1005, M1010, M1015, M1020, M1025, M1030, M1035, M1040, M1045, M1050, M1055, M1060, M1065, M1070, M1075, M1080, M1085, M1090, M1095, M1100, M1105, M1110, M1115, M1120, M1125, M1130, M1135, M1140, M1145, M1150, M1155, M1160, M1165, M1170, M1175, M1180, M1185, M1190, M1195, M1200, M1205, M1210, M1215, M1220, M1225, M1230, M1235, M1240, M1245, M1250, M1255, M1260, M1265, M1270, M1275, M1280, M1285, M1290, M1295, M1300, M1305, M1310, M1315, M1320, M1325, M1330, M1335, M1340, M1345, M1350, M1355, M1360, M1365, M1370, M1375, M1380, M1385, M1390, M1395, M1400, M1405, M1410, M1415, M1420, M1425, M1430, M1435, M1440, M1445, M1450, M1455, M1460, M1465, M1470, M1475, M1480, M1485, M1490, M1495, M1500, M1505, M1510, M1515, M1520, M1525, M1530, M1535, M1540, M1545, M1550, M1555, M1560, M1565, M1570, M1575, M1580, M1585, M1590, M1595, M1600, M1605, M1610, M1615, M1620, M1625, M1630, M1635, M1640, M1645, M1650, M1655, M1660, M1665, M1670, M1675, M1680, M1685, M1690, M1695, M1700, M1705, M1710, M1715, M1720, M1725, M1730, M1735, M1740, M1745, M1750, M1755, M1760, M1765, M1770, M1775, M1780, M1785, M1790, M1795, M1800, M1805, M1810, M1815, M1820, M1825, M1830, M1835, M1840, M1845, M1850, M1855, M1860, M1865, M1870, M1875, M1880, M1885, M1890, M1895, M1900, M1905, M1910, M1915, M1920, M1925, M1930, M1935, M1940, M1945, M1950, M1955, M1960, M1965, M1970, M1975, M1980, M1985, M1990, M1995, M2000, M2005, M2010, M2015, M2020, M2025, M2030, M2035, M2040, M2045, M2050, M2055, M2060, M2065, M2070, M2075, M2080, M2085, M2090, M2095, M2100, M2105, M2110, M2115, M2120, M2125, M2130, M2135, M2140, M2145, M2150, M2155, M2160, M2165, M2170, M2175, M2180, M2185, M2190, M2195, M2200, M2205, M2210, M2215, M2220, M2225, M2230, M2235, M2240, M2245, M2250, M2255, M2260, M2265, M2270, M2275, M2280, M2285, M2290, M2295, M2300, M2305, M2310, M2315, M2320, M2325, M2330, M2335, M2340, M2345, M2350, M2355, M2360, M2365, M2370, M2375, M2380, M2385, M2390, M2395, M2400, M2405, M2410, M2415, M2420, M2425, M2430, M2435, M2440, M2445, M2450, M2455, M2460, M2465, M2470, M2475, M2480, M2485, M2490, M2495, M2500, M2505, M2510, M2515, M2520, M2525, M2530, M2535, M2540, M2545, M2550, M2555, M2560, M2565, M2570, M2575, M2580, M2585, M2590, M2595, M2600, M2605, M2610, M2615, M2620, M2625, M2630, M2635, M2640, M2645, M2650, M2655, M2660, M2665, M2670, M2675, M2680, M2685, M2690, M2695, M2700, M2705, M2710, M2715, M2720, M2725, M2730, M2735, M2740, M2745, M2750, M2755, M2760, M2765, M2770, M2775, M2780, M2785, M2790, M2795, M2800, M2805, M2810, M2815, M2820, M2825, M2830, M2835, M2840, M2845, M2850, M2855, M2860, M2865, M2870, M2875, M2880, M2885, M2890, M2895, M2900, M2905, M2910, M2915, M2920, M2925, M2930, M2935, M2940, M2945, M2950, M2955, M2960, M2965, M2970, M2975, M2980, M2985, M2990, M2995, M3000, M3005, M3010, M3015, M3020, M3025, M3030, M3035, M3040, M3045, M3050, M3055, M3060, M3065, M3070, M3075, M3080, M3085, M3090, M3095, M3100, M3105, M3110, M3115, M3120, M3125, M3130, M3135, M3140, M3145, M3150, M3155, M3160, M3165, M3170, M3175, M3180, M3185, M3190, M3195, M3200, M3205, M3210, M3215, M3220, M3225, M3230, M3235, M3240, M3245, M3250, M3255, M3260, M3265, M3270, M3275, M3280, M3285, M3290, M3295, M3300, M3305, M3310, M3315, M3320, M3325, M3330, M3335, M3340, M3345, M3350, M3355, M3360, M3365, M3370, M3375, M3380, M3385, M3390, M3395, M3400, M3405, M3410, M3415, M3420, M3425, M3430, M3435, M3440, M3445, M3450, M3455, M3460, M3465, M3470, M3475, M3480, M3485, M3490, M3495, M3500, M3505, M3510, M3515, M3520, M3525, M3530, M3535, M3540, M3545, M3550, M3555, M3560, M3565, M3570, M3575, M3580, M3585, M3590, M3595, M3600, M3605, M3610, M3615, M3620, M3625, M3630, M3635, M3640, M3645, M3650, M3655, M3660, M3665, M3670, M3675, M3680, M3685, M3690, M3695, M3700, M3705, M3710, M3715, M3720, M3725, M3730, M3735, M3740, M3745, M3750, M3755, M3760, M3765, M3770, M3775, M3780, M3785, M3790, M3795, M3800, M3805, M3810, M3815, M3820, M3825, M3830, M3835, M3840, M3845, M3850, M3855, M3860, M3865, M3870, M3875, M3880, M3885, M3890, M3895, M3900, M3905, M3910, M3915, M3920, M3925, M3930, M3935, M3940, M3945, M3950, M3955, M3960, M3965, M3970, M3975, M3980, M3985, M3990, M3995, M4000, M4005, M4010, M4015, M4020, M4025, M4030, M4035, M4040, M4045, M4050, M4055, M4060, M4065, M4070, M4075, M4080, M4085, M4090, M4095, M4100, M4105, M4110, M4115, M4120, M4125, M4130, M4135, M4140, M4145, M4150, M4155, M4160, M4165, M4170, M4175, M4180, M4185, M4190, M4195, M4200, M4205, M4210, M4215, M4220, M4225, M4230, M4235, M4240, M4245, M4250, M4255, M4260, M4265, M4270, M4275, M4280, M4285, M4290, M4295, M4300, M4305, M4310, M4315, M4320, M4325, M4330, M4335, M4340, M4345, M4350, M4355, M4360, M4365, M4370, M4375, M4380, M4385, M4390, M4395, M4400, M4405, M4410, M4415, M4420, M4425, M4430, M4435, M4440, M4445, M4450, M4455, M4460, M4465, M4470, M4475, M4480, M4485, M4490, M4495, M4500, M4505, M4510, M4515, M4520, M4525, M4530, M4535, M4540, M4545, M4550, M4555, M4560, M4565, M4570, M4575, M4580, M4585, M4590, M4595, M4600, M4605, M4610, M4615, M4620, M4625, M4630, M4635, M4640, M4645, M4650, M4655, M4660, M4665, M4670, M4675, M4680, M4685, M4690, M4695, M4700, M4705, M4710, M4715, M4720, M4725, M4730, M4735, M4740, M4745, M4750, M4755, M4760, M4765, M4770, M4775, M4780, M4785, M4790, M4795, M4800, M4805





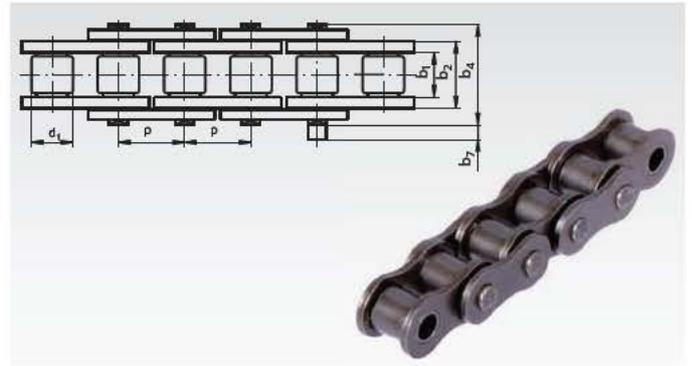
## Einfach-Rollenketten nach DIN ISO 606 (ex DIN 8187)

**Werkstoffe:** Spezielle Ketten-Stähle.

Hochwertige Einfach-Rollenketten, vorgereckt nach DIN.  
Angaben zur Leistungsberechnung auf Seite 36.  
Geschweißte Laschen (Größe 06 mit geraden Laschen).  
Lieferlängen mit ungerader Gliederzahl, beidseitig mit Innenglied endend.  
Verschlussglieder müssen separat bestellt werden.

**Temperaturbereich:** -20° bis +120°C.

Andere Temperaturen mit Spezialfett möglich.



**Bestellangaben:** z.B.: Artikel-Nr. 100 000 00, Buchsenkette Werksnorm Teilung 4 mm

DIN ISO-Nr.	Artikel-Nr.	Teilung x innere Breite p x b <sub>1min</sub>		Innere Breite b <sub>2</sub> mm	Rollen- Ø d <sub>1</sub> mm	Bolzen Ø mm	über Niet b <sub>4</sub> mm	Über- stand b <sub>7</sub> <sup>4)</sup> mm	Bruchkraft min. N	Gewicht kg/m	
		mm	Zoll								
Werksnorm <sup>1)</sup>	100 000 00 <sup>1)</sup>	4,0	x 2,7	-	4,10	2,50	1,65	7,0	0,9	1800	0,08
03 <sup>2)</sup>	100 300 00 <sup>2)</sup>	5,0	x 2,5	-	4,15	3,20	1,49	7,4	2,5	2200	0,10
04 <sup>2)</sup>	100 600 00 <sup>2)</sup>	6,0	x 2,8	-	4,10	4,00	1,85	7,4	2,9	3000	0,12
05 B-1	100 800 00	8,0	x 3,0	-	4,77	5,00	2,31	8,6	3,1	4400	0,18
06 B-1 <sup>3)</sup>	101 000 00 <sup>3)</sup>	9,525	x 5,72	3/8 x 7/32	8,53	6,35	3,28	13,5	3,3	8900	0,41
081	102 000 00	12,7	x 3,3	1/2 x 1/8	5,80	7,75	3,66	10,2	1,5	8000	0,28
083	103 000 00	12,7	x 4,88	1/2 x 3/16	7,90	7,75	4,09	12,9	1,5	11600	0,42
Werksnorm	103 400 00	12,7	x 4,88	1/2 x 3/16V	9,30	7,75	4,18	14,4	1,5	17500	0,59
08 B-1	105 000 00	12,7	x 7,75	1/2 x 5/16	11,30	8,51	4,45	17,0	3,9	17800	0,70
10 B-1	106 000 00	15,875	x 9,65	5/8 x 3/8	13,28	10,16	5,08	19,6	4,1	22200	0,95
12 B-1	107 000 00	19,05	x 11,68	3/4 x 7/16	15,62	12,07	5,72	22,7	4,6	28900	1,25
16 B-1	108 000 00	25,4	x 17,02	1" x 17,02mm	25,45	15,88	8,28	36,1	5,4	60000	2,60
20 B-1	109 000 00	31,75	x 19,56	1 1/4 x 3/4	29,01	19,05	10,19	43,2	6,1	95000	3,70
24 B-1	110 000 00	38,1	x 25,4	1 1/2 x 1	37,92	25,40	14,63	53,4	6,6	160000	6,90

<sup>1)</sup> Buchsenkette (ohne Rollen).

<sup>2)</sup> Nicht in der DIN enthalten.

<sup>3)</sup> Mit geraden Laschen.

<sup>4)</sup> Maximal-Wert am Verschlussglied.

**Bitte beachten: Verpackungseinheit 5 m.**  
Falls Sonderlängen gewünscht werden, ist die Länge und die Gliederzahl (ungerade Zahl!) anzugeben.  
Verschlussglieder sind immer separat zu bestellen.

## Verschlussglieder für Einfach-Rollenketten nach DIN ISO 606 (ex DIN 8187)

**Werkstoffe:** Spezielle Ketten-Stähle. **Achtung:** Mit \* markierte Artikel werden in Verpackungseinheiten à 5 Stück geliefert.

