

Konstruktion einer höhenverstellbaren Kabinenmechanik

Konstruktionsarbeit B-KO3

von

Michael Vogl
Matrikel-Nr. 3430808



Wintersemester 2024/25

OTH Regensburg

Wintersemester 2024/25

Fakultät Maschinenbau

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Phleps
Prof. Dr.-Ing. Peter Gschwendner
Prof. Dr.-Ing. Florian Nützel
M.Sc. Andreas Preischl

Name Michael Vogl

Semester 3

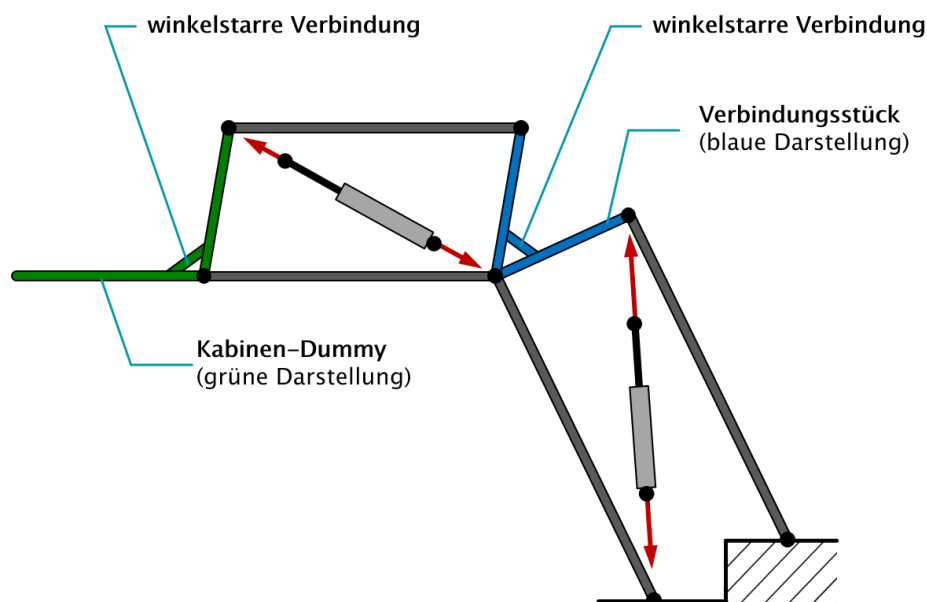
Note

1 Testatblatt - Studienarbeit B-KO3 (Gruppe 3)

Konstruktion einer höhenverstellbaren Kabinenmechanik

Bei Schwerlastmaschinen lassen sich die Anforderungen „optimale Sicht des Bedieners auf den Arbeitsraum“ und „kompakte Abmessungen der Maschine beim Transport“ zunächst nur schwer miteinander vereinbaren. Diese gegenläufigen Anforderungen lassen sich durch eine höhenverstellbare Fahrerkabine deutlich besser erfüllen.

Die nachfolgende Skizze zeigt ein mögliches Funktionsprinzip einer solchen höhenverstellbaren Kabinenmechanik. Diese besteht im Wesentlichen aus zwei miteinander verbundenen Parallelogrammen, deren Geometrie über diagonal angebrachte Hydraulikzylinder verändert werden kann.



Durch das Zusammenspiel der Zylinder kann die Kabine in nahezu jede Position gehoben werden und behält dabei immer eine horizontale Position bei.

› Daten und Anforderungen

Gruppe	3	4
Last _{max} [t]	1,0	1,2
Hub _{vertikal min} (Δy) [m]	1,8	2,0
Hub _{horizontal min} (Δx) [m]	3,0	3,0

Konstruieren Sie eine Kabinenmechanik, sodass die Höhe im eingefahrenen Zustand möglichst gering ist. Die Kabine selbst ist nicht Gegenstand der Aufgabe. Aus Sicherheitsgründen muss das System bei Ausfall der Energiezufuhr in der aktuellen Position verbleiben. Dabei sind:

- Last_{max} [t] maximale Last in Tonnen
- Hub_{vertikal min} [m] min. vertikaler Hub
- Hub_{horizontal min} [m] min. horizontaler Hub

Hinweise

- Die Hydraulikzylinder können als Fertigteile zugekauft werden
- Die Lagerungen sollen wartungsfrei ausgeführt sein
- Die Stückzahl beträgt 50 Stück/Jahr

› Arbeitsumfang

1. **Vorauslegung inkl. Freikörperbild**, geometrische Festlegung der Kinematik, Berechnung der Kräfte und Momente im System, Kontrolle der Berechnungen
2. **Festigkeitsnachweise** und grobmaßstäblicher **Handentwurf** des Systems, Festlegung der Werkstoffe sowie der Kauf- und Normteile
3. Ausarbeitung der Konstruktion in einem präzisen **CAD-Entwurf**. Festlegung wichtiger Maße, Toleranzen, Passungen und Bearbeitungen
4. Werkstattgerechte technische **Zeichnung des Verbindungsstücks** mit allen notwendigen Angaben (Werkstoff, Toleranzen, Passungen, Form- und Lage, Bearbeitungen, ...)
5. **Zusammenstellung** der Arbeit in einer PDF-Datei

▪ Testattermine

- zu 1. KW45 - **Freitag, 08. November 2024** zu 2. KW47 - **Freitag, 22. November 2024**
zu 3. KW49 - **Freitag, 06. Dezember 2024** zu 4. KW50 - **Freitag, 13. Dezember 2024**
zu 5. KW03 - Endabgabe spätestens **Freitag, 17. Januar 2025 – 12 Uhr (mittags)**

▪ Erklärung

Ich habe die Studienarbeit selbst ausgeführt. Die Quellen und Hilfsmittel sind eindeutig benannt. Die Arbeit umfasst Gesamtseiten

Name Michael Vogl

Datum _____

Unterschrift



2 Inhaltsverzeichnis

1	Testatblatt - Studienarbeit B-KO3 (Gruppe X)	2
2	Inhaltsverzeichnis	4
2.1	Quellen- und Schriftumsverzeichnis	5
2.2	Formelzeichen	5
3	Datenblatt	7
4	Konstruktionsbegründung	8
5	Vorauslegungsrechnungen	13
5.1	Gesamt-Freikörperbild und Kinematik	24
5.2	Freikörperbilder und Bauteilgleichungen	13
5.3	Gesamt-Gleichungssystem und Kräfteberechnung	22
5.4	Kontrolle der Kräfteberechnung.....	24
6	Handentwurf	25
7	Festigkeitsnachweise	30
7.1	Zylinderauslegung	30
7.2	Bolzen	33
7.3	Biegebalken (Hubarm) / Stab	38
7.4	Schraubenverbindung / Schweißverbindung	42
8	Baugruppenzeichnung und Stückliste	43
9	Technische Zeichnung Verbindungsstück	45
10	Anhang	46
10.1	Datenblätter Kaufteile	46
10.2	MATLAB-Programmierung	48
11	Projektdateien	66

2.1 Quellen- und Schriftumsverzeichnis

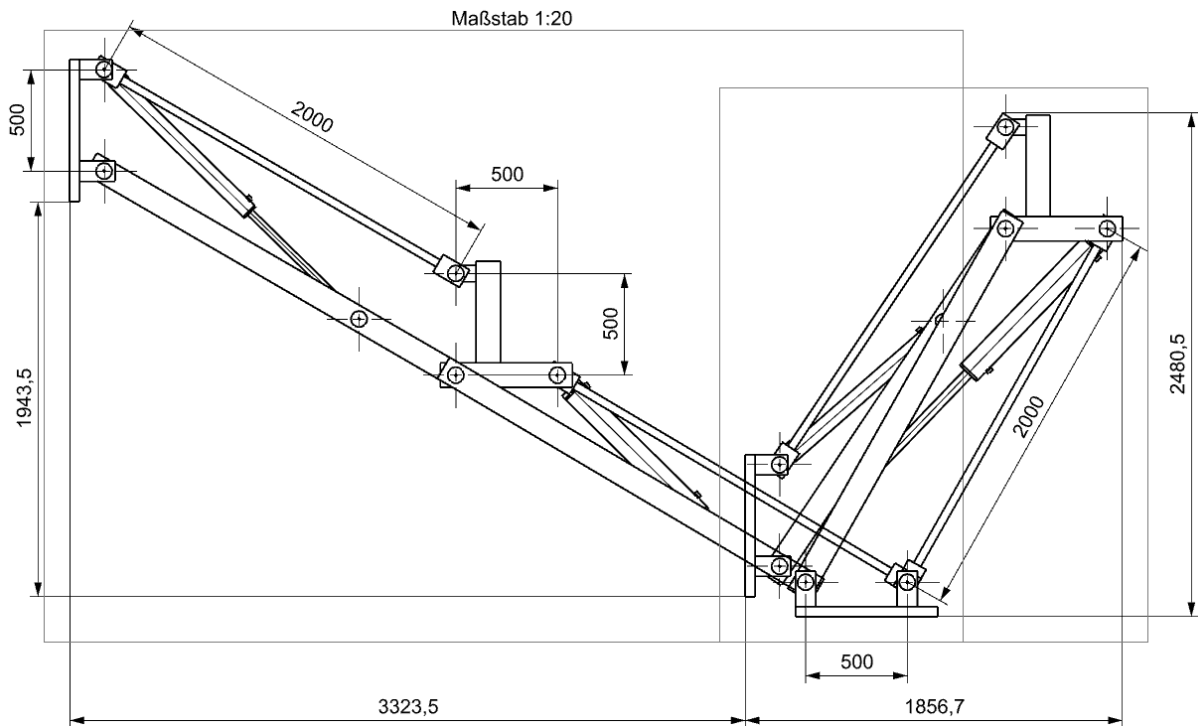
- Formeln: Stefan, Maier: Technische Mechanik – Formelsammlung, 8. Auflage, 03.12.2017
- Zylinder von Agirossi: <https://agirossi.de/portfolio/dwl/>
- Gleitlager der Firma IGUS: <https://www.igus.de/iglidur-ibh/zyllindrische-geitlager#quantity=1000&dimensions=d1%3A50-d2%3A55-b1%3A60&lifetimeParameters=force%3A20000&sortingBy=descending-lifetime>
- Statischer Festigkeitsnachweis siehe Roloff/Matek Seite 68 Bild 3.26
- - Formeln: Stefan, Maier: Technische Mechanik – Formelsammlung, 8. Auflage, 03.12.2017
- Berechnungsgrößen wurden Roloff Matek, Auflage 26 entnommen
- Grafik Zylinder:
https://www.haenchen.de/media/schaubilder/hydraulikzylinder_druckschutzrohr.jpg?m=1666275665

2.2 Formelzeichen

Zeichen	Einheit	Bezeichnung
$F1$ bis $F38$	N	Lagerreaktionen
F	-	Kräfte-Vektor
$z1$	mm	Zylinderlänge 1
$z2$	mm	Zylinderlänge 2
$z1e$	mm	$z1$ eingefahren
$z1a$	mm	$z1$ ausgefahren
$z2e$	mm	$z2$ eingefahren
$z2a$	mm	$z2$ ausgefahren
a	mm	Hauptmaß
b	mm	Hauptmaß
c	mm	Hauptmaß
d	mm	Hauptmaß
m	kg	Last
g	m/s^2	Erdbeschleunigung
F_g	N	Gewichtskraft
α	°	Hauptwinkel
β	°	Hauptwinkel
γ	°	Hauptwinkel
δ	°	Hauptwinkel
M	-	Krätematrix
R	-	Rechte-Seite-Vektor
n	-	Anzahl
L	-	Überprüfungs Lösungsvektor
$F_{z1maxMatrix}$	-	Matrix mit allen Kräften auf $z1$
$F_{z2maxMatrix}$	-	Matrix mit allen Kräften auf $z2$
F_{z1max}	N	Größte Kraft auf Zylinder 1
F_{z2max}	N	Größte Kraft auf Zylinder 2
F_{z1e}	N	Kraft auf Zylinder 1 wenn eingefahren
F_{z1m}	N	Kraft auf Zylinder 1 wenn in Mittelstellung

Fz1a	N	Kraft auf Zylinder 1 wenn ausgefahren
Fz2e	N	Kraft auf Zylinder 2 wenn eingefahren
Fz2m	N	Kraft auf Zylinder 2 wenn in Mittelstellung
Fz2a	N	Kraft auf Zylinder 2 wenn ausgefahren
Minimum	mm	Hub in Eingefahrener Stellung
Maximum	mm	Hub in Ausgefahrener Stellung
z1m	-	Hilfsmatrix zur Berechnung der Grafik
z2m	-	Hilfsmatrix zur Berechnung der Grafik
F_vals	-	Hilfsmatrix zur Berechnung der Grafik
z1b	mm	Zylinderlänge bei der Festigkeitsberechnung
z2b	mm	Zylinderlänge bei der Festigkeitsberechnung
Bk	-	Kräftevektor für die Festigkeitsberechnung
Komax	N	Maximale Kraft die den oberen Balken biegt
Kumax	N	Maximale Kraft die den unteren Balken biegt
gammaz	°	Hilfswinkel
deltaz	°	Hilfswinkel
alphaz	°	Hilfswinkel
betaz	°	Hilfswinkel
ka	°	Hilfswinkel
kb	°	Hilfswinkel
Ko	N	Hilfskraft
Ku	N	Hilfskraft
dd	°	Hilfswinkel
gg	°	Hilfswinkel
theta1	-	Vektor mit Hilfswinkel fürs plotten
theta2	-	Vektor mit Hilfswinkel fürs plotten
X_end	-	Vektor mit Hilfslängen fürs plotten
Y_end	-	Vektor mit Hilfslängen fürs plotten
e1	°	Hilfswinkel fürs plotten
e2	°	Hilfswinkel fürs plotten
a1	°	Hilfswinkel fürs plotten
a2	°	Hilfswinkel fürs plotten
p	MPa	Druck
A	m ²	Fläche bzw. Querschnitt
D / d	m	Durchmesser
v _k	-	Sicherheit gegen Knicken
F _k	N	Kritische Knickkraft
l _k	m	Knicklänge
E	MPa	Elastizitätsmodul
I / I _{min} / I _x	m ⁴	Flächenmoment zweiten Grades
K _a	-	Anwendungsfaktor
K _t	-	Geometrischer Größeneinflussfaktor
τ	MPa	Schubspannung
σ	MPa	Normalspannung
R _{p0,2}	MPa	Streckgrenze
R _m	MPa	Zugfestigkeit
t	mm	Wandstärke

3 Datenblatt



Technisches Merkmal	Formelzeichen	Wert	Einheit	Bemerkung
Länge	L	1856,7	mm	
Breite	B	530,0	mm	
Höhe	H	2480,5	mm	
Max. mögliche Last	F	9810	N	
Verfahrweg vertikal	v	1943,5	mm	
Verfahrweg horizontal	x	3323,5	mm	
Gesamtgewicht	G	741,91	kg	
Anzahl der Eigenteile (Gesamtmenge)	/	12	/	
Anzahl der Kaufteile (Gesamtmenge)	/	20	/	
Anzahl der Normteile (Gesamtmenge)	/	75	/	

4 Konstruktionsbegründung

▪ Allgemeines Konstruktionsziel

Es soll eine Kabinenmechanik entworfen werden, welche den Fahrzeugführer eine optimale Sicht auf seine Umgebung gewährt. Die Konstruktion soll zuverlässig und langlebig ausgelegt sein. Diese soll mittels zwei Parallelogrammen (siehe Testatblatt) konstruiert werden, sodass die Kabine selbst sich immer parallel zum Boden befindet. Die Mindestanforderungen sind 1,8 Meter nach oben in Vertikale Richtung und 3 Meter in horizontale Richtung aus der Ruhelage aus zu heben. Die Lagerungen sollen wartungsfrei ausgelegt werden. Die Kabine hat ein angenommenes Gewicht von einer Tonne. Es soll für eine Stückzahl von 50 St./Jahr konstruiert werden. Es wird besonders darauf geachtet die Konstruktion möglichst simpel und leicht fertigbar zu gestalten, aber dennoch günstige Fertigungskosten zu erreichen. Auch die Kompaktheit der Konstruktion spielt eine große Rolle, um wenig Bauraum Des Fahrzeuges zu verbrauchen. Es wird auch sehr auf das Gewicht der Konstruktion geachtet, um das Fahrzeug nicht unnötig zu beschweren und Materialkosten einzusparen.

▪ Konstruktionsverlauf / Anpassungen

Die 2D-Kinematik der Mechanik war recht schnell entschieden, da die Anforderungen gut definiert waren. In der 3D-Kinematik allerdings gab es einige Unklarheiten, welche nach und nach ersichtlich wurden:

- Bauteil 2 war zuerst als ein einzelner Träger geplant gewesen, welcher im Punkt C von beiden Seiten einen Zylinder befestigt hat, da aber zwei Zylinder überdimensioniert und teurer wären entschied ich mich dafür zwei Träger mit einer Zylinderanbindung mittig im Punkt C durch einen Bolzen zu realisieren
- Es war auch geplant Bauteil 4 und Bauteil 8 komplett identisch zu entwerfen, um Komplexität einzusparen, allerdings entschieden die Augeninnendurchmesser der Zylinder die Bolzendicke und somit musste ich die Bohrung und Lagerung etwas unterschiedlich zu gestalten
- In Testat 2 habe ich im Schnitt A-A im Knoten F Bauteil 8 und die Zylinderanbindung direkt aneinandergesetzt, dies führte allerdings dazu das Bauteil 8 und Zylinder 2 sich schneiden, das wurde gelöst indem zwischen die Zylinderanbindung und Bauteil 8 Abstandshülsen hinzugefügt wurden
- Im Knoten E war anfangs ein Einziger Bolzen vorgesehen, da aber der Bolzen im Bauteil 5 mit einer Presspassung sitzt, wäre dies ein sehr schwer einzupressender Bolzen gewesen. Somit habe ich mich für eine einfache Montierbarkeit durch weniger Einpressweg entschieden und dafür in Kauf genommen, dass das Bauteil 5 stärker auf Torsion belastet wird
- Die Gabelanbindungen an der Kabine sowie am Fahrzeug wurden zuerst als Einzelteile betrachtet, allerdings ist es schlauer diese aus Flachstähle zusammen zu schweißen, da es unwirtschaftlich wäre die Gabeln aus dem Vollen zu fräsen

Ansonsten waren keine nennenswerten Anpassungen im Konstruktionsverlauf erforderlich.

▪ Konzept

Um möglichst wenig Bauraum zu verbrauchen ist die Konstruktion möglichst kompakt zu gestalten, deshalb werden die Zylinder innerhalb der Parallelogramme verbaut und ragen in keiner Position aus der Konstruktion. Es wurde darauf geachtet, dass sich Bauteil 2 und Bauteil 6 nicht schneiden können, dadurch kann die Konstruktion um einiges weiter einfahren.

Durch das Ziel die Konstruktion so simpel wie möglich zu gestalten, wird erzielt, dass viele Bauteile sich nur wenig unterscheiden und im Einkauf Mengenrabatte erhalten werden könnten:

- Bauteil 6 und Bauteil 2 unterscheiden sich bis auf die Zylinderanbindung nicht, und sind somit dieselben Träger
- Bauteil 4 und Bauteil 8 unterscheiden sich nur in der Größe ihrer Bohrung

Durch die Symmetrie von Bauteilen 2,4,6 und 8 können diese auch gedreht, Bauteile 4 und 8 auch komplett umgekehrt eingebaut werden.

Bei der Entscheidung wo die Zylinder angebracht werden, wurde darauf geachtet, dass die Zylinder im ausgefahrenen, hohen Belasteten Zustand auf Druck belastet sind, da die Zylinder in diesem Zustand mehr Kraft aufnehmen können aufgrund der größeren Kolbenfläche.

Für Bauteile 4 und 8 wurden nur Flachprofile verwendet, da diese nur auf Zug belastet sind und keine Anderweitigen Kräfte aufnehmen müssen. Dies ermöglicht eine kompaktere Bauform und ist günstiger als ein weiteres Hohlprofil.

Bauteile 2, 6 und 5 wurden aus Hohlprofilen gefertigt, da diese ein hohes Widerstandsbiegemoment aufweisen und eine schönere Optik als I-Träger aufweisen.

Für die Sicherung der Bolzen habe ich mich für eine stirnseitige Schraube mit Scheibe entschieden, da diese einfach zu montieren und zu warten sind, falls ein Bauteil gewechselt werden müsste. Im Bauteil 5 wurde an dem Senkrechten Hohlprofil eine Bohrung vorgesehen, sodass Regenwasser abfließen kann.

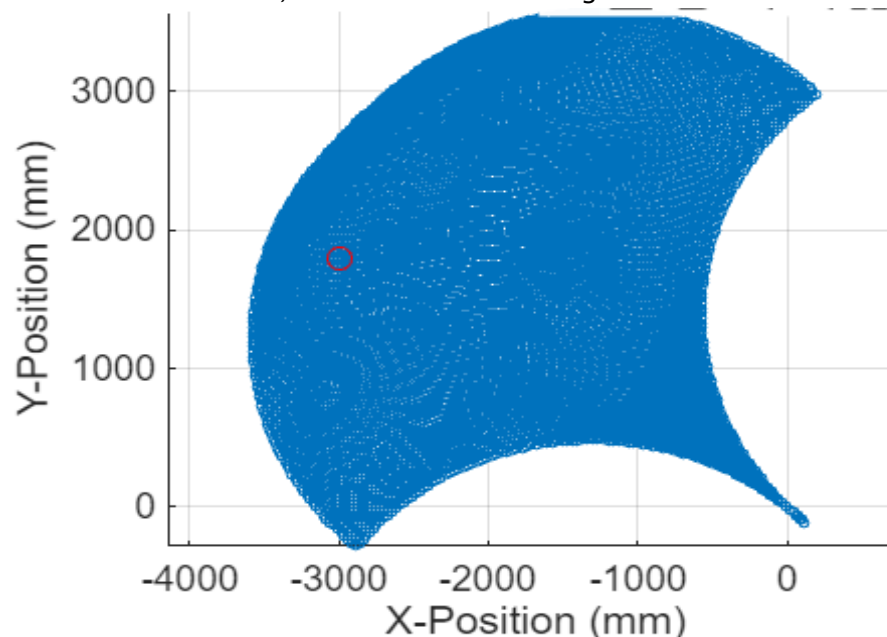
Für die Lagerung wurden Gleitlager von der Firma IGUS verwendet, da diese das Ziel erfüllen einen wartungsfreien Betrieb zu ermöglichen.

Die Bedingung, dass das System bei Verlust der Energiezufuhr in der aktuellen Position verbleibt, wird durch Sperrventile verwirklicht. Sperrventile (auch Rückschlagventile mit Steueröffnung genannt) blockieren den Hydraulikfluss vollständig, solange kein Steuerdruck anliegt. Diese werden direkt am Zylinder angebracht, um ihn in seiner aktuellen Position zu fixieren.

▪ Funktionsweise

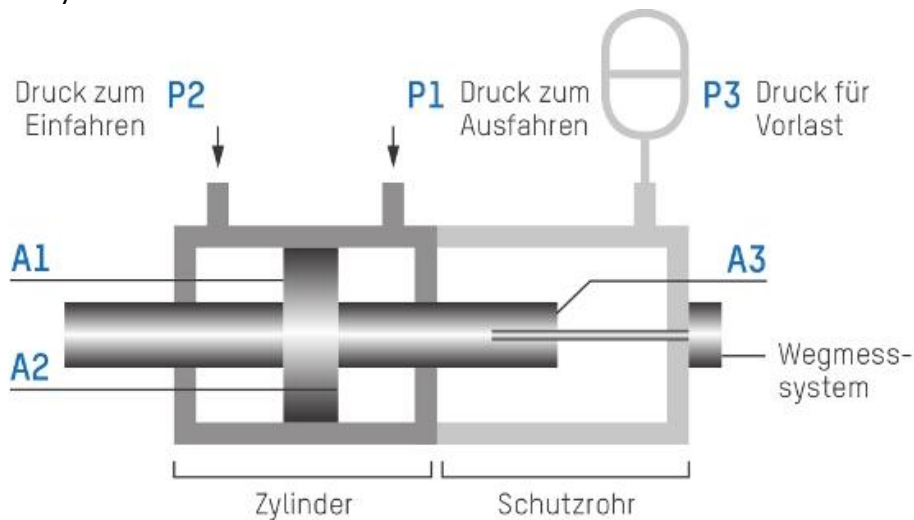
Der obere Zylinder verschiebt das obere Parallelogramm welche die Kabine in einer Kreisförmigen Bewegung (mit dem Radius $b = 2000\text{mm}$) hauptsächlich in der Vertikalen verschiebt. Der untere Zylinder verschiebt das untere Parallelogramm in einer Kreisförmigen Bewegung (mit dem Radius $b = 2000\text{mm}$) welche die Kabine hauptsächlich in der Horizontalen verschiebt. Die Zylinder müssen nicht in einer bestimmten Reihenfolge angesprochen werden, um die Konstruktion korrekt zu bewegen.

Alle möglichen Positionen der Kabine werden in folgender Grafik dargestellt, der rote Kreis markiert die Position, welche mindestens angefahren werden muss.



