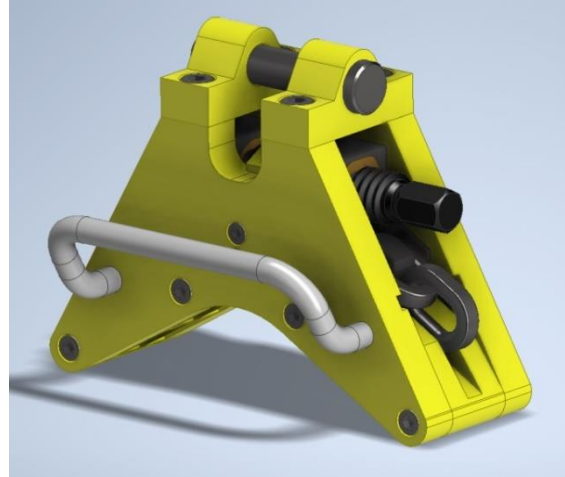


TEKO Schweizerische Fachschule



Kran Hebevorrichtung

Kevin Spörle
Lädelistrasse 12
6003 Luzern

Klasse:	L-TMA-18-DO-b
Semester:	6. Semester
Vertiefungsrichtung:	Maschinenbau
Expert:	Andreas Lind
Datum:	11.10.21

1 Zweck und Ziel des Dokuments

In diesem Dokument werden alle im Projekt verlaufene Entscheidungen und Arbeitsabläufe festgehalten. Im Pflichtenheft sind alle Rahmenbedingungen klar und messbar definiert, somit kann die Zielerreichung überprüft werden. Das Pflichtenheft dient als Grundlage und Raster für die Bewertung und Evaluation der einzelnen Komponenten der Hebevorrichtung und als Grundlage für rechnerische Nachweise.

1.1 Methodik

Die vorliegende Diplomarbeit wurde nach den VDI-Richtlinien 2221 und 2222 strukturiert und umgesetzt.

1.2 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
StV.	Stellvertretender
Abb.	Abbildung
CNC	Frei programmierbare rechnergesteuerte Werkzeugmaschine, C omputer- N umerical C ontrol
CAD	Computerunterstützte Zeichnungssoftware, C omputer A ided D esign
Min.	Minimum
Max.	Maximum
Pos.	Position

Tabelle 1, Abkürzungsverzeichnis



Wortwahl	Beschreibung	Abbildung
Horizontal/Waagrecht	Die Längsachse des Materials liegt parallel zum Boden	
Vertikal/Senkrecht	Die Längsachse des Materials liegt senkrecht zum Boden	

Tabelle 2, Wortwahl Beschreibung

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck und Ziel des Dokuments	I
1.1	Methodik	I
1.2	Abkürzungsverzeichnis	I
2	Vorstellung des Diplomanten	5
2.1	Persönliche Daten	5
2.2	Berufskennntnisse	5
3	Einleitung	6
4	Management Summery	7
4.1	Ausgangslage	7
4.2	Kernprobleme	8
4.3	Zielsetzung	9
4.4	Aufgabenabgrenzung	9
4.5	Lösung und Ergebnisse	9
5	Termine und Ressourcenplanung	10
5.1	Ressourcenplanung	10
5.2	Terminplan	11
6	Pflichtenheft	12
6.1	Einleitung	12
6.2	Anforderungsliste / Pflichtenheft	12
7	Planen und Klären	13
7.1	Infosammlung	13
7.1.1	Bisherige Lösungsvarianten	13
7.1.2	Sicherheit	14
7.1.3	Befestigung der Hebevorrichtung	14
7.1.4	Material Anlieferung	14
7.1.5	Zu hebende Last	15
7.1.6	Benötigte Spannkraft	16
7.2	Lösungsvorschlag	17
7.3	Termine	17

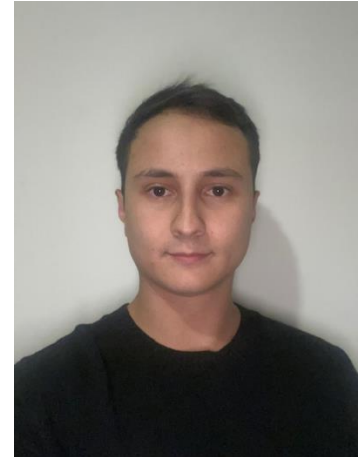
8	Konzipieren.....	18
8.1	Funktionsstruktur	18
8.2	Beschreibung der Gesamtfunktion.....	19
8.2.1	Input	19
8.2.2	Output.....	19
8.2.3	Wirkungen von aussen	19
8.2.4	Wirkungen nach aussen	19
8.3	Grobkonzept.....	20
8.3.1	Hebevorrichtung mit Kettenspannung.....	20
8.3.2	Auflistung der Teilfunktionen.....	20
8.4	Morphologischer Kasten	21
8.5	Bewertung der Teilfunktionen	23
8.6	Auswahl der Lösungsvarianten.....	25
9	Dimensionieren und Nachweis der Bauteile.....	26
9.1	Gesamtgewicht.....	27
9.2	Dimensionierung Rundstahlkette	28
9.2.1	Kraftermittlung	28
9.2.2	Auswahl Rundstahlkette	28
9.3	Nachweis Backen	29
9.4	Spindel Dimensionierung.....	30
9.4.1	Krafteinwirkung.....	30
9.4.2	Reibkraft.....	31
9.4.3	Kerndurchmesser Berechnen	32
9.4.4	Spindel Auswahl	32
9.4.5	Drehmoment Berechnung.....	33
9.4.6	Nachweis.....	34
9.5	Nachweis Spindellager	35
9.6	Grundblock	36
9.7	Hartmetallplatten	36
9.8	Nachweis seitliche Stützen	37

9.9	Nachweis Lagerblock.....	38
9.10	Dimensionierung der Schrauben.....	39
9.10.1	Schraubenverbindung Lagerblock – Seitenstützen	40
9.10.2	Nachgiebigkeit der Schraube	41
9.10.3	Nachgiebigkeit des Zwischenstückes	42
9.10.4	Schraubenberechnung	43
9.10.5	Anziehmoment und Flächenpressung.....	44
9.11	Dimensionierung Tragbolzen	45
9.11.1	Durchmesser Berechnung	45
9.12	Dimensionierung Tragbolzen	46
10	Bedienung der Hebevorrichtung.....	47
11	Kontrolle.....	50
11.1	Überprüfen der Anforderungen	50
11.2	Begründung.....	51
12	Gesprächsprotokoll-morphologischer Kasten	52
12.1	Bewertung der Teilfunktionen:	52
12.2	Punkteverteilung.....	53
13	Auswertung	55
13.1	Schwachstellen Nachkonstruktion	55
13.2	Bewertung der Lösung.....	55
14	Arbeitsjournal	56
15	Reflexion	57
16	Selbstständigkeitserklärung.....	58
17	Verzeichnisse.....	59
17.1	Fachbücher.....	59
17.2	Skripte	59
17.3	Abbildungsverzeichnis	60
17.4	Tabellenverzeichnis	62
17.5	Quelle der 3D Dateien für die CAD Veranschaulichung	63
17.6	Quelle der Bilder.....	64

2 Vorstellung des Diplomanten

2.1 Persönliche Daten

Name: Spörle Kevin
Anschrift: Lädelistrasse 12
6003 Luzern
Telefon: 076 464 53 97
E-Mail: kevinspoerle@gmail.com
Geburtsdatum: 22.01.1997
Nationalität: Schweiz
Zivilstand: ledig



2.2 Berufskennnisse

06/2021 – heute

Menisa AG, Dietwil

Polymechaniker EFZ

- Bedienung diverser Fräsmaschinen
- StV.Werkstattleiter der CNC-Fräsmaschinen Abteilung
- Erstellung diverser technischer Zeichnungen und 3D Modellen von Produkten und Maschinenbauteilen
- Offertenanfragen bearbeiten

09/2017 – 06/2021

Schindler Berufsbildung, Ebikon

Polymechaniker EFZ

- Bedienung diverser Fräs & Drehmaschinen
- StV. Abteilungsleiter der CNC-Drehmaschinen Abteilung
- Erstellung diverser technischer Zeichnungen und 3D Modellen von Produkten und Maschinenbauteilen
- Offertenanfragen bearbeiten

3 Einleitung

Für meine Berufliche Karriere war das Jahr 2018 entscheidend. In diesem Jahr beschloss ich mich einer neuen Herausforderung zu stellen. Ich startete das Studium zum Dipl. Techniker HF Maschinenbau an der Teko schweizerische Fachschule Luzern. Innerhalb 3 Jahren konnte ich mein Wissen in den verschiedensten Bereichen erweitern, viele neue Erkenntnisse dazugewinnen sowie bestehendes Know-how festigen.

Um nun diesen Weg abzuschliessen, wird eine Diplomarbeit verfasst. Diese vereint das in den 3 Jahren erlernte Wissen fachlich sowie auch methodisch in diesem Werk.

Da sich in meinem momentanen Berufsfeld keines den Anforderung entsprechendes Thema darbot, entschied ich mich selbst ein Thema auszusuchen. Ein aus meinem früheren beruflichen Umfeld bekanntes Problem ist das sichere Heben von grossen runden Materialien. Deshalb entschied ich mich dieser Problematik zu stellen.

4 Management Summery

4.1 Ausgangslage

Bei der Arbeit mit horizontal Drehmaschinen stellt das Einspannen eines Rohlings oftmals Probleme dar. Das meist über 100 kg schwere Rundmaterial, welches häufig senkrecht auf einer Palette angeliefert wird, kann nur mit Mühe in das Backenfutter der Maschine eingespannt werden. Oftmals gelingt dies nur mit selbst gemachten Kranvorrichtungen oder mithilfe von Muskelkraft. Dieses Vorgehen ist aber gefährlich und nimmt sehr viel Zeit in Anspruch. Der bisheriger Vorgangsablauf wird unten beschrieben.

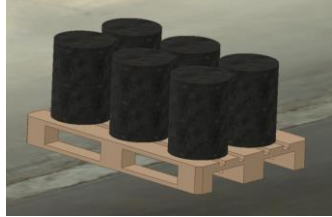
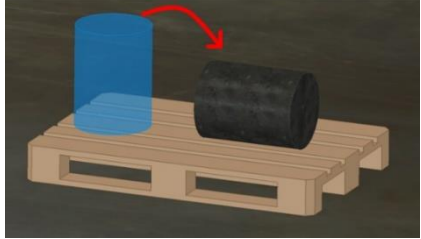


<p>1) Das Material wird in vertikaler Lage wie dargestellt auf einer Europalette vom Lieferanten angeliefert.</p>	
<p>2) Bevor das Material angehoben wird, muss es zuerst in die richtige Lage gebracht werden. Dies geschieht oft von Hand durch Muskelkraft.</p>	
<p>3) Um den Rohling anzuheben, muss das Hebeband geschickt während des Kippens unter dem zu hebendem Teil platziert werden.</p>	
<p>4) Zum Schluss muss das Material in die Maschine transportiert werden und in das Spannfutter gespannt werden.</p>	

Tabelle 3, Ausgangslage Beschreibung

4.2 Kernprobleme

Die Kernprobleme dieser Arbeit bestehen darin, eine effiziente Lösung zu finden, wie angeliefertes Rohmaterial in eine Horizontal Drehmaschine transportiert werden kann, um es dort in das Spannfutter für die weitere Verarbeitung einzuspannen.

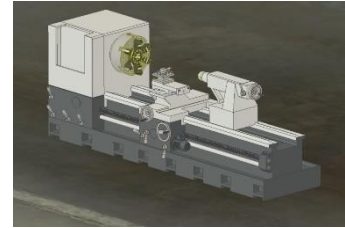


Abbildung 1, Horizontal Drehmaschine

Die erste Herausforderung besteht darin, eine sichere Spannmethode zu konzipieren, womit man das Material in die Vorrichtung einklemmen kann. Wichtig dabei ist jedoch, dass beim Ein-Klemmen auf einer Seite des Materials noch genügend Platz vorhanden sein muss, um es nachher auch in das Spannfutter einzuspannen. (siehe Abbildung 2).

Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass sich die Position des Materials nach dem Heben von einer senkrechten in eine horizontale Lage ändern muss. Dies ist wichtig, da sich die Rohlinge sonst nicht in die Maschine einspannen lassen.



Abbildung 2, Platz für Spannfutter

Da in den meisten Fällen verschieden grosse Rohmaterialien verwendet werden, muss die Vorrichtung anpassbar sein für Durchmesser, Material und Länge.

Ein weiterer wichtiger Punkt für diese Arbeit ist das Thema Sicherheit. Da es sich bei dieser Vorrichtung um ein Hebemittel handelt, ist Vorsicht unabdingbar. Hält die Vorrichtung nicht, was sie verspricht, kann es zu schweren Verletzungen kommen.

4.3 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, rundes Rohmaterial sicher und unabhängig von Materialart, Durchmesser oder Länge mithilfe eines Kranes in eine Drehmaschine zu heben. Dabei wird beachtet, dass rundes Material oft senkrecht angeliefert wird. Der ganze Prozess soll mit nur minimalem Kraftaufwand möglich sein und die Vorrichtung soll unkompliziert sowie schnell einsatzbereit sein.

4.4 Aufgabenabgrenzung

Die Vorrichtung wird für einen bereits vorhandenen Lasthaken dimensioniert. Auf die Befestigung von anderen Lasthaken wird nicht eingegangen. Die maximale Grösse, die man mit dieser Vorrichtung Heben kann, wird auf einen Durchmesser von 300 mm und einer Länge von 700 mm begrenzt. Der Hauptfokus dieser Arbeit wird auf die für das Spannen benötigten Berechnungen gelegt, das exakte Konstruieren und Definieren der Toleranzen wird vernachlässigt. Das Fertigen und Montieren dieser Vorrichtung ist nicht Teil der Arbeit.

4.5 Lösung und Ergebnisse

Meine neu konzipierte Hebevorrichtung zeigt, dass es auch flexiblere und sichere Varianten gibt, schwere Rundmaterialien zu heben. Sie ist durch ihr geringes Gewicht handlich und in dem für sie bestimmten Einsatzgebiet universal einsetzbar. Die Bedienung ist einfach, unkompliziert und für jeden Handwerker umsetzbar. Durch das Einhaken der Rundstahlkette an den beiden backen lässt sich die Hebevorrichtung schnell für diverse Durchmesser bis 300 mm umrüsten. Mit dem eigens dafür konzipierten Spannsystem ist das ein und ausspannen schnell umgesetzt. Die von mir erstellten Berechnungen zeigen, dass die Vorrichtung den ihr geforderten Belastungen standhält.