**Bestellangaben:** z.B.: 5 Stück Artikel-Nr. 100 303 00, Verschluss Nr. 11/E, 03



DIN ISO-Nr.	Artikel-Nr. Steckglied Nr. 11/E	Gewicht g	Artikel-Nr. gekröpft Nr. 12/L <sup>3)</sup>	Gewicht g	Artikel-Nr. gekr. Doppel. Nr. 15/C <sup>3)</sup>	Gewicht g	Artikel-Nr. Steckglied Nr. 10/S	Gewicht g	Artikel-Nr. Innenglied Nr. 4/B	Gewicht g
Werksnorm <sup>1)</sup>	-	-	-	-	-	-	100 002 00	0,4	-	-
03	100 303 00	0,4	-	-	100 305 00	0,8	-	-	100 301 00	0,5
04	100 603 00*	0,6	-	-	100 605 00	1,4	-	-	100 601 00	0,8
05 B-1	100 803 00*	2	-	-	100 805 00	2	-	-	100 801 00	1,4
06 B-1	101 003 00*	4	101 004 00	4	101 005 00	9	-	-	101 001 00	4
081	102 003 00*	4	102 004 00	4	102 005 00	8	-	-	102 001 00	4
083	103 003 00*	5	103 004 00	6	103 005 00	11	-	-	103 001 00	5
Werksnorm <sup>2)</sup>	103 403 00	6	103 404 00	8	103 405 00	14	-	-	103 401 00	6
08 B-1	105 003 00*	9	105 004 00	9	105 005 00	18	-	-	105 001 00	9
10 B-1	106 003 00*	13	106 004 00	15	106 005 00	31	106 002 00	12	106 001 00	16
12 B-1	107 003 00*	21	107 004 00	24	107 005 00	48	-	-	107 001 00	25
16 B-1	108 003 00	66	108 004 00	80	108 005 00	140	108 002 00	64	108 001 00	79
20 B-1	109 003 00	115	109 004 00	145	109 005 00	279	109 002 00	108	109 001 00	129
24 B-1	-	-	110 004 00	293	-	-	110 002 00	286	110 001 00	268

\* Lieferung in Verpackungseinheiten à 5 Stück.

<sup>1)</sup> Teilung 4 mm für Kette 100 000 00.

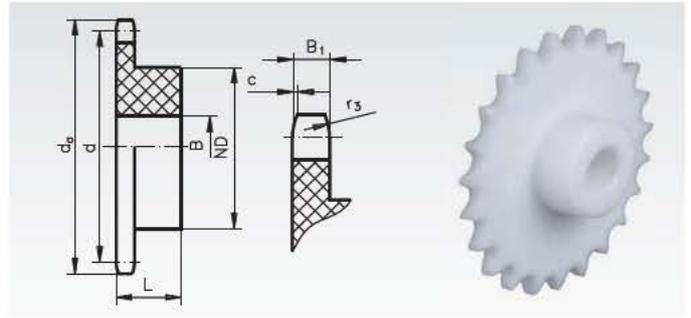
<sup>2)</sup> Teilung 12,7 mm für Kette 103 400 00.

<sup>3)</sup> Bei Kröpfunggliedern reduzieren sich Leistung und Bruchkraft um 20%.

## Kettenräder KRK aus Azetalharz mit einseitiger Nabe, gespritzt

Bohrungen ISO H8.  
Werkstoffbeschreibung Seite 821.

Metalleinsätze im Nabenbereich mit Fertigbohrung, Paßfedernut und Stellschraubgewinde sind je nach Stückzahl und Abmessung auf Anfrage lieferbar.



Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 100 513 00, KRK, Tlg. 6 mm, Azetalharz

### Teilung 6 mm, ISO 04, B<sub>1</sub> = 2,6 mm, c = 0,6 mm, r<sub>3</sub> = 6 mm

Artikel-Nr.	Zähnezahl	d <sub>a</sub> mm	d mm	B mm	ND mm	L mm	Gewicht g
100 513 00	13	27,5	25,05	8	18	10	3
100 515 00	15	31,0	28,86	8	21	10	5
100 517 00	17	35,0	32,65	8	24	13	8
100 519 00	19	39,0	36,44	8	24	13	9
100 521 00	21	42,5	40,25	10	28	13	11
100 523 00	23	46,5	44,06	10	28	13	12
100 525 00	25	50,0	47,87	10	28	13	13

### Teilung 1/2 x 1/8", ISO 081, B<sub>1</sub> = 3 mm, c = 1,3 mm, r<sub>3</sub> = 13 mm

Artikel-Nr.	Zähnezahl	d <sub>a</sub> mm	d mm	B mm	ND mm	L mm	Gewicht g
102 513 00	13	58,0	53,07	8	24	16	15
102 515 00	15	66,0	61,09	8	24	16	18
102 517 00	17	74,0	69,11	10	28	18	25
102 519 00	19	82,0	77,16	10	28	18	29
102 521 00	21	90,5	85,22	12	32	20	39
102 523 00	23	98,5	93,27	12	32	20	46
102 525 00	25	107,0	101,33	12	32	20	51

### Teilung 8 mm, ISO 05 B-1, B<sub>1</sub> = 2,8 mm, c = 0,8 mm, r<sub>3</sub> = 8 mm

Artikel-Nr.	Zähnezahl	d <sub>a</sub> mm	d mm	B mm	ND mm	L mm	Gewicht g
100 563 00	13	36,5	33,42	8	24	13	8
100 565 00	15	41,5	38,48	8	24	13	9
100 567 00	17	46,5	43,53	10	28	14	13
100 569 00	19	52,0	48,61	10	28	14	14
100 571 00	21	57,0	53,68	10	28	14	15
100 573 00	23	62,5	58,75	10	28	14	17
100 575 00	25	67,0	63,83	10	28	14	19

### Teilung 1/2 x 3/16", ISO 083, B<sub>1</sub> = 4 mm, c = 1,3 mm, r<sub>3</sub> = 13 mm

Artikel-Nr.	Zähnezahl	d <sub>a</sub> mm	d mm	B mm	ND mm	L mm	Gewicht g
103 513 00	13	58,0	53,07	8	24	17,4	18
103 515 00	15	66,0	61,09	8	24	17,4	23
103 517 00	17	74,0	69,11	10	28	19,4	31
103 519 00	19	82,0	77,16	10	28	19,4	37
103 521 00	21	90,5	85,22	12	32	21,4	48
103 523 00	23	98,5	93,27	12	32	21,4	56
103 525 00	25	107,0	101,33	12	32	21,4	66

### Teilung 3/8 x 7/32", ISO 06 B-1, B<sub>1</sub> = 5,3 mm, c = 1,0 mm, r<sub>3</sub> = 10 mm

Artikel-Nr.	Zähnezahl	d <sub>a</sub> mm	d mm	B mm	ND mm	L mm	Gewicht g
101 513 00	13	43,0	39,79	8	24	16	13
101 515 00	15	49,0	45,81	8	24	16	16
101 517 00	17	55,5	51,83	10	28	16	20
101 519 00	19	61,5	57,87	10	28	16	24
101 521 00	21	68,0	63,91	12	32	20	33
101 523 00	23	74,0	69,95	12	32	20	38
101 525 00	25	80,0	76,00	12	32	20	44

### Teilung 1/2 x 5/16", ISO 08 B-1, B<sub>1</sub> = 7,2 mm, c = 1,3 mm, r<sub>3</sub> = 13 mm

Artikel-Nr.	Zähnezahl	d <sub>a</sub> mm	d mm	B mm	ND mm	L mm	Gewicht g
105 513 00	13	58,0	53,07	10	28	20	26
105 515 00	15	66,0	61,09	10	28	20	33
105 517 00	17	74,0	69,11	12	32	25	48
105 519 00	19	82,0	77,16	12	32	25	56
105 521 00	21	90,5	85,22	16	36	25	68
105 523 00	23	98,5	93,27	16	36	25	79
105 525 00	25	107,0	101,33	16	36	25	90

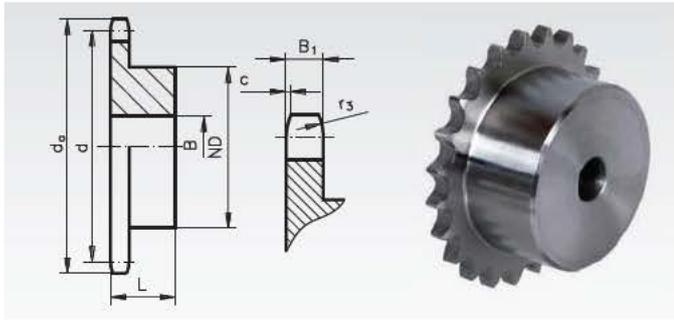
### Hinweis zu Rädern aus Azetalharz

Diese Spritzgussteile weisen im Inneren fertigungsbedingt Lunkerstellen auf und sollten daher nur geringfügig aufgebohrt werden. Bei größeren Bohrungen und beim Nuten werden die Lunkerstellen sichtbar. Die Funktion wird dadurch aber oft nicht beeinträchtigt.



Fertigbearbeitung im  
24-Stunden-Service möglich.  
Sonderanfertigungen und  
Zeichnungsteile auf Anfrage.

## Kettenräder KRS mit einseitiger Nabe, ISO 04



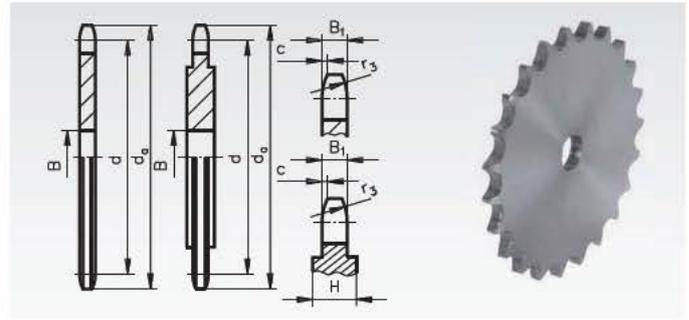
**Werkstoff:** Kohlenstoffarmer Stahl, nicht härtbar.  
Bohrungen vorgebohrt.  
Mit 1) versehene Räder aus St52 mit eingeschweißter Nabe.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 100 608 00, KRS, Tlg. 6 mm, 8 Zähne

**Teilung 6 mm KRS,**  
**B<sub>1</sub> = 2,6 mm, c = 0,7 mm, r<sub>s</sub> = 6 mm**

Artikel-Nr.	Zähnezahl	d <sub>a</sub> mm	d mm	ND mm	B mm	L mm	Gewicht g
100 608 00	8	18,0	15,67	9,8	5	10	6
100 609 00	9	19,9	17,54	11,5	5	10	8
100 610 00	10	21,7	19,42	13	6	10	10
100 611 00	11	23,6	21,30	14	6	10	12
100 612 00	12	25,4	23,18	16	6	10	17
100 613 00	13	27,3	25,05	18	8	10	19
100 614 00	14	29,2	26,96	20	8	10	24
100 615 00	15	31,0	28,86	20	8	10	25
100 616 00	16	33,0	30,76	20	8	13	33
100 617 00	17	35,0	32,65	20	8	13	35
100 618 00	18	36,9	34,55	20	8	13	37
100 619 00	19	38,8	36,44	20	8	13	38
100 620 00	20	40,7	38,34	20	8	13	42
100 621 00	21	42,6	40,25	25	8	13	56
100 622 00	22	44,5	42,16	25	8	13	60
100 623 00	23	46,4	44,06	25	8	13	63
100 624 00	24	48,3	45,96	25	8	13	64
100 625 00	25	50,2	47,87	25	8	13	65
100 626 00	26	52,1	49,76	30	8	15	98
100 627 00	27	54,0	51,67	30	8	15	101
100 628 00	28	55,9	53,58	30	8	15	103
100 630 00	30	59,8	57,42	30	8	15	111
100 632 00	32	63,6	61,21	30	10	15	118
100 635 00	35	69,3	66,93	30	10	15	126
100 636 00	36	71,2	68,84	30	10	15	132
100 638 00	38	75,0	72,66	30	10	15	140
100 640 00	40	78,9	76,47	30	10	15	146
100 645 00	45	88,5	86,01	40	10	18	229
100 657 00	57	111,4	108,93	50	12	20	462
100 676 00	76 <sup>1)</sup>	147,6	145,19	80	16	34	773

## Kettenradscheiben KRL ohne Nabe, ISO 04



**Werkstoff:** Kohlenstoffarmer Stahl, nicht härtbar.  
Bohrungen vorgebohrt.  
Teilung 6 mm KRL ab Zz54 wird verstärkt geliefert (H = 4 mm, siehe Zeichnung).

