

# Prüfstand zu Rotationsmodul

DIPLOMAND: HENSELER LUKAS  
SCHULE: TEKO AG  
STUDIUM: MASCHINEN TECHNIKUM HF 2017 - 2020  
KLASSE / STANDORT: L-TMA-17-MO-A / LUZERN  
DATUM: 12.10.2020

## Zweck und Ziel des Dokuments

Dieses Dokument zeigt die wesentlichen Arbeitsschritte und die zugrunde liegenden Lösungs- und Entscheidungsfindungen, zur Entwicklung einer Prüfstation für Rotationsmodule. Ziel dieser Dokumentation ist es, transparent und nachvollziehbar, diesen professionellen Entwicklungsprozesses im industriellen Umfeld aufzuzeigen.

Dieses Dokument ist Gegenstand vom Qualifikationsverfahren des deklarierten Diplomanden.

## Dokumentenversion

Version	Änd. Datum	Beschreibung
V01	27.08.2020	Aktueller Stand zur Einsicht Diplomdozent
V02	11.09.2020	Zwischenstand zur Einsicht Diplomdozent
V03	12.09.2020	Orthographische Überarbeitung bis s.51
V04	26.09.2020	Orthographische Überarbeitung bis s.73
V05	10.09.2020	Restliche Orthographische Überarbeitung
V06	12.09.2020	Abgeschlossene Dokumentation

## Dokumentverteiler

### Prüfstand zu Rotationsmodul

Diese Sacharbeit wurde im Rahmen der Diplomierung zum Maschinentechner HF erstellt.

---

#### *Diplomand:*

Name: Henseler Lukas

Beruf: Konstrukteur EFZ

---

#### *Betreuer:*

Name: Kaufmann Rafael

Beruf: Dipl. Ing. Maschinenbau, Leiter der Technischen Entwicklung

---

#### *Diplomdozent:*

Name: Rudolf Gautschi

Beruf: Dozent der Teko AG

---

#### *Einreiche Datum:*

12.10.2020

## Methodik

Diese Sacharbeit ist gemäss der IPERKA Methodik aufgebaut und gegliedert.

## Glossar

Inklusive	Mit inbegriffen.
Polyethylenterephthalat	thermoplastischer Kunststoff/ "ein mit Glykol modifiziertes PET"
retablieren	Etwas in die Ausgangslage zurückbringen. (Wiedererstellen)
Zyklisch	Regelmässig wiederkehrend/ wiederholend

## Abkürzung Verzeichnis

4Kt-Rohr	Vierkanrohr
def.	Definiert
Dist.	Distanz
El.	Elektrik/ elektrisch
Hyd.	Hydraulik/ hydraulisch
Inkl.	inklusive
Kap.	Kapitel
max.	Maximum
Min.	Minute
min.	Minimum
PET G	Polyethylenterephthalat
Pn.	Pneumatik/ pneumatisch
Pos.	Position
Resp.	Respektive
RTAG	Reiden Technik AG
Sek.	Sekunde
TB	Technisches Büro
z.B	Zum Beispiel



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
1.1	Vorwort .....	7
1.2	Management Summary.....	8
1.3	Beruflicher Lebenslauf.....	9
1.4	Unternehmensportrait .....	10
1.4.1	Reiden Technik AG.....	10
1.4.2	Produkt Dossier 5-Achsige CNC- Dreh und Fräscnter:.....	10
1.4.3	Projektumfeld.....	10
1.4.4	Projektorganisation .....	10
2	Informieren.....	11
2.1	Ausgangslage .....	11
2.2	Aufgabenstellung.....	12
2.2.1	Abgrenzung.....	12
2.2.2	Lösungsidee .....	12
2.2.3	Kernprobleme.....	12
2.2.4	Projektnutzen .....	12
2.2.5	Prüfverfahren .....	13
2.2.6	Schnittstellen.....	14
2.3	Pflichtenheft .....	17
2.3.1	Anforderungsliste .....	18
2.3.2	Projektziel.....	19
2.3.3	Technische Ziele .....	19
2.3.4	Persönliche Ziele.....	19
2.4	Terminplanung .....	20
2.4.1	Meilensteine.....	21
3	Protokolle .....	22
3.1.1	Arbeitsprotokoll.....	22
3.1.2	.....	22
3.1.3	Besprechungsprotokoll.....	23
3.1.4	Besprechungsprotokoll.....	24
3.1.5	Besprechungsprotokoll.....	25
3.1.6	Besprechungsprotokoll.....	26
3.1.7	Besprechungsprotokoll.....	27

3.1.8	Besprechungsprotokoll.....	28
3.1.9	Besprechungsprotokoll.....	29
3.1.10	Besprechungsprotokoll.....	30
3.1.11	Besprechungsprotokoll.....	31
4	Planen.....	32
4.1	Abstrahieren.....	32
4.1.1	Abstraktion .....	32
4.1.2	Blackbox.....	32
4.1.3	Funktion.....	33
4.2	Morphologie.....	35
4.2.1	Auflistung der Teilfunktionen.....	35
4.2.2	Morphologischer Kasten .....	36
4.2.3	Lösungsvariante A .....	38
4.2.4	Lösungsvariante B.....	40
4.2.5	Lösungsvariante C.....	42
4.2.6	Lösungsvariante D .....	44
5	Entscheiden .....	46
5.1	Bewertung der Teilfunktionen .....	46
5.1.1	Bewertungsmatrix.....	46
5.1.2	Auswertung der Matrix .....	48
5.2	Bewertung der Lösungen .....	49
5.2.1	Bewertung der Lösung A .....	49
5.2.2	Bewertung der Lösung B .....	51
5.2.3	Bewertung der Lösung C .....	53
5.2.4	Bewertung der Lösung D .....	55
5.3	Auswahl der Lösung .....	57
5.3.1	Lösungsvariante D .....	57
6	Realisieren .....	58
6.1	Vorentwurf der Unterbaugruppen.....	58
6.1.1	Stücklistenstruktur .....	58
6.2	UBG's .....	59
6.2.1	Prüfaufbau.....	59
6.2.2	Grundgestell .....	65
6.2.3	Verschalung.....	68
6.2.4	Versorgung.....	71

6.3	Vorentwurf der Baugruppe .....	72
6.4	Berechnungen .....	74
6.4.1	Berechnung Prüfwerkzeug RX12/12 .....	74
6.4.2	Berechnung Prüfwerkzeug RX14/18 .....	75
6.4.3	Belastungen auf die Rotationsmodule .....	76
7	Kontrolle .....	77
7.1	Kontrolle gemäss Anforderungsliste .....	77
7.2	Schwachstellen .....	78
7.2.1	Risiken .....	78
7.2.2	Prüfaufbau .....	79
7.2.3	Grundgestell .....	80
7.2.4	Verschalung .....	81
7.2.5	Medienführung .....	81
7.3	Nachkonstruktion .....	82
7.3.1	Prüfaufbau .....	82
7.3.2	Grundgestell .....	83
7.3.3	Verschalung .....	84
7.3.4	Medienführung .....	86
7.3.5	Risiken .....	86
7.4	Berechnungen .....	87
7.4.1	Biegespannung im Hebelarm .....	87
8	Auswertung .....	88
8.1	Zusammenstellung der endgültigen Lösung .....	88
8.2	Bewertung der endgültigen Lösung .....	90
8.3	Fazit Projektziele .....	91
9	Schlusswort .....	92
9.1	Verdankung .....	93
9.2	Eigenständigkeitserklärung .....	93
10	Verzeichnisse .....	94
10.1	Abbildungsverzeichnis .....	94
10.2	Tabellenverzeichnis .....	96
10.3	Formelverzeichnis .....	97
10.4	Literaturnachweis .....	98
11	Anhang .....	99

# 1 Einleitung

## 1.1 Vorwort

Im Jahr 2017 begann für mich die berufliche Weiterbildung zum Dipl. Maschinentechner HF. Ich konnte in dem Studium unzählige Erkenntnisse gewinnen und mein bestehendes Wissen vertiefen. Nun befinde ich mich im Jahre 2020 kurz vor dem Abschluss des Studiums. Um das Studium erfolgreich abschliessen zu können, wird der Student der Teko damit betraut, eine Diplomarbeit zu schreiben.

Als die ersten Informationen von der Teko zur Diplomarbeit vermittelt wurden, wandte ich mich an meinen Vorgesetzten. Gemeinsam suchten wir einen pendenten Auftrag, welchen ich als Gegenstand der Diplomierung erarbeiten dürfe. Bereits nach wenigen Tagen bot er mir an, für meine Diplomierung, einen Prüfstand für Rotationsmodule zu entwickeln. Nach dem ich mir einen groben Überblick der Thematik verschafft hatte, nahm ich dieses Angebot dankend an.

An dieser Stelle möchte ich mich bei der Reiden Technik AG, für das Vertrauen in meine Person und meine Fähigkeiten bedanken. Ich setze alles daran, den hohen Erwartungen gerecht zu werden.

## 1.2 Management Summary

Die Reiden Technik AG ist ein Unternehmen, welches für die metallverarbeitende Industrie 5-Achsige CNC Dreh- und Fräscnter entwickelt, produziert, vertreibt und wartet. Die Reiden Technik AG ist im luzernischen Reiden beheimatet. Zusätzlich ist noch ein kleiner Serviceausssenposten in Deutschland vorzufinden. Durch den Umstand, dass die Reiden Technik AG ein KMU ist und durch die Tatsache dass die Produkte der Reiden Technik AG in einer modularen Bauweise gestaltet sind, ist es den Kunden möglich, ein sehr hohes Mass an Sonderwünschen und Sonderkonstruktionen anzubieten.

Diese Arbeit befasst sich mit der Entwicklung und Konzeptausarbeitung eines Prüfstandes für Rotationsmodule. In jeder Maschine der Reiden Technik AG ist ein solches Modul verbaut. Leider neigen diese Rotationsmodule dazu, vor Ablauf der Garantiezeit Leckage zu bilden. Mit Hilfe dieses Prüfstandes sollen die Rotationsmodule, bevor diese in der Maschine montiert werden, einer Dauerbelastungsprüfung unterzogen werden. Somit sollen mangelhafte Rotationsmodule frühzeitig aussortiert und wiederaufbereitet werden können.

Als aller erstes wurden Informationen eingeholt. Die betroffenen Module und deren Schnittstellen wurden untersucht. Dieser interne Auftrag wurde im Rahmen von gleich zwei Diplomarbeiten erarbeitet. Vier Wochen vor Beginn dieser Diplomarbeit, begann ein Mitarbeiter der Automationsabteilung mit seiner Diplomarbeit. Seine Aufgabe war es, das Automationskonzept zu erarbeiten. Er definierte, wie die Dauerbelastungstests gestaltet sind, evaluierte die erforderlichen Automationskomponenten und schrieb das Programm, um den Prüfstand bedienen zu können. Bevor also diese Diplomarbeit entstand, wurde der Zwischenstand des Automationskonzeptes vorgestellt.

Um den Rahmen dieser Arbeit abstecken zu können, wurde ein Pflichtenheft formuliert.

Anschliessend ging es an die Erarbeitung von Konzeptvorschlägen. Um sich von bereits gebildeten Vorstellungen lösen zu können, wurde die Aufgabe des Prüfstandes abstrahiert. Daraus konnte nun distanzierter eine Blackbox erstellt werden, welche nun als Grundlage für die Funktionsstruktur dient. Die Funktionsstruktur wurde in einen Morphologischen Kasten übersetzt. Ab diesem Moment wurden konkrete Lösungsvorschläge zur Lösung der Teilprobleme diskutiert. Aus all diesen Teillösungen wurden vier Konzepte für den Prüfstand erarbeitet.

Erst wurden diese vier Konzepte mittels einer Auswahlmatrix quantitativ verglichen. Anschliessend wurden die Konzepte zusätzlich qualitativ betrachtet. Darauf wurden die Meinung vom Chef Konstruktion und einem Monteur vom Prototypenbau eingeholt. Die Meinung der Befragten deckte sich mit meinen Auswertungen der Konzepte.

Danach wurde dieses Konzept am CAD Unterbaugruppe für Unterbaugruppe rechnerisch ausgelegt und konstruiert. Nach erledigen dieser Arbeiten wurde kontrolliert ob Optimierungen möglich seien.

Letzte Optimierungen wurden angebracht.

Als nächstes werden Fertigungs- und Montagezeichnungen des Prüfstandes erstellt. Die Teile werden gefertigt und der Prüfstand montiert.

## 1.3 Beruflicher Lebenslauf



Lukas Henseler

Geb. 06.12.1995

Adresse:

Grenzstrasse 3a

6214 Schenkon

2012 - 2016	Lehre als Konstrukteur EFZ	(Bei der Reiden Technik AG)
2016 - 2017	Konstrukteur EFZ	(Bei der Reiden Technik AG)
2017 - ...	Leiter pneumatische Entwicklung	(Bei der Reiden Technik AG)

## 1.4 Unternehmensportrait

### 1.4.1 Reiden Technik AG

Seit 1904 ist die Reiden Technik AG ein selbstständiges Unternehmen, welches Werkzeugmaschinen in Schweizer Qualität entwickelt, herstellt, vertreibt und wartet. Mit rund 150 Mitarbeitern am einzigen Produktionsstandort in Reiden im Kanton Luzern, behauptet sich die Reiden Technik AG mit individuellen kundenspezifischen Sonderlösungen erfolgreich auf dem Markt.

Kundenwünschen und Spezialanforderungen offen gegenüber zu stehen und diese auch erfolgreich umzusetzen bildet eine der Kernkompetenzen der Reiden Technik AG.

Weiter bietet die Reiden Technik AG folgende Dienste an:

- Service Einsätze an CNC- Werkzeugmaschinen
- Revisionen von Reiden Maschinen
- Lohnfertigung im Bereich der mechanischen Bearbeitung
- Bedienschulungen
- Individuelle Software Lösungen für die Automation

### 1.4.2 Produkt Dossier 5-Achsige CNC- Dreh und Fräscnter:

- Reiden BFR2
- Reiden RX10
- Reiden RX12
- Reiden RX14
- Reiden RX18

### 1.4.3 Projektumfeld

Diese Sacharbeit wird im Technischen Büro der Reiden Technik AG umgesetzt. Zurzeit arbeiten 10 Personen im Technischen Büro.

### 1.4.4 Projektorganisation

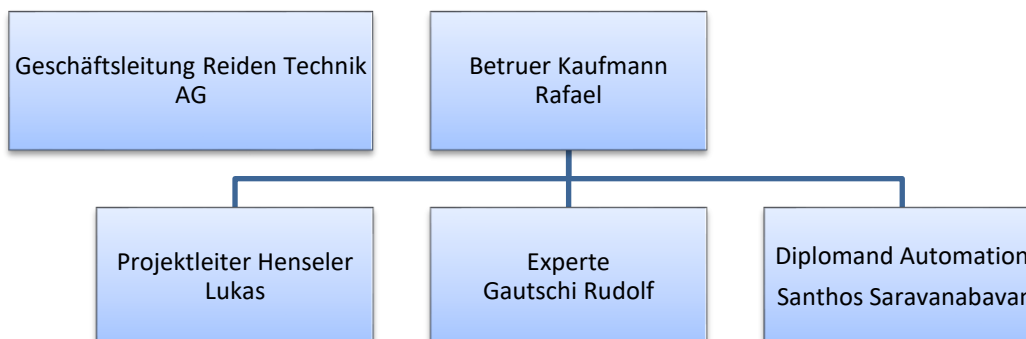


Abbildung 1: Projektorganisation

## 2 Informieren

### 2.1 Ausgangslage

Die Reiden Technik AG entwickelt, produziert und vertreibt Werkzeugmaschinen. In allen von der Reiden hergestellten Maschinen findet sich am Werkzeugwechsler ein Rotationsmodul. Dieses wird im Hause produziert, vormontiert und auch endmontiert. Die Aufgabe des Rotationsmodules ist es, hydraulisch angetrieben, eine Rotationsbewegung von bis zu 180° auszuführen und die aufgenommene pneumatische Energie, korrekt an die Folgemodule weiterzuleiten. Somit wird das automatische Handling der Werkzeuge im Magazin, so wie auch automatische Werkzeugwechsel bei der Frässpindel ermöglicht. Leider neigt dieses Rotationsmodul, (noch vor Ablauf der Garantiezeit der Maschine), zur Undichtheit und dadurch zu Funktionsstörungen. Bei ca. 60% der Rotationsmodule ist dies der Fall. -> Undichtheit: (pneumatisch und oder auch hydraulisch) Ausfälle und Serviceeinsätze auf „Garantiekosten“ sind dann die Folgen.

Vor einiger Zeit wurden diese Rotationsmodule konstruktiv untersucht und optimiert. Die Ausfälle der Rotationsmodule haben in der Folge abgenommen, doch leider ist die maximal zumutbare Ausfallrate noch nicht unterschritten.



## 2.2 Aufgabenstellung

Es ist ein CAD Datensatz zum Konzept einer Vorrichtung zu erstellen. Für diese Vorrichtung ist der Einsatz als Prüfstation, für die Rotationsmodule 41808.31020 / 41008.31000, vorgesehen. Diese Prüfstation soll Realbedingungen für die Rotationsmodule in sinnvoller Genauigkeit simulieren. Mittels eines Dauerbelastungstests von ca. 30min soll dies umgesetzt werden.

Die Rotationsmodule 41808.31020 / 41008.31000 müssen auf folgende Punkte geprüft werden können:

1. Undichtheit des hydraulischen Antriebes. (Optische Prüfung durch Bediener)
2. Undichtheit der Pneumatischen Drehdurchführung. (Staudruck).
3. Präzision des Schwenkwinkels vor, bzw. nach der automatischen Prüfung.

### 2.2.1 Abgrenzung

Diese Arbeit befasst sich ausschliesslich mit der mechanischen Seite des Produktes. Das Automationskonzept wurde bereits im Rahmen der Diplomarbeit eines Mitarbeiters erstellt. Im Rahmen dieser Arbeit wird das Konzept zur Mechanik des Produkts, in Form von 3D-CAD Daten erstellt. Die Zeichnungen werden ausserhalb der Diplomarbeit ausgearbeitet.

### 2.2.2 Lösungsidee

Es soll eine Prüfstation konstruiert werden, welche Realbedingungen für die Rotationsmodule in sinnvoller Genauigkeit simuliert. In einem Dauerbelastungstest von ca. 30min sollen die Rotationsmodule pausenlos ihre Zyklen durchlaufen.

Geprüft wird auf:

1. Undichtheit des hydraulischen Antriebes.
2. Undichtheit der pneumatischen Drehdurchführung (Staudruck).
3. Präzision des Schwenkwinkels.

### 2.2.3 Kernprobleme

- Die Schnittstellen der Prüfstation müssen so gestaltet sein, dass zwei verschiedene Rotationsmodule getestet werden können. Das eine Rotationsmodul 41008.31000 ist für den Einsatz in den Maschinen RX10 und RX12 vorgesehen. Dieses wird mit vertikaler Rotationsachse betrieben.  
Das andere Rotationsmodul 41808.31020 ist für den Einsatz bei der RX14 und RX18 vorgesehen. Dieses wird im Endprodukt, in der Lage 45° abgewinkelter Rotationsachse betrieben.
- Die Installation (Inbetriebnahme) resp. Deinstallation eines Rotationsmoduls im Prüfstand darf nicht zu komplex sein.

### 2.2.4 Projektnutzen

Diese Prüfstation ermöglicht das frühzeitige Aussondieren, von mangelhaften Rotationsmodulen. Der Ausbau eines solchen Rotationsmodules, an der fertigen Maschine ist mit enormen Aufwand verbunden. Es müssen div. Anschlusskonstruktionen demontiert werden. Viele dieser Komponenten müssen vor der wieder Inbetriebnahme ausgerichtet und eingestellt werden.

Mit dem Einsatz dieser Prüfstation können solche Serviceeinsätze vermieden werden

### 2.2.5 Prüfverfahren

Die Prüfung eines Rotationsmoduls bedarf einer geschulten Fachkraft.

Ablauf:

1. Die Fachkraft stellt sicher, dass die Prüfstation ausgeschaltet ist.
2. Das zu prüfende Modul wird von der Fachkraft manuell an der Prüfstation montiert.
3. Die Energiezufuhr von der Prüfstation zum Rotationsmodul wird von der Fachkraft sichergestellt. (Anschliessen der PN-/ Hyd. Schläuche am Rotationsmodul)
4. Die externe Prüflast wird auf das Modul angelegt.
5. Die Sensorik wird am Rotationsmodul angebracht. Endlage Rotationswinkel wird gemessen und protokolliert).
6. Die Schutzabdeckung der Prüfstation wird durch die Fachkraft geschlossen.
7. Der Prüfstand wird eingeschaltet, die Prüfung wird gestartet. Das Rotationsmodul wird so angesteuert, dass dieses während 30 Min. ununterbrochen zwischen den Endlagen rotiert. Währenddessen werden die pneumatischen Kanäle der Drehdurchführung im System (seriell) mit Druckluft (6Bar) belastet, dann verschlossen (Zugang sowie Entlüftung gesperrt). Dieser Zustand wird für 5 Min. aufrechterhalten. Dabei wird gemessen wie hoch der Druckverlust, resp. die Leckage ist. Zusätzlich wird gemessen ob sich der Druck in benachbarten Kanälen der Drehdurchführung erhöht resp. ob ein Übertreten der Druckluft zu benachbarte Kanäle stattgefunden hat. So wird zyklisch ein Kanal nach dem anderen geprüft. Diese Daten werden aufgezeichnet, damit am Ende der Prüfung ersichtlich wird, ob sich das Leckagevolumen während der Prüfung vergrößert hat.
8. Die Automatische Prüfung ist abgeschlossen. Das Rotationsmodul wird nicht mehr angesteuert. Die Schutzabdeckung wird geöffnet. Nun wird optisch kontrolliert, ob Öl von der Hydraulik ausgetreten ist und der Rotationswinkel nachkontrolliert.

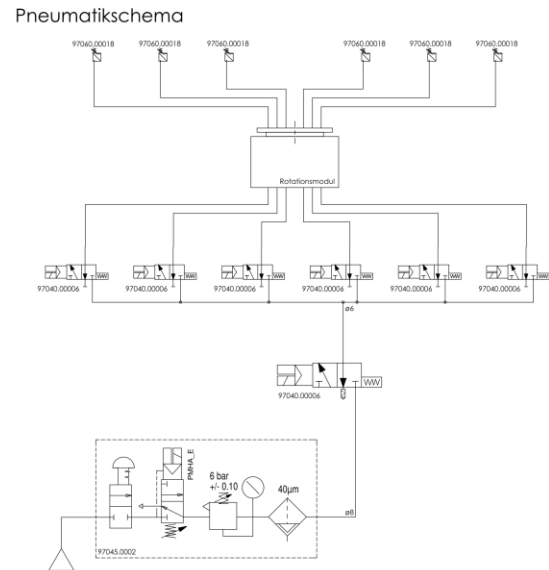


Abbildung 2; Pneumatischeschema der Prüfstation

Prüfwerte:

Was wird geprüft	Sensor	Wann wird geprüft	Bemerkung
Dichtheit der Pneumatischen Drehdurchführung	PN-Druckschalter	Während der gesamten Prüfung	Jeder Kanal einzeln für 5 Min., dann der nächste (zyklisch).
Durchgängigkeit Pn. Leitungen	PN-Druckschalter	Während der gesamten Prüfung	
Dichtheit der hyd. Komponenten	(Bediener) Augen, Finger	Nach der Prüfung	
Rotationswinkel (Verstellung Einstellwinkel)	Drehgeber /berührungsloser Dist. Messer/ Messuhr	Vor und nach der Prüfung.	Rotationswinkelvergleich der Einzelwerte.

Tabelle 1: Prüfwerte

## 2.2.6 Schnittstellen

Die Prüfstation weist im Wesentlichen 4 Schnittstellen auf. Die Schnittstelle des Gesamtsystems zur umgebenden Infrastruktur, die Schnittstelle vom Gesamtsystem zum Bediener und die Schnittstellen zu den entsprechenden Rotationsmodulen.

### 2.2.6.1 Schnittstellen zwischen System und Infrastruktur

Das Gesamtsystem bedarf von der umgebenden Infrastruktur:

1x Stromanschluss 230v/ 50Hz

1x Pneumatikanschluss 6Bar...10Bar

Ein stabiles Fundament und ca. 2m<sup>2</sup> Stellfläche.

Hydraulisch wird die Prüfstation von einem bestehenden mobilen Hydraulikaggregat mit 80Bar Prüfdruck betrieben.

### 2.2.6.2 Schnittstelle zwischen System und Bediener

Für den Informationsfluss vom Gesamtsystem zum Bediener sind eine Sichtscheibe und zum zusätzlich ein Touch-Panel vorgesehen, welches die relevanten Systeminformationen abbilden kann.

Für den rückwertigen Informationsfluss vom Bediener zum Gesamtsystem sind das bereits beschriebene Touch-Panel, welches auch zur Bedienung des Gesamtsystems dient, und ein Nothalt-Knopf vorgesehen.

### 2.2.6.3 Schnittstellen Rotationsmodul RX10/12

Abmass: 144 mm x 258.5 mm x 132 mm

Leergewicht: 9.5 kg

Antrieb: Hydraulik 80 Bar

Drehdurchführung: 6 Kanäle Pneumatisch

Schwenkdauer 90°: ca. 2 Sek.

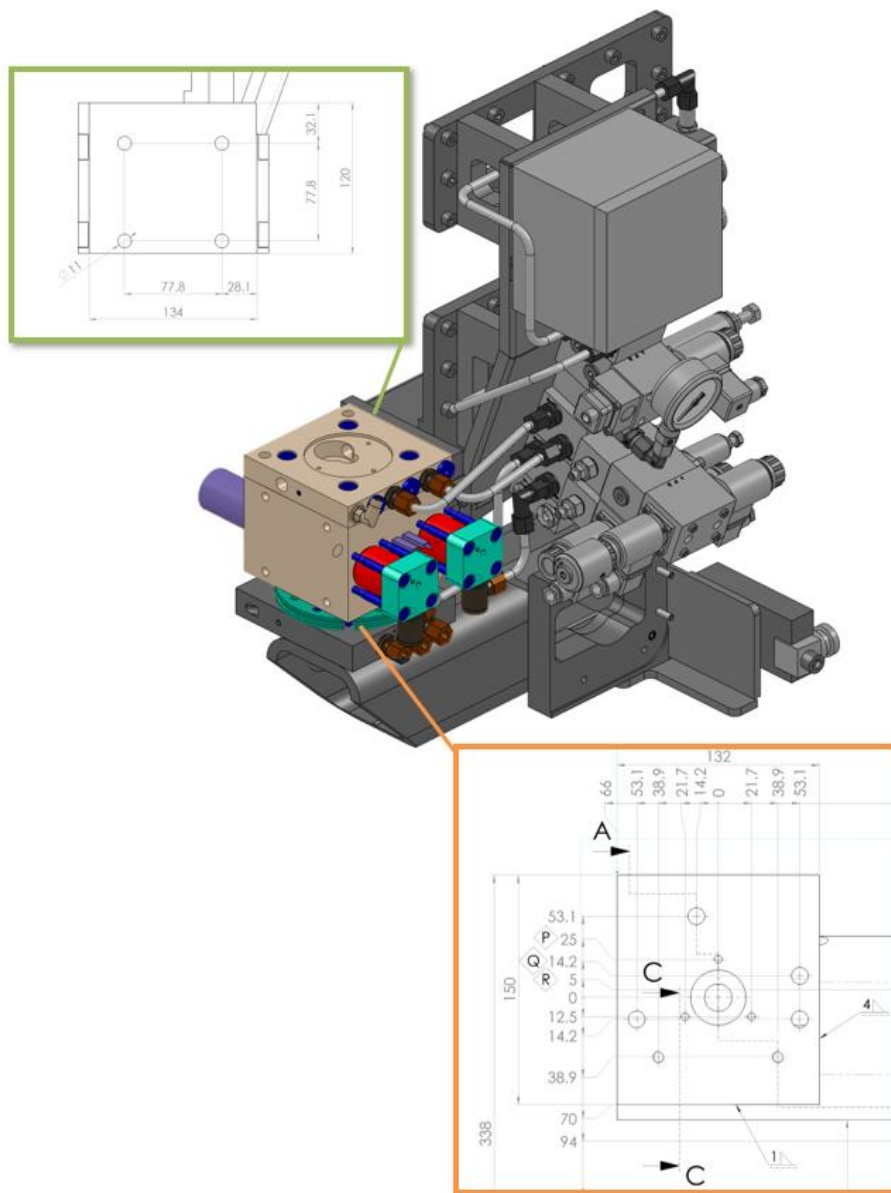


Abbildung 3; Schnittstellen Rotationsmodul RX10/12

### 2.2.6.4 Schnittstellen Rotationsmodul RX14/18

Abmass: 148 mm x 386.25 mm x 160 mm

Leergewicht: 16.6 kg

Antrieb: Hydraulik 80 Bar

Drehdurchführung: 2 Kanäle Pneumatisch

Schwenkdauer 180°: ca. 3.5 Sek.