5 Termine und Ressourcenplanung

5.1 Ressourcenplanung

Arbeit	Geschätzte Arbeitszeit in Stunden
Ausgangslage, Kernprobleme	4
Pflichtenheft	2
Terminplan	4
Zweck und Ziele	1
Infosammlung	4
Aufgabenabgrenzung	2
Anforderungen	2
Lösungsvarianten suchen	4
Funktionsstruktur	1
Prinzip Skizze	2
Auflisten der Teilfunktionen	4
Morphologischer Kasten	4
Risikobewertung	1
Bewertung der Teilfunktionen	2
Lösungsvariante wählen	1
Vorentwurf	2
Konstruktion	30
Berechnen	30
Komponentenauswahl	5
Nachkonstruktion	20
Bewertung der Lösung	2
Dokumentation	30
Präsentation	5
Geschätzter Gesamtaufwand:	162

Tabelle 4, Ressourcenplanung

5.2 Terminplan

Projektbez.: Kran-Hebevorrichtung		2021																												Legende														
Datum: 25.08.2021																														Wochenende	Soll													
																														Ist	Meilenstein													
Jahr: 2021		August														September														Oktober														
Monat:																																												
Tag:		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Ausgangslage																																												
Ausgangslage, Kernprobleme																																												
Pflichtenheft																																												
Planen und Klär																																												
Terminplan																																												
Zweck und Ziele																																												
Infosammlung																																												
Aufgabenabgrenzung																																												
Anforderungen																																												
Lösungsvarianten suchen																																												
Konzipieren																																												
Funktionsstruktur																																												
Prinzip skizze																																												
Aufüstung der Teilfunktionen																																												
Morphologischer Kasten																																												
Risikobewertung																																												
Bewertung der Teilfunktionen																																												
Lösungsvariante wählen																																												
Entwerfen																																												
Vorentwurf																																												
Konstruieren																																												
Konstruieren/Berechnen																																												
Berechnen																																												
Komponentenauswahl																																												
Nach konstruktion																																												
Bewertung der Lösung																																												
Auswerten																																												
Lösungskonzepte ausarbeiten																																												
Dokumentation																																												
Fertigstellen der Dokumentation																																												
Projektabgabe																																												
Erstellen der Präsentation																																												
Präsentation																																												

Abbildung 1, Terminplan

6 Pflichtenheft

6.1 Einleitung

Für das Heben von Rundmaterial wird eine Hebevorrichtung benötigt. Diese sollte das Heben und Einspannen von schweren runden Teilen in ein Spannfutter vereinfachen.

6.2 Anforderungsliste / Pflichtenheft

Anforderung	F	M
Geometrie		
Die Hebevorrichtung sollte die Dimensionen von 300mm x 300mm x 300mm nicht überschreiten.		X
Kinematik		
Die Hebevorrichtung sollte in weniger als 5 min einsatzbereit sein		X
Kräfte		
Die Vorrichtung sollte für Materialien bis zu 300mm Durchmesser und 700 mm Länge dimensioniert sein.	X	
Die Vorrichtung muss den einwirkenden Kräften standhalten: <ul style="list-style-type: none"> Die Befestigung am Kran Haken Das Herunterstürzen des eingeklemmten Materials verhindern. Pendelnde Kräfte, die vom Kranhaken entstehen können. 		X
Energie		
Die Energie, die für das Halten des Materials benötigt wird, muss mechanisch bereitgestellt werden.	X	
Sicherheit		
Weder das Material noch die Vorrichtung dürfen bei vorschriftsgemäßer Nutzung den Halt verlieren.	X	
Ergonomie		
Die Vorrichtung muss einfach, schnell und sicher an dem Kranen montierbar sein.		X
Das Leergewicht darf maximal 10 kg betragen		X
Montage		
Die Befestigung der Vorrichtung am Kranen und die Befestigung der Vorrichtung mit dem einzuspannenden Material sollte für einen Leihen kein Problem darstellen.		X
Recycling		
Nur wiederverwendbare Stoffe verwenden.	X	
Termin		
Abgabe 11.10.21	X	
F = Festforderung:		M = Mindestforderung:

Tabelle 5, Anforderungsliste

7 Planen und Klären

7.1 Infosammlung

7.1.1 Bisherige Lösungsvarianten

Um ein neues Konzept für das Heben runder Teile zu erstellen, werden zunächst die bisherigen, mir bekannten Lösungsvarianten, zur Inspiration untersucht.

Hebeband:

Das Material wird mit einem sogenannten Hebeband angehoben. Sie sind sehr praktisch und vielfältig einsetzbar. Für das Heben von aufgestelltem, rundem Material sind sie jedoch nicht sehr geeignet, da die Gefahr vom Wegrutschen besteht.



Abbildung 2, Hebeband

Schwerkraft Greifer:

Dieses Hebemittel erlaubt es, Liegendes Rundmaterial ohne grossen Aufwand zu packen und aufzuheben. Durch die Bauweise erhöht sich die Spannkraft mit zunehmendem Gewicht. Ein grosser Vorteil ist die hohe Sicherheit, die durch die Konstruktion gewährleistet wird und die einfache Bedienung. Der Nachteil liegt darin, dass man das angelieferte Material erstmals in eine Horizontale Lage kippen muss, um diesen Greifer einsetzen zu können. Da diese Aufgabe vom Arbeiter meist von Hand ausgeführt wird, sind Rückenprobleme keine Seltenheit.



Abbildung 3, Schwerkraft Greifer

Lasthebemagnet:

Auch ein sehr nützliches Hebemittel ist der Lasthebemagnet. Er ist sehr einfach zu bedienen und auch schnell einsatzbereit. Der Nachteil ist, dass dieser nur für magnetische Werkstoffe brauchbar ist.



Abbildung 4, Lasthebemagnet

Einfache Vorrichtung:

Was auch noch oft vorkommt, ist das man selbst eine einfache Vorrichtung konstruiert. Diese ist aber nur in den seltensten Fällen sicher und in der Bedienung einfach und flexibel.

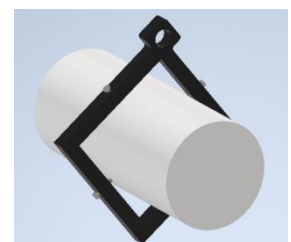


Abbildung 5, Einfache Vorrichtung

7.1.2 Sicherheit

Da es sich bei der Hebevorrichtung um ein Hebemittel handelt, ist es zwingend notwendig, genügend Sicherheit in die Konstruktion einzubauen. Um dies bei den Berechnungen mit einzubauen, ist ein Sicherheitsfaktor nötig. Der Sicherheitsfaktor bei Maschinenbau Teilen liegt üblicherweise zwischen 1.1 und 2.1 für meine Konstruktion entschied ich mich für den Wert 3.

7.1.3 Befestigung der Hebevorrichtung

Um die Hebevorrichtung am Kranen zu befestigen, wird davon ausgegangen, dass sich ein Haken am Kran befindet, womit sich die Vorrichtung einhaken lässt.



Abbildung 6, Kranhaken

7.1.4 Material Anlieferung

Um eine nützliche Hebevorrichtung konstruieren zu können, ist es wichtig zu wissen, wie das Rohmaterial angeliefert wird. Je nach Dimension wird es für den sicheren Transport horizontal oder vertikal auf eine Europalette platziert. Da bei horizontal liegenden runden Rohmaterialien die Gefahr des Rollens besteht, wird eine senkrechte Position bevorzugt.

Um die Paletten im Lager stapeln zu können, werden diese mit einem 400 mm hohen Rahmen ausgestattet. Durch diesen Rahmen wird die max. Länge für das vertikal Platzieren von Rohmaterial auf 400 mm begrenzt. Materialien, welche länger sind, werden jedoch horizontal gelagert.

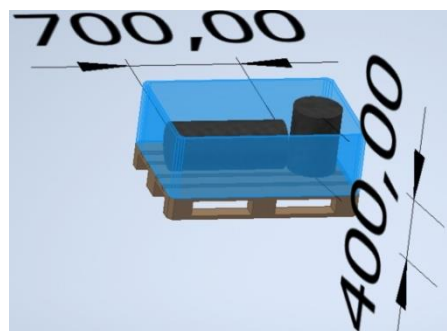
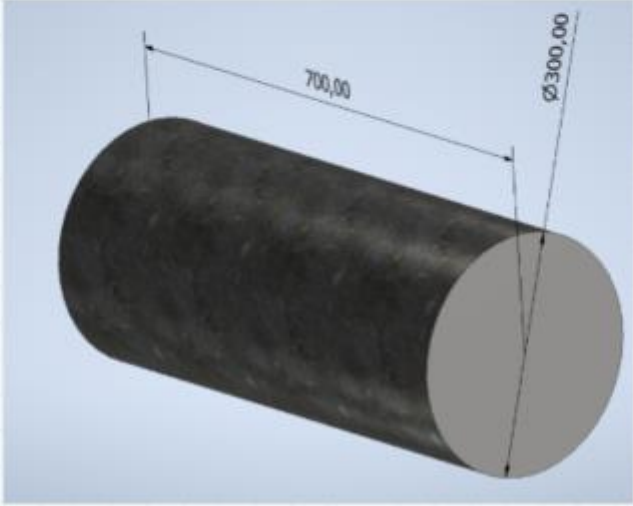


Abbildung 7, Anlieferung Material

7.1.5 Zu hebende Last

Die Hebevorrichtung wird für ein Maximal Gewicht von 400 kg ausgelegt und mit der Dimensionierung von max. 300mm Durchmesser und 700 mm Länge abgegrenzt. Dies ergibt eine Gewichtskraft von 3.8 kN.

Länge Rohmaterial :	$l := 700 \text{ mm}$
Durchmesser Rohmaterial :	$D := 300 \text{ mm}$
Dichte Stahl :	$\varphi := 7.85 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$
Gewicht Rohmaterial :	$m_{\text{roh}} := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot \varphi = 388.419 \text{ kg}$
Gewichtskraft Rohmaterial :	$F_{\text{Groh}} := m_{\text{roh}} \cdot g = 3.809 \text{ kN}$



A 3D perspective rendering of a dark grey cylindrical steel rod. The rod is oriented horizontally. A dimension line above the rod indicates a length of 700,00 mm. A dimension line on the right side of the rod indicates a diameter of 300,00 mm. The rod is set against a light blue background with a white grid pattern.

Abbildung 8, Berechnung Gewichtskraft

7.1.6 Benötigte Spannkraft

Um das Rohmaterial sicher anzuheben und in die Maschine zu transportieren, reicht es nicht aus ein Spannsystem nur auf die Gewichtskraft von 3.8 kN auszulegen. Es wird noch eine Spannkraft benötigt, die das Rohmaterial fest in die Vorrichtung drückt. Diese Kraft wird mit der Überlegung berechnet, wie fest man das Rohmaterial in vertikaler Lage gegen die Vorrichtung pressen müsste, ohne dass es durch sein Eigengewicht herunterfällt. Da der Haftreibungswert nicht bekannt ist, werde ich fortlaufend mit dem Haftreibungswert von flachem Stahl auf Stahl rechnen. Da aber von mir zu einem späteren Zeitpunkt die Auflageflächen mit einem Material, dass einen höheren Haftreibungswert besitzt, bestückt wird, bin ich mit der hier resultierenden Kraft auf der sicheren Seite.

Mit dem hier Verwendetem Haftreibungskoeffizient von 0.5 wird eine Anpresskraft von 8 kN benötigt.

Gewichtskraft :	$F_G := 4 \text{ kN}$
Haftreibungszahl :	$\mu := 0.5$
Benötigte Kraft :	$F_D := \frac{F_G}{\mu} = 8 \text{ kN}$

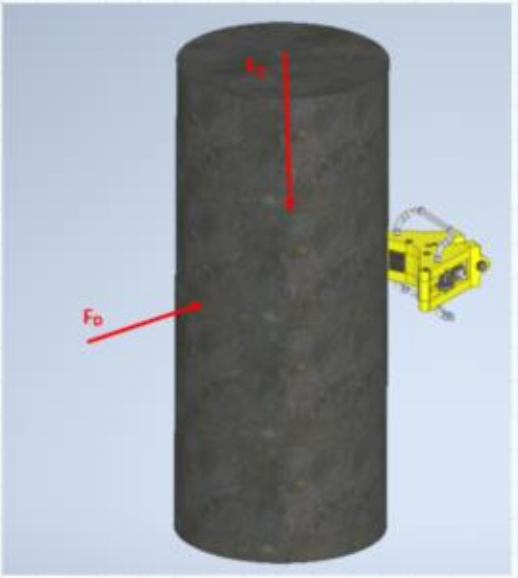


Abbildung 9, Berechnung Spannkraft

7.2 Lösungsvorschlag

Das Material wird mit einem Spanset umschlungen und mithilfe eines Spannsystemes zusammengezogen. Dies bewirkt eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Material und Vorrichtung. Zusätzlich wird mit gehärteten spitzen, welche sich in das zu hebende Material drückt, ein zusätzlicher Schutz gegen das Wegrutschen gewährt. Damit wird die Kraftübertragung von einer rein kraftschlüssigen zu einer aus kraft- und Formschluss kombinierten Variante.

7.3 Termine

- Projektstart: 16.08.2021
- 1. Meilenstein Planen & Klären: 01.09.21
- 2. Meilenstein Konzipieren: 12.09.21
- 3. Meilenstein Entwerfen: 24.09.21
- 4. Meilenstein Berechnen: 06.10.21
- 5. Meilenstein Abgabe Projekt: 11.10.21
- 6. Meilenstein Präsentation: 25.10.21

Wichtig: Das Projekt wird in der Projektplanung in weitere Terminabschnitte unterteilt.

8 Konzipieren

8.1 Funktionsstruktur

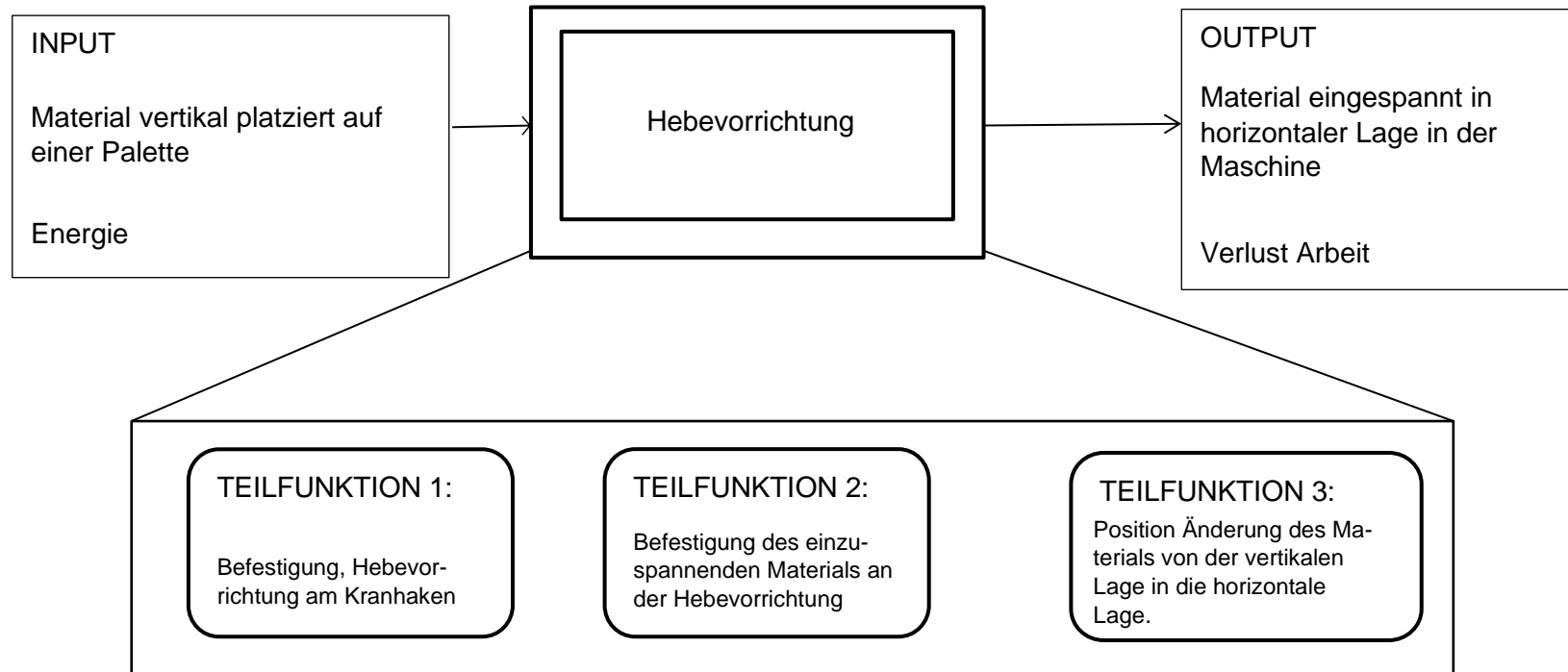


Abbildung 10, Funktionsstruktur

8.2 Beschreibung der Gesamtfunktion

Die Hebevorrichtung wird zuerst am Haken des Kranes befestigt. Danach richtet man die Vorrichtung über dem auf einer Palette senkrecht stehendem runden Rohmaterial aus. Mit dem eigens dafür konzipierten Spannsystem wird dann das Rohmaterial in der Vorrichtung geklemmt. Durch Anheben des eingespannten Rohmaterials wird dieses in eine horizontale Position gebracht. In horizontaler Lage und sicher befestigt, wird das Material nun mithilfe des Kranes sicher in die Maschine transportiert.