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 100 708 00, KRL, Tlg. 6 mm, 8 Zähne

**Teilung 6 mm KRL,**  
**B<sub>1</sub> = 2,6 mm, c = 0,7 mm, r<sub>s</sub> = 6 mm**

Artikel-Nr.	Zähnezahl	d <sub>a</sub> mm	d mm	B mm	Gewicht g
100 708 00	8	18,0	15,67	5	2
100 709 00	9	19,9	17,54	5	3
100 710 00	10	21,7	19,42	6	4
100 711 00	11	23,6	21,30	6	5
100 712 00	12	25,4	23,18	6	6
100 713 00	13	27,3	25,05	8	7
100 714 00	14	29,2	26,96	8	8
100 715 00	15	31,0	28,86	8	10
100 716 00	16	33,0	30,76	8	12
100 717 00	17	35,0	32,65	8	13
100 718 00	18	36,9	34,55	8	15
100 719 00	19	38,8	36,44	8	16
100 720 00	20	40,7	38,34	8	19
100 721 00	21	42,6	40,25	8	21
100 722 00	22	44,5	42,16	8	23
100 723 00	23	46,4	44,06	8	26
100 724 00	24	48,3	45,96	8	29
100 725 00	25	50,2	47,87	8	30
100 726 00	26	52,1	49,77	8	34
100 727 00	27	54,0	51,67	8	35
100 728 00	28	55,9	53,58	8	38
100 730 00	30	59,8	57,42	8	45
100 732 00	32	63,6	61,21	10	47
100 735 00	35	69,3	66,93	10	63
100 736 00	36	71,2	68,84	10	67
100 738 00	38	75,0	72,66	10	75
100 740 00	40	78,9	76,47	10	85
100 742 00	42	82,7	80,28	12	90
100 745 00	45	88,5	86,01	12	108
100 748 00	48	94,2	91,74	12	118
100 750 00	50	98,0	95,55	12	128
100 754 00	54	105,6	103,17	12	220
100 757 00	57	111,4	108,93	12	254
100 760 00	60	117,1	114,62	12	291
100 770 00	70	136,2	133,73	16	401
100 776 00	76	147,6	145,19	16	458
100 780 00	80	155,3	152,82	16	508
100 783 00	95	183,9	181,47	16	732
100 788 00	114	220,2	217,75	16	1070

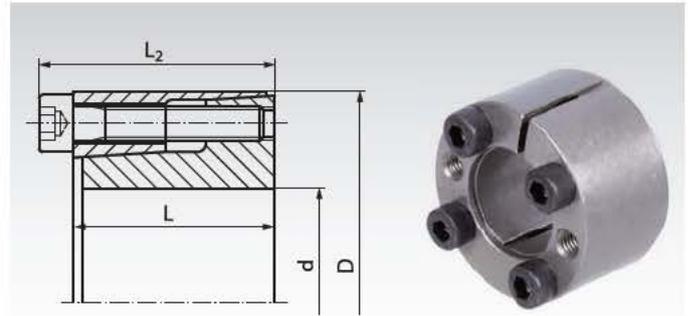


**Fertigbearbeitung im  
24-Stunden-Service möglich.  
Sonderanfertigungen und  
Zeichnungsteile auf Anfrage.**

## Spannsätze BAR

Werkstoff: Stahl.

- Zur Befestigung einer Nabe (z.B. Antriebsrad, Rotor oder ähnliches) auf einer Welle.
- Für mittlere Drehmomente.
- Besonders günstige Verteilung der Flächenpressung.
- Sehr gute Selbstzentrierung.
- Selbstlösend bei Demontage.
- Auch für grobe Passungen geeignet.
- Geringfügige axiale Verschiebung bei der Montage möglich.



Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 615 405 00, Spannsatz BAR 5 mm

Artikel-Nr.	d mm	D mm	L mm	L <sub>2</sub> mm	Bei T <sub>A</sub> übertragbar		Flächenpressung an Welle an Nabe		Größe DIN 912	Spannschrauben 12.9		
					T Nm	F <sub>ax</sub> kN	P <sub>W</sub> N/mm <sup>2</sup>	P <sub>N</sub> N/mm <sup>2</sup>		T <sub>A</sub> Nm	Anzahl	Gewicht kg
615 405 00	5	16	11	13,5	6	2	150	55	M2,5 x 10	1,2	3	0,012
615 406 00	6	16	11	13,5	9	3	188	69	M2,5 x 10	1,2	3	0,012
615 406 35	6,35	16	11	13,5	10	3	180	72	M2,5 x 10	1,2	3	0,012
615 407 00	7	17	11	13,5	11	3	155	64	M2,5 x 10	1,2	3	0,013
615 408 00	8	18	11	13,5	12	3	141	62	M2,5 x 10	1,2	3	0,015
615 409 00	9	20	13	15,5	17	4	132	60	M2,5 x 12	1,2	4	0,020
615 409 53	9,53	20	13	15,5	18	4	124	59	M2,5 x 12	1,2	4	0,020
615 410 00	10	20	13	15,5	19	4	120	60	M2,5 x 12	1,2	4	0,019
615 411 00	11	22	13	15,5	21	4	108	54	M2,5 x 12	1,2	4	0,024
615 412 00	12	22	13	15,5	24	4	102	55	M2,5 x 12	1,2	4	0,022
615 414 00	14	26	17	20	40	6	94	50	M3 x 16	2,1	4	0,039
615 415 00	15	28	17	20	44	6	93	50	M3 x 16	2,1	4	0,044
615 416 00	16	32	17	21	86	10	158	79	M4 x 16	4,9	4	0,067
615 417 00	17	35	21	25	88	10	116	56	M4 x 20	4,9	4	0,090
615 418 00	18	35	21	25	94	11	110	57	M4 x 20	4,9	4	0,087
615 419 00	19	35	21	25	99	11	104	56	M4 x 20	4,9	4	0,083
615 420 00	20	38	21	26	179	17	169	89	M5 x 20	10	4	0,10
615 422 00	22	40	21	26	187	18	146	80	M5 x 20	10	4	0,11
615 424 00	24	47	26	32	290	24	155	79	M6 x 25	17	4	0,20
615 425 00	25	47	26	32	300	24	147	78	M6 x 25	17	4	0,19
615 425 40	25,4	47	26	32	310	24	145	79	M6 x 25	17	4	0,18
615 428 00	28	50	26	32	480	34	186	105	M6 x 25	17	6	0,22
615 430 00	30	55	26	32	510	34	174	95	M6 x 25	17	6	0,27
615 432 00	32	55	26	32	600	38	181	105	M6 x 25	17	6	0,25
615 435 00	35	60	31	37	820	47	172	100	M6 x 30	17	8	0,36
615 438 00	38	65	31	37	880	47	157	92	M6 x 30	17	8	0,43
615 440 00	40	65	31	37	1000	50	171	99	M6 x 30	17	8	0,40
615 442 00	42	75	36	44	1410	67	177	99	M8 x 35	40	6	0,67
615 445 00	45	75	36	44	1510	67	165	99	M8 x 35	40	6	0,63
615 448 00	48	80	36	44	2150	86	206	123	M8 x 35	40	8	0,74
615 450 00	50	80	36	44	2150	89	190	118	M8 x 35	40	8	0,70
615 455 00	55	85	42	52	2772	110	270	174	M8 x 40	40	8	0,77
615 460 00	60	90	42	52	3060	120	248	166	M8 x 40	40	8	0,82
615 465 00	65	95	42	52	3645	120	253	174	M8 x 40	40	9	0,88
615 470 00	70	110	48	58	5724	180	283	182	M10 x 45	80	8	1,59
615 475 00	75	115	48	58	6210	180	268	129	M10 x 45	80	8	1,67
615 480 00	80	120	54	65	6660	190	260	130	M10 x 50	80	8	1,76
615 485 00	85	125	54	65	7560	190	273	123	M10 x 50	80	9	1,85
615 490 00	90	130	58	70	8100	200	233	121	M10 x 55	80	9	1,94
615 495 00	95	135	58	70	9900	230	271	140	M10 x 55	80	10	2,02
615 500 00	100	145	58	70	11790	260	265	186	M12 x 55	145	8	2,90

T = Übertragbares Drehmoment bei F<sub>ax</sub> = 0.  
 F<sub>ax</sub> = Übertragbare Axialkraft bei T = 0.  
 P<sub>W</sub> = Flächenpressung auf die Welle.  
 P<sub>N</sub> = Flächenpressung auf die Nabe.  
 T<sub>A</sub> = Anzugsdrehmoment der Schrauben.

### Passungen, Oberfläche

Welle und Nabe bis Qualität h8/H8.  
 Rautiefe für Welle und Nabe < 12,5µm.

### Montage

Der Spannsatz muss mindestens um das Maß „L“ in der Bohrung sitzen. Spannsatz leicht geölt einbauen, kein MoS2 oder Fett verwenden. Schrauben gegenüberliegend 180° versetzt in mehreren Stufen auf Anzugsdrehmoment T<sub>A</sub> anziehen.

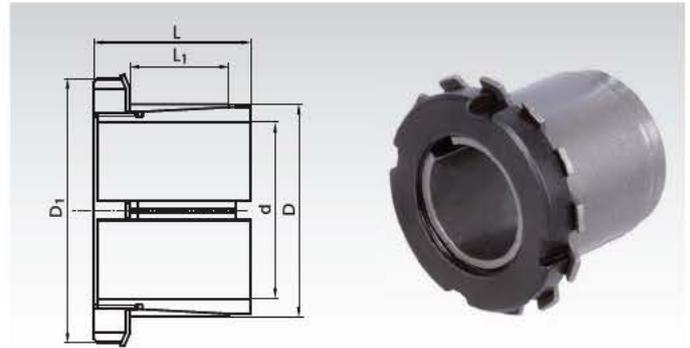
### Demontage

Die Schrauben gegenüberliegend lösen. Schrauben in die freien Abdrückgewinde einschrauben und stufenweise über Kreuz anziehen, bis sich die Verbindung löst.

## Spannsätze SSG

**Werkstoff:** Stahl.

- Zur Befestigung einer Nabe (z.B. Antriebsrad, Rotor oder ähnliches) auf einer Welle.
- Für niedrige Drehmomente.
- Auch für kleine Nabendurchmesser geeignet.
- Selbstzentrierend.
- Selbstsichernd.
- Axiale Verschiebung bei der Montage.



**Bestellangaben:** z.B.: Art.-Nr. 615 200 14, Spannsatz SSG, 14 mm

Artikel-Nr.	d mm	D mm	L mm	L <sub>1</sub> mm	D <sub>1</sub> mm	T Nm	F <sub>ax</sub> kN	P <sub>W</sub> N/mm <sup>2</sup>	P <sub>N</sub> N/mm <sup>2</sup>	Nutmutter 8.8 Gewindegröße	T <sub>A</sub> Nm	Gewicht kg
615 200 14	14	25	30	20	32	61	9	81	43	M20x1	95	0,08
615 200 15	15	25	30	20	32	72	9	82	46	M20x1	95	0,08
615 200 16	16	25	30	20	32	73	9	75	45	M20x1	95	0,07
615 200 17	17	25	32	20	32	82	9	72	46	M20x1	95	0,09
615 200 18	18	30	32	20	38	98	10	78	44	M25x1,5	160	0,12
615 200 19	19	30	32	20	38	102	11	73	44	M25x1,5	160	0,12
615 200 20	20	30	32	20	38	110	11	69	44	M25x1,5	160	0,11
615 200 22	22	35	36	25	45	165	13	71	45	M30x1,5	220	0,18
615 200 24	24	35	36	25	45	178	14	65	45	M30x1,5	220	0,16
615 200 25	25	35	36	25	45	178	14	58	43	M30x1,5	220	0,19
615 200 28	28	40	42	30	52	248	17	54	40	M35x1,5	340	0,24
615 200 30	30	40	42	30	52	273	17	51	40	M35x1,5	340	0,24
615 200 32	32	45	44	30	58	347	21	59	45	M40x1,5	480	0,32
615 200 35	35	45	44	30	58	406	22	57	47	M40x1,5	480	0,32
615 200 38	38	50	45	30	65	510	25	62	46	M45x1,5	680	0,35
615 200 40	40	50	45	30	65	520	27	54	44	M45x1,5	680	0,33
615 200 42	42	55	46	30	70	650	29	68	52	M50x1,5	870	0,43
615 200 45	45	55	46	30	70	660	31	57	48	M50x1,5	870	0,40
615 200 48	48	60	46	30	75	810	34	58	48	M55x2	970	0,45
615 200 50	50	60	46	30	75	850	34	58	49	M55x2	970	0,40
615 200 55	55	65	46	30	80	1020	37	59	50	M60x2	1100	0,44
615 200 60	60	70	48	30	85	1290	43	62	52	M65x2	1300	0,55

T = Übertragbares Drehmoment bei  $F_{ax} = 0$ .  
 $F_{ax}$  = Übertragbare Axialkraft bei  $T = 0$ .  
 $P_W$  = Flächenpressung auf die Welle.  
 $P_N$  = Flächenpressung auf die Nabe.  
 $T_A$  = Anzugsdrehmoment der Nutmutter.