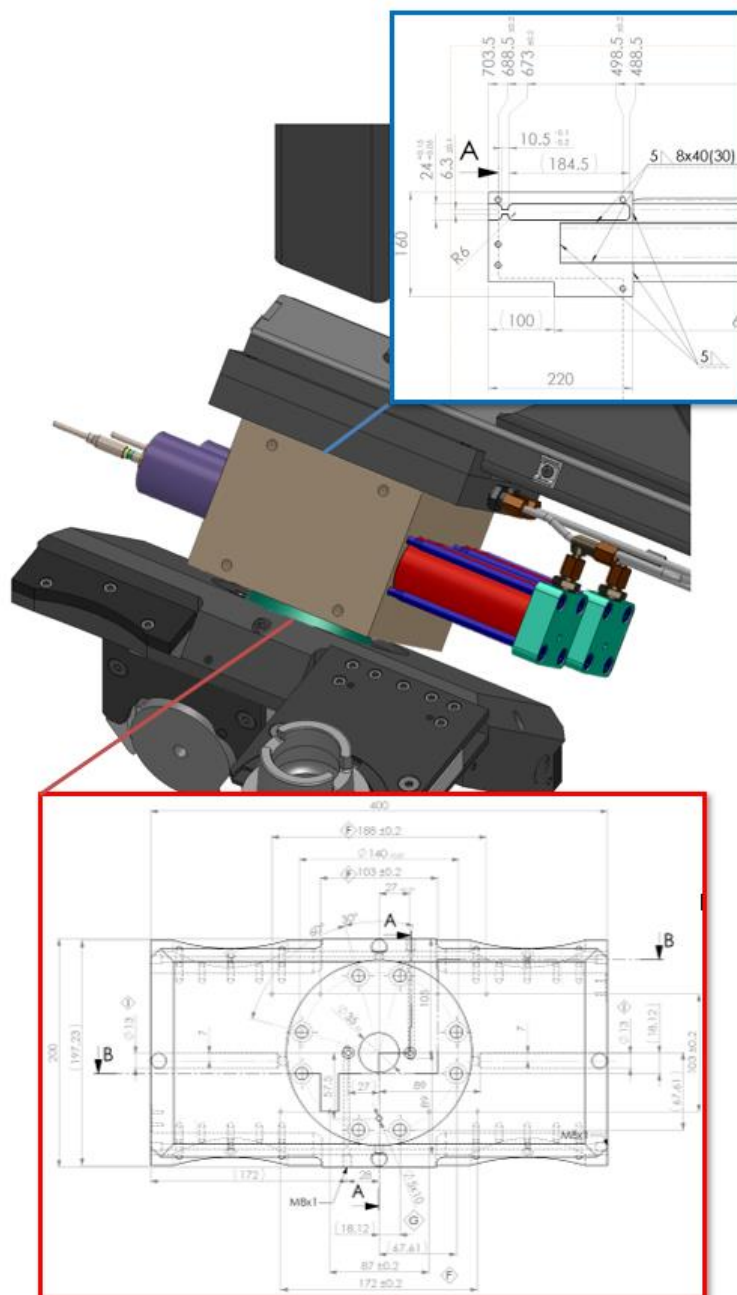


Abbildung 4; Schnittstellen Rotationsmodul RX14/18

## 2.3 Pflichtenheft

### **Die Prüfstation soll folgende Funktionen beinhalten:**

Die beiden Rotationsmodultypen sollen, in dem Prüfstand gleichermaßen getestet werden können.

Die beiden Rotationsmodultypen sollen, mit einer Rotationsmasse oder einer alternativen Konstruktion, welche die ungefähre Masse und Schwerpunktlage der vorgesehenen Anschlusskonstruktion beim Endprodukt imitiert, für den Testbetrieb belastet werden können.

An der Prüfstation muss für die beiden Rotationsmodultypen, die Verfügbarkeit der erforderlichen Energieleitungen (Elektronik/ Sensorik/ Pneumatik/ Hydraulik) sichergestellt sein.

Die beiden Rotationsmodultypen sollen analog dem Einsatz im Endprodukt, ihre Funktion ausführen können.

Die Prüfstation muss die oben aufgeführten Messungen durchführen können.

Es muss mechanisch, so wie auch softwaretechnisch gewährleistet sein, dass die beiden Rotationsmodultypen, während des Testbetriebes, für den Bediener unzugänglich sind.

Die Prüfstation muss über eine Not-Aus Funktion verfügen.

Die Prüfstation soll nach internen Designrichtlinien der Reiden Technik AG gestaltet sein.

Eine ergonomische Gestaltung der Prüfstation ist anzustreben.

Für das Handling der Vorrichtung sind der Hallenkran und der Hubstapler vorgesehen.

Für die Fertigstellung der Prüfstation ist ein Budget von 7'200 CHF vorgesehen.

Die 3D-CAD Daten müssen bis zum 12.10.2020 Freigabereife erreicht haben.

### 2.3.1 Anforderungsliste

Nr.	Anforderungen	Prüf- bereich	Wunsch/ Forderung
<b>Technisches</b>			
01	Schnittstellen für die geforderten Rotationsmodule müssen vorhanden sein.	Geometrie	Forderung
02	Für die geforderten Rotationsmodule müssen realistische externe Belastungen bereitstehen.	Geometrie	Forderung
03	Integrierte Medienleitungen für geforderte Medien müssen bereitstehen.	Automation	Forderung
04	Geforderte Messungen müssen vorgenommen werden können.	Automation	Forderung
05	Handling mittels Hallenkran und Hubstapler gewährleisten.	Geometrie	Wunsch
06	Auslegung der Vorrichtung für Betriebsdauer von jeweils 30 Min.	Statisch	Forderung
07*	Auslegung der Vorrichtung für 1 Prüfung/ Woche.	Quantität	Forderung
<b>Wirtschaftliches</b>			
08	Das Budget von 7'200 CHF (Material) ist vorgesehen.	Finanzen	Forderung
<b>Sicherheit</b>			
09	Während Testläufen soll das Rotationsmodul unzugänglich sein.	Geometrie	Forderung
10	Eine Notaus-Funktion muss im Prüfstand integriert sein.	Automation	Forderung
11	Ergonomisches Arbeiten an der Station soll möglich sein.	Geometrie	Wunsch
<b>Design</b>			
12	Die Vorrichtung soll orange RAL 2003 lackiert sein.	Optik	Wunsch
13	Die Schläuche/ Kabel/ Gewichte sollen, wenn diese nicht gebraucht werden, an/ in der Prüfstation verstaut werden können.	Geometrie	Wunsch
<b>Termin</b>			
14	Freigabereife der 3D-CAD Daten bis zum 12.10.2020		Forderung

Tabelle 2: Anforderungsliste

Freigabe der Anforderungsliste:

(\* = 1. Änderungen // \*\* = 2. Änderungen // \*\*\* = 3. Änderungen)

Auftraggeber: Kaufmann Rafael

Freigabe; 21.08.2020/ 6260 Reiden

Auftragnehmer: Henseler Lukas

\*Änderungen: Nutzungsauslastung deklariert

Auftraggeber: Kaufmann Rafael

Freigabe; 27.08.2020/ 6260 Reiden

\*\*Änderungen:

### *2.3.2 Projektziel*

- Der Reiden Technik AG mit dem Produkt dieser Arbeit einen Mehrwert generieren.
- Alle Termine einhalten

### *2.3.3 Technische Ziele*

- Das Ausarbeiten eines funktionsfähigen Konzeptes.
- Alle Anforderungen gemäss Anforderungsliste umsetzen.
- Entwicklungskosten niedrig halten.

### *2.3.4 Persönliche Ziele*

- Eine qualitativ hochwertige Diplomarbeit erstellen.
- Gelerntes umsetzen und anwenden können.
- Erfahrungen für künftige Arbeiten sammeln.



## 2.4 Terminplanung

		Projektplan																															
Projektbez.:	Prüfstation zu Rotationsmodul	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px;"></span> Kalkulierte Zeit           <span style="background-color: #92D050; border: 1px solid black; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px; margin-left: 20px;"></span> Reell verwendete Zeit           <span style="background-color: #FFB6C1; border: 1px solid black; width: 15px; height: 10px; margin-right: 5px; margin-left: 20px;"></span> Geplanter Meilenstein           <span style="background-color: #808080; border: 1px solid black; width: 15px; height: 10px; margin-left: 20px;"></span> Durchgeführter Meilenstein         </div> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Es sind nur die Tage aufgeführt, an welchen am Projekt gearbeitet werden kann. (Schultage/ Kurzarbeitstage/ etc.) sind nicht aufgeführt.</p>																															
Kunde:	Reiden Technik AG																																
Datum:	20.08.2020																																
Version:	B																																
Jahr	2020																																
KW	34	35	36	37	38	39	40	41	42																								
Tag	17.08	19.08	20.08	21.08	26.08	27.08	28.08	1.09	2.09	3.09	4.09	8.09	9.09	10.09	11.09	15.09	16.09	17.09	18.09	22.09	23.09	24.09	25.09	29.09	30.09	1.10	2.10	5.10	6.10	7.10	8.10	9.10	12.10
<b>Dokumentationsarbeiten</b>																																	
Dokumentationsarbeiten (nicht klassifizierbar)	[Gantt chart showing planned and actual time for documentation tasks]																																
<b>Termine</b>																																	
Projektstart	[Gantt chart showing project start milestone]																																
Projekt Ende	[Gantt chart showing project end milestone]																																
<b>Informieren</b>																																	
Pflichtenheft	[Gantt chart showing task for creating the obligation book]																																
Informationen sammeln	[Gantt chart showing task for collecting information]																																
Anforderungsliste	[Gantt chart showing task for creating the requirements list]																																
Terminplanung	[Gantt chart showing task for scheduling]																																
Meilenstein 1: Freigabe Pflichtenheft	[Gantt chart showing milestone for obligation book release]																																
<b>Planen</b>																																	
Abstrahieren	[Gantt chart showing task for abstraction]																																
Funktionsstruktur	[Gantt chart showing task for functional structure]																																
Morphologie	[Gantt chart showing task for morphology]																																
Ausarbeiten Lösungsvarianten (A/B/C/D)	[Gantt chart showing task for developing solution variants]																																
Meilenstein 2: Freigabe Funktionsstruktur	[Gantt chart showing milestone for functional structure release]																																
<b>Entscheiden</b>																																	
Bewertung der Teilfunktionen	[Gantt chart showing task for evaluating sub-functions]																																
Bewertung der Lösungsvarianten	[Gantt chart showing task for evaluating solution variants]																																
Auswahl der Lösungsvariante	[Gantt chart showing task for selecting a solution variant]																																
Meilenstein 3: Besprechung Lösungsvarianten	[Gantt chart showing milestone for solution variant discussion]																																
<b>Realisieren</b>																																	
CAD realisieren Unterbaugruppen	[Gantt chart showing task for realizing sub-components in CAD]																																
CAD Realisieren Oberbaugruppe	[Gantt chart showing task for realizing main component in CAD]																																
Berechnungen	[Gantt chart showing task for calculations]																																
Meilenstein 4: Optimierungsmög. Vorentwurf	[Gantt chart showing milestone for optimization possible preliminary design]																																
<b>Kontrollieren</b>																																	
Kontrolle	[Gantt chart showing task for control]																																
Nachkonstruktionen	[Gantt chart showing task for re-construction]																																
<b>Auswerten</b>																																	
Zusammenstellung endgültige Lösung	[Gantt chart showing task for final solution assembly]																																
Bewertung der endgültigen Lösung	[Gantt chart showing task for final solution evaluation]																																
Meilenstein 5: Freigabereife der end. Lösung	[Gantt chart showing milestone for final solution ready for release]																																

Tabelle 3; Terminplanung

## 2.4.1 Meilensteine

### 2.4.1.1 Meilenstein 1

Freigabe Pflichtenheft.

### 2.4.1.2 Meilenstein 2

Freigabe Funktionsstruktur

### 2.4.1.3 Meilenstein 3

Besprechung der Lösungsvarianten A, B und C.

### 2.4.1.4 Meilenstein 4

Optimierungsmöglichkeiten Vorentwurfes

### 2.4.1.5 Meilenstein 5

Freigabereife der endgültigen Lösung.

### 3 Protokolle

#### 3.1.1 Arbeitsprotokoll

Tätigkeit	Datum	Benötigte Zeit [h]
		191,5
Pflichtenheft+Terminplan komplettiert/ Infosammlung	20.08.20	8
Ergänzungen Pflichtenheft und Anforderungsliste	21.08.20	1
Meilenstein 1: Freigabe Pflichtenheft	21.08.20	0,5
Abstrahieren	26.08.20	1,5
Funktionsstruktur	26.08.20	1
Funktionsstruktur	27.08.20	2
Dokumentation	27.08.20	3
Meilenstein 2: Freigabe Funktionsstruktur	28.08.20	0,5
Morphologie	28.08.20	5
Morphologie	01.09.20	6
Dokumentation	01.09.20	2
Lösungsvarianten ausarbeiten	02.09.20	6
Lösungsvarianten ausarbeiten	03.09.20	5
Bewertung der Teilfunktionen	03.09.20	2
Bewertung der Lösungsvarianten	03.09.20	1
Bewertung der Lösungsvarianten	04.09.20	5
Meilenstein 3: Besprechung der Lösungsvarianten	04.09.20	1
Auswahl der Lösungsvariante	04.09.20	1
Auslegen der Prüfwerkzeuge	08.09.20	5
CAD UBG Prüfgewicht	09.09.20	8
CAD UBG Prüfgewicht	10.09.20	8
CAD UBG Prüfgewicht	11.09.20	5
CAD UBG Grundgestell	11.09.20	1
CAD UBG Versorgung Daten zusammentragen	11.09.20	2
CAD UBG Prüfgewicht	15.09.20	8
CAD UBG Prüfgewicht	16.09.20	7
CAD UBG Prüfgewicht	16.09.20	5
CAD UBG Schweissgestell	16.09.20	3
CAD UBG Schweissgestell	17.09.20	8
CAD UBG Schweissgestell	18.09.20	5
CAD Oberbaugruppe	18.09.20	3
CAD UBG Drehmomentstütze	22.09.20	2
CAD UBG Versorgung	23.09.20	4
OBG	24.09.20	2
CAD UBG Verschalung	24.09.20	7
CAD UBG Verschalung	25.09.20	2
CAD OBG	25.09.20	5
Meilenstein 4: Optimierungsmöglichkeiten Vorentwurf	25.09.20	1
Kontrollieren	29.09.20	3
Nachkonstruktionen	29.09.20	5
Nachkonstruktionen	30.09.20	7
Nachkonstruktionen	01.10.20	3
Zusammenstellen endgültige Lösung	02.10.20	3
Bewertung der endgültigen Lösung	05.10.20	2
Meilenstein 5: freigabereife der endgültigen Lösung	06.10.20	1
Pauschale Dokumentationsarbeiten	...10.10.20	25

Table 4; Arbeitsprotokoll

### *3.1.2 Besprechungsprotokoll*

#### **Termin: Meilenstein 1; Freigabe Pflichtenheft**

Datum: 21.08.2020  
Ort: Arbeitsplatz Henseler Lukas

#### **Anwesend:**

Diplomand: Henseler Lukas  
Chef TB: Kaufmann Raphael

#### **Gegenstand der Besprechung:**

- Kontrolle und Freigabe der Anforderungsliste

#### **Besprochenes:**

Die Anforderungsliste wurde Herrn Kaufmann Raphael präsentiert. Diese musste weder um einen Punkt ergänzt, noch gestrafft werden.

Die Genehmigung zur Freigabe des Pflichtenhefts wurde durch Herrn Kaufmann Rafael erteilt.

### 3.1.3 Besprechungsprotokoll

#### Termin: Ergänzung zu Pflichtenheft

Datum: 27.08.2020  
Ort: Arbeitsplatz Henseler Lukas

#### Anwesend:

Diplomand: Henseler Lukas  
Chef TB: Kaufmann Raphael

#### Gegenstand der Besprechung:

- Ergänzung der Anforderungsliste

#### Besprochenes:

Die Anforderungsliste wies noch eine Lücke auf. Um diese Lücke zu schliessen integrierte ich unter Punkt 07 der Anforderungsliste „Nutzungsauslastung deklariert“. Also wie oft die Prüfstation gebraucht wird. Ich habe dies auf 1mal/ Woche deklariert. Diese Zahl wurzelt aus einer Schätzung. Diese setzt sich aus folgenden Überlegungen zusammen:

- Die Reiden Technik AG produziert pro Jahr ca. 30 Maschinen 30/Jahr
- Die Service Abteilung muss reparierte Rotationsmodule testen 18/Jahr  
48/Jahr (Summe)  
4 Module Reserve

Die angepasste Anforderungsliste wurde Herrn Kaufmann vorgelegt und besprochen.

Die Änderung der Anforderungsliste wurde so genehmigt.

### *3.1.4 Besprechungsprotokoll*

#### **Termin: Meilenstein 2; Freigabe Funktionsstruktur**

Datum: 28.08.2020  
Ort: Arbeitsplatz Henseler Lukas

#### **Anwesend:**

Diplomand: Henseler Lukas  
Chef TB: Kaufmann Raphael

#### **Gegenstand der Besprechung:**

- Präsentation Funktionsstruktur
- Freigabe Funktionsstruktur

#### **Besprochenes:**

Die Funktionsstruktur wurde Herrn Kaufmann von Henseler Lukas vorgestellt. Die einzelnen Funktionen und deren Auflistung wurden durchbesprochen. Vereinzelt wurde die Namensgebung der Funktionen durch prägnantere Ausdrücke ersetzt.

Die Funktionsstruktur wurde in ihrer Gesamtheit positiv wahrgenommen und erhielt die Freigabe zur weiteren Verwendung im Projektverlauf.

### 3.1.5 Besprechungsprotokoll

#### Termin: Meilenstein 3; Auswahl der Lösungsvariante

Datum: 08.09.2020  
Ort: Arbeitsplatz Henseler Lukas

#### Anwesend:

Diplomand: Henseler Lukas  
Chef TB: Kaufmann Raphael  
Prototypmechaniker: Lindemann Sandro

#### Gegenstand der Besprechung:

- Präsentation der Lösungsvarianten A/B/C/D
- Besprechung bez. Auswahl der Lösungsvarianten.

#### Besprochenes:

Die Lösungsvarianten wurden von Henseler Lukas vorgestellt.

Lösungsvariante A: Diese Lösungsvariante wurde als sehr interessant bez. der Qualität der Prüfbedingungen empfunden. Jedoch wurden einerseits die Kosten, so wie auch die unergonomische Bedienweise kritisiert.

Lösungsvariante B: Diese Lösung hat technisch nicht überzeugt. Die Rotation kann nicht gebremst, resp. die Massenträgheit nicht simuliert werden. Auch das Bodenblech wurde bemängelt.

Lösungsvariante C: Diese Lösungsvariante hat technisch überzeugt. Alle relevanten Lasten können sogar einstellbar simuliert werden. Jedoch ist das Einrichten des Versuchsaufbaus sehr aufwändig. Auch wurde der Umstand, dass diese Lösungsvariante auf einem bestehenden Tisch platziert werden muss, als nachteilig aufgefasst.

Lösungsvariante D: Diese Lösungsvariante befriedigt die Bedürfnisse nach Simulationsqualität, bietet eine Ergonomische Handhabung und gewisse Sicherheit. Bezüglich der Kosten bewegt sich diese Lösungsvariante im oberen Mittelfeld.

Die allgemeine Wahl der Besprechung priorisieren die Lösungsvariante D. Dies deckt sich mit der Auswertung der Bewertungsmatrix.

### *3.1.6 Besprechungsprotokoll*

#### **Termin: Auslegung Prüfwerkzeug**

Datum: 08.09.2020  
Ort: Arbeitsplatz Henseler Lukas

#### **Anwesend:**

Diplomand: Henseler Lukas  
Chef TB: Kaufmann Raphael

#### **Gegenstand der Besprechung:**

- Belastungsgrenze seitens Prüfwerkzeuge

#### **Besprochenes:**

Es wurde besprochen, ob und welchen Abminderungsfaktor auf die Belastung durch Prüfwerkzeuge gerechnet werden soll. Da bei dem angedachten Prüfverfahren die Rotationsmodule kontinuierlich betrieben werden und dies im Normalbetrieb nicht der Fall ist, wurde der Einsatz eines solchen Abminderungsfaktors erwogen.

Das Einbringen eines Abminderungsfaktors wurde durch Herrn Kaufmann Raphael konsequent abgelehnt. Denn theoretisch ist es dem Kunden möglich, die Rotationsmodule in solcher Art zu betreiben.

Entscheid: In den Auslegungsberechnungen werden keine Abminderungsfaktoren integriert.



### *3.1.7 Besprechungsprotokoll*

#### **Termin: Prüfung Module RX14/18**

Datum: 09.09.2020  
Ort: Arbeitsplatz Henseler Lukas

#### **Anwesend:**

Diplomand: Henseler Lukas  
Chef TB: Kaufmann Raphael

#### **Gegenstand der Besprechung:**

- Prüfung der Module RX14/18 nötig?

#### **Besprochenes:**

Bei den Auslegungsarbeiten der Prüfwerkzeuge, genauer bei der Untersuchung der Belastungen auf die Module hat sich herausgestellt, dass die Belastungen auf dem Rotationsmodul der RX14/18 um ein Vielfaches geringer ist als bei dem filigraner gebauten Rotationsmodul der RX10/12!

Drehmoment auf Rotationsflansch der RX10/12: 275Nm

Drehmoment auf Rotationsflansch der RX14/18: 37.5Nm

Herrn Kaufmann war dies bewusst, doch macht dies kostentechnisch an der Konstruktion fast keinen Unterschied, wenn beide Modultypen getestet werden können.

Es ist weiterhin vorgesehen beide Modultypen zu testen.

### *3.1.8 Besprechungsprotokoll*

#### **Termin: Positionierung Versorgungskomponenten**

Datum: 23.09.2020  
Ort: Arbeitsplatz Henseler Lukas

#### **Anwesend:**

Diplomand: Henseler Lukas  
Diplomand Automation: Santhos Saravanabavan

#### **Gegenstand der Besprechung:**

- Positionierung der Automationskomponenten auf dem Versorgungsblech.

#### **Besprochenes:**

Die Unterbaugruppe "Versorgung" beinhaltet alle erforderlichen Komponenten. Gemeinsam wurden die Komponenten wie die pneumatische Luftaufbereitungseinheit, Ventile, Druckschalter und weiteres auf dem Versorgungsblech positioniert. Dies wurde im Beisein des Diplomanden für Automation durchgeführt, da er die Verkabelung und Verschlauchung an der Vorrichtung durchführen muss. So werden ineffiziente Platzierungen der Komponenten verhindert.

Am Ende war die UBG "Versorgung" soweit definiert und konnte abgeschlossen werden.

### *3.1.9 Besprechungsprotokoll*

#### **Termin: Meilenstein 4; Optimierungsmöglichkeiten Vorentwurf**

Datum: 25.09.2020  
Ort: Arbeitsplatz Henseler Lukas

#### **Anwesend:**

Diplomand: Henseler Lukas  
Chef TB: Kaufmann Raphael  
Prototypmechaniker: Lindemann Sandro

#### **Gegenstand der Besprechung:**

- Präsentieren des Vorentwurfs
- Identifikation zu optimierender Punkte

#### **Besprochenes:**

Der Vorentwurf wurde in Form der OBG im CAD vom Diplomanden, den anderen Besprechungsteilnehmer präsentiert. Anschliessend wurden verschiedene Punkte debattiert.

Zuerst wurden Risiken im Umgang mit dem Prüfstand identifiziert. Die Ergebnisse der Diskussion sind im Kapitel 7.2.1 festgehalten.

Anschliessend wurden optimierbare Stellen an dem Prüfstand identifiziert.

- Die Verschlauchung vom Prüfaufbau zu den Drucksensoren könnte etwas problematisch sein. Pneumatikschläuche sind sehr formstabil. Es könnte sein, dass diese Schwierigkeiten haben die rotierende Bewegung mit dem Prüfaufbau mit zu machen.
- Die Positionierung der Blindplatte für die nicht verwendeten Schläuche ist schwierig, da die verschiedenen rotationsmodultypen, von verschiedenen Seiten pneumatisch angeschlossen werden müssen. Es soll geprüft werden, ob statt der Blindplatte mit Steckkupplungen gearbeitet werden kann.
- Der linke Rundpuffer ist überflüssig. Dieser soll entfernt werden.

### *3.1.10 Besprechungsprotokoll*

#### **Termin: Meilenstein; Freigabereife der endgültigen Lösung**

Datum: 06.10.2020  
Ort: Arbeitsplatz Henseler Lukas

#### **Anwesend:**

Diplomand: Henseler Lukas  
Chef TB: Kaufmann Raphael  
Prototypmechaniker: Lindemann Sandro

#### **Gegenstand der Besprechung:**

- Präsentieren der Optimierungen
- Präsentieren des Gesamtsystems

#### **Besprochenes:**

Die Optimierungen wurden den Anwesenden Personen Punkt für Punkt präsentiert.

Das Gesamtsystem wurde im CAD den anwesenden Personen präsentiert.

Es wurden keine Beanstandungen gemacht. Die 3D CAD Daten sind soweit freigabereif.

## 4 Planen

### 4.1 Abstrahieren

#### 4.1.1 Abstraktion

Es ist eine Prüfstation zu entwickeln, an welcher das Rotationsmodul 41008.31000 (für RX10/ RX12) und das Rotationsmodul 41808.31020 (Für RX14/ RX18) befestigt und unter sinnvoll realen Bedingungen belastet, betrieben und geprüft werden kann.

1. Es ist eine Prüfstation zu entwickeln, an welcher Rotationsmodule befestigt und unter sinnvolle realen Bedingungen belastet, betrieben und geprüft werden können.
2. Es ist eine Prüfstation zu entwickeln, an welcher Baugruppen befestigt, belastet, betrieben und geprüft werden können.
3. Es ist ein System zu entwickeln, welches Baugruppen betreiben und prüfen kann.

#### 4.1.2 Blackbox

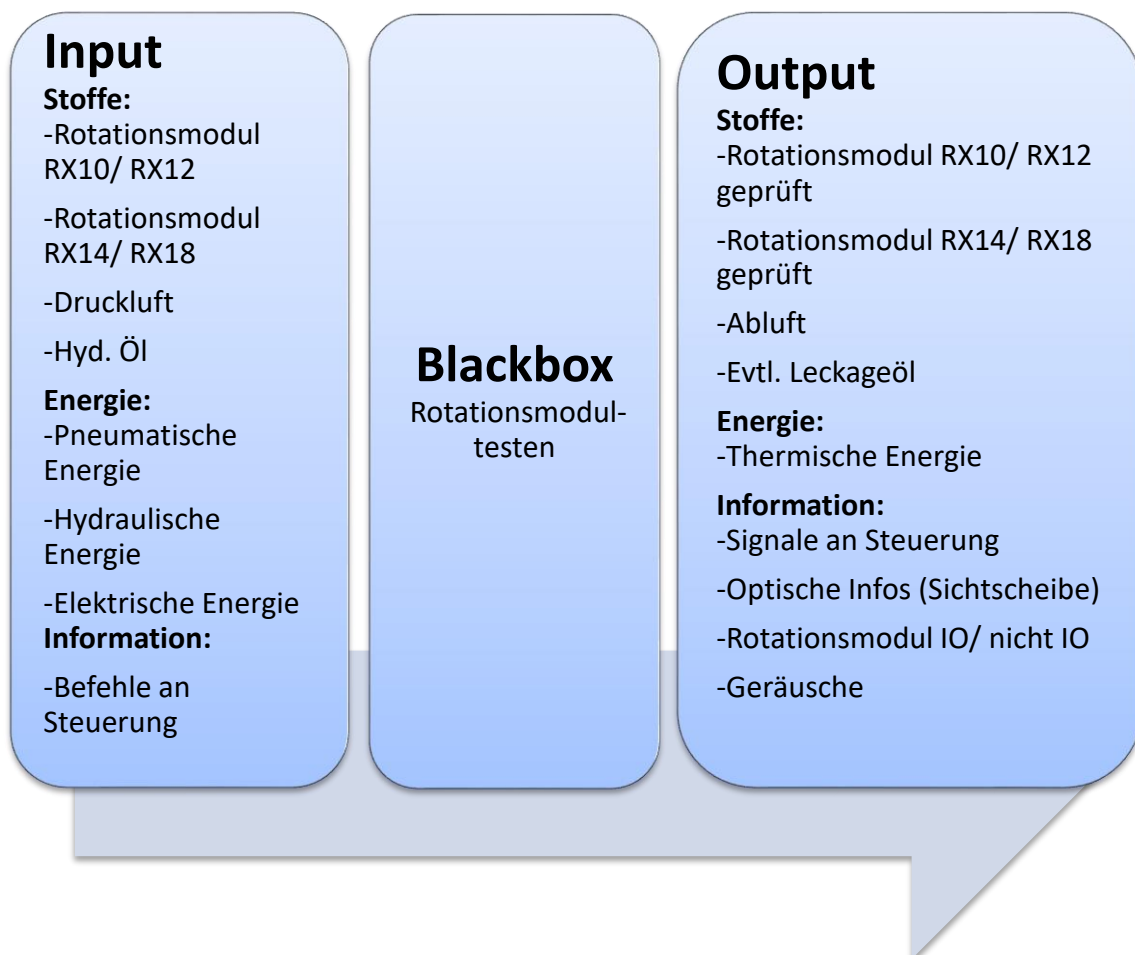


Abbildung 5:Blackbox

### 4.1.3 Funktion

Nachfolgend ist der Inhalt der Blackbox aus vorheriger Betrachtung, in verschiedenen Detaillierungsgraden dargestellt.

