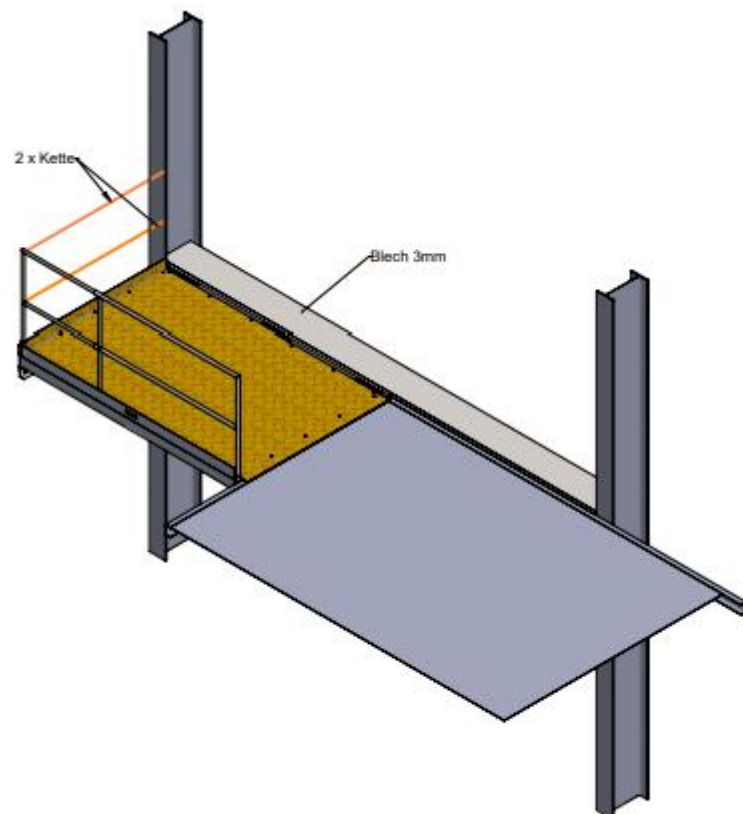


TEKO Schweizerische Fachschule

Diplomarbeit Podest Erweiterung



AUTOR:

Burri Michael
Sigristhalde 4
6102 Malters,

KLASSE:

L-TMA-18-DO-b

SEMESTER:

6. Semester

Vertiefungsrichtung:

Maschinenbau

Referent/in:

Baumann Arthur

Datum:

11. Oktober. 2021

1 Curriculum Vitae

PERSONALIEN

Name	Burri
Vorname	Michael
Adresse	Sgristhalde 4 6102 Malters
Telefon P	079 656 79 45
E-Mail	michael_burri@hotmail.com
Geburtsdatum	11.02.1997
Nationalität	Schweiz



SCHULEN

08.2012 – 08.2016	Berufslehre zum Anlagen – und Apparatebauer EFZ Franz Vogel AG, Malters
2018 – 2021	Zur Zeit Weiterbildung Teko Luzern, Dipl. Techniker HF, Maschinenbau

Berufstätigkeit

2016 – 2017	Anlage und Apparatebauer Franz Vogel AG, Malters <ul style="list-style-type: none">- Schweißen von anspruchsvollen Konstruktionen- Blechverarbeitung (Blechwalzen, Abkanten, Stanzen)- Profilwalzen (Rundrohre, Vierkantrohre etc.)- Dornbiegen
2017 – 2018	Metallbaumonteur Gebr. Vogel AG, Malters
2018 – 2021	Metallbaumonteur Leiter Gebr. Vogel AG, Malters <ul style="list-style-type: none">- Service- und Reparaturarbeiten.- Leitung von 1 bis ca. 5 Personen je nach Baustelle

- Besprechung von Abläufen, Bauherren, Bauleiter, Projektleiter
- Montagen im Metallbereich (Türen, Glasgeländer, Vordächer etc.)

2021- Heute

Franz Vogel AG. Malters

- Schweissen von anspruchsvollen Konstruktionen
- Blechverarbeitung (Blechwalzen, Abkanten, Stanzen)
- Profilwalzen (Rundrohre, Vierkantrohre etc.)
- Dornbiegen
- Junior Projektleiter

Persönliche Interessen

Fussball, Wintersport, Fitness

2 Unternehmensportrait

2.1 Franz Vogel AG

Die Franz Vogel AG wurde 1963 in Kriens von Franz und Lisbeth Vogel-Theiler gegründet. Metallbau- und Schlosserarbeiten waren das Kerngeschäft der Firma. Aus Platzgründen zog die Firma 1973 nach Malter, wo sie bis heute noch ansässig ist. 1996 übernahm Pius Vogel das Familienunternehmen in zweiter Generation. Heute beschäftigt die Franz Vogel AG sechs Mitarbeiter und ist schweizweit tätig¹.

Das Kerngeschäft wird in folgenden Segmenten unterteilt:

- allgemeine Schlosser- und Schweissarbeiten, Blechbearbeitung, Anlagen und Apparatebau, Rohr- und Profilbiegetechnik
- Wir bearbeiten Aluminium, CrNi-Stahl, Stahl, Kupfer und Messing
- Wir dürfen Kunden aus der Bauhaupt- und Baunebenbranche, Lebensmittel- und Möbelindustrie, Chemie, Schiffs-, Fahrzeug- sowie Flugzeugbau beliefern.
- Das Schwergewicht liegt bei Prototypen, Einzelteilen und Kleinserien.

2.1.1 Projektumfeld

Die Diplom Arbeit wird Konstruktionstechnisch wie auch gefertigt in der Firma Franz Vogel AG. Der Dokumentarische Teil wird privat zuhause durchgeführt.

¹ (AG, 2021)

2.1.2 Projektteam

Das Projektteam ist wie folgt gegliedert. An oberer Stelle steht hier der Firmeninhaber Herr Vogel Pius. Auf nächster Stufe stehen Herr Bachmann Joe (Werkstattchef) und Herr Pörtig Willy (Leiter Konstruktion). Für das Gesamtprojekt Podesterweiterung ist Burri Michael der Technische Projektleiter. Bei technischen Fragen meiner Seite ist in erster Linie den Kontakt zu Herr Bachman Joe und Herr Pörtig Willy zu suchen.

Auf der Schulischen Seite wird das Projekt von Arthur Baumann betreut. Der Fachexperte ist hier in diesem Fall Andreas Lind. (vgl. Abb. 1)

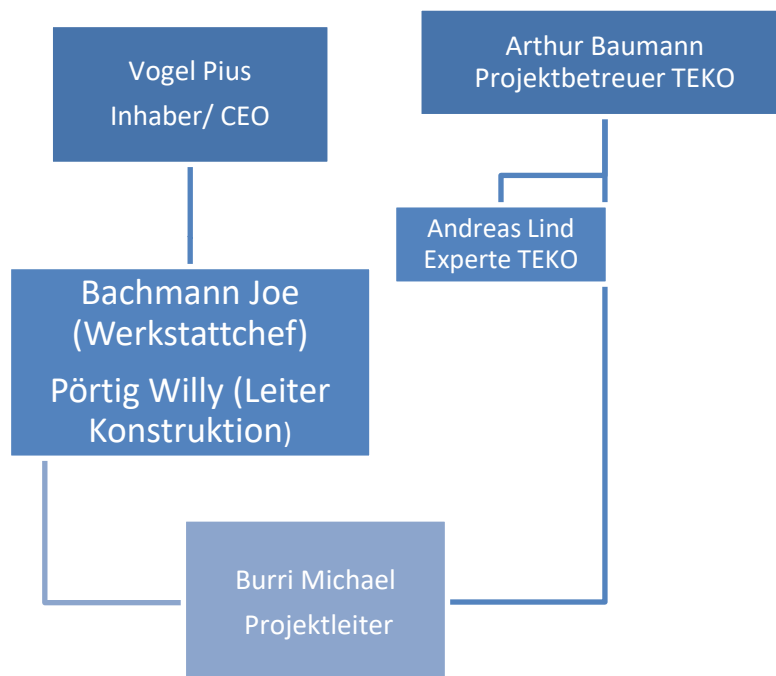


Abbildung 1 Organigramm

3 Zweck und Ziel der Diplomarbeit

In dieser Arbeit werden alle im Projekt verlaufenen Entscheidungen und Arbeitsabläufe protokolliert. In der Anforderungsliste (vgl. 4.2) sind alle Rahmenbedingungen klar und messbar definiert, damit die Zielerreichung überprüft werden kann. Folglich sind auch die Berechnungen sauber und nachvollziehbar dokumentiert.

3.1 Methodik

Die vorliegende Diplomarbeit wurde nach den VDI-Richtlinien 2221 und 2222 strukturiert und umgesetzt.²

3.2 Glossar/ Abkürzungsverzeichnis

Stk.	Stück
Abb.	Abbildung
CNC	Frei programmierbare rechnergesteuerte Werkzeugmaschine, Computerized Numerical Control
CAD	Computerunterstützte Zeichnungssoftware, Computer Aided Design
min.	Minimum
max.	Maximum
Vgl.	Vergleich
KMU	Klein und mittleres Unternehmen
CHF	Schweizer Franken
WIG	Wolfram innert Gasschweissen
MAG	Metall aktiv Gasschweissen
Zeich.Nr.	Zeichnungs Nummer
CrNi-Stahl	Chrom-Nickel-Stahl

Tabelle 1: Glossar/Abbildungsverzeichnis

² (Sdo, 2020)

4 Management Summary

4.1 Ausgangslage

Anhand von Beobachtungen während meiner beruflichen Laufbahn habe ich festgestellt, dass viele KMU Betriebe zu wenig Platz für Material haben. Auch bei der Franz Vogel AG ist dies der Fall. Aufgrund dessen benötigt der KMU Betrieb eine Podesterweiterung. Die Podesterweiterung dient nicht nur dazu, neue Platzverhältnisse zu schaffen, sondern wird auch genutzt um Zeit und Personal zu sparen. Dies gelingt durch die schnellere Bestückung sowie auch Entleerung des Rohmaterials. Ein weiterer Vorteil bietet die Erweiterung im nationalen Markt. Dadurch wird Franz Vogel AG auf dem nationalen Markt erfolgreicher und konkurrenzfähiger sein. Ein anderer, aber nicht zu vernachlässiger Vorteil der Podesterweiterung ist, dass die Mitarbeiter kaum mehr körperliche Beanspruchungen haben. Denn durch die Vorrichtung können die ArbeiterInnen das komplette Lager mit Hilfe des Hallenkrans bestücken und müssen nicht mehr von Hand das Rohmaterial hinauf geben und stemmen.

4.2 Zielsetzung

In dieser Arbeit wird eine Podesterweiterung berechnet, die es ermöglicht, angeliefertes Rohmaterial zu lagern, wie auch das bestehende Rohmateriallager besser zu bestücken. Ebenso werden Konstruktionspläne für die Fertigung und Montage erstellt. Mit Hilfe der Vorrichtung soll der Arbeiter oder die Arbeiterin das Materiallager einfacher bewirtschaften können. Dies geschieht, indem mechanische und elektrische Bauteile die begehbare Lagerungsfläche beweglich machen. So entsteht eine neu gewonnene Fläche, welche von der vertikalen Lage, an dem IPE – Träger, in eine horizontale Lage geschwenkt werden kann.

Im Fokus dieser Arbeit steht nicht nur das Fertigen und Auslegen der einzelnen Komponenten dieser Podesterweiterung, sondern auch die Sicherheitsaspekte, die uns die SUVA vorgibt³.

³ (suva, 2021)

4.3 Kernprobleme

Um neuen Platz zu schaffen und gleichzeitig nicht zu viel Platz in Anspruch zu nehmen (Maschinenpark), muss die Podesterweiterung in der Lage sein, mit Hilfe von mechanischen oder elektrischen Bauteilen die neu gewonnene Lagerungsfläche von der vertikalen Lage an dem IPE- Träger der Hallenfassade in eine horizontale Lage zum bestehenden Podest zu schwenken. Dabei wird die Vorrichtung an vier verschiedenen Punkten abgestützt. Dies geschieht mit Hilfe eines Jochs, drei Lagerungen für die Schwenkung und dem Absetzen an der bestehenden Konstruktion (Rohmateriallager) (vgl. Abb.

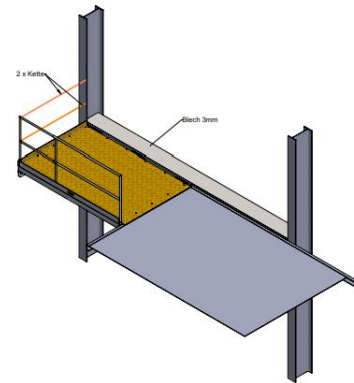


Abbildung 2 Podesterweiterung

2, graue Fläche). Dabei müssen alle Absturzmöglichkeiten während der Montage wie auch nach der Montage strikt nach den SUVA- Regeln⁴ eingehalten werden.

4.4 Lösung und Ergebnisse

Mit den Berechnungen (vgl. Anhang Kapitel 7.2.1 bis 7.3.2) konnte festgestellt werden, welcher Kraftaufwand betrieben werden muss, um eine Lagerfläche zu konstruieren und in Bewegung zu bringen. Je nach Kraftrichtung kann ein Bauteil mehr oder weniger Gewichtskraft aufnehmen. Ausserdem war es möglich, die für diesen Vorgang benötigten Bauteile zu dimensionieren und so eine bessere Vorstellung für das Auslegen zukünftiger Projekte zu erhalten. Zudem konnte ich persönlich bezüglich des Vorgehens und Verfassens einer Diplomarbeit sehr viel lernen. Der ganze Vorgang von der Projektidee bis zur Vollendung des Projekts, inklusive der statischen Berechnungen, Ideensammlung, Fertigung, Montage, Richtlinien usw., und dies in weniger als 7 Wochen, ist eine zumutbare Zeit.