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

### Passungen

Welle h8, Nabe H8.  
Rautiefe Welle/Nabe max. 12,5 µm.

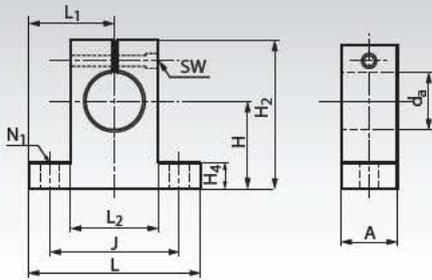
### Montage

Spannsatz leicht geölt einbauen, kein MoS2 oder Fett verwenden. Nutmutter mit auf Anzugsdrehmoment  $T_A$  anziehen und auf die nächsten Sicherungslaschen ausrichten. Sicherungslaschen in die Nuten biegen.

### Demontage

Laschen des Sicherungsbleches zurückbiegen. Nutmutter lösen. Aufgrund des kleinen Konuswinkels kann das gespannte Bauteil festsitzen. Wir empfehlen die Verwendung eines Radabziehers. Alternativ: Rad mit Gummihammer von hinten vorsichtig durch leichte Schläge ringsum aus dem Sitz lösen.

## Wellenböcke GWL universal, preisgünstige Variante



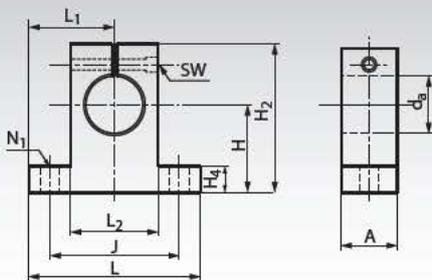
**Werkstoff:** Stranggepresstes Aluminium.  
Klemmschraube 8.8, Stahl, verzinkt.

Universell einsetzbare Wellenböcke,  
z.B. zum Befestigen von Führungswellen.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 646 406 08, Wellenbock GWL für Wellen-Ø 8 mm

Artikel-Nr.	$d_a$ mm	A mm	$H_{\pm 0,02}$ mm	$H_2$ mm	$H_4$ mm	J mm	L mm	$L_1 \pm 0,05$ mm	$L_2$ mm	$N_1$ mm	Klemm- Schraube DIN 912	sw mm	Gewicht g
646 406 08	8	14	20	32,8	6	32	42	21	18	5,5	M4	3	24
646 406 10	10	14	20	32,8	6	32	42	21	18	5,5	M4	3	24
646 406 12	12	14	23	37,5	6	32	42	21	20	5,5	M4	3	30
646 406 14	14	14	23	37,5	6	32	42	21	20	5,5	M4	3	28
646 406 16	16	16	27	44	8	38	48	24	25	5,5	M4	3	40
646 406 20	20	20	31	51	10	45	60	30	30	6,6	M5	4	70
646 406 25	25	24	35	60	12	56	70	35	38	6,6	M6	5	130
646 406 30	30	28	42	70	12	64	84	42	44	9	M6	5	180
646 406 40	40	36	60	96	15	90	114	57	60	11	M8	6	420
646 406 50	50	40	70	120	18	100	126	63	74	14	M12	10	750

## Wellenböcke GWLE universal, europäische Maßreihe



**Werkstoff:** Stranggepresstes Aluminium.  
Klemmschraube 8.8, Stahl, verzinkt.

Universell einsetzbare Wellenböcke,  
z.B. zum Befestigen von Führungswellen.

Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 646 407 08, Wellenbock GWLE für Wellen-Ø 8 mm

Artikel-Nr.	$d_a$ mm	A mm	$H_{\pm 0,02}$ mm	$H_2$ mm	$H_4$ mm	J mm	L mm	$L_1 \pm 0,05$ mm	$L_2$ mm	$N_1$ mm	Klemm- Schraube DIN 912	sw mm	Gewicht g
646 407 08	8	10	15	27	5	25	32	16	16	4,5	M3	2,5	24
646 407 12	12	12	20	35	5,5	32	42	21	20	5,5	M4	3	30
646 407 16	16	16	25	42	6,5	40	50	25	26	5,5	M4	3	40
646 407 20	20	20	30	50	8	45	60	30	32	5,5	M4	3	70
646 407 25	25	25	35	58	9	60	74	37	38	6,6	M5	4	130
646 407 30	30	28	40	68	10	68	84	42	45	9	M6	5	180
646 407 40	40	32	50	86	12	86	108	54	56	11	M8	6	420
646 407 50	50	40	60	100	14	108	130	65	80	11	M8	6	750



Fertigbearbeitung im  
24-Stunden-Service möglich.  
Sonderanfertigungen und  
Zeichnungsteile auf Anfrage.



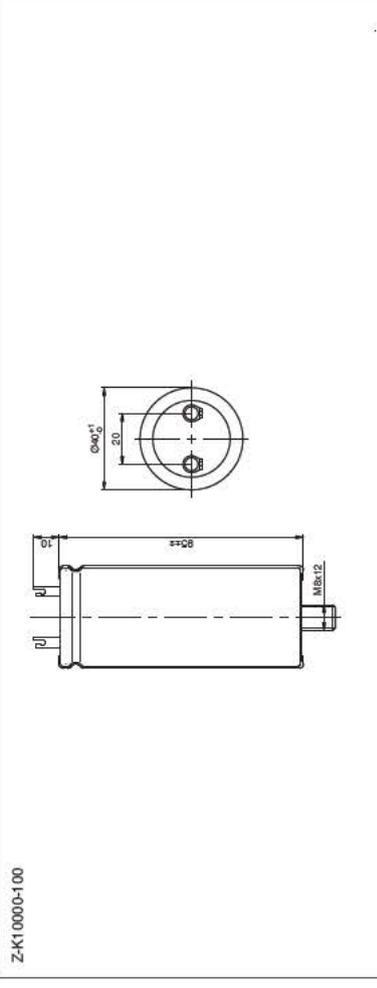
**AUSFÜHRUNGEN**

Typ	Kapazität µF	Max. Betriebsspannung V	Temperaturbereich °C	Kapazitätstoleranz	Radialmaß mm	Abmessungen
Z-K4700/50	4700	50	-40 to +85	± 20%	10	Zylindrischer Alubüchse, Ø 25 mm, 35 mm Länge
Z-K10000/100	10000	100	-40 to +85	± 20%	20	Zylindrischer Alubüchse, Ø 40 mm, 95 mm Länge

**BESTELLBEZEICHNUNG**

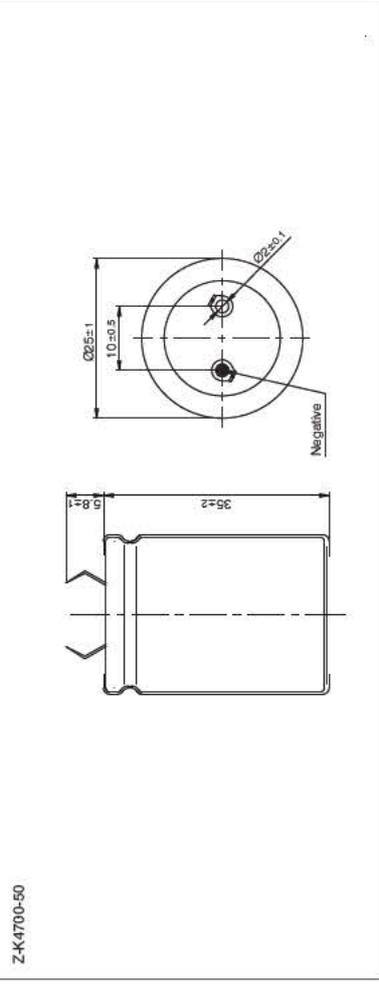
Z-K4700/50

**MASSBILD (IN MM)**



Z-K10000-100

**MASSBILD (IN MM)**



Z-K4700-50



**SOFTWARE**

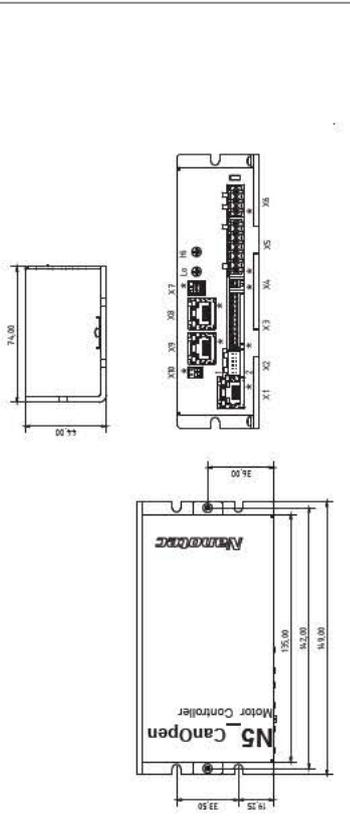


**TECHNISCHE DATEN**

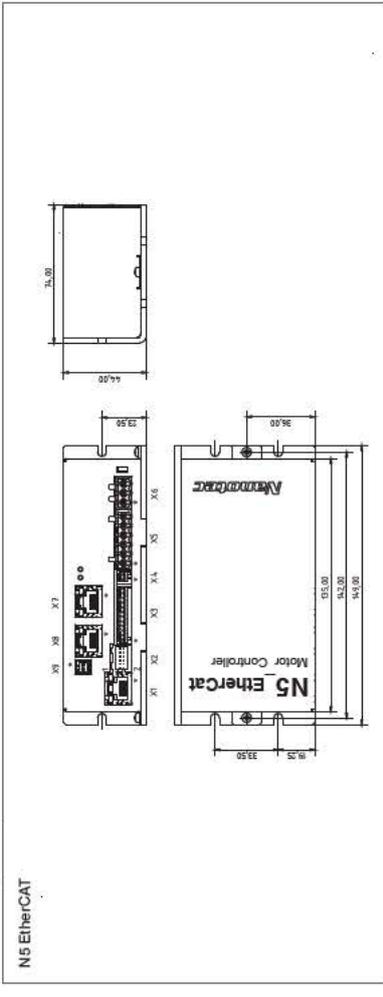
<b>Betriebsspannung</b>	12-72 VDC (Low-Current-Version), oder 12-48 VDC (High-Current-Version)
<b>Nennstrom (eff.)</b>	10 A effektiv (Low-Current-Version), oder 18 A effektiv (High-Current-Version)
<b>Spitzenstrom (eff.)</b>	10 A effektiv (Low-Current-Version), oder 40 A effektiv (High-Current-Version)
<b>Kommütierung</b>	Schrittmotor Open loop, Schrittmotor Closed loop mit Encoder, BLDC sinuskommutiert über Hallensensor, BLDC sinuskommutiert über Encoder
<b>Betriebsmodus</b>	Profile Position Mode, Velocity Mode, Homing Mode, Cyclic Sync, Position Mode, Cyclic Sync Velocity Mode, Cyclic Sync Torque Mode, Takt/Richtungsmodus, Ablaufprogramm (Nano)
<b>Parametrierung</b>	browserbasiert über Ethernet mit der Oberfläche NanoIP (CANopen und EtherCAT) oder über PND-Studio (EtherNet/IP)
<b>Feldbusschnittstellen</b>	CANopen, EtherCAT oder EtherNet/IP
<b>Encodereingang</b>	5 V oder 24 V Signal, differentiell oder single-ended, max. Auflösung 65536 Inkremente pro Umdrehung (16 Bit), UMW-Anschluss für Hallensensor
<b>Eingänge</b>	4 Eingänge 5 V/24 V per Software umschaltbar (Eingang 1 bis 4); 2 Eingänge Weitbereich 5-24 V (Eingang 5 und 6); 2 Analogeingänge -10 bis +10 V oder 0-20 mA (per Software umschaltbar)
<b>Ausgänge</b>	2 Transistorausgänge, (Open-Drain, 0 schaltend, max. 24 V/0,5 A)
<b>Bremse</b>	1 Open-Drain-Ausgang, max. 1,5 A
<b>Schutzschaltung</b>	Über- und Unterspannung, Übertemperatur: Schutzschaltung bei Temperatur > 70°C Verpolungsschutz: bei Verpolung Kurzschluss zwischen Versorgungsspannung und GND über Leistungsdiode möglich, daher ist eine Leitungsschutzzeitrichtung (Sicherung) in der Zuleitung nötig.