#### 4.1.3.1 Ablaufschema

Eine rudimentäre Form dieses Ablaufschemas ist bereits im Kapitel „2.2.5 Prüfverfahren“ abgebildet.

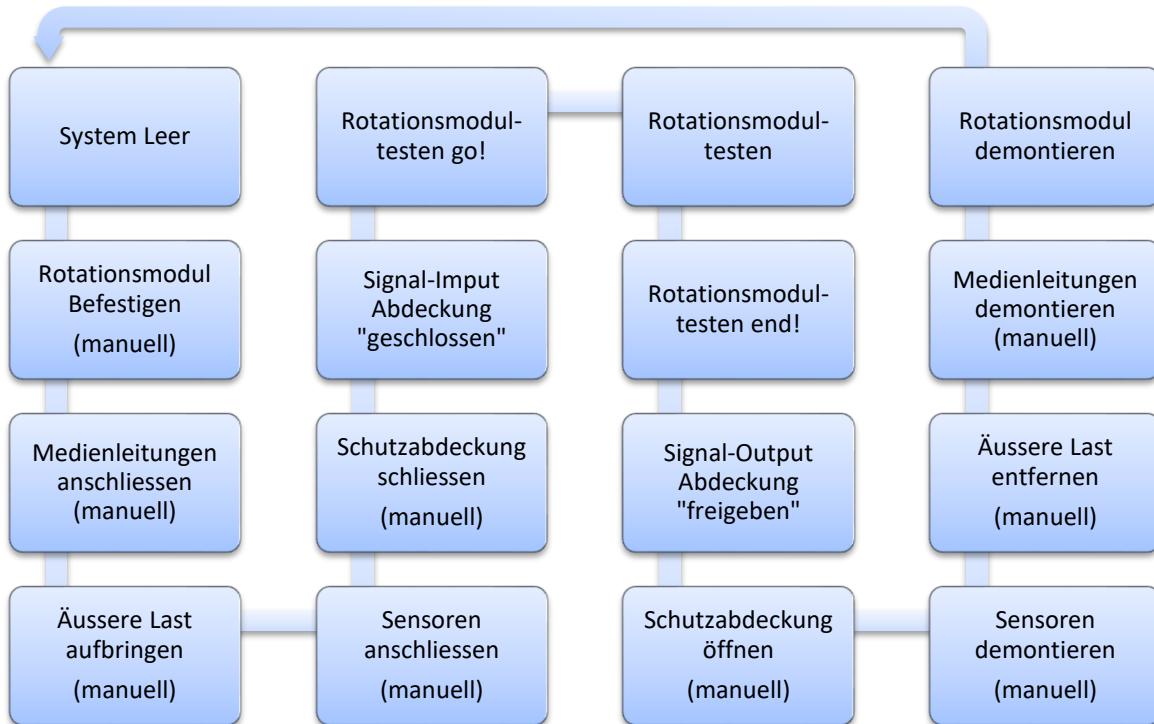


Abbildung 6:Ablaufschema

4.1.3.2 Funktionsstruktur

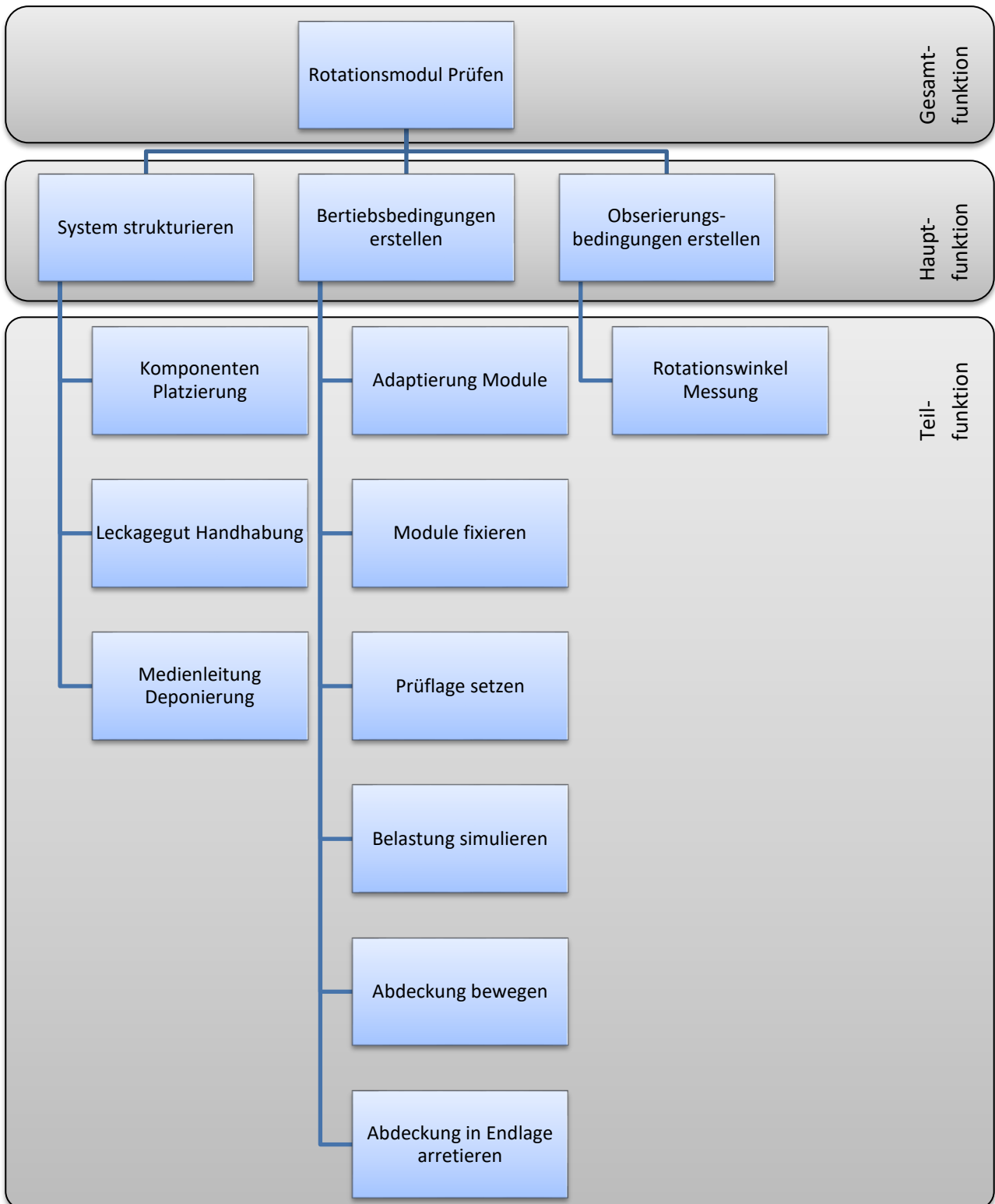


Abbildung 7: Funktionsstruktur

## 4.2 Morphologie

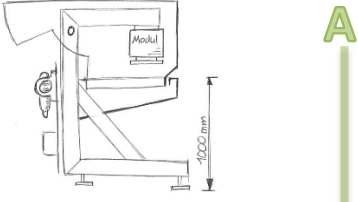
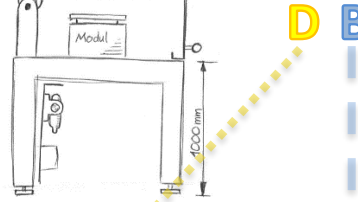
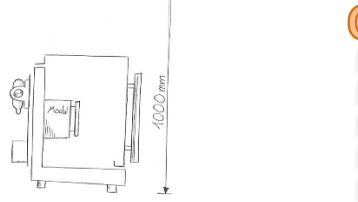
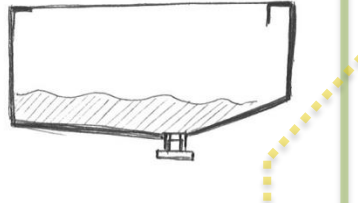
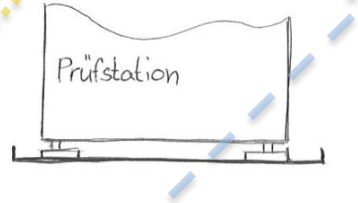
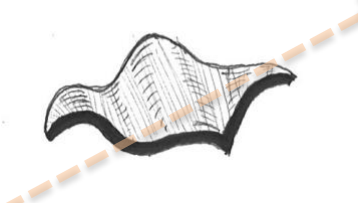
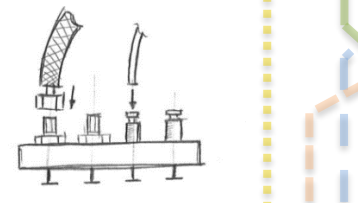
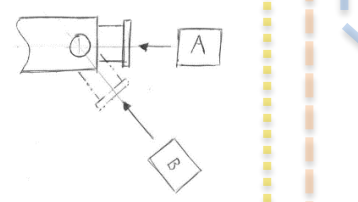
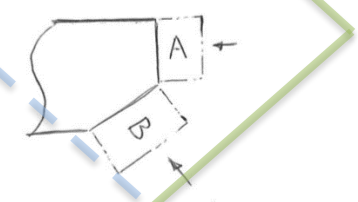
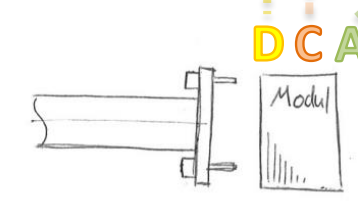
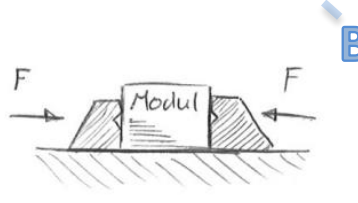
### 4.2.1 Auflistung der Teilfunktionen

Teilfunktion	Bezeichnung	Bemerkung
1	Komponenten Platzierung	Grundgestaltung
2	Leckage Handhabung	Reinigung
3	Medienleitung Deponierung	
4	Adaptierung Rotationsmodule	
5	Rotationsmodule fixieren	
6	Prüflage setzen	
7	Belastung simulieren	
8	Abdeckung bewegen	
9	Abdeckung in Endlage arretieren	
10	Rotationswinkelmessung	

*Tabelle 5: Teilfunktionen*



### 4.2.2 Morphologischer Kasten

Teilfunktion 1: Komponenten Platzierung		
Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3
Schweissgestell „Hochformat“	Schweissgestell „Tisch“	Blechkonstruktion „kompakt“
		
Teilfunktion 2: Leckage Handhabung		
Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3
Öl-Wanne	Bodenblech	Reinigung von Hand
		
Teilfunktion 3: Medienleitung Deponierung		
Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3
Blindanschlüsse		
		
Teilfunktion 4: Adaptierung Rotationsmodule		
Variante 4.1	Variante 4.2	Variante 4.3
Eine Schnittstelle	Zwei Schnittstellen	
		
Teilfunktion 5: Rotationsmodule fixieren		
Variante 5.1	Variante 5.2	Variante 5.3
Verschrauben	Klemmen	
		

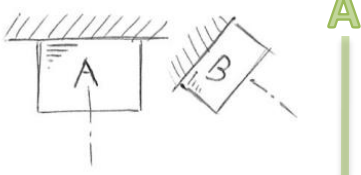
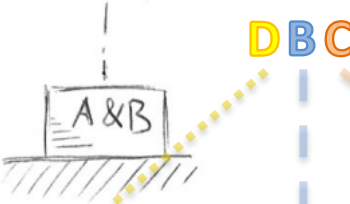
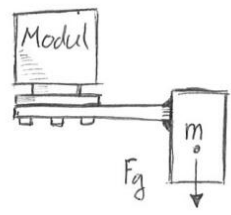
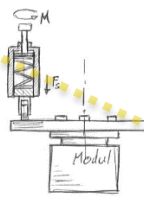
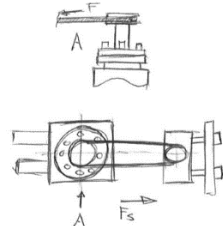
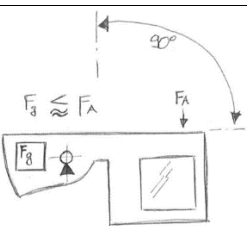
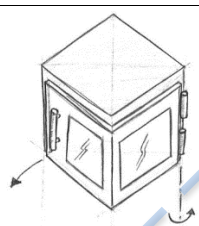
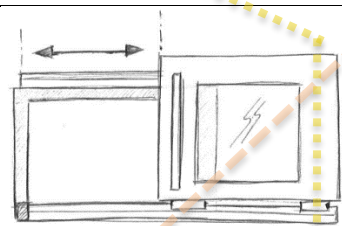
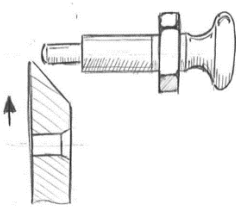
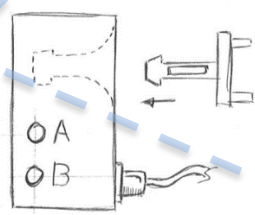
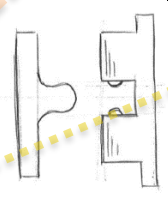
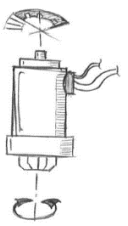
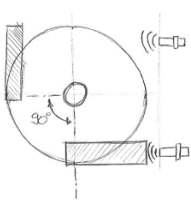
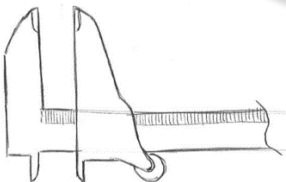
Teilfunktion 6: Prüflage setzen		
Variante 6.1	Variante 6.2	Variante 6.3
Analog Einsatzlage	Nicht analog Einsatzlage	
		
Teilfunktion 7: Belastung simulieren		
Variante 7.1	Variante 7.2	Variante 7.3
Test Gewicht	Federvorspannung	Riementrieb
		
Teilfunktion 8: Abdeckung bewegen		
Variante 8.1	Variante 8.2	Variante 8.3
Schwenkbar via Lagerung	Schwenkbar via Scharnier	Verschiebbar via Führung
		
Teilfunktion 9: Abdeckung in Endlage arretieren		
Variante 9.1	Variante 9.2	Variante 9.3
Rastbolzen	Schlüsselschalter	Schnäpper
		
Teilfunktion 10: Rotationswinkelmessung		
Variante 10.1	Variante 10.2	Variante 10.3
Drehgeber	Kontaktlose Distanzmessung	Manuelle Messung
		

Tabelle 6: Morphologischer Kasten

### 4.2.3 Lösungsvariante A

Zusammensetzung:

A= 1.1 + 2.1 + 3.1 + 4.2 + 5.1 + 6.1 + 7.1 + 8.1 + 9.1 + 10.1

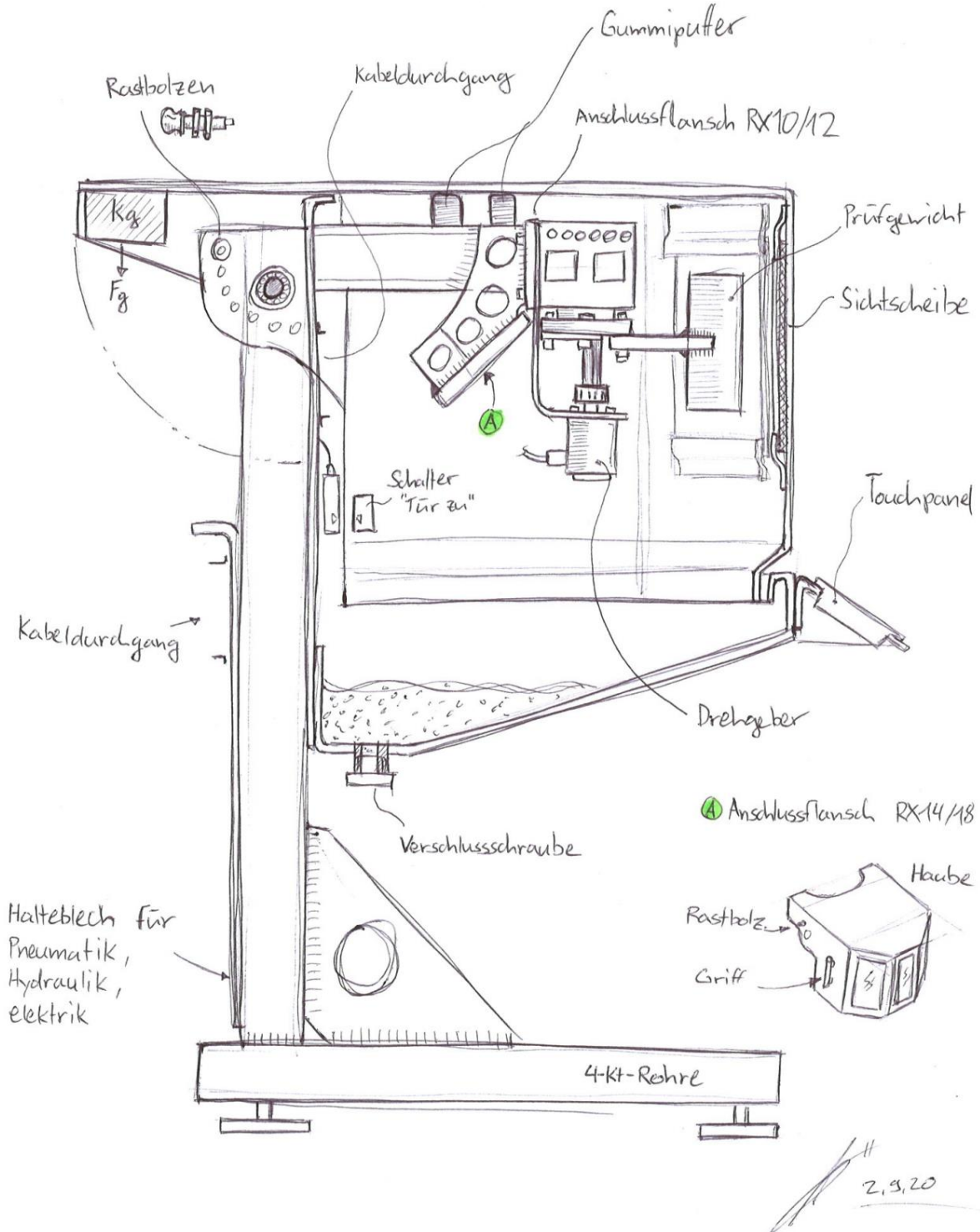


Abbildung 8: Lösungsvariante A

Beschreibung:

Die Lösungsvariante A wird in ihren Grundzügen von einem Schweissgestell, bestehend aus 4-Kt-Rohren, gestaltet. Auf der Basis dieses Gestelles sind jegliche weiteren Komponenten befestigt und in der Lage definiert.

Sollte im Rahmen eines Prüfverfahrens Leckage seitens der Hydraulik entstehen, sammelt sich dieses Leckage Öl in einer Öl-Wanne, welche unterhalb der zu prüfenden Rotationsmodule angebracht ist. Diese besteht aus einer Blechkonstruktion und bildet zugleich auch den Boden, der geschlossenen Prüfkammer. Der Rand dieser Ölwanne ist mit zwei nach innen gewandten 90°-Abkantungen versehen. Dies bringt einerseits Stabilität in die Wanne und bildet zugleich eine Schikane, welche sehr schnell fließendes Medium zurückhält. Der Boden der Wanne ist mit einem Gefälle versehen, welches am tiefsten Punkt der Wanne in ein eingeschweisstes Rohrstück mit Innengewinde endet. Besagtes Rohrstück beherbergt eine Verschlussölschraube. Sollte die Öl-Wanne Leckagegut beinhalten, so kann unterhalb der Wanne z.B ein Eimer platziert werden, die Verschlussölschraubegel gelöst werden, um schliesslich die Wanne zu entleeren.

Die für die benötigten Hydraulikschläuche und Pneumatikleitungen, ist im Inneren der Prüfkammer eine Platte mit den entsprechenden Blindanschlüssen vorgesehen.

Diese Lösungsvariante verfügt über zwei Anschlussflansche, an welchen der Jeweilige Rotationsmodultyp in der authentischen Einsatzlage verschraubt werden kann. Diese Flansche bestehen aus Stahlplatten, welche wiederum auf zwei ausgelagerten Flachstahlwinkeln aufgeschweisst sind. Das komplette Konstrukt ist wiederum mit dem Grundgestell verschweisst.

Die Belastung wird mittels sinnvoll gestalteten Prüfgewichten simuliert. Masse sowie auch die Lage des Schwerpunktes dieser Prüfgewichte muss untersucht, resp. definiert werden. Nach Möglichkeit wird ein einziges Prüfgewicht für beide Rotationsmodultypen angestrebt. Sollte dies nicht möglich sein, werden zwei verschiedene Prüfgewichte für die beiden Rotationsmodultypen eingesetzt. Werden die Gewichte nicht benötigt, finden diese im „Fussbereich“ der Prüfstation Platz.

Da bei dieser Lösung, rotierende Massen während des Prüfverfahrens vorhanden sind, ist für den Personenschutz eine Abdeckhaube vorgesehen. Zur Gewährleistung der visuellen Beobachtung, sind sichtscheiben in der Haube vorgesehen. Die Abdeckhaube kann über eine horizontale Achse, welche im Basisgestell gelagert ist, ausgeschwenkt werden. Das Gewicht der Haube wird zur Erhöhung der Ergonomie mittels Gegengewichten am gegenüberliegenden Hebelarm kompensiert. Eine seitliche Bedienung der Abdeckhaube ist vorgesehen. Ein Rastbolzen muss konstant „herausgezogen“ werden, um mittels eines Handgriffes die Bewegung der Haube zu ermöglichen. Somit sind beide Hände des Bedieners, zur Bewegung der Haube nötig. Diese Massnahme verhindert, das Einklemmen von Extremitäten. In der geöffneten Endlage, ist die Abdeckhaube wieder über den Rastbolzen arretiert. Die geschlossene Endlage der Haube wird von Gummipuffern definiert, und von induktiven Näherungsschaltern der Steuerung rückgemeldet. Verlieren diese Näherungsschalter während des Betriebes den Kontakt, wird automatisch ein Not Halt ausgelöst.

Für die Positionierung des Drehgebers ist ein Haltebügel vorgesehen, welcher seitlich am Rotationsmodul befestigt wird und den Drehgeber in der Rotationsachse des Rotationsmoduls positioniert. Eine filigrane Achse wird im Drehgeber geklemmt und auf dem Rotationsteller verschraubt.

### 4.2.4 Lösungsvariante B

Zusammensetzung:

B= 1.2 + 2.2 + 3.1 + 4.1 + 5.2 + 6.2 + 7.2 + 8.2 + 9.1 + 10.3

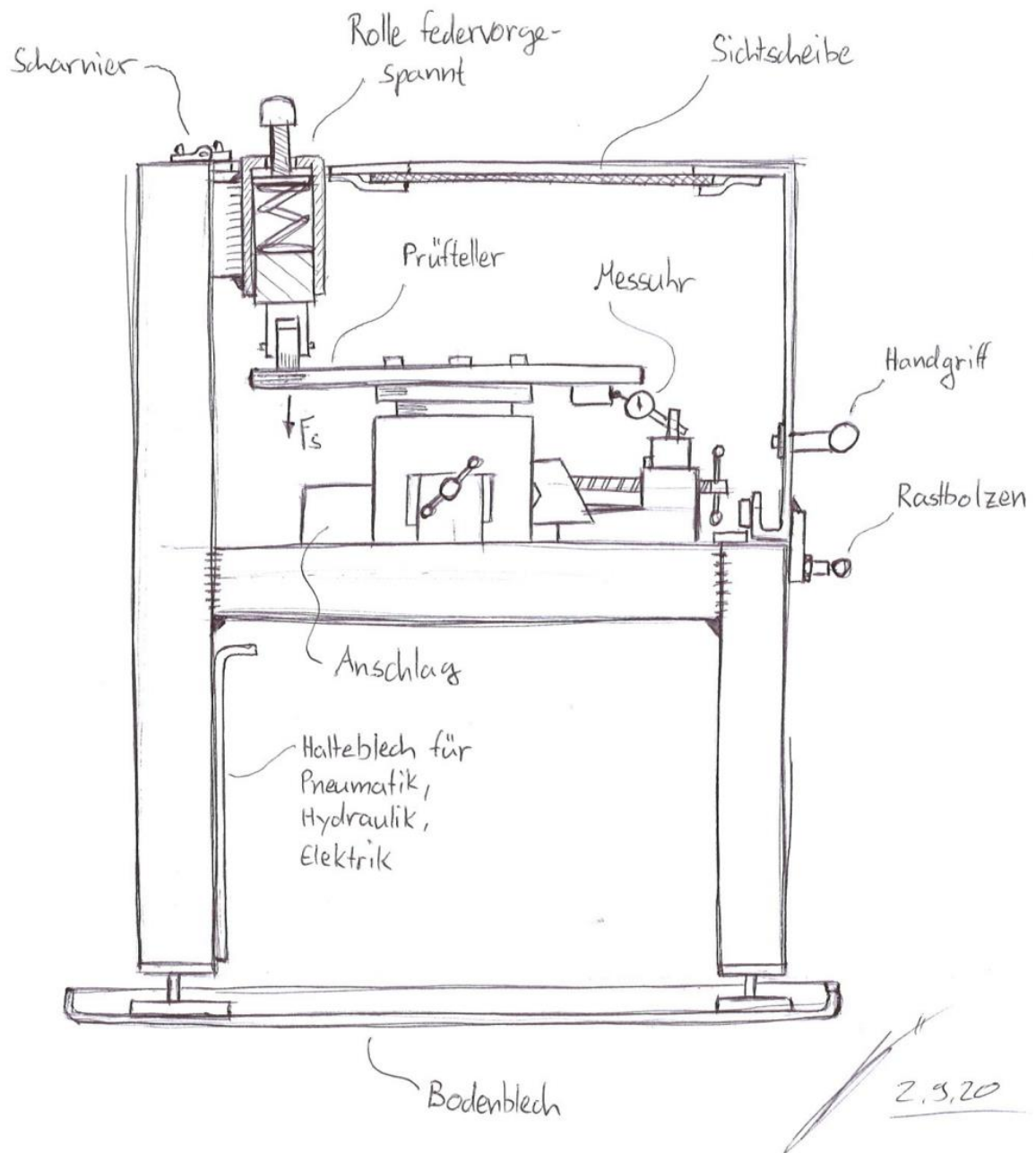


Abbildung 9: Lösungsvariante B

### Beschreibung:

Die Lösungsvariante B wird in ihren Grundzügen von einem Schweissgestell, bestehend aus 4-Kt-Rohren, gestaltet. Das Gestell hat die Form eines Tisches. Auf der Basis dieses Gestelles, sind jegliche weiteren Komponenten befestigt und in der Lage definiert.

Sollte während dem Testbetrieb hydraulische Leckage entstehen, so wird bei grösseren Leckage-Gutmengen, dieses von dem Bodenwannenblech aufgefangen. Dieses kann bei grösseren Mengen gereinigt werden. Bei kleineren Mengen kann das Leckagegut trocknen. Die Prüfstation steht auf dem Bodenwannenblech. Die Aussenkontur der Draufsicht der Prüfstation befindet sich komplett innerhalb der Bodenwannenblech Ränder.

Die für die benötigten Hydraulikschläuche und Pneumatikleitungen, ist im Inneren der Prüfkammer eine Platte mit den entsprechenden Blindanschlüssen vorgesehen.

Das zu prüfende Rotationsmodul wird an zwei Anschlagskanten positioniert und anschliessend von zwei Schraubstocksystemen auf diese Anschläge arretiert. Dies ermöglicht es, problemlos für beide Rotationsmodultypen dieselbe Schnittstelle zu verwenden. Die Rotationsmodule werden so fixiert, dass die Rotationsflansche bei vertikaler Rotationsachse, nach oben gerichtet sind.

Um entsprechende Biegemomente zu simulieren, wird zur Erhöhung des Hebelarms, ein Laufteller auf dem Rotationsflansch aufgeschraubt. Eine Konstruktion bringt eine Last, parallel zur Rotationsachse, auf den Rand des Lauftellers auf. Besagte Konstruktion besteht aus einer Laufrolle, welche selber statisch ist und auf dem Rotierenden Laufteller abrollt. Diese Laufrolle wird mit einer vorgespannten Feder auf den Laufteller gedrückt. Um den Versuchsaufbau zu erstellen bzw. zu retablieren und die Prüfbedingungen steuern zu können, kann die Vorspannung der Feder mittels einer Stellschraube eingestellt werden.