Die Bewegung der Zylinder wird durch die Druckdifferenz des Hydrauliköls in dem Zylinder initiiert, diese ergibt eine Resultierende Kraft welche den Zylinder aus bzw. einfahren lässt. Veranschaulicht wird dies in folgender Grafik:

Grafik Zylinder



▪ Werkstoffauswahl, Halbzeuge, Fertigungsverfahren und Oberflächenbehandlungen

1. Gabelanbindungen (Bauteil 1 & Bodenplatte)

Die Gabelanbindungen werden aus Flachstäben zusammengeschweißt, da diese spezielle Maße haben und nicht als Normteile gekauft werden. Die Gabeln werden anschließend an einer passenden Stelle an der Kabine angeschweißt.

Werkstoff: Es wird S235JR (1.0038) verwendet, da dieser kostengünstig ist und eine gute Schweißseignung vorweist.

Halbzeuge:

- Gabel Knoten A: Flachstab EN 10 058 – 100 x 20 x 5000 M; Stahl EN 10 025-S235JR
- Gabel Knoten B: Flachstab EN 10 058 – 100 x 30 x 5000 M; Stahl EN 10 025-S235JR
- Gabel Knoten H: Flachstab EN 10 058 – 100 x 20 x 5000 M; Stahl EN 10 025-S235JR
- Gabel Knoten I: Flachstab EN 10 058 – 100 x 20 x 5000 M; Stahl EN 10 025-S235JR

Fertigungsverfahren: Sägen/Schneiden, Schweißen, Bohren, Reiben

Oberflächenbehandlungen: Grundieren, Lackieren

2. Bauteil 2

Die Biegebalken sind eine Schweißbaugruppe, da dadurch nur genormte Stangenwähre benutzt wird, welche Kosten und Komplexität einsparen.

Werkstoff: Es wird S235JR (1.0038) verwendet, da dieser kostengünstig ist und eine gute Schweißseignung vorweist.

Halbzeuge:

- Rechteck Hohlprofil DIN EN 10210-2 120 x 60 x 4.0 x 2150; Stahl EN 10 025-S235JR
- Kaltgezogenes Rohr DIN EN 10305-1 70 x 12 x 60; Stahl EN 10 025-S235JR
- Kaltgezogenes Rohr DIN EN 10305-1 55 x 8 x 82; Stahl EN 10 025-S235JR

Fertigungsverfahren: Schweißen, Bohren, Reiben

Oberflächenbehandlung: Grundieren, Lackieren

3. Bauteil 4 und Bauteil 8

Die Bauteile 4 und 8 sind wie im Konstruktionsverlauf erwähnt bis auf den Durchmesser der Bohrung identisch und setzen sich aus verschweißten Flachstählen zusammen.

Werkstoff: Es wird S235JR (1.0038) verwendet, da dieser kostengünstig ist und eine gute Schweißseignung vorweist.

Halbzeuge:

- Flachstab EN 10 058 – 40 x 20 x 1800 F; Stahl EN 10 025-S235JR
- Flachstab EN 10 058 – 100 x 20 x 150 F; Stahl EN 10 025-S235JR

Fertigungsverfahren: Schweißen, Bohren, Reiben

Oberflächenbehandlung: Grundieren, Lackieren

4. Bauteil 5

Die Winkelstarre Verbindung (Bauteil 5) ist eine Schweißbaugruppe, da dadurch nur genormte Stangenwähre benutzt wird, welches Kosten und Komplexität einspart.

Werkstoff: Es wird S355JR (1.0045) verwendet, da dieser eine gute Balance zwischen Kosten, Belastbarkeit und Schweißseignung darstellt.

Halbzeuge:

- Rechteck Hohlprofil DIN EN 10210-2 120 x 80 x 4.0 x 650; Stahl EN 10 025-S355JR
- Kaltgezogenes Rohr DIN EN 10305-1 70 x 12 x 80; Stahl EN 10 025-S355JR
- Kaltgezogenes Rohr DIN EN 10305-1 55 x 8 x 80; Stahl EN 10 025-S355JR
- Quadratisches Hohlprofil DIN EN 10305-1 120 x 120 x 5.0 x 200; Stahl EN 10 025-S355JR
- Quadratisches Hohlprofil DIN EN 10305-1 120 x 120 x 5.0 x 500; Stahl EN 10 025-S355JR
- Vierkant Vollprofil DIN EN 10059 80 x 80 x 150; Stahl EN 10 025-S355JR

Fertigungsverfahren: Schweißen, Bohren, Reiben

Oberflächenbehandlung: Grundieren, Lackieren

5. Bauteil 6

Der untere Biegebalken (Bauteil 6) ist eine Schweißbaugruppe, da dadurch nur genormte Stangenwähre benutzt wird, welches Kosten und Komplexität einspart.

Werkstoff: Es wird S235JR (1.0038) verwendet, da dieser kostengünstig ist und eine gute Schweißseignung vorweist.

Halbzeuge:

- Rechteck Hohlprofil DIN EN 10210-2 120 x 60 x 4.0 x 2150; Stahl EN 10 025-S235JR
- Kaltgezogenes Rohr DIN EN 10305-1 70 x 12 x 60; Stahl EN 10 025-S235JR
- Quadratisches Hohlprofil DIN EN 10305-1 120 x 120 x 5.0 x 365; Stahl EN 10 025-S235JR
- Flachstab EN 10 058 – 120 x 30 x 150 F; Stahl EN 10 025-S235JR

Fertigungsverfahren: Schweißen, Bohren, Reiben

Oberflächenbehandlung: Grundieren, Lackieren

6. Abstandshülse Pos. 17

Im Knoten B in Bauteil 1 wird eine Abstandshülse benötigt, welche selbst aus Stangenware zugeschnitten wird.

Werkstoff: Es wird S235JR (1.0038) verwendet, da dieser kostengünstig ist.

Halbzeug: Kaltgezogenes Rohr DIN EN 10305-1 60 x 10 x 5000 M; Stahl EN 10 025-S235JR

Fertigungsverfahren: Sägen/Schneiden, Aufbohren

Oberflächenbehandlung: Grundieren, Lackieren

7. Abstandshülse Pos. 25

Im Knoten F in Bauteil 5 wird eine Abstandshülse benötigt, welche selbst aus Stangenware zugeschnitten wird.

Werkstoff: Es wird S235JR (1.0038) verwendet, da dieser kostengünstig ist.

Halbzeug: Kaltgezogenes Rohr DIN EN 10305-1 70 x 10 x 5000 M; Stahl EN 10 025-S235JR

Fertigungsverfahren: Sägen/Schneiden, Aufbohren

Oberflächenbehandlung: Grundieren, Lackieren

8. Bolzen 365 x 50 Pos. 24

Im Knoten F wird in Bauteil 5 ein besonders langer Bolzen verwendet, welcher nicht nach Norm bestellbar ist, deshalb wird dieser selbst aus Stangenware gefertigt. Es ist ebenfalls eine Zentrierbohrung vorgesehen

Werkstoff: Es wird 30CrNiMo8 (1.6580) verwendet, da der Bolzen aufgrund seiner Länge stark beansprucht ist.

Halbzeug: Rundstab DIN EN 10 278 – 51h10 x 5000 F; DIN EN 10 083-3 – 30CrNiMo8

Fertigungsverfahren: Drehen, Bohren, Gewindeschneiden

▪ Kosten

Meine Konstruktion ist durch die simple und leichte Bauweise günstiger an Materialkosten und höher in Personenkosten. **Alle Angaben sind grob geschätzt!**

Konstruktion und Berechnung

Arbeitsstunden x Stundenkosten

120 h x 100€/h = 12.000€

Bauteile

Rohgewicht aller Bauteile: 358,2 kg

Davon Zylinder ~ 60kg, davon Schweißbauteile ~300kg

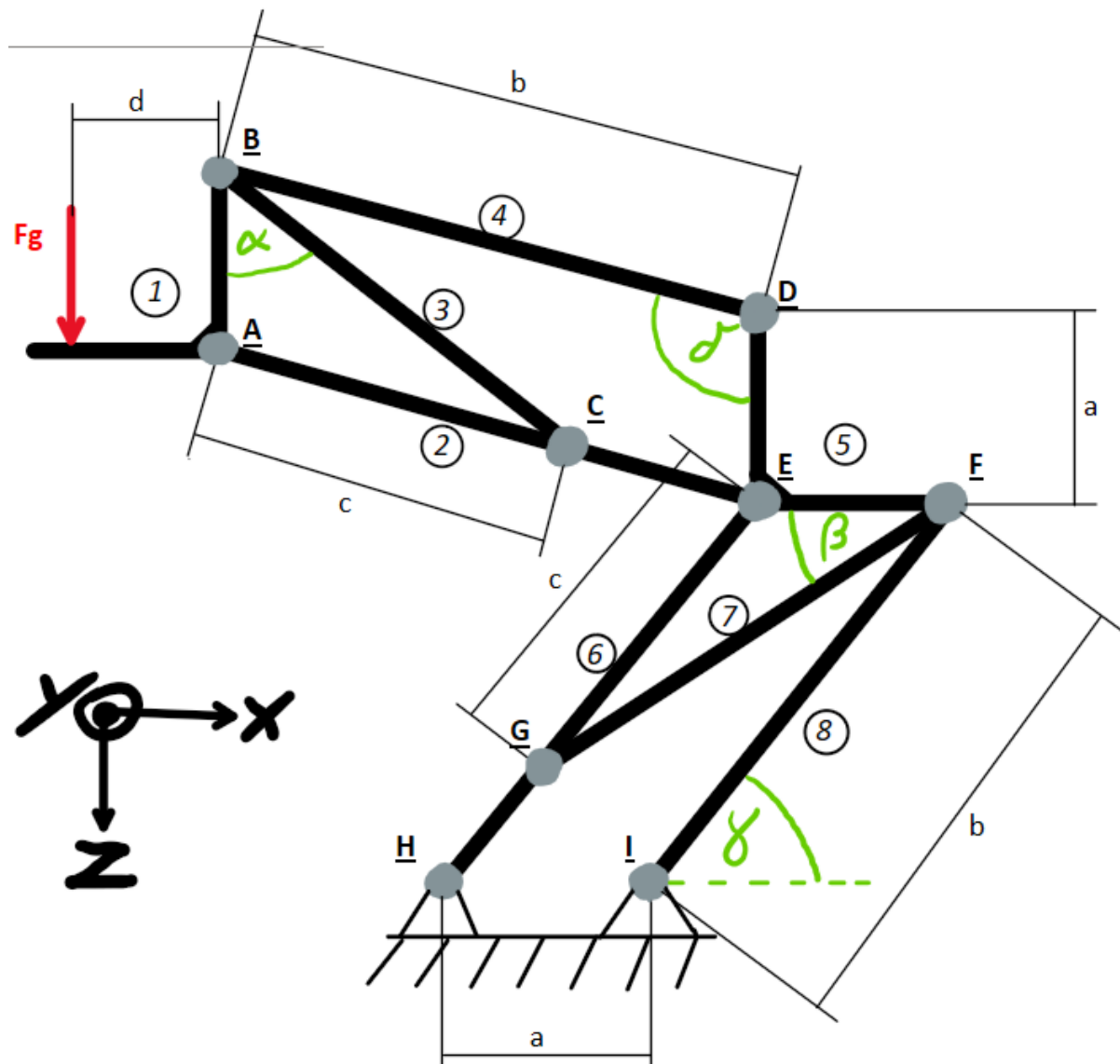
Materialkosten = 300kg * 3€/kg

Position	Kosten
Konstruktionskosten	12.000
Materialkosten	900
Hydraulikzylinder	1.500
Schweißkosten (Stahlkonstruktion)	2000
Oberflächenbehandlungen	2000
Montagekosten	1000
Transport und sonstige Kosten	300
Gesamtkosten	19.700 €

5 Vorauslegungsrechnungen

5.1 Gesam-Freikörperbild und Kinematik

5.1.1 Freikörperbild



5.1.2 Physikalische Größen, Längen und Winkel

$z1 = 1870;$	% $z1$ und $z2$ sind die Zylinderlängen und
$z2 = 1840;$	% können zwischen 1100 und 1870 groß sein (Faktor 1:1,7)
$z11e = 1120;$	% Länge des Zylinders 1 wenn eingefahren
$z11a = 1870;$	% Länge des Zylinders 1 wenn ausgefahren
$z12e = 1100;$	% Länge des Zylinders 2 wenn eingefahren
$z12a = 1840;$	% Länge des Zylinders 2 wenn ausgefahren
$a = 500;$	% Länge zwischen Träger
$b = 2000;$	% Länge der Träger
$c = 1450;$	% Ort der Zylinderaufnahme auf den Träger
$d = 500;$	% Hebelarm der Gewichtskraft

```

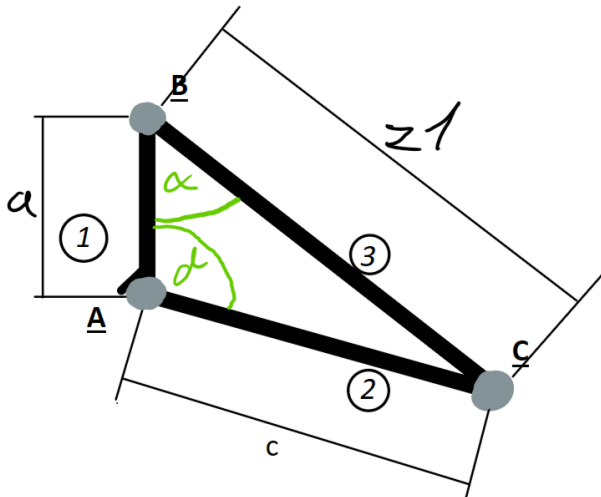
m = 1000;           % Last in Kilogramm
g = 9.81;           % Erdbeschleunigung in m/s^2
Fg = m*g;           % Gewichtskraft in Newton

```

Bestimmung von Winkel mit dem Kosinussatz

Es gilt im Allgemeinen:

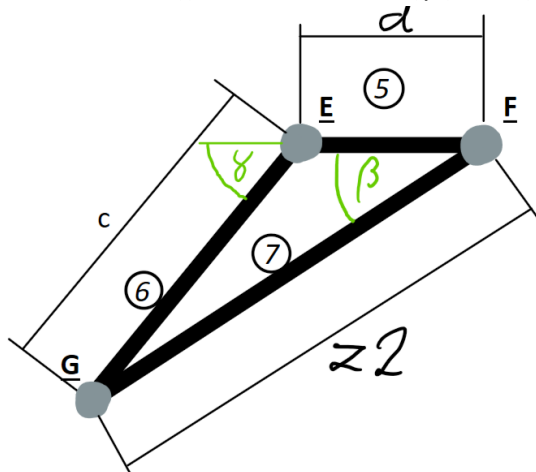
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos(\alpha)$$



Daraus folgt:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{-c^2 + z1^2 + a^2}{2 \cdot z1 \cdot a}\right);$$

$$\delta = \arccos\left(\frac{-z1^2 + a^2 + c^2}{2 \cdot a \cdot c}\right);$$



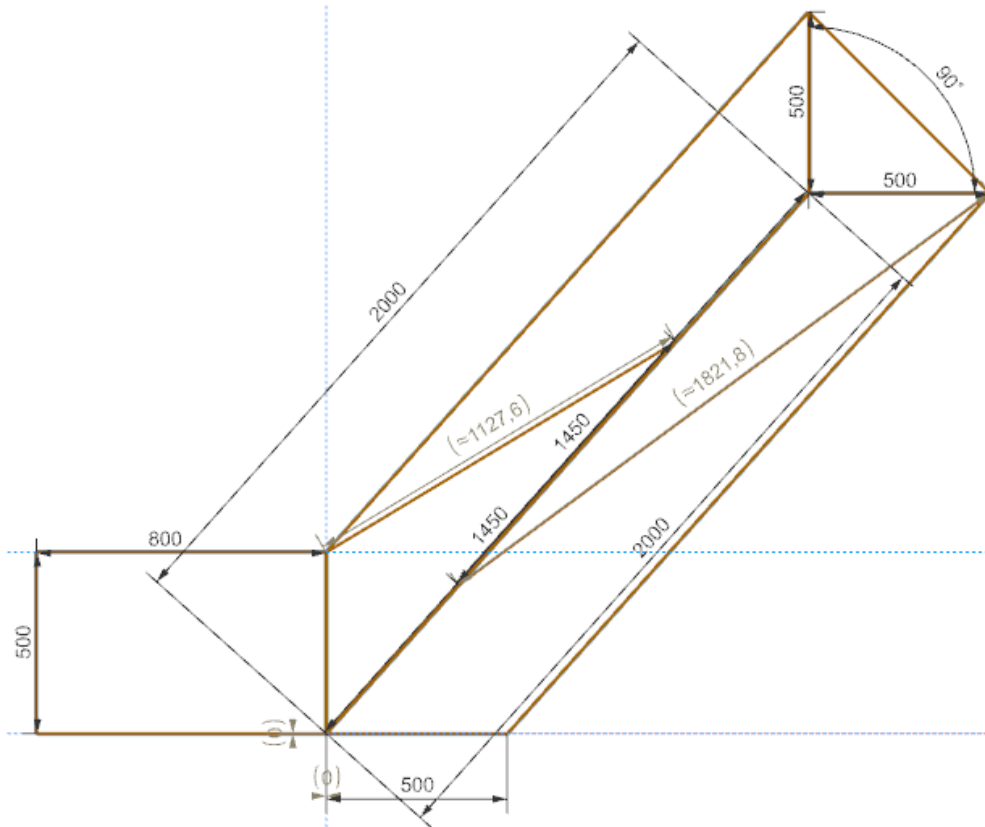
Daraus folgt:

$$\beta = \arccos\left(\frac{-c^2 + z2^2 + a^2}{2 \cdot z2 \cdot a}\right);$$

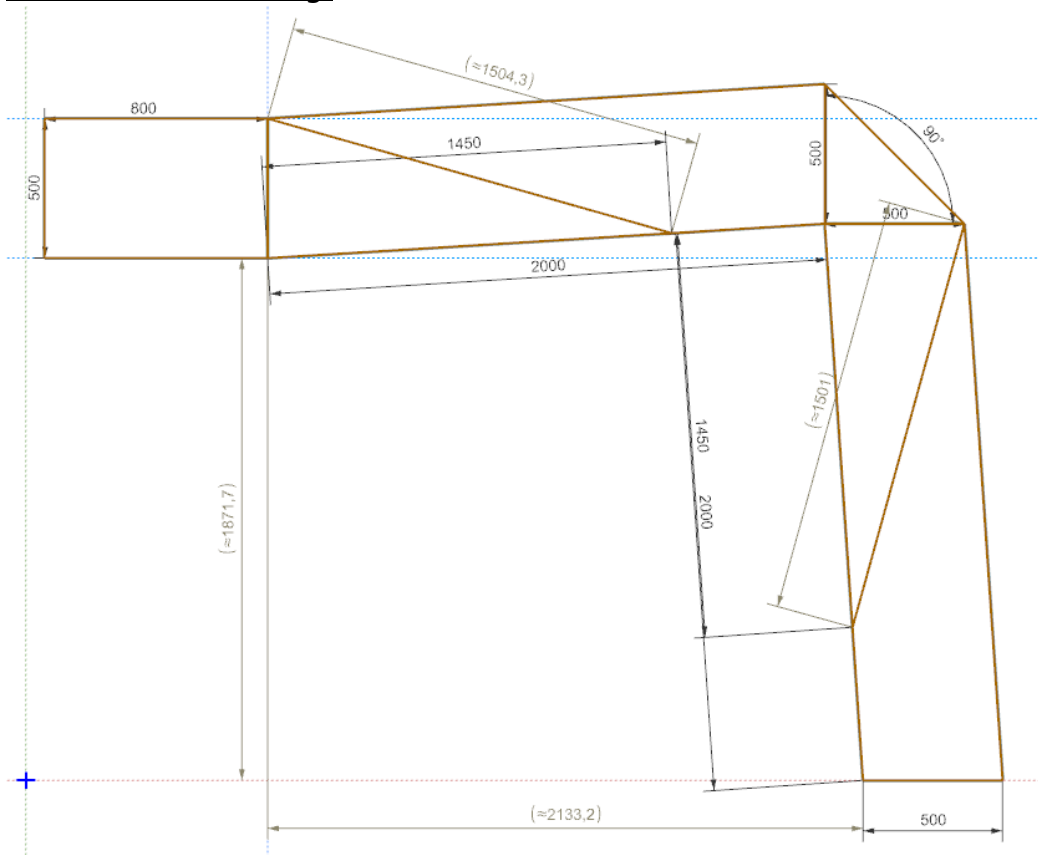
$$\gamma = \pi - \arccos\left(\frac{-z2^2 + a^2 + c^2}{2 \cdot a \cdot c}\right);$$

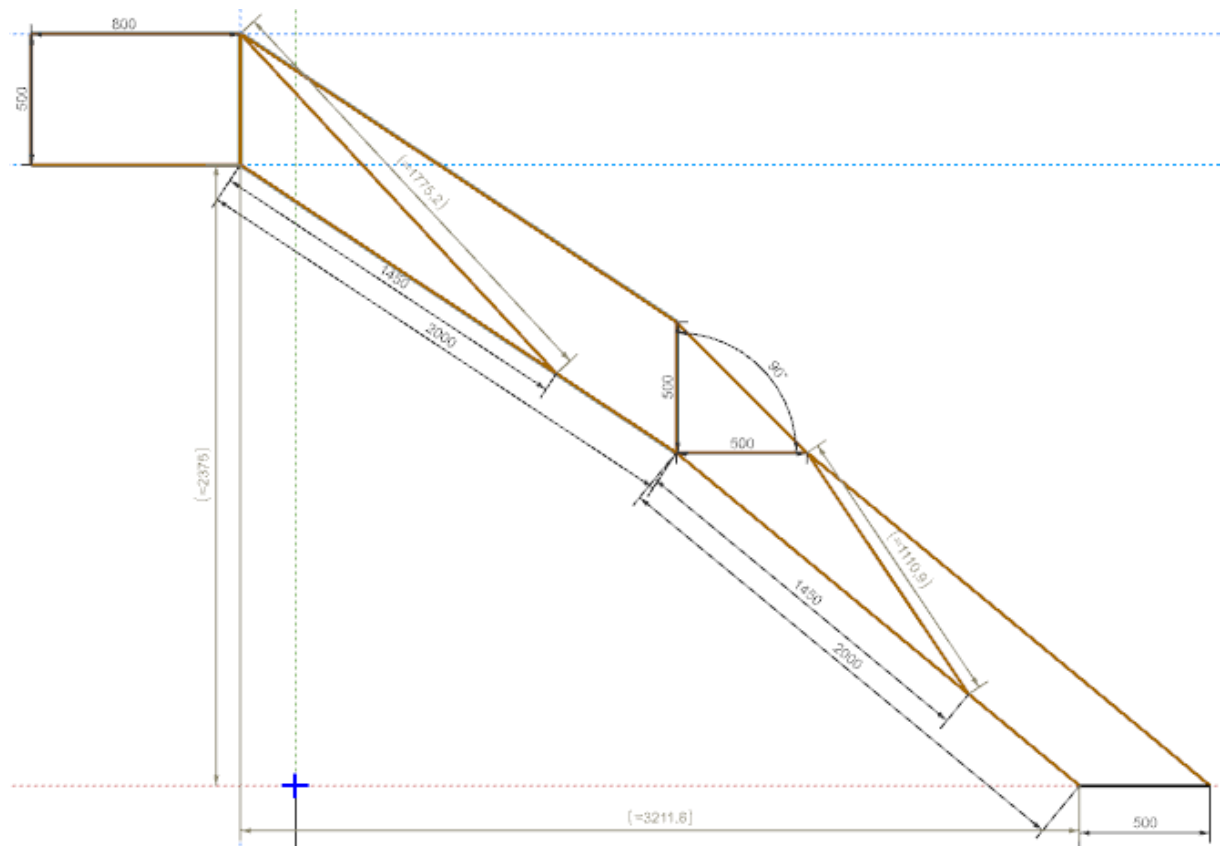
1.1.1 Kinematik in Siemens NX

Position Eingefahren:



Position Mittelstellung:



Position Ausgefahren:

Anmerkung: in Position „Ausgefahren“ ist der weiteste betragsmäßige Hub gemeint, die Zylinder sind dann noch nicht vollständig ausgefahren.