**MASSBILD (IN MM)**

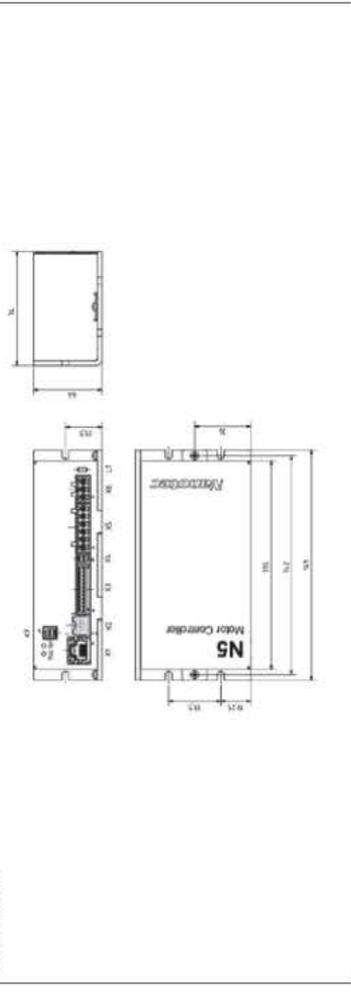
N5 CanOpen



**MASSBILD (IN MM)**



**N5 EtherNet/IP**



**AUSFÜHRUNGEN**

Typ	Min. Betriebsspannung V	Max. Betriebsspannung V	Nennstrom (eff.) A	Passend für	Schnittstelle	Gewicht kg
N5-1	12	72	10	Schrittmotoren, BLDC-Motoren	EtherCAT, CANopen	0,2
N5-2	12	48	18	Schrittmotoren, BLDC-Motoren	EtherCAT, CANopen	0,2

**BESTELLBEZEICHNUNG**

- N5-1-**  
 1 = EtherCAT Schnittstelle  
 2 = CANopen Schnittstelle  
 3 = EtherNet/IP Schnittstelle

**ZUBEHÖR**

- ZK-M12-8-2M-2-PADP M12-Kabel
- ZK-M12-12-2M-2-PADP M12-Kabel
- ZK-NOE-10-500-S-PADP Encodekabel
- ZK-PADP-12-500-S Encodekabel
- ZCPHOFK-MC0,5-2 SMCi47
- Bremse/SMCI33 Stromversorgung
- ZCPHOFK-MC0,5-12 I/O-Stecker
- ZCWE-RMS-3 Steckverbinder
- ZCWE-RMS-6 Steckverbinder

**WARNHINWEIS**

Wir empfehlen zur Stabilisierung der Betriebsspannung einen ausreichend dimensionierten Stützkondensator.

# Snap Action Switch D2F

## Subminiature Snap Action Switch

- Super compact, ideal for PCB mounting
- Switches 3 A loads (general-purpose), 1 A loads (low force general-purpose) and 0.1 A loads (microvoltage/microcurrent)
- Long life span assured by high-precision dual spring reverse-action mechanism
- Flux penetration prevented by using an insert terminal and allowing a height difference at the case bottom
- Ideal for a wide variety of applications from household appliances and office equipment to audio equipment and communications equipment
- RoHS Compliant



## Ordering Information

Actuator	Contact type	Model	Contact OF	Terminal type	Model	Soldered	Right-angle	Left-angle
Pin plunger	Microvoltage/current	Low force	75 g	D2F-01F	PCB	D2F-01F-D	D2F-01F-A	D2F-01F-A1
	General-purpose	Standard	150 g	D2F-01		D2F-01-D	D2F-01-A	D2F-01-A1
		Low force	75 g	D2F-F		D2F-F-D	D2F-F-A	D2F-F-A1
		Standard	150 g	D2F		D2F-D	D2F-A	D2F-A1
Hinge lever	Microvoltage/current	Low force	25 g	D2F-01FL		D2F-01FL-D	D2F-01FL-A	D2F-01FL-A1
	General-purpose	Standard	80 g	D2F-01L		D2F-01L-D	D2F-01L-A	D2F-01L-A1
		Low force	25 g	D2F-FL		D2F-FL-D	D2F-FL-A	D2F-FL-A1
		Standard	80 g	D2F-L		D2F-L-D	D2F-L-A	D2F-L-A1
Simulated roller lever	Microvoltage/current	Low force	40 g	D2F-01FL3		D2F-01FL3-D	D2F-01FL3-A	D2F-01FL3-A1
	General-purpose	Standard	80 g	D2F-01L3		D2F-01L3-D	D2F-01L3-A	D2F-01L3-A1
		Low force	40 g	D2F-FL3		D2F-FL3-D	D2F-FL3-A	D2F-FL3-A1
		Standard	80 g	D2F-L3		D2F-L3-D	D2F-L3-A	D2F-L3-A1
Roller lever	Microvoltage/current	Low force	40 g	D2F-01FL2		D2F-01FL2-D	D2F-01FL2-A	D2F-01FL2-A1
	General-purpose	Standard	80 g	D2F-01L2		D2F-01L2-D	D2F-01L2-A	D2F-01L2-A1
		Low force	40 g	D2F-FL2		D2F-FL2-D	D2F-FL2-A	D2F-FL2-A1
		Standard	80 g	D2F-L2		D2F-L2-D	D2F-L2-A	D2F-L2-A1

## Specifications

### Characteristics

Operating speed	1 to 500 mm/second (0.04 to 19.7 in./second)	
Operating frequency	Mechanical	200 operations per minute (pin plunger actuator type)
	Electrical	30 operations per minute (pin plunger actuator type)
Contact resistance	General-purpose type	30 mΩ max. (initial)
	Microvoltage/microcurrent load type	100 mΩ max. (initial)
Insulation resistance		100 MΩ min. at 500 VDC
	Dielectric strength	600 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between terminals of same polarity 1,500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute between current-carrying parts and ground
Vibration	Shock	10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude
	Malfunction durability	300 ms <sup>2</sup> min. (approx. 30 g min.)
Ambient temperature	Operating	-25° to 65°C with no icing
	Malfunction durability	45% to 85% at 5° to 35°C
Humidity	Operating	1 million operations min. (OT: full stroke)
	Mechanical	30,000 operations min. (rated load)
Service life	Electrical	Approx. 0.5 g
Weight		

Note: Data shown are of initial value.

### Operating Characteristics

Characteristics	Part number	D2F-01F-□, D2F-F-□, D2F-L-□, D2F-FL-□	D2F-01L-□, D2F-FL-□	D2F-01L2-□, D2F-FL2-□	D2F-01L3-□, D2F-FL3-□	D2F-FL3-□, D2F-FL3-A1
OF max.	75 g	150 g	25 g	80 g	40 g	40 g
RF min.	5 g	20 g	2 g	5 g	—	2 g
PT max.	0.5 mm (0.020 in)	0.5 mm (0.020 in)	—	—	—	—
OT min.	0.25 mm (0.009 in)	0.25 mm (0.009 in)	0.55 mm (0.022 in)	0.55 mm (0.022 in)	0.5 mm (0.020 in)	0.5 mm (0.020 in)
MD max.	0.12 mm (0.005 in)	0.12 mm (0.005 in)	0.5 mm (0.020 in)	0.5 mm (0.020 in)	0.45 mm (0.177 in)	0.45 mm (0.177 in)
OP	5.5 ± 0.3 mm (0.22 ± 0.012 in)	5.5 ± 0.3 mm (0.22 ± 0.012 in)	6.8 ± 1.5 mm (0.267 ± 0.059 in)	6.8 ± 1.5 mm (0.267 ± 0.059 in)	8.5 ± 1.2 mm (0.335 ± 0.047 in)	8.5 ± 1.2 mm (0.335 ± 0.047 in)
FP max.	—	—	10 mm (0.394 in)	10 mm (0.394 in)	13 mm (0.512 in)	13 mm (0.512 in)

### Characteristics

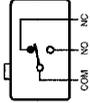
Characteristics	Part number	D2F-01L3-□, D2F-F-□, D2F-L3-□, D2F-FL3-□	D2F-01L2-□, D2F-FL2-□	D2F-01L2-□, D2F-FL2-□
OF max.	80 g	40 g	80 g	80 g
RF min.	5 g	2 g	5 g	5 g
PT max.	—	—	—	—
OT min.	0.5 mm (0.020 in)	0.55 mm (0.022 in)	0.55 mm (0.022 in)	0.55 mm (0.022 in)
MD max.	0.45 mm (0.177 in)	0.5 mm (0.020 in)	0.5 mm (0.020 in)	0.5 mm (0.020 in)
OP	8.5 ± 1.2 mm (0.335 ± 0.047 in)	13 ± 2.0 mm (0.512 ± 0.079 in)	13 ± 2.0 mm (0.512 ± 0.079 in)	13 ± 2.0 mm (0.512 ± 0.079 in)
FP max.	13 mm (0.512 in)	16.5 mm (0.650 in)	16.5 mm (0.650 in)	16.5 mm (0.650 in)

### Ratings

Rated Voltage	Resistive load		General-purpose	
	Microvoltage/current	Low force	Standard	Low force
125 VAC	—	—	—	1 A
30 VDC	0.1 A	0.1 A	0.5 A	2 A

Note: When using an inductive load or motor load, consult OMRON.

**Contact Form**



**Approvals**

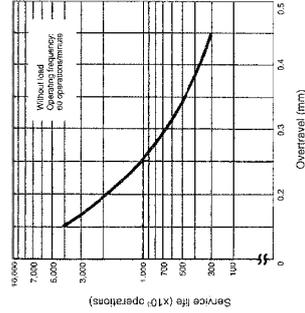
UL (File No. E41515), CSA (File No. LR21642), EN conforms 61058-1

Type	Rating
D2F Series, D2F-01 Series	3 A, 125 VAC 1 A, 125 VAC 2 A, 30 VDC 0.5 A, 30 VDC 0.1 A, 30 VDC

Note: The rated values approved by each of the safety standards (e.g.UL,CSA) may be different from the performance characteristics individually defined in this catalog.

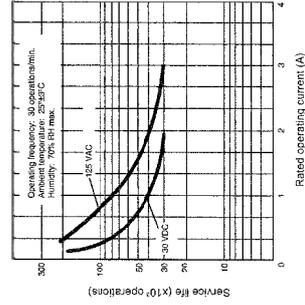
**Engineering Data**

**Mechanical service life**



Note: 1. Values are for pin plunger actuator type.

**Electrical service life**

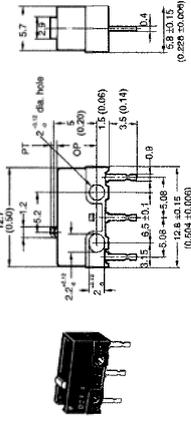


**Dimensions**

Unit: mm (inch)

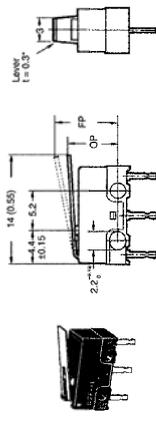
**Pin Plunger**

- D2F-01-□
- D2F-01FL-□
- D2F-□
- D2F-F-□



**Hinge Lever**

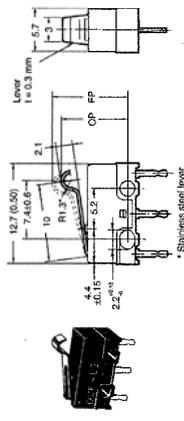
- D2F-01L-□
- D2F-01FL-□
- D2F-L-□
- D2F-FL-□



\* Stainless copper lever

**Simulated Roller Lever**

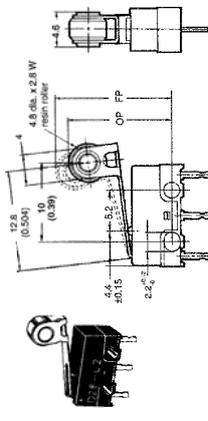
- D2F-01L3-□
- D2F-01FL3-□
- D2F-L3-□
- D2F-FL3-□



\* Stainless steel lever

**Roller Lever**

- D2F-01L2-□
- D2F-01FL2-□
- D2F-L2-□
- D2F-FL2-□



Note: 1. Unless otherwise specified, a tolerance of ± 0.4 mm applies to all dimensions.  
2. Omitted dimensions are the same as pin plunger type.  
3. Letters and numbers which identify the terminal are put in the blank box of the part number.  
4. The above illustrations and dimensions are for models with PCB terminals. Refer to "Terminals" for models with self-supporting, solder and right-angle terminals.