Da bei dieser Lösungsvariante Vorgespannte Federn im Einsatz sind, ist für den Personenschutz eine Abdeckung vorgesehen. Diese Abdeckung ist zur Gewährleistung der optischen Observation mit Sichtscheiben ausgerüstet. Um diese zu öffnen muss erst mit der einen Hand, ein Rastbolzen herausgezogen und mit der anderen Hand die Abdeckung am Handgriff nach oben gedrückt werden. Diese wird dann so über ihr Scharnier nach hinten geklappt. In der Endlage „geöffnet“ befindet sich der Schwerpunkt der Abdeckung hinter der vertikalen Ebene der Scharniere. Somit wird die Abdeckung offengehalten. In der Endlage „geschlossen“ wird von induktiven Näherungsschaltern der Steuerung rückgemeldet. Verlieren diese Näherungsschalter während des Betriebes den Kontakt, wird automatisch ein Nothalt ausgelöst.

Der Rotationswinkel der Rotationsmodule wird vor und nach einem Testlauf manuell mittels einer Messuhr gemessen und dokumentiert.



### 4.2.5 Lösungsvariante C

Zusammensetzung:

C = 1.3 + 2.3 + 3.1 + 4.1 + 5.1 + 6.2 + 7.3 + 8.3 + 9.2 + 10.2

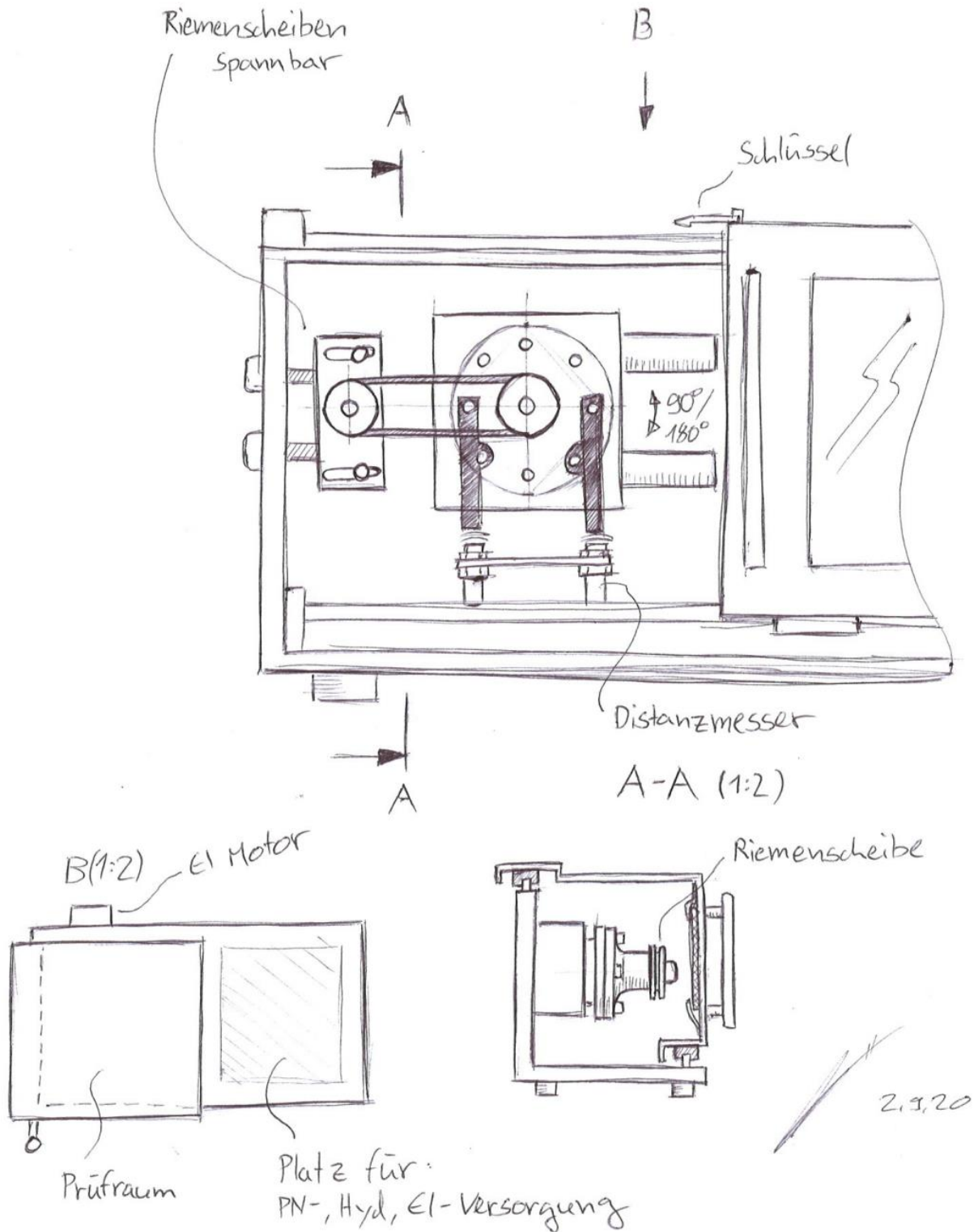


Abbildung 10: Lösung C

Beschreibung:

Die Lösungsvariante C wird in seiner Grundgestalt von einer Blechkonstruktion definiert. Auf der Basis dieser Blechkonstruktion sind jegliche weiteren Komponenten befestigt und in der Lage definiert. Die komplette Prüfstation ist so gestaltet, dass dieses Gerät auf einem Tisch Platz finden kann.

Sollte während eines Testverfahrens hydraulische Leckage entstehen, kann nach dem Test die Prüfkammer manuell gereinigt werden.

Für die benötigten Hydraulikschläuche und Pneumatikleitungen ist im Inneren der Prüfkammer eine Platte mit den entsprechenden Blindanschlüssen vorgesehen.

Auf der Rückwand der Prüfkammer können beide Rotationsmodultypen aufgeschraubt werden. Die Rotationsachse der Rotationsmodule zeigt hierbei in horizontaler Lage zum Bediener, so dass der Rotationsflansch der Rotationsmodule ersichtlich ist.

Um die Prüfkräfte und Momente zu simulieren, ist ein Riemen oder allenfalls Kettentrieb vorgesehen. Auf dem Rotationsflansch wird eine Welle aufgeschraubt, welche in einer Riemenscheibe bzw. Kettenrad endet. Die Rotationsachse wird somit verlängert, in der Folge sind Biegemomente in der Drehdurchführung des Rotationsmodules einfacher zu implizieren. Seitlich neben dem Rotationsmodul befindet sich eine Spannscheibe, welche mittels Schraubgewinden vorgespannt werden kann. Am anderen Ende der Welle, welche zur Spannscheibe gehört, ist ein Elektromotor, resp eine elektrische Bremse vorgesehen. Somit kann die Massenträgheit der rotierten Werkzeuge simuliert werden.

Da bei dieser Lösungsvariante mit vorgespannten Elementen gearbeitet wird, ist die Prüfkammer für den Bediener (während des Testbetriebes) unzugänglich zu machen. Dies setzt diese Lösungsvariante mittels einer seitlich verschiebbaren Schiebetür um. Diese Tür besteht aus einer Blechkonstruktion, und verfügt über eine dem Bediener zugewandte Sichtscheibe. Die Bewegung wird durch einen Handgriff und zwei Führungen ermöglicht. Damit die Tür nicht während des Betriebes geöffnet werden kann, verfügt diese Lösungsvariante über einen Schlüsselschalter. Dies ist ein zertifiziertes Sicherheitselement, welches die Tür in der Endlage „geschlossen“ verriegelt und zusätzlich diesen Zustand auch der Steuerung der Prüfstation mitteilt. Da die Tür horizontal verfährt, ist es nicht vonnöten, diese in der Endlage „geöffnet“ zu arretieren.

Der Rotationswinkel wird mittels berührungsloser Distanzmessung durchgeführt. Die entsprechenden Sensoren sind statisch angebracht. Als Gegenstück wird ein „Mess-Teil“ auf dem Rotationsflansch befestigt. Auf diese Weise könnte nach Bedarf nicht nur vor und nach dem Testbetrieb gemessen werden, sondern nach jeder Rotation.



### 4.2.6 Lösungsvariante D

Zusammensetzung:

C= 1.2 + 2.1 + 3.1 + 4.1 + 5.1 + 6.2 + 7.1 + 8.3 + 9.3 + 10.1

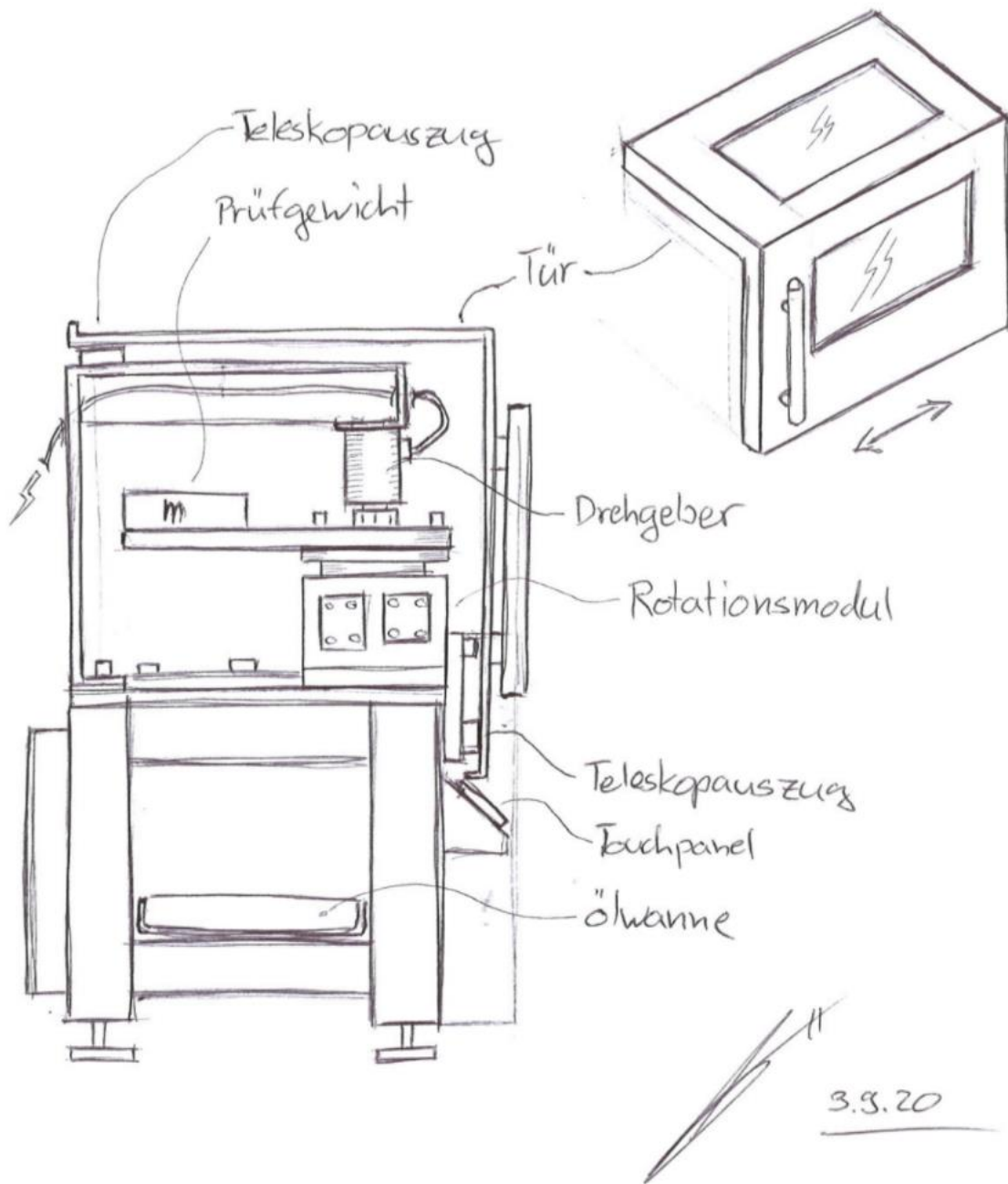


Abbildung 11: Lösungsvariante D

### Beschreibung:

Die Lösungsvariante D wird in ihren Grundzügen von einem Schweissgestell, bestehend aus 4-Kt-Rohren, gestaltet. Das Gestell hat die Form eines Tisches. Auf der Basis dieses Gestelles, sind die meisten weiteren Komponenten befestigt und in der Lage definiert. Die restlichen Komponenten sind an einem Blechkorpus befestigt, welcher die Wände der Prüfkammer bildet.

Sollte im Rahmen eines Prüfverfahrens Leckage seitens der Hydraulik entstehen, sammelt sich dieses Leckage Öl in einer Ölwanne, welche unterhalb der zu prüfenden Rotationsmodule angebracht ist. Diese kann, zur Entleerung und oder Reinigung, wie eine Schublade aus dem Prüfstand herausgezogen werden.

Für die benötigten Hydraulikschläuche und Pneumatikleitungen, ist im Inneren der Prüfkammer eine Platte mit den entsprechenden Blindanschlüssen vorgesehen, sollten diese nicht im Einsatz sein.

Beide Rotationsmodultypen können an derselben Schnittstelle mittels Schrauben befestigt werden. Hierbei entspricht die Prüflage der Rotationsmodule, nicht der Lage, welche sie in montiertem Zustand im Endprodukt innehaben. Die Rotationsachse der Rotationsmodule ist vertikal angeordnet, so dass der Rotationsflansch von oben ersichtlich ist.

Um die entsprechenden Biegemomente, wie auch die Massenträgheit der Werkzeuge zu simulieren, ist der Einsatz eines Prüfgewichtes vorgesehen, welches über einen Hebelarm mit dem Rotationsflansch verbunden ist. Dabei kann das Prüfgewicht so konstruiert werden, dass dieses einstellbar ist. So kann für beide Rotationsmodultypen die optimale Prüflast eingestellt werden.

Um den Bediener zu schützen, bzw. dessen "Berührung" in den laufenden Prüfprozess zu verhindern, ist eine Schiebetür in Form einer Blechkonstruktion vorgesehen, welche seitlich via Teleskopführungen bewegt werden kann. Um die visuelle Observation des Prozesses zu gewährleisten, ist in der Front, so wie im Dach dieser Schiebetür eine Sichtscheibe vorgesehen. Die Endstellung "Tür geschlossen" wird mittels induktivem Näherungsschalter der Maschinensteuerung übermittelt. Der Testbetrieb kann nur erfolgen, wenn dieses Signal rückgemeldet wird. Damit die Tür auch während des Betriebes der Prüfstation geschlossen bleibt, ist ein Kugelschnapper vorgesehen.

Für die Rotationswinkelmessung ist ein Drehgeber vorgesehen. Dieser soll fest auf dem Prüfgewichtsarm vormontiert sein und auch bleiben. Hierbei ist bloss noch eine Verdreh Sicherung seitens der Prüfkammer erforderlich, dass der Drehgeber funktioniert. Eine solche Verdreh Sicherung könnte zum Beispiel zusätzlich die Funktion eines Kabelkanals übernehmen.

## 5 Entscheiden

### 5.1 Bewertung der Teilfunktionen

#### 5.1.1 Bewertungsmatrix

Teilfunktion 1		Komponenten Platzierung					
		V1.1 Gestell „hoch“		V1.2 Gestell „Tisch“		V1.3 BL-Kon. „kompakt“	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Stabilität	2	3	6	4	8	3	6
Platzbedarf	1	2	2	2	2	3	3
Handling	1	3	3	3	3	2	2
Kosten	2	2	4	2	4	3	6
Summe			15		17		17

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 2		Leckage Handhabung					
		V2.1 Öl-Wanne		V2.2 Bodenblech		V2.3 Handreinigung	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Bedienung	2	4	8	3	6	1	2
Montage	1	3	3	2	2	4	4
Dichtheit	1	3	3	4	4	2	2
Kosten	2	1	2	2	4	4	8
Summe			16		16		16

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 3		Medienleitung Deponierung					
		V3.1 Blindanschlüsse		V3.2		V3.3	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Bedienung	1	3	3				
Kosten	2	3	6				
Summe			9				

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 4		Adaptierung Rotationsmodule					
		V4.1 Eine Schnittstelle		V4.2 Zwei Schnittstellen		V4.3	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Bedienung	2	3	6	4	8		
Platzbedarf	1	4	4	3	3		
Kosten	2	3	6	3	6		
Summe			16		17		

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 5		Rotationsmodule fixieren					
		V5.1 Verschrauben		V5.2 Klemmen		V5.3	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Bedienung	2	3	6	4	8		
Stabilität	2	4	8	3	6		
Kosten	2	4	8	2	4		
Summe			22		18		

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 6		Prüflage setzen					
		V6.1 Gem. Einsatzlage		V6.2 N Gem. Einslg.		V6.3	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Bedienung	1	3	3	4	4		
Qualität	2	4	8	3	6		
Kosten	2	3	6	3	6		
Summe			17		16		

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 7		Belastung simulieren					
		V7.1 Gewicht		V7.2 Federversp.		V7.3 Riemenspann.	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Authentizität	2	4	8	2	4	3	6
Einstellbark.	2	2	4	3	6	3	6
Bedienung	1	1	1	3	3	3	3
Kosten	2	2	4	2	4	1	2
Summe			17		17		17

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 8		Abdeckung bewegen					
		V8.1 Schwenkbar		V8.2 Scharnier		V8.3 Führung	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Bedienung.	2	4	8	2	4	4	8
Kosten	2	1	2	4	8	3	6
Summe			10		12		14

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 9		Abdeckung in Endlage arretieren					
		V9.1 Rastboltzen		V9.2 Schlüsselschalter		V9.3 Schnäpper	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Bedienung	2	3	6	4	8	4	8
Kosten	2	4	8	2	4	4	8
Summe			14		12		16

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Teilfunktion 10		Rotationswinkelmessung					
		V10.1 Drehgeber		V10.2 Distanzmesser		V10.3 Manuelle	
	GW	Pkt.	GP	Pkt.	GP	Pkt.	GP
Bedienung	2	3	6	4	8	1	2
Genauigkeit	2	4	8	1	2	2	4
Kosten	2	2	4	3	6	2	4
Summe			18		16		10

**GW** = Gewichtungsfaktor: 2 = wichtig / 1 = eher unwichtig // **Pkt.** = Punkte // **GP** = (GW x Pkt.)  
**Punktwertskala:** 4 = sehr gut / 3 = gut / 2 = ausreichend / 1 = gerade noch tragbar / 0 = unbrauchbar

Tabella 7: Bewertungsmatrix

### 5.1.2 Auswertung der Matrix

Aus der Summe der Datenreihen geht hervor, dass insgesamt die Variante D mit 161 von 164 erreichbaren Punkten die besten Voraussetzungen für die optimalste Lösung hat.

Lösung A	Punkte	Lösung B	Punkte	Lösung C	Punkte	Lösung D	Punkte
1.1	15	1.2	17	1.3	17	1.2	17
2.1	16	2.2	16	2.3	16	2.1	16
3.1	9	3.1	9	3.1	9	3.1	9
4.2	17	4.1	16	4.1	16	4.1	16
5.1	22	5.2	18	5.1	22	5.1	22
6.1	17	6.2	16	6.2	16	6.2	16
7.1	17	7.2	17	7.3	17	7.1	17
8.1	10	8.2	12	8.3	14	8.3	14
9.1	14	9.1	14	9.2	12	9.3	16
10.1	18	10.3	10	10.2	16	10.1	18
<b>Summe</b>	<b>155</b>	<b>Summe</b>	<b>145</b>	<b>Summe</b>	<b>155</b>		<b>161</b>

Tabella 8: Auswertung der Matrix

Um der Auswertungsmatrix mehr Aussagekraft zu verleihen, ist hier noch eine erweiterte Betrachtungsweise ergänzt. So wie das Punkte-Maximum aus der Matrix ermittelt werden kann, so kann auch das Punkte-Minimum errechnet werden. Die ergebende Differenz ist der effektive Spielraum, in welcher sich die Qualitäten der Lösungsvarianten bewegen können. Zieht man also das Punkte-Minimum von den Lösungsvarianten, so wie von der Optimallösung ab, so kann die Qualität der einzelnen Lösungsvarianten mit der Optimallösung verglichen werden. Für diese Betrachtung wird die Differenz = max. Punktzahl – min. Punktzahl als 100% betrachtet. Der errechnete Wert zeigt jedoch lediglich, wie nah die Lösungsvarianten, der optimal funktionierenden bzw. der suboptimal funktionierenden Lösung kommt.

Geg:	$A := 155$	$B := 145$	$C := A$	$D := 161$
$Max :=$	$17 + 16 + 9 + 17 + 22 + 17 + 17 + 14 + 16 + 18 = 163$			
$Min :=$	$15 + 16 + 9 + 16 + 18 + 16 + 17 + 10 + 12 + 10 = 139$			
$Max\Delta :=$	$Max - Min = 24$			
$A\Delta := A - Min = 16$	$Lösung\_A :=$	$100 \cdot \frac{A\Delta}{Max\Delta} = 66.67 \%$		
$B\Delta := B - Min = 6$	$Lösung\_B :=$	$100 \cdot \frac{B\Delta}{Max\Delta} = 25 \%$		
$C\Delta := A\Delta = 16$	$Lösung\_C :=$	$Lösung\_A = 66.67 \%$		
$D\Delta := D - Min = 22$	$Lösung\_D :=$	$100 \cdot \frac{D\Delta}{Max\Delta} = 91.67 \%$		

Formel 1: Vergleich der Lösungen

## 5.2 Bewertung der Lösungen

In diesem Kapitel werden die Lösungskonzepte nochmals als Gesamtes qualitativ beurteilt.

### 5.2.1 Bewertung der Lösung A

Die Lösungsvariante A erscheint in der Gestaltung als eine eigenständige Maschine, welche sich optisch reibungslos in eine Werkhalle einfügt. Mit dieser Lösungsvariante wird das Konzept verfolgt, die Realbedingungen, welche die Rotationsmodule im Betrieb erleben, so exakt wie möglich zu simulieren.

#### Pro:

- Diese Lösung verfügt über ein sehr robustes und grosszügig gestaltetes Schweissgestell. Dies garantiert dem Prüfstand eine hohe Eigen und Standstabilität. Die einzelnen Komponenten resp. Unterbaugruppen haben genügend Platz
- Die Integrierte Ölwanne erfüllt sogar mehrere Funktionen. So ermöglicht sie nicht nur einen sauberen und sicheren Umgang mit dem Leckagegut, oder bildet den Boden der Prüfkammer, sondern dient auch noch der Befestigung weiterer Geräte, wie zum Beispiel dem Bedienpanel des Prüfstandes.
- Da bei dieser Lösung für die einzelnen Rotationsmodultypen jeweils bloss eine Schnittstelle besteht, kann diese exakt der Schnittstelle im späteren Einsatz nachempfunden werden.
- Die Befestigung der Rotationsmodule mittels Schrauben ist eine äusserst handliche und kostengünstige Lösung
- Die Prüflage der Rotationsmodule entspricht der Einsatzlage im Endprodukt.
- Die Prüfgewichte schaffen sehr authentische Prüfbedingungen.
- Die Abdeckhaube lässt sich sehr ergonomisch bedienen und verfügt über grosszügige Dichtfenster.
- Die Arretierung der Abdeckhaube bietet intuitive Handhabung und ist sehr kostengünstig.
- Der Winkel kann mittels Drehgeber exakt und theoretisch sogar kontinuierlich gemessen werden.

#### Contra:

- Das Grundgestell dieser Lösung beansprucht einen relativ grossen Stellplatz in der Werkhalle und ist nicht günstig in der Herstellung.
- Auch die Ölwanne ist nicht günstig in der Herstellung.
- Zwei Schnittstellen für die Rotationsmodule bedeutet zweimal Fertigungskosten zu investieren und einen grösseren Platzbedarf der Prüfkammer.
- Den Drehgeber am Rotationsmodul zu montieren ist gewisses Geschick und Geduld seitens des Bedieners vonnöten. Auch sind solche Drehgeber nicht günstig.
- Authentische Prüfgewichte bedeutet auch, dass der Bediener bis zu 15 kg schwere Massen von Hand an dem Rotationsmodul anbringen muss!

#### 5.2.1.1 Risiko Bewertung der Lösung A

Da bei dieser Lösungsvariante die Rotationsmodule, so wie die Prüfgewichte gemäss der Einsatzlage im Endprodukt montiert werden, können diese während der Montage herunterfallen. Auch verhindert die Ölwanne ein nahes Herantreten an die Rotationsmodulmontagegestelle. Dies, so wie auch die Masse der Prüfgewichte gestaltet den Umgang mit dieser Lösungsvariante unergonomisch.

Dafür besitzt diese Lösungsvariante Sicherheitseinrichtungen wie eine Schutzhaube, welche die "Prüfkammer" vom direkten Zugriff von Menschen isoliert. Der Prüfstand fragt ab, ob diese Haube geschlossen ist. Ist dies nicht der Fall, kann das Gerät nicht betrieben werden. Das Handling der Schutzhaube erfordert beide Hände des Bedieners. Dies bannt die Gefahr, dass Extremitäten gequetscht oder geschärt werden können.

Die allergrösste Gefahr geht jedoch von den Prüfgewichten aus. Diese werden im Betrieb rotierend beschleunigt und verzögert. Dabei werden sehr grosse Kräfte frei. Dies wird dann zum Problem, wenn sich während dem Testbetrieb eines dieser Gewichte lösen sollte. Dann ist mindestens mit einem mechanischen Schaden an der dem Prüfstand zu rechnen. Die Auswirkung dieses Szenarios wäre hoch, dessen Eintrittswahrscheinlichkeit jedoch sehr gering.

#### 5.2.1.2 Persönliches Fazit der Lösung A

Die Lösung A stellt optimalste Prüfbedingungen ganz klar ins Zentrum des Konzeptes. Dies wird auch wunderbar umgesetzt. Das Konzept bietet sehr genaue Messwerte und authentische Prüfbedingungen.

Dies geschieht leider auf Kosten der Ergonomie wie auch stückweit der Sicherheit des Bedieners. Auch ist diese Lösung alles in allem sehr teuer.

### 5.2.2 Bewertung der Lösung B

Die Lösungsvariante B mutet einer eigenständigen Prüfstation an, welche bei relativ geringem Volumen, problemlos ihren Platz in der Werkhalle findet. Bei dieser Lösungsvariante steht die Ergonomie des Bedieners im Zentrum

#### **Pro:**

- Diese Lösungsvariante verfügt über ein sehr robustes und vor allem standstabiles Grundgestell. Für die einzelnen Komponenten besteht genügend Platz.
- Das untergelegte Bodenblech bildet, da es sich um eine sehr unkomplizierte Konstruktion handelt, eine sehr günstige Variante, den Hallenboden ölfrei zu halten.
- Da diese Lösungsvariante für beide Rotationsmodultypen eine einzige Schnittstelle vorsieht, kann die Prüfkammer klein gehalten werden.
- Die Fixierung der Rotationsmodule mittels Klemmen bietet eine handliche und sehr präzise Alternative zum Verschrauben der Rotationsmodule.
- Da die Rotationsmodule bei dieser Lösungsvariante nicht gemäss der späteren Einsatzlage eingebaut werden, besteht eine allgemein einfachere Hantierungsmöglichkeit beim Vorbereiten einer Rotationsmodul-Prüfung.
- Die Belastungssimulation mittels einer vorgespannten Feder ermöglicht ein sehr präzises Einstellen der Prüfkräfte. Da diese auch bei geschlossener Prüfkammer eingestellt werden können, ist auch die Sicherheit des Bedieners gewährleistet.
- Die Umsetzung der Tür für die Prüfkammer bildet bei dieser Lösungsvariante eine ergonomische und kostengünstige Konstruktion.
- Die Arretierung der Tür bietet intuitive Handhabung und ist sehr kostengünstig.
- Die manuelle Messung des Rotationswinkels erübrigt die Integration kostenintensiver Messautomatismen.

#### **Contra:**

- Die Reinigung des Bodenbleches könnte sich als mühsam erweisen.
- Die erforderliche Konstruktion, um die Rotationsmodule zu klemmen, ist Kostenaufwändig.
- Die Kräftesimulation vernachlässigt bei dieser Variante die zu beschleunigenden bzw. zu verzögernden Massen-Trägheitsmomente. Zudem ist eine kostenaufwändige Konstruktion vonnöten.
- Die Messung des Rotationswinkels erfolgt nicht automatisch.



#### 5.2.2.1 Risiko Bewertung der Lösung B

Da bei dieser Lösungsvariante die Rotationsmodule geklemmt werden, ist in Betracht zu ziehen, dass ein Rotationsmodul während des Testbetriebes ausgespannt werden kann. Die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Szenarios ist jedoch eher unwahrscheinlich und hätte ausschliesslich technische aber keine humanitären Schäden zur Folge.