8.2.1 Input

- Energie in elektrischer (Kran) und mechanischer Form (Spannsystem)

8.2.2 Output

- Verlustwärme durch die Arbeit
- Positions- und Lageänderung des Rohmaterials

8.2.3 Wirkungen von aussen

- Rohmaterialien sind oftmals mit einer Zunder- oder Ölschicht überzogen. Dies muss beachtet werden, um einen sicheren Halt zu gewährleisten.
- Allfällige Beschädigungen bei der Montage
- Unzulässiges Gewicht, welches an der Vorrichtung befestigt wird.
- Menschliches Versagen

8.2.4 Wirkungen nach aussen

- Frei baumelnde Materialien bieten Stossgefahren für andere Mitarbeiter.

8.3 Grobkonzept

8.3.1 Hebevorrichtung mit Kettenspannung

Aus der Lösungsvariante wird ein Grobkonzept erstellt. Um erste Anhaltspunkte für die Konstruktion zu haben, wird eine Skizze mit den wichtigsten Teilfunktionen erstellt.

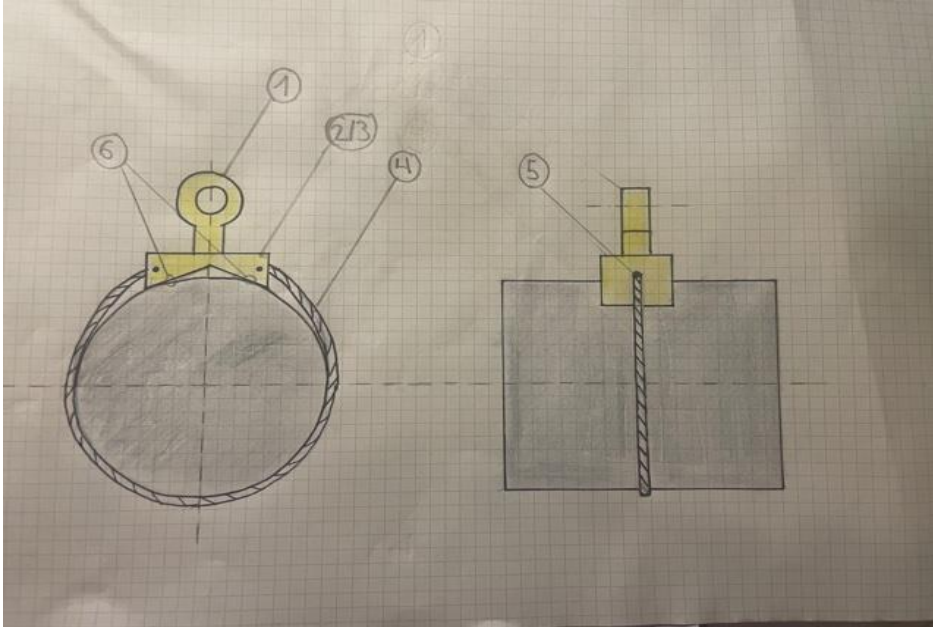


Abbildung 11, Skizze Hebevorrichtung



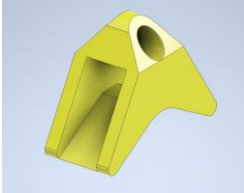

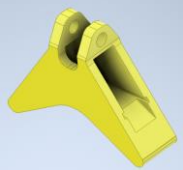






8.3.2 Auflistung der Teilfunktionen

Teilfunktion:	Bezeichnung:	Bemerkung:
1	Kran Befestigung	Dient der Befestigung am Kranhaken
2	Grundblock	Für das Anbringen verschiedener Komponenten
3	Material Grundblock	Materialauswahl des Grundkörpers
4	Spanset	Hält den Rohling in Position
5	Spannmechanismus	Spannt den Rohling in die Vorrichtung
6	Rutschsicherung	Verhindert das Rutschen in der Vorrichtung

Tabelle 6, Auflistung Teilfunktionen

8.4 Morphologischer Kasten

Nun wird jeder Teilfunktion mehrere Varianten zugeordnet, die dann später bewertet werden.

Teilfunktion 1 Kran Befestigung		
Ringschraube	Tragbolzen	Mit Grundblock gefertigt
Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		
Teilfunktion 2 Grundblock		
Mehrteilig	Einteilig	
Variante 2.1	Variante 2.2	
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	
		
Teilfunktion 3 Material Grundblock		
Aluminium	Stahl	Chromstahl
Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		
Teilfunktion 4 Spannset		
Hebeband	Gliederkette	Bolzenkette
Variante 4.1	Variante 4.2	Variante 4.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		

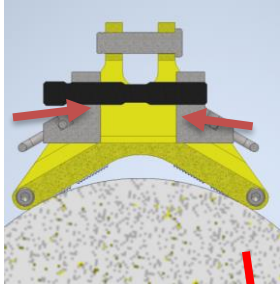
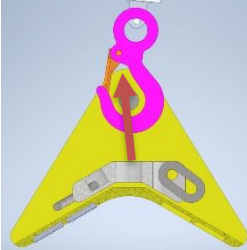


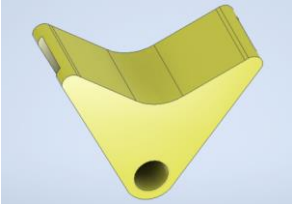


Teilfunktion 5		Spannmechanismus	
Zentrumspannend	Spannen durch Heben		
Variante 5.1	Variante 5.2		
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4		
			
Teilfunktion 6		Rutsicherung	
Raue Oberfläche	Hartmetallplatten	Glatte Flächen	
Variante 6.1	Variante 6.2	Variante 6.3	
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	
			
Teilfunktion 7		Verbindungsart	
Schweissen	Verschrauben	Schweiss/Schraub Kombination	
Variante 7.1	Variante 7.2	Variante 7.3	
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	
			

Tabelle 7, Morphologischer Kasten

8.5 Bewertung der Teilfunktionen

Um jeder Teilfunktion die bestmögliche Variante zuzuordnen, werden diese bewertet. Die Gedanken dazu sind im Kapitel 12 festgehalten.

Teilfunktion 1		Bewertung der Varianten					
		V1.1		V1.2		V1.3	
Kranbefestigung	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Montage	1	3	3	2	2	4	4
Austauschbar	1	3	3	2	2	0	0
Kosten	2	4	8	1	2	1	1
Stabilität	3	1	3	4	12	4	12
Summe		17		19		17	

Teilfunktion 2		Bewertung der Varianten			
		V2.1		V2.2	
Grundblock	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Montage	1	1	1	4	4
Austauschbar	1	4	4	0	0
Kosten	2	3	6	0	0
Stabilität	3	3	9	4	12
Summe		20		16	

Teilfunktion 3		Bewertung der Varianten					
		V3.1		V3.2		V3.3	
Mat. Grundblock	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Gewicht	2	4	8	2	4	2	4
Verschleissfestigkeit	3	1	3	3	9	4	12
Kosten	2	4	8	3	6	0	0
Stabilität	3	2	6	4	12	4	12
Summe		25		31		28	

Teilfunktion 4		Bewertung der Varianten					
		V4.1		V4.2		V4.3	
Spannset	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Montage	3	1	3	4	12	1	3
Gewicht	2	4	8	2	4	1	2
Kosten	2	2	4	3	6	1	2
Stabilität	3	4	12	4	12	4	12
Summe			27		34		19

Teilfunktion 5		Bewertung der Varianten			
		V5.1		V5.2	
Spannmechanismus	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Handhabung	3	3	9	1	3
Einbaugrösse	2	2	4	1	2
Kosten	2	2	4	3	6
Stabilität	3	4	12	3	9
Summe			29		20

Teilfunktion 6		Bewertung der Varianten					
		V6.1		V6.2		V6.3	
Rutschsicherung	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Verschleissfestigkeit	2	1	2	3	6	4	8
Halt	3	2	6	4	12	1	3
Kosten	2	1	2	2	4	4	8
Summe			10		22		19

Teilfunktion 7		Bewertung der Varianten					
		V7.1		V7.2		V7.3	
Verbindungsart	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Flexibilität	2	0	0	3	6	1	2
Verzug	2	1	2	4	8	2	4
Herstellungskosten	2	2	4	3	6	1	2
Stabilität	3	4	12	2	6	3	9
Summe			18		26		17

GW = Gewichtungsfaktor / **V** = Variante / **Pkt.** = Punkte / **GP** = Gewichtungsfaktor x Punkte
Punktwertskala: 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Tabelle 8, Bewertung Teilfunktionen

8.6 Auswahl der Lösungsvarianten

Mit den nun definierten Lösungsvarianten kann mit der Konstruktion, Dimensionierung und den Berechnungen angefangen werden.

Teilfunktion	Variante	Beschreibung
Kranbefestigung	V1.2	Tragbolzen
Grundblock	V2.1	Mehrteilig
Mat. Grundblock	V3.2	Stahl
Spannset	V4.2	Gliederkette
Spannmechanismus	V5.2	Zentrumspannend
Rutschsicherung	V6.2	Hartmetallplatten
Verbindungsart	V7.2	Verschrauben

Tabelle 9, Auswahl Lösungsvarianten

9 Dimensionieren und Nachweis der Bauteile

Für diese Arbeit müssen Bauteile dimensioniert und/oder nachgewiesen werden. Um ein erfolgreiches Berechnen zu ermöglichen, ist hier die Strategie von grosser Bedeutung. Damit die Hebevorrichtung für alle notwendigen Durchmesser verwendet werden kann, wird sie für den grösstmöglichen Durchmesser ausgelegt.

Der erste Schritt zur Berechnung der Bauteile ist das Festlegen der äusseren Krafteinwirkungen. Sind diese bekannt, wird mit diesem Bauteil begonnen, welches den äusseren Kräften zuerst strotzen muss. Fortlaufend arbeitet man sich dann von Bauteil zu Bauteil weiter, an dem die Kraft Übertragung stattfindet. Es lohnt sich nicht, jede Krafteinwirkung, die auf ein Bauteil wirkt, zu berechnen. Wichtig ist es, die Schwachstelle eines Bauteiles zu erkennen und die dort herrschende Krafteinwirkung zu ermitteln. Für diese Arbeit werden folgende Bauteile untersucht:

1. Tragbolzen
2. Lagerblock
3. Seitliche Stützen
4. Grundblock
5. Backen
6. Spindel
7. Spindellager
8. Rundstahlkette
9. Schrauben
10. Hartmetall auflagen

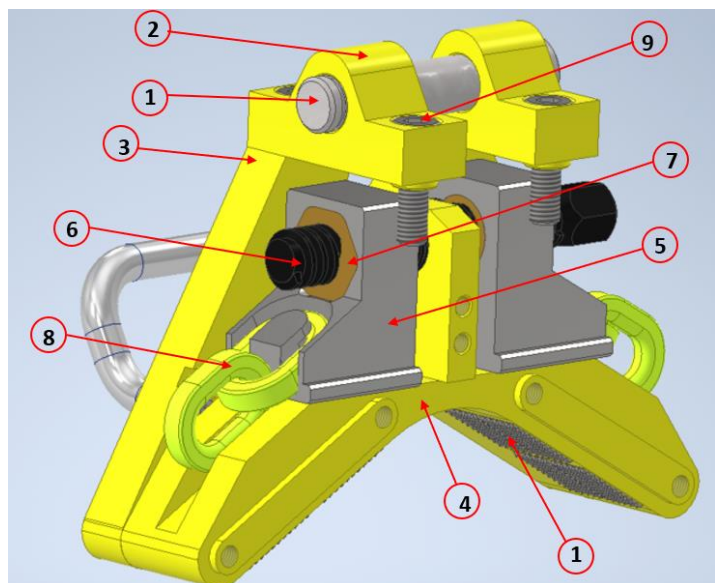


Abbildung 12, Pos. Bauteile

9.1 Gesamtgewicht

Das Gewicht einzelnen Bauteilen wurde mithilfe eines CAD Programms und den Herstellerangaben berechnet. Das Gesamtgewicht wird nachfolgend auf 5 kg aufgerundet, um sich bei allfälligen Abweichungen geschätzter Bauteile abzusichern.

Bauteil	Stückzahl	Material	Gewicht
Bolzenlager	2	S355	0.1 Kg
Seitenstützen	2	S355	1.3 Kg
Spindelhalter	1	S355	0.1 Kg
Grundblock	1	S355	0.8 Kg
Backen	2	S355	0.6 Kg
Tragbolzen	1	C15	0.09 Kg
Spindel	1	C15 gehärtet	0.17 Kg
Spindellager R	1	CuSn8	0.04 Kg
Spindellager L	1	CuSn8	0.04 Kg
Rundstahlkette 1 Meter	1	Stahl	1.2Kg
Hartmetall Platten	8	Hartmetall	0.16 Kg
Handgriff	1	Aluminium	0.04 Kg
Schrauben	14	Stahl	0.2 Kg
Total:			4.8 Kg

Tabelle 10, Gesamtgewicht

9.2 Dimensionierung Rundstahlkette

9.2.1 Kraftermittlung

Das erste Bauteil, welches dimensioniert werden muss, ist die Rundstahlkette. Diese überträgt die von der Spindel aufgebaute Spannkraft auf das Rohmaterial und presst es an die Kontaktfläche des Grundblocks. Wie in der Info Sammlung erwähnt, wird eine Anpresskraft von 8 kN benötigt. Um diese Kraft zu erzeugen, wird die Anpresskraft auf die Rundstahlkette aufgeteilt.

Da diese das Rohmaterial umschlingt, teilt sich die Kraft in einem Winkel von 63.22°. Diese Rechnung zeigt auf, dass eine Einzelkraft von 4.697 kN benötigt wird, um die gewünschte Anpresskraft aufzubringen.