## Batteriekontakt / Battery Probe - UEBK-30256 / 30257

### Material (Material)

**Gehäuse:** Polycarbonat

*(Frame: Polycarbonate)*

**Kolben:** Messing

*(Plunger: Brass)*

**Stifthülse:** Messing

*(Barrel: Brass)*

**Feder:** Edelstahl

*(Spring: Stainless steel)*

**Beschichtung:** Nickel, vergoldet

*(Plating: Au over Ni)*

### Elektrische Spezifikation (Electrical specification)

**Nennstrom:** 3A Gleichstrom

*(Rated Current: 3A DC)*

**Kontaktwiderstand:** 25 mΩ max. bei Nennfederweg

*(Contact Resistance: 25 mΩ max. at working height)*

### Mechanische Spezifikation (Mechanical specification)

**Kontakte:** 5

*(No. of contacts: 5)*

**Max Hub:** 2,65 mm

*(Max. travel: 2,65 mm)*

**empfohlener Hub:** 1,35 – 1,75 mm

*(Recommended travel: 1,35 – 1,75 mm)*

**Federkraft:** 1,2 N bei Nennfederweglänge pro Kontakt

*(Spring Force: 1,2 N @ working height pro contact)*

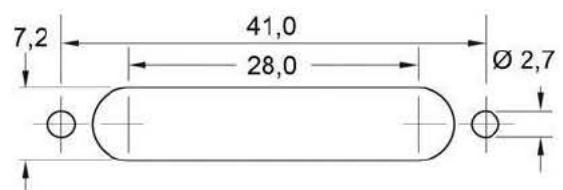
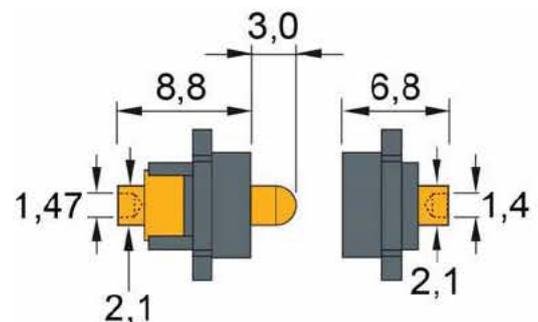
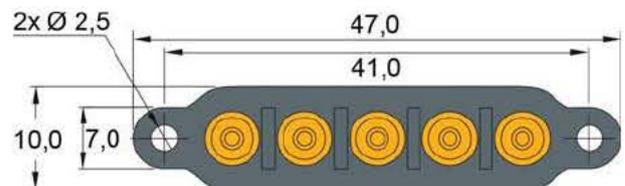
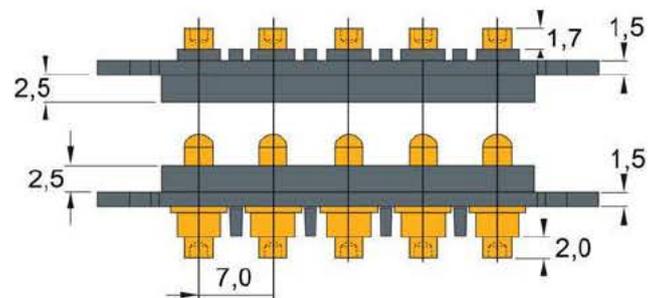
**Für Kabel:** max. 1,4 mm<sup>2</sup>

*(for cable: max. 1,4 mm<sup>2</sup>)*

### Bestellinformation (Order Information)

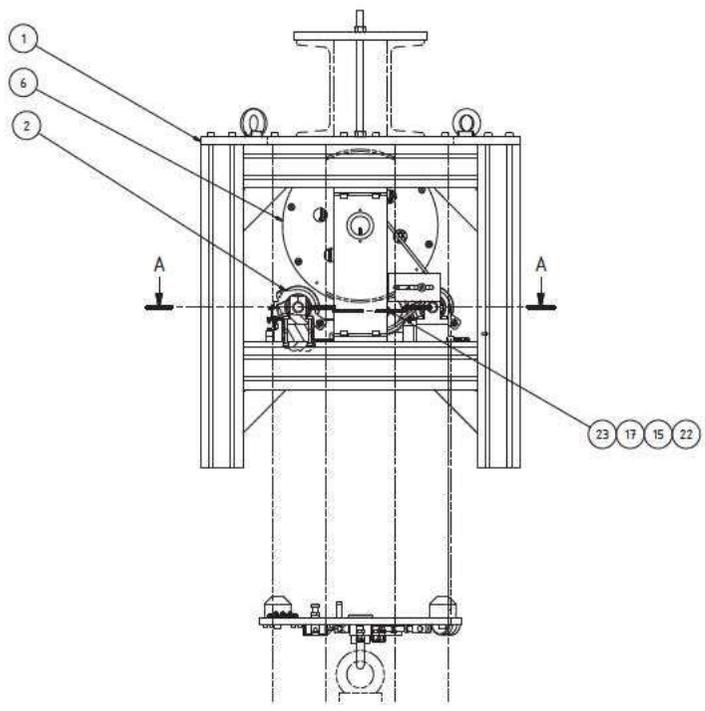
**Kontakt (Probe):**

UEBK-30256 / UEBK-30257

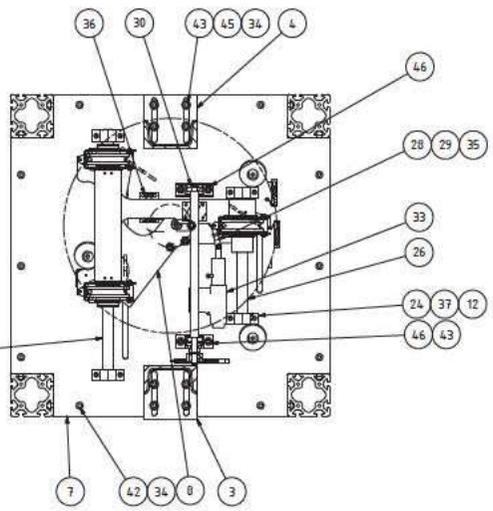


Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Angaben in Millimeter (mm) / Specifications subject to change without notice. Dimensions in Millimeter (mm)

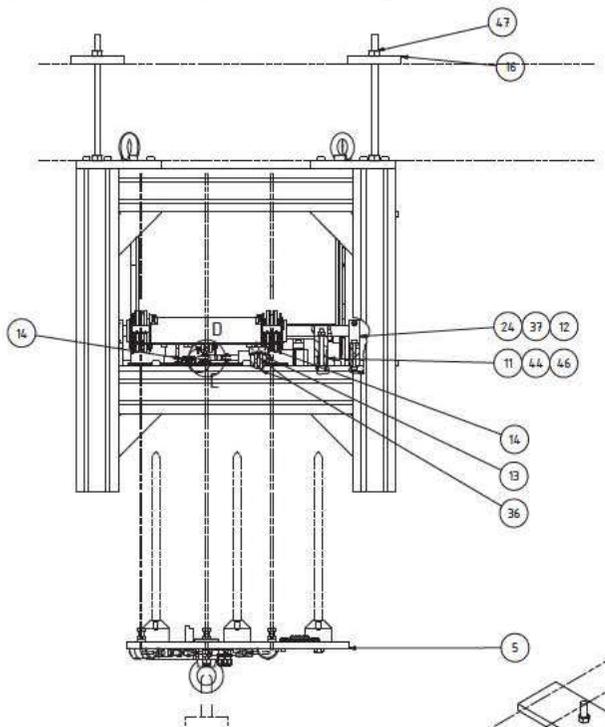
## 7.12 Zeichnungen



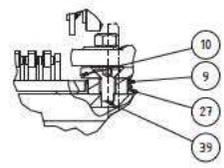
Schnitt A-A



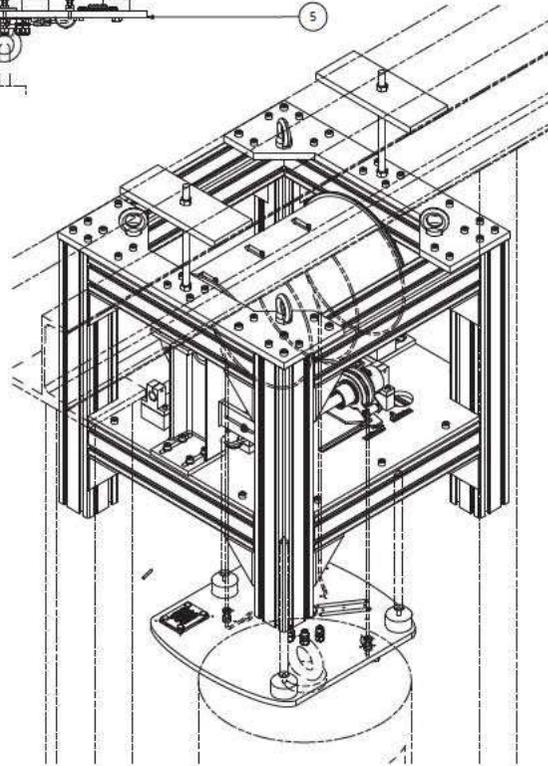
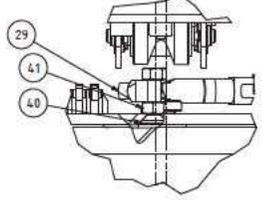
Gesamtgewicht:  
126,450 kg



E (1:1)



D (1:1)



Pos.	Stk.	Bezeichnung	Zeichnungsnr.	Werkstoff	Norm	Masse
1	1	Gestell	A_100_A_002_00			65,7 kg
2	1	Selbführung	A_100_A_003_00			2,3 kg
3	1	Träger Welle	A_100_A_007_00			4,4 kg
4	1	Träger Moment	A_100_A_006_00			4,3 kg
5	1	Lastfleller	A_100_A_009_00			6,4 kg
6	1	Seiltrommel	A_100_A_010_00			22,8 kg
7	1	Grundplatte	D_100_B_001_00	EN AW-7075	EN10051	8,6 kg
8	1	Verriegelungsblech	D_100_B_003_00	S235JR	EN10051	0,8 kg
9	1	Bolzen	D_100_B_004_00	S235JR		0,0 kg
10	1	Sicherung axial	D_100_B_005_00	S235JR		0,0 kg
11	2	Distanzblock	D_100_B_006_00	EN AW-6060	Al Flach	0,1 kg
12	4	Distanzblock	D_100_B_007_00	EN Al 6060	Al Flach	0,3 kg
13	1	Distanzblock	D_100_B_008_00	EN AW 6060	Al FL 30x15	0,0 kg
14	3	Winkel	D_100_B_009_00	Aluminium		0,0 kg
15	1	Kettenrad	D_100_B_026_00	Art. Nr. 10064500	Mädler	0,1 kg
16	2	Anschraubplatte Gestell	D_100_B_037_00	S235JR	DIN EN 10058	2,9 kg
17	1	Kettenrad	D_100_B_056_00	Art. Nr. 10063500	Mädler	0,1 kg
18	1	Buchse	D_100_B_063_00	St		0,0 kg
19	2	Kettenspanner Halblech	D_100_B_067_00	Aluminium		0,0 kg
20	2	Scheibe di=5,5mm da=15mm t=1,5mm	Scheibe 5,5_15_1,5mm			0,0 kg
21	1	Kettenrad Spanner	Art. Nr. 10052500	Kunststoff	Mädler	0,0 kg
22	1	Kette 04	Kette 04 Teilung 6 L=ca.700mm	Art. Nr.10060000	Mädler	0,0 kg
23	1	Spannsatz	Art. Nr. 61541000		Mädler	0,0 kg
24	4	Wellenbock	Art. Nr. 64640620		Mädler	0,1 kg
25	1	Führungswelle	SWM-20 L467	igus		1,1 kg
26	1	Führungswelle	SWM-20 L255	igus		0,6 kg
27	1	Gleitlagerbuchse	GFM_1517_05_1	igus		0,0 kg
28	1	Gabelkopf	GERMK_05_DIN_M4_3	igus		0,0 kg
29	1	Gelenkkopf	KBRM_05_M4_1	igus		0,0 kg
30	1	Gewindestindel 16x3 linksgängig	D_100_B_012_00	C15	Misumi	0,5 kg
31	1	Loslager	MTUZ12		misumi	0,1 kg
32	1	Festlager	MTWZ12		misumi	0,1 kg
33	1	Stellmotor	Stellmotor		Pollin	0,1 kg
34	31	Nutenstein	Nutenstein Profil 8 M8	St verz.	item	0,0 kg
35	1	Gewindestange M4	M4 L=30mm	St 4.6 verz.	DIN 975	0,0 kg
36	12	Zylinderschraube	Innensechskant M4x10	St 8.8 verz.	DIN 912	0,0 kg
37	16	Zylinderschraube	Innensechskant M5x20	St 8.8 verz.	DIN 912	0,0 kg
38	1	Zylinderschraube	Innensechskant M5 x 40	St 8.8 verz.	DIN 912	0,0 kg
39	1	Senkkopfschraube	Innensechskant M5x12	St 8.8 verz.	DIN 7991	0,0 kg
40	1	Senkkopfschraube	Genkkopf Innensechsk. M5x20	St 8.8 verz.	DIN 7991	0,0 kg
41	3	Mutter	Sechskantmutter M5	St 8 verz.	DIN 934	0,0 kg
42	20	Zylinderschraube	Innensechskant M8 x 20	St 8.8 verz.	DIN 912	0,0 kg
43	8	Zylinderschraube	Innensechskant M8 x 35	St 8.8 verz.	DIN 912	0,0 kg
44	4	Zylinderschraube	Innensechskant M8 x 70	St 8.8 verz.	DIN 912	0,0 kg
45	17	Scheibe	Unterlegscheibe 8	St verz.	DIN 126	0,0 kg
46	4	Mutter	Sechskantmutter M8	St 8 verz.	DIN 934	0,0 kg
47	2	Sechskantmutter	Sechskantmutter M12	St 8 verz.	DIN 934	0,0 kg
48	8	Mikroschalter	DZF-L2		RS-comp onents	0,0 kg