Hub in vertikaler- und horizontaler Richtung

Hub	Eingefahren	Mittelstellung	Ausgefahren
Vertikal	0 mm	1871,7 mm	2375,0 mm
Horizontal	0 mm	2133,2 mm	3211,6 mm

Hub Infolge Maximaler/minimaler Zylinderlängen:

	Vertikal	Horizontal
Minimal (Eingefahren)	-111 mm	-118 mm
Maximal (Ausgefahren)	1840 mm	3238 mm

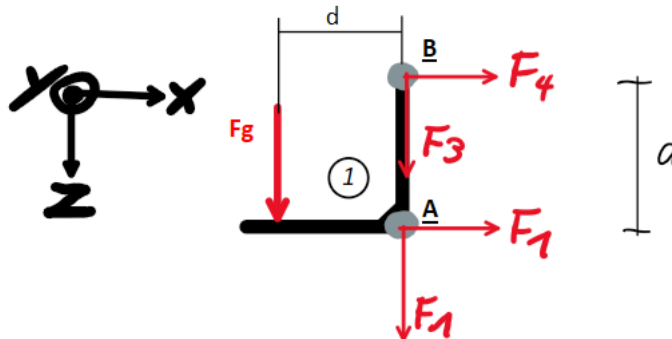
Nötige Hublänge der Zylinder: (Weg den Zylinder aus- bzw. einfährt)

Zylinderhub 1 = $z1a - z1e = 1870\text{mm} - 1120\text{mm} = 750\text{ mm}$

Zylinderhub 2 = $z2a - z2e = 1840\text{mm} - 1100\text{mm} = 740\text{ mm}$

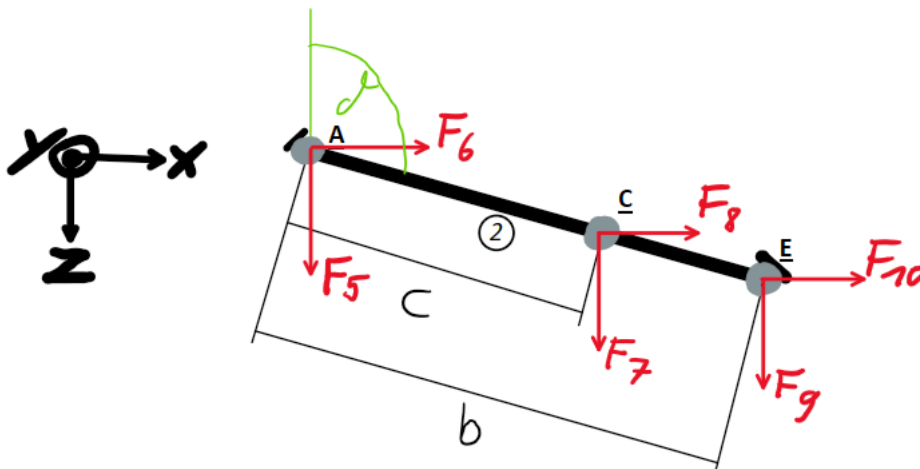
5.2 Freikörperbilder und Bauteilgleichungen

Bauteil 1

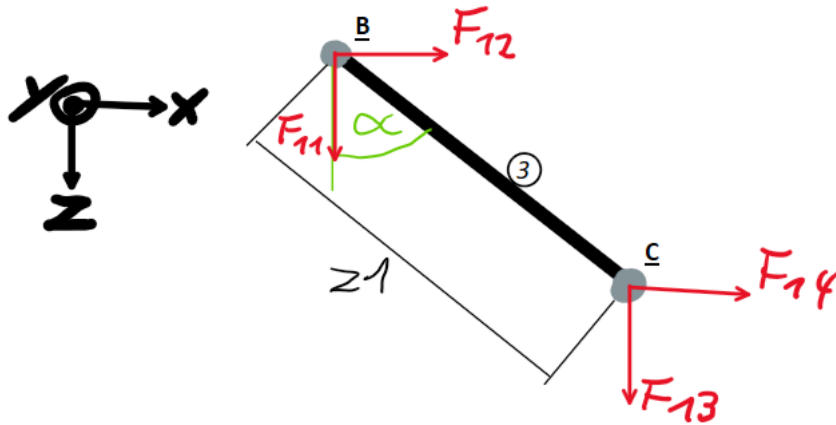


- 1) $\sum\{F_x: F_4 + F_1 = 0\}$
- 2) $\sum\{F_z: F_3 + F_1 = -F_g\}$
- 3) $\sum M_y^{A+}: -F_4 * a = -F_g * d$

Bauteil 2



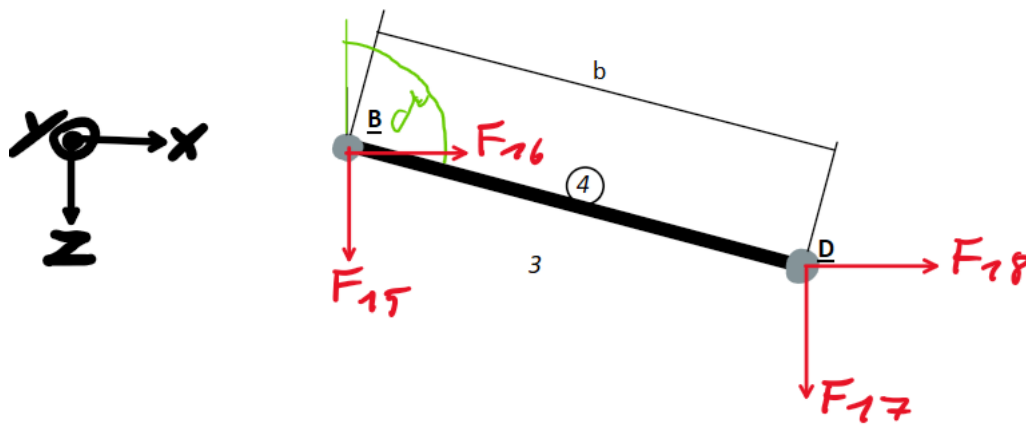
- 4) $\sum\{F_x: F_6 + F_8 + F_{10} = 0\}$
- 5) $\sum\{F_z: F_5 + F_7 + F_9 = 0\}$
- 6) $\sum M_y^{A+}: -F_8 * c * \cos(\delta) - F_{10} * b * \cos(\delta) - F_7 * c * \sin(\delta) - F_9 * b * \sin(\delta) = 0$

Bauteil 3

$$7) \sum F_x: F_{12} + F_{14} = 0$$

$$8) \sum F_z: F_{11} + F_{13} = 0$$

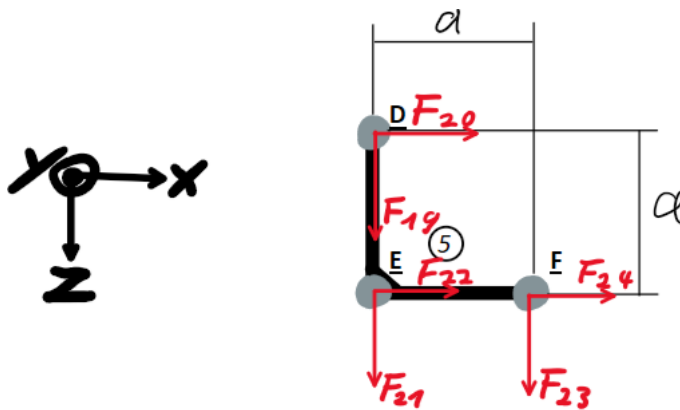
$$9) \sum M_y^{B+}: F_{14} * z_1 * \cos(\alpha) - F_{13} * z_1 * \sin(\alpha) = 0$$

Bauteil 4

$$10) \sum F_x: F_{16} + F_{18} = 0$$

$$11) \sum F_z: F_{15} + F_{17} = 0$$

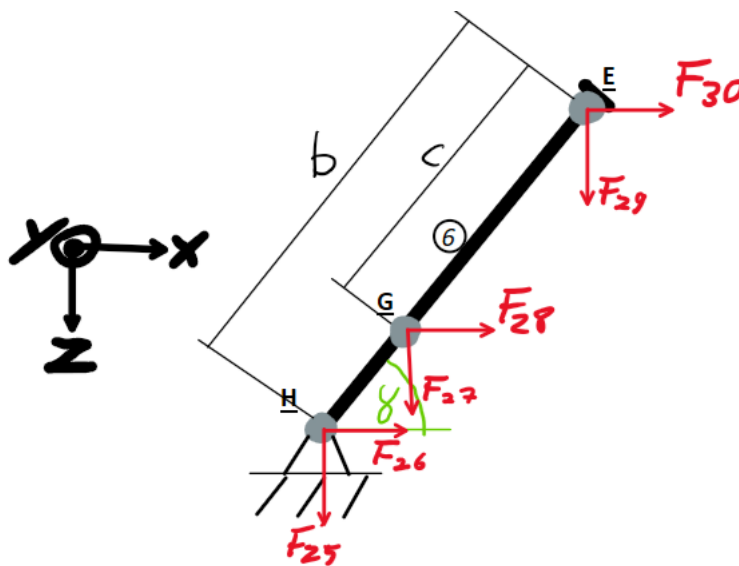
$$12) \sum M_y^{B+}: -F_{18} * b * \cos(\delta) - F_{17} * b * \sin(\delta) = 0$$

Bauteil 5

$$13) \sum \{F_x: F_{10} + F_{22} + F_{24} = 0\}$$

$$14) \sum \{F_z: F_{19} + F_{21} + F_{23} = 0\}$$

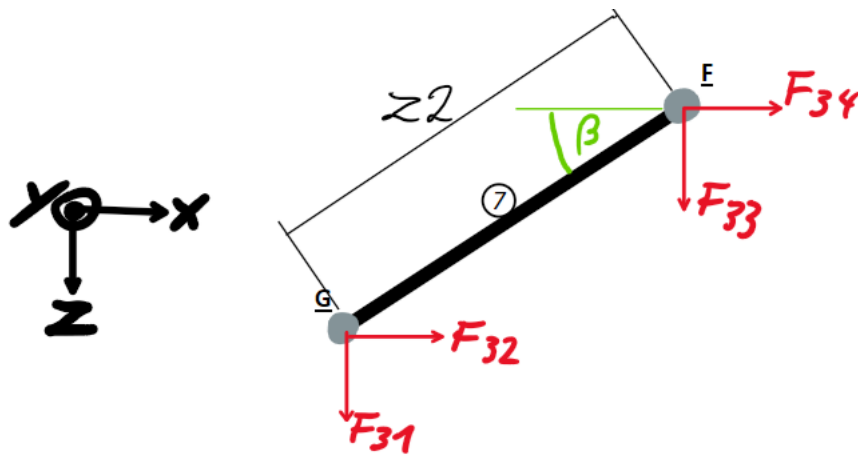
$$15) \sum M_y^{E^+}: -F_{20} * a - F_{23} * a = 0$$

Bauteil 6

$$16) \sum \{F_x: F_{30} + F_{28} + F_{26} = 0\}$$

$$17) \sum \{F_z: F_{29} + F_{27} + F_{25} = 0\}$$

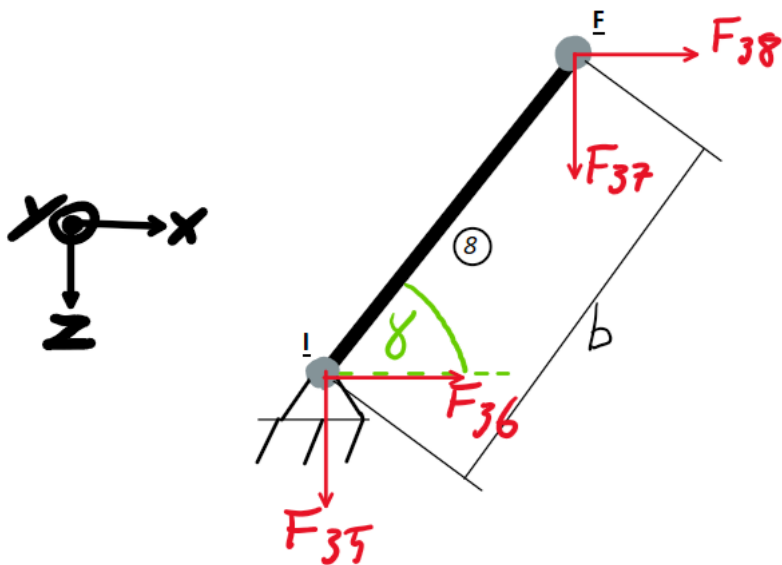
$$18) \sum M_y^{E^+}: F_{28} * c * \sin(\gamma) + F_{27} * c * \cos(\gamma) + F_{26} * b * \sin(\gamma) + F_{25} * b * \cos(\gamma) = 0$$

Bauteil 7

$$19) \sum \{F_x: F_{32} + F_{34} = 0\}$$

$$20) \sum \{F_z: F_{31} + F_{33} = 0\}$$

$$21) \sum M_y^G: - F_{34} * z_2 * \sin(\beta) - F_{33} * z_2 * \cos(\beta) = 0$$

Bauteil 8

$$22) \sum \{F_x: F_{36} + F_{38} = 0\}$$

$$23) \sum \{F_z: F_{35} + F_{37} = 0\}$$

$$24) \sum M_y^I: - F_{38} * b * \sin(\gamma) - F_{37} * b * \cos(\gamma) = 0$$

Knoten A

$$25) \sum \{F_x: F_1 + F_5 = 0\}$$

$$26) \sum \{F_z: F_2 + F_6 = 0\}$$

Knoten B

$$27) \sum \{F_x: F_4 + F_{12} + F_{16} = 0\}$$

$$28) \sum \{F_z: F_3 + F_{11} + F_{15} = 0\}$$

Knoten C

$$29) \sum \{F_x: F_8 + F_{14} = 0\}$$

$$30) \sum \{F_z: F_7 + F_{13} = 0\}$$

Knoten D

$$31) \sum \{F_x: F_{18} + F_{20} = 0\}$$

$$32) \sum \{F_z: F_{17} + F_{19} = 0\}$$

Knoten E

$$33) \sum \{F_x: F_{10} + F_{22} + F_{30} = 0\}$$

$$34) \sum \{F_z: F_9 + F_{21} + F_{29} = 0\}$$

Knoten F

$$35) \sum \{F_x: F_{24} + F_{38} + F_{34} = 0\}$$

$$36) \sum \{F_z: F_{23} + F_{33} + F_{37} = 0\}$$

Knoten G

$$37) \sum \{F_x: F_{28} + F_{32} = 0\}$$

$$38) \sum \{F_z: F_{27} + F_{31} = 0\}$$

5.3 Gesamt-Gleichungssystem und Kräfteberechnung

1.	B1	$F_4 + F_2$	=	0
2.		$F_2 + F_1$	=	$-F_g$
3.		$-F_4 \cdot a$	=	$-F_g \cdot d$
4.	B2	$F_6 + F_8 + F_{10}$	=	0
5.		$F_5 + F_7 + F_9$	=	0
6.		$-F_8 \cdot c \cdot \cos(\delta) - F_{10} \cdot b \cdot \cos(\delta) - F_7 \cdot c \cdot \sin(\delta) - F_9 \cdot b \cdot \sin(\delta)$	=	0
7.	B3	$F_{12} + F_{14}$	=	0
8.		$F_{11} + F_{13}$	=	0
9.		$F_{14} \cdot z_1 \cdot \cos(\alpha) - F_{13} \cdot z_1 \cdot \sin(\alpha)$	=	0
10.	B4	$F_{16} + F_{18}$	=	0
11.		$F_{15} + F_{17}$	=	0
12.		$-F_{18} \cdot b \cdot \cos(\delta) - F_{17} \cdot b \cdot \sin(\delta)$	=	0
13.	B5	$F_{20} + F_{22} + F_{24}$	=	0
14.		$F_{19} + F_{21} + F_{23}$	=	0
15.		$-F_{20} \cdot a - F_{23} \cdot a$	=	0
16.	B6	$F_{26} + F_{28} + F_{30}$	=	0
17.		$F_{25} + F_{27} + F_{29}$	=	0
18.		$F_{28} \cdot c \cdot \sin(\gamma) + F_{27} \cdot c \cdot \cos(\gamma) + F_{26} \cdot b \cdot \sin(\gamma) + F_{25} \cdot b \cdot \cos(\gamma)$	=	0
19.	B7	$F_{32} + F_{34}$	=	0
20.		$F_{31} + F_{33}$	=	0
21.		$-F_{34} \cdot z_2 \cdot \sin(\beta) - F_{33} \cdot z_2 \cdot \cos(\beta)$	=	0
22.	B8	$F_{36} + F_{38}$	=	0
23.		$F_{35} + F_{37}$	=	0
24.		$-F_{38} \cdot b \cdot \sin(\gamma) - F_{37} \cdot b \cdot \cos(\gamma)$	=	0
25.	KA	$F_1 + F_5$	=	0
26.		$F_2 + F_6$	=	0
27.	KB	$F_4 + F_{12} + F_{16}$	=	0
28.		$F_3 + F_{11} + F_{15}$	=	0
29.	KC	$F_8 + F_{14}$	=	0
30.		$F_7 + F_{13}$	=	0
31.	KD	$F_{18} + F_{20}$	=	0
32.		$F_{17} + F_{19}$	=	0
33.	KE	$F_{10} + F_{22} + F_{30}$	=	0
34.		$F_9 + F_{21} + F_{29}$	=	0
35.	KF	$F_{24} + F_{38} + F_{34}$	=	0
36.		$F_{23} + F_{33} + F_{37}$	=	0
37.	KG	$F_{28} + F_{32}$	=	0
38.		$F_{27} + F_{31}$	=	0

Kräfte in verschiedenen PositionenEingefahren/Mitte/Ausgefahren

F in N	Eingefahren	Mitte	Ausgefahren
F 1	15097	4518	-8887
F 2	-9810	-9810	-9810
F 3	-24907	-14328	-923
F 4	9810	9810	9810
F 5	-15097	-4518	8887
F 6	9810	9810	9810
F 7	-16186	10352	44501
F 8	25626	39111	24097
F 9	31283	-5833	-53388
F 10	-35436	-48921	-33907
F 11	-16186	10352	44501
F 12	25626	39111	24097
F 13	16186	-10352	-44501
F 14	-25626	-39111	-24097
F 15	41093	3977	-43578
F 16	-35436	-48921	-33907
F 17	-41093	-3977	43578
F 18	35436	48921	33907
F 19	41093	3977	-43578
F 20	-35436	-48921	-33907
F 21	-76529	-52898	9671
F 22	85156	40596	-26795
F 23	35436	48921	33907
F 24	-49720	8325	60701
F 25	-17288	-63916	-74635
F 26	7593	-7213	-82950
F 27	-27958	5185	30918
F 28	42127	-1113	22249
F 29	45246	58731	43717
F 30	-49720	8325	60701
F 31	27958	-5185	-30918
F 32	-42127	1113	-22249
F 33	-27958	5185	30918
F 34	42127	-1113	22249
F 35	7478	54106	64825
F 36	-7593	7213	82950
F 37	-7478	-54106	-64825
F 38	7593	-7213	-82950

Betrag der Zylinderkräfte in Verschiedenen Positionen

Kräfte in N	Eingefahren	Mitte	Ausgefahren
Fz1	30310	40458	50606
Fz2	50560	5303	38091

Fz1 Maximal	50606 N	Druckkraft Zugkraft
Fz2 Maximal	50560 N	

5.4 Kontrolle der Kräfteberechnung

Beweis mit Summe der Gleichungen

Vektor L muss der Rechte-Seite-Vektor Sein (stimmt überein):

L	Eingefahren	Mittelstellung	Ausgefahren
1	0	0	0
2	-9810	-9810	-9810
3	-4905000	-4905000	-4905000
4	0	-1.45519152283e-11	0
5	0	0	-4.54747350886e-13
6	0	0	9.31322574615e-10
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	7.450580596923e-09	0
13	-7.27595761418e-12	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	3.637978807091e-12
17	0	-1.45519152283e-11	7.275957614183e-12
18	0	-1.49011611938e-08	-3.72529029846e-09
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	1.86264514923e-09	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	0
25	0	0	0
26	0	0	0
27	0	0	0
28	-7.27595761418e-12	-1.45519152283e-11	-3.63797880709e-12
29	7.27595761418e-12	-1.45519152283e-11	0
30	1.455191522836e-11	1.27329258248e-11	-4.54747350886e-13
31	0	7.275957614183e-12	0
32	-7.27595761418e-12	-7.27595761418e-12	-3.63797880709e-12
33	-1.45519152283e-11	7.27595761418e-12	0
34	0	7.27595761418e-12	0
35	6.366462912410e-12	0	0
36	0	0	0
37	0	0	0
38	0	0	0

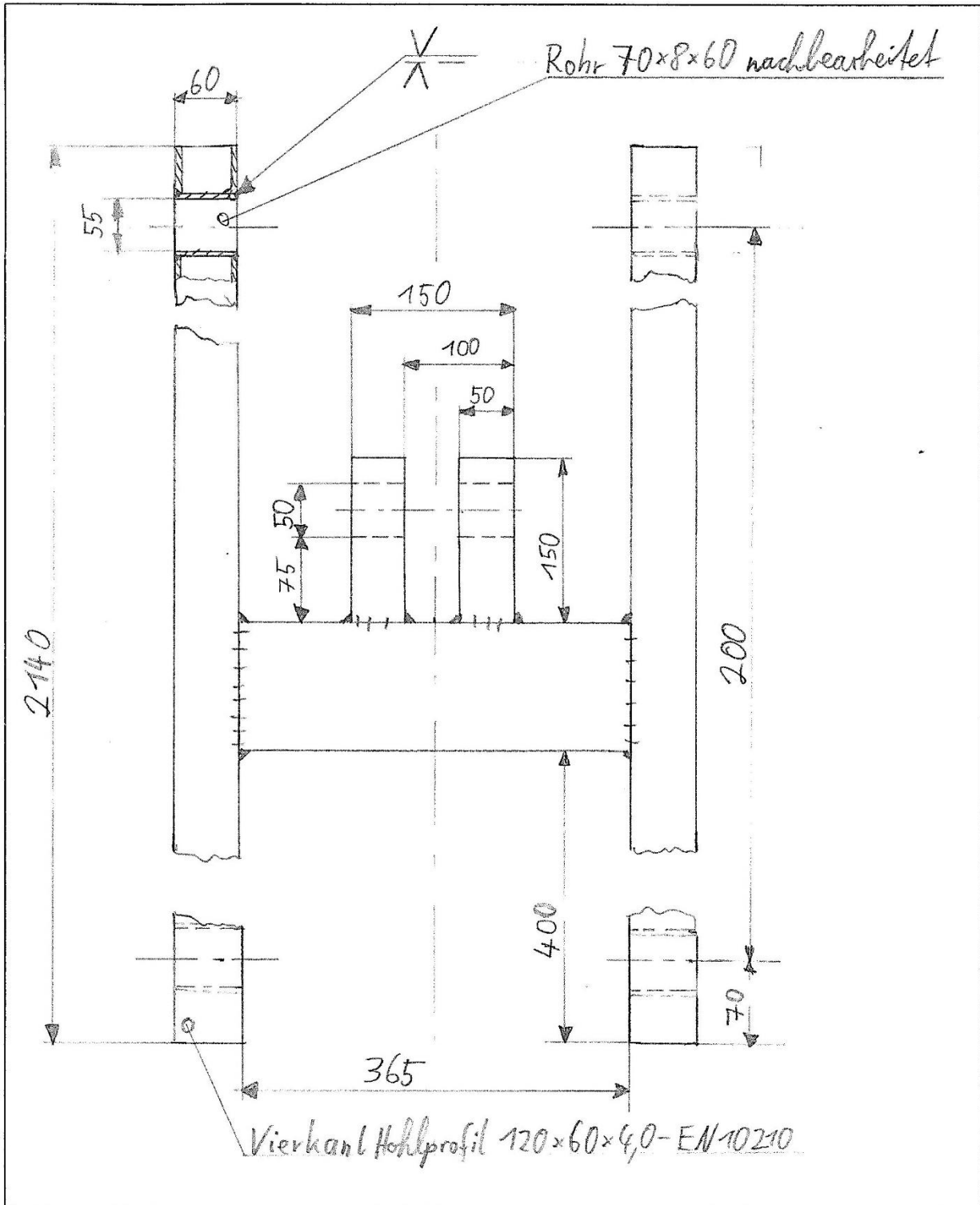
6 Handentwurf

Verkantung Hohlprofil - 120 x 60 x 4,0 - EN10210 - S235JR - 214 Dmm

(1): DWL - 70/35 - 800 - BS - GK/40 - g/40 - 1-1-CH - LS - 0 von Agirassi
 (2): DWL - 100/50 - 700 - BS - GW/50 - g/50 - 1-1-CH - LS - 0 von Agirassi
 (3): Flach EN 10278 - 40 x 20 x 1850 - EN 10277 - S235JR
 (4): Flachstab EN 10058 - 20 x 100 x 150 - S235JR mit A Bohrung Ø 40
 (5): Lagerbock mit Bolzen Ø 50 mit IGUS JSM-505-60

Bauteil 6

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768mk		Angaben in mm		Maßstab 1:10	
Zust.	Änderung	Datum	Name	Erstellt	Geprüft
			OTH Regensburg	Material	1.0037 (S235JR)
				Erstellt für	Michael Wolf
				Erstellt durch	
				Blatt	1
				Bl	



Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768mk		Angaben in mm		Maßstab 1:5		Material 1.0037(S235JR)	
		Datum	Name	Kabinenlift Bauteil 6			
		Bear.	20.11.24 Vogl				
		Gepr.					
		Norm		OTH Regensburg			
Zust.	Änderung	Datum	Nam.	Urspr.	Ers. für K03	Ers. durch	