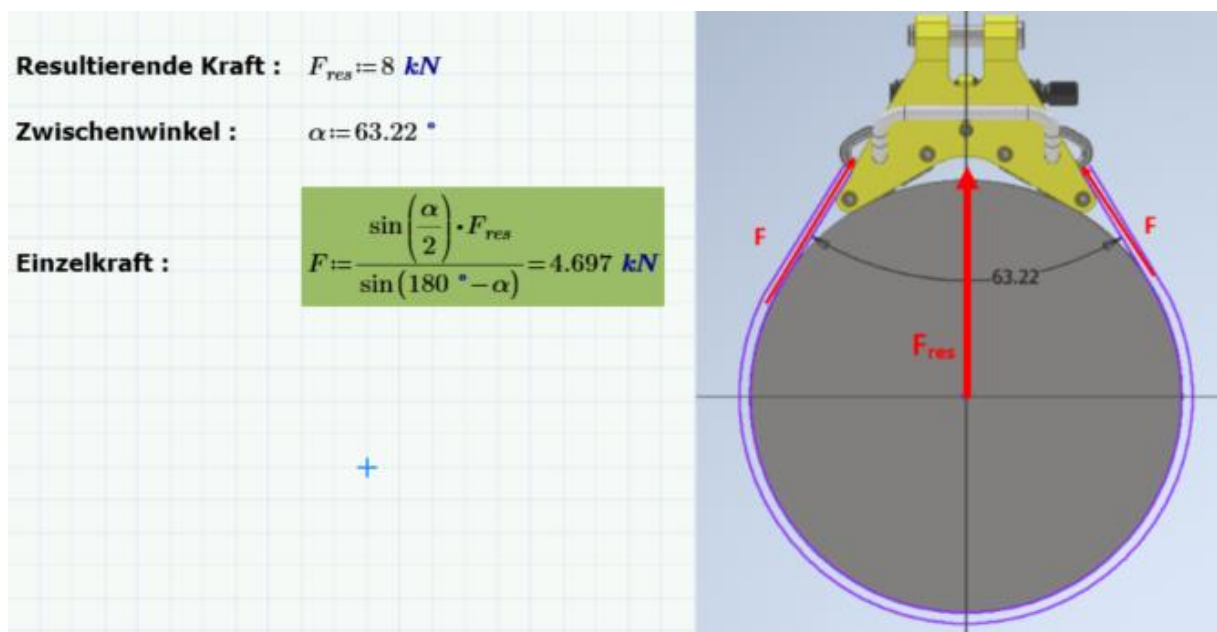


Abbildung 13, Kraftermittlung Kette

9.2.2 Auswahl Rundstahlkette

Mit der in der Gliederkette berechneten Kraft kann nun eine Gliederkette ausgesucht werden. Die Wahl fiel auf die Anschlagkette «Winner pro PCP» von Pewag mit einer Tragfähigkeit von 2360 kg was umgerechnet 23 kN entspricht.

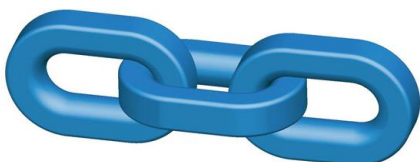


Abbildung 14, Kette Winner pro PCP

9.3 Nachweis Backen

Die Backen sind das Bindeglied zwischen Spindel und der Rundstahlkette. Sie übertragen die Kraft, welche von der Spindel erzeugt wird, auf die Kette, welche dann das Rohmaterial einspannt. Aus dieser Erkenntnis heraus können die in der Backe wirkenden Kräfte bestimmt werden. Die erste Kraft wird von der Spindel ausgeübt und wirkt auf die im Bild gelb schraffierte Fläche. Die andere Kraft übt die Backe vom Einhakenpunkt auf die Rundstahlkette (Blau markiert im Bild) aus. Da beide Kräfte gleich gross sein müssen, werden die Flächen untersucht, auf die diese Kräfte wirken. Die kleinere Fläche wird dann auf Abscherung überprüft, was in diesem Fall die violette Fläche auf dem Bild ist. Die Krafteinwirkung von der vorherigen Berechnung von 4.697 kN wird für diese Berechnung auf 5 kN aufgerundet. Die Berechnung zeigt auf das die berechnete Scherspannung von 17.73 N/mm² kleiner ist als die zulässige Scherspannung.

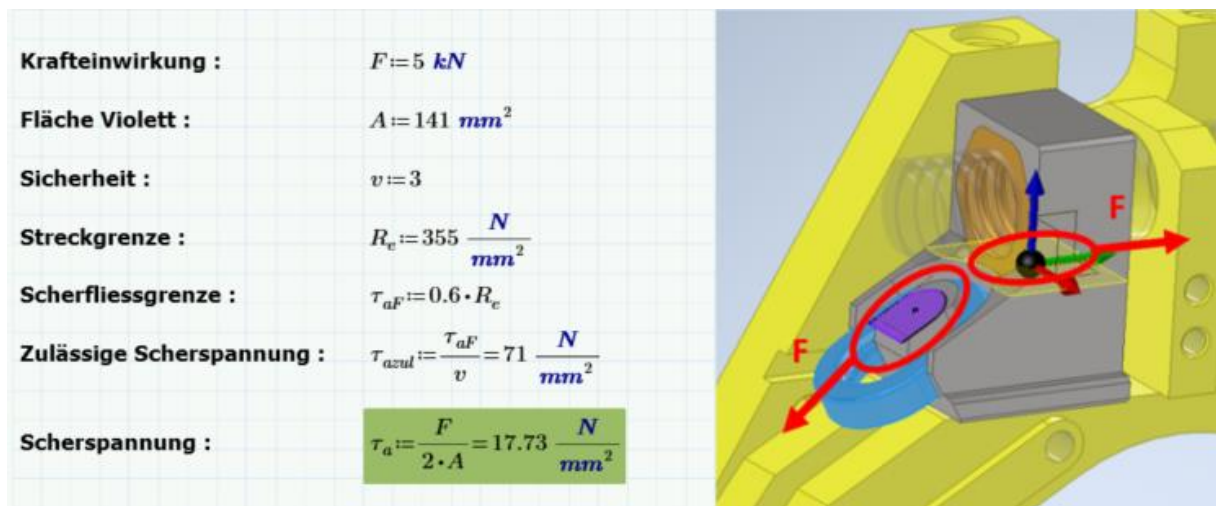


Abbildung 15, Belastung auf Backe

9.4 Spindel Dimensionierung

Als Nächstes wird die Spindel dimensioniert. Sie ist das Herzstück der Hebevorrichtung und dient zur Erzeugung der Spannkraft. Sie besitzt ein links- und rechtsdrehendes Gewinde, was ihr ermöglicht, beim Rotieren der Spindel die Backen zusammen oder auseinander zu pressen.

9.4.1 Krafteinwirkung

Um die Spindel auslegen zu können, müssen die wirkenden Kräfte ermittelt werden. Durch die Neigung von 30° von der Spannkette zur Spindelachse müssen die Kräfte in der X-Achse und in der Y-Achse berechnet werden. Die Kräfte in der X-Achse werden von der Spindel direkt übertragen. Die Kräfte in der Y-Achse hingegen drücken die Backen gegen ihre Auflageflächen, was eine zusätzliche Reibkraft erzeugt, welche die Spindel überwinden muss. Um diese Kräfte zu berechnen, wird wieder die oben aufgeführte Einzelkraft auf 5 kN aufgerundet. Die Kraft in der X-Achse beträgt 2.5 kN und die welche in der Y-Achse wirkt beträgt 4.33 kN.

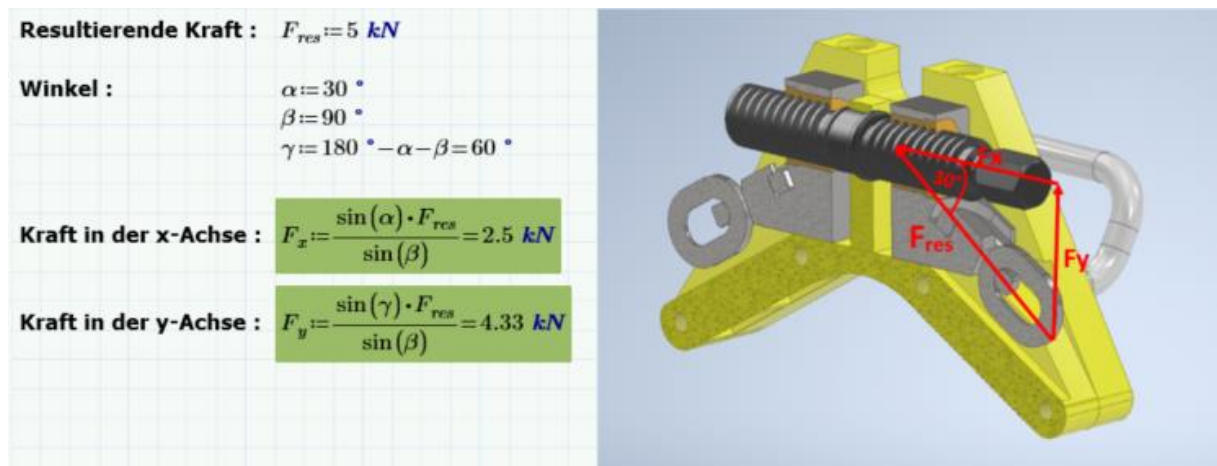


Abbildung 16, Berechnung der resultierenden Kräfte

9.4.2 Reibkraft

Wie vorher schon erwähnt, muss zur Dimensionierung der Spindel noch die Reibkraft, die auf der Auflagefläche der Backen entsteht, berechnet werden. Diese setzt sich zusammen aus der Gewichtskraft der Backen und der Kraft in der Y-Achse. Die daraus resultierende Reibungskraft beträgt 2.168 kN.

Kraft in der y-Achse :	$F_y := 4.33 \text{ kN}$
Gewicht Backe :	$m := 0.3 \text{ kg}$
Gewichts Kraft Backen :	$F_B := 2 \cdot m \cdot g = 5.884 \text{ N}$
Haftreibung Stahl/Stahl :	$\mu_B := 0.5$
Reibungskraft :	$F_R := \mu_B \cdot (F_y + F_B) = 2.168 \text{ kN}$

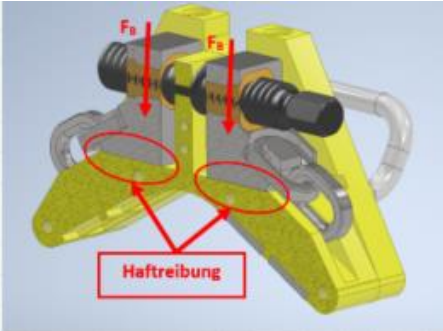
A 3D CAD model of a yellow mechanical assembly, likely a part of a machine tool. The model shows a central spindle with two bearings. Two red arrows labeled F_y point downwards from the spindle. Two red circles highlight the contact surfaces between the bearings and the spindle. A red box labeled "Haftreibung" (friction) points to these contact surfaces.

Abbildung 17, Berechnung Reibkraft

9.4.3 Kerndurchmesser Berechnen

Sind die Kräfte in der x-Achse und die zu überwindenden Reibkräfte bekannt, wird der erforderliche Kerndurchmesser der Spindel berechnet. Dafür wird zuerst das Material der Spindel festgelegt, um die zulässige Spannung zu definieren. Für die Spindel fiel die Auswahl auf einen C15 gehärteten Einsatzstahl. Mit den Werkstoffwerten kann nun der erforderliche Durchmesser berechnet werden. Der erforderliche Kerndurchmesser liegt bei min.11.285 mm.

Zul. Zugspannung :	$\sigma_z := 430 \frac{N}{mm^2}$
Sicherheitszahl :	$v := 3$
Reibkraft :	$F_R := 2.168 \text{ kN}$
Kraft x-Achse :	$F_x := 2.5 \text{ kN}$
Gesamtkraft auf spindel :	$F_{ges} := 2 \cdot F_x + F_R = 7.168 \text{ kN}$
Zul. Spannung für spindel :	$\sigma_{z,zul} := \frac{\sigma_z}{2} = 215 \frac{N}{mm^2}$
Kerndurchmesser erforderlich :	$d_{Kerf} := \sqrt{\frac{v \cdot F_{ges} \cdot A}{\sigma_{z,zul} \cdot \pi}} = 11.285 \text{ mm}$

Abbildung 18, Berechnung Kerndurchmesser Spindel

9.4.4 Spindel Auswahl

Mit dem errechneten min. Kerndurchmesser wird ein passendes Gewinde ausgesucht. Da grosse Axial-Kräfte übertragen werden, fällt die Wahl auf ein Trapezgewinde. Durch dessen dickeren Gewindgänge können grössere Axialkräfte aufgenommen werden, zudem schützen sie die Spindel auch mehr vor einer Abscherung.

Kennwerte für ein metrisches ISO-Trapezgewinde 20x4:

Steigung :	$P := 4 \text{ mm}$
Flankendurchmesser :	$d_F := 18 \text{ mm}$
Kerndurchmesser dk	$d_K := 15.5 \text{ mm}$
Flankenwinkel :	$\beta := 30^\circ$
Kernquerschnitt :	$A_K := \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 = 188.692 \text{ mm}^2$
Steigungswinkel Gew :	$\varphi := \text{atan}\left(\frac{P}{d_F \cdot \pi}\right) = 4.046^\circ$

Abbildung 19, Spindel Wahl

9.4.5 Drehmoment Berechnung

Der nächste Schritt ist das Berechnen des Drehmomentes, womit die Spindel angezogen werden muss, um die geforderte Spannkraft aufzubauen. Dieser ist abhängig von der Materialpaarung und der Gewindeart. Das benötigte Drehmoment liegt bei 16.807 Nm. In der Praxis würde man mit 20 Nm anziehen.

Material Spindel :	C15 gehärtet
Material Spindellager :	Bronze, CuSn-Legierung
Gleitreibung Stahl/Bronze :	$\mu_s = 0.18$
Reibungswinkel :	$\rho' := \operatorname{atan} \left(\frac{\mu_s}{\cos \left(\frac{\beta}{2} \right)} \right)$
Benötigtes Drehmoment :	$M_{not} := F_{ges} \cdot \frac{d_F}{2} \cdot \tan(\varphi + \rho') = 16.807 \text{ N} \cdot \text{m}$

Abbildung 20, Berechnung Drehmoment

9.4.6 Nachweis

Zum Schluss muss die Festigkeit in der Spindel nachgewiesen werden. Diese wird dann mit der für das Material zulässigen Spannung verglichen. Da abgesehen von der Zugspannung noch eine Torsionsspannung entsteht, wird aus diesen Kräften eine Vergleichsspannung berechnet. Diese beträgt 53.409 N/mm^2 was kleiner ist als die zulässige Spannung von 215 N/mm^2 ist.

Wichtig bei einem Gewinde ist auch die wirkende Flächenpressung. Die zulässige Flächenpressung ist je nach Materialpaarung unterschiedlich. Für die Backen musste deshalb eine konstruktive Änderung vorgenommen werden, da die ursprüngliche Materialpaarung von Stahl auf Stahl eine zu niedrige Flächenpressung aufweist. Neu wurden Spindellager aus Bronze konstruiert, die in die Backen eingepresst werden. Mit der neuen Konstruktion konnte die zulässige Flächenpressung auf 10 N/mm^2 erhöht werden, was im Einklang mit der vorhandenen Flächenpressung von 6.338 N/mm^2 ist.

Erzeugtes Drehmoment :	$M_{erz} := 20 \text{ N} \cdot \text{m}$
Länge Muttergewinde 2x :	$l_1 := 40 \text{ mm}$
Flankenüberdeckung :	$H_1 := 2 \text{ mm}$
Kleinster massgeblicher Durchmesser :	$d_0 := \frac{d_F + d_K}{2} = 16.75 \text{ mm}$
Polareswiderstandsmoment :	$W_T := \frac{\pi \cdot d_0^3}{16} = 922.729 \text{ mm}^3$
Torsionsspannung :	$\tau_T := \frac{M_{erz}}{W_T} = 21.675 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Zugspannung :	$\sigma_{dz} := \frac{F_{ges}}{A_K} = 37.988 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Vergleichsspannung :	$\sigma_V := \sqrt{\sigma_{dz}^2 + 3 \cdot (\tau_T)^2} = 53.409 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Zul. Spannung :	$\sigma_{d.z.zul} := \frac{\sigma_z}{2} = 215 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Flächenpressung Gewinde :	$p := \frac{F_{ges} \cdot P}{l_1 \cdot d_F \cdot \pi \cdot H_1} = 6.338 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Zulässige Flächenpressung :	$p_{zul} := 10 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Abbildung 21, Berechnung Spannung Nachweis

9.5 Nachweis Spindellager

Das Spindellager dient zur Lagerung der Spindel sowie der Erhöhung der Flächenpressung. Es wird aus Bronze gefertigt und in die Bohrung der Backe eingepresst. Durch die sechseckige Form des Steges wird sie gegen das Verdrehen in der Backe gesichert.