⁴ (suva, 2021)

Inhaltsverzeichnis

1	Curriculum Vitae	2
2	Unternehmensportrait	4
2.1	Franz Vogel AG	4
2.1.1	Projektumfeld.....	4
2.1.2	Projektteam	5
3	Zweck und Ziel der Diplomarbeit.....	6
3.1	Methodik.....	6
3.2	Glossar/ Abkürzungsverzeichnis	6
4	Management Summary.....	7
4.1	Ausgangslage	7
4.2	Zielsetzung	7
4.3	Kernprobleme	8
4.4	Lösung und Ergebnisse	8
5	Pflichtenheft.....	13
5.1	Einleitung.....	13
5.2	Anforderungsliste / Pflichtenheft	13
5.3	Zweck und Ziel der Diplomarbeit.....	16
5.4	Lösungsvorschläge.....	16
5.5	Aufgabenabgrenzung	16
5.6	Termine	17
6	Planen und Klären	18
6.1	Projektplan	18
6.2	Kernprobleme	19
6.3	Infosammlung	20
6.3.1	Befestigung der Podesterweiterung	20
6.3.2	Masse der schwenkenden Podesterweiterung.....	20
7	Konzipieren.....	21
7.1	Funktionsstruktur	21
7.2	Beschreibung der Gesamtfunktion.....	22

7.2.1	Input	22
7.2.2	Output.....	22
7.2.3	Wirkungen von aussen	22
7.2.4	Wirkungen nach aussen	22
7.3	Grobkonzept.....	23
7.3.1	Schwenkvorrichtung mit einem elektrischen Motor	23
7.3.2	Schwenkvorrichtung mit Antrieb des Hallenkran	24
7.4	Auflistung der Teilfunktionen.....	25
7.5	Morphologischer Kasten	26
7.6	Bewertung der Teilfunktionen	28
7.7	Bewertung der Lösungsvarianten	30
7.8	Risikobewertung	30
8	Dimensionieren der Bauteile	31
8.1	Grundgerüst Aluminium-Konstruktion	31
8.2	Dimensionierung der benötigten Kraft für den Mechanismus	32
8.2.1	Gewichtskraft.....	32
8.2.2	Lagerung der Podesterweiterung.....	33
8.2.3	Berechnung der schwenkbaren Jochstütze	35
8.2.4	Berechnung der Stützplatte	36
8.2.5	Absturzsicherung	36
8.2.6	Absturzsicherung Schweissnaht Berechnung	38
8.3	Dimensionierung der Schrauben.....	39
8.3.1	Gesamtgewicht.....	39
8.3.2	Vordimensionierung Schrauben.....	40
9	Protokolle der Fertigung.....	41
9.1	Grobplanung.....	41
9.2	Ausmass Gegebenheiten von KW 35	42
9.3	Fertigung der Podesterweiterung.....	42
9.3.1	Aluminium-Rechteckrohrkonstruktion	42
9.3.2	Anschluss UPN-Träger	43

9.3.3	Fertigung der kleinen Bauteile	43
10	Finanzierung	45
10.1	Materialkosten	45
10.2	Kosten Arbeitsstunden Fertigung.....	46
10.3	Gesamtkosten	47
10.4	Amortisation.....	48
10.4.1	Gesundheit.....	48
11	Schwachstellen/ Nachkonstruktion.....	49
12	Bewertung der Lösung	49
12.1	Persönliche Reflexion	51
12.2	Danksagung	51
13	Gesprächsprotokoll-Morphologischer Kasten	51
13.1	Bewertung der Teilfunktionen:	51
13.2	Punkteverteilung.....	52
14	Arbeitsjournal	54
15	Literaturverzeichnis	55
16	Abbildungsverzeichnis.....	55
17	Tabellenverzeichnis.....	56
18	Selbständigkeitserklärung	57
19	Anhang.....	58
19.1	Fertigungspläne.....	58
19.1.1	Bodenblech	58
19.1.2	Grundgerüst	59
19.1.3	Geländer.....	60
19.1.4	Geländer Halterung	62
19.1.5	UNP-Träger	63
19.1.6	Jochstütze	64
19.1.7	Jochstützen Halterung	65
19.1.8	Drehpunkt.....	66
19.1.9	Gesamt Übersicht.....	67

19.2	Kosten/ Stückliste	68
19.2.1	Lieferschein Stocker Stahl AG	68

5 Pflichtenheft

5.1 Einleitung

Viele KMU-Betriebe haben das Problem, dass ihnen mit der Zeit der Platz ausgeht. Um dieses Problem zu beheben, wird für Franz Vogel AG und dessen Gegebenheiten eine Podesterweiterung entwickelt. Dies dient hauptsächlich zur Erleichterung für das Bestücken des bestehenden Lagers, aber auch als kurzzeitiges Materialdepot. Da die Podesterweiterung nicht viel Platz im Raum in Anspruch nimmt, wird die Vorrichtung von der senkrechten Lage in die horizontale Lage schwenkbar sein (vgl. Abb. 2).

5.2 Anforderungsliste / Pflichtenheft

Anforderung	F	M	Verantwortlich (Quelle)
Geometrie			
Vorrichtung sollte die Dimensionen von 1800mm x 3000mm x 120 nicht überschreiten.		X	
Keine hervorstehenden Schrauben auf der Lagerfläche	X		
Die Podesterweiterung muss auf die Höhe des bestehenden Podests abgestimmt sein.	X		
Kinematik			
Die Vorrichtung sollte in weniger als zwei Minuten von einer horizontalen in eine vertikale Position geschwenkt werden und in derselben Zeit wieder zurück.		X	
Kräfte			
Die Podesterweiterung soll maximal 200kg wiegen.	x		
Das Abstellen von Material soll bis zu 1 Tonne gewährleistet sein.		x	
Energie			
Die Energie für das Auf- & Abschwenken soll von einer üblichen, im Haushalt verfügbaren Steckdose bereitgestellt werden.		X	
Sicherheit			
Die Podesterweiterung darf nicht ohne fremde Einwirkung die Lage ändern.	X		

Keine scharfen Kanten	X		
Absturzsicherung laut SUVA- Reglement ⁵	X		
Ergonomie			
Zeitgemässe Formgestaltung (Design)		X	
Kippwinkel in der senkrechten Position, manuell einstellbar		X	
Montage			
Durch erfahrene Handwerker	X		
Bestehende Montageeinrichtung berücksichtigen.	X		
Einfache Montage der Baugruppen		x	
Stoffe			
Aluminium für alle Teile mit Eigenfertigung	X		
Diverse Lager dürfen nicht verzinkt sein.	X		
Fertigung			
Interne Fertigung von allen Bauteilen	X		
Transport			
Normteile über Versand von den jeweiligen Lieferanten geliefert		X	
Gebrauch			
Produktionsbetrieb bei der Firma Franz Vogel AG, Malters	X		
Auslegungen auf unbegrenzte Lebensdauer	X		

⁵ (suva, 2021)

Anforderung	F	M	Verantwortlich (Quelle)
Instandhaltung			
Jährliche Servicekontrolle durch eine Fachkraft	X		
Recycling			
Herkömmliche Alteisenentsorgung möglich (Altmetallsammlung)		X	
Termin			
Abgabe 11.10.2021	X		

<p>F = Festforderung:</p> <p>(Muss unbedingt erfüllt werden, andernfalls ist das Produkt für die gestellte Aufgabe untauglich.)</p>	<p>M = Mindestforderung:</p> <p>(Dürfen nach der günstigen Seite hin unterschritten oder überschritten werden.)</p>
---	---

Tabelle 2: Pflichtenheft

5.3 Zweck und Ziel der Diplomarbeit

Das Pflichtenheft (vgl. Tabelle 2) dient als Grundlage und Raster für die Bewertung und Evaluation der einzelnen Komponenten, der Schwenkvorrichtung, Kostenüberwachung und als Grundlage für die rechnerischen Nachweise.

5.4 Lösungsvorschläge

- Die Podesterweiterung wird mit Hilfe einer vom Motor betriebenen Seilwinde hinunter und hinauf geschwenkt.
- Die Podesterweiterung wird direkt an der Schwenkachse mit Hilfe eines elektrischen Motors geschwenkt.
- Die Podesterweiterung wird mit Hilfe des zur Verfügung stehenden Hallenkrans in die gewünschte Position geschwenkt.
- Die Podesterweiterung wird mit Hilfe der Personenkraft in die gewünschte Position gehoben.
- Die Podesterweiterung wird mit Hilfe einer Seilwinde, die von Hand betrieben ist, hinunter und hinauf geschwenkt.
- Die Podesterweiterung wird mit Hilfe eines von Hand betriebenen Kettenzuges hinunter und hinauf geschwenkt.
- Die Podesterweiterung wird mit Hilfe eines elektrisch betriebenen Kettenzuges hinunter und hinauf geschwenkt.

5.5 Aufgabenabgrenzung

Die Podesterweiterung wird für ein bereits bestehendes Podest entwickelt (vgl. Abb. 2), auf die Nutzung von anderen Gegebenheiten wird nicht eingegangen. Der Hauptfokus dieser Arbeit wird auf die Konstruktion und Fertigung ausgelegt. Zur Sicherheit werden für den Schwenkmechanismus in groben Zyklen Berechnungen (vgl. Anhang Kapitel 7.2.1 bis 7.3.2) gemacht. Die manuelle Steuerung der Schwenkvorrichtung sowie die Endmontage, ist Teil der Arbeit. Bei der Konstruktion wie auch der Endmontage, wird stets die nach der Unfallvermeidung des Reglements der SUVA gearbeitet⁶. Auch wird darauf hingewiesen, dass die Befestigung der Schwenkvorrichtung für die Gegebenheiten der Firma ausgelegt wird.

⁶ (suva, 2021)

5.6 Termine

- Projektstart: 16.08.2021
- 1. Meilenstein Planen & Klären: 29.08.2021
- 2. Meilenstein Konzipieren: 05.09.2021
- 3. Meilenstein Berechnen: 19.09.2021
- 4. Meilenstein Entwerfen: 26.09.2021
- 5. Meilenstein Fertigung/ Endmontage: 03.10.2021
- Abgabe Projekt: 11.10.2021

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

6.2 Kernprobleme

Um mehr Platz zur Verfügung zu haben ohne dass die Fläche am Boden verkleinert wird, muss in den meisten Fällen im Raum selber eine Fläche geschaffen werden. Dies ist das Kernproblem der Arbeit. Deshalb konstruiere ich mit meinen erlernten und neuen Kenntnissen eine sogenannte Podesterweiterung, die individuell nach den Gegebenheiten von Franz Vogel AG konstruiert und ausgelegt wird. Da bei Franz Vogel AG die Platzverhältnisse für eine feste Vorrichtung nicht gegeben sind (vgl. Abb. 3), war es von Anfang an klar,

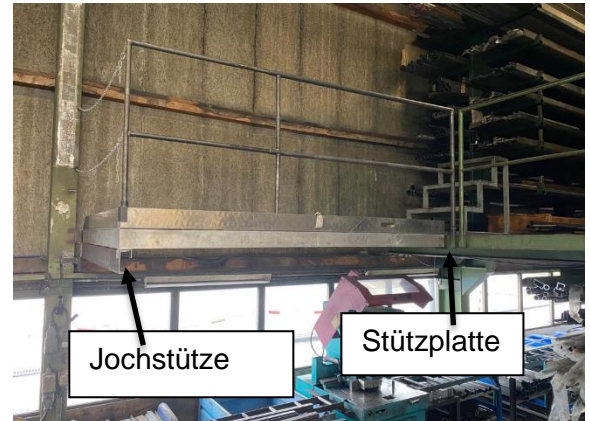


Abbildung 3 Kernproblem

dass die Podesterweiterung schwenkbar sein muss. Somit kann die Erweiterung horizontal, aber auch vertikal verschoben werden. Dadurch dass in diesem Bereich, wo die Podesterweiterung geplant wäre, Platzmangel herrscht, wurde ein weiteres Problem festgestellt. Es können keine fest verankerten Stützen auf Druckspannung montiert werden. Deshalb wird an einer Seite eine schwenkbare Jochstütze an den gegebenen IPE-Träger befestigt (vgl. Abb. 3). Weiter wird die andere Seite mit Hilfe einer erweiterten Stützplatte auf dem bisher gegebenen Podest abgestützt (vgl. Abb.3). Zum Schluss wird die ganze Vorrichtung mithilfe von steckbaren Geländern (laut SUVA- Richtlinien⁷) auf Herz und Nieren geprüft.

⁷ (suva, 2021)

6.3 Infosammlung

6.3.1 Befestigung der Podesterweiterung

Für die Montage der Vorrichtung wird ein zusätzlicher UNP-Träger zwischen den beiden IPE-Trägern, der Hallenkonstruktion und dem bereits vorhandenen Podest benötigt. Dieser UNP-Träger wird vor Ort an die Gegebenheiten angepasst und mit Hilfe des Schweißverfahrens Metall aktiv Gasschweißen (MAG) angebracht (vgl. Abb. 4).

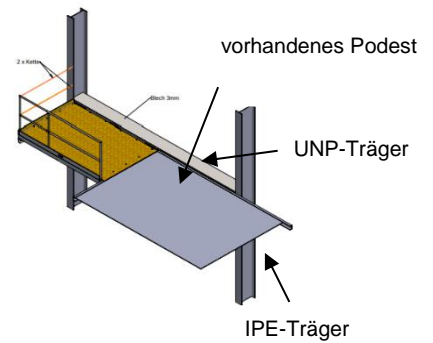


Abbildung 4 Podesterweiterung

Zudem müssen Geländer zum Verhindern des Herunterfallens nach dem SUVA-Reglement⁸ konstruiert und gefertigt werden.

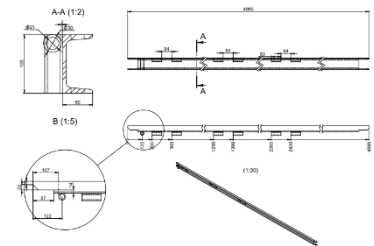


Abbildung 5 UNP-Träger

6.3.2 Masse der schwenkenden Podesterweiterung

Die Podesterweiterung wurde passend für Franz Vogel AG ausgemessen und anschliessend konstruiert. Die Schwenkvorrichtung wird aus einer Aluminium-Rechteckrohrkonstruktion gefertigt. Diese Konstruktion hat dein Mass von 2400mm x 1670mm x 100mm (vgl. Abb. 6)

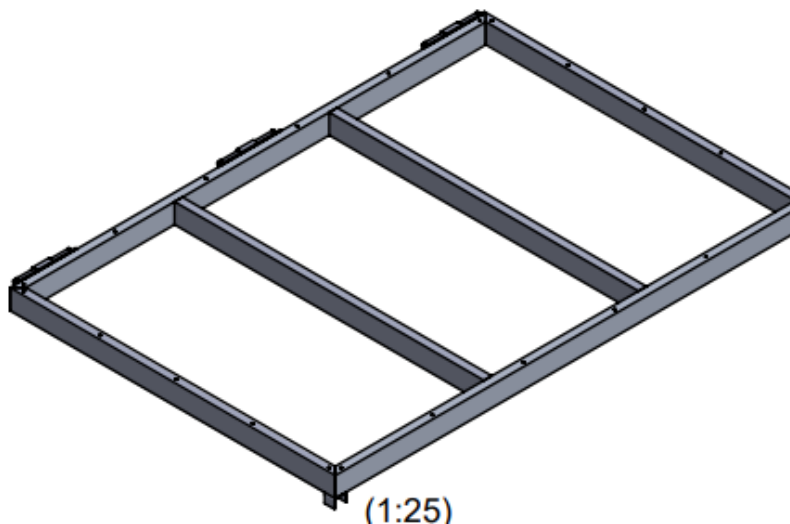


Abbildung 6 Grundgerüst

⁸ (suva, 2021)

7 Konzipieren

7.1 Funktionsstruktur

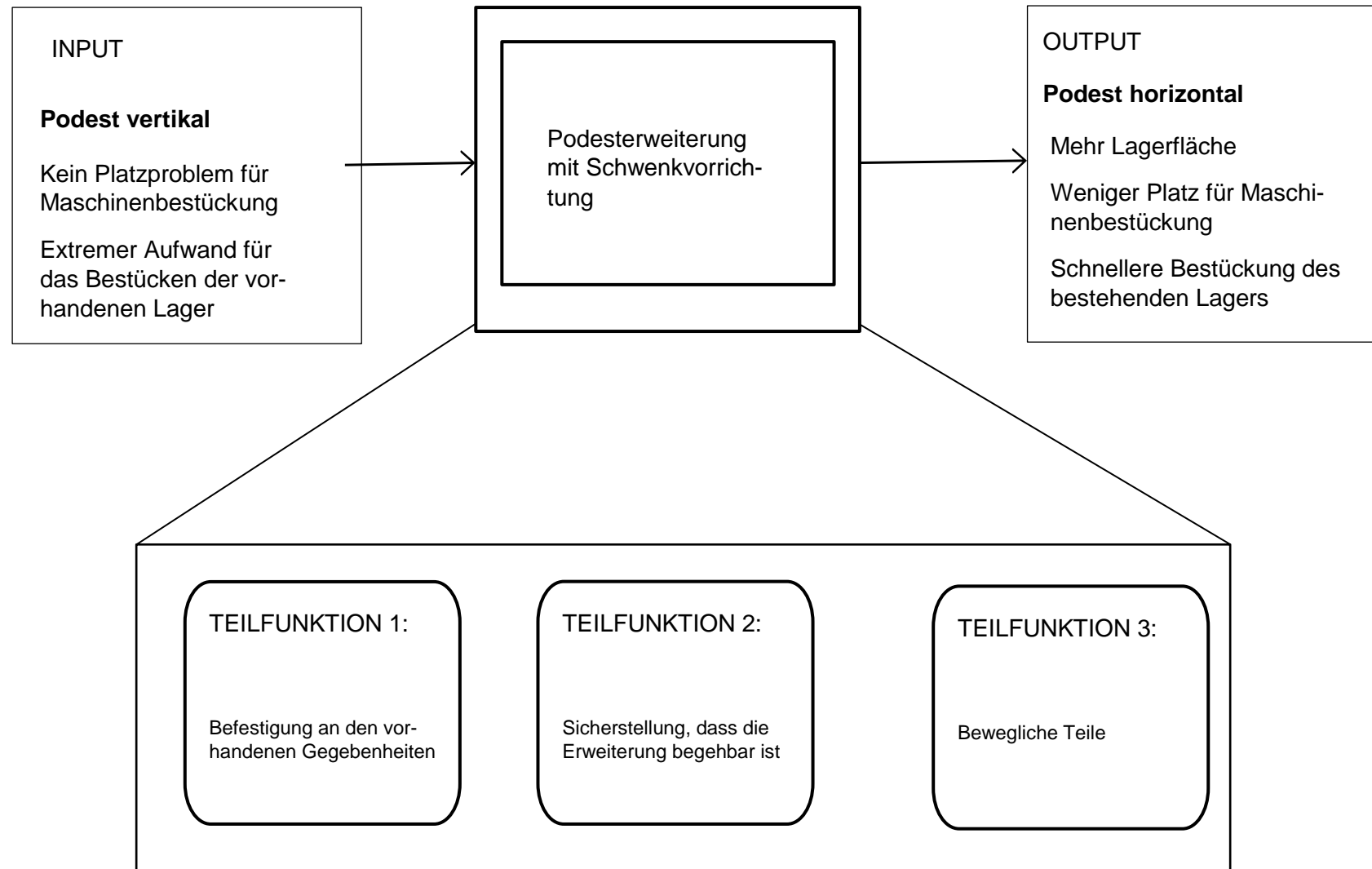


Abbildung 7 Funktionsstruktur

7.2 Beschreibung der Gesamtfunktion

Die Podesterweiterung mit Schwenkvorrichtung schwenkt die Aluminiumkonstruktion von der vertikalen in die horizontale Lage und wieder zurück.