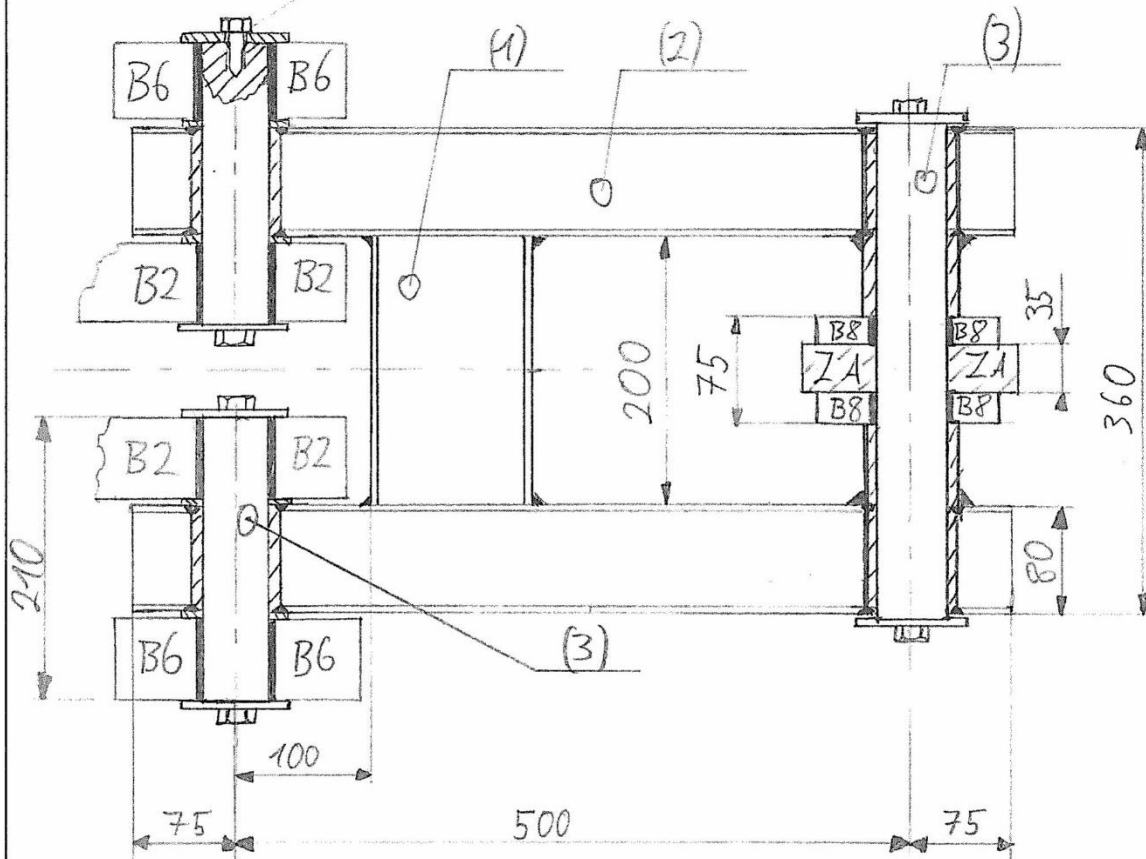
(1) Hohlprofil 120x120x5,0-EN10210-S355JR x 200mm

(2) Hohlprofil 80x120x4,0-EN10210-S355JR x 650mm

(3) Bolzen $\varnothing 50$ mit Presspassung H7/h6 aus C45E

|| Gleitlager IGUS JSM-50/55-60

Zentrierbohrung mit Gewinde DIN 332 Form DR-M8



B2: Bauteil 2

Rohre: 70x12 DIN EN 10305-1 nachbearbeitet

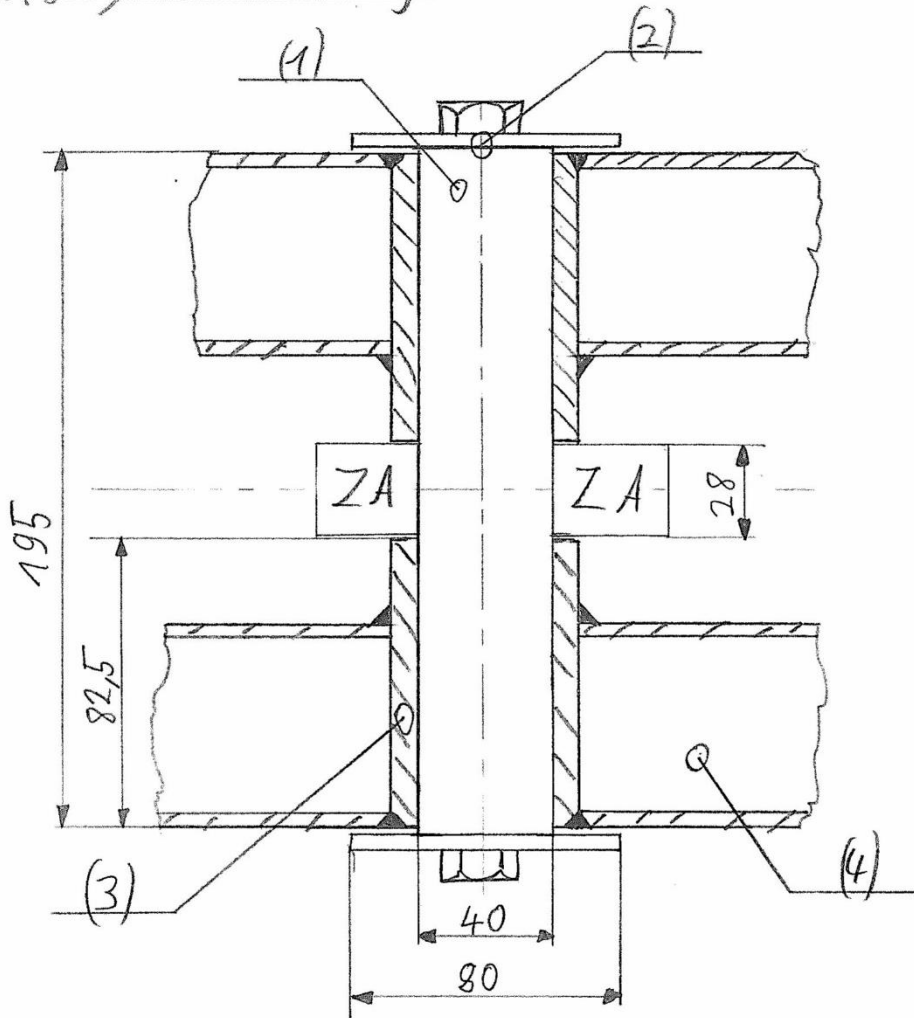
B6: Bauteil 6

B8: Bauteil 8

ZA: Zylinderanbindung

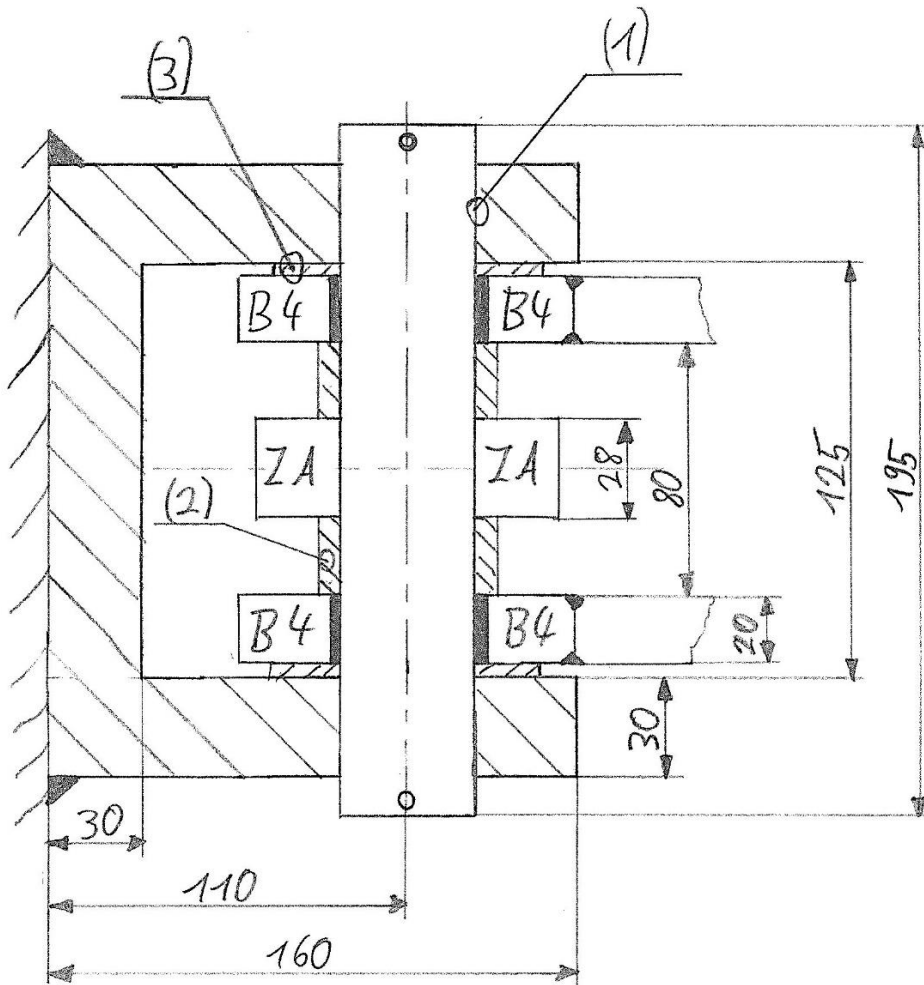
Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mk		Angaben in mm		Maßstab	1:5
				Material 1.0577(S355JR)	
		Datum		Kabinenlift Bauteil 5	
		20.11.24		Schnitt A-A	
		Name		Michael Vogl	
		Vogl		Blatt 3	
		Gepr.		Bl.	
		Norm			
		OTH Regensburg			
Zust.	Änderung	Datum	Nam.	Urspr.	Ers. für KO3
					Ers. durch

- (1) % Bolzen $\varnothing 40$ mit Passung H7/r6 und Einpressphase
 - (2) % Zentrierbohrung mit Gewinde DIN 332-Form DR-M8
 - (3) % Rohr 55x8 DIN EN 10305-1 nachbearbeitet
 - (4) % Hohlprofil 120x60x40-EN10210-S235JR
- ZA % Zylinderanbindung



Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mk		Angaben in mm		Maßstab	1:2
				Material 1.0037(S235JR)	
		Datum	Name	Kabinenlift Schnitt B-B	
		Bear.	21.11.24 Vogl		
		Gepr.			
		Norm			
		OTH Regensburg		Michael Vogl	Blatt 4
Zust.	Änderung	Datum	Nam. Urspr.	Ers. für KO3	Ers. durch

- (1) Bolzen mit Presspassung 40 H7/r6 in Gabel
- (2) Abstandshülse 60x10
- (3) Abstandsscheibe 80x40x2



ZA: Zylinderanbindung
 B4: Bauteil 4

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mk		Angaben in mm		Maßstab 1:2	Material 1.0037 (S235JR)	
		Datum	Name	Kabinenlift Schnitt C-C Michael Vogl		
		Bear. 21.11.24	Vogl			
		Gepr.				
		Norm		OTH Regensburg		
Zust.	Änderung	Datum	Nam.	Urspr.	Ers. für K03	Ers. durch

Blatt 5
Bl.

7 Festigkeitsnachweise

7.1 Zylinderauslegung

Da die Zylinderkräfte nahezu identisch sind, (siehe Testat 1) wird nur für den größer belasteten Zylinder gerechnet.

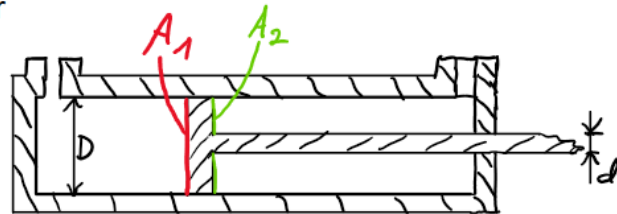
Es wird auf den mindestens benötigten Kolbendurchmesser aufgelöst.

Benötigter Kolbendurchmesser

$$p = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{p}$$

$$A = A_1 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \pi$$

$$\Rightarrow D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{p \cdot \pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{50.606 \text{ N}}{160 \text{ bar} \cdot \pi}} = \underline{63,46 \text{ mm}}$$



Annahme:	Zylinderdruck = 160 bar	F = Fz1max (da höchste Zylinderkraft)
----------	-------------------------	---------------------------------------

Es ist auch nötig für die kleinere Fläche A2 zu rechnen, da sich die maximale Zugkraft (von Zylinder 2) auf diese Fläche bezieht!

Maximale Zugkraft (Fz2 im eingefahrenen Zustand siehe Testat 1):

$$F_{z2, \max} = \sqrt{F_{z7}^2 + F_{z8}^2} = 50.560 \text{ N}$$

F 27	-27958
F 28	42127

$$\Rightarrow \left[\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2 \right] \cdot \pi = \frac{F}{p}$$

$$\hookrightarrow D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F}{p \cdot \pi} + \left(\frac{d}{2}\right)^2} = 0,0750 \text{ m} = \underline{75,0 \text{ mm}}$$

$$d = 0,04 \text{ m} \text{ für } D = 80 \text{ mm}$$

Zylinder 1 benötigt also ein D von mindestens 63,46mm.

Zylinder 2 benötigt also ein D von mindestens 75,00mm.

Prüfung auf Knickung

Prüfung von Zylinder 1 auf Knickung (Euler Fall 2)

Zylinder 2 ist nicht zu prüfen, da dieser ein größeres d hat

Es wird auf den Durchmesser d aufgelöst

$$\text{Sicherheit: } \nu_k = \frac{F_k}{F_{z1max}} = 3,5$$

$$F_k = \frac{\pi^2}{l_k^2} \cdot E \cdot I_{min} \quad \text{mit: } l_k = \text{Hub} = 800 \text{ mm}$$

$$I_{min} = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

Nach Einsetzen erhält man:

$$d = \sqrt[4]{\frac{\nu_k \cdot F_{z1max} \cdot l_k^2 \cdot 64}{E \cdot \pi^3}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{3,5 \cdot 50.606 \text{ N} \cdot (0,8 \text{ m})^2 \cdot 64}{210 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \pi^3}}$$

$$= 0,03249 \text{ m} = \underline{\underline{32,49 \text{ mm}}}$$

Es werden also folgende Zylinder von den Hersteller Agirossi gewählt:

Zylinder 1	DWL-70/35-800-BS-GK/40-gk/40-1-1-CH-LS-0
Zylinder 2	DWL-100/50-700-BS-GK/50-gg/50-1-1-CH-LS-0

Daten Zylinder 1

Einbaulänge eingefahren:	1099mm
Einbaulänge ausgefahren:	1899mm
D	70mm (> 63,46mm)
d	35mm (> 32,49mm)

Daten Zylinder 2

Einbaulänge eingefahren:	1103mm
Einbaulänge ausgefahren:	1803mm
D	100mm (>75,00mm)
d	50mm (> 32,49mm)

Hub Zylinder 1: 800mm

Hub Zylinder 2: 700mm

Erforderliche Arbeitsdrücke: $p = \frac{F}{A}$

$$p_{z1} = \frac{F}{\left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \pi} = \frac{50.606}{\left(\frac{70}{2}\right)^2 \cdot \pi} = 13,15 \frac{N}{mm^2} \\ = 131,5 \text{ bar}$$

$$p_{z2} = \frac{F}{\left[\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2\right] \cdot \pi} = \frac{50.560 N}{\left[\left(\frac{100}{2}\right)^2 - \left(\frac{50}{2}\right)^2\right] \cdot \pi} = 8,583 \frac{N}{mm^2} \\ = 85,83 \text{ bar}$$

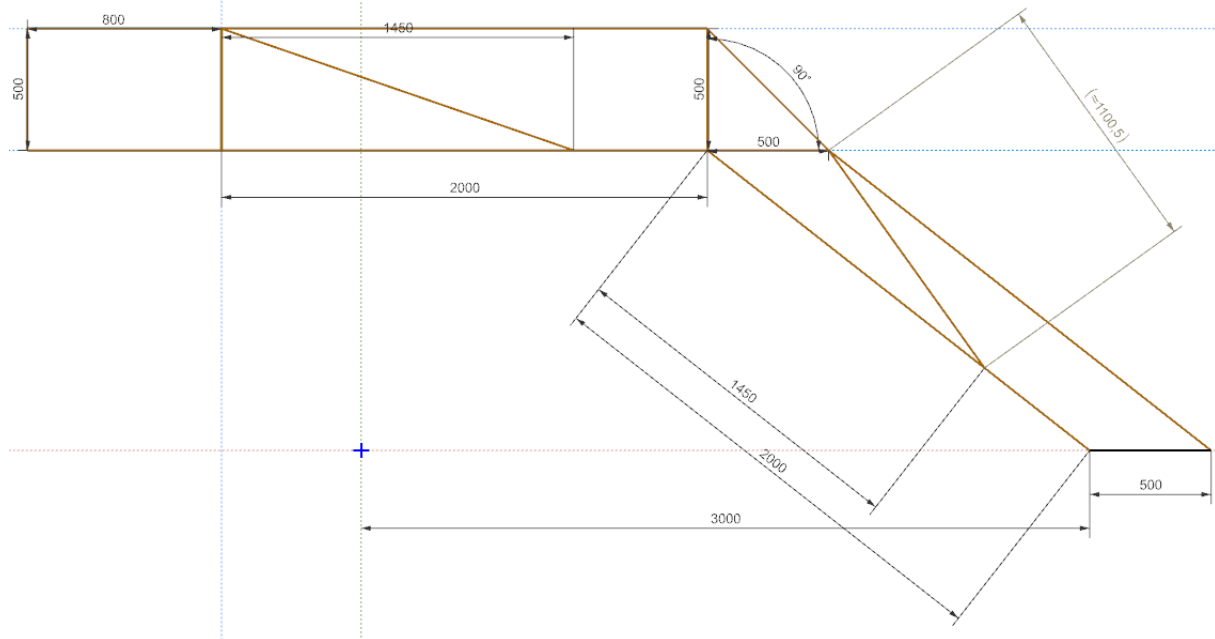
Bemerkung: Die Einbaulänge des Zylinders 2 im ausgefahrenen Zustand beträgt 1803mm anstatt 1821mm wie in Testat 1 angegeben. Dies ist aber zu vernachlässigen, da durch die Zylinderanbindung im Bauteil 6 die Konstruktion sowieso nicht komplett bis in den Nullpunkt fahren kann. Es wäre möglich Zylinder 2 mit $D = 80\text{mm}$ zu wählen, allerdings ist hier keine Sicherheit miteinberechnet worden und das Eigengewicht des Systems wurde vernachlässigt, was mich dazu bringt die 100mm Version zu wählen.

7.2 Bolzen

Auswahl welcher Bolzen am höchsten belastet ist: Ausscheidungsverfahren!

Knoten B, C, F, G enthalten Zylinderanbindungen und fallen somit raus.

Knoten A und D haben betragsmäßig geringe Belastungen im Vergleich zu E, H und I. Allerdings haben H und I nur eine Angreifende Kraft, und E ist ein einziger Bolzen, welcher von 3 Bauteilen belastet wird. Es wird also der Bolzen am Knoten E berechnet. Der Bolzen E ist maximal belastet, wenn das obere Parallelogramm horizontal steht und das untere Parallelogramm ausgefahren ist, da hier die Kraft F_g den größten Hebelarm hat.



Kräfte für diese Position (aus Matlab entnommen):

Bauteil 6: $F_{29} = 58,86 \text{ kN}$ $F_{30} = 80,08 \text{ kN}$

Bauteil 5: $F_{21} = -49,05 \text{ kN}$ $F_{22} = -31,03 \text{ kN}$

Bauteil 2: $F_9 = -9,81 \text{ kN}$ $F_{10} = -49,05 \text{ kN}$

Position und Richtung der Kräfte siehe Freikörperbilder Testat 1

Der Bolzen in E wird in zwei kleinere Bolzen aufgeteilt (siehe Freihandskizze) und diese sind somit theoretisch nicht mehr die meistbelasteten Bolzen. Dies wird allerdings vernachlässigt.

Beweis, dass E der meist belastetste Knoten ist:

$$F_e = \sqrt{F_9^2 + F_{10}^2 + F_{21}^2 + F_{22}^2 + F_{29}^2 + F_{30}^2}$$

$$= 125,5 \text{ kN}$$

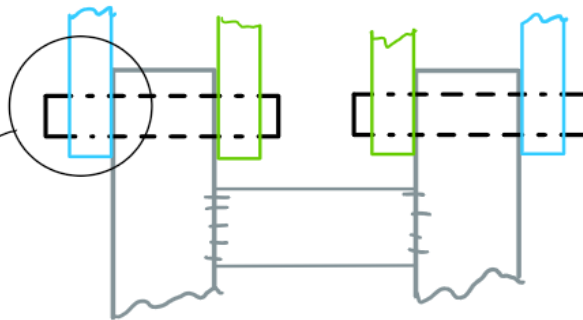
$$F_H = \sqrt{F_{26}^2 + F_{25}^2 + F_{26}^2 + F_{25}^2}$$

$$= 111,6 \text{ kN} \quad \text{Lagerreaktionen}$$

$$F_I = \sqrt{F_{36}^2 + F_{35}^2 + F_{36}^2 + F_{35}^2}$$

$$= 105,3 \text{ kN}$$

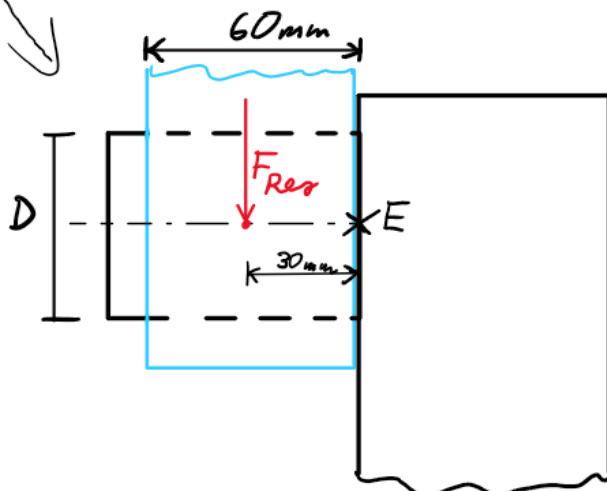
Vogelperspektive Knoten E: Die Bolzen sind in Bauteil 5 eingepresst mit einer Übermaßpassung, Bauteil 5 ist als Einspannung zu betrachten.



- Bauteil 5
- Bauteil 2
- Bauteil 6
- Bolzen

Die größten Kräfte auf den Bolzen werden von Bauteil 6 übertragen, diese sind F₂₉ und F₃₀. Man sieht sich also nur einen Balken des Bauteils 6 an und berechnet das Biegemoment bis zu der Einspannung.

$$F_{Res} = \frac{\sqrt{F_{29}^2 + F_{30}^2}}{2} = \underline{\underline{49,98 \text{ kN}}}$$



$$\sum M_E \stackrel{!}{=} M_E = F_{Res} \cdot 30 \text{ mm}$$

$$M_E = 1.500 \text{ Nm}$$

Es ist zu bemerken, dass es für diese Methode keinen Einbaufall laut Roloff Matek gibt.

Berechnung der vorhandenen Flächenpressung

$$p = \frac{F \cdot l_A}{A_{proj}} = \frac{49.980 \text{ N} \cdot 1,5}{50 \text{ mm} \cdot 60 \text{ mm}} = 24,99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < p_{zul}$$

$$p_{zul} = 35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (bei iglider J siehe RMTB 9-1)}$$

Statischer Festigkeitsnachweis Bolzen (rückwärts) *Biegung + Schub*

$$\begin{aligned} \sigma_{bmax} &= \frac{M_{bmax} \cdot K_A}{W_b} & \tau_{smax} &= R_s \cdot \tau_{sm} \cdot K_A \\ &= \frac{M_{bmax}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} & &= R_s \cdot \frac{F_{Res}}{A} \cdot K_A \\ & & &= \frac{4}{3} \cdot \frac{F_{Res}}{\left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi} \cdot K_A \end{aligned}$$

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_{p0,2N} \cdot K_t$$

$$\tau_{sF} = 1,2 \cdot R_{p0,2N} \cdot K_t \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Annahme: Es wird C45E verwendet mit:

Es wird für verschiedene Durchmesser D gerechnet bis eine geeignete Sicherheit entsteht: Es wird D = 50mm gewählt.

$$R_{p0,2N} = 490 \frac{N}{mm^2}$$

$$K_A = 1,5$$

$$K_t = 0,84 \quad \leftarrow \text{durch die Vergütungszahl}$$

Die Träger werden vor dem Abgleiten von den Bolzen gesichert, indem an jeden Bolzenende eine Zentrierbohrung mit Gewinde der Form DIN 332 Form DR - M8 gefertigt wird. An diese Bohrung kann ein Flacheisen angeschraubt werden, welche über die Bauteile eine formschlüssige Verbindung schafft. (Siehe Freihandzeichnung) Ebenfalls ist zu beachten, dass an dem Bolzen eine Einpressfase gefertigt werden muss, da dieser in Bauteil 5 mit einer Übermaßpassung sitzt.

Als nächstes wird die Sicherheit gegen Fließen berechnet: Eine Sicherheit von 4,0 ist trotz Berücksichtigung des Anwendungsfaktors K_A nützlich, da manche Faktoren wie Eigengewicht, Querkraft durch Drehen der Maschine oder ruckartige Stöße beim ein und ausfahren vernachlässigt wurden und das Gestell als statisch betrachtet wird.