Beim Nachweis wird die Schwachstelle im Spindellager untersucht. Diese befindet sich an der dünnsten Stelle (rot eingekreist). Die dort wirkenden Kräfte sind gleich der in der Spindel wirkenden Kräfte. Die Zugspannung an diesem Ort beträgt 31.633 N/mm^2

Krafteinwirkung :	$F := 7.168 \text{ kN}$	
Gelbe Fläche :	$A := 113.3 \text{ mm}^2$	
Sicherheit :	$v := 3$	
Streckgrenze :	$R_e := 390 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Zul. Zugspannung :	$\sigma_{zul} := \frac{R_e}{v} = 130 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Zugspannung :	$\sigma_z := \frac{F}{2 \cdot A} = 31.633 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	

Abbildung 22, Berechnung Nachweis Spindellager

9.6 Grundblock

Da der Grundblock sehr massiv konstruiert wurde, ist die Berechnung für dieses Bauteil überflüssig. Die auf das Bauteil wirkende Flächenpressung ist zu gering, um relevante Berechnung durchzuführen.

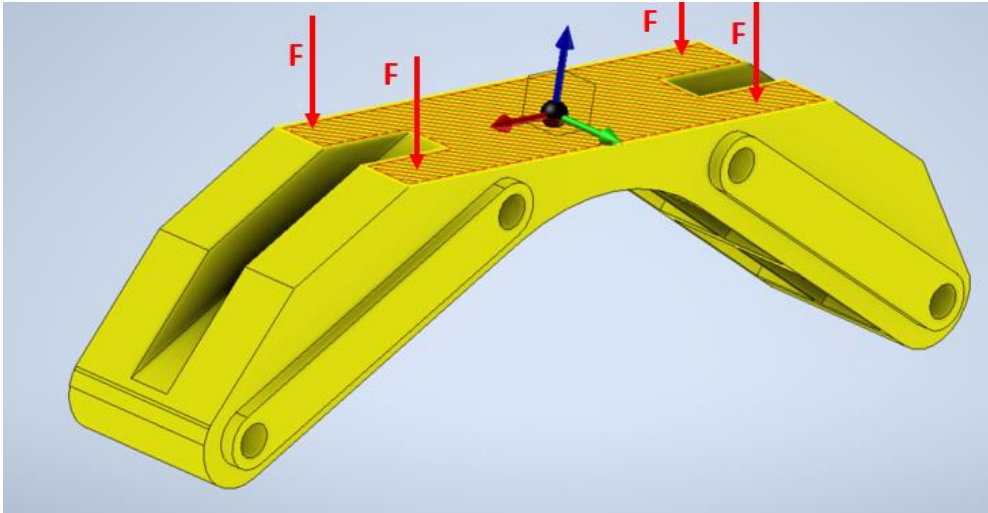


Abbildung 23, Grundblock

9.7 Hartmetallplatten

Um während dem Transportvorgang das Rohmaterial gegen das Verrutschen zu sichern, werden unterhalb der Hebevorrichtung Hartmetallplatten montiert. Durch ihre Härte drücken sich die Spitzen in das Rohmaterial und bieten so einen Besseren halt. Da sie ausser der beim Spannen entstehender Flächenpressung keiner anderen Kraft ausgesetzt sind, reicht es, wenn diese in die dafür vorgesehene Einfräsung geklebt werden. Werden diese mal beschädigt, kann der Kleber gelöst und die Platten ersetzt werden.

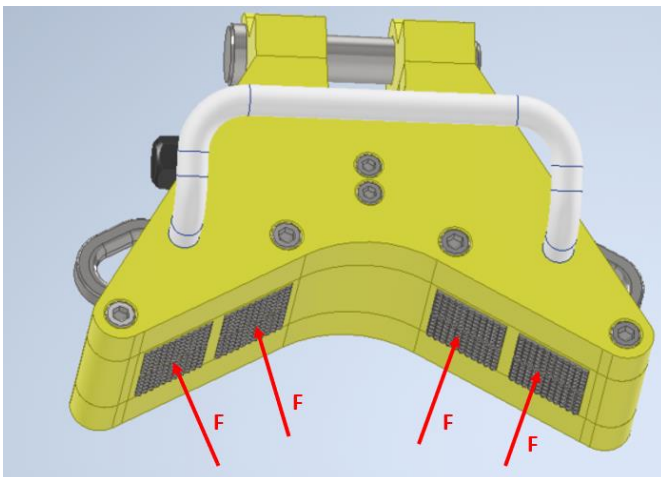


Abbildung 24, Hartmetallplatten

9.8 Nachweis seitliche Stützen

Die Seitlichen stützen halten sämtliche Komponenten zusammen. Die grösste Kraft wirkt auf die beiden unteren Flächen des Langloches. Dort befinden sich die Auflageflächen für den Grundklotz. Die auf diese Flächen wirkende Kraft setzt sich aus der Gewichtskraft des Rohmaterials und der Gewichtskraft von den zu tragenden Elementen, was 4 kN entspricht, aus. Da bei der Konstruktion die Kraft auf 4 Auflageflächen verteilt ist, wird mit 1 kN gerechnet. Mit einer vorhandenen Scherspannung von 4.01 N/mm² trotz sie der zulässigen Scherspannung von 106.5 N/mm² bei Weitem.

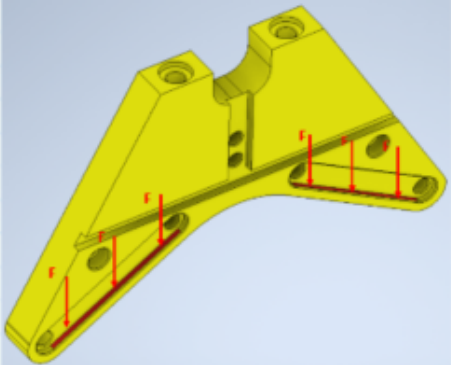
Krafteinwirkung :	$F := 1 \text{ kN}$	
Fläche :	$A := 124.7 \text{ mm}^2$	
Sicherheit :	$v := 2$	
Streckgrenze :	$R_e := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Scherfliessgrenze :	$\tau_{aF} := 0.6 \cdot R_e$	
Zulässige Scherspannung :	$\tau_{azul} := \frac{\tau_{aF}}{v} = 106.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Scherspannung :	$\tau_a := \frac{F}{2 \cdot A} = 4.01 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	

Abbildung 25, Berechnung Nachweis seitliche Stützen

9.9 Nachweis Lagerblock

Die Lagerblöcke werden dazu benötigt, den Tragbolzen, an welchem der Kranhaken montiert ist, zu befestigen und mit den Seitenstützen zu fixieren. Die in diesem Bauteil relevanten Kräfte werden vom Tragbolzen auf die Bohrung ausgeübt. Für den nachweisen wird die kleinste Fläche des Lagerblocks auf Zugbelastung geprüft.

Da aus gleichgewichtsgründen zwei Lagerblöcke verbaut wurden, kann hier die Gewichtskraft von 4kN auf 2kN aufgeteilt werden. Die Zugspannung beträgt 8.598N/mm.

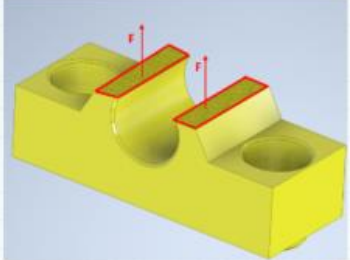
Krafteinwirkung :	$F := 2 \text{ kN}$	
Fläche :	$A := 116.3 \text{ mm}^2$	
Sicherheit :	$v := 2$	
Streckgrenze :	$R_e := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Zul. Zugspannung :	$\sigma_{zul} := \frac{R_e}{v} = 177.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Zugspannung :	$\sigma_z := \frac{F}{2 \cdot A} = 8.598 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	

Abbildung 26, Berechnung Nachweis Lagerblock

9.10 Dimensionierung der Schrauben

Die einzelnen Komponenten werden miteinander verschraubt. Um die richtige Nenngrosse der Schrauben zu dimensionieren, sind mehrere aufwendige Berechnungen nötig.

Diese vernachlässigt man, wenn die betroffenen Schrauben weder sicherheitsrelevant noch überwiegend belastet werden.

Bei der Untersuchung der Konstruktion ergab sich, dass nur die Schrauben der Pos 1 erhöhten Belastungen standhalten müssen und für Funktion und Sicherheit massgeblich sind. Die anderen dienen nur der Fixierung von Bauteilen. Es wirken deshalb nur geringen Kräfte auf sie.

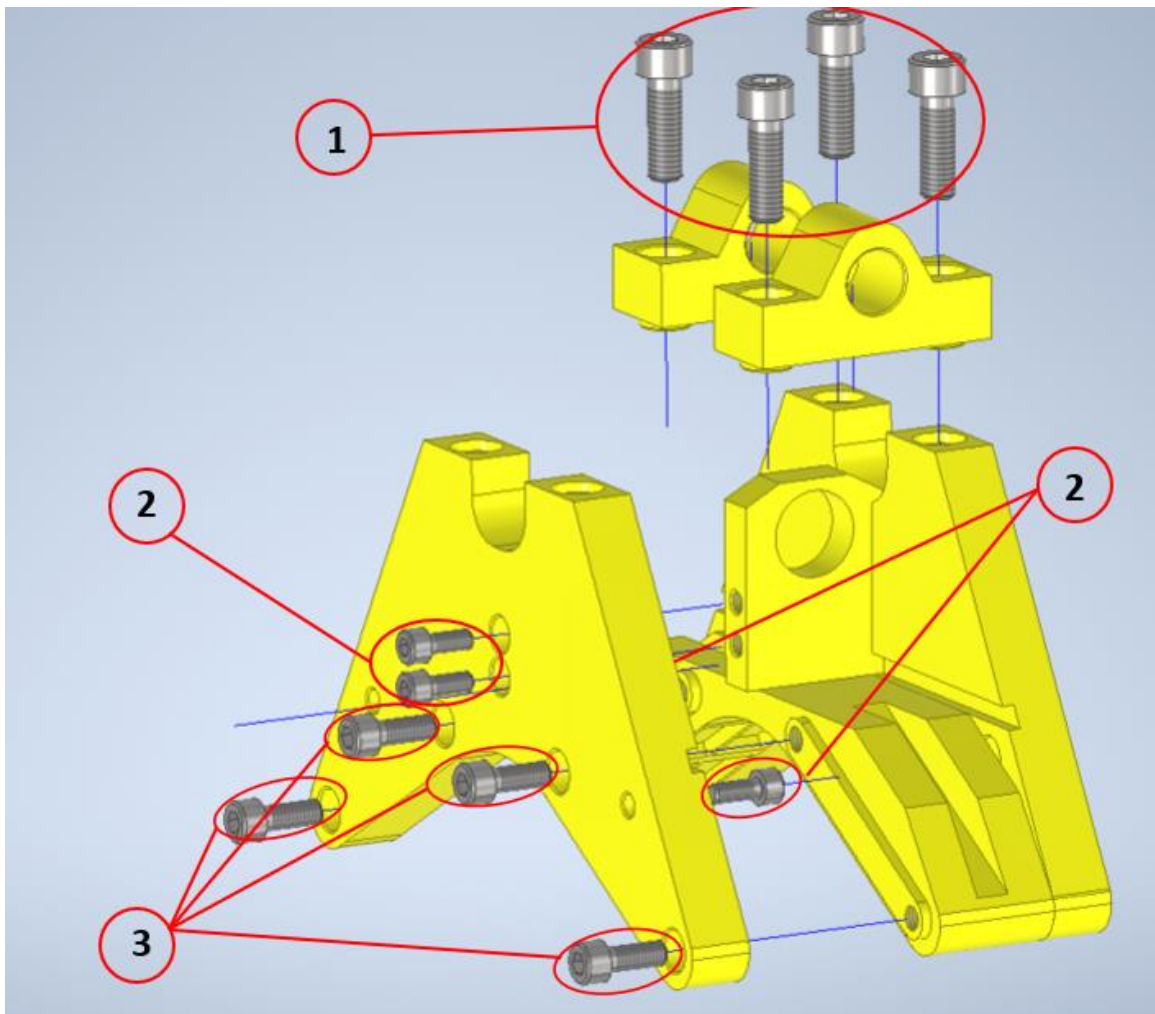


Abbildung 27, Pos. der Schrauben

9.10.1 Schraubenverbindung Lagerblock – Seitenstützen

Die Schrauben dienen als Verbindungselement zwischen Lagerblock und Seitenstützen. Auf sie wirkt die gesamte Gewichtskraft von Material und Aufhängevorrichtung. Um die Betriebssicherheit zu gewährleisten, muss bei der Konstruktion daher ein besonderes Augenmerk auf die Schrauben geworfen werden. Es werden 4 Schrauben verwendet, um die 4 Komponenten zusammen zu halten. Die Gewichtskraft von 4 kN kann deshalb auf die Schrauben verteilt werden. Um die Schrauben nicht unnötig zu belasten, wurde eine formschlüssige Verbindung zwischen den Bauteilen konstruiert, welche die gesamte Querkraft aufnimmt. Dies bedeutet, dass sich jede Schraube einer Betriebskraft von 1 kN widersetzen muss. Es werden 4x ISO 4762-M8x25 Der Festigkeitsklasse 12.8 auf ihre Belastungen geprüft.