7.2.1 Input

- Kein Platzproblem für das Bestücken der Kaltenbach-Kreissäge
- Extremer Aufwand zum Bestücken des bereits bestehenden Lagers
- Viel Zeitaufwand für 2 Personen

7.2.2 Output

- Mehr Lagerfläche zur Verfügung
- Weniger Platz für das Bestücken der Kaltenbach-Kreissäge
- Schnelleres Bestücken des bestehenden Lagers
- Geringerer Zeitaufwand und nur 1 Person benötigt

7.2.3 Wirkungen von aussen

- Vorbeigehende ArbeiterInnen sehen, je nach Lage der Podesterweiterung eine neue Gegebenheit
- Allfällige Beschädigungen bei der Montage
- Unzulässiges Gewicht welches auf der Vorrichtung gelagert wird

7.2.4 Wirkungen nach aussen

- Im ausgefahrenen Zustand befindet sich ein bis dahin ungewohnter Gegenstand frei im Raum.

7.3 Grobkonzept

7.3.1 Schwenkvorrichtung mit einem elektrischen Motor

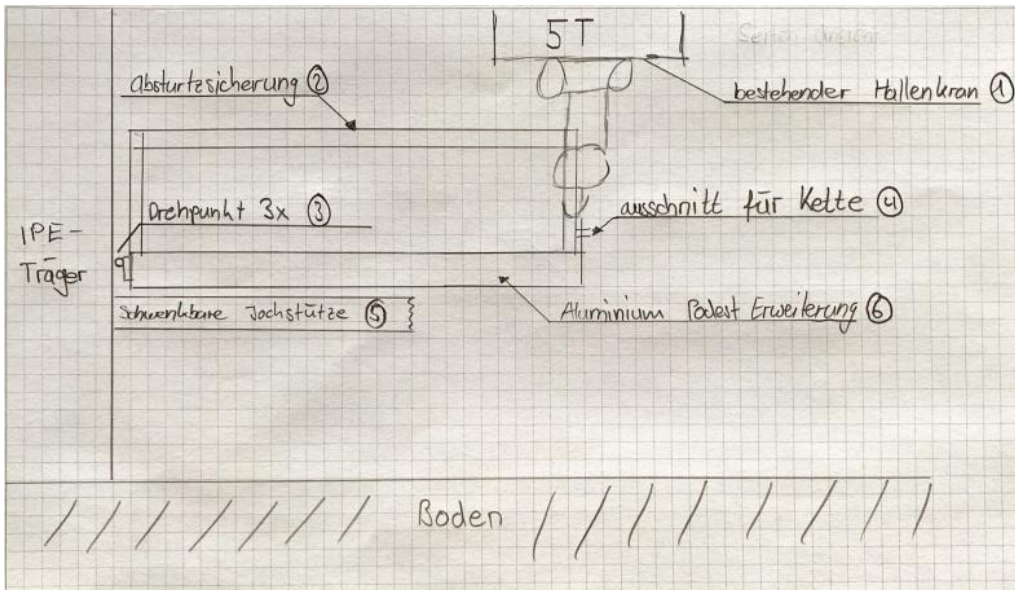


Abbildung 8 Seitenansicht

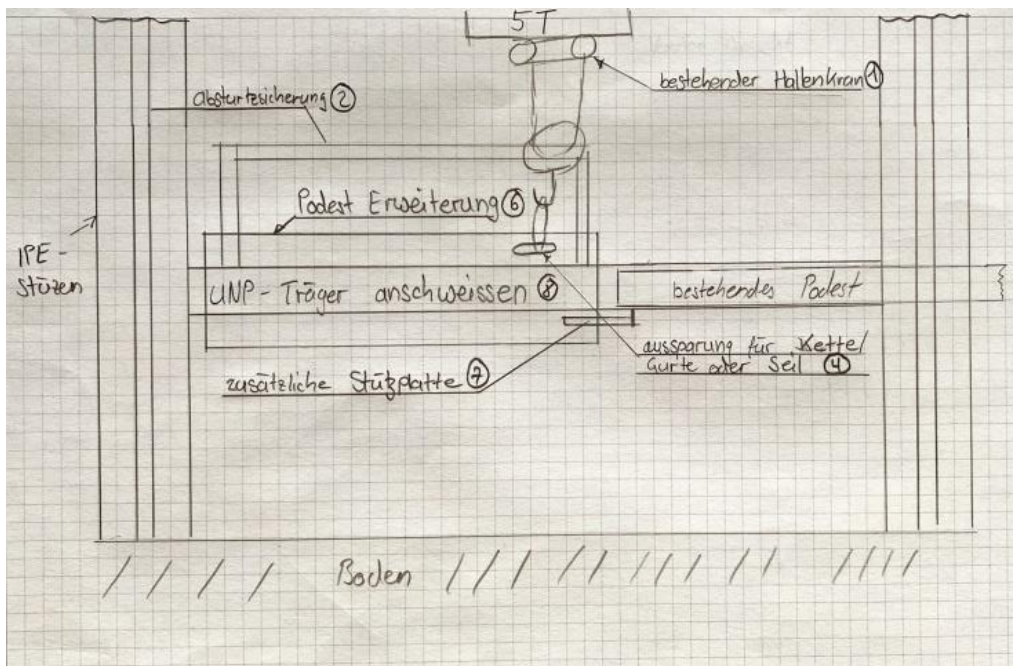


Abbildung 9 Vorderansicht

7.3.2 Schwenkvorrichtung mit Antrieb des Hallenkran

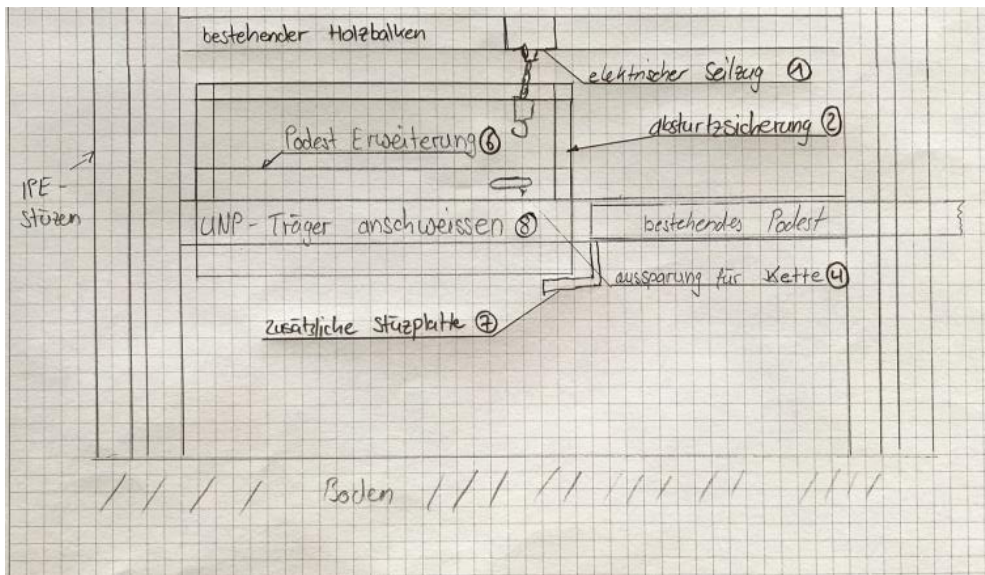


Abbildung 10 Vorderansicht

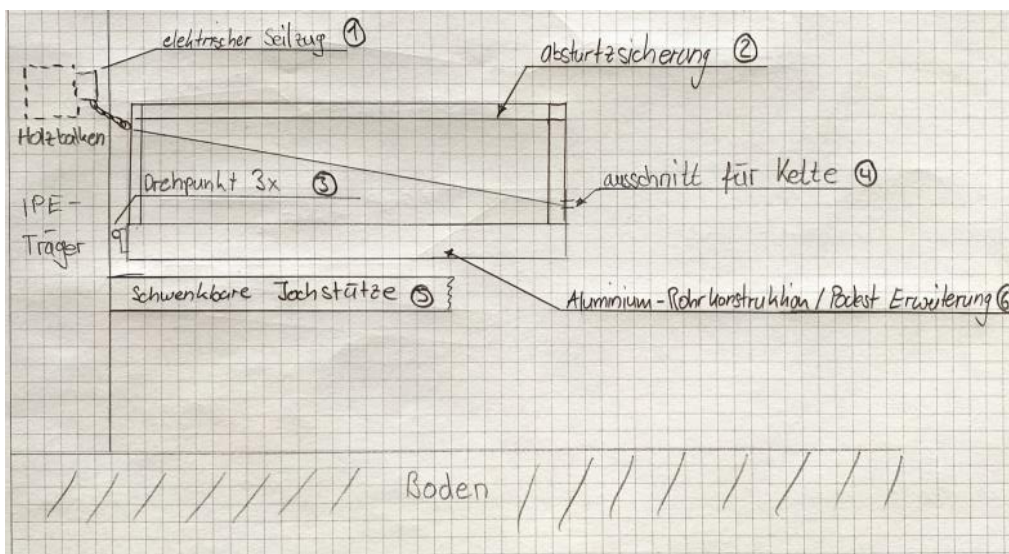





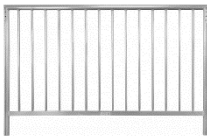



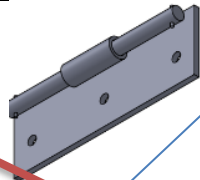

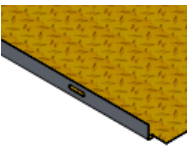

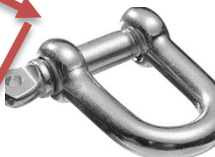
Abbildung 11 Seitenansicht

7.4 Auflistung der Teilfunktionen

Teilfunktion:	Bezeichnung:	Bemerkung:
1	Aufzug	Sicherstellung für das Auf- und Ablassen der Podesterweiterung
2	Absturzsicherung	Dient zur Verhinderung des Herunterfallens
3	Drehpunkte	Ist für den Schwenkmechanismus verantwortlich
4	Ausschnitt für die Aufzugsmöglichkeit	Ist für das Anbringen des Hackens nötig
5	Schwenkbare Jochstütze	Ermöglicht das Absetzen des Grundgerüsts in der horizontalen Lage (linke Seite)
6	Grundgerüst	Ist begehbare Fläche für die Mitarbeiter
7	Stützplatte	Ermöglicht das Absetzen des Grundgerüsts in der horizontalen Lage (rechte Seite)
8	Träger	Die komplette Podesterweiterung wird an diesem Bauteil angebracht.

Tabelle 4: Teilfunktionen

7.5 Morphologischer Kasten

Teilfunktion 1 Aufzug		
Elektrische Seilwinde	Kettenzug	Vorhandener Hallenkran
Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		
Teilfunktion 2 Absturzsicherung		
Staketengeländer	Rohrgeländer mit Knieleiste	Glasgeländer
Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		
Teilfunktion 3 Drehpunkte		
Lagerbock, schraubbar	Welle, Hülse Schweißen	Gelenk
Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		
Teilfunktion 4 Ausschnitt für Aufzugsmöglichkeit		
Blechausschnitt	Ringschraube	Schäkel
Variante 4.1	Variante 4.2	Variante 4.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		


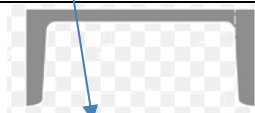
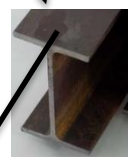



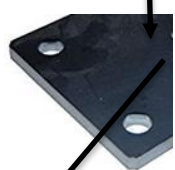
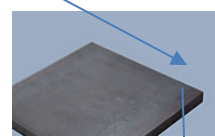



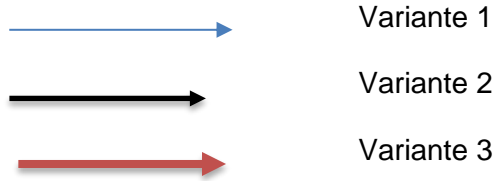
Teilfunktion 5 Schwenkbare Jochstütze		
Vierkantrohr	UNP-Träger	HEA-Träger
Variante 5.1	Variante 5.2	Variante 5.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		
Teilfunktion 6 Grundgerüst		
Aluminium	Stahl	Chromstahl
Variante 6.1	Variante 6.2	Variante 6.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		Grundgerüstkonzept bleibt gleich, Werkstoffwahl anders.
Teilfunktion 7 Stützplatte		
Stahlstütze fest montiert	Stahlplatte geschraubt	Stahlplatte angeschweisst
Variante 7.1	Variante 7.2	Variante 7.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4
		
Teilfunktion 8 Träger		
IPE Profil	Vierkantrohr Profil	UNP Profil
Variante 8.1	Variante 8.2	Variant 8.3
Pkt. Max. 4	Pkt. Max. 4	Pkt. Max 4
		

Tabelle 5 Morphologischer Kasten

Die Bilder der Tabelle (vgl. Tabelle 5) stammen von Google oder wurden selbst Konstruiert. (Google, 2021), (Michael)

7.6 Bewertung der Teilfunktionen



Teilfunktion 1		Bewertung der Varianten					
		V1.1		V1.2		V 1.3	
Aufzug	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Montage	4	1	4	1	4	4	16
Kosten	1	2	2	3	3	4	4
Stabilität	2	3	6	3	6	4	8
Summe			12		13		28

Teilfunktion 2		Bewertung der Varianten					
		V2.1		V2.2		V2.3	
Absturzsi- cherung	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Kosten	1	3	3	4	4	1	1
Sicherheit	4	4	16	4	16	4	16
Summe			19		20		17