Berechnung der Sicherheit

$$\sigma_{bmax} = \frac{M_{bmax} \cdot K_A}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{1500 \cdot 10^5 \text{ Nmm} \cdot 1,5}{\frac{\pi \cdot (60 \text{ mm})^3}{32}} = \underline{106,11 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_{p0,2} \cdot K_f = 1,2 \cdot 490 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,84 = \underline{493,92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

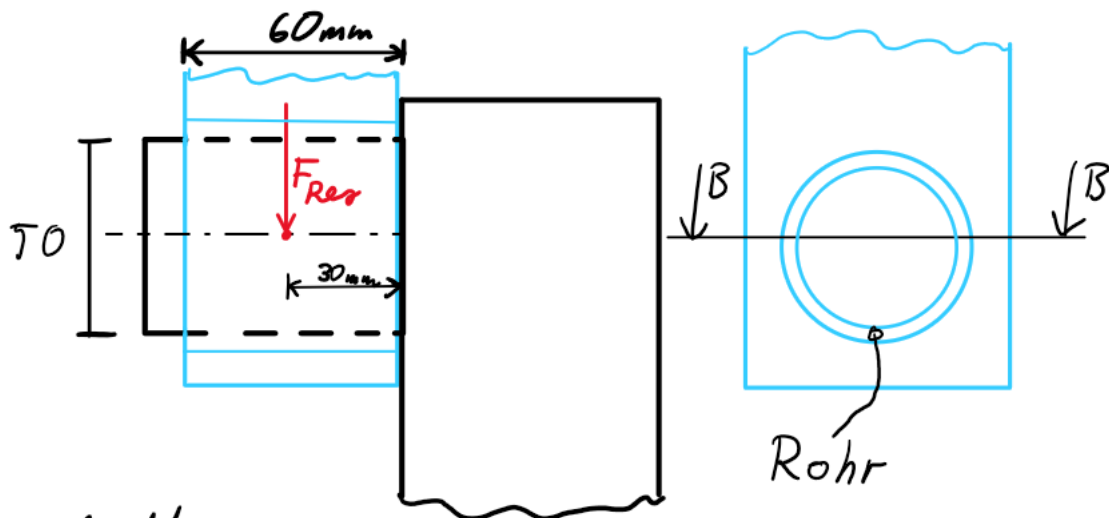
$$\tau_{smax} = \frac{4}{3} \cdot \frac{F_{res} \cdot K_A}{\left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi} = \frac{4}{3} \cdot \frac{49.980 \text{ N} \cdot 1,5}{\left(\frac{60 \text{ mm}}{2}\right)^2 \cdot \pi} = \underline{35,35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$\tau_{sF} = 1,2 \cdot R_{p0,2} \cdot K_f \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 1,2 \cdot 490 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,84 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \underline{285,17 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$S = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sigma_{bmax}}{\sigma_{bF}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{smax}}{\tau_{sF}}\right)^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{106,11}{493,92}\right)^2 + \left(\frac{35,35}{285,17}\right)^2}} = 4,0$$

Nachweis für Auge:



Schnitt B-B

$$\sigma_A = \frac{F}{A} = \frac{49.980 \text{ N}}{1000 \text{ mm}^2} = \underline{50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$A = 2 \cdot (60 \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm}) + 2 \cdot (120 - 55) \text{ mm} \cdot 4 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_A = 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \ll 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = R_{p0,2}$$

Das Bauteil 5 ist stark auf Torsion und Druck belastet. Dieses zu berechnen, sprengt allerdings den Rahmen der Veranstaltung und könnte vermutlich nur mit einer FEM-Software berechnet werden, da dieses ein Komplexes Schweißteil ist.

Fazit: Es werden zwei Bolzen mit Länge 220mm und Durchmesser 50mm, mit beidseitiger stirnseitiger Zentrierbohrung mit Gewinde DIN 332 Form DR - M8 und Einpressfase aus den Werkstoff C45E verwendet.

7.3 Biegebalken (Hubarm) / Stab

Zuerst muss der Höchstbelastete Biegebalken bestimmt werden. Dies ist hier sehr eindeutig, da F_g den Größten Hebelarm auf den oberen Biegebalken erhält, wenn das Parallelogramm waagrecht liegt. Also in derselben Position wie der Bolzen berechnet wurde.

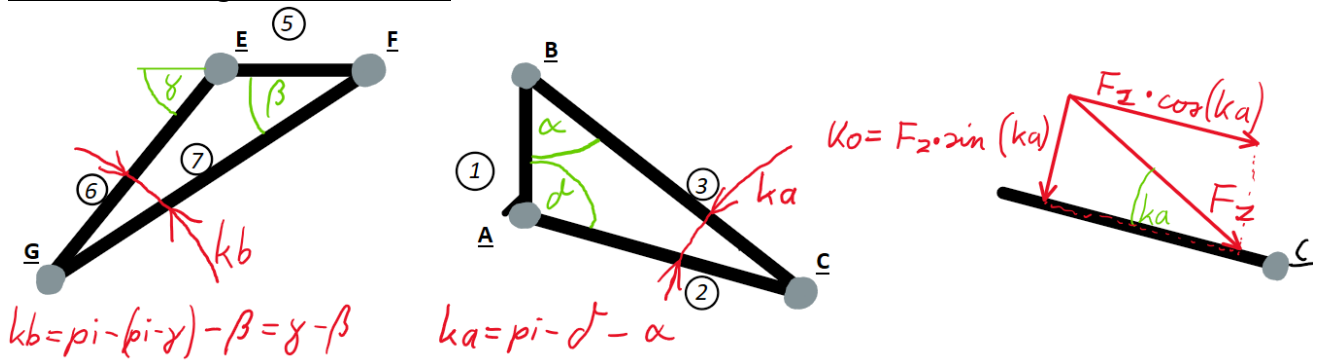
Dies wurde ebenfalls bewiesen in Matlab.

es werden alle Kräfte die senkrecht auf den Biegebalken stehen in Abhängigkeit von den Zylinderlängen berechnet, diese werden anschließend geprüft ob die letzte berechnete Kraft größer ist als die aktuelle ist, falls ja ist dieses das neue Ko_max/Ku_max .

```
n = 100;      % Genauigkeit (Anzahl der Durchläufe)
Komax = 0;
Kumax = 0;
for h = z11e:((z11a-z11e)/n):z11a
    for j = z12e:((z12a-z12e)/n):z12a
        x = Kraefte(h,j,a,b,c,d,Fg);
        % Berechnung von Hilfswinkel
        gammaz = pi - acos((-j^2+a^2+c^2)/(2*a*c));
        deltaz = acos((-h^2+a^2+c^2)/(2*a*c));
        alphaz = acos((-c^2+h^2+a^2)/(2*h*a));
        betaz = acos((-c^2+j^2+a^2)/(2*j*a));
        ka = pi - deltaz - alphaz;
        kb = pi - (pi-gammaz) -betaz;
        %Ko und Ku sind die Kräfte die senkrecht auf den Balken stehen,
        %wenn diese maximal sind, ist das Biegemoment maximal.
        Ko = sqrt(x(8)^2+x(7)^2) * sin(ka);
        Ku = sqrt(x(28)^2+x(27)^2) * sin(kb);

        if Ko > Komax
            Komax = Ko;
            dd = deltaz; % delta für die Stellung in der Ko maximal ist
        end
        if Ku > Kumax
            Kumax = Ku;
            gg = gammaz; % gamma für die Stellung in der Ku maximal ist
        end
    end
end
end
Komax
dd      % der Winkel delta bei dem Ko maximal ist, hier ist dieser pi/2
        % was bedeutet dass Ko maximal ist wenn das obere Parallelogramm
        % waagrecht steht, wie angenommen
Kumax
gg
% da Komax > Kumax ist der obere Biegebalken höher belastet!
```

Nebenrechnung für Ko und Ku:



Berechnung des Maximalen Biegemomentes im Bauteil 2

Berechnung des Biegebalkens (Bauteil 2)

Schnittmomente aufstellen:

$$\sum M_y^{\odot C} \quad M_{yc} + F_5 \cdot c = 0 \Rightarrow M_{yc} = -F_5 \cdot c$$

$$= -(-3,72 \text{ kN}) \cdot 1,450 \text{ m}$$

$$= \underline{5.394 \text{ Nm}}$$

$$\sum M_y^{\ominus A} \quad M_y^{\ominus} + F_5 \cdot l + F_7 \cdot (l - c) = 0$$

$$M_y^{\ominus} = -F_5 \cdot l - F_7 \cdot (l - c)$$

$$= -(-3,72 \text{ kN}) \cdot 2,00 \text{ m} - 13,53 \text{ kN} \cdot (2,0 - 1,450) \text{ m}$$

$$= 1,5 \text{ Nm} \approx 0 \checkmark$$

(entsteht durch Rundungen)

$M_{max} = 5.394 \text{ Nm}$

Schub- und Normkraft sind im Vergleich zum Biegemoment vernachlässigbar klein, und fließen nicht in die Berechnung mit ein!

Statischer Festigkeitsnachweis (rückwärts)

Zunächst wird das erforderliche Widerstandsmoment W_b berechnet:

$$\sigma_{b\max} = \frac{M_{b\max}}{W_b} \quad ; \quad S_F = \frac{\sigma_{bF}}{\sigma_{b\max}} \quad ; \quad \sigma_{bF} = 1,2 \cdot R_{p0,2N} \cdot K_A$$

Einsetzen:

$$\frac{M_{b\max}}{W_b} = \frac{1,2 \cdot R_{p0,2N} \cdot K_A}{S_F}$$

$$K_A = 1,0$$

$$\hookrightarrow W_b = \frac{M_{b\max} \cdot S_F}{1,2 \cdot R_{p0,2N} \cdot K_A}$$

$$S_F = 2,0;$$

$$= \frac{5.394 \text{ N} \cdot 100 \text{ cm} \cdot 2,0}{1,2 \cdot 235 \frac{\text{N}}{10^2 \text{ cm}^2} \cdot 1,0} = \underline{\underline{38,26 \text{ cm}^3}}$$

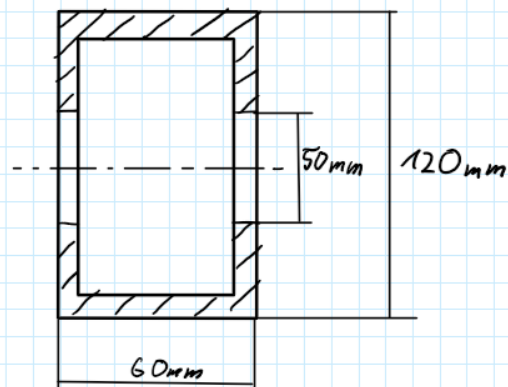
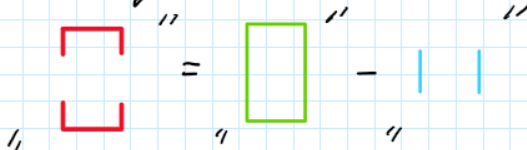
Es werden zwei Hohlprofile mit Rechteckigem Querschnitt gewählt. 120mm x 60mm aus den unlegierten Baustahl S235JRH. Es muss jedoch noch eine Querbohrung für einen Bolzen an der Stelle C gefertigt werden. Diese können wie folgt einberechnet werden:

$$W_x = \frac{I_x}{z} \quad \text{mit } z = \text{Randfasenabstand}$$

$$I_x = 249 \text{ cm}^4$$

für obig genanntes Profil laut R.M.

$$I_{x\text{Bohrung}} = I_x - 2 \cdot \frac{4 \cdot h^3}{12}$$



$$I_{x\text{Bohrung}} = 249 \text{ cm}^4 - 2 \cdot \frac{24 \text{ cm} \cdot (5 \text{ cm})^3}{12}$$

$$= 240,7 \text{ cm}^4$$

$$W_{\text{vorh}} = 2 \cdot \frac{240,7 \text{ cm}^4}{6 \text{ cm}} = 802 \text{ cm}^3 > 38,26 \text{ cm}^3$$

↑
Da 2 Träger verbaut werden

Bemerkung: Da nicht nur Schub, sondern auch die Normalkraft vernachlässigt wurden und die Sicherheit mit 2,0 etwas knapp angesetzt ist, ist es keine Verschwendung von Material und durchaus von Vorteil das doppelte erforderliche Widerstandsmoment zu erfüllen.

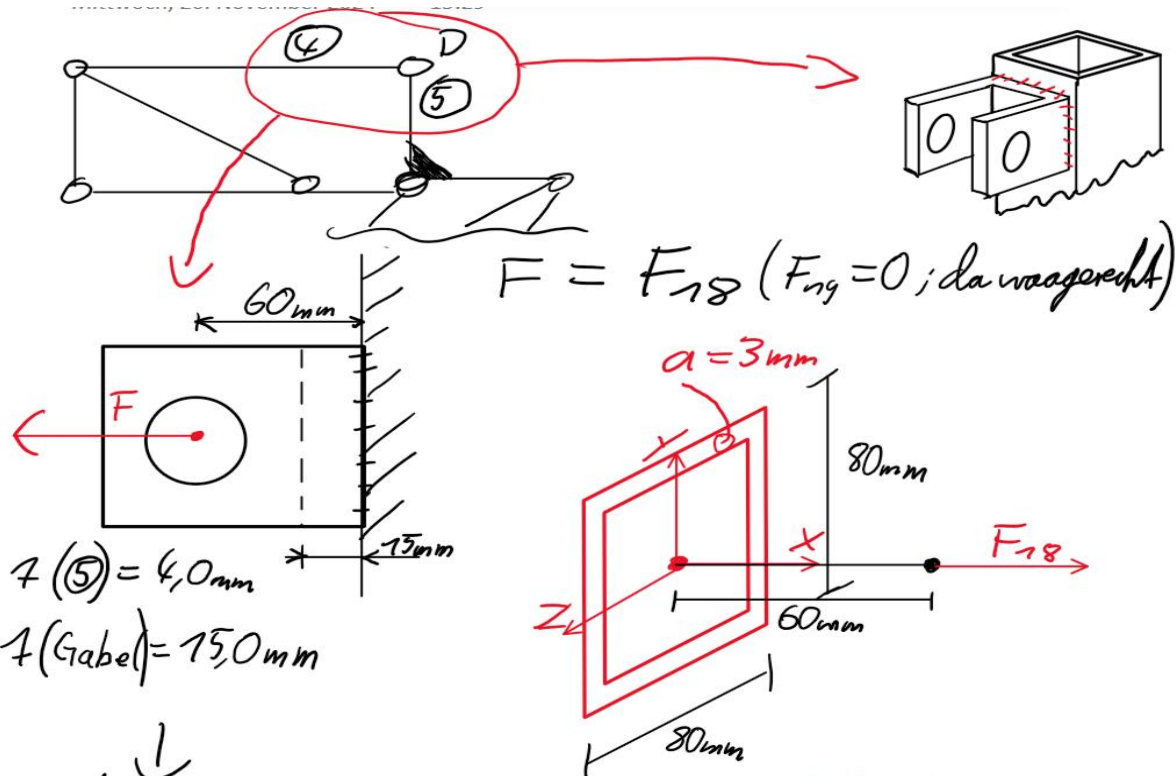
Es ist auch zu bemerken, dass die Querbohrung größer wie 50mm werden könnte, dies war nur eine Annahme, da dieser Bolzen noch nicht berechnet wurde. Eine Vergrößerung der Bohrung auf 60mm würde jedoch kaum eine Rolle spielen, da eine hohe Sicherheit vorhanden ist und das Flächenträgheitsmoment nur minimal geschwächt werden würde.

Fazit: Es werden zwei Hohlprofile DIN EN 10210-2 aus S235JRH mit einem Querschnitt von $h = 120\text{mm}$, $b = 60\text{mm}$ und $t = 4\text{mm}$

7.4 Schweißverbindung

Es wird eine Gabel mit Grundfläche 80mm x 80mm an das Bauteil 5 geschweißt. Dadurch wird Bauteil 5 mit Bauteil 4 im Knoten D verbunden. In der Berechneten Stellung steht das obere Parallelogramm waagrecht wie bei der Balkenberechnung. Bemerkungen:

- Kappa wird als 1 angenommen, da auf diesen Stab immer eine Zugkraft ist und das Lastspiel an dieser Verbindung nur minimal ist.
- Nur in dieser Position herrscht eine reine Zugkraft, in Realität müsste also für jede Position gerechnet werden, da schwer zu sagen ist in welcher Position die Naht am meisten belastet ist



$F = F_{18} (F_{ng} = 0; \text{da waagrecht})$

$r(5) = 4,0mm$
 $r(\text{Gabel}) = 15,0mm$

\downarrow
 Dickenbeiwert $\beta = 0,97$

RM TB6-13

man wählt $a = 3mm$ $K_A = 1,5$ RM TB3-4

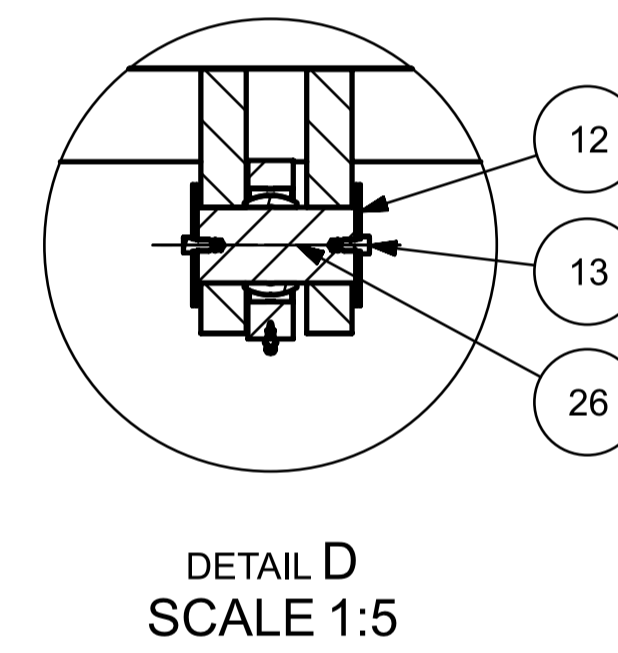
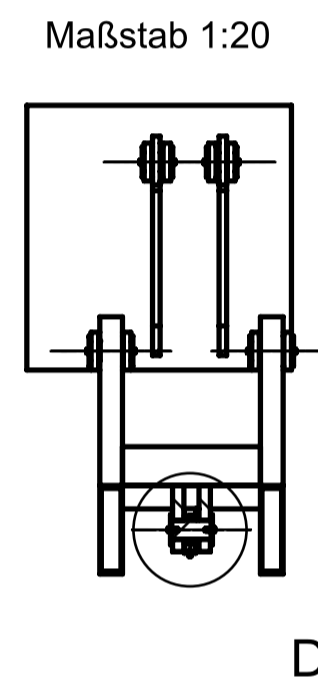
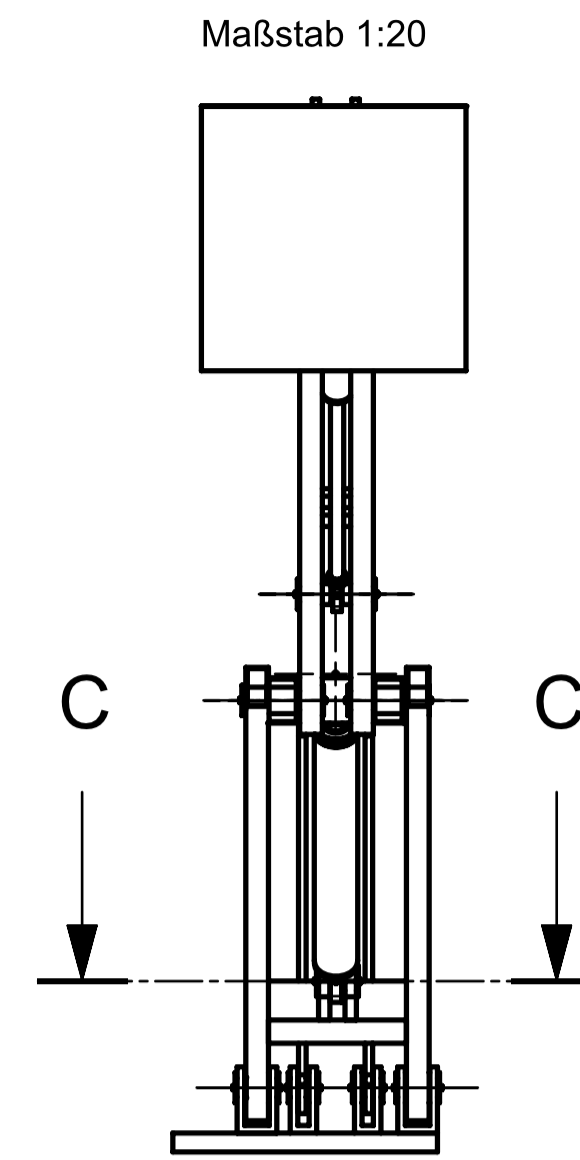
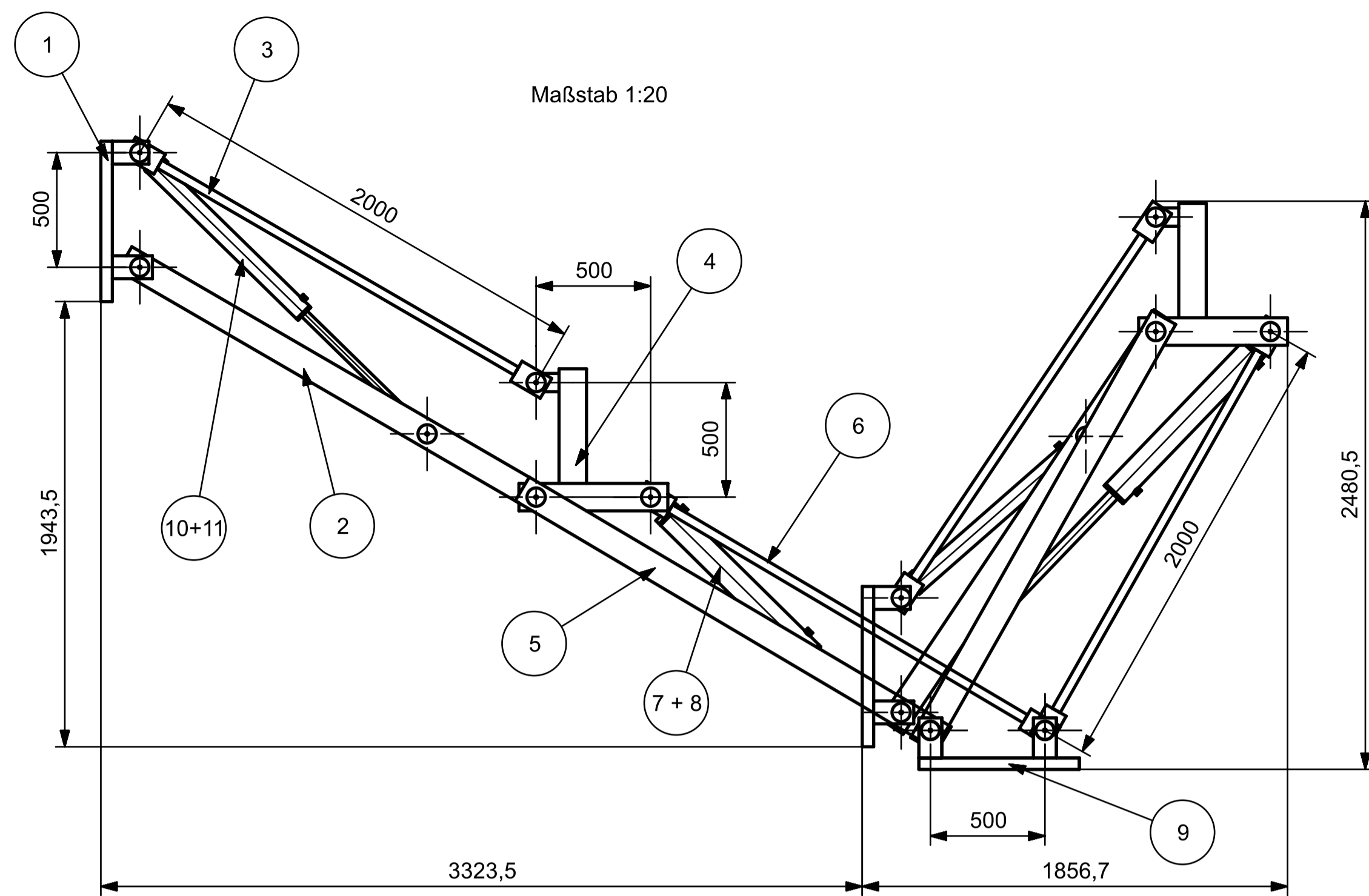
$\sigma_B = 0; \tau_4 = 0; \tau_5 = 0$

$\sigma_2 = \frac{F_{18} \cdot K_A}{A} = \frac{49.050N \cdot 1,5}{4 \cdot 3mm \cdot 80mm} = 76,64 \frac{N}{mm^2}$