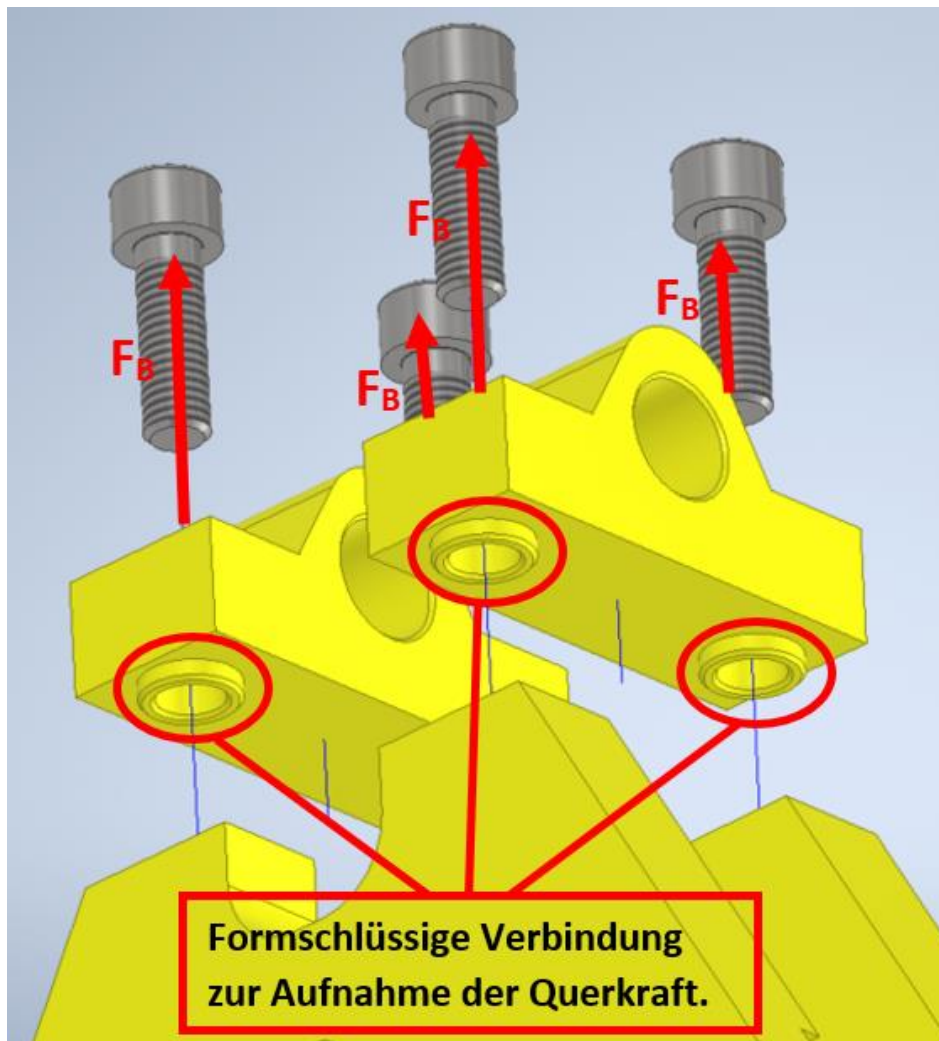


Abbildung 28, Schrauben-Lagerblock Verbindung

9.10.2 Nachgiebigkeit der Schraube

Durch das Anziehen wird die Schraube gedehnt. Dieses Verhalten wird mit der Nachgiebigkeit beschrieben und für die Dimensionierung benötigt.

Nenndurchmesse :	$d := 8 \text{ mm}$	
Steigung :	$p := 1.25 \text{ mm}$	
E-Modul :	$E := 210000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$	
Flankendurchmesser :	$d_F := 7.188 \text{ mm}$	
Kerndurchmesser :	$d_K := 6.466 \text{ mm}$	
Spannungsquerschnitt :	$A_S := 36.6 \text{ mm}^2$	
Länge freistehend :	$l_1 := 2.5 \text{ mm}$	
Länge freistehend Gewinde :	$l_2 := 7 \text{ mm}$	
Kleinster massgeblicher Durchmesser :	$d_0 := \frac{d_F + d_K}{2} = 6.827 \text{ mm}$	
Kernquerschnitt :	$A_K := \frac{\pi}{4} \cdot d_K^2 = 32.837 \text{ mm}^2$	
Nennquerschnitt :	$A_N := \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 50.265 \text{ mm}^2$	
Nachgiebigkeit schraube :	$\delta_S := \frac{1}{E} \cdot \left(\frac{0.8 \cdot d}{A_N} + \frac{l_1}{A_N} + \frac{l_2}{A_K} \right) = (1.858 \cdot 10^{-6}) \frac{\text{mm}}{N}$	

Abbildung 29, Berechnung Nachgiebigkeit der Schrauben

9.10.3 Nachgiebigkeit des Zwischenstückes

Für das mit der Schraube eingeklemmte Zwischenstück muss ebenfalls die Nachgiebigkeit berechnet werden. Doch da Zwischenstücke meist verschiedene Formen besitzen, wird ein Ersatzhohlzylinder erstellt.

E-Modul :	$E := 210000 \cdot \frac{N}{mm^2}$	
Bohrungsdurchmesser dh :	$d_h := 8.5 \text{ mm}$	
Durchmesser Zwischenteil :	$D_A := 15 \text{ mm}$	
Länge Zwischenteil :	$l_K := 9.5 \text{ mm}$	
Auflage der Schraube :	$d_w := 13 \text{ mm}$	
Querschnitt Ersatzhohlzylinder :		
$A_{ers} := \frac{\pi}{4} \cdot (d_w^2 - d_h^2) + \frac{\pi}{8} \cdot d_w \cdot (D_A - d_w) \cdot \left(\left(\sqrt[3]{\frac{d_w \cdot l_K}{D_A^2} + 1} \right)^2 - 1 \right) = 99.552 \text{ mm}^2$		
Nachgiebigkeit Zwischenteil :	$\delta_T := \frac{l_K}{E \cdot A_{ers}} = (4.544 \cdot 10^{-7}) \frac{mm}{N}$	

Abbildung 30, Berechnung Nachgiebigkeit des Zwischenstücks

9.10.4 Schraubenberechnung

Sind die Nachgiebigkeit der Schraube und des Zwischenstückes berechnet, kann man die Kräfte in der Schraube untersuchen. Hierbei sind mehrere Kräfte im Spiel, die durch Reibung, Betriebskraft, Anziehung entstehen. Aus diesen Werten berechnet man die Zugspannung, welche dann mit der maximal möglichen Montagevorspannung verglichen wird. Ist die Zugspannung grösser, muss die Wahl der Schraube überdenkt werden. Diese Berechnungen zeigen, dass die korrekte Schraubenwahl getroffen wurde und ein Sicherheitsfaktor von 3 besteht.

Dehngrenze - 0.2% :	$Rp_{0.2} := 1080 \frac{N}{mm^2}$
Betriebskraft FB :	$F_B := 1 \text{ kN}$
Klemmkraft FKL :	$F_{KL} := 1 \text{ kN}$
Anziehungsfaktor k :	$K_A := 1.5$
Gleitreibung Gewinde :	$\mu_G := 0.12$
Gleitreibung Kopf :	$\mu_K := 0.12$
Setzbetrag fz :	$f_z := 0.0145 \text{ mm}$
Anzahl Schrauben :	$n_a := 4$
Krafteinleitungsfaktor :	$n := 0.5$
Kor. Nachgiebigkeit Schraube :	$\delta_S := \delta'_S + (1-n) \cdot \delta'_T = 2.085 \frac{\mu m}{kN}$
Kor. Nachgiebigkeit Zwischenteil :	$\delta_T := n \cdot \delta'_T = 0.227 \frac{\mu m}{kN}$
Zusatzkraft :	$F_{BS} := F_B \cdot \left(\frac{\delta_T}{\delta_S + \delta_T} \right) = 0.098 \text{ kN}$
Entlastungskraft :	$F_{BT} := F_B \cdot \left(\frac{\delta_S}{\delta_S + \delta_T} \right) = 0.902 \text{ kN}$
Kraftverhältnis :	$\Phi := \frac{\delta_T}{\delta_S + \delta_T} = 0.098$
Vorspannkraft :	$F_V := F_{KL} + F_B \cdot (1 - \Phi) = 1.902 \text{ kN}$
Vorspannkraftverlust :	$F_Z := \frac{f_z}{\delta_S} \cdot (1 - \Phi) = 6.27 \text{ kN}$
Montagevorspannkraft :	$F_{VM} := K_A \cdot (F_{KL} + F_B \cdot (1 - \Phi) + F_Z) = 12.257 \text{ kN}$
Torsionsspannung :	$\tau_T := F_{VM} \cdot \left(\frac{0.159 \cdot p + 0.577 \cdot \mu_G \cdot d_F}{\frac{\pi \cdot d_0^3}{16}} \right) = 136.635 \frac{N}{mm^2}$
Maximale Montagevorspannung :	$\sigma_M := \frac{0.9 \cdot Rp_{0.2}}{\sqrt{1 + 3 \cdot \left(\frac{3}{d_0} \cdot (0.159 \cdot p + 0.577 \cdot \mu_G \cdot d_F) \right)^2}} = 858.805 \frac{N}{mm^2}$
Zugspannung Schaftschrauben :	$\sigma_Z := \frac{F_{VM} + \Phi \cdot F_B}{A_S} = 337.583 \frac{N}{mm^2}$
Sicherheitsfaktor :	$S_F := \frac{Rp_{0.2}}{\sqrt{\sigma_Z^2 + 3 \cdot (0.5 \cdot \tau_T)^2}} = 3.019$

Abbildung 31, Berechnung Schraubenverbindung

9.10.5 Anziehmoment und Flächenpressung

Als letzter Schritt muss noch das benötigte Anziehmoment und die am Zwischenstück entstehende Flächenpressung berechnet werden. Diese können dann mit einer Tabelle, die den Maximalen wert aufzeigt, verglichen werden.

Anziehdrehmoment :

$$M_A := F_{VM} \cdot \left(0.159 \cdot p + 0.577 \cdot \mu_G \cdot d_F + \frac{d_w + d_h}{4} \cdot \mu_K \right) = 16.443 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Gewinde	Reibungszahl $\mu_v = \mu_G$	Maximale Vorspannkraft $F_{M,max}$ [kN]							Maximales Anziehdrehmoment $M_{A,max}$ [Nm]							Umrechnungsfaktor X
		Festigkeitsklassen nach ISO 898/1							Festigkeitsklassen nach ISO 898/1							
		3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	3.6	4.6	5.6/4.8	6.8	8.8	10.9	12.9	
M8	0,10	5,3	7,1	8,8	14,2	19,1	28,0	32,8	6,0	8,0	10,0	16,1	21,6	31,8	37,2	1,13
	0,12	5,15	6,9	8,6	13,8	18,6	27,3	32,0	6,8	9,1	11,3	18,2	24,6	36,1	42,2	1,32
	0,14	5,0	6,7	8,3	13,4	18,1	26,6	31,1	7,5	10,1	12,6	20,1	27,3	40,1	46,9	1,51

Flächenpressung :

$$P := \frac{F_{VM} + \Phi \cdot F_B}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_w^2 - d_h^2)} = 162.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Werkstoff der Klemnteile	Zugfestigkeit R_m [N/mm ²]	Grenzflächenpressung ⁽¹⁾ P_G [N/mm ²]
St 37	370	260
St 50	500	420
C 45	800	700
42 CrMo 4	1000	850

Abbildung 32, Berechnung Anziehmoment & Flächenpressung

9.11 Dimensionierung Tragbolzen

Um die Hebevorrichtung am Kranhaken zu befestigen, wird ein Tragbolzen benötigt. Dieser muss das komplette Gewicht der Hebevorrichtung samt eingespanntem Material aushalten. Bricht dieser so droht die ganze Hebevorrichtung auf den Boden zu fallen. Um dies zu verhindern wird der erforderliche min. Durchmesser berechnet.

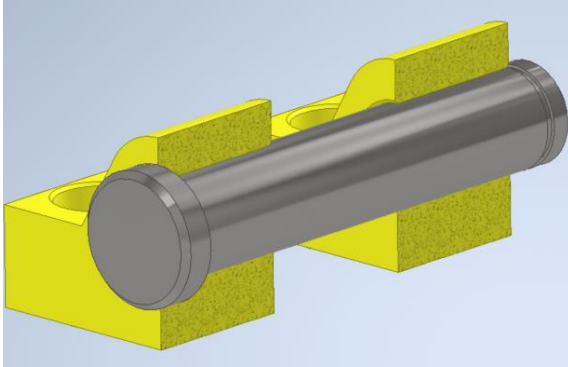


Abbildung 33, Tragbolzen

9.11.1 Durchmesser Berechnung

Mit der komplett wirkenden Gewichtskraft wird der erforderliche min. Durchmesser berechnet. Die Materialwahl fiel wieder auf den Einsatzstahl C15. Der erforderliche min. Durchmesser ergab 11.8 mm, wobei dann die Wahl auf 16 mm fiel.

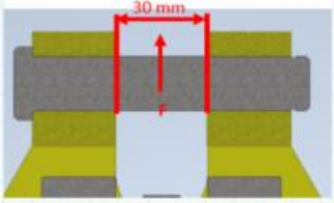
Wirkende Kraft :	$F := 4 \text{ kN}$	
Länge :	$l := 30 \text{ mm}$	
Sicherheitszahl :	$v := 2$	
Streckgrenze :	$R_e := 310 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Biegeflussgrenze :	$\sigma_{bF} := 1.2 \cdot R_e = 372 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Zulässige Biegespannung :	$\sigma_{bzul} := \frac{\sigma_{bF}}{v} = 186 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Biegemoment :	$M_b := \frac{F \cdot l}{4} = 30 \text{ N} \cdot \text{m}$	
Erforderliches axiales Widerstandsmoment :	$W_{erf} := \frac{M_b}{\sigma_{bzul}} = 161.29 \text{ mm}^3$	
Erforderlicher Durchmesser :	$d_{erf} := \sqrt[3]{\frac{W_{erf} \cdot 32}{\pi}} = 11.8 \text{ mm}$	
Auswahl Durchmesser :	$d := 16 \text{ mm}$	

Abbildung 34, Berechnung Tragbolzen

9.12 Dimensionierung Tragbolzen

Sind nun alle Bauteile Dimensionierten und Nachgewiesenen, kann nun die fertige Endkonstruktion konstruiert werden. Sie besitzt eine Länge von 180 mm, ist mit Handgriff 100 mm breit und hat eine Gesamthöhe von 137 mm.

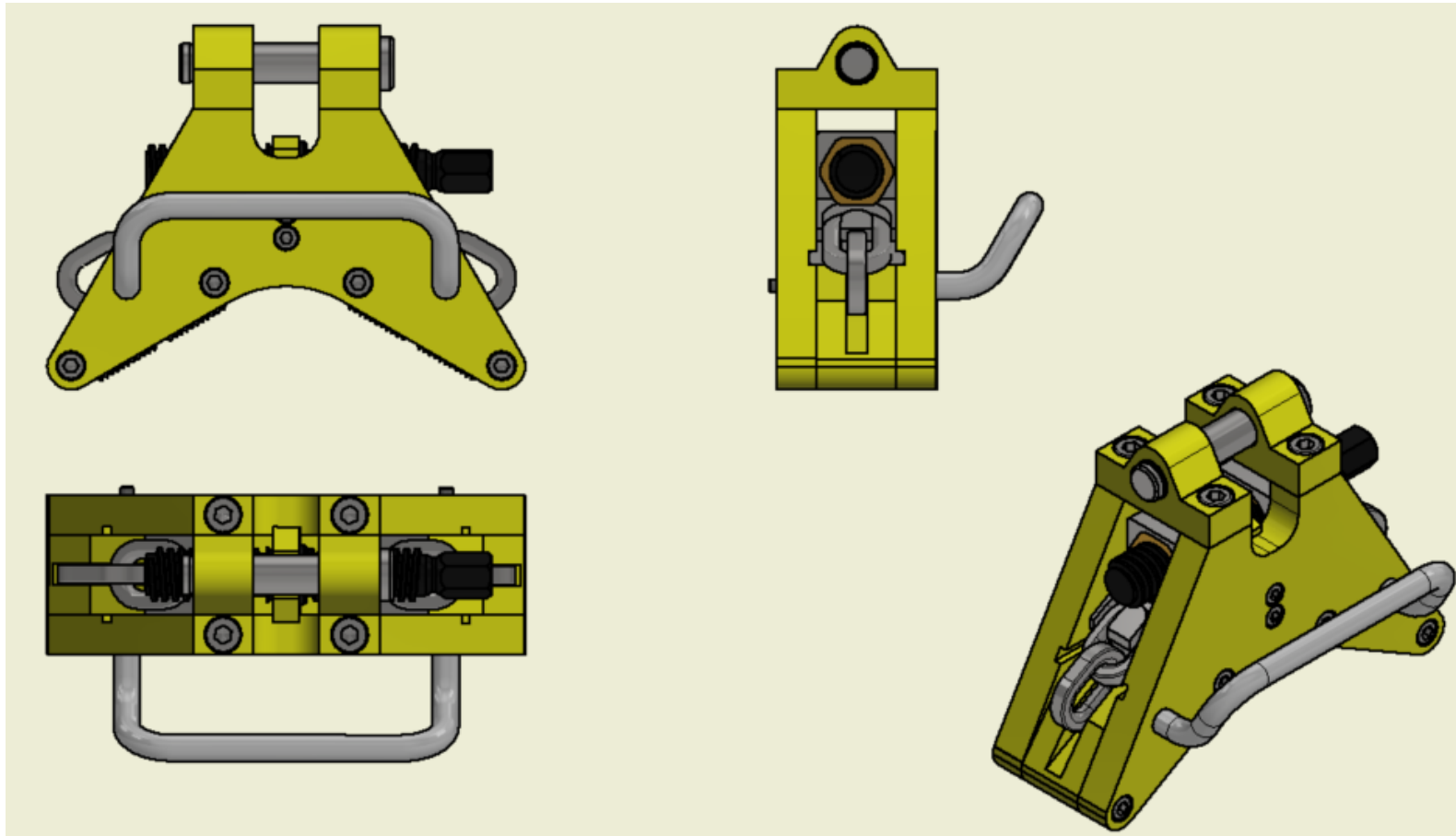


Abbildung 35, Endkonstruktion

10 Bedienung der Hebevorrichtung

Um veranschaulichen zu können, wie das neue Konzept dieser Hebevorrichtung funktioniert, wird hier eine Schritt für Schritt Darstellung gezeigt.