Teilfunktion 3		Bewertung der Varianten					
		V3.1		V3.2		V3.3	
Drehpunkte	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Kosten	1	2	2	3	6	2	2
Langlebig- keit	3	3	9	3	9	2	6
Stabilität	4	4	16	4	16	3	12
Summe			27		31		20

Teilfunktion 4		Bewertung der Varianten					
		V4.1		V4.2		V4.3	
Ausschnitt für Aufzugsmöglichkeit	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Kosten	1	4	4	3	3	3	3
Stabilität	4	3	12	4	16	4	16
Einbau/ Fertigung	3	4	12	2	6	2	6
Summe			28		25		25

Teilfunktion 5		Bewertung der Varianten					
		V5.1		V5.2		V5.3	
Schwenkbare Jochstütze	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Kosten	1	4	4	3	3	2	2
Stabilität	4	3	12	4	16	4	16
Summe			16		19		18

Teilfunktion 6		Bewertung der Varianten					
		V6.1		V6.2		V6.3	
Grundgerüst	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Kosten	1	2	5	4	4	3	3
Stabilität	3	3	9	4	12	4	12
Gewicht	3	4	12	1	4	1	4
Summe			26		20		19

Teilfunktion 7		Bewertung der Varianten					
		V7.1		V7.2		V7.3	
Stützplatte	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Kosten	1	1	1	3	3	4	4
Stabilität	3	3	9	3	9	4	12
Platzbeanspruchung	4	1	4	4	16	4	16
Summe			14		28		32

Teilfunktion 8		Bewertung der Varianten					
		V8.1		V8.2		V8.3	
Träger	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Kosten	3	2	6	4	12	3	9
Stabilität	4	3	12	2	8	3	12
Summe			18		20		21

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 6 Bewertung der Teilfunktionen

7.7 Bewertung der Lösungsvarianten

Variante 1	Punktzahl	Variante 2	Punktzahl	Variante 3	Punktezahl
V1.3	28	V1.2	13	V1.2	12
V2.2	20	V2.2	18	V2.1	19
V3.2	31	V3.2	20	V3.1	27
V4.1	26	V4.2	25	V4.3	25
V5.2	19	V5.3	18	V5.1	16
V6.1	26	V6.2	20	V6.3	19
V7.3	32	V7.2	28	V7.1	14
V8.3	21	V8.1	18	V8.2	20
Summe	203	Summe	160	Summe	152

Tabelle 7 Bewertung der Lösungsvarianten

7.8 Risikobewertung

Alle Varianten wären umsetzbar, jedoch überzeugt die Lösungsvariante 1. Die Hauptfaktoren liegen einerseits darin, dass das Gesamtgewicht deutlich geringer ausfällt. Andererseits sind die erwarteten Kosten geringer und der Aufwand der Fertigung nimmt weniger Zeit in Anspruch. Somit spricht, wie der morphologische Kasten (vgl. Tabelle 5) aufzeigt, alles für die Variante 1.

8 Dimensionieren der Bauteile

Für diese Arbeit werden folgende Bauteile berechnet und/oder dimensioniert:

- Aluminiumkonstruktion (Gesamtfläche Podest)
- Lagerung für die Lageänderung des Podests
- Stütze zur Sicherstellung des Podests (Joch)
- Podest Bodenplatte auf Abscherung
- Absturzsicherung
- Dimensionierung Schrauben

8.1 Grundgerüst Aluminium-Konstruktion

Das Grundgerüst soll aus 100mm x 40mm x 4mm Rechteck-Profilen entstehen. Da die Belastungen im Verhältnis eher gering ausfallen und das Gewicht der gesamten Einheit nicht zu gross werden soll, ist die Materialauswahl auf Aluminium gefallen. Aufgrund der Krafteinwirkung wird die Berechnung auf die maximal zulässige Gewichtskraft ausgerechnet und mit dessen Kräften die weiteren Komponenten berechnet (vgl. Kapitel 7.2.1). Die Dimensionen der Vorrichtung wurden aus den Gegebenheiten herausgemessen und entsprechen 2400mm x 1670mm x 100mm (vgl. Abb. 12).

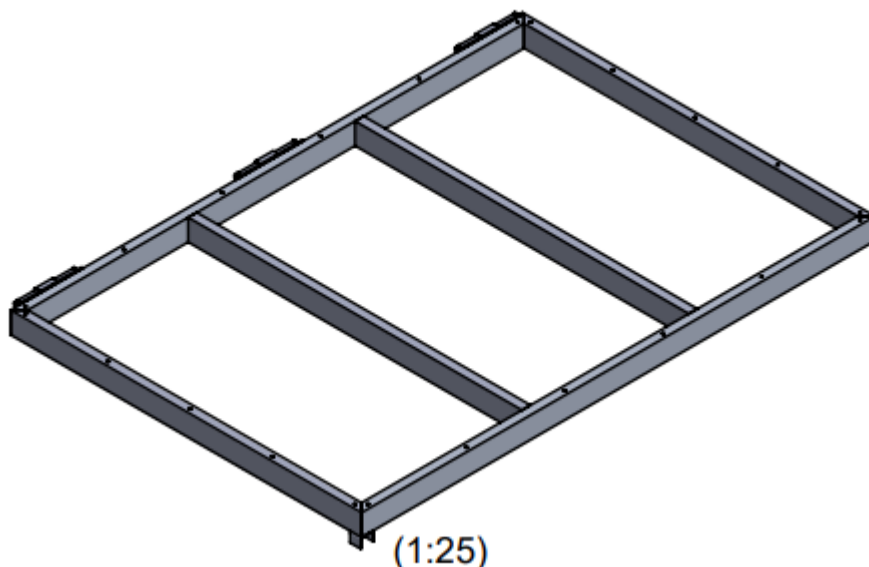


Abbildung 12 Grundgerüst

8.2 Dimensionierung der benötigten Kraft für den Mechanismus

8.2.1 Gewichtskraft

Um die während des Schwenkens entstehenden Kräfte berechnen zu können, muss zuerst die Gewichtskraft der zu schwenkenden Elemente berechnet werden.

Einerseits die Gewichtskraft der Aluminium-Konstruktion und andererseits die Gewichtskraft der Flächenplatte. In den folgenden Berechnungen wurde die Reibkraft der Achse, welche verbaut wurde, nicht einbezogen. Um dies zu kompensieren wird das Gesamtgewicht der schwenkbaren Elemente von insgesamt 109 kg auf 120 kg erhöht⁹.

Gewicht Aluminiumrohrkonstruktion: 1m à 2.86 kg, benötigt ca. 20m. Ergibt ca. 58 kg

Gewicht Bodenplatte: 1800mm x 2600mm x 4mm = 51 kg

Gesamtgewicht: ca. 109 kg wird aufgerundet auf 120 kg

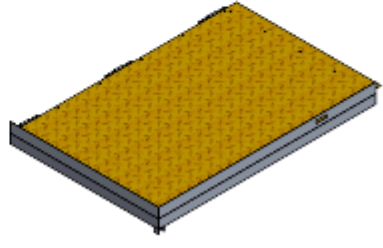
Gewichtskraft Rohrkonstruktion :	
Masse :	$m := 120 \text{ kg}$
Gewichtskraft :	$F_G := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot m = 1.177 \text{ kN}$
	

Abbildung 13 Gewichtskraft

Durch das ausgewählte Material Aluminium ist das gesamte Grundgerüst leichter als wenn man den Werkstoff Stahl gewählt hätte. Dank dieser Werkstoffauswahl ist die Masse von 120 kg kein Problem für den zur Verfügung gestellten Hallenkran. Die Hublast ist auf 5 Tonnen ausgelegt. Deswegen werden keine weiteren Berechnungen benötigt.

⁹ (rff, 2021)

8.2.2 Lagerung der Podesterweiterung

Die Lagerung für den Schwenkmechanismus wird mit Hilfe von 3 Drehpunkten gefertigt. Jeder dieser Drehpunkte besteht aus einer Büchse, einer Welle und einer Stahlplatte (vgl. Abb. 14). Weiter wird diese Schweisskonstruktion mit jeweils 3 Schrauben an das Grundgerüst (vgl. Abb. 12) geschraubt.

Folgend wird die Welle auf Abscherung und die Hülse auf Zugbeanspruchung berechnet.

Abschärung der Welle	
Masse :	$m := 1500 \text{ kg}$
Gewichtskraft :	$F_G := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot m = 14.715 \text{ kN}$
Durchmesser Welle :	$d := 20 \text{ mm}$
Streckgrenze :	$R_m := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Sicherheit :	$v := 2$
Fläche :	$A := \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 314.159 \text{ mm}^2$
Scherspannung :	$\tau_a := \frac{F_G}{2 \cdot A} = 23.42 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Zul. Scherspannung :	$\tau_{azul} := \frac{R_m}{v} = 117.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Erforderlicher Durchmesser :	$d_{Kerf} := \sqrt{\frac{F_G \cdot 4}{\tau_{azul} \cdot \pi}} = 12.627 \text{ mm}$
Vorhandene Sicherheit :	$v_{vor} := \frac{R_m}{\tau_a} = 10.034$

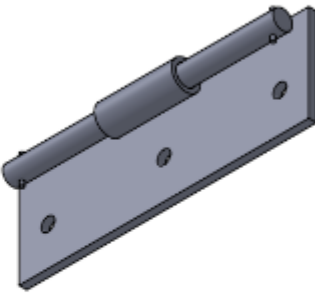


Abbildung 14 Abschärung Welle

Wie die Abbildung 14 zeigt, wird bei einer Gewichtsmasse von 1.5 Tonnen und dem Sicherheitsfaktor von 2, ein Wellendurchmesser von 13 mm benötigt. In dieser Konstruktion wird eine 20 mm Welle verbaut, welche die statischen Belastungen aufnehmen kann.

Folglich ist die Lagerhülse auf Zugbeanspruchung berechnet (vgl. Abb. 15), damit die statischen Anforderungen sichergestellt sind.

Zugbeanspruchung Hülse	
Masse :	$m := 1500 \text{ kg}$
Gewichtskraft :	$F_G := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot m = 14.715 \text{ kN}$
Innen Durchmesser Hülse :	$d := 21 \text{ mm}$
Aussen Durchmesser Hülse :	$D := 30 \text{ mm}$
Länge :	$l := 80 \text{ mm}$
Fläche :	$A := (D - d) \cdot l = 720 \text{ mm}^2$
Streckgrenze :	$R_e := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Sicherheit :	$v := 2$
Zulässige Zugspannung :	$\sigma_{zul} := \frac{R_e}{v} = 117.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Zugspannung :	$\sigma_z := \frac{F_G}{A} = 20.438 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Erforderliche Fläche :	$A_{erf} := \frac{F_G}{\sigma_{zul}} = 125.234 \text{ mm}^2$
Vorhandene Sicherheit :	$v_{vor} := \frac{R_e}{\sigma_z} = 11.498$

Abbildung 15 Zugbeanspruchung Hülse

8.2.3 Berechnung der schwenkbaren Jochstütze

Durch die Jochstütze auf der linken Seite wird die Aluminium-Rechteckrohrkonstruktion abgestützt. Da die Jochstütze schwenkbar ist, wird die gesamte Last auf den Schwenkmechanismus zurückfallen und somit den UNP-Träger vernachlässigen. Durch den langen Hebelarm kann man kontinuierlich mehr Gewicht, je näher man am Drehpunkt ist, absetzen. Die Berechnungen sind auf den äussersten Punkt des Hebelarms ausgelegt (vgl. Abb. 16).

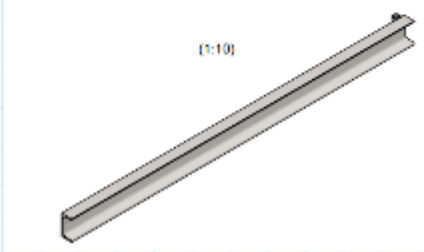
Kraft senkrecht auf Joch	$F_1 := 4.4 \text{ kN}$	
Länge Joch zu Drehpunkt	$L_1 := 1670 \text{ mm}$	
Länge Drehpunkt	$L_2 := 100 \text{ mm}$	
drehmoment :	$M := F_1 \cdot L_1 = 7348 \text{ N} \cdot \text{m}$	
	$F_2 := \frac{M}{L_2} = 73.48 \text{ kN}$	
Durchmesser Welle :	$d := 20 \text{ mm}$	
Streckgrenze :	$R_m := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Sicherheit :	$v := 1$	
Fläche :	$A := \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 314.159 \text{ mm}^2$	
Scherspannung :	$\tau_a := \frac{F_2}{2 \cdot A} = 116.947 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Zul. Scherspannung :	$\tau_{azul} := \frac{R_m}{v} = 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Erforderlicher Durchmesser :	$d_{Kerf} := \sqrt{\frac{F_2 \cdot 4}{\tau_{azul} \cdot \pi}} = 19.953 \text{ mm}$	

Abbildung 16 Berechnung Joch

Wie die Abbildung 16 zeigt, kann man am äussersten Punkt mit 440 Kilogramm wirken.

8.2.4 Berechnung der Stützplatte

Durch die Stützplatte auf der rechten Seite wird die Aluminium-Rechteckrohrkonstruktion abgestützt. Da diese Stützplatte fest ist, wird die gesamte Last auf die Platte zurückfallen. Deshalb wird folglich die Platte auf Durchbiegung berechnet.

Durchbiegung Platte :	
$L := 90 \text{ mm}$	
$b := 12 \text{ mm}$	
$h := 200 \text{ mm}$	
$F := 4.4 \text{ kN}$	
Sicherheit	$v := 2$
Biegemoment	$M_b := F \cdot L = 396 \text{ N} \cdot \text{m}$
Axiales widerstandsmoment	$W_y := \frac{h \cdot b^2}{6}$
Biegespannung :	$\sigma_b := \frac{M_b}{W_y} = 82.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Biegeflussgrenze :	$\sigma_{bF} := 168 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Zul. Biegespannung :	$\sigma_{bzul} := \frac{\sigma_{bF}}{v} = 84 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Abbildung 17 Durchbiegung Platte

Wie aus den Berechnungen (vgl. Abb.17) entnommen werden kann, hält die Stützplatte die statischen Anforderungen. Die zulässige Biegespannung ist grösser als die Biegespannung der Platte und somit hält die Platte.

8.2.5 Absturzsicherung

Laut SUVA-Reglement¹⁰ muss das Geländer eine 80 kg schwere Person halten. Das Geländer hat keine Schraubverbindungen, sondern ein Stecksystem mit einer Hülse. Aufgrund dessen wird folglich die Kraft, welche in der Hülse wirkt (inklusive Hebelarm), berechnet.