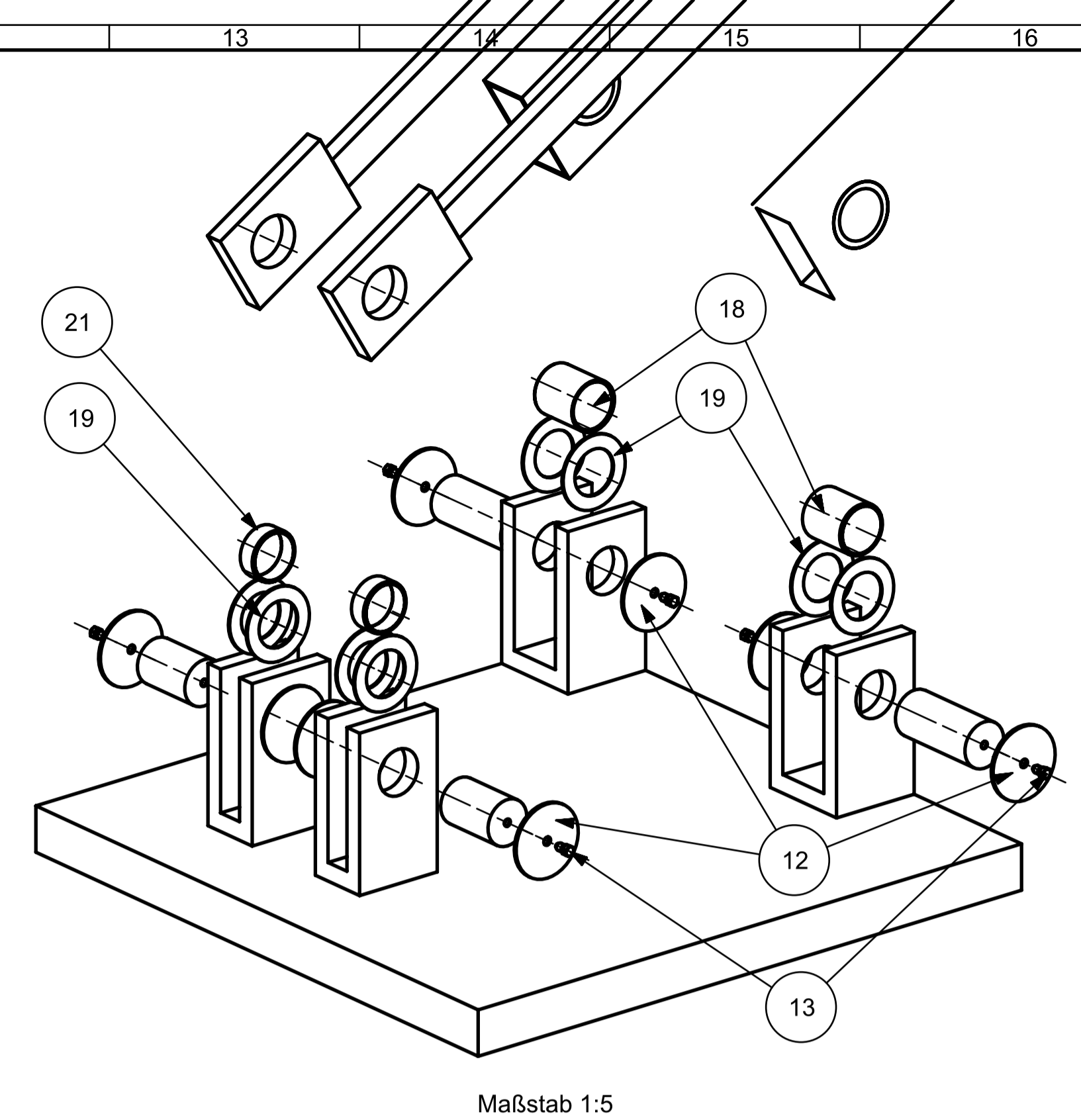
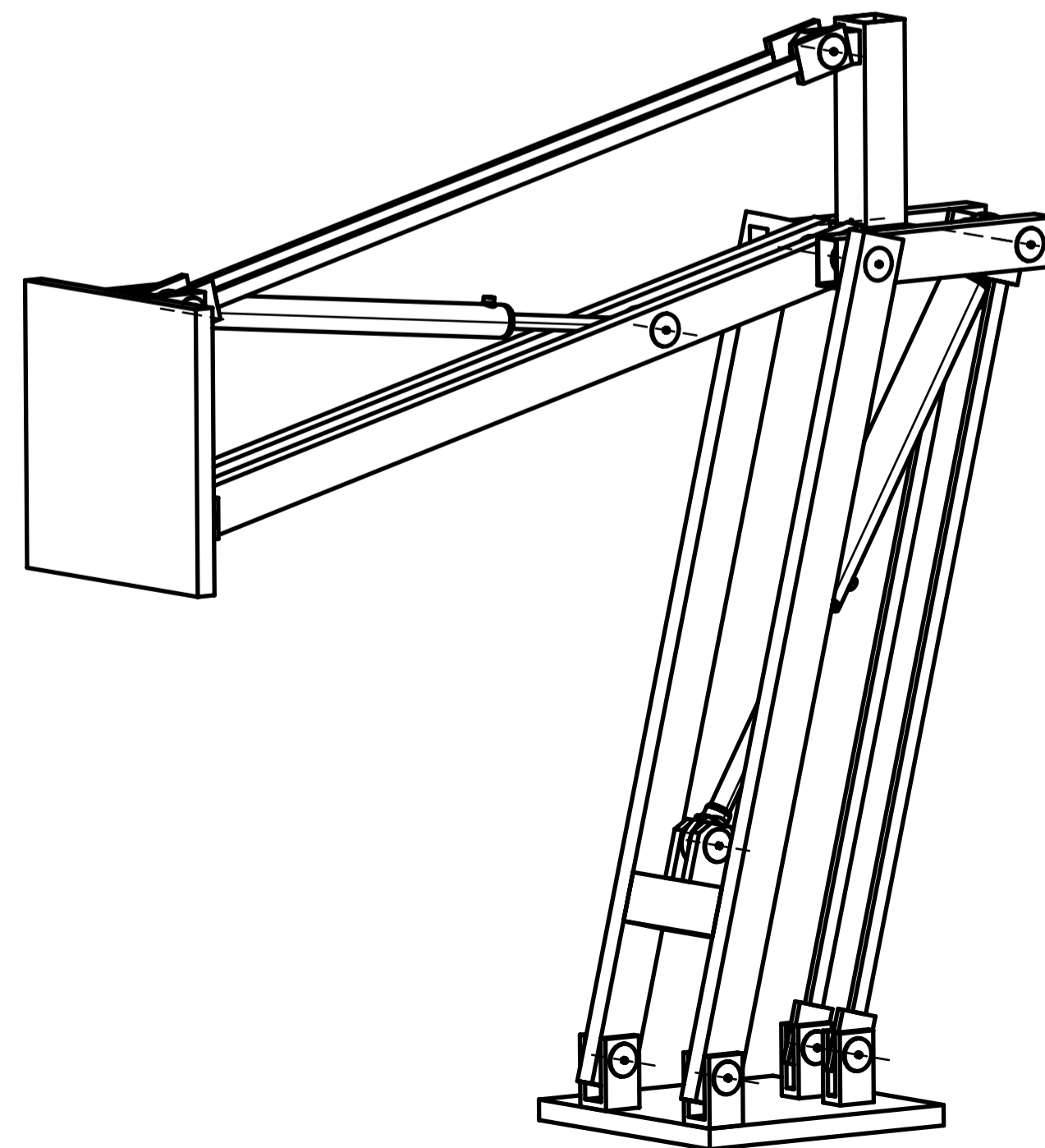
$k = 1$ (statische Belastung)

$\rightarrow \sigma_{zul} = 0,97 \cdot 105 \frac{N}{mm^2} = 101,85 \frac{N}{mm^2}$

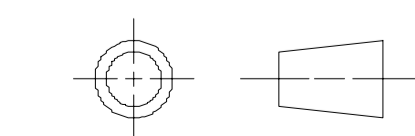
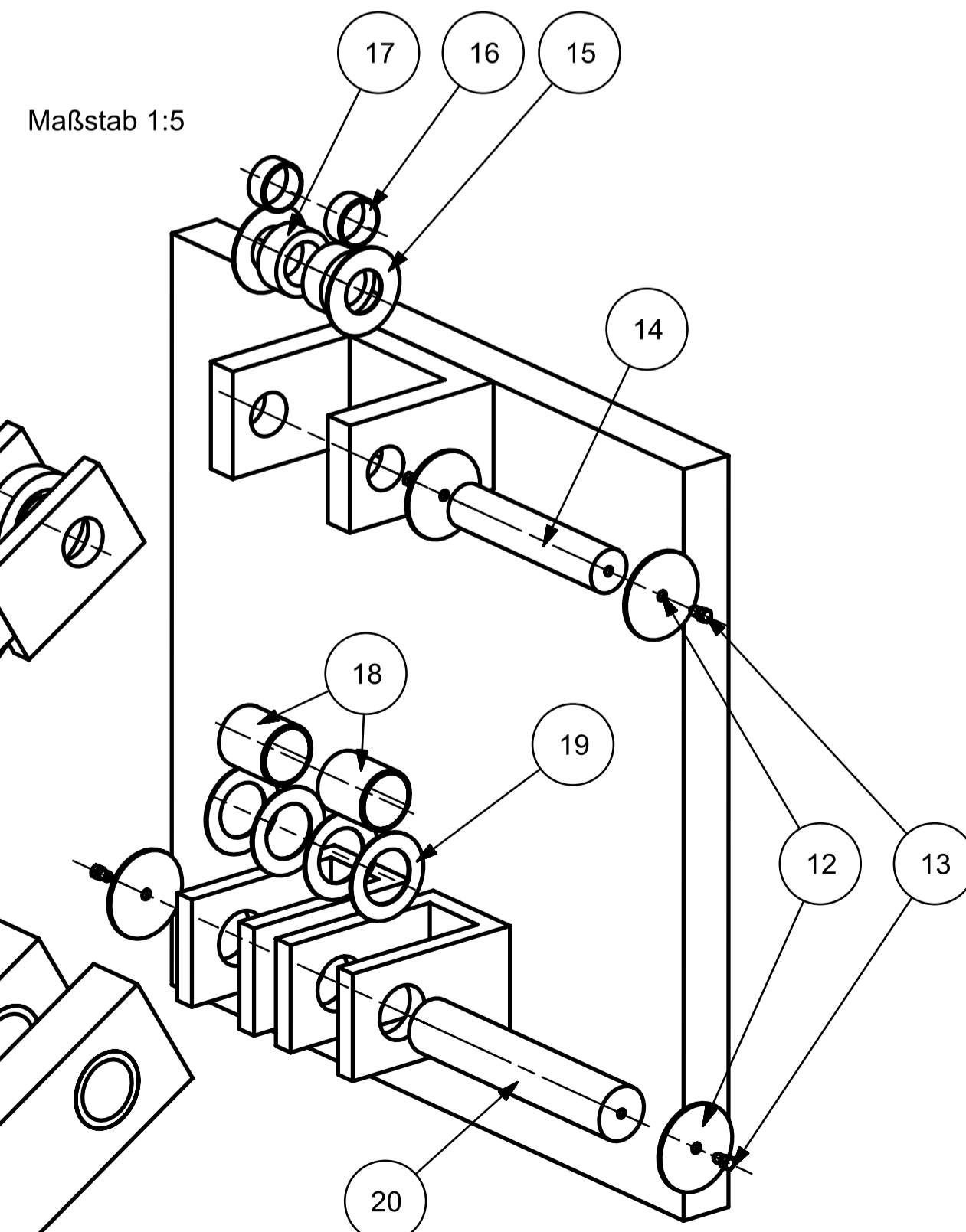
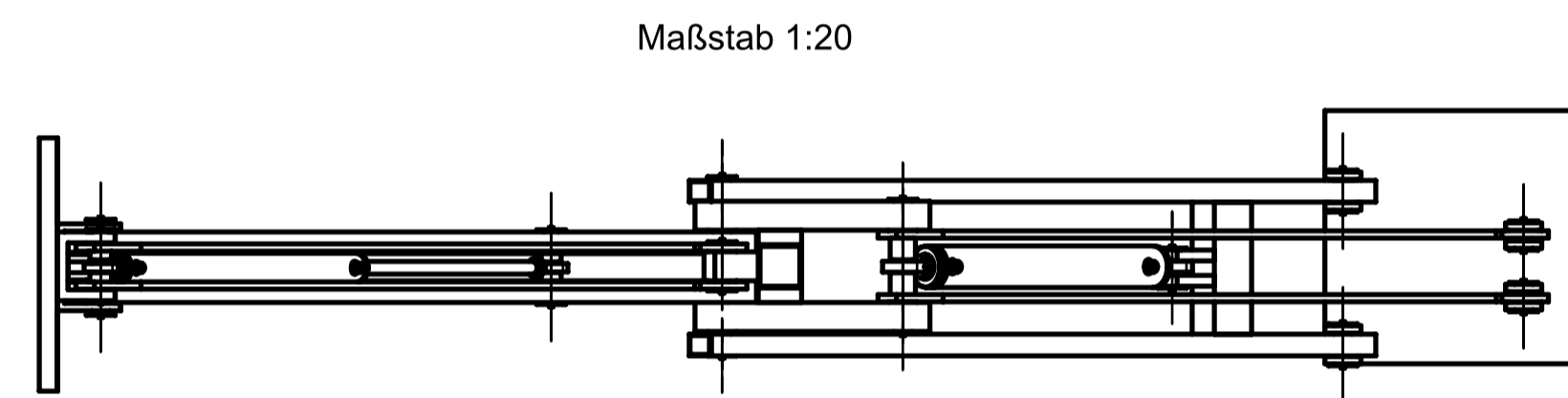
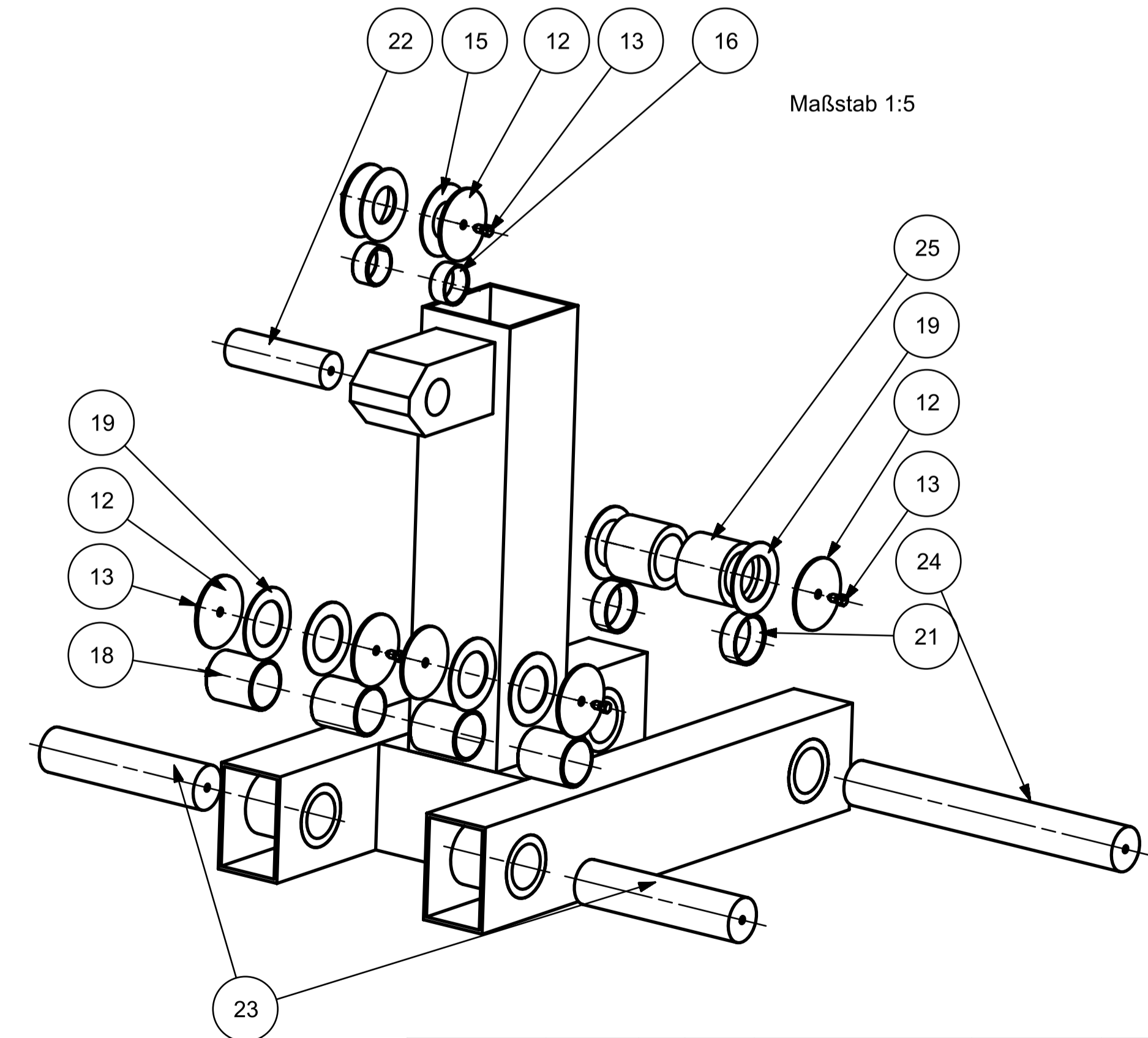
$\sigma_2 = 76,64 > 101,85 \frac{N}{mm^2} = \sigma_{zul}$
 passt!



SECTION C-C



Montagehinweis:
An jeder stelle an welcher der Bolzen nicht gelagert ist, ist die Presspassung H7/r6 vorgesehen.

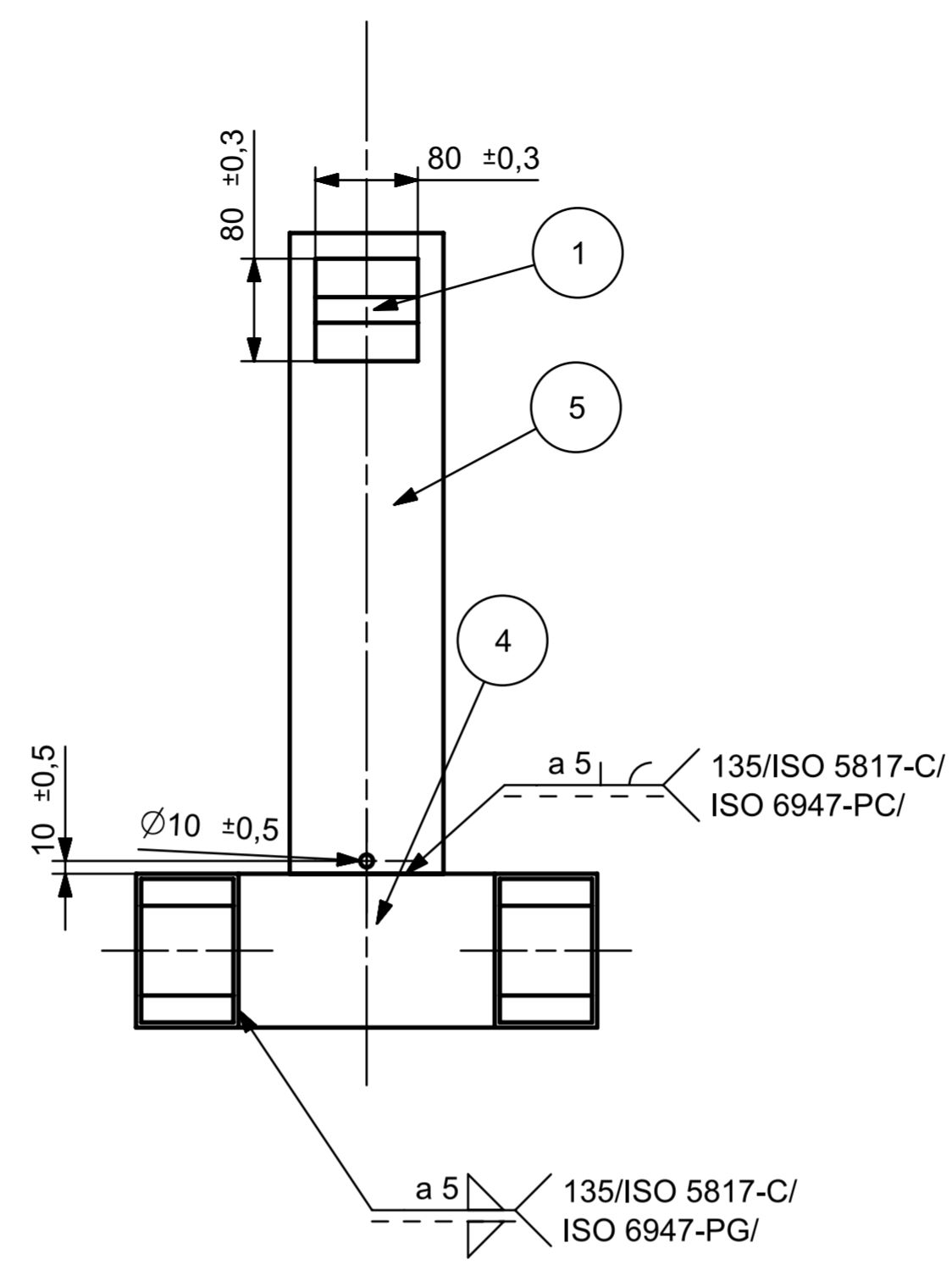
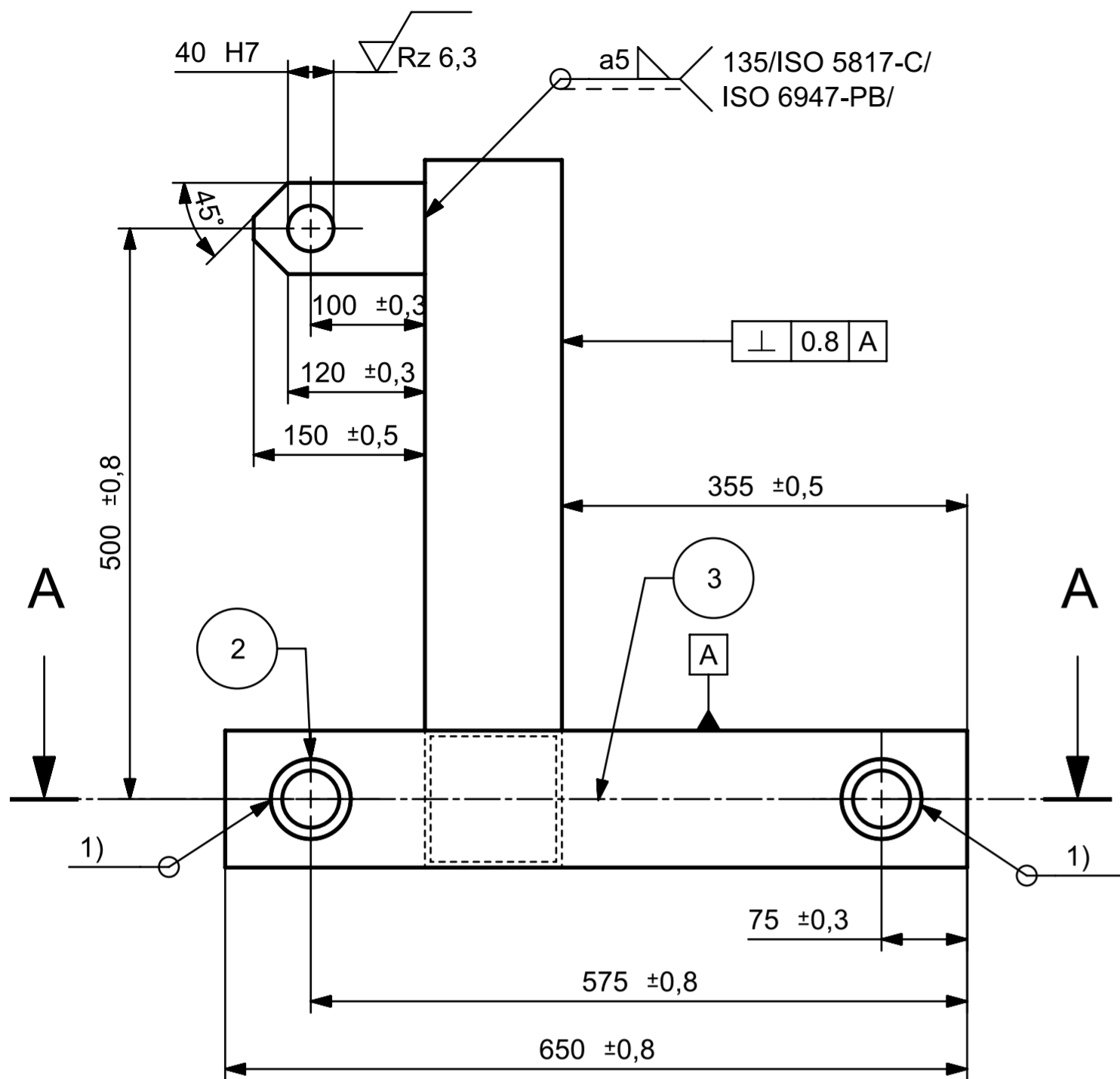


ALL DIMENSIONS IN mm

SIEMENS		THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE	
FIRST ISSUED		TITLE	Hebekonstruktion K03
DRAWN BY	Michael Vogl	SIZE	A1
CHECKED BY		DRG NO.	111_Gesamtkonstruktion
APPROVED BY		SCALE	1:1
04.12.2024			SHEET 5 OF 5