Zur Info:

Für diese Veranschaulichung wird die «Winner pro PCP» Kette als rote, gestrichelte Linie dargestellt.

1) Das Rohmaterial wird auf einer Palette angeliefert.

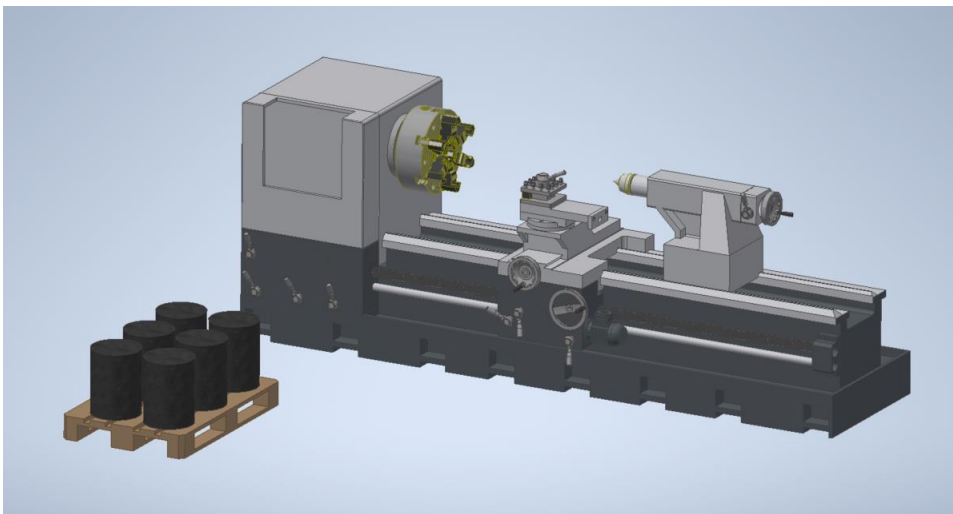


Abbildung 36, Material Anlieferung

2) Die Hebevorrichtung wird möglichst mittig an dem Rohmaterial positioniert.



Abbildung 37, Pos. Hebevorrichtung

3) Die Kette wird in die erste Backe eingehakt, umschlingt das Rohmaterial und wird dann an der anderen Backe so satt wie möglich erneut befestigt. Ist die Kette an beiden Backen montiert, kann nun mit einem Drehmomentschlüssel die Spindel betätigt werden und so das Rohmaterial in die Vorrichtung gespannt werden.

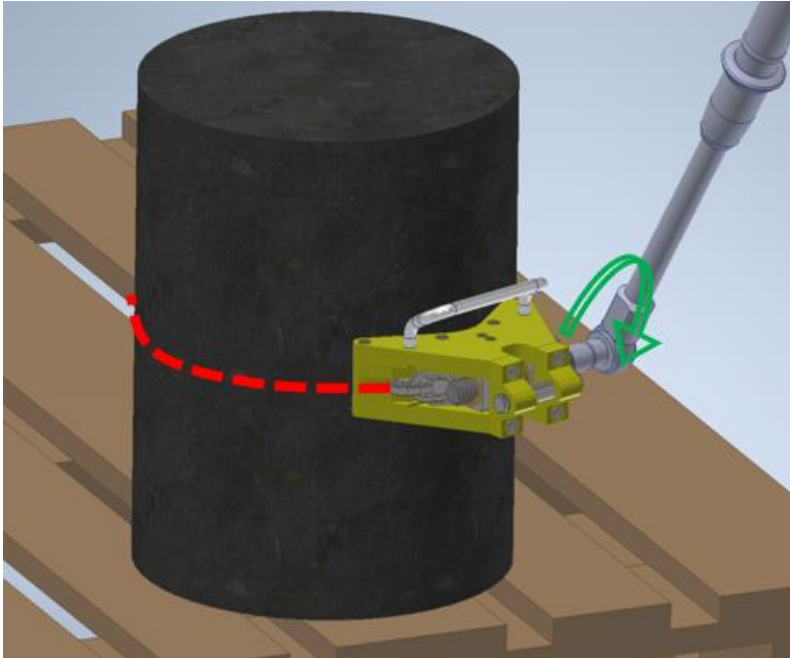


Abbildung 38, Einspannen Rohmaterial

4) Nun wird der Kranhaken am Tragbolzen befestigt und angehoben. Durch den Schwerpunkt des Rohmaterials wird es automatisch in die richtige Lage gedreht.

Start Position	Endposition

Tabelle 11, Start-Endposition

5) Zum Schluss wird das Rohmaterial mit der Kranbedienung an das Spannfutter transportiert und dort eingespannt werden. Danach kann die Hebevorrichtung wieder gelöst werden.

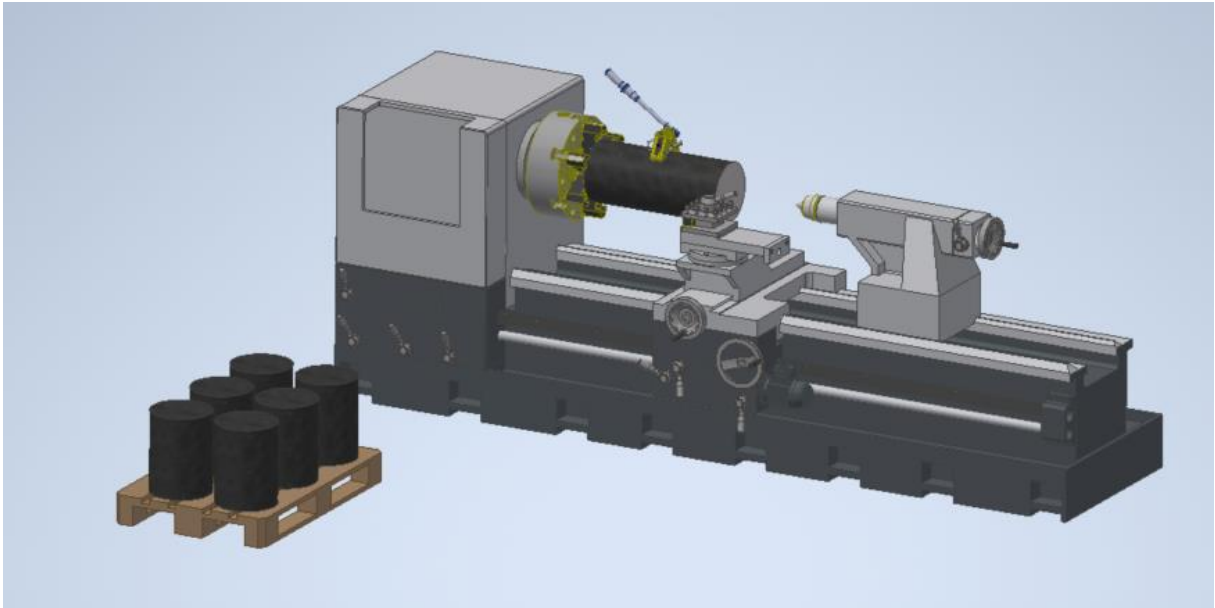


Abbildung 41, Eingespanntes Rohmaterial

11 Kontrolle

11.1 Überprüfen der Anforderungen

Zum Kontrollieren der Arbeit werden die Anforderungen aus dem Pflichtenheft überprüft. Grün steht für Anforderung erfüllt, Gelb steht für Anforderung konnte noch nicht überprüft werden.

Anforderung		F	M
1	Geometrie		
1.1	Die Hebevorrichtung sollte die Dimensionen von 300mm x 300mm x 300mm nicht überschreiten.		X
2	Kinematik		
2.1	Die Hebevorrichtung sollte in weniger als 5 min einsatzbereit sein		X
3	Kräfte		
3.1	Die Vorrichtung sollte für Materialien bis zu 300mm Durchmesser und 700mm Länge dimensioniert sein.		X
3.2	Die Vorrichtung muss den einwirkenden Kräften standhalten: <ul style="list-style-type: none"> • Die Befestigung am Kran Haken • Das herunterstürzten des eingeklemmten Materials verhindern. • Pendelnde Kräfte, die vom Kranhaken entstehen können. 		X
4	Energie		
4.1	Die Energie, die für das Halten des Materials benötigt wird, muss mechanisch bereitgestellt werden.	X	
5	Sicherheit		
5.1	Weder das Material noch die Vorrichtung dürfen bei vorschriftsgemässer Nutzung den Halt verlieren.	X	
6	Ergonomie		
6.1	Die Vorrichtung muss einfach, schnell und sicher an dem Kranen montierbar sein.		X
6.2	Das Leergewicht darf maximal 10 kg betragen		X
7	Montage		
7.1	Die Befestigung der Vorrichtung am Kranen und die Befestigung der Vorrichtung mit dem einzuspannenden Material sollte für einen Leihen kein Problem darstellen.		X
8	Recycling		
8.1	Nur wiederverwendbare Stoffe verwenden.	X	
9	Termin		
9.1	Abgabe 11.10.21	X	
F = Festforderung:		M = Mindestforderung:	

11.2 Begründung

Anforderung 1.1

- Da die Hebevorrichtung eine Dimension von 180mm x 137mm x 100mm aufweist, überschreitet sie die Anforderung nicht.

Anforderung 2.1

- Durch die einfache Handhabung bin ich mir sicher, dass die Vorrichtung in weniger als 5 min einsatzbereit ist. Da sie aber nicht hergestellt wurde, kann diese Anforderung nicht kontrolliert werden.

Anforderung 3.1

- Da die ganzen Berechnungen auf diese Dimensionen ausgerichtet sind, ist auch diese Anforderung erfüllt.

Anforderung 3.2

- In den Berechnungen wurden alle Kräfteinwirkungen berücksichtigt.

Anforderung 4.1

- Da der Spanmechanismus mechanisch ist, ist auch diese Anforderung erfüllt.

Anforderung 5.1

- Mit dem eingebauten Sicherheitsfaktor von 3 bin ich überzeugt, dass die Vorrichtung bei vorschriftsgemässer Handhabung hält.

Anforderung 6.1

- Die Lösung mit dem Tragbolzen bietet eine sichere und schnelle Montage am Kranhaken.

Anforderung 6.2

- Das Eigengewicht der Vorrichtung beträgt 5 kg.

Anforderung 7.1

- Durch die einfache Bauweise sollte das Bedienen auch für einen Leihen machbar sein.

Anforderung 8.1

- Alle von mir verwendeten Materialien sind wiederverwendbar.

Anforderung 9.1

- Die Terminabgabe kann eingehalten werden.

12 Gesprächsprotokoll-morphologischer Kasten

12.1 Bewertung der Teilfunktionen:

Allgemein:

Da bei einer Hebevorrichtung von schwerem Rohmaterial die Sicherheit an vorderster Stelle steht, wird sie bei allen Teilfunktionen mit 3 gewichtet.

Bei allen Teilfunktionen werden die Kosten mit einer Gewichtung von 2 bewertet, da sie nicht ausschlaggebend für die Wahl einer Variante sein sollte.

Bei den Teilfunktionen 3 und 4 wurde das Gewicht mit 2 gewichtet, um die Handhabung mit der Hebevorrichtung möglichst einfach zu gestalten.

Teilfunktion 1 und 2:

Die Art der Montage und die Austauschbarkeit bei Verschleiss ist für diese Teilfunktionen nicht sehr relevant und erhält deshalb die Gewichtung von 1.

Teilfunktion 3:

Da die Hebevorrichtung eine möglichst lange Lebensdauer aufbringen sollte, wurde die Verschleissfestigkeit mit 3 gewichtet.

Teilfunktion 4:

Die einfache Montage für diese Teilfunktion ist massgebend, da das Einspannen des Rohmaterials möglichst schnell und einfach gestaltet werden soll. Deshalb wurde dieser Punkt mit 3 gewichtet.

Teilfunktion 5:

Um die Hebevorrichtung nicht zu gross konstruieren zu müssen, wird die Einbaugrösse mit 2 gewichtet.

Da das Spannsystem bei jedem Spannvorgang betätigt werden muss ist wurde die Gewichtung auf 3 gesetzt.

Teilfunktion 6:

Da das Festsitzen des Rohmaterials in der Hebevorrichtung oberste Priorität hat, wurde dieser Punkt mit 3 gewichtet.

Um eine möglichst lange Einsatzdauer zu gewährleisten, wurde die Verschleissfestigkeit mit 2 Punkten gewichtet.

Teilfunktion 7:

Um beim Reparieren oder Austauschen von Bauteilen flexibel bleiben zu können, wird dieser Punkt mit 2 gewichtet.

Da der Verzug im Material problematisch sein kann, wird dieser Punkt mit 2 gewichtet.

12.2 Punkteverteilung

Teilfunktion 1:

Die Ringschraube ist zwar am günstigsten und am einfachste in die Konstruktion einzubringen, hat aber den Nachteil, dass sie nicht auf alle Seiten gleichfest belastet werden kann. Deshalb erhielt die Konstruktion mit dem Tragbolzen am meisten Punkte.

Teilfunktion 2:

Den Grundblock aus einem einzigen Teil zu fertigen wäre die stabilste Variante aber für die Herstellung am schwierigste. Je nach Konstruktion wären die Herstellungskosten und die Einschränkungen in der Konstruktion enorm hoch. Den Grundblock hingegen mehrteilig herzustellen, vereinfacht nicht nur das Konstruieren, sondern auch den Herstellungsprozess. Die geringen Einbußen der Stabilität müssen deshalb in Kauf genommen werden.

Teilfunktion 3:

Aluminium wäre vom Gewicht und dem Herstellungsprozess die beste Variante. Leider überzeugt sie im Punkt Stabilität und Verschleissfestigkeit zu wenig. Chromstahl hingegen wäre das genaue Gegenteil, die Herstellung wäre viel aufwendiger, dafür wäre die Festigkeit viel grösser. Stahl überzeugt mit den geringeren Herstellungskosten als Chromstahl und aber der höheren Festigkeit gegenüber dem Aluminium.