¹⁰ (suva, 2021)

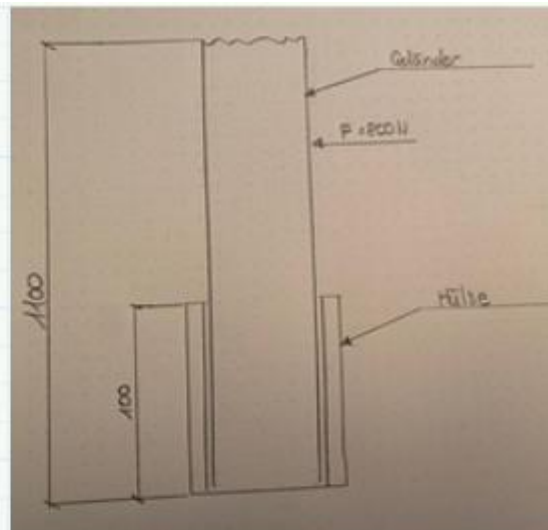
Kraft vom Hanlauf auf die Hülse :

$$F_1 := 800 \text{ N}$$

$$l_1 := 1100 \text{ mm}$$

$$l_2 := 100 \text{ mm}$$

$$F := \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = 8800 \text{ N}$$



Zugbeanspruchung Hülse

Masse : $m := 900 \text{ kg}$

Gewichtskraft : $F_G := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot m = 8.829 \text{ kN}$

Innen Durchmesser Hülse : $d := 21 \text{ mm}$

Aussen Durchmesser Hülse : $D := 30 \text{ mm}$

Länge : $l := 100 \text{ mm}$

Fläche : $A := (D - d) \cdot l = 900 \text{ mm}^2$

Streckgrenze : $R_e := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Sicherheit : $v := 2$

Zulässige Zugspannung : $\sigma_{zul} := \frac{R_e}{v} = 117.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Zugspannung : $\sigma_z := \frac{F_G}{A} = 9.81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

Erforderliche Fläche : $A_{erf} := \frac{F_G}{\sigma_{zul}} = 75.14 \text{ mm}^2$

Vorhandene Sicherheit : $v_{vor} := \frac{R_e}{\sigma_z} = 23.955$

Abbildung 18 Berchnung Hülse

8.2.6 Absturzsicherung Schweissnaht Berechnung

Weiter wird die benötigte Schweissnaht berechnet, da keine Schraubverbindungen, sondern nur ein Schweissverfahren möglich war. Die Schweissnahtlänge wie auch die Schweissnahtdicke ist je nach Bauteil unterschiedlich ausgefallen. Diese Schweissnahtberechnung wurde gezielt gewählt, da sie mit 100mm die kleinste war. Wie die folgende Berechnung zeigt, liegt die vorhandene Sicherheit beim 15,106-fachen. Somit sind alle Schweissnähte, welche länger ausfallen können, sicher. Die maximale Belastung der Konstruktion beträgt 440 kg. Aufgrund dessen wurden keine weiteren Schweissnahtberechnungen vorgenommen.

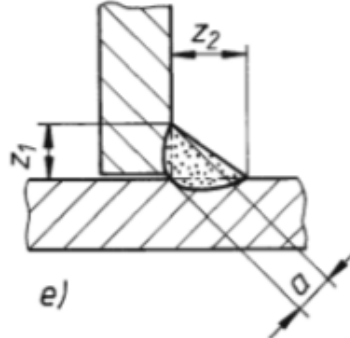
Schweissbreite :	$z_1 := 8 \text{ mm}$	
Schweissnahtlänge :	$l := 100 \text{ mm}$	
Krafteinwirkung :	$F := 8.8 \text{ kN}$	
Diagonale a :	$a := 0.5 \cdot \sqrt{2} \cdot z_1 = 5.657 \text{ mm}$	
Spannung in der Schweissnaht :	$\sigma_z := \frac{F}{a \cdot l + a \cdot l} = 7.778 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Streckgrenze :	$R_e := 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Sicherheit :	$v := 2$	
Zulässige Schweissspannung:	$\sigma_{zul} := \frac{R_e}{v} = 117.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
Vorhandene Sicherheit :	$v_{vor} := \frac{\sigma_{zul}}{\sigma_z} = 15.106$	

Abbildung 19 Schweissnaht Berechnung

Wie die Berechnung (Abb. 19) zeigt, ist die vorhandene Sicherheit 15,106-mal höher, obwohl bereits am Anfang der Sicherheitsfaktor 2 gewählt wurde. Somit sind alle statisch belasteten Schweissnähte in der Theorie geprüft. Für die exakten Festigkeitswerte der Schweissnähte müsste man einen Schweissfachmann aufbieten. Dieser würde die Schweissnaht röntgen und auf diverse Risse prüfen. Die Schweissnormen sind bislang noch nicht Pflicht, jedoch für grosse Projekte von Vorteil.

8.3 Dimensionierung der Schrauben

8.3.1 Gesamtgewicht

Das Gewicht der einzelnen Bauteile wurde mit Hilfe des CAD-Programms von SolidWorks berechnet. In der Tabelle (vgl. Tabelle 8) sind nur die gewichtsrelevanten Bauteile aufgelistet. Gewichtsarme Bauteile werden pauschal mit 2.3 kg gerechnet. Das Gewicht der Personen wird geschätzt.

Bauteil	Gewicht
Grundgerüst	54 kg
Bodenblech Warzen	51 kg
Stahlplatte für Schwenk Mechanismus	5.6 kg
Wellen D 20 mm	2.1 kg
Hülse	0.7 kg
Personen	200 kg
Sonstiges	2.3 kg
Total:	315.7 kg

Tabelle 8: Gesamtgewicht der Konstruktion

Das Gesamtgewicht wird nachfolgend auf 320 Kg aufgerundet, um sich bei allfälligen Abweichungen geschätzter Bauteile abzusichern.

8.3.2 Vordimensionierung Schrauben

Wie bereits in der Tabelle (vgl. Tabelle 8) ersichtlich, sind alle Gewichte mit genügend Sicherheitsfaktor vorhanden.

Vordimensionierung Schrauben: +

Masse : $m := 320 \text{ kg}$

Gewichtskraft : $F_G := 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot m = 3.139 \text{ kN}$

Abbildung 20 Vordimensionierung Schraube

TB 8-13 Richtwerte zur Vorwahl der Schrauben

Festigkeitsklasse	stat. axial dyn. axial quer	Nenn Durchmesser in mm für Schaftschrauben bei Kraft je Schraube ¹⁾ <i>F_B bzw. F_Q in kN bis</i>												
		1,6	2,5	4	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250	
		1	1,6	2,5	4,0	6,3	10	16	25	40	63	100	160	250
		0,32	0,5	0,8	1,25	2	3,15	5	8	12,5	20	31,5	50	
4.6		6	8	10	12	16	20	24	27	33	—	—	—	
4.8, 5.6		5	6	8	10	12	16	20	24	30	—	—	—	
5.8, 6.8		4	5	6	8	10	12	14	18	22	27	—	—	
8.8		4	5	6	8	8	10	14	16	20	24	30	—	
10.9		—	4	5	6	8	10	12	14	16	20	27	30	
12.9		—	4	5	5	8	8	10	12	16	20	24	30	

¹⁾ Für Dehnschrauben, bei exzentrisch angreifender Betriebskraft *F_B* oder bei sehr großen Anziehungsfaktoren sind die Durchmesser der nächsthöheren Laststufe zu wählen, bei sehr kleinen Anziehungsfaktoren die der nächstkleineren.

Tabelle 9: Schrauben

Anhand der berechneten Gewichtskraft von 3.2 kN (vgl. Abb. 20), werden die Schrauben mit der Tabelle 9 aus dem Skript von Markus Fürholz vordimensioniert¹¹. Für die Vordimensionierung wurde die Spalte mit Kräften bis zu 6 kN dynamisch axialer Belastung gewählt. Durch das Schwenken entsteht eine minimale dynamische Kraft, welche bei der Auswahl der Schraube berücksichtigt wurde. Bei diesen geringen Belastungen wäre theoretisch nur eine Schraube pro Drehpunkt für das Befestigen nötig. Dennoch werden aus Stabilitäts- und Sicherheitsgründen 3 Schrauben verbaut. Da bei diesen Kräften in Kombination mit 3 Schrauben die Berechnungen sinnlos wären, werden diese bei der Arbeit ausgelassen. Gewählt wurden drei Sechskantschrauben ISO 4017-M12 x 70 der Festigkeitsklasse 8.8 (vgl. Tabelle 9)¹². Für die Befestigung des Aluminium-Warzenblechs auf den Rohrrahmen werden keine Berechnungen gemacht, da die Schrauben sehr geringe Kräfte aushalten müssen. Gewählt wurden 22 Stk. Senkkopfschrauben mit Innensechskant ISO 10642- M6 x 16 mm¹³, die Franz Vogel AG an Lager hatte.

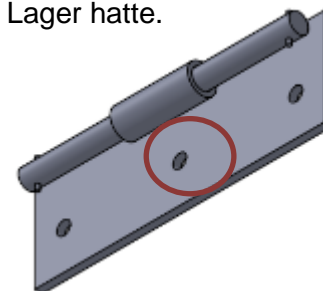


Abbildung 21 Drehpunkt

¹¹ (Fürholz, 2021)

¹² (Köhler, 2010, S. 194)

¹³ (Köhler, 2010, S. 198)

9 Protokolle der Fertigung

9.1 Grobplanung

01.09.2021 Grobkonzept für die Diplomarbeit der Podesterweiterung

Teilnehmer: Burri Michael und Bachmann Joe (Werkstattchef)

Besprechungspunkte:

- Höhe der Podesterweiterung (Niveau)
- Abmass der Vorrichtung
- Materialien
- Schwenkmechanismus, Lösungsvorschlag
- Halterung für die statischen Ansprüche
- Absturzsicherung

Lösungsvorschläge:

- Die Podesterweiterung wird auf die Nulllinie des bisherigen Podests aufgebaut (vgl. Abb. 19).
- Die Vorrichtung wird an die Gegebenheiten angepasst.
- Die Podesterweiterung wird mit Hilfe von Aluminium-Rechteckrohr 100x40x4mm hergestellt. Die weiteren Komponenten werden aus S235 Stahl gefertigt.
- Wir haben uns entschieden, dass wir 3 Drehpunkte mithilfe je eines Rundstahls und 2 Büchsen machen.
- Von vorne betrachtet auf der rechten Seite wird mit Hilfe zweier starken Platten, die vorgängig an die alte Lagerkonstruktion geschweisst wurden, die neue Aluminiumkonstruktion abgestellt. Auf der linken Seite wird die Konstruktion mithilfe eines schwenkbaren Jochs abgestützt. (vgl. Anhang Kapitel 18.1.6, 18.1.7 und 18.1.9)
- Die benötigte Absturzsicherung wird aus einer Stahl- Gasrohr-Konstruktion, die ausziehbar ist, gefertigt. Die linke Seite wird mit Hilfe zweier Ketten gesichert, welche man mit einem Karabiner auf und zu schliessen kann. (vgl. Kapitel Anhang 18.13, 18.1.4 und 18.1.9)

zu einem Rohrrahmen gefertigt wurden konnten. Nach dem Fertigstellen des Rohrahmens meinte der Werkstattchef (Joe Bachmann), dass man mehr Verstrebungsprofile einbauen sollte. Trotz der Veränderung am Rohrrahmen wurde am Konzept wie auch den Berechnungen nichts geändert. Bei den Berechnungen wurde ein genug grosser Sicherheitsfaktor gewählt, welcher diese Änderung gewährleistet. (vgl. Anhang Kapitel 18.1.2)

9.3.2 Anschluss UPN-Träger

Der Anschluss UNP-Träger (vgl. Anhang Kapitel 18.1.5) musste als erstes an die Gegebenheiten angepasst und danach wie in der Zeichnung (vgl. Anhang Kapitel 18.19) ersichtlich an die Träger geschweisst werden. Durch die Lieferung unseres Lieferanten wurde der Träger leicht gerundet und hatte eine Hyperbelform angenommen. Dies konnte ich dank des gut eingerichteten Betriebes gerade walzen (vgl. Abb. 24).



Abbildung 24 Walzmaschine

9.3.3 Fertigung der kleinen Bauteile

Die vielen kleinen Komponenten wurden wie in den konstruierten Zeichnungen (vgl. Anhang Kapitel 18.1.1 bis 18.1.9) gefertigt. Die Fertigung wurde mit Hilfe des Schutzgas-Verfahrens (MAG) zusammengeschweisst. Des Weiteren wurde bei der Fertigung jedes Bauteiles auf die Schutzmassnahmen geachtet. Bei gewissen Baukomponenten musste bei der Konstruktion auf das SUVA-Reglement geachtet werden¹⁵.

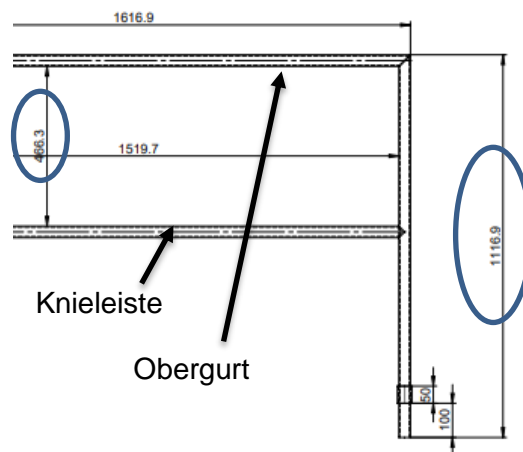


Abbildung 25 Geländer

Beispiele dazu sind die Zeich.Nr. 102440 (vgl. Anhang Kapitel 18.1.3) und 102441 (vgl. Anhang Kapitel 18.1.3). Bei den Geländern musste auf die Mindesthöhe geachtet werden. Der Obergurt-

¹⁵ (suva, 2021)

Handlauf (vgl. Abb. 25) darf laut Suva-Reglement¹⁶ nicht unter einem Meter sein und der Abstand zwischen der Knieleiste (vgl. Abb. 22) und dem Obergurt nicht mehr als 500 mm betragen.

Bei dem Bodenblech, welches aus Aluminiumwarzenblech besteht, mussten ebenfalls Suva-konforme Regelungen beachtet werden (vgl. Abb. 25, Anhang Kapitel 18.1.1). Dies wurde abgekantet und der Trittschutz weist eine Höhe von 110mm auf, da die Mindesthöhe laut Suva 100 mm beträgt¹⁷.