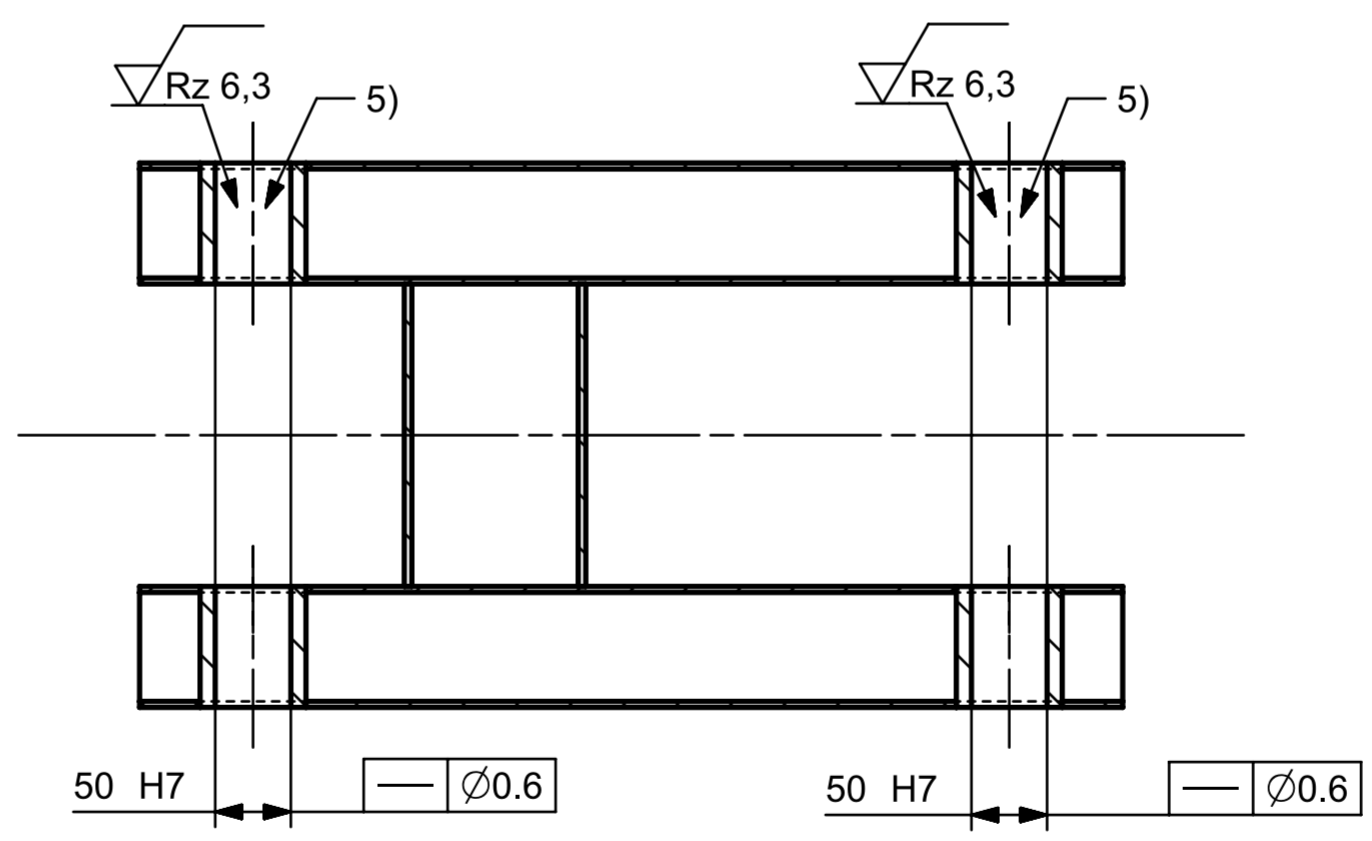
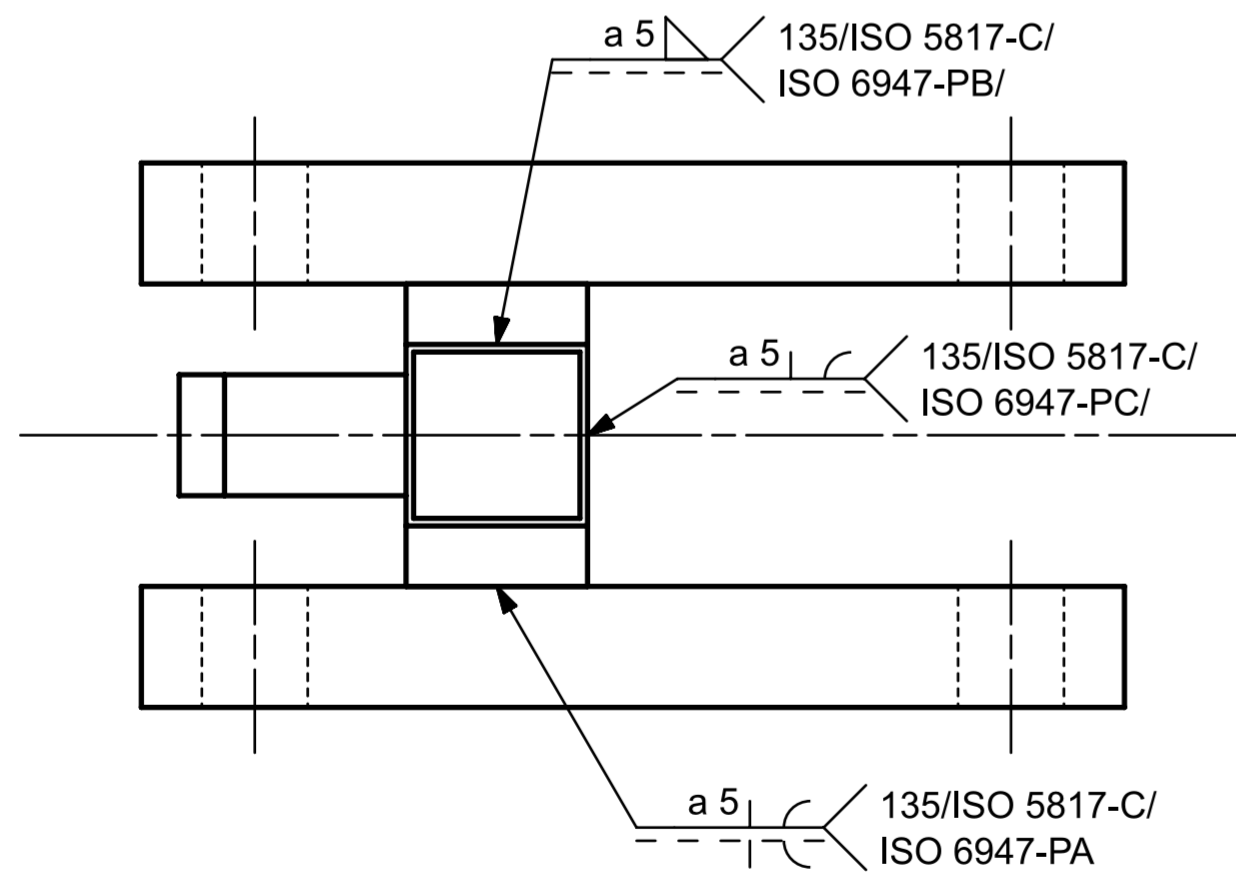
1	2	3	4	5
Pos.	Menge	Benennung	Sachnummer/Norm-Kurzbezeichnung	Bemerkung
1	1	K03-WiSe24-001	Kabinenanbindung	S235JR
2	1	K03-WiSe24-002	Biegebalken oben	S235JR
3	1	K03-WiSe24-003	Zugstangen	S235JR
4	1	K03-WiSe24-004	Winkelstarre Verbindung	S355
5	1	K03-WiSe24-005	Biegebalken unten	S235JR
6	1	K03-WiSe24-006	Zugstangen	S235FR
7	1	K03-WiSe24-007	ZYLINDER2 DWL-100/50-700-BS-GK/50-gg/50-1-1-CH-LS-0	Ck45
8	1	K03-WiSe24-008		Ck45
9	1	K03-WiSe24-009	Fahrzeuganbindung	S235JR
10	1	K03-WiSe24-010	ZYLINDER1 DWL-70/35-800-BS-GK/40-gk/40-1-1-CH-LS-0	Ck45
11	1	K03-WiSe24-011		Ck45
12	24	K03-WiSe24-012	Abstandsscheibe 80 x 9 DIN 988	S235JR
13	24	K03-WiSe24-013	Sechskantschraube M8 x 16 DIN 933	S235JR
14	1	K03-WiSe24-014	Bolzen 195 x 40 DIN 1433 Form A	C45E
15	4	K03-WiSe24-015	Abstandsscheibe 80 x 40 DIN 988	S235JR
16	4	K03-WiSe24-016	IGUS Gleitlager ZSM 40-44-20	Iglidur Z
17	2	K03-WiSe24-017	Abstandshülse 60 x 40 x 25	S235JR
18	8	K03-WiSe24-018	IGUS Gleitlager JSM 50-55-60	Iglidur J
19	18	K03-WiSe24-019	Abstandsscheibe 80 x 50 DIN 988	S235JR
20	1	K03-WiSe24-020	Bolzen 260 x 50 DIN 1433 Form A	C45E
21	4	K03-WiSe24-021	IGUS Gleitlager ZSM 50-55-20	Iglidur Z
22	1	K03-WiSe24-022	Bolzen 130 x 40 DIN 1433 Form A	C45E
23	2	K03-WiSe24-023	Bolzen 210 x 50 DIN 1433 Form A	C45E
24	1	K03-WiSe24-024	Bolzen 365 x 50	30CrNiMo8
25	2	K03-WiSe24-025	Abstandshülse 70x50x60	S235JR
26	1	K03-WiSe24-026	Bolzen 105 x 50 DIN 1433 Form A	C45E

				Datum	Name	Hebekonstruktion K03
			Bearb.	03.12.24	Michael Vogl	
			Gepr.			
			Stückliste			
			OTH Regensburg			Blatt
						1
						0 Bl.
Zus.	Änderung	Datum	Nam.	(Urspr.)	(Ers. f.)	(Ers. d.)



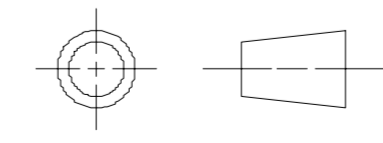
- 1) 135/ISO 5817-C/
ISO 6947-PA/
- 2) Rechteckiges Hohlprofil DIN EN 10210-2 - 120 x 80 x 4 x 650 -
Stahl DIN EN 10025-2 - S355JR
- 3) Quadratisches Hohlprofil DIN EN 10210-2 - 120 x 4 x 500 -
Stahl DIN EN 10025-2 - S355JR
- 4) Quadratisches Hohlprofil DIN EN 10210-2 - 120 x 4 x 200 -
Stahl DIN EN 10025-2 - S355JR
- 5) Rohr DIN EN 10305-1 - 70 x 12 x 80 - Stahl DIN EN 10025-2 - S355JR

Pos.	Bezeichnung	Sachnummer	Stck.
1	BAUTEIL 5_ ANSCHWEIßAUGE KNOTEN D	[Vierkant 80 x 150 DIN EN 755-4]	1
2	BAUTEIL 5_ ROHR70_10_80	[Rohr 70 x 12 DIN EN 754-7]	4
3	BAUTEIL 5_ TRÄGER120_80	Hohlprofil 120 x 80 x 650 DIN EN 10210-2	2
4	BAUTEIL 5_ TRÄGER120_120_200	Hohlprofil 120 x 120 x 200 DIN EN 10210-2	1
5	BAUTEIL 5_ TRÄGER120_120_500	Hohlprofil 120 x 120 x 500 DIN EN 10210-2	1

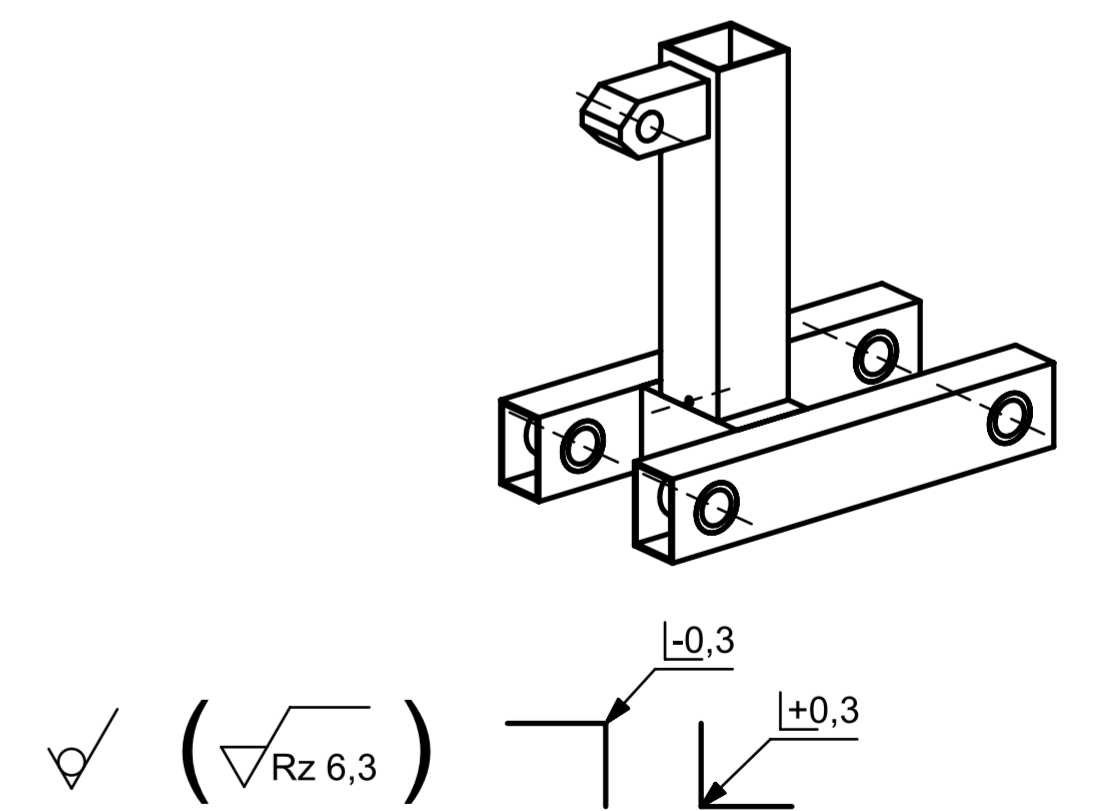


SECTION A-A

Oberflächen DIN EN 1302
 Schweißtoleranzen DIN EN ISO 13920 - Qualitätsstufe C
 Schweißen DIN EN ISO 2553
 Kanten ISO-13715
 Form- und Lagetoleranzen DIN ISO 1101
 Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768 - mk



ALL DIMENSIONS IN MM



SIEMENS		THIS DRAWING HAS BEEN PRODUCED USING AN EXAMPLE TEMPLATE PROVIDED BY SIEMENS PLM SOFTWARE	
FIRST ISSUED	06.12.2024	TITLE	KO3-WiSe2024-Zeichnung-001
DRAWN BY	Michael Vogl	Werkstoff:	1.0045 (S355JR) Gewicht: 38.1658 kg
CHECKED BY		SIZE	A2
APPROVED BY		DRG NO.	Bauteil 5_für Zeichnung
		SHEET REV	A
		SCALE 1:1	Maßstab 1:5
		SHEET 1 OF 1	

10 Anhang

10.1 Datenblätter Kaufteile

Datenblatt Sechskantschraube:

Datenblatt S208SKT816



Sechskant- Schlüsselschraube DIN 933 M8x16 verzinkt

Technische Daten

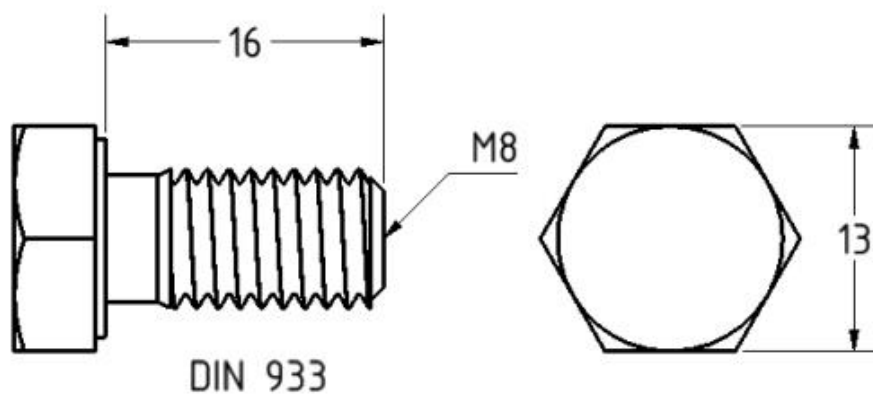
Werkstoff: ST verzinkt

Gewicht/Stk.: 0,01 kg

Artikel

Bezeichnung: Sechskant- Schlüsselschraube DIN 933 M8x16 verzinkt

Artikel.-Nr.: S208SKT816

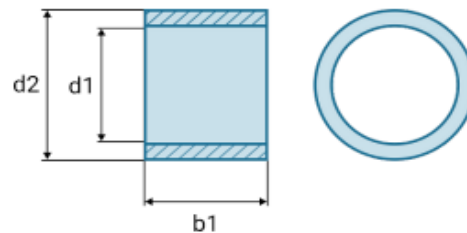


Datenblatt Gleitlager JSM-5055-60:



iglus® GmbH
 Spicher Str. 1a
 51147 Cologne
 Tel.: +49 (0) 2203-96 49-0
 Fax: +49 (0) 2203-96 49-222
 E-Mail: i_info@iglus.de

iglidur® Gleitlager



Anwendungsparameter

Material	iglidur® J	
Auswahl Gleitlager-Typ	Standardteil	
Form	Zylindrisch	
Abmessungen	Innendurchmesser (d1)	50,00 mm
	Aussendurchmesser (d2)	55,00 mm
	Lagerbreite (b1)	60,00 mm

Ergebnis

Drawing ID	DWGIBD-00233785
Artikelnummer	JSM-5055-60
Standardteil	ja
Teilgewicht	36,66 g

Fase	Länge	Winkel
f1	1,20 mm	30,00 °
f2	0,00 mm	0,00 °
f3	0,00 mm	0,00 °
f4	1,20 mm	30,00 °

Hinweis und Informationen zur Gewährleistung

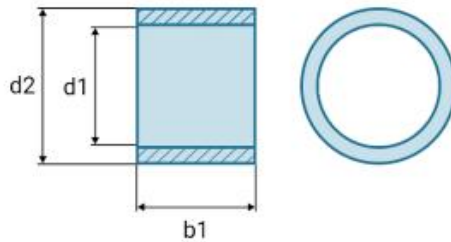
Die Angaben in diesem Programm und insbesondere die Daten des Experten beruhen auf dem heutigen Stand unserer Kenntnisse über die beschriebenen Produkte. Eine rechtlich verbindliche Zusicherung bestimmter Eigenschaften oder der Eignung für einen bestimmten Einsatzzweck kann nicht abgeleitet werden. iglus® übernimmt keinerlei Haftung für Schäden, die sich aus der Anwendung der Produkte ergeben. Wir empfehlen Ihnen, die Eignung der Produkte für einen bestimmten Zweck stets in einem praxisnahen Versuch zu überprüfen. Bitte nehmen Sie unsere Beratung in Anspruch. Aus Gründen der ständigen technischen Weiterentwicklung behalten wir uns technische Änderungen und Verbesserungen der Produkte jederzeit vor.

Datenblatt Gleitlager ZSM-5055-20:



igus® GmbH
 Spicher Str. 1a
 51147 Cologne
 Tel.: +49 (0) 2203-96 49-0
 Fax: +49 (0) 2203-96 49-222
 E-Mail: i_info@igus.de

iglidur® Gleitlager



Anwendungsparameter

Material	iglidur® Z	
Auswahl Gleitlager-Typ	Standardteil	
Form	Zylindrisch	
Abmessungen	Innendurchmesser (d1)	50,00 mm
	Aussendurchmesser (d2)	55,00 mm
	Lagerbreite (b1)	20,00 mm

Ergebnis

Drawing ID	DWGIBD-00233798
Artikelnummer	ZSM-5055-20
Standardteil	ja
Teilgewicht	11,35 g

Fase	Länge	Winkel
f1	1,20 mm	30,00 °
f2	0,00 mm	0,00 °
f3	0,00 mm	0,00 °
f4	1,20 mm	30,00 °

Hinweis und Informationen zur Gewährleistung

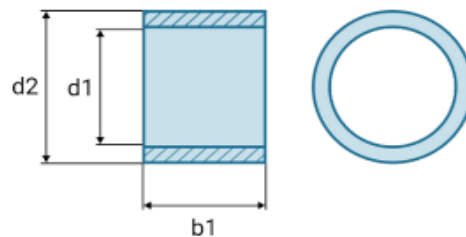
Die Angaben in diesem Programm und insbesondere die Daten des Experten beruhen auf dem heutigen Stand unserer Kenntnisse über die beschriebenen Produkte. Eine rechtlich verbindliche Zusicherung bestimmter Eigenschaften oder der Eignung für einen bestimmten Einsatzzweck kann nicht abgeleitet werden. igus® übernimmt keinerlei Haftung für Schäden, die sich aus der Anwendung der Produkte ergeben. Wir empfehlen Ihnen, die Eignung der Produkte für einen bestimmten Zweck stets in einem praxisnahen Versuch zu überprüfen. Bitte nehmen Sie unsere Beratung in Anspruch. Aus Gründen der ständigen technischen Weiterentwicklung behalten wir uns technische Änderungen und Verbesserungen der Produkte jederzeit vor.

Datenblatt Gleitlager ZSM-4044-20:



igus® GmbH
 Spicher Str. 1a
 51147 Cologne
 Tel.: +49 (0) 2203-96 49-0
 Fax: +49 (0) 2203-96 49-222
 E-Mail: i_info@igus.de

iglidur® Gleitlager



Anwendungsparameter

Material	iglidur® Z	
Auswahl Gleitlager-Typ	Standardteil	
Form	Zylindrisch	
Abmessungen	Innendurchmesser (d1)	40,00 mm
	Aussendurchmesser (d2)	44,00 mm
	Lagerbreite (b1)	20,00 mm


Ergebnis

Drawing ID	DWGIBD-00233806	
Artikelnummer	ZSM-4044-20	
Standardteil	ja	
Teilegewicht	7,24 g	
Fase	Länge	Winkel
f1	1,20 mm	30,00 °
f2	0,00 mm	0,00 °
f3	0,00 mm	0,00 °
f4	1,20 mm	30,00 °

Hinweis und Informationen zur Gewährleistung


Die Angaben in diesem Programm und insbesondere die Daten des Experten beruhen auf dem heutigen Stand unserer Kenntnisse über die beschriebenen Produkte. Eine rechtlich verbindliche Zusicherung bestimmter Eigenschaften oder der Eignung für einen bestimmten Einsatzzweck kann nicht abgeleitet werden. igus® übernimmt keinerlei Haftung für Schäden, die sich aus der Anwendung der Produkte ergeben. Wir empfehlen Ihnen, die Eignung der Produkte für einen bestimmten Zweck stets in einem praxisnahen Versuch zu überprüfen. Bitte nehmen Sie unsere Beratung in Anspruch. Aus Gründen der ständigen technischen Weiterentwicklung behalten wir uns technische Änderungen und Verbesserungen der Produkte jederzeit vor.