	Entwurf durch: Gezeigt für: Erteilt am:	Alle Rechte gemäß ISO 18015 vorbehalten. All rights reserved in accordance to ISO 18015	Überprüfen: Datum: 06.03.2017 Name: Thomas Zeichnung Nr.: A_100_A_001_00 Blatt 1 von 1 Bemerkung:	Formelzeichen: DIN ISO 2769-1 (eingetragen)	Werkstückkennzeichen: DIN 8764 
	Maßstab: 1:5 Form: A1 Baugruppe:	Komponententeststand Komponententeststand			

# 7.13 Morphologischer Kasten Übersicht

Wirkung / Funktion	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>A</b> Hebmittel	Band 76	Kunststoffseil 77	Stahlseil 78	Kette	Stahldraht 79	Stahlband 80		
<b>B</b> Drehmoment aufbringen	Gleichstrommotor	Wechselstrommotor	Schrittmotor	Trommelmotor				
<b>C</b> Drehmoment wandeln	direkt	Getriebe: Stirnradgetriebe Schneckengetriebe Kegelradgetriebe Harmonic Drive Getriebe Cyclo Getriebe	Kette	Zahnriemen				
<b>D</b> Kraft auf Zugmittel übertragen	Trommel, Kettenrad	Seilspül 81	Seilklemmscheibe (Kantik-Scheibe) 82					
<b>E</b> Zugmittel aufwickeln	Einzel-trommel	Mehrfachtrommel	Band mehrlagig	Kette in Behälter				
<b>F</b> Zugmittel ausrichten	kein	Band mehrlagig	Einlagig geführt durch Gewindespindel	Mehrlagig geführt durch festsitz. Kreuzgewindespindel	Geführt durch gerillte Trommel	Verschieben der Trommel	Geführt durch Kompensator	Verschiebbare Umlenkrollen
<b>G</b> Kraft im Zugmittel wandeln								
<b>H</b> Laststeller bremsen	Bremse am Motor federbetätigt	selbsthemmendes Getriebe	selbstbremsendes Getriebe	zusätzliche Bremse				
<b>I</b> Weg messen	Messung der Motorumdrehungen (Motor mit Hall-Sensor)	Messung der Umdrehungen einer Umlenkrolle	Messung der Umdrehungen der Trommel	Seilzuggeber 83	Messung der Umdrehungen mit Schalter			
<b>J</b> Kraft im Zugmittel überwachen	Messung Motor-drehmoment über Motorstrom	Federelagerte Umlenkrolle mit Schalter	Motormoment aufnehmen	Linear geführte Umlenkrolle federelagert	Federelagerte Umlenkrolle	Federelagerte Anpressrolle		
<b>K</b> Obere Endlage erkennen	Näherungsschalter 84	Näherungssensor: Ultraschallsensor Lasersensor	Anschlag + Drehmomentmessung	Wegmessung				
<b>L</b> Laststeller rot. ausrichten	Mehrseil-system	Vorhandenes System 85	2x Kegel	Pyramide	Verlängerbare Führungen			
<b>M</b> Laststeller trans. ausrichten	Mehrseil-system	Vorhandenes System	1x Kegel	Pyramide	Verlängerbare Führungen			
<b>N</b> Vier-Ent-riegelungs position erkennen	Anschlag und Drehmomentmessung	Endlagensensor	Endlagenschalter					
<b>O</b> Laststeller verriegeln	System 1 <sup>86</sup>	System 2 <sup>87</sup>	Einrastvorrichtung wegbetätigt (vgl. Küchenoberschrank)	Twist Lock System 88	Schub- oder Drehmechanismus:			
<b>P</b> Verriegelung erkennen	Schaltseil-sensor	Endlagenschalter	Schaltseil-sensor + Endlagenschalter					
<b>Q</b> Elektr. Kontakt herstellen	System 1 <sup>89</sup>	System 2 <sup>90</sup>	Pkw Schliebetürkontakte	Durchfahrbare Kontakte	Federelagerte Kontakt-pins-platte			
<b>R</b> Signal senden	Vorhandene Fernbedienung 91	Funk-fernbedienung	App 92	Kabelgebunden + Schalter				

## 8 Literaturverzeichnis

**Apple ID - Official Apple Support.** (o. J.). Abgerufen 11. April 2017, von <https://support.apple.com/apple-id>

**Baatz, U.** (1971). *Bildschirmunterstütztes Konstruieren: Funktionsfindung, Prinzipiarbeit, Gestaltung und Detaillierung mit Hilfe graphischer Datenverarbeitungsanlagen* (Diss.). Rheinisch-Westfälische Techn. Hochschule Aachen, Aachen.

**Breiting, A., & Knosala, R.** (1997). *Bewerten technischer Systeme: theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen*. Berlin: Springer.

**Catalog: Container Twist Locks.** (o. J.). Abgerufen 11. April 2017, von <http://www.pacificmarine.net/marine-deck/cargo-securing/container-twistlocks.htm>

**Czitary, E.** (2013). *Seilschwebbahnen*. Wien: Springer Wien.

**DIN 15 020 Hebezeuge Grundsätze für Seiltriebe Berechnung und Ausführung** (1974).

**DIN 15 062 Teil 2- Rillenprofile für Seilrollen** (1977).

**DIN 580 - Ringschrauben** (2010).

**DIN 766 - Rundstahlketten** (2015).

**DIN VDE 0100-718 Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 7-718: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Öffentliche Einrichtungen und Arbeitsstätten** (2014).

**Dipl.-Ing. Markus Michael.** (2010, Dezember 13). *Beitrag zur Treibfähigkeit von hochfesten synthetischen Faserseilen*. Technische Universität Chemnitz.

**Ehrlenspiel, K., Kiewert, A., Lindemann, U., & Mörtl, M.** (Hrsg.). (2014). *Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren: Kostenmanagement bei der integrierten Produktentwicklung* (7. Aufl.). Berlin: Springer Vieweg.

**FSS 2 - 619 S.** (o. J.). Abgerufen 4. April 2017, von <https://www.teufelberger.com/de/fss-2-619-s.html>

**Gadau.** (o. J.). Abgerufen 4. April 2017, von <http://www.gadau.de/>

**Gasser, S., & Tschudy, D.** (2012). *Licht im Haus: energieeffiziente Beleuchtung*. Zürich: Faktor-Verl.

**Google Play.** (o. J.). Abgerufen 11. April 2017, von <https://play.google.com/store>

**Hinrichsen, L.** (2007). *Zustandsübergänge selbstbremsender Getriebe im Ratterbetrieb*. Kassel: Kassel Univ. Press.

**Kevlar Band 320 gr/m<sup>2</sup> 80 mm | Versterking | Producten | Finres.** (o. J.). Abgerufen 4. April 2017, von [http://www.finres-sa.com/nl/producten/vulstoffen\\_pigmenten\\_en\\_versterkers/versterking/45/kevlar\\_ban\\_d\\_320\\_gr\\_m\\_80\\_mm/](http://www.finres-sa.com/nl/producten/vulstoffen_pigmenten_en_versterkers/versterking/45/kevlar_ban_d_320_gr_m_80_mm/)

**Kevlarseil 5mm Meterware online kaufen.** (o. J.). Abgerufen 4. April 2017, von [http://www.kanirope.de/product\\_info.php/info/p1630\\_Aramidseil--5mm--8-fach-geflochten.html](http://www.kanirope.de/product_info.php/info/p1630_Aramidseil--5mm--8-fach-geflochten.html)

**Kickermann, H.** (1995). *Rechnerunterstützte Verarbeitung von Anforderungen im methodischen Konstruktionsprozeß.* TU Braunschweig, Braunschweig.

**LANCIER CABLE GMBH - Einkopf-Spillwinden.** (o. J.). Abgerufen 11. April 2017, von <http://www.lancier-cable.de/lc/produkte/kabelziehwinden/spillwinden.html>

**Lineare Wegerfassung.** (o. J.). Abgerufen 11. April 2017, von <http://pdb2.turck.de/de/DE/groups/0000000000012d3100030023>

**Naefe, P.** (2009). *Einführung in das methodische Konstruieren: für Studium und Praxis ; mit 30 Tabellen* (1. Aufl). Wiesbaden: Vieweg + Teubner.

**ÖVE/ÖNORM E 8002-1, § 1** (2002).

**Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H.** (Hrsg.). (2007). *Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung ; Methoden und Anwendung* (7. Aufl). Berlin: Springer.

**Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H.** (Hrsg.). (2013). *Konstruktionslehre: Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung* (8., vollständig überarbeitete Auflage). Berlin Heidelberg: Springer Vieweg.

**Ponn, J., & Lindemann, U.** (2008). *Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte: optimierte Produkte - systematisch von Anforderungen zu Konzepten.* Berlin: Springer.

**REEL TECH.** (2017, Oktober 3). REEL TECH. Abgerufen von <http://www.reeltech.eu/de/warum-leuchtenlifte>

**REEL TECH** (Hrsg.). (o. J.). Leuchtenlifte 2014/2015. Abgerufen von [http://www.reeltech.eu/uploads/katalog/REELTECH\\_Katalog\\_2014\\_2015.pdf](http://www.reeltech.eu/uploads/katalog/REELTECH_Katalog_2014_2015.pdf)

**RICHTLINIE 2006/42/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)** (2006).

**Roth, K., & Roth, K.** (1994). *Konstruktionslehre* (2. Aufl., wesentl. erw. und neu gestaltet). Berlin: Springer.

**Stahlband, gebläut - 19 mm breit x 0,5 mm Stärke, in Scheibenwicklung - TransPak Shop Schweiz.** (o. J.). Abgerufen 4. April 2017, von <http://www.transpak.ch/lshop.showdetail,937,d,,7800010,,102001.htm>

**TAT-TECHNOM Antriebstechnik** (Hrsg.). (2014, März). Übertragungselemente.

**Teufelberger Fiber Rope GmbH** (Hrsg.). (2015, November). Fiber Rope - Faserseile für industrielle Anwendungen.

**VDI 2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte** (1993).

**VDI 2222 - Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien** (1997).

**VDI 2223 - Methodisches Entwerfen technischer Produkte** (2004).

**Verreet, R.** (2003). Casar Spezialseile - Spezialdrahtseile für mehrlagig bewickelte Seiltrommeln. (Ingenieurbüro Aachen, Hrsg.).

**Wehking, K.-H.** (Hrsg.). (2014). *Laufende Seile: Bemessung und Überwachung . [mit 21 Tabellen]* (4. Aufl). Renningen: expert-Verl.