Diese Lösungsvariante verfügt dafür über Sicherheitseinrichtungen wie eine Tür, welche die "Prüfkammer" vom direkten Zugriff von Menschen isoliert. Der Prüfstand fragt ab, ob diese Tür geschlossen ist. Ist dies nicht der Fall, kann das Gerät nicht betrieben werden. Das Handling der Schutzhaube erfordert beide Hände des Bedieners. Dies bannt die Gefahr, dass Extremitäten gequetscht oder geschärt werden können.

Die grösste Gefahr geht bei dieser Lösungsvariante von der vorgespannten Feder aus. Während des Testbetriebes ist konstant potenzielle Energie im System eingespeichert.

#### 5.2.2.2 Persönliches Fazit der Lösung B

Die Lösungsvariante B wurde unter den Gesichtspunkten der Ergonomie des Anwenders entwickelt. Gepaart mit den Aspekten der Wirtschaftlichkeit entsteht eine vergleichsweise kostengünstige und anwenderfreundliche Konstruktion.

Diese Vorteile beschneiden jedoch die Qualität der Prüfwerte.

### 5.2.3 Bewertung der Lösung C

Die Lösungsvariante C ist als ein Kompaktgerät entworfen, welches sich auf einem bestehenden Tisch platziert, perfekt in die Werkhalle integriert. Bei der Entwicklung dieser Lösungsvariante besteht der Fokus auf dem Gesamtvolumen der Prüfstation.

#### **Pro:**

- Diese Lösungsvariante verfügt über eine sehr volumenarme und kostengünstige Blechkonstruktion, welche als Basis der Gesamtkonstruktion dient.
- Da bei dieser Lösungsvariante keine speziellen technischen Massnahmen zur Leckage Öl-handhabung vorgesehen sind, fallen für diesen Teil auch keine Kosten an.
- Da diese Lösungsvariante für beide Rotationsmodultypen eine einzige Schnittstelle vorsieht, kann die Prüfkammer klein gehalten werden.
- Die Befestigung der Rotationsmodule mittels Schrauben ist eine äusserst handliche und kostengünstige Lösung.
- Da die Rotationsmodule bei dieser Lösungsvariante nicht gemäss der späteren Einsatzlage eingebaut werden, besteht eine allgemein einfachere Hantierungsmöglichkeit beim Vorbereiten einer Rotationsmodul-Prüfung.
- Da die Belastungen bei dieser Lösungsvariante mittels eines Riemen bzw. Kettenspanners simuliert werden, können diese sehr genau eingestellt werden. Auch die Beschleunigungs und Verzögerungsmomente werden mittels einer Bremse an der Spannscheibenwelle berücksichtigt. Diese Umsetzungsvariante ist auch sehr platzsparend.
- Die Umsetzung der Tür für die Prüfkammer bildet bei dieser Lösungsvariante eine ergonomische und kostengünstige Konstruktion.
- Die Arretierung der Tür mittels Schlüsselschalter in geschlossener Lage, bietet höchste Sicherheit für den Bediener.
- Da die Messung des Rotationswinkels mittels kontaktloser Distanzmessung erfolgt, wird diese automatisch durchgeführt und muss nicht vom Bediener übernommen werden. Auch sind entsprechende Sensoren vergleichsweise günstig.

#### **Contra:**

- Diese Lösungsvariante beansprucht Platz auf einem bestehenden Tisch. Somit kann die Handhabung des kompletten Gerätes nur mit dem Hallenkran erfolgen.
- Die Prüfkammer muss manuell vom Leckage-Öl bereinigt werden.
- Das Vorbereiten eines Testbetriebes erfordert einige Aufwände mit dem Installieren des Riemen bzw. der Kette.
- Der vorgesehene Schlüsselschalter ist sehr kostenintensiv und erfordert einiges an Montagegeschick.
- Die vorgesehenen Distanzmesssensoren sind in der Messgenauigkeit beschränkt.

#### 5.2.3.1 Risiko Bewertung der Lösung C

Da bei dieser Lösungsvariante die Rotationsmodule mit der Rückwand der Prüfkammer verschraubt werden, kann das Rotationsmodul während des Montageprozesses herunterfallen. Die Fallhöhe beträgt zwar nur wenige Zentimeter, jedoch dürfte dies unter Berücksichtigung des Gewichtes der Rotationsmodule ein gewisses, wenn auch eher geringes Verletzungspotenzial haben.

Diese Lösungsvariante verfügt dafür über Sicherheitseinrichtungen wie eine Tür, welche die "Prüfkammer" vom direkten Zugriff von Menschen isoliert. Der Prüfstand fragt ab, ob diese Tür geschlossen ist. Ist dies nicht der Fall, kann das Gerät nicht betrieben werden.

Die grösste Gefahr geht bei dieser Lösungsvariante von dem Riemen bzw. der Kette aus. Extremitäten können zwischen Translation und Rotationselement gequetscht werden. Dies kann jedoch nur geschehen, wenn der Schlüsselschalter überbrückt und dadurch der Versuchsaufbau im Betrieb zugänglich ist.

#### 5.2.3.2 Persönliches Fazit der Lösung C

Beim Konzept der Lösungsvariante C steht eine kompakte Bauweise im Zentrum. Dieser Vorsatz wurde konsequent umgesetzt. Die Messqualität so wie auch die Sicherheit des Bedieners sind gewährleistet.

Leider beansprucht diese Lösung Arbeitsfläche, welche auch für andere Anwendungen gebraucht werden könnte.

### 5.2.4 Bewertung der Lösung D

Die Lösungsvariante D erinnert stark an einen Prüftisch, welcher sich problemlos im Gesamtbild der Werkhalle einfügt. Das Konzept zur Entwicklung dieser Lösungsvariante ist eine Ausgewogenheit zwischen technischen, ergonomischen und wirtschaftlichen Aspekten zu schaffen.

#### **Pro:**

- Diese Lösungsvariante verfügt über ein sehr robustes und vor allem standstabiles Grundgestell. Für die einzelnen Komponenten besteht genügend Platz.
- Die ausziehbare Ölwanne bietet eine sehr kostengünstige und praktische Lösung zur Handhabung des Leckage-Gutes.
- Da diese Lösungsvariante für beide Rotationsmodultypen eine einzige Schnittstelle vorsieht, kann die Prüfkammer klein gehalten werden.
- Die Befestigung der Rotationsmodule mittels Schrauben ist eine äusserst handliche und kostengünstige Lösung.
- Da die Rotationsmodule bei dieser Lösungsvariante nicht gemäss der späteren Einsatzlage eingebaut werden, besteht eine allgemein einfachere Hantierungsmöglichkeit beim Vorbereiten einer Rotationsmodul-Prüfung.
- Die Prüfgewichte schaffen sehr authentische Prüfbedingungen.
- Die Umsetzung der Tür für die Prüfkammer bildet bei dieser Lösungsvariante eine ergonomische und kostengünstige Konstruktion.
- Der Schnäpper bietet eine äusserst kostengünstige und intuitive bedienbare Lösung zur Türhaltung in der Endlage.
- Der Winkel kann mittels Drehgeber exakt und theoretisch sogar kontinuierlich gemessen werden.

#### **Contra:**

- Authentische Prüfgewichte bedeutet auch, dass der Bediener bis zu 15 Kg schwere Massen von Hand an dem Rotationsmodul anbringen muss!
- Die Tür ist in dem Sinne nicht verriegelt, sondern nur in Position gehalten.
- Den Drehgeber am Rotationsmodul zu montieren ist gewisses Geschick und Geduld seitens des Bedieners vonnöten. Auch sind solche Drehgeber nicht günstig.

#### 5.2.4.1 *Risiko der Lösung D*

Bei der Türkonstruktion dieser Lösungsvariante ist es möglich, dass sich der Bediener die Finger einklemmen kann. Auch wenn die Tür aus einer relativ leichten Blechkonstruktion besteht, ist dies bestimmt unangenehm.

Diese Lösungsvariante verfügt dafür über Sicherheitseinrichtungen wie eine Tür, welche die "Prüfkammer" vom direkten Zugriff von Menschen isoliert. Der Prüfstand fragt ab, ob diese Tür geschlossen ist. Ist dies nicht der Fall, kann das Gerät nicht betrieben werden.

Die allergrösste Gefahr geht jedoch von dem Prüfgewicht aus. Dieses wird im Betrieb rotierend beschleunigt und verzögert. Dabei werden sehr grosse Kräfte frei. Dies wird dann zum Problem, wenn sich während dem Testbetrieb diese Gewichte lösen sollte. Dann ist mindestens mit einem mechanischen Schaden an der dem Prüfstand zu rechnen. Um diese Gefahr zu entschärfen, ist das Rotationsmodul so angeordnet, dass das Prüfgewicht in Richtung der Rückwand der Prüfkammer und nicht zum Bediener schwenkt.

#### 5.2.4.2 *Persönliches Fazit der Lösung D*

Diese Lösungsvariante vereint die technischen, ergonomischen und wirtschaftlichen Aspekte so, dass keine davon überwiegt. Der Balanceakt ist hierbei sehr gut geglückt.

Die Nachteile gehen einzig vom Einsatz der Prüfgewichte aus, welche zu Gunsten der Prüfqualität eingesetzt werden.

## 5.3 Auswahl der Lösung

Im Rahmen der Meilensteinsitzung 3 wurden die einzelnen Lösungsvarianten den anwesenden Personen vorgestellt. Anschliessend wurde debattiert, welche der Lösungsvariante für die Reiden Technik AG den höchsten Nutzen erbringt. Letztendlich wurde sich mehrheitlich für die Lösungsvariante D entschieden. Dies Bestätigt auch die Prognose der Auswertungsmatrix der Teilfunktionen.

### *5.3.1 Lösungsvariante D*

Diese Lösungsvariante D befriedigt die Bedürfnisse nach Simulationsqualität, bietet eine ausreichend ergonomische Handhabung und gewisse Sicherheit. Bezüglich der Kosten bewegt sich diese Lösungsvariante im oberen Mittelfeld. Der grösste Nachteil, der Hantierung mit den Prüfgewichten, kann mittels mehrteiligen Prüfgewichten entschärft werden.

## 6 Realisieren

### 6.1 Vorentwurf der Unterbaugruppen

Das nachfolgende Kapitel ist gemäss der Stücklistenstruktur des Prüfstandes zum Rotationsmodul gegliedert. Die Stücklistenstruktur entspricht dem logischen mechanischen Aufbau. Die Gliederung der gesamten Baugruppe in einzelne Unterbaugruppen sorgt auch für eine bessere Übersicht. Die Stücklistenstruktur muss nicht zwingend der Funktionsstruktur entsprechen. Oftmals beinhaltet eine Unterbaugruppe gleich mehrere Teilfunktionen. Bei der Einteilung der Gesamtbaugruppe in Unterbaugruppen sind einige Aspekte zu beachten:

- Was kann als Unterbaugruppe vormontiert werden?
- Was muss zeitgleich bestellt werden?
- Was kann als Unterbaugruppe montiert, bzw. demontiert werden?
- Was kann als Unterbaugruppe allenfalls, zu einem späteren Zeitpunkt für Neukonstruktionen verwendet werden?

#### 6.1.1 Stücklistenstruktur

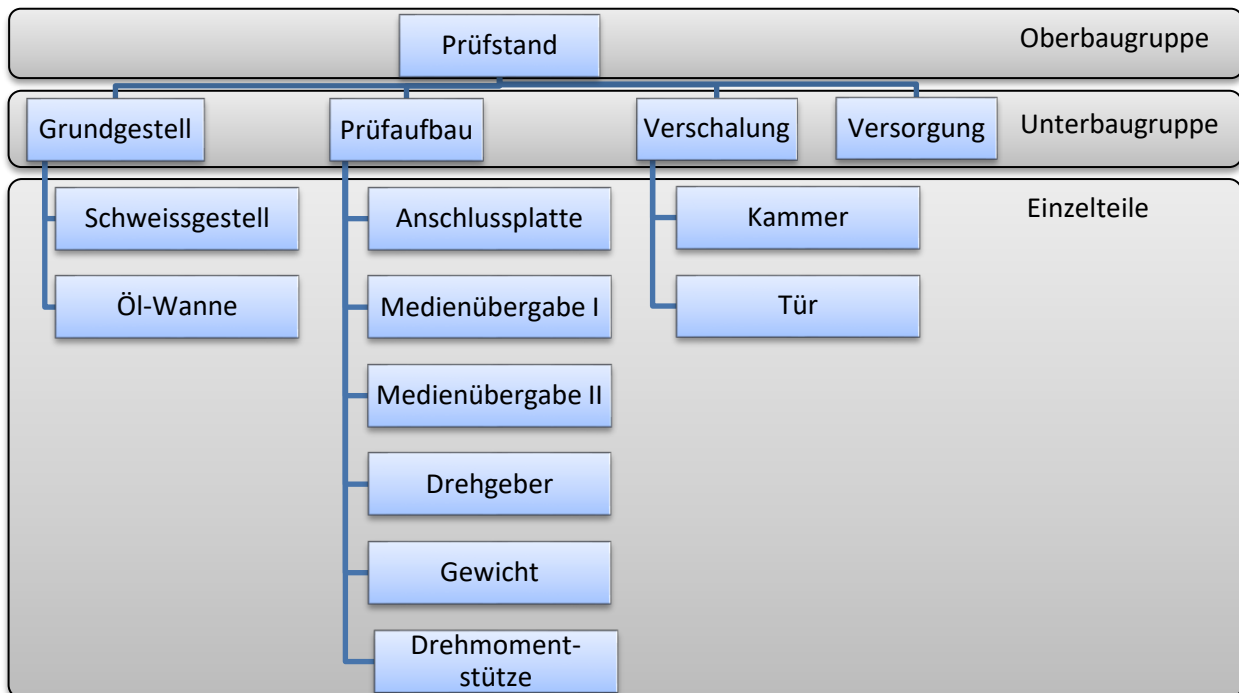


Abbildung 12; Stücklistenstruktur

## 6.2 UBG's

Nachfolgend werden die einzelnen Unterbaugruppen, resp. deren Umsetzung im CAD vorgestellt.

### 6.2.1 Prüfaufbau

Der Prüfaufbau besteht im Wesentlichen aus vier Komponenten. Aus dem Hebelarm, den Prüfgewichten, den Medienübergabe Platten und der Lagerung des Drehgebers. Diese UBG muss zuerst konstruiert werden, da sie definiert, wie viel Platz die gesamte Prüfkammer beansprucht.

Das Ziel ist es, dass dieser Prüfaufbau möglichst realistische Belastungen auf das Rotationsmodul überträgt. Um dies zu gewährleisten ist bei der Konstruktion darauf geachtet worden, dass die Masse des Prüfaufbaus genau der Masse der Anschlusskonstruktion der Rotationsmodule inkl. definierte Prüfwerkzeug entspricht. In der Sitzung Kap. 3.1.7 hat man sich dazu entschlossen, den schlimmsten Fall anzunehmen, und die Konstruktion entsprechend danach auszulegen. Die Auslegung der Prüfwerkzeuge ist im Kap. 6.4 dokumentiert. Weiter ist der Prüfaufbau so konstruiert, dass die Lage des Schwerpunktes des Prüfaufbaus zur Rotationsachse, genau der Lage des Schwerpunktes der Anschlusskonstruktion inkl. definierter Prüfwerkzeug zur Rotationsachse entspricht.

Die Prüfmasse ist in sieben Platten unterteilt, so dass diese einzeln von Hand montiert und demontiert werden können. Der Hebelarm bleibt immer verschlachtet und verkabelt. Er verlässt die Prüfkammer niemals und wird ausserhalb des Betriebs auch in dieser gelagert. Um die pneumatischen Durchgänge korrekt zu gewährleisten, sind für beide Rotationsmodultypen entsprechende Medienübergabeplatten vorgesehen.

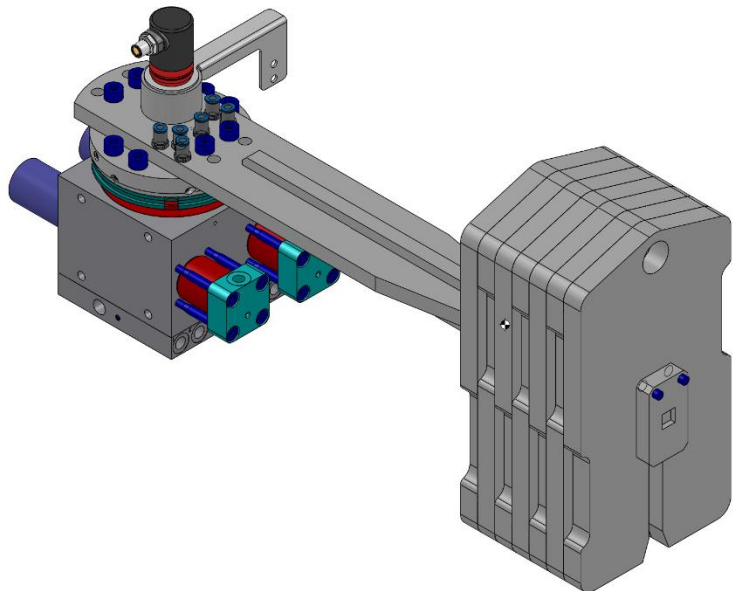


Abbildung 13; Rotationsmodul mit Prüfaufbau



### 6.2.1.1 Für RX10/12

Für die Rotationsmodule der RX10/12 werden alle sieben Prüfgewichte eingesetzt. Somit wird die authentische Belastung von 63 kg und einem Hebelarm von 445 mm erreicht.

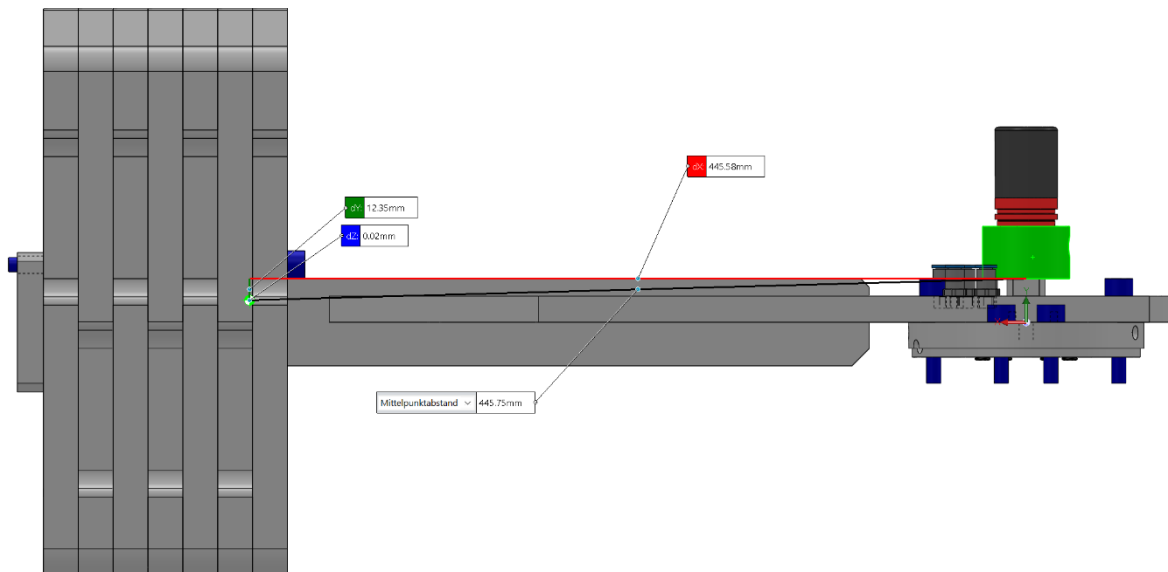


Abbildung 14; Prüfaufbau RX10/12

### 6.2.1.2 Für RX14/18

Für die Rotationsmodule der RX14/18 wird nur ein Prüfgewicht eingesetzt. Mit einer Gesamtmasse von 18kg und einem Hebelarm von 322mm wird noch weit mehr Belastung auf das Modul gegeben, als im Betrieb auftritt. Die Anschlusskonstruktion bei der RX14/18 ist um ein vielfaches Optimaler gestaltet als bei der RX10/12. Daher treten massiv kleiner Belastungen auf. Die Relevanz der Prüfung der Rotationsmodule der RX14/18 ist im Sitzungsprotokoll Kap. 3.1.8 schriftlich festgehalten.

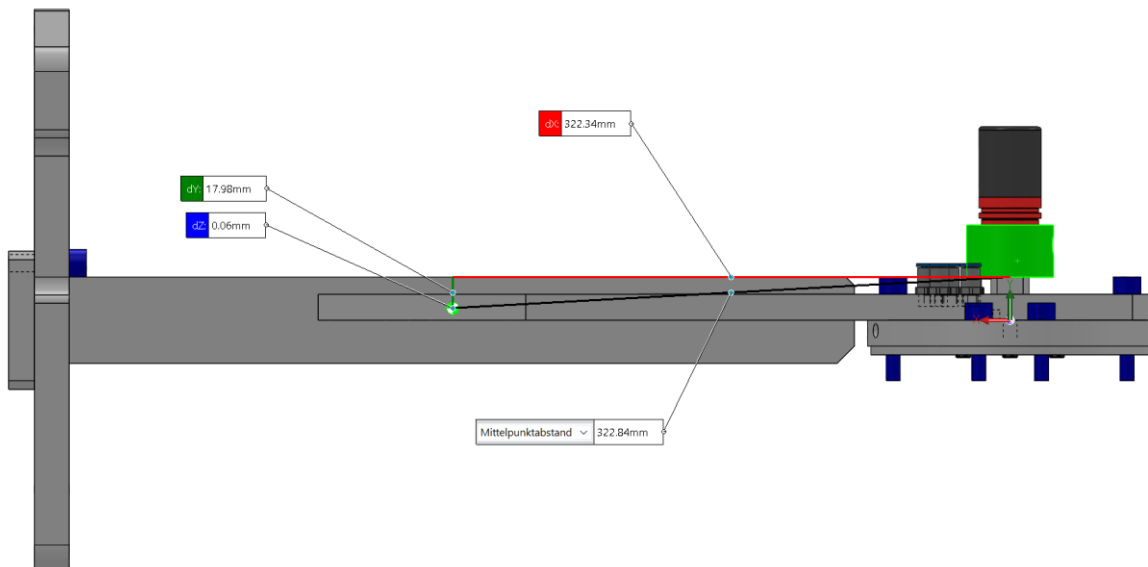


Abbildung 15; Prüfaufbau RX14/18

### 6.2.1.3 Hebelarm

Der Hebelarm besteht aus Stahlplatten, welche mittels Brennschneiden und geringen spanenden Bearbeitungen hergestellt sind. Gefügt sind diese Platten durch Schweißen.

**A:** Dieses Loch positioniert die Aufnahmewelle des Drehgebers

**B:** Dieses Lochbild entspricht dem Rotationsflansch der beiden Rotationsmodultypen. So kann durch diese Durchgangslöcher mittels M10 Schrauben der Hebelarm auf dem Rotationsmodul befestigt werden.

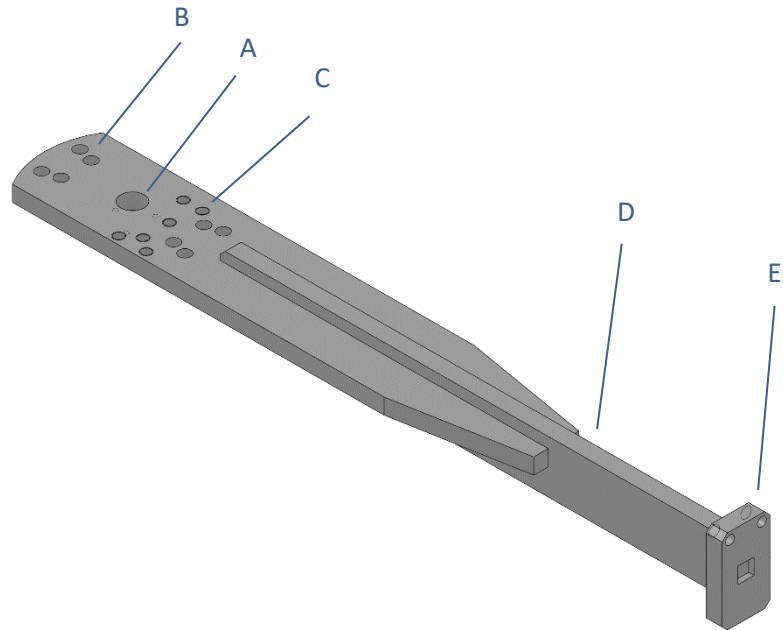


Abbildung 16; Hebelarm

**C:** Bei diesen sechs G1/8" Gewinden werden die pneumatischen Einschraubverschraubungen positioniert.

**D:** In diesem Bereich werden die Gewichte aufgehängt.

**E:** Dieser Flansch verhindert, dass die Gewichte abrutschen. Zusätzlich verfügt er über zwei M8 Gewinde. Die Schrauben, welche durch das gesamte Gewichtsplattenpaket führen werden dort eingeschraubt. So sind die Prüfgewichte fixiert.

### 6.2.1.4 Prüfgewicht

Die Prüfgewichte bestehen aus Stahlplatten, welche ausschliesslich mittels Schneidbrennen hergestellt sind. Insgesamt werden sieben davon eingesetzt. Ein einzelnes Gewicht wiegt 7.6 kg.

**A:** Durch diese Nute, wird das Gewicht auf dem Hebelarm aufgesetzt. Die grosszügig gestaltete Einlauf-fase erleichtert das Einfahren.

**B:** Diese Aussparungen dienen rein dem Handling der Gewichte. Werden die Gewichte so gestapelt, dass jedes zweite spiegelsymmetrisch zur Längsachse liegt, so kann bei diesen Aussparungen das Gewicht gegriffen werden.

**C:** Dieses Loch dient rein dem Handling der Gewichte. Das Gewicht kann bei diesem Loch gegriffen, oder zur Lagerung aufgehängt werden.

**D:** Sind alle Gewichte auf dem Hebelarm platziert, so wird das gesamte Gewichtspaket durch diese Durchgangslöcher verschraubt und fixiert.

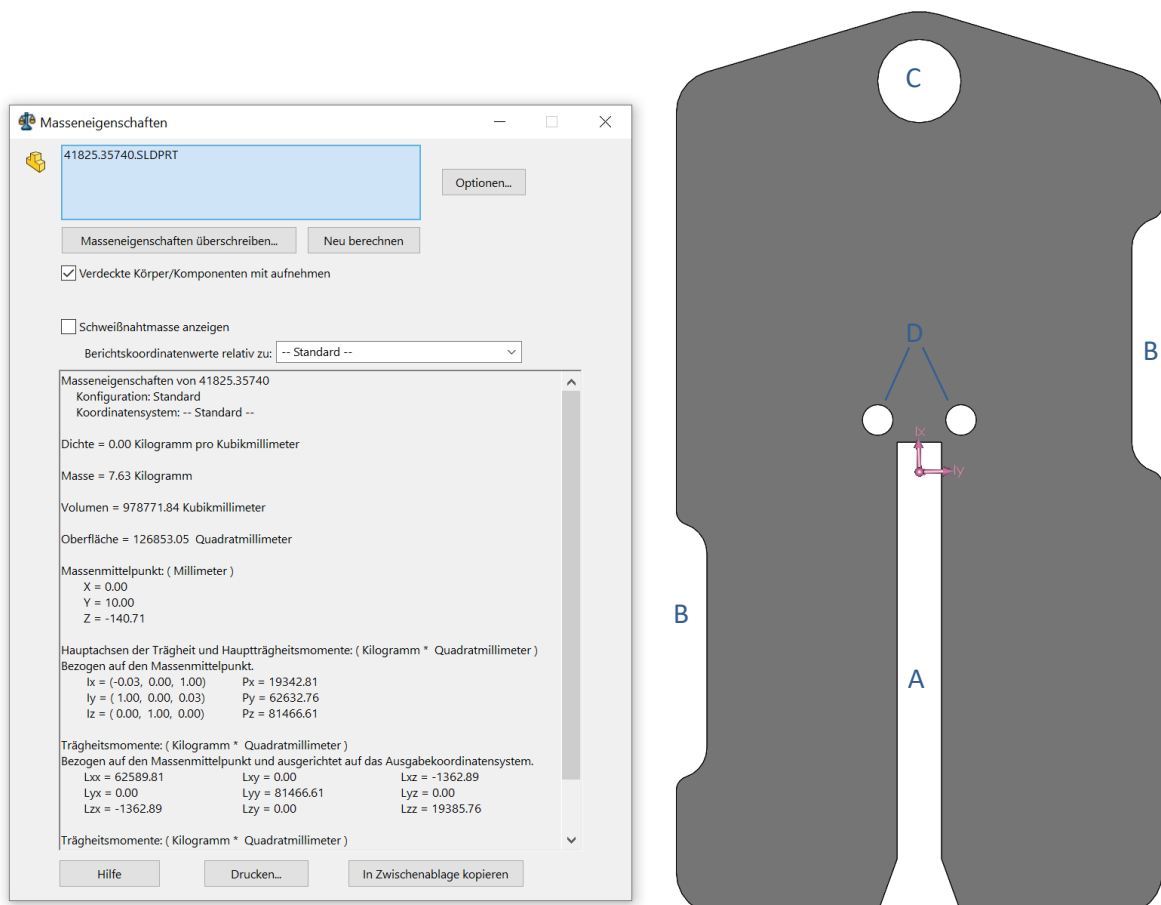


Abbildung 17; Prüfgewicht

### 6.2.1.5 Medienübergabe Platten

Die Medienübergabeplatten sind Frästeile aus Stahl. Ihre Aufgabe ist es, die Verbindung von den pneumatischen Abgängen im Rotationsflansch, zu den pneumatischen Anschlüssen auf dem Hebelarm zu gewährleisten. Da die pneumatischen Abgänge der beiden Rotationsmodultypen an verschiedenen Positionen und in verschiedener Anzahl auftreten, ist für jeden Rotationsmodultypen, eine eigene Medienübergabeplatte vorgesehen. An dieser Stelle wird die komplexere der beiden, die für das Rotationsmodul der RX10/12 gezeigt.