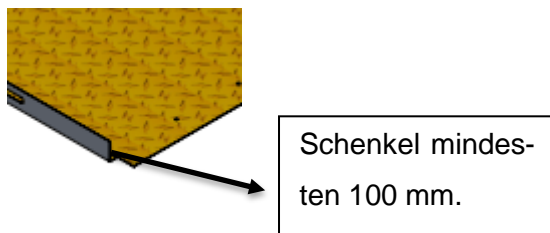


Abbildung 26 Bodenblech

¹⁶ (suva, 2021)

¹⁷ (suva, 2021)

10 Finanzierung

10.1 Materialkosten

Stückliste	Material	Stückzahl	Abmasse in mm	Materialdicke in mm	Schnittwink	Zeich. Nr.	Benennung Zeich.	Gewicht in	Laufmeter in m	Preis CHF auf Kg oder	Preis CHF
	Aluminium Warzen Blech	1	2606x1746	3/5	90°	102430	Podestblech	49,4		3,4 kg	167,95 CHF
	Aluminium 4-Kantrohr	2	1640	100x40x4	2x45°	102431	Rohrrahmen Breite		3280		
	Aluminium 4-Kantrohr	2	2400	100x40x4	2x45°	102431	Rohrrahmen Länge		4800		
	Aluminium 4-Kantrohr	2	1560	100x40x4	90°	102431	Rohrrahmen Mittelsprossen		3120		
	S235 Blech	1	135x50	4	90°	102431	U-Profil für Jochposition	0,21		2,2 kg	0,45 CHF
	S235 Rohr	1	1617	3,2x33,7	45°+90°	102440	Geländer		1617		
	S235 Rohr	1	466	3,2x33,7	90°	102440	Geländer		466		
	S235 Rohr	1	457	3,2x33,7	90°	102440	Geländer		457		
	S235 Rohr	1	1520	3,2x33,7	90°	102440	Geländer		1520		
	S235 Rohr	1	1117	3,2x33,7	45°+90°	102440	Geländer		1117		
	S235 Rohr	1	50	3,2x42,4	90°	102440	Geländer		50		
	S235 Rohr	1	1214	3,2x26,9	45°+90°	102441	Geländer		1214		
	S235 Rohr	1	1187	3,2x26,9	90°	102441	Geländer		1187		
	S235 Rohr	1	988	3,2x26,9	45°+90°	102441	Geländer		988		
	S235 Rohr	1	30	3,2x33,7	90°	102441	Geländer		30		
	S235 Blech	1	111x81	3	90°	102444	Geländerfixierung	0,21			0,45 CHF
	S235 Rohr	1	60	3,2x33,7	90°	102444	Geländerfixierung		60		
	S235 UNP	1	4985	100x50x6	90°	102451	Träger für das Podest		4985		
	S235 Präzisionsrohr	6	80	30x4,5	90°	102451	Träger für das Podest		480		
	S235 Präzisionsrohr	1	100	30x4,5	90°	102451	Träger für das Podest		100		
	S235 UNP	1	1695	100x50x6	90°	102454	Schwenkbare Jochstütze		1695		
	S235 Präzisionsrohr	1	100	30x4,5	90°	102454	Schwenkbare Jochstütze		100		
	S235 Welle	1	300	D aussen 20	90°	102454	Schwenkbare Jochstütze		300		
	S235 Blech	1	50x80	12	90°	102455	Anschweissband Jochstütze	0,38		2,2 Kg	0,84 CHF
	S235 Rohr	1	60	30x4,5	90°	102455	Anschweissband Jochstütze		60		
	S235 Blech	3	100x300	8	90° + Bohrung	102457	Drehpunkt schraubbar Alu. Podest	5,65		2,2 Kg	12,43 CHF
	S235 Rohr	3	80	30x4,5	90°	102457	Drehpunkt schraubbar Alu. Podest	0,23	240		
	S235 Welle	3	280	D aussen 20	90° + Bohrung	102457	Drehpunkt schraubbar Alu. Podest	2,1	840		
	S235 Blech	2	200x145	12	90°	102443	Anschweissblech Halterung Podes	5,46		2,2 Kg	12,01 CHF
	S235 Blech	1	520x2000	3/5	90°	102443	Zwischenbodenblech IPE-Träger	32,66		2,2 Kg	71,85 CHF
	S235 Blech	1	520x2985	3/5	90°	102443	Zwischenbodenblech IPE-Träger	48,74		2,2 Kg	107,23 CHF
	Aluminium 4-Kantrohr	10	740	100x40x4	90°	102431	Rohrrahmen zusätzliche Verstrebung		7400		
Montage	1.4401 Schrauben	9	M12x70	M12		102457	Drehpunkt schraubbar Alu. Podest		2,20 pro stk		19,80 CHF
	1.4401 U-Scheiben	18	d1 13/ d2 24	M12		102457	Drehpunkt schraubbar Alu. Podest		0,2 pro stk		3,60 CHF
	1.4401 Muttern	9		M12		102457	Drehpunkt schraubbar Alu. Podest		1,3 pro stk		11,70 CHF
	Bezeichnung								Gesamtlänge in m		
	S235 Rohr Ø 33,7								5267	9,2 lfm	51,09 CHF
	S235 Rohr Ø 26,9								3389	8,3 lfm	28,09 CHF
	S235 Rohr Ø 42,4								50	10,3 lfm	0,52 CHF
	S235 Rohr Ø 30								980	24,64 lfm	24,15 CHF
	S235 Rohr Ø 20								1140	12,3 lfm	14,02 CHF
	Aluminium 4-Kantrohr								11200	11,1 lfm	124,32 CHF
	UNP-Träger								6680	23,74 lfm	158,53 CHF
	Aluminium 4-Kantrohr								7400	11,1 lfm	82,14 CHF
										Total Materialkosten:	891,23 CHF

Tabelle 10: Stückliste

Name / Kosten pro stunde	Arbeitsstunden	Kosten
Burri Michael / 40 CHF	59.5 Stunden	2380 CHF
Bachmann Joe / 50 CHF	7 Stunden	350 CHF
Pörtig Willy / 50 CHF	1 Stunden	50 CHF
Kosten Total:		2780 CHF
<u>Maschinenkosten pauschal</u>		<u>400 CHF</u>
Gesamtkosten Arbeitsstunden und Maschenbenutzung		3180 CHF

Tabelle 11: Kosten

Die Kosten würden höher ausfallen, wenn das Projekt für einen Kunden und nicht den Betrieb selbst wäre. Die Arbeitsstunden wurden so gerechnet, dass die Lohnkosten und Versicherungskosten für den Arbeiter gedeckt sind. Desweiteren wurde mit einer Maschinenpauschale von 400 CHF gerechnet (vgl. Tabelle 11 und 12).

10.3 Gesamtkosten

Abschnitte	Kosten
Material	891.25 CHF
Arbeitsstunden	2780 CHF
Maschenpark pauschale	400 CHF
Total	4071.25 CHF

Tabelle 12: Gesamtkosten

10.4 Amortisation

Gesamt Kosten	Sparpotenzial Material	Sparpotenzial Arbeitsstunden	Ab anderen Auf- trägen arbeiten
4071.25	50 CHF/ Jahr	6 Stunden à 40 CHF/ Jährlich	6 Stunden à 40 CHF/ Jährlich
Total Sparen Jährlich:	50 CHF	240 CHF	240 CHF
Gesamt Ersparnisse :	Jährlich 530 CHF, basierend auf den Erfahrungen der ArbeiterInnen		
Amortisation:	Ab den $4071.25 / 530 = 7.68$ Jahr ist die Podesterwei- terung amortisiert. Ab dann wird man jährlich 530 CHF mehr Umsatz generieren.		

Tabelle 13: Amortisationstabelle

Wie die Tabelle (vgl. Tabelle 13) aufzeigt werden jährlich Arbeitsstunden gespart. Dies geschieht, indem die Podesterweiterung und somit das Lager nur von einem Arbeiter oder einer Arbeiterin bedient werden muss. In dieser Zeit kann der oder die andere MitarbeiterIn, welche bis anhin beim Bestücken des Lagers mithelfen musste, eine andere Arbeit leisten.

10.4.1 Gesundheit

Laut Staatssekretariat für Wirtschaft SECO¹⁸ fallen jährliche Kosten von rund 1020 CHF pro Mitarbeiter an, welche durch Rückenschmerzen verursacht werden. Dieses gesundheitliche Problem kann mit dieser Podesterweiterung minimalisiert werden. Wenn man der Statistik von SECO vertraut, so würden die Amortisationsjahre erheblich kürzer ausfallen. Im Betrieb Franz Vogel AG wird die Vorrichtung von mindestens 3 Mitarbeitern regelmässig genutzt. In Bezug auf die Kosten- Nutzenerträge für die Amortisation ist dieses Projekt der Erweiterung eher teurer ausgefallen.

Durch die Umsetzung der Podesterweiterung erzielt Franz Vogel AG nach 8 Jahren nicht nur einen grösseren Gewinn, sondern ermöglicht den MitarbeiterInnen täglich ein einfacheres und sichereres Arbeiten. Dies ist dem Betrieb sehr wichtig und bedeutet ihm mehr als diesbezüglich Kosten zu sparen. Zu beobachten ist, dass die MitarbeiterInnen motivierter und engagierter sind. Die Gesundheit und das Wohl der MitarbeiterInnen sollten im Vordergrund stehen.

¹⁸ (Läubli, 2021)

11 Schwachstellen/ Nachkonstruktion

Um die Sicherheit vom Schwenkmechanismus zu gewährleisten wurde die Konstruktion so konstruiert. Die Podesterweiterung steht in der vertikalen Lage über 90 Grad und steht somit an der Hallenfassade an. Somit kann die Konstruktion nicht ohne Fremdeinwirkung in die horizontale Lage gekippt werden. Die weiteren Sicherheiten der Konstruktion sind durch das Aufrunden aller Kräfte, sowie durch die zusätzlichen Befestigungsschrauben gewährleistet. Weiter wurde das komplette Projekt zusammenschweisst, wodurch zusätzliche Sicherheit geschaffen wurde.

Als Schwachstelle würde ich das Kosten-Nutzungsverhältnis aufzählen. Da die Podesterweiterung individuell an die Gegebenheiten von Franz Vogel AG angepasst werden musste, sind die Kosten viel höher ausgefallen als gedacht. Doch der Aufwand und die Kosten werden sich mit den Jahren auszahlen. Durch die Podesterweiterung haben es die MitarbeiterInnen erheblich leichter. Körperlich wie auch in der Effizienz ist die Franz Vogel AG durch dieses Projekt besser aufgestellt.

12 Bewertung der Lösung

Die Berechnungen zeigen (vgl. Kapitel 7.2.1 bis 7.3.2), dass es möglich ist, eine Podesterweiterung mit gewünschten Dimensionen und Schwenkmechanismus zu konstruieren. Sie ist für jede Fachkraft montierbar und überschreitet das maximale Gewicht von 200kg nicht. Für den Schwenkmechanismus hilft der Hallenkran von Franz Vogel AG. Falls kein Hallenkran zur Verfügung stehen würde, könnten diverse elektrische Seilzüge mit 220 V verwendet werden. Dabei muss das Gesamtgewicht berücksichtigt werden, so dass der richtige Seilzug für das passende Gewicht gewählt wird. Die Sicherheit von der Lageänderung wird durch das Überdrehen von 90 Grad und Anstehen an der Hallenfassade gewährleistet. Zudem wurden alle geltenden Reglemente der Sicherheit für Personen in der Höhe berücksichtigt¹⁹. Die gesamten Bauteile wurden entweder mit Hilfe des Schweissverfahrens MAG und WIG zusammenschweisst oder mit Hilfe von Schraubverbindungen gefertigt. Die Sicherheiten wurden in jedem Bauteil mit statischen Berechnungen geprüft. Die Kosten sind etwas höher ausgefallen als gedacht. Doch das einfachere Arbeiten und die glücklicheren Gesichter der MitarbeiterInnen ist viel mehr wert. Dabei ist Franz Vogel AG dank dieser Konstruktion effizienter und gesundheitsorientierter. Somit kann der Betrieb allfälligen Krankheiten vorbeugen.

¹⁹ (Suva, 2021)



Abbildung 28 Podesterweiterung Vorderansicht



Abbildung 29 Podesterweiterung Oben

12.1 Persönliche Reflexion

Ich bin mit der Lösung überaus zufrieden. Die Punkte, welche ich erreichen wollte, wurden mit Hilfe meiner Teamkollegen und den vielen Fachbüchern erreicht. Ich konnte viele Erfahrungen im Bereich Arbeitsvorbereitung, Infosammlung, Terminkoordination und Sozialkompetenz sammeln. Darauf bin ich sehr stolz und dankbar und freue mich auf das nächste Projekt.

12.2 Danksagung

Ich bedanke mich recht herzlich bei der Firma Franz Vogel AG und dessen MitarbeitInnen, sowie der TEKO Schweizerische Fachschule und meinem Diplomlehrer Herr Arthur Baumann, die mich während der Diplomarbeit kräftig unterstützt haben.

13 Gesprächsprotokoll-Morphologischer Kasten

13.1 Bewertung der Teilfunktionen:

Teilfunktion 1:

Da wir bereits einen Hallenkran haben, wurde diese Variante befürwortet

Teilfunktion 2:

Die Absturzsicherung mit der Knieleiste wurde bevorzugt, weil der Fertigungsaufwand am geringsten ist und das Gewicht am kleinsten.

Teilfunktion 3:

Die Schweisskonstruktion mit der Hülse, Welle und der Platte ist aufgrund der Kosten und des Lagerbestandes gewählt worden.

Teilfunktion 4:

Für den Aufzugsausschnitt wurde das abgekantete Bodenblech gewählt, weil der Arbeitsaufwand sowie die Kosten am geringsten sind.

Teilfunktion 5:

Der UNP-Träger wurde aus Kostengründen bevorzugt.

Teilfunktion 6:

Um Gewicht zu sparen, fiel die Entscheidung auf eine Aluminium- Rechteckrohrkonstruktion für das Grundgerüst

Teilfunktion 7:

Die Stützplatte aus Stahl wurde befürwortet, da man sie an die vorhandene Lagerkonstruktion anschweißen kann. Somit haben wir den geringsten Arbeitsaufwand und die niedrigsten Kosten.

Teilfunktion 8:

Der UNP-Träger wurde aus Kostengründen bevorzugt. Des Weiteren mussten wir für die Teilfunktion 5 auch einen UNP-Träger bestellen. Es wäre sinnlos, hierfür ein anderes Material zu bestellen.

13.2 Punkteverteilung

Teilfunktion 1:

- Variante 1.3 ist klarer Favorit gegenüber den beiden anderen Varianten. Der Hallenkran ist bereits in unserem Besitz, somit fallen keine Kosten an.
- Variante 1.1 und 1.2 würden zusätzliche Kosten wie auch Platz in Anspruch nehmen.

Teilfunktion 2:

- Das ausziehbare Geländer (V2.2) mit Knieleiste ist klarer Favorit. Kosten und Arbeitsaufwand fallen am geringsten aus.
- Die Varianten 2.1 und 2.3 sind wegen den Kosten, Gewicht und dem grösseren Arbeitsaufwand nicht in Betracht gezogen worden.

Teilfunktion 3:

- Die bevorzugte Variante (V3.2) ist zwar mit ein wenig mehr Arbeit verbunden, doch um einiges günstiger als die beiden anderen Varianten
- Die Variante mit dem Gelenk (V3.3) ist wegen der geringen Stabilität ausgeschieden
- Der Lagerbock (V3.1) ist durch die hohen Anschaffungskosten, wie auch dem grösseren Arbeitsaufwand zum Montieren, ausgeschieden.

Teilfunktion 4:

- Das abgekantete Bodenblech (V4.1) wurde bevorzugt, da keine zusätzlichen Materialkosten entstehen.
- Die Varianten (4.2 und 4.3) wurden aus Kostengründen und grösserem Arbeitsaufwand ausgeschlossen.

Teilfunktion 5:

- Die Variante (V5.2) UNP-Träger wurde aus Kostengründen bevorzugt.
- Die beiden anderen Varianten wurden durch höhere Kosten ausgeschlossen.

Teilfunktion 6:

- Variante (6.1) ist enorm leichter und erfüllt die statischen Anforderungen. Dem Gewichtsfaktor wurde bei dieser Teilfunktion am meisten Beachtung geschenkt.
- Variante (6.2) ist zwar stabiler, dafür wiegt sie bedeutend mehr und ist nicht korrosionsbeständig
- Variante (6.3) ist zwar gleich stabil und gleich schwer wie die (V6.2). Aber sie ist korrosionsbeständig, jedoch bei den Anschaffungskosten höher.

Teilfunktion 7:

- Die Variante (V7.3) wird bevorzugt, da sie die kleinsten Anschaffungskosten hat und der geringste Arbeitsaufwand betrieben werden muss.
- Die Variante (V7.2) wäre auch sehr gut gegangen, doch der etwas grössere Arbeitsaufwand spricht dagegen.
- Die Variante (V7.1) kam nicht in Frage, weil wir für eine fest montierte Stütze schlicht keinen Platz hatten.

Teilfunktion 8:

- Die Varianten (V8.1 und V8.2) wurden aus Kostengründen und Lieferungskosten ausgeschlossen.
- Die Variante (V8.3) wurde bevorzugt, da wir bereits auf dieses Profil in einer anderen Teilfunktion gesetzt haben. Dadurch fallen die Lieferkosten aus.