Teilfunktion 4:

Für das Spanset war die Flexibilität der auswahlgebende Punkt. Da die Hebevorrichtung für mehrere Durchmesser geeignet ist, ist es von Vorteil, wenn diese Einstellung schnell geändert werden kann. Diese Flexibilität ist mit der Stahlkette am besten vertreten, da man dort jedes einzelne Glied einzeln einhaken kann.

Teilfunktion 5:

Das Spannen durch Heben einer Backe, an der die beiden Enden des Spansets angebracht sind, ist die einfachere und kostengünstigere Lösung. Der Nachteil liegt in der Handhabung und der Einbaugrösse. Da die Spindel in dieser Konstruktion senkrecht steht, muss diese Vorrichtung viel grösser dimensioniert werden, da noch Platz benötigt wird, um mit dem Drehmomentschlüssel anzubringen. Deshalb wurde die kompliziertere Variante vorgezogen.

Teilfunktion 6:

Da die Hartmetallplatte eine grössere Härte als Stahl besitzt, ist sie besonders verschleissfest. Sie drückt beim Spannen in das Rohmaterial ein und bietet so einen formschlüssigeren Halt als die anderen beiden Varianten.

Teilfunktion 7:

Die Variante, die Einzelteile zusammen zu schweissen, erschwert zwar das Austauschen einzelner Komponenten, ist aber von der Stabilität her die beste Lösung. Da aber durch das Schweissen Verzug und Spannungen im Material Auftreten wurde die Variante mit dem Verschrauben vorgezogen.

13 Auswertung

13.1 Schwachstellen Nachkonstruktion

Eine bestehende Schwachstelle ist, dass längere Materialien durch Anheben in die waagerechte Position in Schwingungen geraten könnten. Dies könnte ein Sicherheitsrisiko darstellen. Da aber Material mit einer Länge von mehr als 400mm liegend geliefert wird, ist das Problem zu vernachlässigen.

Die Fertigungskosten für ein Einzelstück einer solchen Vorrichtung wären zu hoch, um es für einen Betrieb attraktiv zu machen. Dazu kommt, dass sich oftmals schon durch Eigenkonstruktionen selbst geholfen wurde. Oftmals werden Gesundheits- und Sicherheitsrisiken in Kauf genommen auf Kosten der Mitarbeitenden.

13.2 Bewertung der Lösung

Die endgültige Lösung ermöglicht sicher, schnell und unkompliziert ein variant schweres Rohmaterial zu heben bis zu einem Durchmesser von 300mm und einer Länge von 700mm. Mit Hilfe meiner Lösung ist es möglich, dieses Material von einer senkrechten- in eine Waagerechte Position zu bringen und in ein Spannfutter einer Horizontaldrehmaschine zu befördern. Meine Berechnungen zeigen das mein neues Konzept theoretisch funktioniert. Ausserdem bin ich überzeugt, dass es den Arbeitsprozess in der Zerspanung schneller, sicherer und angenehmer für den Arbeiter macht.

14 Arbeitsjournal

Datum	Zeit (h)	Tätigkeit
16.08 bis 22.08.21	8	<ul style="list-style-type: none"> - Ausgangslage - Kernprobleme - Pflichtenheft
23.08 bis 29.08.21	8	<ul style="list-style-type: none"> - Terminplan - Zweck und Ziele - Infosammlung - Aufgabenabgrenzung - Dokumentation
30.08 bis 05.09.21	10	<ul style="list-style-type: none"> - Anforderungen - Lösungsvarianten suchen - Funktionsstruktur - Prinzip Skizze - Dokumentation
06.09 bis 12.09.21	15	<ul style="list-style-type: none"> - Auflistung der Teilfunktionen - Morphologischer Kasten - Bewerten der Teilfunktionen - Lösungsvariante wählen - Dokumentation
13.09 bis 19.09.21	18	<ul style="list-style-type: none"> - Vorentwurf - Konstruktion - Berechnen - Dokumentation
20.09 bis 26.09.21	30	<ul style="list-style-type: none"> - Konstruktion - Berechnungen - Komponentenauswahl - Nachkonstruktion - Dokumentation
27.09 bis 03.10.21	30	<ul style="list-style-type: none"> - Berechnungen - Nachkonstruktion - Bewerten der Lösung - Dokumentation
04.10 bis 10.10.21	40	<ul style="list-style-type: none"> - Nachkonstruktion - Bewerten der Lösung - Lösungskonzept ausarbeiten - Dokumentation - Fertigstellung der Dokumentation

Tabelle 12, Arbeitsjournal

Gesamt: 159h

15 Reflexion

Das Verfassen dieser Diplomarbeit war eine sehr grosse Herausforderung. Ich blicke auf eine Lehrreiche, intensive und inspirierende Zeit zurück.

Mit dem in der Schulzeit erlerntem Wissen im Bereich der Konstruktions- und Berechnungsmethodik sowie Kreativität- und Arbeitstechnik war es mir möglich, die Diplomarbeit erfolgreich durchzuführen.

Währendem konstruieren und berechnen stellte sich immer mehr heraus, dass die Arbeit komplizierter sei als geplant. Mir wurden immer wieder Hürden in den Weg gestellt, die ich meistern musste. Da meine Kenntnisse im CAD nur sehr begrenzt waren, war das Konstruieren einer der schwierigsten Aufgabe. Ich kam oft an meine Grenzen und zweifelte an mein Gelingen. Durch das fehlende wissen in der Bedienung des Programmes stoss ich immer wieder auf neue Probleme, die ich dann aber mit Zielstrebig- und Hartnäckigkeit lösen konnte.

Die Berechnungen waren auch eine sehr schwierige Angelegenheit. Mit dem mir zur Verfügung stehenden Unterlagen war ich zwar sehr gut gerüstet, denn noch forderten mich diese Aufgabe enorm. Das Lösen kleiner Aufgaben im Unterricht viel mir immer besonders leicht, aber das Berechnen einer ganzen Konstruktion von Beginn an war etwas völlig anderes. Ich musste strategisch und überlegt vorgehen, um diese Aufgabe zu meistern.

Das Arbeiten aus dem Geschäft konnte ich gut parallel zur Diplomarbeit leisten. Es half sogar, nach einer intensiven Arbeitsphase für die Diplomarbeit ins Geschäft gehen zu können und die Gedanken neu anzuordnen.

Meiner Meinung nach ist mir die Arbeit gut gelungen. Ich konnte viel Neues dazulernen und mein Horizont erweitern. Ich habe meine Ziele erreicht und bin sehr zufrieden mit dem Endprodukt.

16 Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche kenntlich gemacht. Mir ist bewusst, dass Verstösse gegen die Grundsätze der Selbstständigkeit als Täuschung betrachtet und entsprechend der Prüfungsordnung geahndet werden.

Die Diplomarbeit darf nur mit Genehmigung des Verfassers an Dritte weitergegeben werden.



Kevin Spörle

Luzern der 11.10.2021

17 Verzeichnisse

17.1 Fachbücher

Verlag	Fachbuch
Europa-Lehrmittel	Tabellenbuch Metall
Europa-Lehrmittel	Fachkundebuch Metall
Schweizerische Normen-Vereinigung	Normen-Auszug 2010
Springer Vieweg	Technische Mechanik
Springer Vieweg	Formeln und Tabellen Maschinenbau

Tabelle 13, Fachbücher

17.2 Skripte

Dozent	Skript
Markus Fürholz	Konstruktionselemente V2.5
Schüpbach Dominic	Methodische Konstruktionslehre

Tabelle 14, Skripte

17.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1, Platz für Spannfutter.....	8
Abbildung 2, Horizontal Drehmaschine	8
Abbildung 3, Terminplan	11
Abbildung 4, Hebeband	13
Abbildung 5, Schwerkraft Greifer	13
Abbildung 6, Lasthebemagnet	13
Abbildung 7, Einfache Vorrichtung.....	13
Abbildung 8, Kranhaken.....	14
Abbildung 9, Anlieferung Material	14
Abbildung 10, Berechnung Gewichtskraft	15
Abbildung 11, Berechnung Spannkraft.....	16
Abbildung 12, Funktionsstruktur.....	18
Abbildung 13, Skizze Hebevorrichtung	20
Abbildung 14, Pos. Bauteile	26
Abbildung 15, Kraftermittlung Kette.....	28
Abbildung 16, Kette Winner pro PCP	28
Abbildung 17, Belastung auf Backe	29
Abbildung 18, Berechnung der resultierenden Kräfte.....	30
Abbildung 19, Berechnung Reibkraft.....	31
Abbildung 20, Berechnung Kerndurchmesser Spindel	32
Abbildung 21, Spindel Wahl	32
Abbildung 22, Berechnung Drehmoment	33
Abbildung 23, Berechnung Spannung Nachweis	34
Abbildung 24, Berechnung Nachweis Spindellager	35
Abbildung 25, Grundblock.....	36
Abbildung 26, Hartmetallplatten	36
Abbildung 27, Berechnung Nachweis seitliche Stützen.....	37
Abbildung 28, Berechnung Nachweis Lagerblock	38
Abbildung 29, Pos. der Schrauben.....	39
Abbildung 30, Schrauben-Lagerblock Verbindung	40
Abbildung 31, Berechnung Nachgiebigkeit der Schrauben	41
Abbildung 32, Berechnung Nachgiebigkeit des Zwischenstücks	42
Abbildung 33, Berechnung Schraubenverbindung	43
Abbildung 34, Berechnung Anziehmoment & Flächenpressung.....	44
Abbildung 35, Tragbolzen	45

Abbildung 36, Berechnung Tragbolzen	45
Abbildung 37, Endkonstruktion	46
Abbildung 38, Material Anlieferung	47
Abbildung 39, Pos. Hebevorrichtung.....	47
Abbildung 40, Einspannen Rohmaterial	48
Abbildung 41, Eingespanntes Rohmaterial	49

17.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1, Abkürzungsverzeichnis.....	I
Tabelle 2, Wortwahl Beschreibung.....	I
Tabelle 3, Ausgangslage Beschreibung.....	7
Tabelle 4, Ressourcenplanung	10
Tabelle 5, Anforderungsliste	12
Tabelle 7, Auflistung Teilfunktionen	20
Tabelle 8, Morphologischer Kasten.....	22
Tabelle 9, Bewertung Teilfunktionen	24
Tabelle 10, Auswahl Lösungsvarianten.....	25
Tabelle 11, Gesamtgewicht.....	27
Tabelle 12, Start-Endposition.....	48
Tabelle 13, Arbeitsjournal	56
Tabelle 14, Fachbücher	59
Tabelle 15, Skripte.....	59
Tabelle 16, Quellen der 3D Dateien	63
Tabelle 17, Quelle Bilder.....	65

17.5 Quelle der 3D Dateien für die CAD Veranschaulichung

Datei	Quelle
Kette	https://www.traceparts.com/de/product/pewag-anschlagketten-pewag-winner-pro-pcb?CatalogPath=TRACE-PARTS%3ATP04001002001&Product=90-17032021-057350&PartNumber=WINPRO%2010%20B
Handgriff	https://www.traceparts.com/de/product/item-industrietechnik-gmbh-handgriff-al-120-gebogen-schwarz?CatalogPath=TRACE-PARTS%3ATP01008014&Product=30-12112020-079992&PartNumber=0.0.416.87
Drehmoment-schlüssel	https://www.traceparts.com/de/product/facom-automatic-reset-wrench-with-20-x-7-fitting-s306100r?CatalogPath=TRACE-PARTS%3ATP02006003008&Product=10-02052007-073524&PartNumber=S.306-100R
Palette	https://www.traceparts.com/de/product/traceparts-transportpalette-1200-mm-x-800-mm?CatalogPath=TRACE-PARTS%3ATP04002003005&Product=10-13082014-107534
Hartmetall Auflageplatte	https://www.wdscomponents.com/de/auflageplatte-aus-hartmetall-quadratisch-oder-viereckig-extra-fein-geriffelt-us-masse-wds-696/c-197/p-1470/v-11457
Säulenschwenkkran	https://www.traceparts.com/de/product/schmalz-kompletter-saulenschwenkkran-inkl-kettenzug-und-dubelbefestigung?CatalogPath=TRACEPARTS%3ATP04001001002&Product=33-09072019-088764&PartNumber=14.05.01.00361
Drehmaschine	https://grabcad.com/library/grinding-attachment-for-lathe-1
Lasthaken	https://www.traceparts.com/de/product/ganter-gn-5862-lasthaken?CatalogPath=TRACEPARTS%3ATP04001002003&Product=34-17022018-096057&PartNumber=GN%205862-M20-30

Tabelle 15, Quellen der 3D Dateien

17.6 Quelle der Bilder

Abbildung	Quelle
Hebeband	https://dema-handel.ch/produkt/hebeband-bergequrt-8-t-5m/
Schwerkraft Greifer	https://www.kaiserkraft.ch/hebegebraete/klemmvorrichtungen-laufkatzen/rundmaterialgreifer-rtg/greifbereich-200-320-mm/p/M6473151/
Lasthebemagnet	https://www.expondo.ch/steinberg-systems-lasthebemagnet-500-kg-10030203?gclid=Cj0KCQjwg7KJBhDyARIsAHRAXaHiBtwF7BYI-CmcafpTLGCVXiA-Lyh5r2OHb1nUOzglOmHw7vtQE1HQaAtY6EALw_wcB
Kranhaken	https://de.cleanpng.com/png-u98jvd/
Ringschraube	https://www.edelstahl-niro.de/ring-schraube-edelstahl-p-2337.html?gclid=CjwKCAjwqeWKBhBFEiwABo_XBhPA4DEd5pVoQyR2hwXP-e8q2b6KM34_gTOV6ajN-bAMNp46or4BQRBoCi2IQAvD_BwE
Tragbolzen	https://www.kreitzberg.de/Tragbolzen-VDI-3366-m-Ring-sicherung-o50
Aluminium	https://www.ebay.ch/itm/265012629368?hash=item3db3fbcf78:g:v1MAAOSwDKNfFVvR
Stahl	https://www.weltstahl.com/stahl-st37-datenblatt-werkstoff-1-0037-din-17100-baustahl/
Chromstahl	https://ch.materials4me.com/metalle/edelstahl/vierkant/vierkant-aus-edelstahl-1.4301-gezogen-h11
Hebeband	https://dema-handel.ch/produkt/hebeband-bergequrt-8-t-5m/
Gliederkette	https://de.wikipedia.org/wiki/Kette_(Technik)
Bolzenkette	https://de.wikipedia.org/wiki/Kette_(Technik)
Gerändelte Mutter	https://www.directindustry.de/prod/maedler-gmbh/product-66929-1565965.html

Hartmetallplatten	https://www.wdscomponents.com/de/auflegeplatte-aus-hartmetall-quadratisch-oder-viereckig-extra-fein-geriffelt-us-masse-wds-696/c-197/p-1470/v-11457
Schweissabbildung	https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.bauhaus.info%2Fratgeber%2Fwerkzeug-maschinen%2Fgrundwissen-schweissen&psig=AOvVaw2fS56yMc-Z-mzSbR1c92Ee&ust=1615927762350000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJj0q5iWs-8CFQAAAAAdAAAAABAD
Schraube	https://www.bike-components.de/cache/p/xl1/4/9/Brooks-Schraube-Mutter-fuer-B33-silver-universal-49123-149707-1481257290.jpeg
Kette	https://www.lamm-seile.de/baugewerbe/kettenbauteile/queteklasse-12/718/profilstahlkette-winner-pro-g12?number=pewag%20%20156WINPRO07

Tabelle 16, Quelle Bilder