**A:** Dieses Loch hilft, den Hebelarm präzise auf der Medienübergabeplatte zu positionieren.

**B:** Durch diese acht Durchgangslöcher wird die Medienübergabeplatte auf den Rotationsflansch verschraubt.

**C:** Diese Tieflochbohrungen sind die pneumatischen Leitungen.

**D:** Diese Stirnfräsungen dienen der Aufnahme von O-Ringen.

**E:** Diese gedrehte oder gefräste Kante bietet für die Finger Halt an der Medienübergabeplatte.

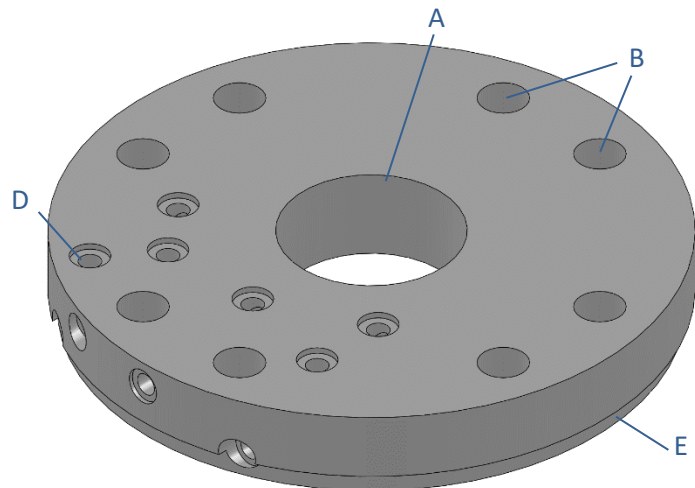


Abbildung 18; Medienübergabe Platte

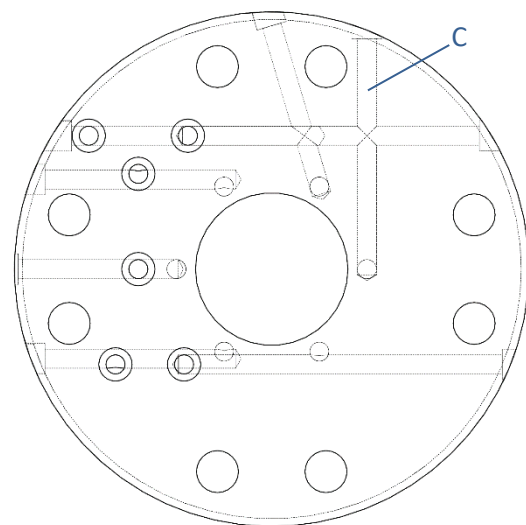


Abbildung 19; Mediendurchgänge

### 6.2.1.6 Drehgeber Lagerung

Damit der Drehgeber keinerlei Belastung ausgesetzt ist, ist dieser noch extern gelagert. Der Drehgeber, so wie das Teil C, sind statisch, während die Welle B, die Indexierung A so wie auch der Hebelarm in der Rotation mitschwenken. Die Drehmomentstütze E bildet die Verdrehssicherung des Drehgebers.

Montagevorgehen:

1. Teil C wird mit dem Drehgeber verschraubt.
2. Lager wird auf Welle B gepresst und mit Si-Ring gesichert.
3. Welle B wird mit dem Lager in Teil C, resp. auf die Drehgeberwelle aufgeschoben und mittels Si-Ringes gesichert.
4. Durch das seitliche Loch in Teil C wird ein Gewindestift in die Welle B geschraubt, um die Drehgeberwelle zu sichern.
5. Indexierung A wird mit Hebelarm verschraubt.
6. Das Vormontierte Packet B+C+D wird in die Indexierung A eingeschraubt. Hierfür ist in der Welle B eine Schlüsselweite vorgesehen.
7. Geführt, durch das Loch in der Indexierung A, wird in die Welle B stirnseitig ein Loch gebohrt, um anschliessend ein Spiralspannstift einzusetzen. Die Welle B ist nun verdreh gesichert.

**A:** Die Indexierung positioniert den gesamten Hebelarm zur Medienübergabe Platte. Des Weiteren bildet sie den Ankerpunkt für die Welle B.

**B:** Die Welle nimmt das Lager, so wie die Drehgeberwelle auf.

**C:** Auf diesem Teil ist der Drehgeber verschraubt. Es wird von dem Lager in Position gehalten. Stirnseitig bietet dieses Teil genügend Platz, um eine Drehmomentstütze, resp. Verdrehssicherung zu verschrauben.

**D:** Drehgeber

**E:** Drehmomentstütze im Schnitt

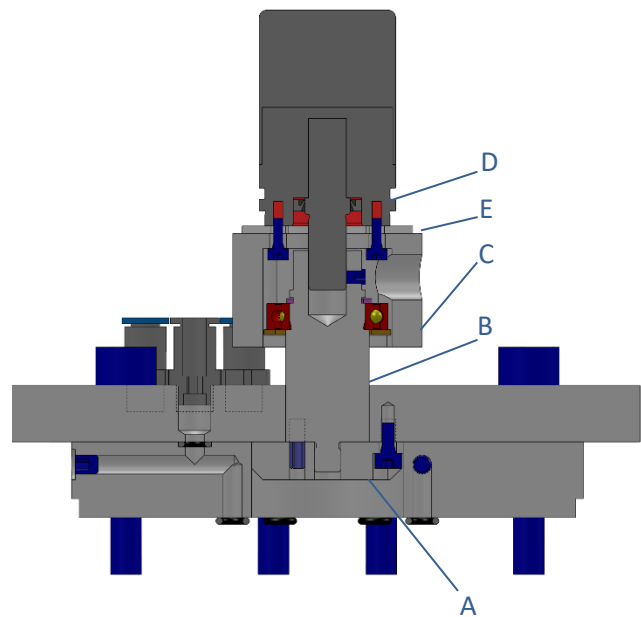


Abbildung 20; Drehgeber Lagerung

## 6.2.2 Grundgestell

Da nun der erforderliche Platz, resp. der Störkreis des Prüfaufbaus bekannt ist, kann das Grundgestell dimensioniert werden. Es besteht aus abgelängten und zusammengeschweissten 4Kt-Rohren, wenigen Blechkomponenten und aus Normteilen, wie zum Beispiel den Stellfüßen.

Die verschiedenen Bestandteile des Grundgestelles übernehmen verschiedene Funktionen. Diese Komponenten sind: "Der Rahmen, die Wanne, der Anschlussflansch, der Halter für das Bedienpanel und der Kabelkanal".

Das Grundgestell als gesamtes bildet die Basis des Prüfstandes und definiert die Position der anderen Komponenten.

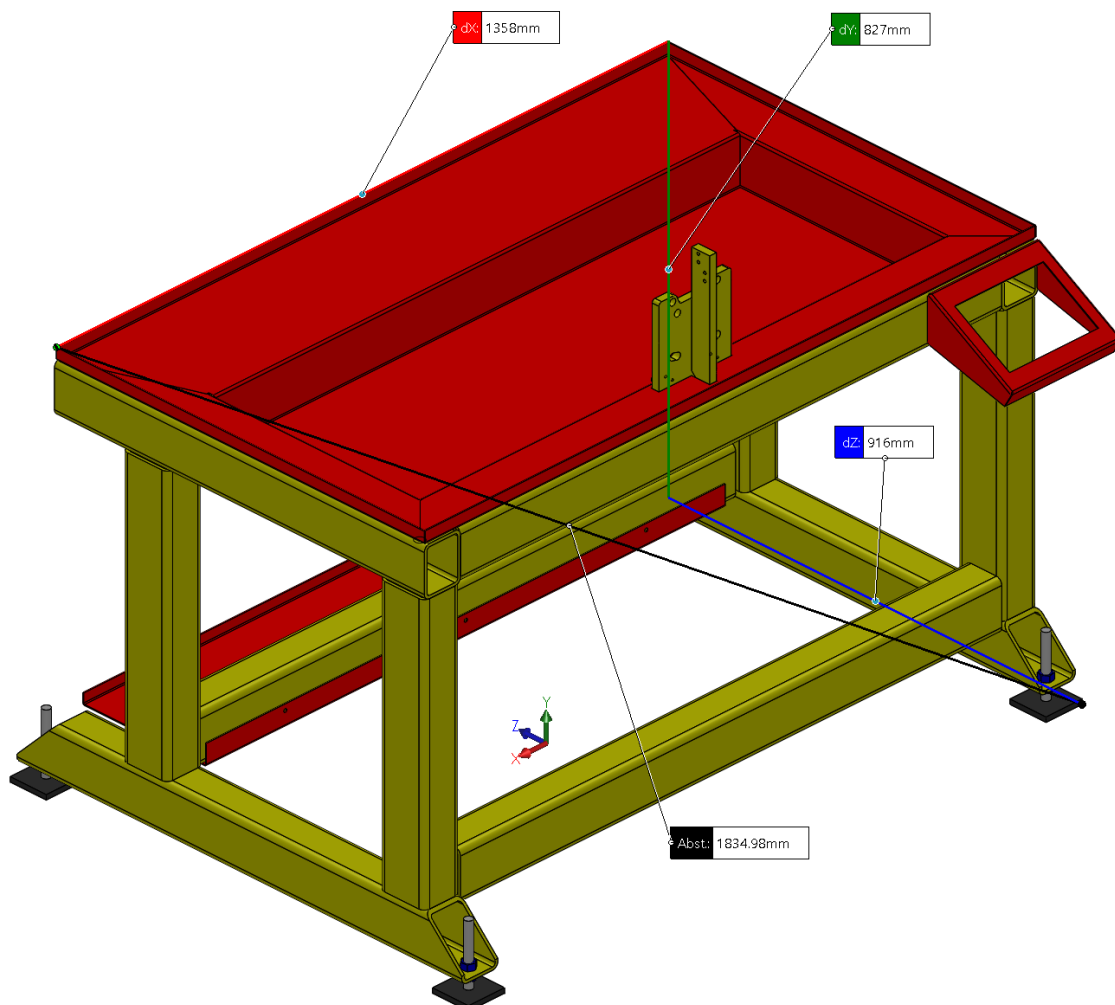


Abbildung 21; Grundgestell

### 6.2.2.1 Rahmen

Der Rahmen besteht aus abgelängten 4Kt-Rohren. Diese sind im Bild gelb dargestellt. Damit die Stellfüsse montiert werden können, sind die untersten Rohre 45° abgesägt. Die dazu quer verschweissten Rohre dienen einem Hubwagen als Auflagefläche. Die Oberen horizontal positionierten Rohre dienen der Wanne als Auflagefläche. Die vertikal angeordneten Rohre dienen als Tischbeine. Die hinteren Tischbeine sind etwas nach innen versetzt, damit die Versorgung innerhalb der Aussenabmasse platziert werden kann.

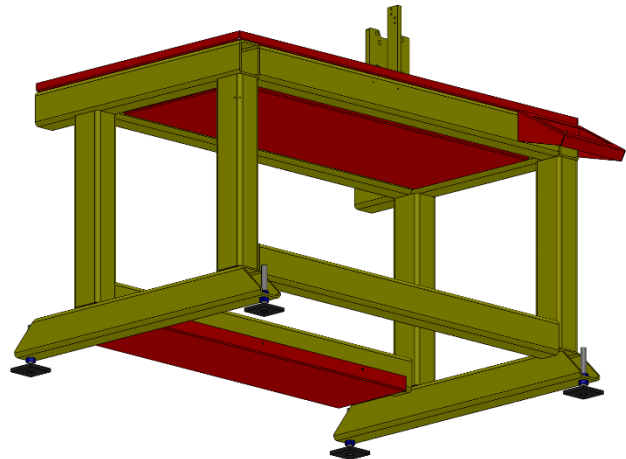


Abbildung 22; Schweissrahmen

### 6.2.2.2 Wanne

Die Wanne ist im Bild rot dargestellt. Sie besteht aus einer Blechkonstruktion. Die Wanne ist in den Schweissrahmen eingelassen, und wird direkt mit diesem verschweisst. Auf diese Weise müssen in die 4Kt-Rohre keine Gewinde geschnitten werden.

Die Wanne erfüllt mehrere Funktionen. Sie sammelt das Leckage Öl, sollte dieses auftreten. Um dieses abzulassen verfügt sie eine Verschlusschraube. Weiter bildet die Wanne den Boden der Prüfkammer und verhindert so den Zugriff des Bedieners von dieser Seite. Verschiedene Komponenten wie die Prüfungsgewichte, die pneumatischen und hydraulischen Schläuche, oder den Hebelarm des Prüfaufbaus können ausserhalb des Betriebes direkt in der Wanne aufbewahrt werden. Die Aussenkontur der Wanne wird durch einen Abbog gebildet. Dieser Abbog dient als Schnittstelle zur Verschalung.

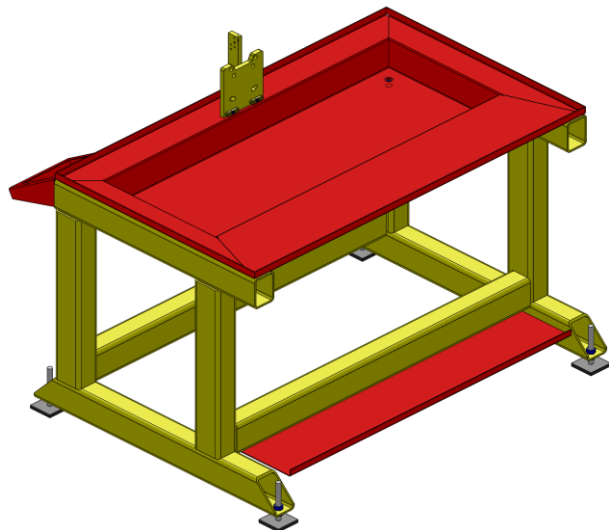


Abbildung 23; Wanne

### 6.2.2.3 Flansch

Der Befestigungsflansch besteht aus zwei Flachstählen, welche miteinander und gemeinsam direkt am Schweißrahmen verschweisst sind. Der Flansch verfügt über die erforderlichen Lochbilder, um beide Rotationsmodultypen befestigen zu können. Mittig ist der Flansch etwas ausgenommen um dem Rotationsflansch der Rotationsmodule den benötigten Freiraum zu lassen. An dem Flansch sind zwei Passfedern mit Schrauben befestigt. Diese Passfedern bilden gemeinsam eine Auflagekante für die Rotationsmodule. Dies erleichtert das Verschrauben der Rotationsmodule ungemein. Der zweite Flachstal fungiert einerseits als Stützrippe für den Flansch. Des Weiteren wird an dieser Rippe die Drehmomentstütze vom Prüfaufbau befestigt.

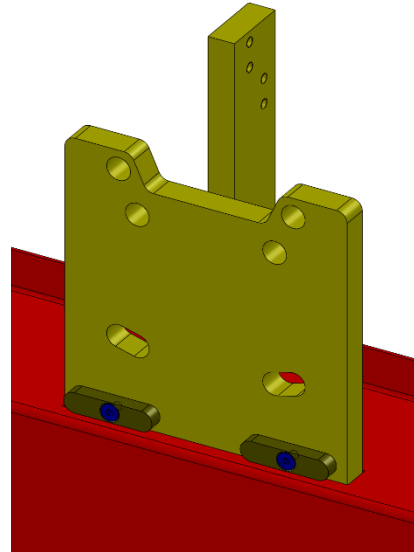


Abbildung 24; Befestigungsflansch

### 6.2.2.4 Halter für Bedienpanel

Der Halter für das Bedienpanel besteht aus einer Blechkonstruktion. Dieser wird als eine der einzigen Komponenten mit dem Schweißgestell verschraubt. Die erforderlichen Gewinde werden bei Montage hergestellt. Dies wurde so gewählt, weil der Halter sehr exponiert ist und so für den Transport eine bessere Ausengeometrie des Grundgestells vorherrscht. Der Halter ist direkt vor der Öffnung eines 4Kt-Rohres angebracht. Durch dieses Rohr können die Kabel zum Panel verlegt werden.

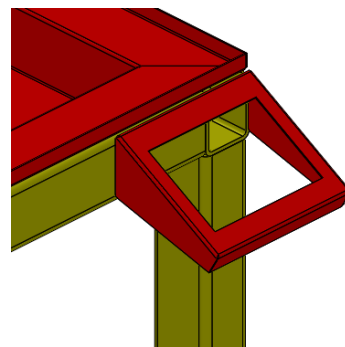


Abbildung 25; Halter für Bedienpanel

### 6.2.2.5 Kabelkanal

Der Kabelkanal wird mit einer der unteren horizontalen Querstreben befestigt. Er besteht aus einer Blechkomponente. Dieser Kanal ist direkt unter der Versorgung positioniert. Kabel, Schläuche und Leitungen können direkt in diesem Verlegt werden. Da der Kabelkanal beim Verlegen der Schläuche im weg sein könnte, wird dieser nicht direkt angeschweisst, sondern mit dem Schweißrahmen verschraubt.

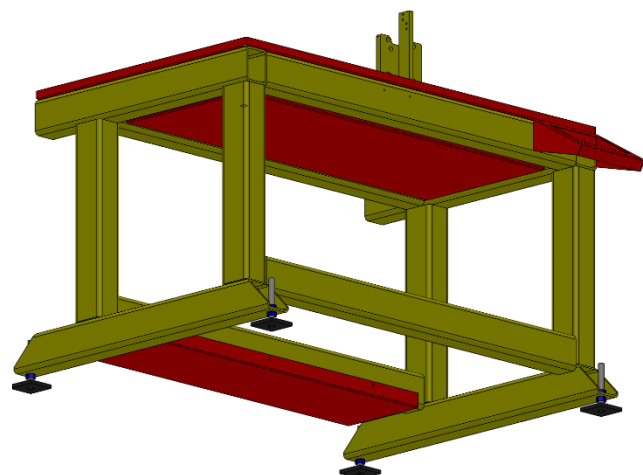


Abbildung 26; Kabelkanal



### 6.2.3 Verschalung

Die Verschalung besteht aus einer Blechkonstruktion, einer grossen Kunststoffscheibe aus PET G und diversen Normteilen. Der Blechkorpus verfügt über eine grosse Aussparung, welche die Türöffnung bildet. Weiter trägt dieser zwei Führungsschienen, auf welchen die Tür verfahren kann. Die Tür selbst verhindert im geschlossenen Zustand, den Zugriff in die Prüfkammer. Der Verfahrweg der Tür wird beidseitig, jeweils durch einen Gummirundpuffer begrenzt. Ist die Tür geschlossen, wird diese von einem Kugelschnäpper, in Position gehalten. Die Position selbst wird von einem berührungslosen Schalter, der Steuerung rückgemeldet. Zur besseren Bedienung der Tür, verfügt diese über einen Pilzgriff.

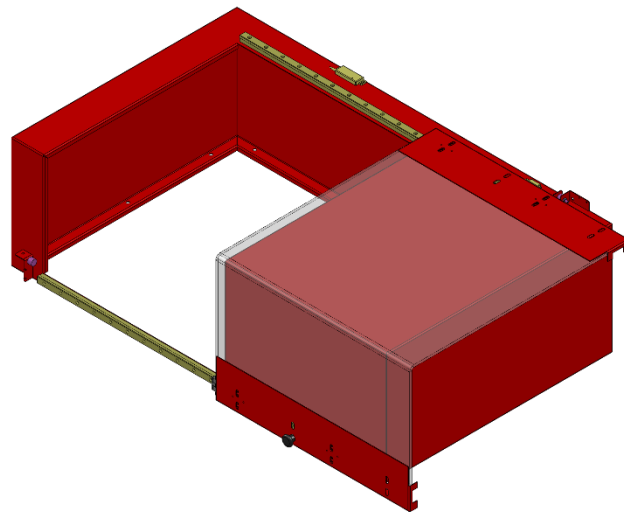


Abbildung 27; Verschalung Tür geöffnet

Der Austritt von Leckagegut wird bis zu einem gewissen Grad von der Tür behindert, diese ist jedoch nicht explizit dafür konzipiert und verfügt daher über keine Schikanen oder Dichtungen. Dies macht die Konstruktion der Tür kostengünstiger.

A: Türkonstruktion

B: Gummi-Rundpuffer

C: Kugelschnäpper

D: Berührungsloser Schalter

E: Pilzgriff

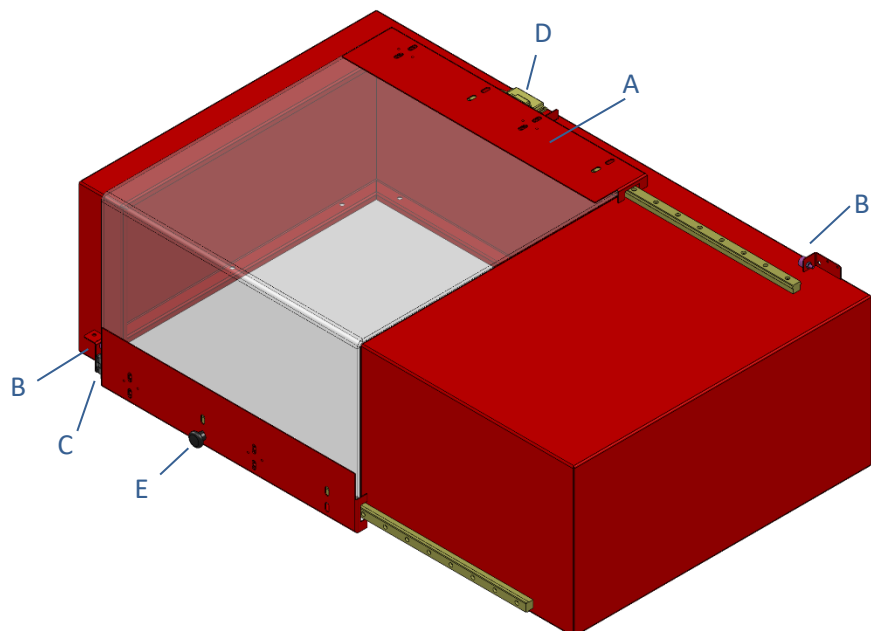


Abbildung 28; Verschalung Tür geschlossen

### 6.2.3.1 Blechkorpus

Der Blechkorpus besteht aus zwei verschiedenen Blechen mit der Materialdicke von 2 mm. Eines der Bleche bildet die Wände und die Decke der Prüfkammer. Das Andere Blech trägt die Gummi-Rundpuffer und ist zweimal angebracht.

Der Rand der Türöffnung ist mit einem Abbog versehen. Dieser bringt etwas Stabilität ins Blech und rundet die Kante der Öffnung ab. Letzteres verhindert Schnittverletzungen oder Kratzer beim Bediener.

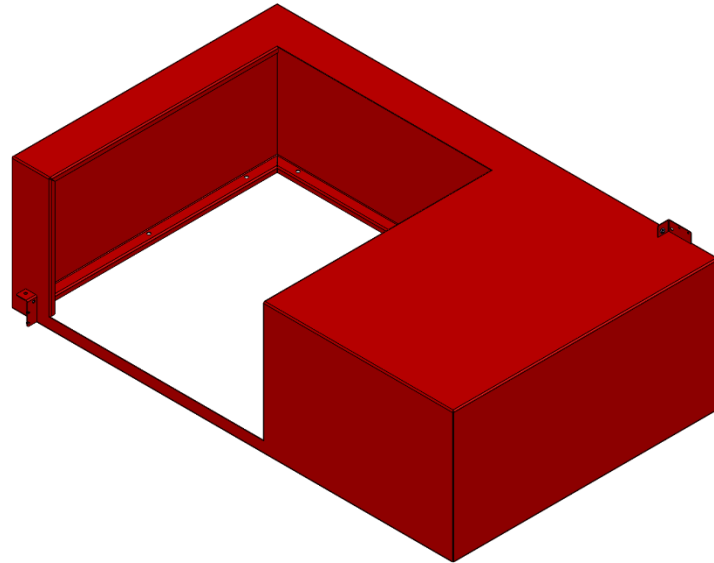


Abbildung 29; Blechkorpus

Der Untere Rand des Blechkorpus wird durch zwei nah aufeinanderfolgende Abböge gebildet. Bei der Wanne vom Grundgestell wurde nachträglich ein horizontaler Abbog ergänzt, welcher mit Schweissmuttern versehen ist. So kann der Blechkorpus auf den Wannенrand gelegt, positioniert und anschliessend mit diesem verschraubt werden. Durch den zweiten und letzten Abbog des Blechkorpus wird die Fügstelle der Wanne und des Korpus vor Leckagegut geschützt. Zusätzlich wird so auch hier verhindert, dass scharfe Kanten am Rand vorhanden sind.

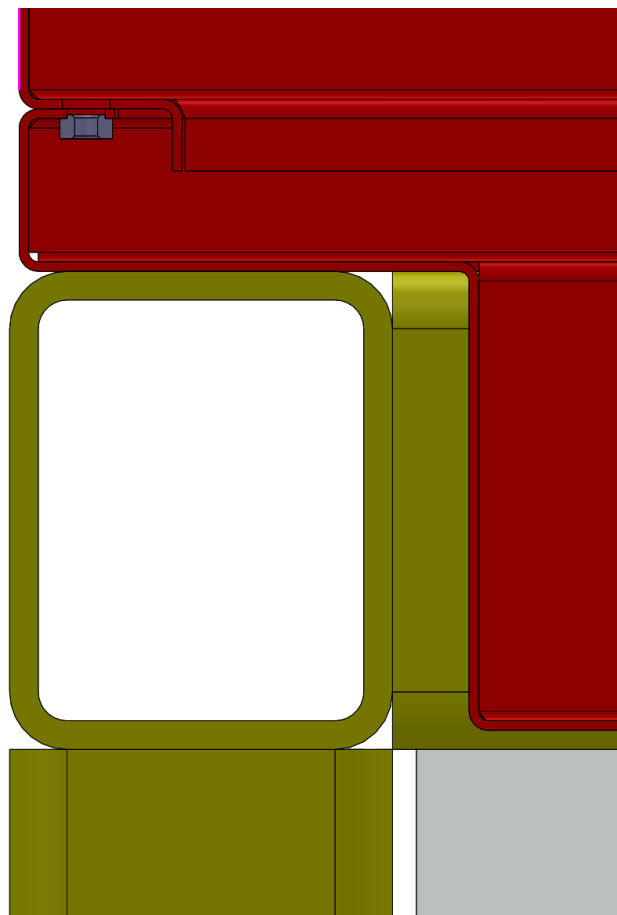


Abbildung 30; Verschraubungsbefestigung im Schnitt

### 6.2.3.2 Tür

Die Tür besteht grundsätzlich aus einer PET G Scheibe, welche mittels thermischer Umformung um 90° abgebogen wurde. An den Enden ist diese Scheibe jeweils mit einem Blech verklebt. Diese Bleche besitzen Langlöcher, zur Befestigung der Führungsschuhe. Diese können aus platztechnischen Gründen nicht symmetrisch zur Mittelebene der Scheibe montiert werden. Beide Bleche sind derselbe Artikel. An jedem dieser Bleche werden zwei Führungsschuhe angebracht. Am horizontal ausgerichteten Blech ist ein kleineres Blech verschweisst, welches als Anschlag für den Gummi-Rundpuffer dient.

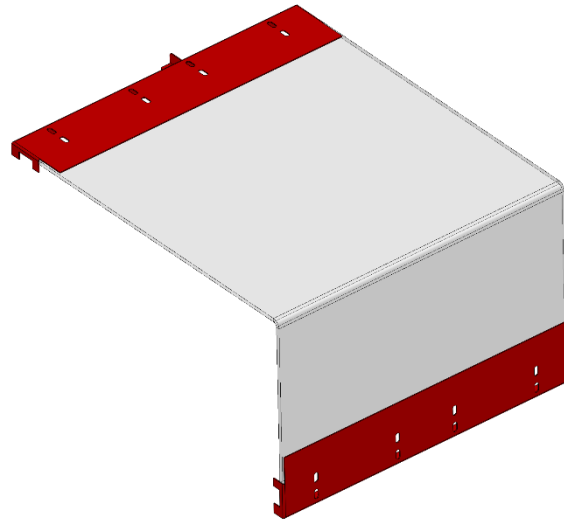


Abbildung 31; Tür

## 6.2.4 Versorgung

Die Versorgung besteht im Wesentlichen aus einem Schrank, diversen Automationskomponenten und einem Versorgungsblech, auf welchem diese Komponenten platziert sind.