14 Arbeitsjournal

Datum	Zeit	Tätigkeit
25.08 bis 29.08.21	10h	<ul style="list-style-type: none"> - Kickoff Projekt Podesterweiterung - Start mit Pflichtenheft - 1 Treffen Diplomlehrer
30.08 bis 05.09.21	14h	<ul style="list-style-type: none"> - Infosammlung - Beschreibung Kernproblem - Aufgabenbegrenzung bestimmen - Terminplan - Anforderungsliste
06.09 bis 12.09.21	16h	<ul style="list-style-type: none"> - Beschreiben der Gesamtfunktion - Grobkonzept - Erste Skizzen - Funktionsstruktur und Bewerten - Morphologischer Kasten - Risikobewertung - Auflistung der Teilfunktionen - Bewertung der Teilfunktionen
13.09 bis 26.09.21	54h	<ul style="list-style-type: none"> - Infosammlung - Berechnungen - Fertigungspläne - Punkteverteilung Morphologischer Kasten - Auswertung Morphologischer Kasten
27.09 bis 03.10.21	43.5h	<ul style="list-style-type: none"> - Fertigen des Projekts - Montieren und Fertigstellen
04.10 bis 10.10.21	36h	<ul style="list-style-type: none"> - Formatieren - Dokumentieren - Bewertung der Lösung - Feinschliff
11.10.2021	2h	<ul style="list-style-type: none"> - Abgabe - Durchlesen
Totale Stunden	179.5 Stunden	

Tabelle 14: Arbeitsjournal

15 Literaturverzeichnis

- AG, F. V. (3 2021). *Franz Vogel AG*. Von <https://www.franzvogelag.ch/unternehmen/> abgerufen
- Fürholz, M. (03 2021). *Maschinenteknik V3.0*. Luzern.
- Google. (12. 9 2021). *Google Bilder*. Von <https://www.google.ch/imghp?hl=de&authuser=0&ogbl> abgerufen
- Köhler, J. (2010). *Normen-Auszug*. Zürich: SNV .
- Läubli, T. (02. 10 2021). *Gesundheitskosten hoher*. Von <file:///C:/Users/micha/AppData/Local/Temp/Gesundheitskosten%20hoher%20Arbeitsbelastungen%20-%20Executive%20summary-1.pdf> abgerufen
- Michael, B. (kein Datum). *Diplomarbeit*. Malters.
- rff. (15. 09 2021). *Rohr flansch fitting*. Von <https://www.rff.de/de/service/gewichtsrechner/> abgerufen
- Sdo. (6 2020). *Arbeitsblätter und Checkliste*.
- suva. (02. 09 2021). *Geländer*. Von <file:///C:/Users/micha/AppData/Local/Temp/44006.d.pdf> abgerufen
- Suva. (2. 10 2021). *Suva Metallbau*. Von <https://www.suva.ch/de-ch/praevention/branchenthemen/metallbearbeitung#uxlibrary-lwrslider=1> abgerufen

16 Abbildungsverzeichnis

Deckblatt : Podesterweiterung Zeichnung von Burri Michael. 2021

Abbildung 1 Organigramm Zeichnung von Burri Michael, 2021.....	5
Abbildung 2 Podesterweiterung Zeichnung von Burri Michael, 2021.....	8
Abbildung 3 Kernproblem Foto von Burri Michael, 2021	19
Abbildung 4 Podesterweiterung Zeichnung von Burri Michael, 2021.....	20
Abbildung 5 UNP-Träger Zeichnung von Burri Michael, 2021	20
Abbildung 6 Gundgerüst Zeichnung von Burri Michael, 2021	20
Abbildung 7 Funktionsstruktur Zeichnung von Burri Michael, 2021	21
Abbildung 8 Seitenansicht Zeichnung von Burri Michael, 2021	23
Abbildung 9 Vorderansicht Zeichnung von Burri Michael, 2021	23
Abbildung 10 Vorderansicht Zeichnung von Burri Michael, 2021	24
Abbildung 11 Seitenansicht Zeichnung von Burri Michael, 2021	24

Abbildung 12 Grundgerüst Zeichnung von Burri Michael, 2021	31
Abbildung 13 Gewichtskraft Zeichnung von Burri Michael, 2021	32
Abbildung 14 Abscherung Welle Zeichnung von Burri Michael, 2021	33
Abbildung 15 Zugbeanspruchung Hülse Zeichnung von Burri Michael, 2021	34
Abbildung 16 Berechnung Joch Zeichnung von Burri Michael, 2021	35
Abbildung 17 Durchbiegung Platte Zeichnung von Burri Michael, 2021	36
Abbildung 18 Berchnung Hülse Zeichnung von Burri Michael, 2021	37
Abbildung 19 Schweissnaht Berechnung Zeichnung von Burri Michael, 2021	38
Abbildung 20 Vordimensionierung Schraube Zeichnung von Burri Michael, 2021	40
Abbildung 21 Drehpunkt Zeichnung von Burri Michael, 2021	40
Abbildung 22 Ausmass Zeichnung von Burri Michael, 2021	42
Abbildung 23 Grundgerüst Foto von Burri Michael, 2021	42
Abbildung 24 Walzmaschine Foto von Burri Michael, 2021	43
Abbildung 25 Geländer Zeichnung von Burri Michael, 2021	43
Abbildung 26 Bodenblech Zeichnung von Burri Michael, 2021	44
Abbildung 27 Arbeitsrapport Foto von Burri Michael, 2021	46
Abbildung 28 Podesterweiterung Vorderansicht Foto von Burri Michael, 2021	50
Abbildung 29 Podesterweiterung Oben Foto von Burri Michael, 2021	50

17 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Glossar/Abbildungsverzeichnis von Burri Michael, 2021	6
Tabelle 2: Pflichtenheft von Burri Michael, 2021	15
Tabelle 3 Projektplan von Burri Michael, 2021	18
Tabelle 4: Teilfunktionen von Burri Michael, 2021	25
Tabelle 5 Morphologischer Kasten von Burri Michael, 2021	27
Tabelle 6 Bewertung der Teilfunktionen von Burri Michael, 2021	30
Tabelle 7 Bewertung der Lösungsvarianten von Burri Michael, 2021	30
Tabelle 8: Gesamtgewicht der Konstruktion von Burri Michael, 2021	39
Tabelle 9: Schrauben Skript Markus Fürholz, 2020	40
Tabelle 10: Stückliste von Burri Michael, 2021	45
Tabelle 11: Kosten von Burri Michael, 2021	47
Tabelle 12: Gesamtkosten von Burri Michael, 2021	47
Tabelle 13: Amortisationstabelle von Burri Michael, 2021	48
Tabelle 14: Arbeitsjournal von Burri Michael, 2021	54

18 Selbständigkeitserklärung

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 Selbständigkeit als Täuschung betrachtet und entsprechend der Prüfungsordnung geahndet werden.

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

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Burri' with a stylized flourish at the end.