Datenblatt Zylinder1:

	DWL
	DWL-70/35-800-BS-GK/40-gk/40-1-1-CH-LS-0
DWL	
Schweisszylinder (leichte Reihe)	DWL Schweisszylinder (leichte Reihe)
Ausführung	Schweißzylinder, doppeltwirkend
Kolbendurchmesser D (mm)	70
Manteldurchmesser DA (mm)	80
Stangendurchmesser d (mm)	35
Grundpreis Zylinder	70/35
Hub L (mm)	800
Aufpreis Hub	zzgl.
Zylinderboden	standard [BS]
Zylinderbefestigung	Gelenkkopf GK_DO (geschweisst) [GK]
Groesse der Befestigung bodenseitig	GK40DO (ø40)
Kolbenstangenbefestigung	Gelenkkopf GK_DO (geschweisst) [gk]
Groesse der Befestigung	GK40DO (ø40)
Ölanschluss	G 3/8"
Position der Anschluesse (am Boden)	oben [1] standard
Position der Anschluesse (am Kopf)	oben [1] standard
Kolbenstangenausführung	Stahl hartverchromt [CH]
Farbaufbau:	Lackierung

Farbton auswählen:	schwarz, seidenmatt
Weitere Angaben ...	folgen nicht [0]
Technische Daten:	
Einbaulänge (in mm)	1098
Gewicht ca. (in kg)	21
F Kolben (Druck) pro 1 bar (w95%) (in kN)	0.366
F Stange (Zug) pro 1 bar (w92%) (in kN)	0.266
V Kolbenseitig (in Liter)	3.079
V Stangenseitig (in Liter)	2.309
pmax. Betriebsdruck (in bar) zulässig im knicksicheren Bereich	160
pp Prüfdruck (in bar)	210
Vmax. Geschwindigkeit der Dichtungen (Die tatsächliche erreichbare Geschwindigkeit ist von der gesamten hydraulischen Umgebung abhängig. Im Bedarfsfall kontaktieren Sie unser technisches Büro.)	0,5 max. 0,1 m/s gegen Anschlag
t Temperatur	-10°C +60°C
Auslegung	statisch ohne Vibrationen
Filterdichte, besser als	20µm

Datenblatt Zylinder 2:

	DWL
	DWL-100/50-700-BV-GK/50-gk/50-1-1-CH-LS-0
DWL	
Schweisszylinder (leichte Reihe)	DWL Schweisszylinder (leichte Reihe)
Ausführung	Schweißzylinder, doppeltwirkend
Kolbendurchmesser D (mm)	100
Manteldurchmesser DA (mm)	115
Stangendurchmesser d (mm)	50
Grundpreis Zylinder	100/50
Hub L (mm)	700
Aufpreis Hub	zzgl.
Zylinderboden	verstaerkt [BV]
Zylinderbefestigung	Gelenkkopf GK_DO (geschweisst) [GK]
Groesse der Befestigung bodenseitig	GK50DO (ø50)
Kolbenstangenbefestigung	Gelenkkopf GK_DO (geschweisst) [gk]
Groesse der Befestigung	GK50DO (ø50)
Ölanschluss	G 1/2"
Position der Anschluesse (am Boden)	oben [1] standard
Position der Anschluesse (am Kopf)	oben [1] standard
Kolbenstangenausführung	Stahl hartverchromt [CH]
Farbaufbau:	Lackierung
Farbton auswählen:	schwarz, seidenmatt

Weitere Angaben ...	folgen nicht [0]
Technische Daten:	
Einbaulänge (in mm)	1101
Gewicht ca. (in kg)	45
F Kolben (Druck) pro 1 bar (w95%) (in kN)	0.746
F Stange (Zug) pro 1 bar (w92%) (in kN)	0.542
V Kolbenseitig (in Liter)	5.498
V Stangenseitig (in Liter)	4.123
pmax. Betriebsdruck (in bar) zulässig im knicksicheren Bereich	160
pp Prüfdruck (in bar)	210
Vmax. Geschwindigkeit der Dichtungen (Die tatsächliche erreichbare Geschwindigkeit ist von der gesamten hydraulischen Umgebung abhängig. Im Bedarfsfall kontaktieren Sie unser technisches Büro.)	0,5 max. 0,1 m/s gegen Anschlag
t Temperatur	-10°C +60°C
Auslegung	statisch ohne Vibrationen
Filterdichte, besser als	20µm

10.2 MATLAB-Programmierung

Testat 1

```
%%% Berechnung einer Hebekonstruktion für eine Fahrzeugkabine

%%% Festlegung von Physikalischen Größen und Zusammenhängen
% (alle Längenangaben in Millimeter)

%%%%% Zylinderlängen als Variablen !!!
z1 = 1870;      % z1 und z2 sind die Zylinderlängen und
z2 = 1840;      % können zwischen 1100 mm und 1870 mm groß sein (Faktor
1:1.7)

z11e = 1120;    % Länge des Zylinders 1 wenn eingefahren
z11a = 1870;    % Länge des Zylinders 1 wenn ausgefahren
z12e = 1100;    % Länge des Zylinders 2 wenn eingefahren
z12a = 1840;    % Länge des Zylinders 2 wenn ausgefahren

a = 0500;      % Länge zwischen Träger (siehe Zeichnungen)
b = 2000;      % Länge der Träger
c = 1450;      % Ort der Zylinderaufnahme auf den Träger
d = 0500;      % Hebelarm der Gewichtskraft

m = 1000;      % Last in Kilogramm
g = 9.81;      % Erdbeschleunigung in m/s^2

Fg = m*g;      % Gewichtskraft in Newton
%
% %Bestimmung von Winkel mit Cosinussatz
% %Winkelangaben in Radiant
alpha = acos((-c^2+z1^2+a^2)/(2*z1*a));
beta  = acos((-c^2+z2^2+a^2)/(2*z2*a));
gamma = pi - acos((-z2^2+a^2+c^2)/(2*a*c));
delta = acos((-z1^2+a^2+c^2)/(2*a*c));

% Erstellen einer Funktion "Kraefte(z1,z2,a,b,c,d,alpha,beta,gamma,delta)"
% es wird der Lösungsvektor mit 38 Zeilen ausgegeben, in welchem jede Zeile
% eine unbekannte Kraft entspricht (z.B. F(12) = F12)

function F = Kraefte(z1,z2,a,b,c,d,Fg)

% Erstellen der Matrix und des Rechte-Seite-Vektors
n= 38;          %Anzahl der Gleichungen
```

```

M=zeros(n,n); %Erstellen einer nxn Matrix (38 x 38)
R=zeros(n,1); %Erstellen des rechte-Seite-Vektor

%Bestimmung von Winkel mit Cosinussatz
%Winkelangaben in Radiant
alpha = acos((-c^2+z1^2+a^2)/(2*z1*a));
beta = acos((-c^2+z2^2+a^2)/(2*z2*a));
gamma = pi - acos((-z2^2+a^2+c^2)/(2*a*c));
delta = acos((-z1^2+a^2+c^2)/(2*a*c));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Eingabe der Gleichungen

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Bauteile
% Bauteil 1
% 1.
M(1,4)=1; M(1,2)=1; R(1)=0;
% 2.
M(2,3)=1; M(2,1)=1; R(2)=-Fg;
% 3.
M(3,4)=-a; R(3)=-Fg*d;

% Bauteil 2
% 4.
M(4,6)=1; M(4,8)=1; M(4,10)=1; R(4)=0;
% 5.
M(5,5)=1; M(5,7)=1; M(5,9)=1; R(5)=0;
% 6.
M(6,8)=-c*cos(delta);
M(6,10)=-b*cos(delta);
M(6,7)=-c*sin(delta);
M(6,9)=-b*sin(delta);
R(6)=0;

% Bauteil 3
% 7.
M(7,12)=1; M(7,14)=1; R(7)=0;
% 8.
M(8,11)=1; M(8,13)=1; R(8)=0;
% 9.
M(9,14)=z1*cos(alpha);
M(9,13)=-z1*sin(alpha);
R(9)=0;

% Bauteil 4
% 10.
M(10,16)=1; M(10,18)=1; R(10)=0;

```

```
% 11.
M(11,15)=1; M(11,17)=1; R(11)=0;
% 12.
M(12,18)=-b*cos(delta);
M(12,17)=-b*sin(delta);
R(12)=0;

% Bauteil 5
% 13.
M(13,20)=1; M(13,22)=1; M(13,24)=1; R(13)=0;
% 14.
M(14,19)=1; M(14,21)=1; M(14,23)=1; R(14)=0;
% 15.
M(15,20)=-a; M(15,23)=-a; R(15)=0;

% Bauteil 6
% 16.
M(16,26)=1; M(16,28)=1; M(16,30)=1; R(16)=0;
% 17.
M(17,25)=1; M(17,27)=1; M(17,29)=1; R(17)=0;
% 18.
M(18,27)=c*cos(gamma);
M(18,28)=c*sin(gamma);
M(18,25)=b*cos(gamma);
M(18,26)=b*sin(gamma);
R(18)=0;

% Bauteil 7
% 19.
M(19,32)=1; M(19,34)=1; R(19)=0;
% 20.
M(20,31)=1; M(20,33)=1; R(20)=0;
% 21.
M(21,34)=-z2*sin(beta);
M(21,33)=-z2*cos(beta);
R(21)=0;

% Bauteil 8
% 22.
M(22,36)=1; M(22,38)=1; R(22)=0;
% 23.
M(23,35)=1; M(23,37)=1; R(23)=0;
% 24.
M(24,38)=-b*sin(gamma);
M(24,37)=-b*cos(gamma);
R(24)=0;

%%%%%%%%%% Knoten
% Knoten A
```

```

% 25.
M(25,2)=1;   M(25,6)=1;   R(25)=0;
% 26.
M(26,1)=1;   M(26,5)=1;   R(26)=0;

% Knoten B
% 27.
M(27,4)=1;   M(27,12)=1; M(27,16)=1; R(27)=0;
% 28.
M(28,3)=1;   M(28,11)=1; M(28,15)=1; R(28)=0;

% Knoten C
% 29.
M(29,14)=1;  M(29,8)=1;   R(29)=0;
% 30.
M(30,13)=1;  M(30,7)=1;   R(30)=0;

% Knoten D
% 31.
M(31,20)=1;  M(31,18)=1;  R(31)=0;
% 32.
M(32,19)=1;  M(32,17)=1;  R(32)=0;

% Knoten E
% 33.
M(33,10)=1;  M(33,22)=1;  M(33,30)=1;  R(33)=0;
% 34.
M(34,9)=1;   M(34,21)=1;  M(34,29)=1;  R(34)=0;

% Knoten F
% 35.
M(35,24)=1;  M(35,34)=1;  M(35,38)=1;  R(35)=0;
% 36.
M(36,23)=1;  M(36,33)=1;  M(36,37)=1;  R(36)=0;

% Knoten G
% 37.
M(37,28)=1;  M(37,32)=1;  R(37)=0;
% 38.
M(38,27)=1;  M(38,31)=1;  R(38)=0;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Berechnung des Lösungsvektors

F=M\R;           % Lösungsvektor F

if rank(M)~=38 % überprüfen des Rangs der Matrix (sollte 38 sein)
    F=[];
end

```

```

end                                     % ende der Funktion
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Beweisen der Lösung indem man die Gleichungen neu eingiebt, es sollte
% genau den Vektor R ergeben !

% Lösungsvektor F berechnen
F = Kraefte(z1,z2,a,b,c,d,Fg);

% Initialisiere den Ergebnisvektor L
L = zeros(38, 1);

% Bauteil 1
L(1) = F(4) + F(2);                     % Gleichung 1
L(2) = F(3) + F(1);                     % Gleichung 2
L(3) = -a * F(4);                       % Gleichung 3

% Bauteil 2
L(4) = F(6) + F(8) + F(10);             % Gleichung 4
L(5) = F(5) + F(7) + F(9);             % Gleichung 5
L(6) = -c*cos(delta)*F(8) - b*cos(delta)*F(10) - c*sin(delta)*F(7) -
b*sin(delta)*F(9); % Gleichung 6

% Bauteil 3
L(7) = F(12) + F(14);                   % Gleichung 7
L(8) = F(11) + F(13);                   % Gleichung 8
L(9) = z1*cos(alpha)*F(14) - z1*sin(alpha)*F(13); % Gleichung 9

% Bauteil 4
L(10) = F(16) + F(18);                   % Gleichung 10
L(11) = F(15) + F(17);                   % Gleichung 11
L(12) = -b*cos(delta)*F(18) - b*sin(delta)*F(17); % Gleichung 12

% Bauteil 5
L(13) = F(20) + F(22) + F(24);           % Gleichung 13
L(14) = F(19) + F(21) + F(23);           % Gleichung 14
L(15) = -a*F(20) - a*F(23);             % Gleichung 15

% Bauteil 6
L(16) = F(26) + F(28) + F(30);           % Gleichung 16
L(17) = F(25) + F(27) + F(29);           % Gleichung 17
L(18) = c*cos(gamma)*F(27) + c*sin(gamma)*F(28) + b*cos(gamma)*F(25) +
b*sin(gamma)*F(26); % Gleichung 18

% Bauteil 7
L(19) = F(32) + F(34);                   % Gleichung 19
L(20) = F(31) + F(33);                   % Gleichung 20
L(21) = -z2*sin(beta)*F(34) - z2*cos(beta)*F(33); % Gleichung 21

```

```

% Bauteil 8
L(22) = F(36) + F(38);           % Gleichung 22
L(23) = F(35) + F(37);           % Gleichung 23
L(24) = -b*sin(gamma)*F(38) - b*cos(gamma)*F(37); % Gleichung 24

% Knoten A
L(25) = F(2) + F(6);             % Gleichung 25
L(26) = F(1) + F(5);             % Gleichung 26

% Knoten B
L(27) = F(4) + F(12) + F(16);    % Gleichung 27
L(28) = F(3) + F(11) + F(15);    % Gleichung 28

% Knoten C
L(29) = F(14) + F(8);            % Gleichung 29
L(30) = F(13) + F(7);            % Gleichung 30

% Knoten D
L(31) = F(20) + F(18);           % Gleichung 31
L(32) = F(19) + F(17);           % Gleichung 32

% Knoten E
L(33) = F(10) + F(22) + F(30);    % Gleichung 33
L(34) = F(9) + F(21) + F(29);    % Gleichung 34

% Knoten F
L(35) = F(24) + F(34) + F(38);    % Gleichung 35
L(36) = F(23) + F(33) + F(37);    % Gleichung 36

% Knoten G
L(37) = F(28) + F(32);           % Gleichung 37
L(38) = F(27) + F(31);           % Gleichung 38

% Vergleich des Ergebnisvektors L =! R
Vergleich = L;

%% Berechnung von drei Positionen

Eingefahren = Kraefte(zl1e,zl2a,a,b,c,d,Fg);
Mitte       = Kraefte((zl1e+zl1a)/2,(zl2e+zl2a)/2,a,b,c,d,Fg);
Ausgefahren = Kraefte(zl1a,zl2e,a,b,c,d,Fg);

%% Berechnung der Zylinderkräfte in verschiedenen positionen:
% mit folgender Methode wird sichergestellt das keine "Kräfte-Maxima"
% zwischen den drei Positionen unentdeckt bleiben

n = 50;      % Genauigkeit (Anzahl der Durchläufe)
Fz1maxMatrix = [];

```

```

Fz2maxMatrix = [];
for i = z11e:((z11a-z11e)/n):z11a
    for j = z12e:((z12a-z12e)/n):z12a
        x = Kraefte(i,j,a,b,c,d,Fg);
        Fz1maxMatrix = [((x(11))^2+(x(12))^2)^0.5 Fz1maxMatrix];
        Fz2maxMatrix = [((x(31))^2+(x(32))^2)^0.5 Fz2maxMatrix];
    end
end
Fz1max = max(Fz1maxMatrix); % maximum der Matrix mit allen möglichen Fz1
Kräften
Fz2max = max(Fz2maxMatrix); % maximum der Matrix mit allen möglichen Fz2
Kräften

%% Berechnung aller Kräfte in 3 Verschiedenen Positionen
Fz1e = (Eingefahren(11)^2+Eingefahren(12)^2)^0.5;
Fz1m = (Mitte (11)^2+Mitte (12)^2)^0.5;
Fz1a = (Ausgefahren(11)^2+Ausgefahren(12)^2)^0.5;

Fz2e = (Eingefahren(31)^2+Eingefahren(32)^2)^0.5;
Fz2m = (Mitte (31)^2+Mitte (32)^2)^0.5;
Fz2a = (Ausgefahren(31)^2+Ausgefahren(32)^2)^0.5;

% Erstellen einer Tabelle
Tabelle = [(1:38)' Eingefahren Mitte Ausgefahren;
           1 Fz1e Fz1m Fz1a;
           2 Fz2e Fz2m Fz2a;
           3 Fz1max 0 0 ;
           4 Fz2max 0 0 ];
round(Tabelle)

```

ans = 42x4

1	15097	4518	-8887
2	-9810	-9810	-9810
3	-24907	-14328	-923
4	9810	9810	9810
5	-15097	-4518	8887
6	9810	9810	9810
7	-16186	10352	44501
8	25626	39111	24097
9	31283	-5833	-53388
10	-35436	-48921	-33907
:			

```

% Berechnung der Hübe in verschiedenen Positionen, in Abhängigkeit von
% z1,z2,a,b,c,d
function h=Hub(z1,z2,a,b,c)

```

```

gamma = pi - acos((-z2^2+a^2+c^2)/(2*a*c));
delta = acos((-z1^2+a^2+c^2)/(2*a*c));

```

```

h.vertikal = b*sin(gamma)-b*cos(delta);
h.horizontal = -b*cos(gamma)+ b*sin(delta);

```

```
end
```

```
Minimum = Hub(zl1e,zl2a,a,b,c)
```

```
Minimum = struct with fields:
```

```
    vertikal: -111.2415
```

```
    horizontal: -118.8552
```

```
Maximum = Hub(zl1a,zl2e,a,b,c)
```

```
Maximum = struct with fields:
```

```
    vertikal: 2.8100e+03
```

```
    horizontal: 2.8040e+03
```

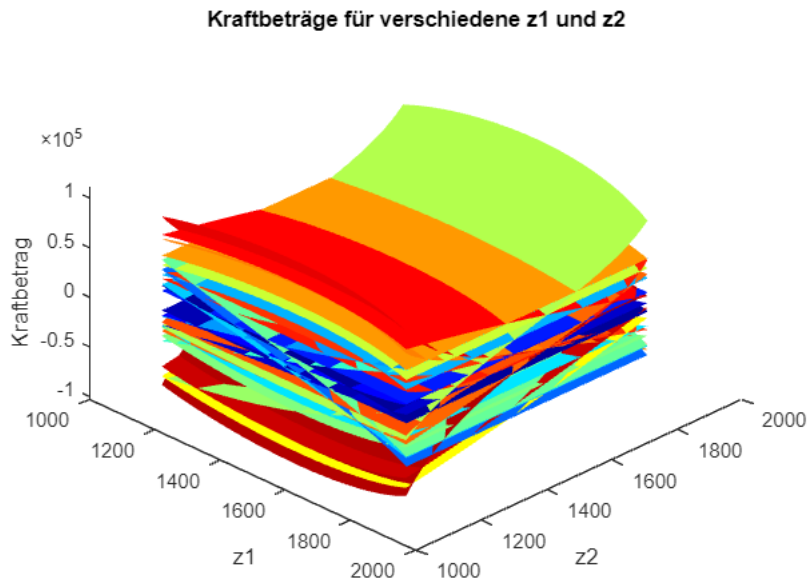
```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
% Plotten der Kräfte in Abhängigkeit von z1 und z2  
% Ziel ist eine 3D-Grafik mit 38 Ebenen, welche die Kräfte darstellen  
  
n = 50;          % Auflösung des Plotes  
% Beispielwerte für z1 und z2 definieren  
[z1m, z2m] = meshgrid(linspace(zl1e, zl1a, n), linspace(zl2e, zl2a, n));  
  
% Initialisiere F-Matrix, um alle 38 Kraftkomponenten zu speichern  
F_vals = zeros(n, n, 38); % 3D Matrix: n x n für z1, z2 und 38  
Kraftkomponenten  
  
for i = 1:n  
    for j = 1:n  
        F = Kraefte(z1m(i, j), z2m(i, j),a,b,c,d,Fg); % Funktion, die Vektor  
F berechnet (38 Kräfte)  
        F_vals(i, j, :) = F; % Speichere alle 38 Komponenten von F  
    end  
end  
  
% Erstelle 3D Plots für jede der 38 Komponenten  
colors = jet(38);  
figure;  
hold on;  
for k = 1:38  
    h = surf(z1m, z2m, F_vals(:, :, k)); % Erstelle Oberflächenplot für jede  
Kraftkomponente  
    % Formatieren der Grafik und einfügen von Farben  
    set(h, 'FaceColor', colors(k, :), 'EdgeColor', 'none');  
  
end  
xlabel('z1');  
ylabel('z2');
```

```

xlabel('Kraftbetrag');
title('Kraftbeträge für verschiedene z1 und z2');
view([45, 45]); % Setzt den Blickwinkel

hold off;

```



Testat 2

```
% Festigkeitsnachweise
```

```
% Ermittlung des höchstbelastetsten Bolzens
```

```
% es werden alle Kräfte für die Position oberes Parallelogram Horizontal  
% unteres Parallelogramm ausgefahren berechnet:
```

```
% Bemerkung: Das Koordinatensystem wird für die Zylinderberechnung  
% verschoben und kann nicht mit früheren KS verglichen werden!
```

```
z1b = sqrt(a^2+c^2);  
z2b = z12e;
```

```
Bk = Kraefte(z1b,z2b,a,b,c,d,Fg) % Kräfte in der Stellung in welcher
```

```

Bk = 38×1  
105 ×  
 0.0372  
-0.0981  
-0.1353  
 0.0981  
-0.0372  
 0.0981  
 0.1353

```

```

0.3924
-0.0981
-0.4905
:

```

```

                                % Knoten E am stärksten belastet ist

% Bk gibt auch die Kräfte vor für die Biegebalkenberechnung, da die
% Stellung dieselbe ist

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Bestimmung des höchstbelastetsten Biegebalkens und dessen Stellung

% es werden alle Kräfte die senkrecht auf den Biegebalken stehen berechnet,
diese
% werden anschließend geprüft ob die letzte berechnete Kraft größer ist als
% die aktuelle, falls ja ist dieses das neue Ko_max/Ku_max.

n = 50;      % Genauigkeit (Anzahl der Durchläufe)
Komax = 0;
Kumax = 0;

for h = z11e:((z11a-z11e)/n):z11a
    for j = z12e:((z12a-z12e)/n):z12a
        x = Kraefte(h,j,a,b,c,d,Fg);
        % Berechnung von Hilfwinkel
        gammaz = pi - acos((-j^2+a^2+c^2)/(2*a*c));
        deltaz = acos((-h^2+a^2+c^2)/(2*a*c));
        alphaz = acos((-c^2+h^2+a^2)/(2*h*a));
        betaz = acos((-c^2+j^2+a^2)/(2*j*a));
        ka = pi - deltaz - alphaz;
        kb = pi - (pi-gammaz) -betaz;

        %Ko und Ku sind die Kräfte die senkrecht auf den Balken stehen,
        %wenn diese maximal sind, ist das Biegemoment maximal.

        %Ko = x(7)*sin(deltaz)-x(8)*cos(deltaz);
        Ko = sqrt(x(8)^2+x(7)^2) * sin(ka);
        %Ku = x(28)*sin(gammaz)+x(27)*sin(pi/2-gammaz);
        Ku = sqrt(x(28)^2+x(27)^2) * sin(kb);

        if Ko > Komax
            Komax = Ko;
            dd = deltaz; % delta für die Stellung in der Ko maximal ist

        end
        if Ku > Kumax
            Kumax = Ku;
            gg = gammaz; % gamma für die Stellung in der Ku maximal ist

```

```
end
```

```
end
```

```
end
```

```
Komax
```

```
Komax = 1.3530e+04
```

```
dd      % der Winkel delta bei dem Ko maximal ist, hier ist dieser pi/2
```

```
dd = 1.5840
```

```
% was bedeutet dass Ko maximal ist wenn das obere Parallelogramm
% waagrecht steht, wie angenommen
```

```
Kumax
```

```
Kumax = 1.0662e+04
```

```
gg
```

```
gg = 2.4782
```

```
% da Komax > Kumax ist der obere Biegebalken höher belastet!
```

Testat 5

```
%% Plotten des komplett abfahrbaren Bereich der Konstruktion
```

```
%% Parameter der Konstruktion
```

```
% Winkel zwischen der Horizontalen und Biegebalken im aus- (a) bzw.
```

```
% eingefahrenen (e) Zustand
```

```
e1 = pi - acos((-z12a^2+a^2+c^2)/(2*a*c));
```

```
e2 = acos((-z11e^2+a^2+c^2)/(2*a*c)) + pi/2;
```

```
a1 = pi - acos((-z12e^2+a^2+c^2)/(2*a*c));
```

```
a2 = acos((-z11a^2+a^2+c^2)/(2*a*c)) + pi/2;
```

```
theta1 = linspace(e1, a1, 100); % Winkelbereich für Segment 1
```

```
theta2 = linspace(e2, a2, 100); % Winkelbereich für Segment 2
```

```
% Arbeitsraum berechnen
```

```
[X, Y] = meshgrid(theta1, theta2); % Erzeuge Winkelkombinationen
```

```
X_end = b * cos(X) + b * cos(Y); % x-Koordinate des Endpunktes
```

```
if Y <= pi
```

```
    Y_end = +b * sin(X) + b * sin(Y); % y-Koordinate des Endpunktes
```

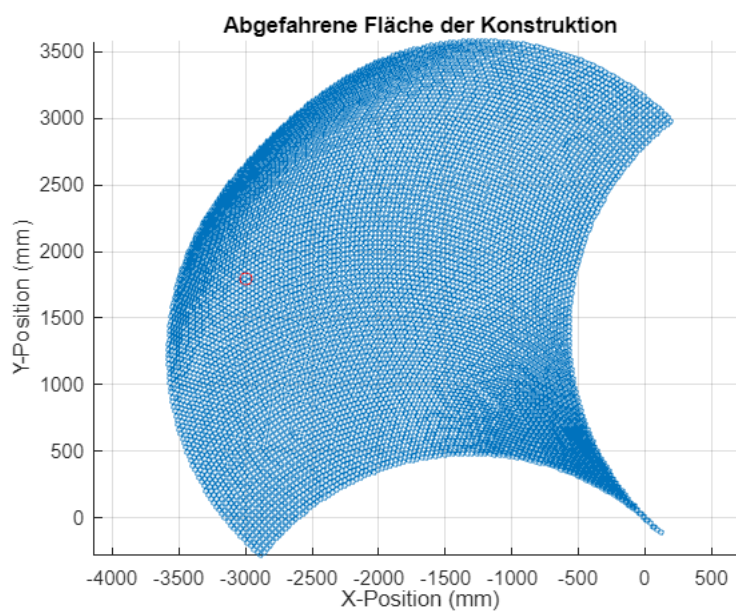
```
else
```

```
    Y_end = +b * sin(X) - b * sin(Y); % y-Koordinate des Endpunktes
```

```
end
```

```
% Arbeitsraum plotten
```

```
figure;  
hold on  
scatter(X_end(:), Y_end(:), 5);  
plot(-3000,1800,marker="o",color="r"); % Markiert den Punkt der mindestens  
xlabel('X-Position (mm)');  
ylabel('Y-Position (mm)');  
title('Abgefahrene Fläche der Konstruktion');  
axis equal;  
grid on;  
hold off
```



11 Projektdaten

Projekt: B-KO3 WiSe 2024/25
Konstruktion einer höhenverstellbaren Kabinenmechanik

Name: Michael Vogl

Matrikel-Nr.: 3430808

Semester: MB3b | OTH Regensburg - Fakultät Maschinenbau

CAD-System: Siemens NX

Dateien: CAD-Modell (Assembly): 111_Gesamtkonstruktion.prt
Baugruppenzeichnung: Michael_Vogl_001_Baugruppenzeichnung.pdf
Stückliste: Michael_Vogl_002_Stückliste.pdf
Einzelteilzeichnung: Michael_Vogl_003_Einzelteilzeichnung.pdf
Matlab-Datei: Michael_Vogl_KO3_Matlab.mlx