Die Versorgung ist das metaphorische Gehirn des Prüfstandes. Sie verarbeitet die Steuerungssignale und gibt Befehle an die einzelnen Komponenten aus. Weiter bietet die Versorgung die komplette Infrastruktur für die Automation. Sie filtert die Druckluft, steuert diese und stellt auch die hydraulische Koordination sicher.

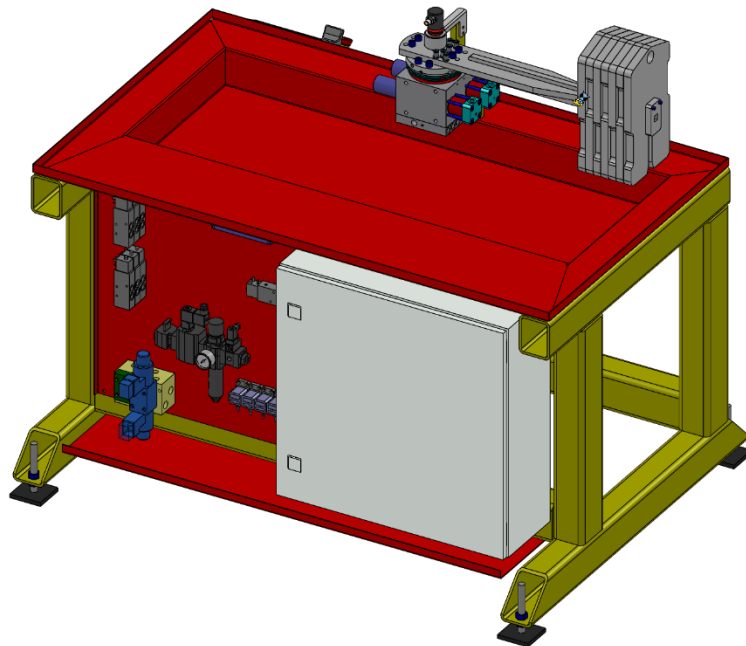


Abbildung 32; Versorgung am Rahmen

### 6.2.4.1 Versorgungsblech

Das Versorgungsblech ist im Grunde ein gewöhnliches Blech, welches zur Befestigung der Automationskomponenten an den erforderlichen Stellen Schweißmuttern besitzt. Oben und seitlich verfügt das Blech über einen Abzug, welcher dem Blech Stabilität verleiht. Das Blech wird mit dem Schweißrahmen verschraubt. Diese Verbindungsart ermöglicht ein Vormontieren der Automationskomponenten.

### 6.2.4.2 Automationskomponenten

Die Automationskomponenten sind:

- 1x Pn. Aufbereitungseinheit
- 7x Pn. 3/2-Weg Ventile
- 1x Pn 6-fachverteiler
- 6x Pn Druckschalter
- 1x Hyd. 5/3-Weg Ventil
- 1x Schrank
- 1x Hauptschalter
- 1x Notausschalter
- 1x Bedienpanel
- Div. Sensoren

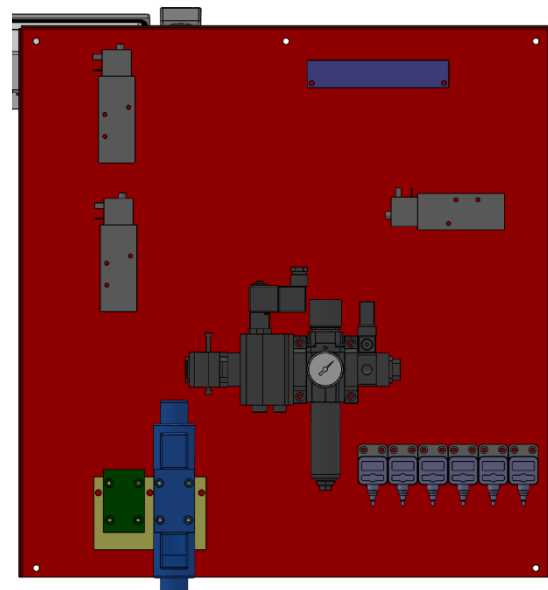


Abbildung 33; Versorgungsblech

## 6.3 Vorentwurf der Baugruppe

Die Oberbaugruppe vereint alle Unterbaugruppen in sich. Der Prüfstand besteht nun also aus den zusammen verbauten Komponenten: "Dem Prüfaufbau, dem Grundgestell, der Verschaltung und der Versorgung.

Der Prüfstand ist 1400 mm breit, 800mm tief und 1300 mm hoch. Inklusiv der Prüfgewichte und dem Rotationsmodul wiegt der Prüfstand ca. 220 kg.

Das Design der Tür ermöglicht auf pragmatische weise eine optimale visuelle Observation.

Der Hauptschalter und der Not-Aus-Knopf sind links vom Bedienerpanel angeordnet.

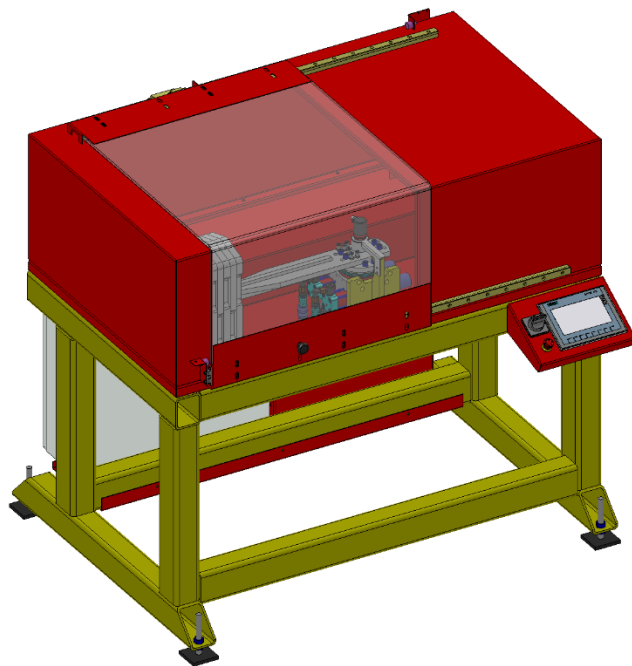


Abbildung 34; Prüfstand geschlossen

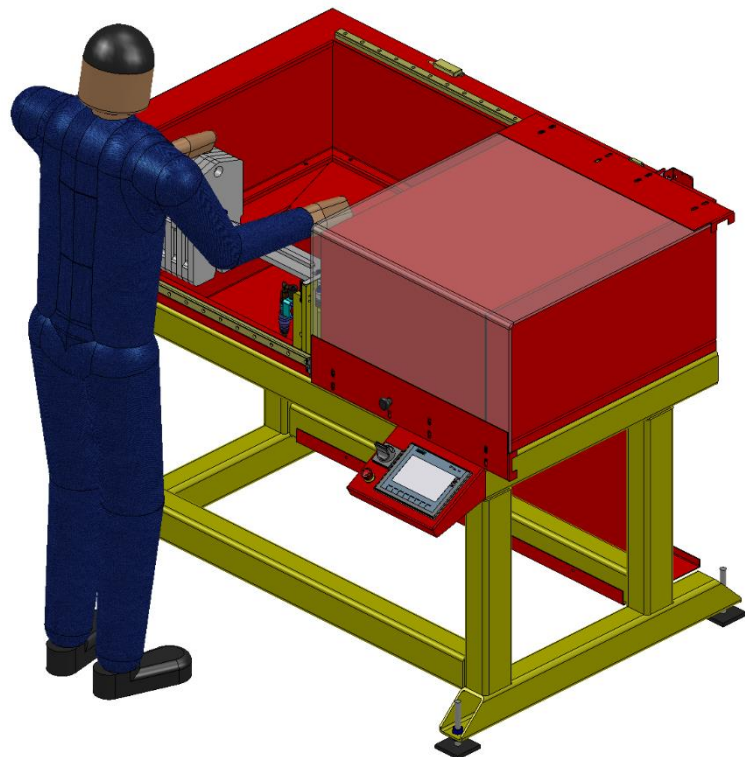


Abbildung 35; Prüfstand geöffnet

Die Schläuche und Kabel werden durch die Wanne geführt. Da sind diese weit ausserhalb der Schwenk-Störkontur des Prüfaufbaus. In die Prüfkammer gelangen diese mittels Hydraulischer und pneumatischer Schottverschraubungen, welche in die Wannenwand eingelassen sind. Die Abbildung 36 zeigt diese Durchgänge aus der Perspektive von schräg unten her.

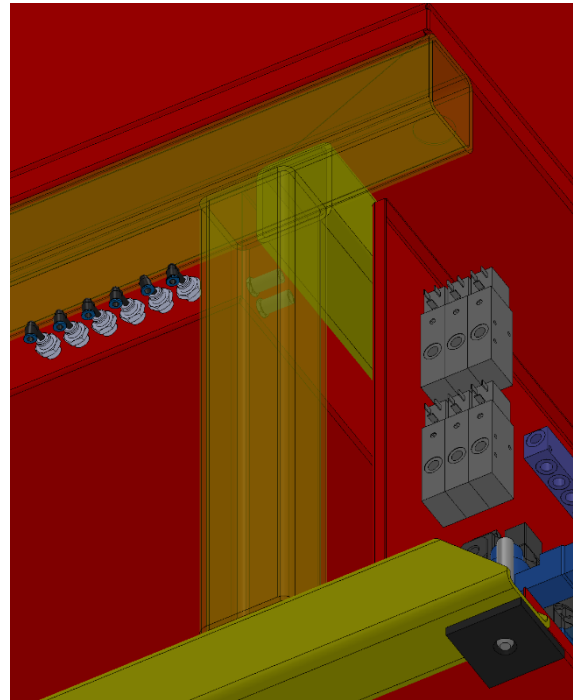


Abbildung 36; Mediendurchgänge

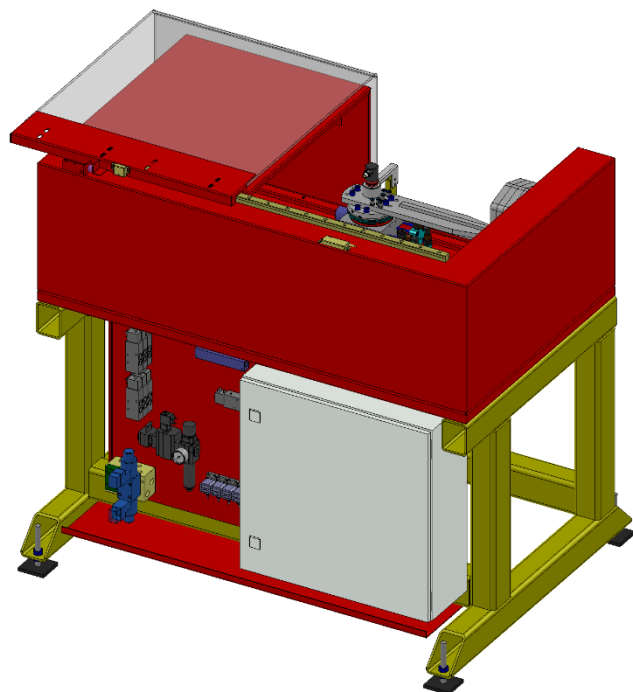


Abbildung 37; Prüfstand Rückseite

## 6.4 Berechnungen

In diesem Kapitel sind alle Berechnungen zur Realisierungsphase dokumentiert.

### 6.4.1 Berechnung Prüfwerkzeug RX12/12

Die Daten bezüglich max. Wkz Gewichte und max. Momente auf Wkz Aufnahmenute sind dem Anhang zu entnehmen.

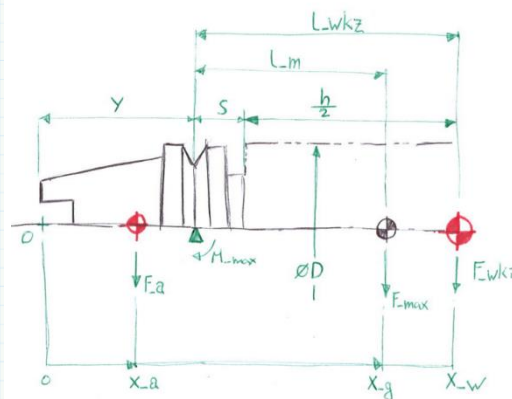
Da der schlimmste Fall anzunehmen ist (Besprechung Kap. 3.1.7), wurde das Prüfwerkzeug folgendermassen konstruiert.

Die Wkz Aufnahme ist als CAD-Modell vorhanden und deren Masse bekannt. Die maximale Wkz Masse ist bekannt. Hierzu ist zu sagen, dass schon einigen Kunden Sondergenehmigungen erteilt wurden, Werkzeuge einzusetzen, welche über dem ausgewiesenen max. Werkzeuggewicht liegen. Bei der RX10/12 ist dies 25 kg.

Konstruktion des Prüfwerkzeuges:

Einfachheitshalber wurde das Werkzeug in Form eines Zylinders konstruiert. Das Prüfwerkzeug wurde so konstruiert, dass die max. Masse erreicht wird und der gesamt Schwerpunkt vom Wkz und der Aufnahme so liegt, dass auch das max. Moment auf die Aufnahmenute erreicht ist.

Dimensionen theoretisches Prüfwerkzeug RX10/12			
$m_{max} := 25 \text{ kg}$	$m_a := 2.7 \text{ kg}$	$L_{max} := 600 \text{ mm}$	$P := 7.8 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$
$D_{max} := 270 \text{ mm}$	$M_{max} := 45 \text{ N}\cdot\text{m}$		
Werkzeugvolumen /Kräfte:			
$m_{wkz} := m_{max} - m_a = 22.3 \text{ kg}$	$V := \frac{m_{wkz}}{P} = (2.859 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$		
$F_{wkz} := m_{wkz} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 218.763 \text{ N}$	$F_a := m_a \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 26.487 \text{ N}$		
$F_{max} := m_{max} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 245.25 \text{ N}$			
Lage Ges. Schwerpunkt:			
$L_m := \frac{M_{max}}{m_{wkz} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 205.702 \text{ mm}$			
Lage Schwerpunkt Werkzeug:			
$y := 70.005 \text{ mm}$	$s := 25.005 \text{ mm}$	$X_a := 62.86 \text{ mm}$	
$X_g := L_m + y = 275.707 \text{ mm}$			
$X_w := \frac{X_g \cdot F_{max} - X_a \cdot F_a}{F_{wkz}} = 301.478 \text{ mm}$			
$L_{wkz} := X_w - y = 231.473 \text{ mm}$			
Dimensionen Werkzeug:			
$h := 2 \cdot (L_{wkz} - s) = 412.936 \text{ mm}$	$D := \sqrt{\frac{V \cdot 4}{\pi \cdot h}} = 93.89 \text{ mm}$		



Formel 2; Dimensionierung Prüfwerkzeug RX10/12

### 6.4.2 Berechnung Prüfwerkzeug RX14/18

Die Daten bezüglich max. Wkz Gewichte und max. Momente auf Wkz Aufnahmenute sind dem Anhang zu entnehmen.

Da der schlimmste Fall anzunehmen ist (Besprechung Kap. 3.1.7), wurde das Prüfwerkzeug folgendermassen konstruiert.

Die Wkz Aufnahme ist als CAD-Modell vorhanden und deren Masse bekannt. Die maximale Wkz Masse ist bekannt. Hierzu ist zu sagen, dass schon einigen Kunden Sondergenehmigungen erteilt wurden, Werkzeuge einzusetzen, welche über dem ausgewiesenen max. Werkzeuggewicht liegen. Bei der RX14/18 ist dies 30 kg.

Konstruktion des Prüfwerkzeuges:

Einfachheitshalber wurde das Werkzeug in Form eines Zylinders konstruiert. Das Prüfwerkzeug wurde so konstruiert, dass die max. Masse erreicht wird und der gesamt Schwerpunkt vom Wkz und der Aufnahme so liegt, dass auch das max. Moment auf die Aufnahmenute erreicht ist.

1. Bestimmung der Position des gesamt Schwerpunktes.
2. Unter Berücksichtigung der Wkz Masse den Wkz Schwerpunkt positioniert.
3. Durch die Position vom Wkz Schwerpunkt ist die halbe Höhe des Zylinders bekannt.
4. Durch Rückrechnen der Höhe und des erforderlichen Wkz Volumens ist der Durchmesser bekannt.

Dimensionen theoretisches Prüfwerkzeug RX14/18

$m_{max} := 30 \text{ kg}$      $m_a := 2.7 \text{ kg}$      $l_{max} := 900 \text{ mm}$      $P := 7.8 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$   
 $D_{max} := 520 \text{ mm}$      $M_{max} := 60 \text{ N}\cdot\text{m}$

Werkzeugvolumen /Kräfte:

$m_{wkz} := m_{max} - m_a = 27.3 \text{ kg}$      $V := \frac{m_{wkz}}{P} = (3.5 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$   
 $F_{wkz} := m_{wkz} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 267.813 \text{ N}$      $F_a := m_a \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 26.487 \text{ N}$   
 $F_{max} := m_{max} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 294.3 \text{ N}$

Lage Ges. Swerpunkt:

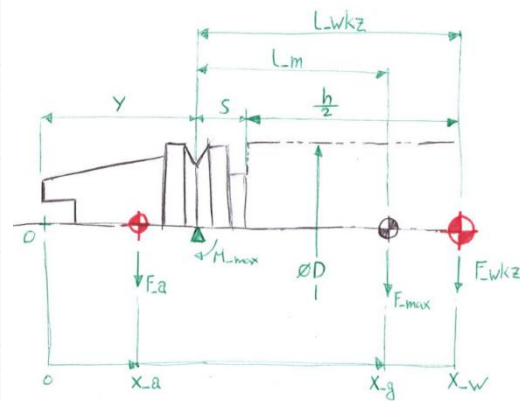
$l_m := \frac{M_{max}}{F_{max}} = 203.874 \text{ mm}$

Lage Schwerpunkt Werkzeug:

$y := 70.005 \text{ mm}$      $s := 25.005 \text{ mm}$      $X_a := 62.86 \text{ mm}$   
 $X_g := l_m + y = 273.879 \text{ mm}$   
 $X_w := \frac{X_g \cdot F_{max} - X_a \cdot F_a}{F_{wkz}} = 294.749 \text{ mm}$   
 $l_{wkz} := X_w - y = 224.744 \text{ mm}$

Dimensionen Werkzeug:

$h := 2 \cdot (l_{wkz} - s) = 399.477 \text{ mm}$      $D := \sqrt{\frac{V \cdot 4}{\pi \cdot h}} = 105.619 \text{ mm}$



Formel 3; Dimensionierung Prüfwerkzeug RX14/18



### 6.4.3 Belastungen auf die Rotationsmodule

Die konstruierten Prüfwerkzeuge wurden nun in die Anschlusskonstruktionen eingesetzt. Anschließend wurde der Gesamtschwerpunkt in Relation zur Rotationsachse gemessen. Somit sind die erforderlichen Daten zur Konstruktion des Prüfaufbaus vorhanden.

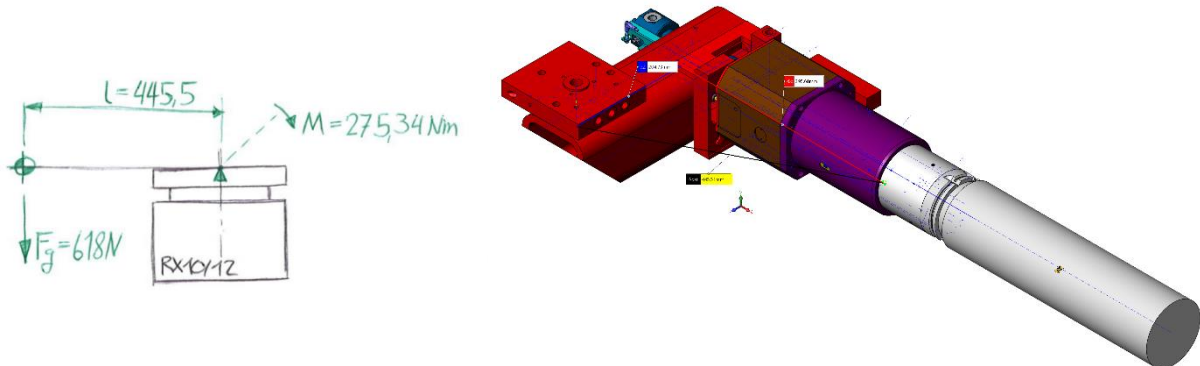


Abbildung 38; Hebelarm RX10/12

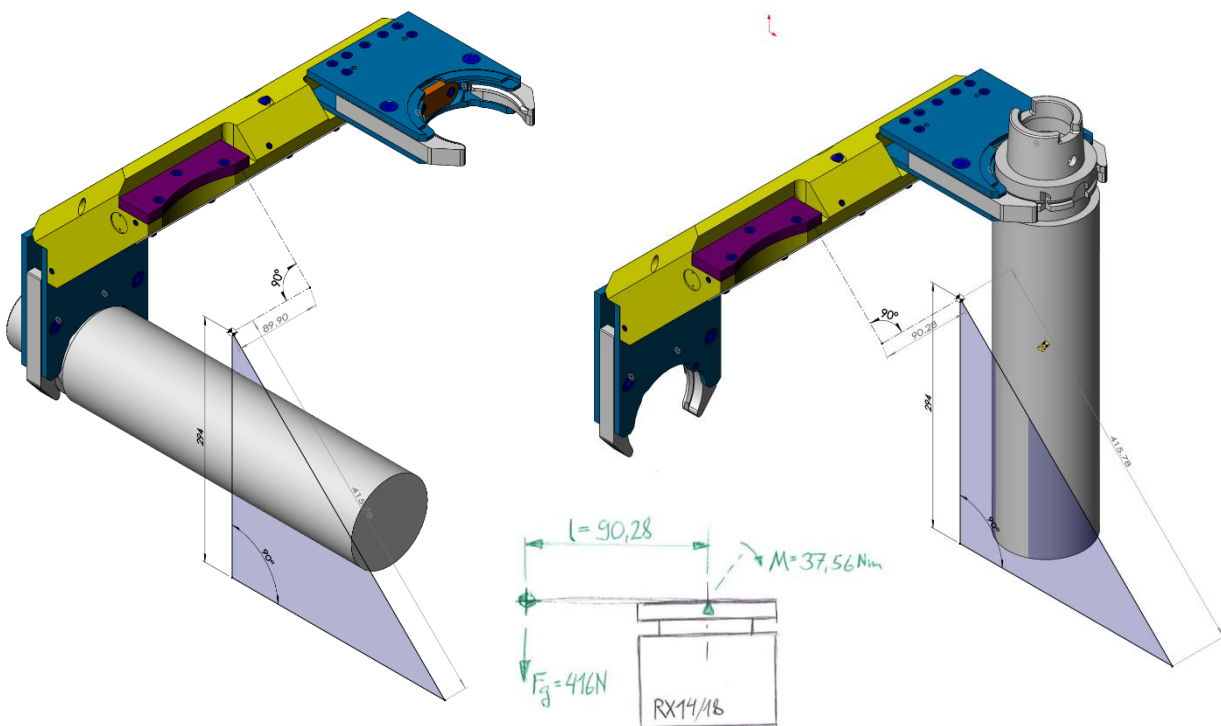


Abbildung 39; Hebelarm RX14/18

## 7 Kontrolle

### 7.1 Kontrolle gemäss Anforderungsliste

Nr.	Anforderungen	Prüf- bereich	Wunsch/ Forderung
<b>Technisches</b>			
01	Schnittstellen für die geforderten Rotationsmodule müssen vorhanden sein.	Geometrie	Forderung
02	Für die geforderten Rotationsmodule müssen realistische externe Belastungen bereitstehen.	Geometrie	Forderung
03	Integrierte Medienleitungen für geforderte Medien müssen bereitstehen.	Automation	Forderung
04	Geforderte Messungen müssen vorgenommen werden können.	Automation	Forderung
05	Handling mittels Hallenkran und Hubstapler gewährleisten.	Geometrie	Wunsch
06	Auslegung der Vorrichtung für Betriebsdauer von jeweils 30 Min.	Statisch	Forderung
07*	Auslegung der Vorrichtung für 1 Prüfung/ Woche	Quantität	Forderung
<b>Wirtschaftliches</b>			
08	Das Budget von 7'200 CHF (Material) darf nicht überschritten werden.	Finanzen	Forderung
<b>Sicherheit</b>			
09	Während Testläufen soll das Rotationsmodul unzugänglich sein.	Geometrie	Forderung
10	Eine Notaus-Funktion muss im Prüfstand integriert sein.	Automation	Forderung
11	Ergonomisches Arbeiten an der Station soll möglich sein.	Geometrie	Wunsch
<b>Design</b>			
12	Die Vorrichtung soll orange RAL 2003 lackiert sein.	Optik	Wunsch
13	Die Schläuche/ Kabel/ Gewichte sollen, wenn diese nicht gebraucht werden, an/ in der Prüfstation verstaut werden können.	Geometrie	Wunsch
<b>Termin</b>			
14	Freigabereife der 3D-CAD Daten bis zum 12.10.2020		Forderung

Tabelle 9; Kontrolle gemäss Anforderungsliste

**Grün:** Anforderung erfüllt.

**Gelb:** Anforderung kann erst zu einem späteren Zeitpunkt überprüft werden.

**Rot:** Anforderung nicht erfüllt.

Erläuterung:

Pos. 11: Das Bedienepanel ist zu tief angeordnet. Optimierungsmöglichkeiten werden geprüft.

## 7.2 Schwachstellen

In Form der Meilensteinsitzung Kap. 3.1.10 wurde die Zusammenstellung der Baugruppe komplett durchleuchtet. Nachfolgend sind die noch zu optimierenden Punkte aufgeführt. Diese sind in sicherheitsrelevante und nicht sicherheitsrelevante Punkte unterteilt.

### 7.2.1 Risiken

- Man kann sich beim Schliessen der Tür die Finger quetschen. Da die Tür jedoch nur 1,8 Kg schwer ist, sollten daraus keine nachhaltigen Verletzungen entstehen.
- Wenn die Tür geöffnet ist, steht diese etwas über. Es besteht das Risiko, dass ein unaufmerksamer Mitarbeiter dann in die Türkontur läuft. Die Folgeschäden wären dann jedoch seitens der Prüfstation und nicht des Menschen.
- Man kann sich bei der Türöffnung, an der Blechkannte schneiden.
- Vor dem Anschliessen des Rotationsmoduls muss gewährleistet sein, dass dieses gegen den Uhrzeigersinn auf Anschlag gefahren ist. Sonst wird der Prüfaufbau mit der Verschalung kollidieren.
- Da die Rohrkonstruktion bei den Füßen der Vorrichtung etwas übersteht, könnte man über diese stolpern.
- Da das Halteblech des Bedienepanel etwas exponiert ist, kann man im Vorbeigehen damit kollidieren.

## 7.2.2 Prüfaufbau

### 7.2.2.1 Verschlauchung

Die Pneumatischen Schläuche sind in der Abbildung 40 grün schematisiert. Diese führen zum Dach der Prüfkammer und werden von dort zur Versorgung geleitet. Da der Prüfaufbau um 90° bzw. um 180° rotiert, werden diese Schläuche während des Betriebes "verdreht". Das Problem hierbei ist, dass Pneumatikschläuche äusserst unflexibel und formstabile sind. Diese Eigenschaft schützt die Schläuche im konventionellen Einsatz vor dem Abknicken. Bei dem Prüfaufbau jedoch, könnte dies der Konstruktion nachteilig sein. Es ist zu befürchten, dass die Schläuche bei der Rotationsbewegung des Prüfaufbaus überbeansprucht werden und dabei einknicken.

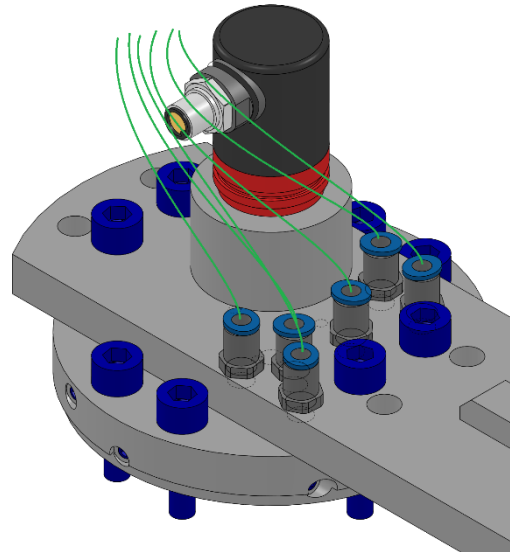


Abbildung 40; Verschlauchung

### 7.2.2.2 Anschlussstelle Hebelarm zu Medienübergabe Platte

Die Anschlussfläche vom Hebelarm zu den Medienübergabeplatten, sollte im Kontakt Bereich zu diesen überfräst sein. Beim Hebelarm handelt es sich um eine geschweisste Komponente. Durch das Schweissen kann es sein, dass die Anschlussfläche des Hebelarmes zu den Medienübergabe Platten verzogen resp. gewölbt ist. Dies würde Leckage an dieser Stelle bei den O-Ringen begünstigen.