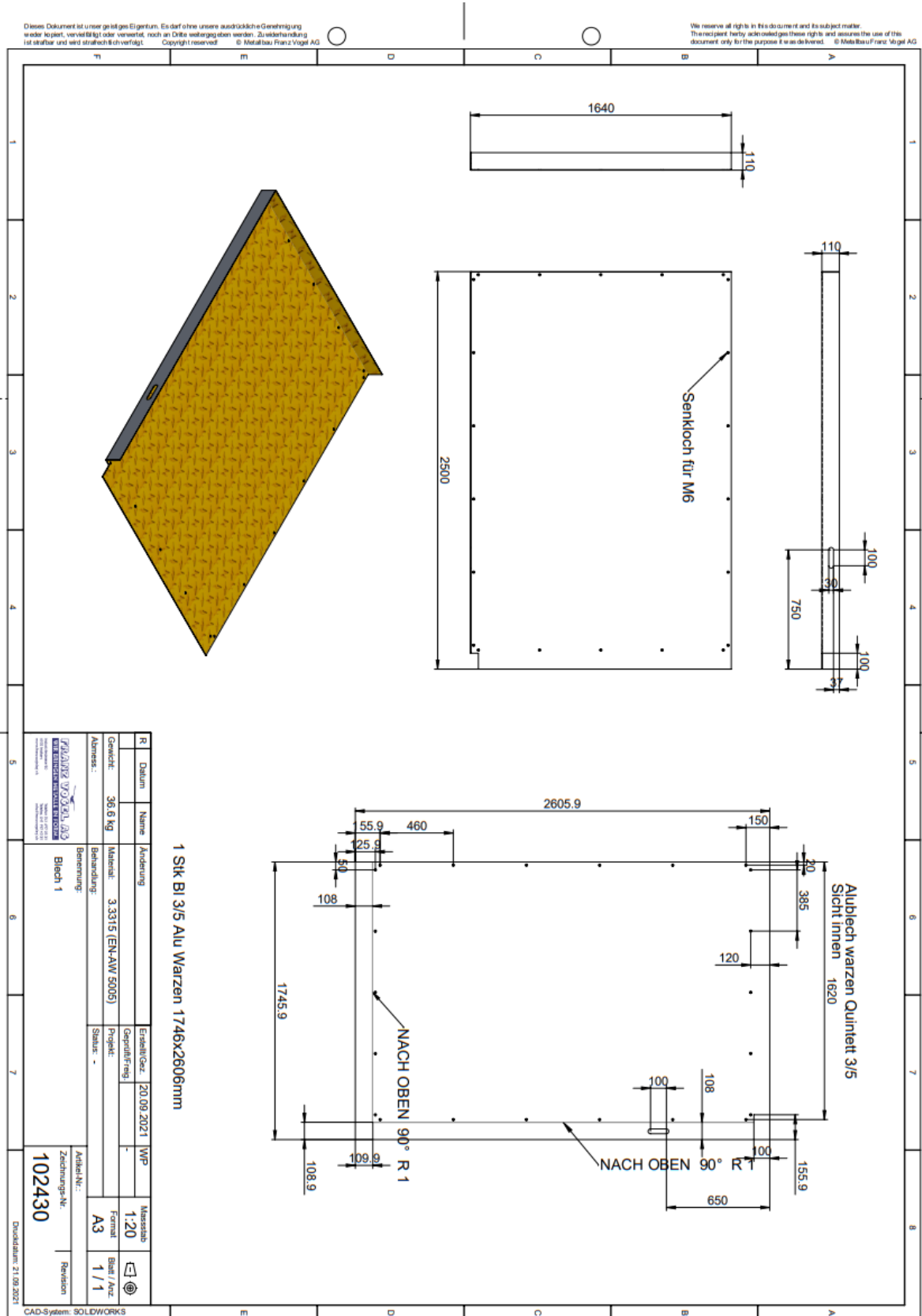
Burri Michael

Malters, 11.10.2021

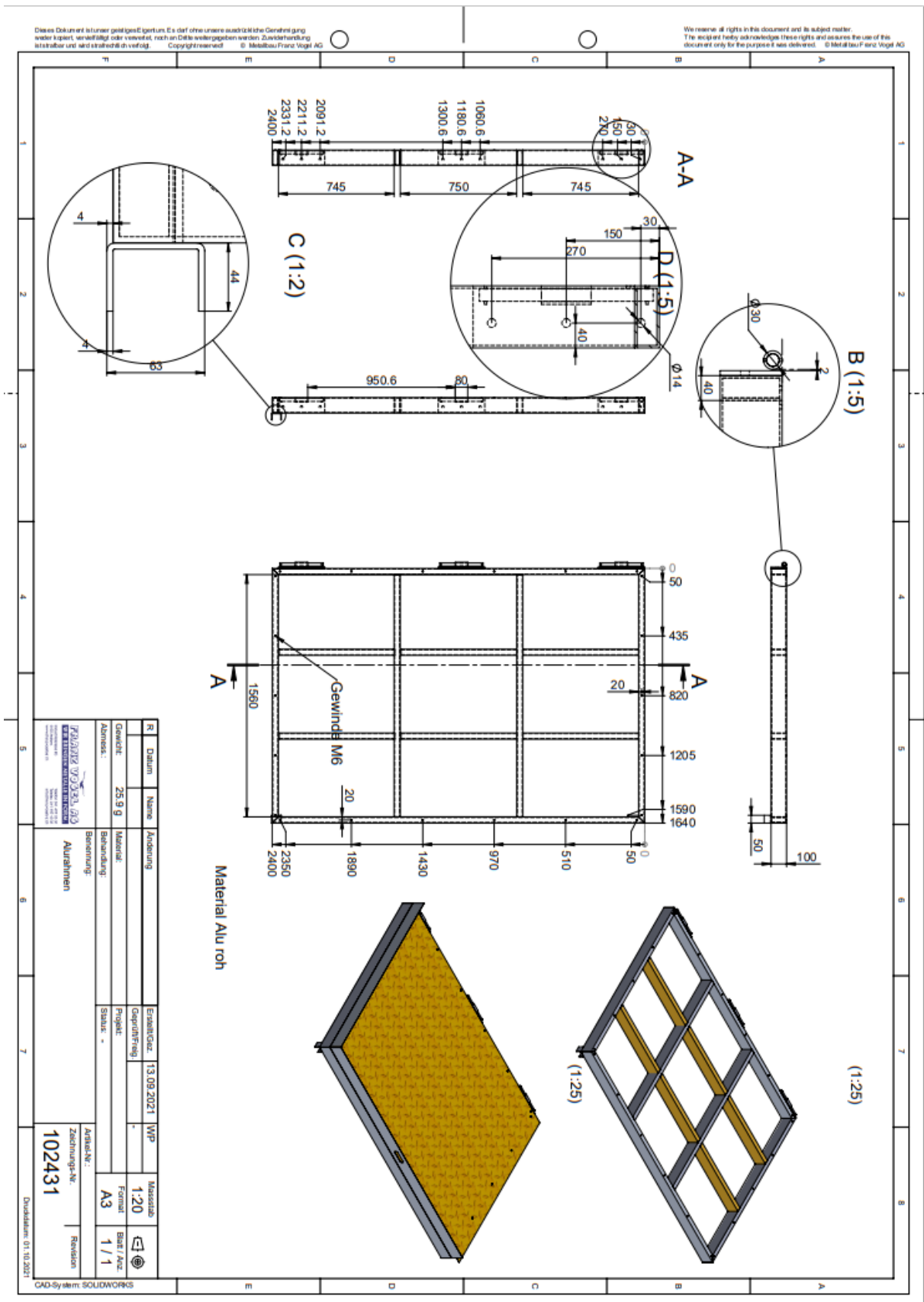
19 Anhang

19.1 Fertigungspläne

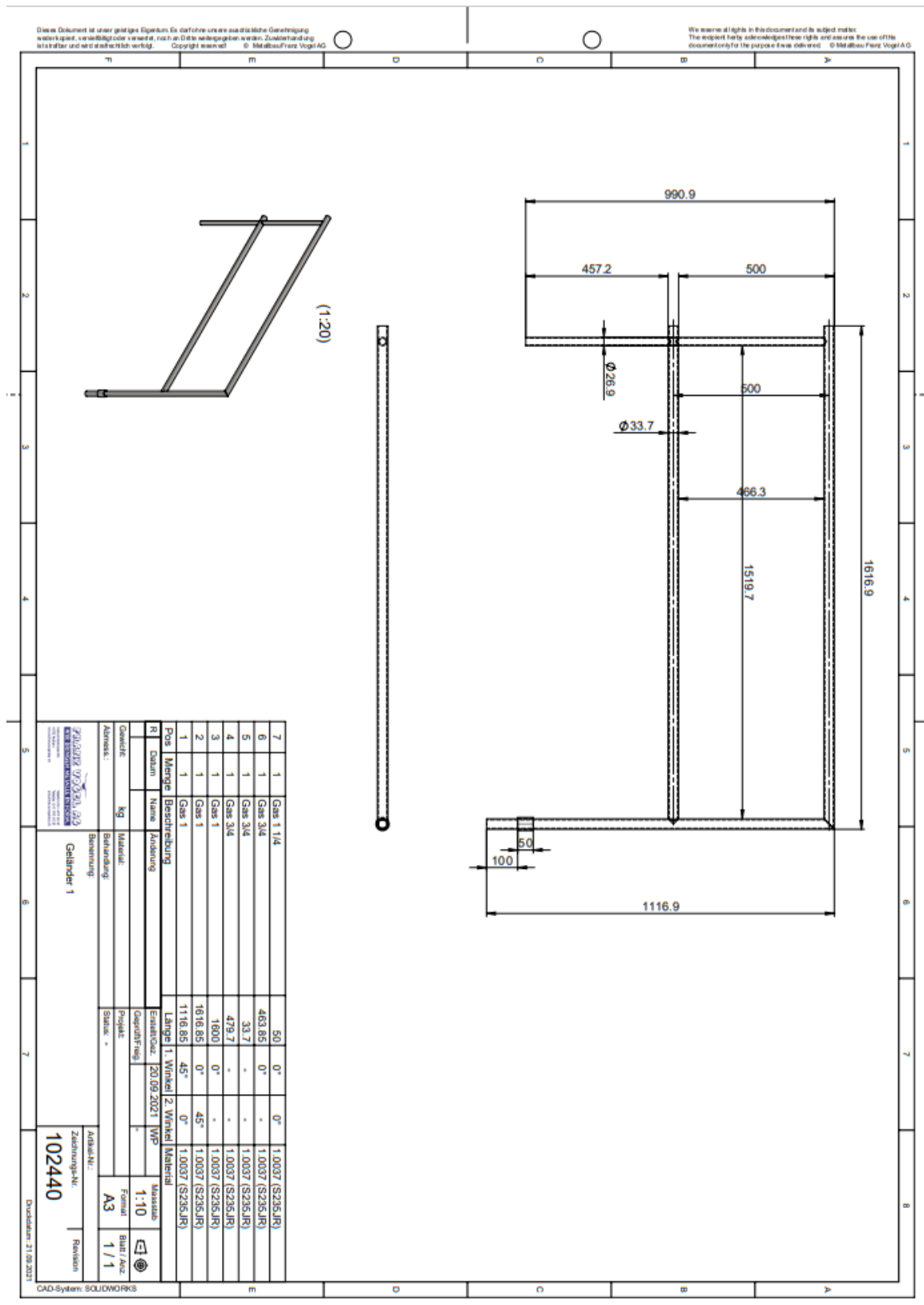
19.1.1 Bodenblech



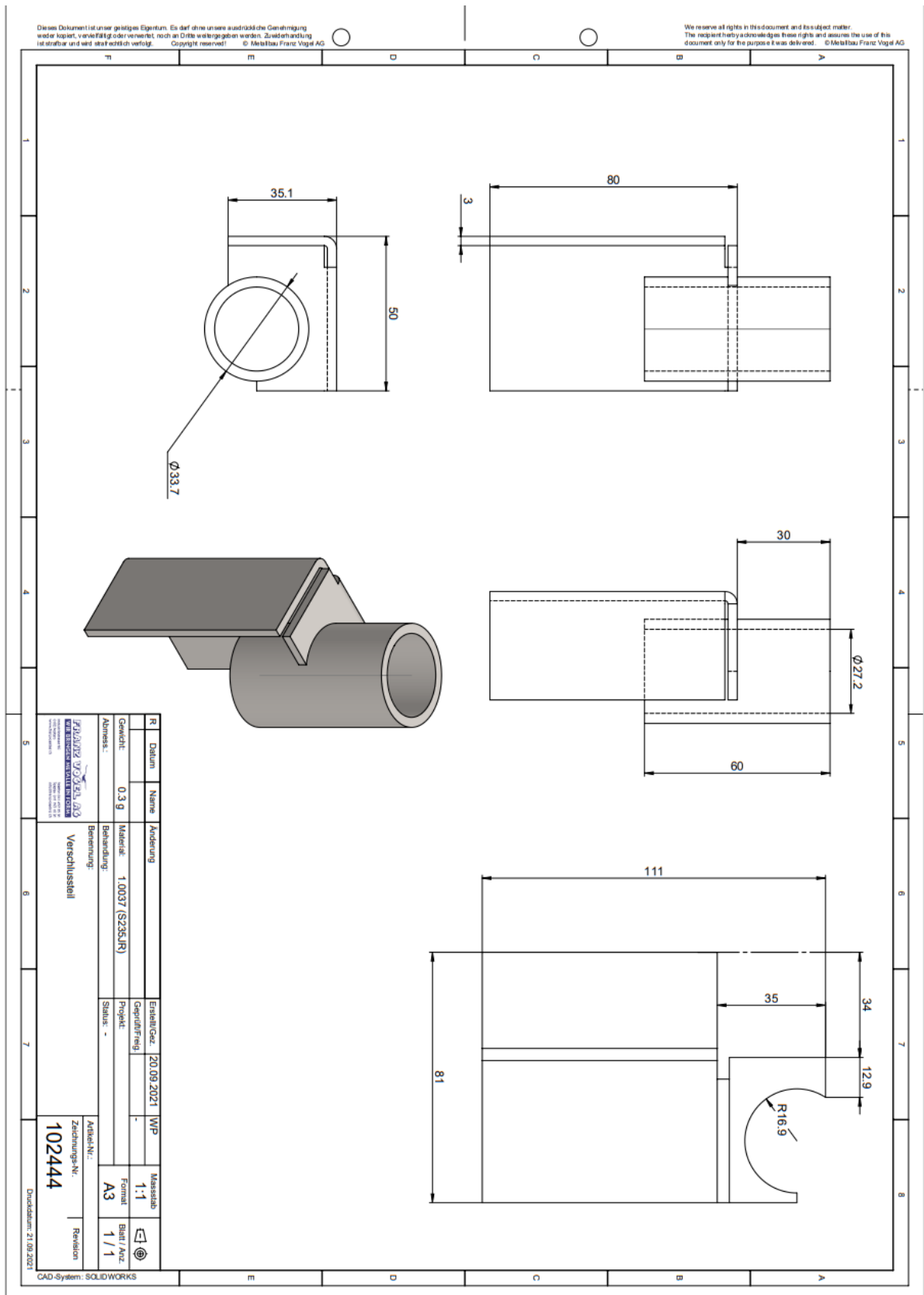
19.1.2 Grundgerüst



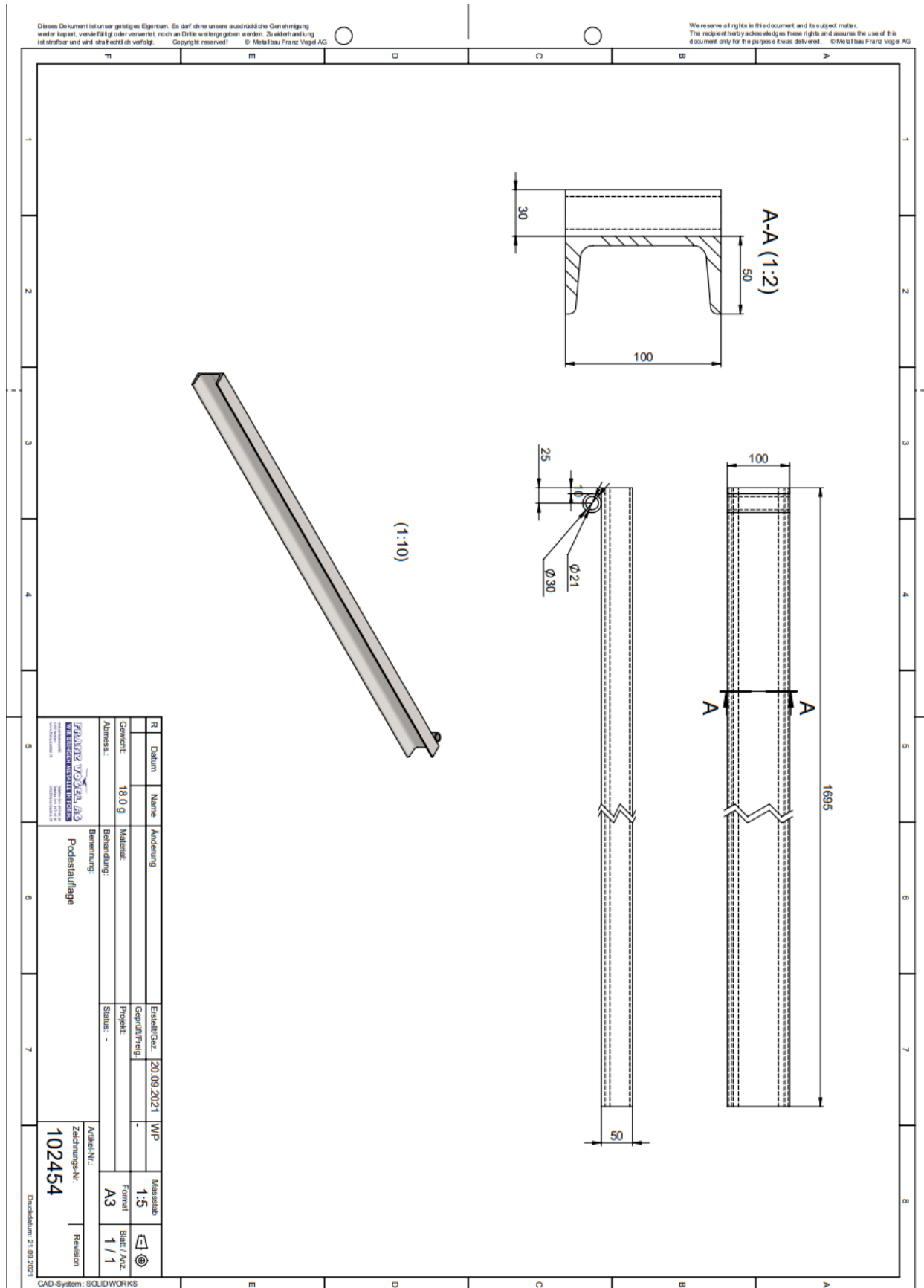
19.1.3 Geländer



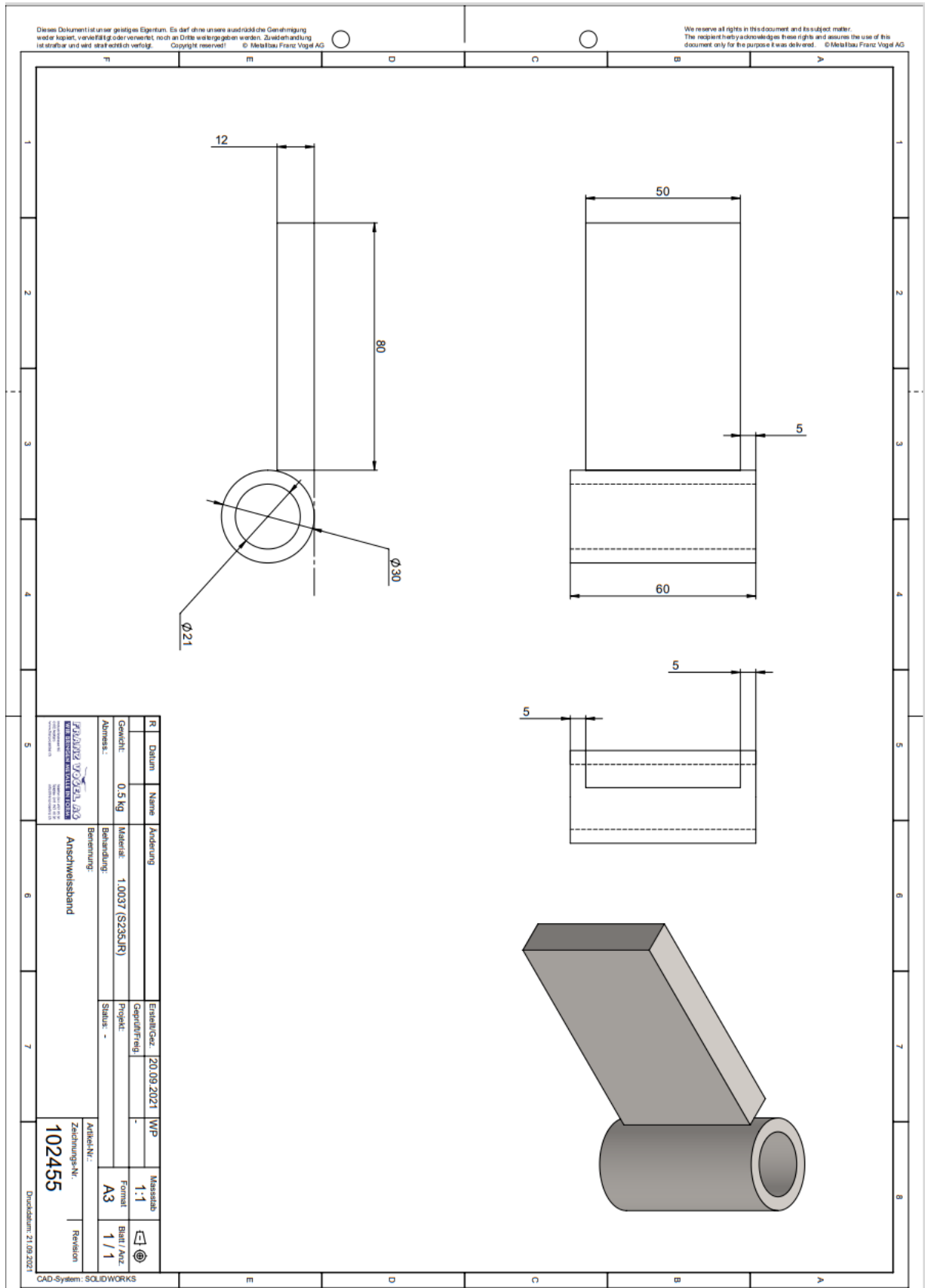
19.1.4 Geländer Halterung



19.1.6 Jochstütze



19.1.7 Jochstützen Halterung



19.2 Kosten/ Stückliste

19.2.1 Lieferschein Stocker Stahl AG

Stocker Stahl AG
 Station-West 2a
 CH-6023 Rothenburg
 CHE-101.518.984 MWST

Telefon 041 288 80 80
 Fax-Nr 041 288 80 81
 info@stockerstahl.ch
 www.stockerstahl.ch



Beleg-Nr.		Vinum	
Soll	Haben	Betrag	Datum
4000	1030	184.45	
VST-Code:	MM		771.

Metalbau Franz Vogel AG, Malters
 Herr P. Vogel
 Industriestrasse 20
 6102 Malters

Rechnung 743852

Rothenburg, 28. September 2021

U-Referenz: Donika Tanushaj
 U-Vertreter: Tobias Tresch
 Kunden-Nr.: 2730
 Auftrags-Nr.: 814442

I-Referenz: Herr Pörtig
 Bst-Nr./Komm: Podest
 Versandart: LKW
 Liefertermin: 28.09.2021 / 29.09.2021

Pos	Anzahl	Bezeichnung	Menge	Preis	Betrag
Lieferschein 616907 vom 28.09.2021					
		Präz.-Stahlrohre zugblank, E235+C nach EN 10305-1 in Längen von 4 - 6.5 m			
001	1 SG	30/4.5 mm	6 ME	16.50	99.00
		Art.Nr. 24024030/4.5			
		Rüstposition	1 ST	8.50	8.50
		Positionswert			107.50
		U N P Normalprofile			
		S235JRG2 nach EN 10025			
002	1 SG	10	65 KG	160.00	104.00
		Art.Nr. 1130101012			
		Rüstposition	1 ST	8.50	8.50
		Positionswert			112.50
		Auftragspauschale	1 ST	8.50	8.50
		Positionswert			8.50
		Beitrag Stahlpromotion CH	65 KG		1.00
		Transportkostenanteil / LSVA			40.00
		Subtotal CHF			269.50
		7.70 % MWSt auf CHF 269.50			20.75
		Total CHF			290.25

Zahlungskonditionen: 10 Tage (bis 08.10.2021) 2.00% Skonto = 5.80
 30 Tage netto 284.45
 290.25

Total Gewicht: 82 kg