**Wögerbauer, H.** (1942). *Die Technik des Konstruierens*. Oldenburg.

**Zwicky, F.** (1989). *Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild: mit Diagrammen* (2. Aufl). Glarus: Baeschlin.

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzip Leuchtenlift .....	1
Abbildung 2: Lebensdauer Beleuchtungskörper .....	2
Abbildung 3: Produktkreislauf .....	5
Abbildung 4: Ansatz eines systematisch strukturierten Konstruktionsprozesses .....	6
Abbildung 5: Hauptarbeitsschritte beim Planen und Konzipieren .....	7
Abbildung 6: Gegenüberstellung VDI 2221 - Pahl Beitz .....	8
Abbildung 7: Phasen der Produktentstehung .....	9
Abbildung 8: Mögliche Anforderungsquellen .....	10
Abbildung 9: Phasen bis zur Erstellung der Anforderungsliste .....	11
Abbildung 10: Hauptarbeitsschritte zur Erstellung der Anforderungsliste .....	12
Abbildung 11: Leitlinie zur Erweiterung der Anforderungsliste .....	13
Abbildung 12: Aufbau einer Anforderungsliste.....	14
Abbildung 13: Arbeitsschritte beim Konzipieren .....	15
Abbildung 14: Funktionsstruktur in unterschiedlichen Detaillierungsebenen .....	17
Abbildung 15: Morphologischer Kasten .....	18
Abbildung 16: Verträglichkeitsmatrix .....	19
Abbildung 17: Auswahltablelle.....	20
Abbildung 18: Beispiele für Eigenschaftsgrößen .....	23
Abbildung 19: Wertskala.....	23
Abbildung 20: Bewertungsliste .....	24
Abbildung 21: Stärkediagramm mit Hyperbeln gleicher Stärke.....	26
Abbildung 22: Zugprüfversuch Kiteline gespleißt (links), ungespleißt (rechts).....	35
Abbildung 23: Zugprüfversuch Diagramm .....	35
Abbildung 24: Grundfunktion Dual Lift .....	44
Abbildung 25: Funktionsstruktur Dual Lift Verfeinerungsstufe 1 .....	44
Abbildung 26: Funktionsstruktur Dual Lift Verfeinerungsstufe 2 .....	45
Abbildung 27: Funktionsstruktur Dual Lift .....	45
Abbildung 28: Bruchkraftabschätzung .....	51
Abbildung 29: Leistungsabschätzung .....	54
Abbildung 30: Veränderung des Durchmessers .....	57
Abbildung 31: Veränderung der Drehzahl .....	58
Abbildung 32: Trommelbreite einlagiges Wickeln .....	59
Abbildung 33: Platzbedarf Trommel verschiebbar .....	60
Abbildung 34: Trommeldurchmesser bei Verschieben der Trommel.....	61
Abbildung 35: Prinzip Wickelarm .....	62
Abbildung 36: Seilkräfte im durchgeschliffenen Seil .....	62
Abbildung 37: Konzept 1 .....	72
Abbildung 38: Konzept 2 .....	75
Abbildung 39: Konzept 3 .....	77

Abbildung 40: Wertigkeitsdiagramm .....	86
Abbildung 41: 3D-Konzept Wickelarm .....	87
Abbildung 42: 3D-Konzept Wickelarm Detail .....	88
Abbildung 43: 3D-Konzept Seiltrommel Trommelmotor .....	88
Abbildung 44: 3D-Konzept Verriegelung .....	89
Abbildung 45: 3D-Konzept Gewindespindel einlagig .....	90
Abbildung 46: Wertigkeitsdiagramm .....	92
Abbildung 47: Gesamtaufbau .....	93
Abbildung 48: Seiltrommel.....	96
Abbildung 49: Seitendeckel mit Innenzahnkranz .....	97
Abbildung 50: Faktoren Antriebsauslegung .....	98
Abbildung 51: Detail- Schnittansicht Ritzellagerung .....	99
Abbildung 52: Trommelwelle mit Motorhalter.....	100
Abbildung 53: Trommellagerung Schnittansicht .....	101
Abbildung 54: Seitendeckel mit Übertrieb.....	101
Abbildung 55: Seilendbefestigung .....	102
Abbildung 56: Unterbringung der elektronischen Komponenten.....	103
Abbildung 57: Seilführung .....	104
Abbildung 58: Seilumlenkungen .....	104
Abbildung 59: Lagerung Umlenkrollen und Wellenführung.....	106
Abbildung 60: Übertrieb Trommel auf Gewindespindel .....	106
Abbildung 61: Schlaffseilsensor.....	108
Abbildung 62: Verriegelung .....	109
Abbildung 63: Verriegelung geschlossen (links) Verriegelung offen (rechts).....	109
Abbildung 64: Verriegelung Lagerung am Drehpunkt.....	110
Abbildung 65: Verriegelungsbolzen .....	110
Abbildung 66: Lastteller Ansicht von oben (links) und unten (rechts) .....	111
Abbildung 67: Lastteller Ansicht von unten, umgedreht.....	112
Abbildung 68: Kontaktleiste UWE 5-polig (links) Federkontaktmodul (rechts).....	113
Abbildung 69: Gehäuse Komponententeststand .....	114
Abbildung 70: Liftschrägstellung.....	115
Abbildung 71: Liftschrägstellung Beispiel .....	115
Abbildung 72: Trommelhalterungen.....	116
Abbildung 73: Schlaffseilsensor Schalter .....	117
Abbildung 74: Sensoren Verriegelung .....	118
Abbildung 75: Sensor Annäherung.....	118
Abbildung 76: Sensoren Verriegelungsposition und oberste Endlage .....	119
Abbildung 77: Schlittenposition unterste Endlage.....	120
Abbildung 78: Untersuchungsdichte Stahlseil Faserseil .....	123
Abbildung 79: Gussgehäuse.....	126
Abbildung 80: Gehäuseoberteil .....	128

Abbildung 81: Gehäuse Unterteil .....	129
Abbildung 82: Schlaffseilsensor ursprüngliche Version .....	130
Abbildung 83: Schlaffseilsensor Änderung Blechbiegeteil .....	131
Abbildung 84: Änderung der Endlagenschalter Verriegelung .....	131
Abbildung 85: Seilprobe 1 .....	138
Abbildung 86: Seilprobe 2 .....	138
Abbildung 87: Seilprobe 3 .....	138
Abbildung 88: Seilprobe 4 .....	138
Abbildung 89: Mehrseilssysteme Lastteller .....	139
Abbildung 90: Vierseilssystem 2 Seile auf einem Kraftangriffspunkt .....	140
Abbildung 91: Vierseilssystem zwei Seile durchgeschliffen .....	140
Abbildung 92: Ritzellagerung freigeschnitten .....	153
Abbildung 93: Biegemomentenverlauf Ritzelwelle .....	154
Abbildung 94: Belastung Seiltrommel .....	157
Abbildung 95: Kräfte Trommelwelle .....	158
Abbildung 96: Trommelwelle freigeschnitten .....	159
Abbildung 97: Schnittgrößen Trommelwelle .....	160
Abbildung 98: Momentenverlauf Trommelwelle .....	161
Abbildung 99: Vergleichsspannungsverlauf Trommelwelle .....	161
Abbildung 100: Kräfte Endbefestigung .....	164
Abbildung 101: Belastung Umlenkrollen .....	166
Abbildung 102: Kräfte Führungswelle 12 .....	167
Abbildung 103: Ermittlung der Schnittgrößen Wellenführung 12 .....	168
Abbildung 104: Durchbiegung Führungswelle 12 .....	170
Abbildung 105: Biegemomentenverlauf Führungswelle 12 .....	170
Abbildung 106: Kräfte Führungswelle 3 .....	171
Abbildung 107: Ermittlung der Schnittgrößen Führungswelle 3 .....	171
Abbildung 108: Durchbiegung Führungswelle 3 .....	173
Abbildung 109: Biegemomentenverlauf Führungswelle 3 .....	173
Abbildung 110: Bestimmung Kraftangriffspunkt Spindel .....	177
Abbildung 111: Abmessungen Schlaffseilsensor .....	178
Abbildung 112: Kräfte Seilablenkung Schlaffseilsensor .....	178
Abbildung 113: Auflagefläche Verriegelungsbolzen .....	179
Abbildung 114: Verschiebung Lastteller .....	180
Abbildung 115: Vergleichsspannung Lastteller .....	180
Abbildung 116: Maße Schrägstellung Lift .....	182
Abbildung 117: Grundplatte Verformung .....	184
Abbildung 118: Grundplatte Vergleichsspannung .....	184

## 10 Formelverzeichnis

Formel 1: Ermittlung Gewichtungsfaktor Theorie.....	22
Formel 2: Ermittlung Gewichtungsfaktor Kriterium 1 .....	22
Formel 3: Gesamtwert .....	24
Formel 4: absolute Wertigkeit .....	24
Formel 5: Hyperbelfunktion.....	25
Formel 6: Relaux'sche Formel .....	33
Formel 7: Relaux'sche Formel .....	54
Formel 8: Eytelwein'sche Gleichung.....	55
Formel 9: Leistung Band mehrlagig .....	57
Formel 10: Bandlänge ideal.....	74
Formel 11: Bandlänge fehlerbehaftet .....	74
Formel 12: Vorschub Gewindespindel .....	107
Formel 13: Absenkhöhe .....	117
Formel 14: Schlittenposition .....	119
Formel 15: Schalterposition Unterste Endlage .....	120

# 11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gewichtungsfaktoren Theorie .....	22
Tabelle 2: Hauptarbeitsschritte Entwerfen .....	27
Tabelle 3: Arbeitsschritte beim Auswerten.....	29
Tabelle 4: Analyse bestehender Lifte .....	32
Tabelle 5: Hauptmerkmaliste Dual Lift .....	39
Tabelle 6: Anforderungsliste .....	42
Tabelle 7: Morphologischer Kasten Dual Lift .....	50
Tabelle 8: Beispiele Kunststoffband Güth und Wolf.....	51
Tabelle 9: Beispiele Kunststoffseile .....	52
Tabelle 10: aktuell eingesetzte Stahlseile.....	52
Tabelle 11: Daten Rundstahlketten DIN 766 .....	53
Tabelle 12: Kettenlängen und Volumen.....	53
Tabelle 13: Pfade im Morphologischen Kasten .....	71
Tabelle 14: Legende Farben Konzept 1 .....	72
Tabelle 15: Legende Farben Konzept 2 .....	75
Tabelle 16: Legende Farben Konzept 3 .....	77
Tabelle 17: Gewichtung (techn. Bewertung) durch paarweisen Vergleich.....	82
Tabelle 18: Gewichtung (wirtsch. Bewertung) durch paarweisen Vergleich .....	82
Tabelle 19: technische Eigenschaftsgrößen Teil 1 .....	83
Tabelle 20: technische Eigenschaftsgrößen Teil 2 .....	83
Tabelle 21: wirtschaftliche Eigenschaftsgrößen.....	84
Tabelle 22: techn. Bewertung Konzept 1-3.....	84
Tabelle 23: wirtschaftl. Bewertung Konzept 1-3 + Gesamtwertigkeit.....	85
Tabelle 24: technische Bewertung Konzept 4-5 .....	85
Tabelle 25: wirtsch. Bewertung Konzept I-II + Gesamtwertigkeit.....	86
Tabelle 26: Bewertungstabelle 2I und 3I .....	91
Tabelle 27: Sicherheitsbestimmungen.....	94
Tabelle 28: eingesetzte Seiltypen.....	95
Tabelle 29: max. Hubhöhen.....	96
Tabelle 30: Auswahl Antriebsstrang .....	98
Tabelle 31: Durchmesser Verhältnis Umlenkrolle .....	105
Tabelle 32: Vorschubwerte für Zahnzahlkombinationen.....	107
Tabelle 33: Gegenüberstellung Gusskonzept zu Komponententeststand .....	128
Tabelle 34: Verträglichkeitsmatrix Liftbaugruppe .....	141
Tabelle 35: Verträglichkeitsmatrix Lasttellerbaugruppe .....	142
Tabelle 36: Stückliste .....	188
Tabelle 37: Übersicht Anhang Datenblätter Zukaufteile .....	189

## 12 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
€	Euro
etc.	et cetera
h	Stunde
s	Sekunde
max.	maximal
sh.	siehe
u./o.Ä.	und/oder Ähnliche/s
z.B.	zum Beispiel
lt.	Laut
ca.	Zirka
techn.	Technisch
wirtsch.	Wirtschaftlich
DIN	Deutsch Industrie Norm
VDE	VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
ISO	International Organization for Standardization