### 7.2.2.3 Zentrierung der Medienübergabeplatte

Die Medienanschlussplatte besitzt aktuell keine Positionierung, resp. Zentrierungsmöglichkeit. Dies könnte dann dazu führen, dass der Drehgeber nicht konzentrisch ist und dies dann Kräfte auf die Lagerung des Drehgebers generiert.

## 7.2.3 Grundgestell

### 7.2.3.1 Gesamthöhe System

Die Körpergröße des Menschen in der Abbildung 41 entspricht der europäischen Norm. Es ist klar ersichtlich, dass die Bediene Fläche mit dem Panel, dem Hauptschalter und dem Not aus Knopf viel zu tief angeordnet sind. Die Bedienfläche befindet sich in der Höhe zwischen Knien und Hüfte.

Der gesamte Arbeitsbereich am Rotationsmodul befindet sich in Hüfthöhe. Das Arbeiten an einem solch gestalteten Prüfstand würde sich sehr unangenehm und auf die Dauer als sehr ungesund für den Rücken, wie auch die Gelenke des Bedieners ausweisen.

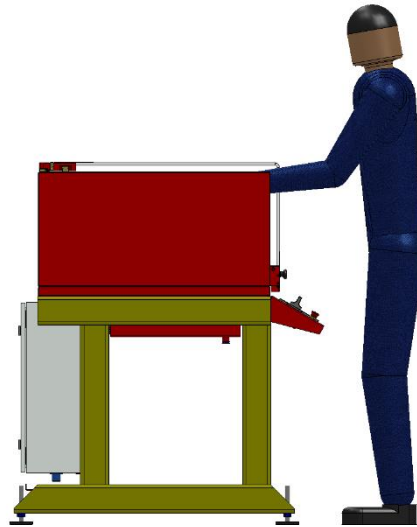


Abbildung 41: Arbeitshöhe

### 7.2.3.2 Rohr für Kabeldurchführung suboptimal

Es ist vorgesehen, dass die Kabel vom Bedienepanel her, durch das obere, gelb dargestellte Rohr verlegt werden. Dies ist soweit auch gut. Das Problem ist, dass das Rohr Versorgungsseitig sehr spät endet. Beachtet man den Biegeradius der Kabel, so würden diese im verlegten Zustand überstehen. Nebst dem unästhetischen Effekt besteht die Gefahr, dass etwas oder Jemand beim Passieren des Prüfstandes an den kablern hängen bleibt, dies nicht sogleich bemerkt und schlussendlich die Kabel ausreisst. Dabei könnte auch die betroffene Person stolpern und sich verletzen.

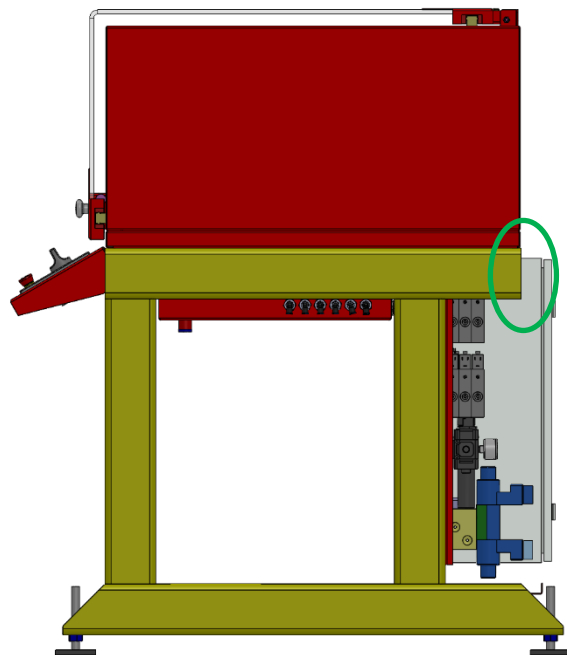


Abbildung 42; Kabeldurchgang Bediene Panel

## 7.2.4 Verschalung

### 7.2.4.1 Gesamthöhe Prüfkammer

In der Abbildung 43 ist die Prüfkammer im Schnitt dargestellt. Die vorgesehene Schlauchführung ist grün schematisiert. Die Prüfkammer kann konstruktiv vergrößert werden. Dies würde den Schläuchen zwischen dem Prüfaufbau und der Decke der Prüfkammer mehr Freiraum lassen.

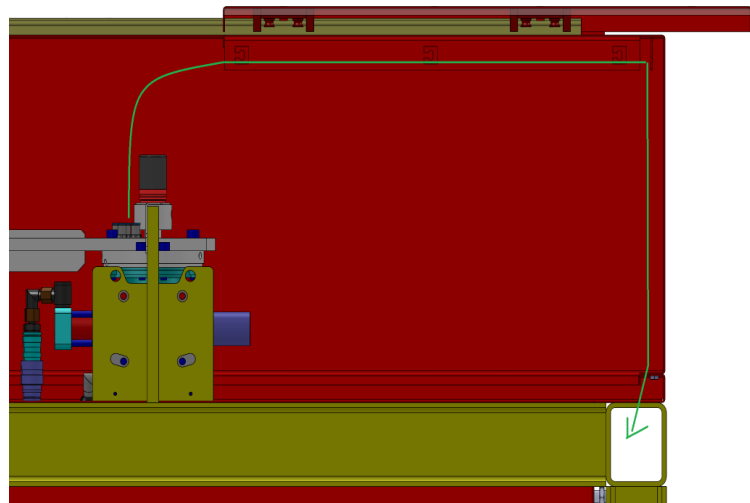


Abbildung 43; Kabelführung Prüfkammer

### 7.2.4.2 Herstellbarkeit

Die Abmasse der Abwicklung vom Korpus betragen: "2242mm x 1702mm". Da die Blechlieferanten der Reiden Technik AG nur Blechtafeln von Max. 3000mm x 1500mm verarbeiten können, ist der Korpus zweiteilig zu gestalten.

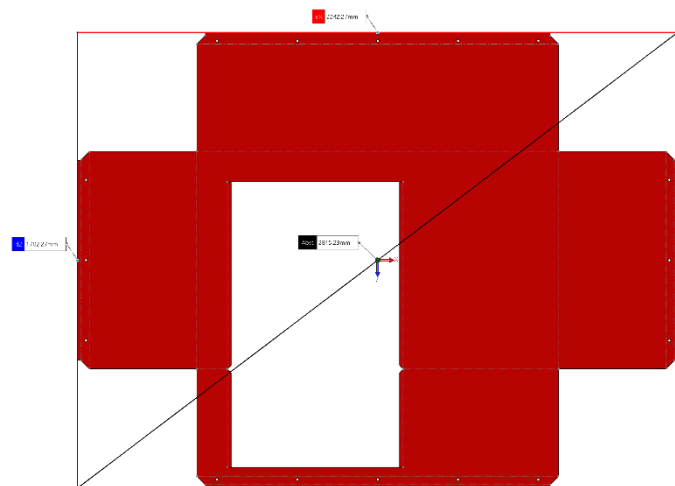


Abbildung 44; Abwicklung Korpus

### 7.2.4.3 Wirtschaftliche Optimierbarkeit

Die Verschalung ist teilweise noch etwas unnötig komplex gestaltet. Es ist zu prüfen, ob diese noch etwas vereinfacht werden könnte. Jede Vereinfachung macht die Verschalung wieder ein Stück günstiger.

## 7.2.5 Medienführung

### 7.2.5.1 Medien Blindplatte

Eine Blindplatte für die nicht verwendeten Schläuche brauchen ein Frästeil. Weiter ist der Umgang mit dieser fehleranfällig. Vergisst der Bediener einen nicht verwendeten Schlauch, z.B beim Prüfen eines Rotationsmodules für eine RX14/18 anzuschliessen, wird das System nicht funktionieren.

## 7.3 Nachkonstruktion

Die Punkte, welche als Schwachstellen identifiziert werden konnten, wurden optimiert. Nachfolgend sind die Optimierungen festgehalten.

### 7.3.1 Prüfaufbau

#### 7.3.1.1 Verschlauchung

Der Hebelarm wurde um ein Blech ergänzt, auf welchem die Drucksensoren befestigt sind. Dadurch dass sich die Drucksensoren nun direkt auf dem Prüfaufbau befinden, sind die pneumatischen Schläuche zu den Drucksensoren nicht mehr dynamisch belastet. Statt der Schläuche werden nun die Sensoren Kabel vom Prüfaufbau weggeführt. Die Kabel weisen eine massiv höhere Flexibilität auf als die pneumatischen Schläuche. Die Displays auf den Drucksensoren bieten zudem eine zusätzliche Informationsquelle, ergänzend zu dem Bedienepanel. Ein weiterer Vorteil dieser Optimierung ist,

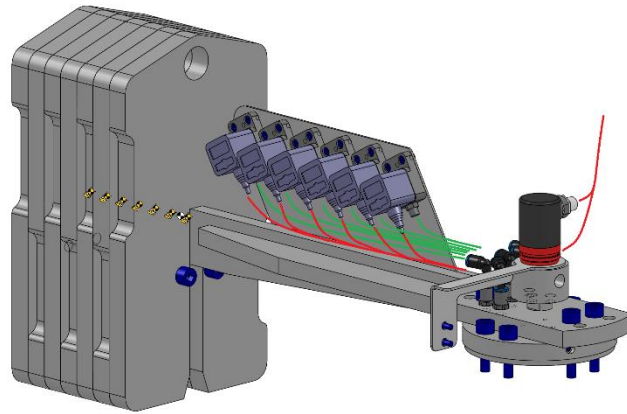


Abbildung 45; Verschlauchung Prüfaufbau

dass die Kabel alle mittels Stecker an den Elektrischen Komponenten angeschlossen sind. Dies ermöglicht es, den Prüfaufbau bei Bedarf Komplet vom System zu lösen. In der Abbildung 45 sind die pneumatischen Leitungen grün und die elektrischen rot schematisiert. Infolge dieser Optimierungen musste der Hebelarm nur geringfügig in der Länge und in der Gesamtmasse angepasst werden, um das Gesamtgewicht und die Lage des Schwerpunktes wieder in die Ausgangslage vor der Optimierung zu korrigieren.

#### 7.3.1.2 Anschlussstelle Hebelarm zu Medienübergabe Platte

Der Hebelarm wurde an der Anschlussfläche zu den Medienübergabeplatten um 1mm überfräst. Dies gewährleistet eine Saubere Auflage. Da von der Bearbeitungsseite her sowieso Gewinde geschnitten werden müssen, bedarf es keiner zusätzlichen Aufspannung des Teiles bei der Bearbeitung. Nach der Optimierung wurde der Hebelarm statisch noch auf die Biegespannung überprüft. Die Berechnungen sind im Kap. 7.4.1 dokumentiert.

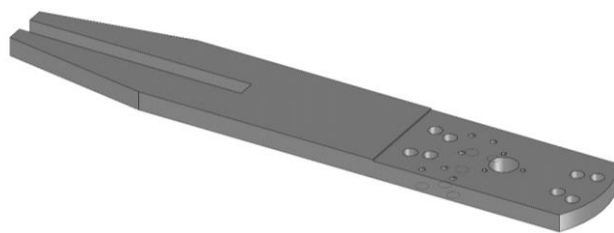


Abbildung 46; Überfräsung Hebelarm

#### 7.3.1.3 Zentrierung der Medienübergabeplatte

Die Medienanschlussplatte wurde mit einer Zentrierung ergänzt, welche dem Innendurchmesser des Rotationsflansches entspricht.

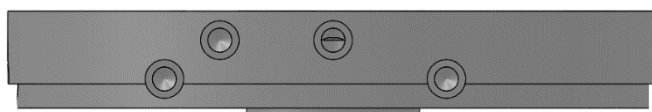


Abbildung 47; Zentrierung Medienübergabeplatte

## 7.3.2 Grundgestell

### 7.3.2.1 Gesamthöhe System

Die gesamthöhe des Systems wurde korrigiert. Das Bedienepanel befindet sich nun ungefähr in Hüfthöhe. Arbeiten an dem Rotationsmodul oder dem Prüfaufbau können nun in aufrechter Haltung des Bedieners durchgeführt werden. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass die unterkante der Türöffnung ebenfalls in Hüfthöhe ist. Letzteres ermöglicht es dem Bediener, dass dieser sich bei Arbeiten am Rotationsmodul mit der Hüfte an dem Prüfstand abstützen kann.

### 7.3.2.2 Rohr für Kabel Durchführung suboptimal

Das Rohr für die Kabeldurchführung vom Bediene Panel zu der Versorgung wurde rückseitig etwas eingekürzt. Dies ist in der Abbildung 48 ersichtlich. Somit finden die Kabel auch mit ihrem Biegeradius innerhalb der äussersten Konturen Platz.

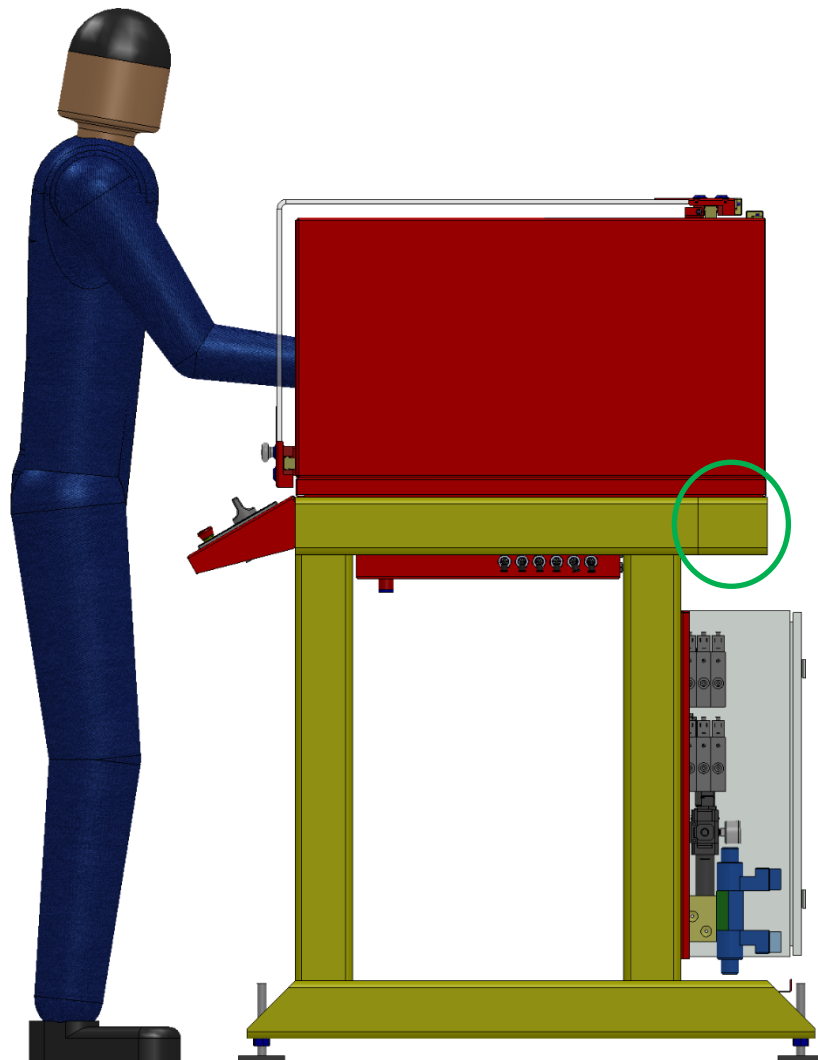


Abbildung 48; Höhenoptimierung



### 7.3.3 Verschalung

#### 7.3.3.1 Gesamthöhe Prüfkammer

Die Gesamthöhe der Prüfkammer wurde um 75mm erhöht. Nun besteht in der gesamten Prüfkammer ein grosszügiger Mindestabstand von der Störkontur des Prüfaufbaus und den "Wänden, Decke und dem Boden" der Prüfkammer. Zusätzlich verfügen die Kabel, welche vom rotierenden Prüfaufbau zu der Decke der Prüfkammer führen über noch mehr Raum, in welchem sie die "Verwindung" während des Prüfbetriebes ausgleichen können.

#### 7.3.3.2 Herstellbarkeit

Das Blech, welches grundsätzlich die Prüfkammer bildet, ist nun zweiteilig ausgeführt. Die Abwicklungsabmasse sind kleiner als die maximalen Abmasse der Blechtafeln, welche unsere Lieferanten verarbeiten können. Das Blech, welches die Frontwand bildet, wurde als einzelnes Blech separiert, welches dann mit der restlichen Prüfkammer verschweisst wird. Dies ist etwas schade, da diese Trennstelle an der Front sofort ersichtlich ist. Da sich dort aber die Türöffnung befindet, ist dies die die Trennmöglichkeit, welche die Kürzesten Schweisssnähte erfordert. Aus diesem Grund ist die Trennstelle dort angesetzt.

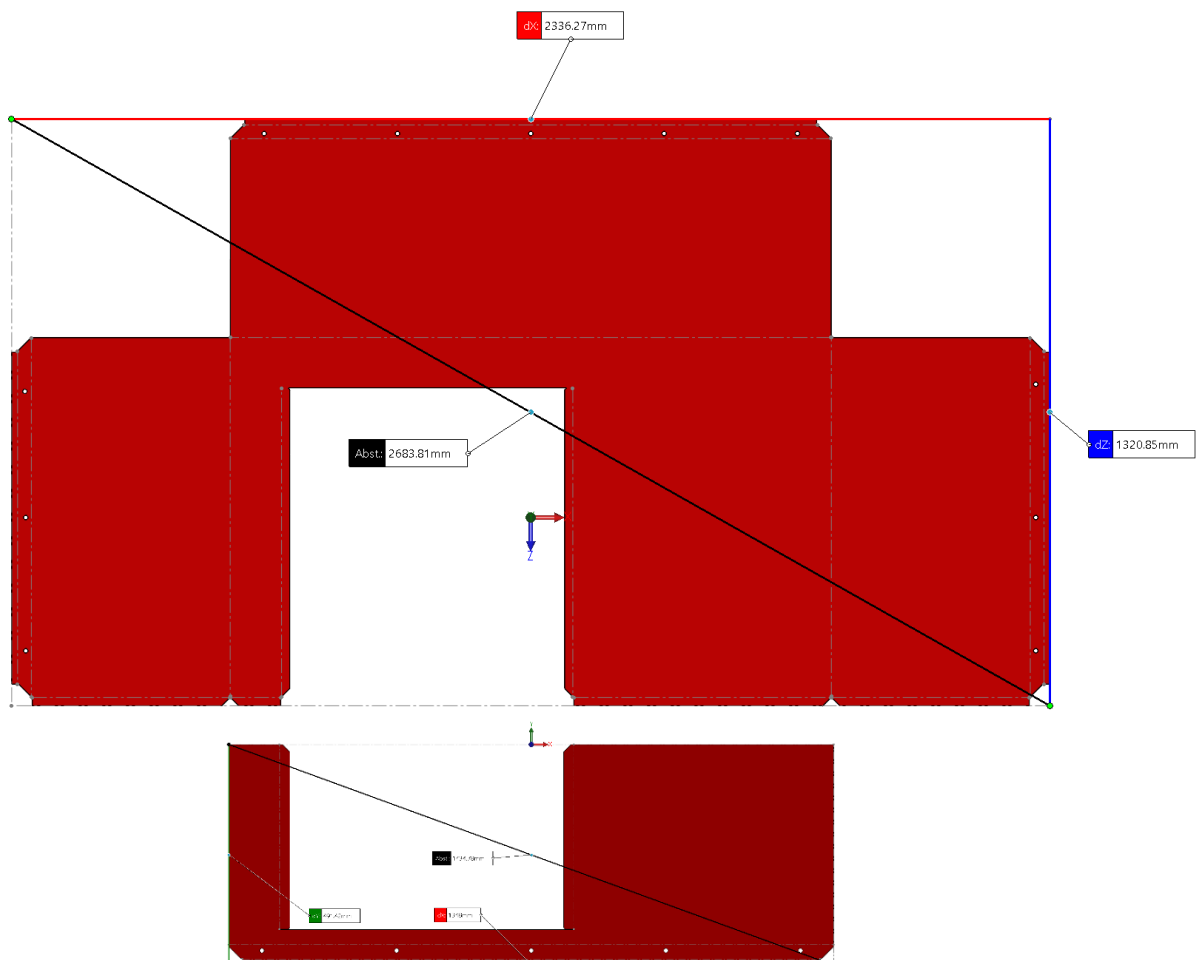


Abbildung 49; Abwicklung Prüfkammer zweiteilig

### 7.3.3.3 Wirtschaftliche Optimierbarkeit

Bei dieser Optimierung wurde auf den Gummi Puffer für das Schließen der Tür weggelassen. Dieser hätte mühsam eingestellt werden müssen, damit dieser mit dem Kugelschnäpper funktioniert hätte.

Der Gummipuffer für das Öffnen der Tür wurde einfacher konstruiert. Die Optimierung besteht darin, dass vor der Änderung ein zusätzliches Blech beim Führungsschuh als Anschlag diente. Nun übernimmt der Führungsschuh selbst diese Aufgabe. Das Blech, welches den Gummipuffer trägt, ist identisch mit dem, auf welchem der Kugelschnäpper montiert ist.

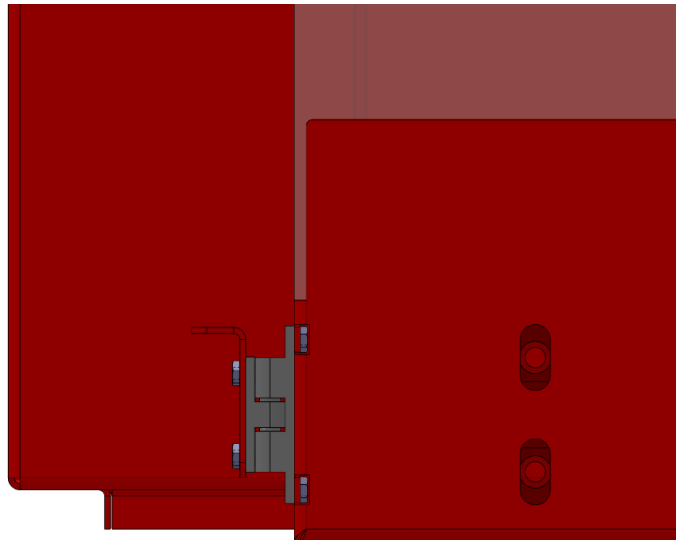


Abbildung 50; Befestigung Kugelschnäpper

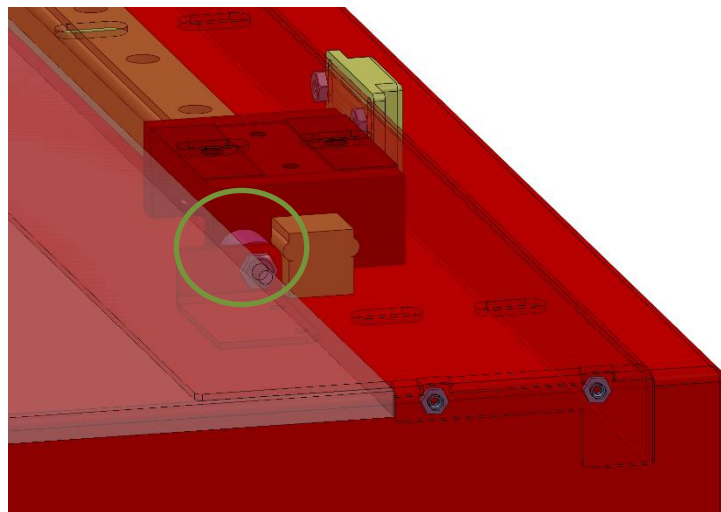


Abbildung 51; Anschlag Tür öffnen

### 7.3.4 Medienführung

#### 7.3.4.1 Medien Blindplatte

Das Konzept der Medienblindplatte wurde komplett durch ein anderes ersetzt. Die Nachteile einer solchen Blindplatte wurden bereits eingehend erläutert. Nun sind an den Enden aller Medienleitungen, welche am Rotationsmodul angeschlossen werden, Steckkupplungen vorgesehen. Sobald eine Leitung nicht angeschlossen, resp. Angekuppelt ist, verschliesst diese den Ausgang automatisch. Die Medienleitungen müssen auf diese Weise nicht erst mühsam in eine Blindplatte geschraubt werden. Beim Retablieren des Prüfstandes, dann wenn die Hydraulikschläuche vom Rotationsmodul entfernt werden, verhindern diese Kupplungen auch, dass Hydrauliköl, welches sich noch in den Schläuchen befinden könnte, ausläuft.

Die anderen Anschlussstücke der Steckkupplungen, können in ein zu prüfendes Rotationsmodul bereits vorgängig eingeschraubt werden.

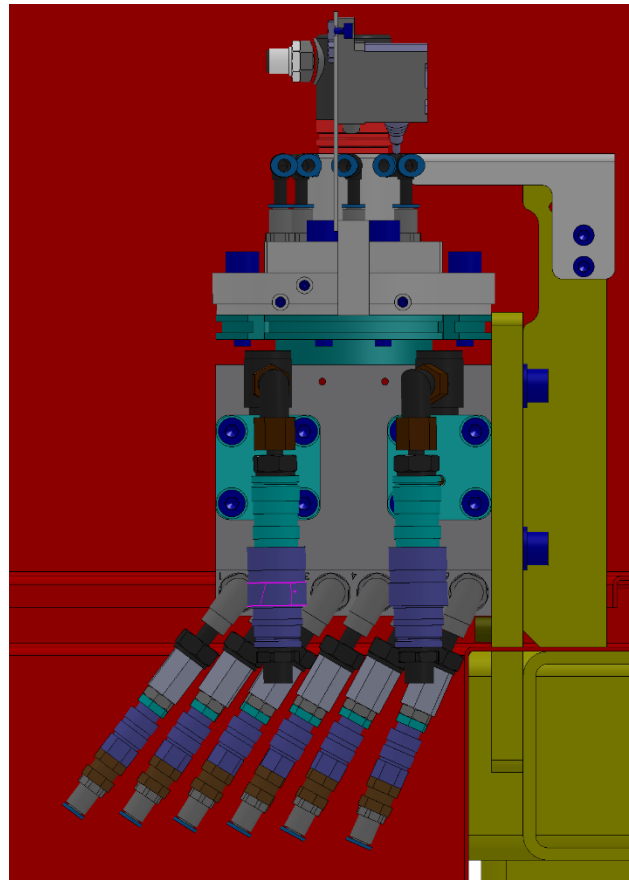


Abbildung 52; Medienanschluss Rotationsmodul

### 7.3.5 Risiken

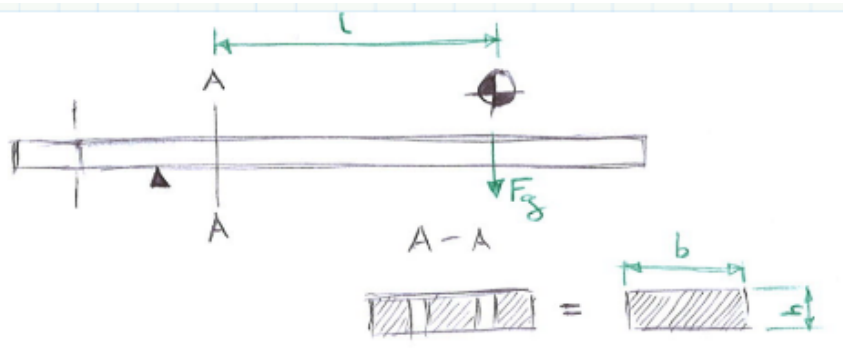
#### 7.3.5.1 Softwareergänzung

In der Software wird noch eine Sicherheit Initialisierung integriert. Bevor ein Testlauf beginnt, probiert die Steuerung das Modul im Uhrzeigersinn zu schwenken. Wird durch den Drehgeber keine Rotationsbewegung rückgemeldet, geht das System davon aus, dass das Rotationsmodul nicht gegen den Uhrzeigersinn auf Anschlag gefahren wurde. Der Testlauf kann nicht gestartet werden.

## 7.4 Berechnungen

### 7.4.1 Biegespannung im Hebelarm

Nach der Optimierung des Hebelarmes beträgt dessen Materialdicke nun noch 14mm. Nach dieser Schwächung wurde vorsorglich eine Berechnung bezüglich der Biegespannung vorgenommen. Es stellte sich heraus, dass die maximal auftretende Biegespannung massiv kleiner ist als die zulässige Biegespannung. Die Festigkeit des Hebelarmes ist also für die Anwendung ausreichend.

<p>Werkstoff: 1.0570;</p> <p><math>\sigma_{zul} := 330 \frac{N}{mm^2}</math></p> <p><math>h := 14 \text{ mm}</math></p> <p><math>b := 63 \text{ mm}</math></p> <p><math>m := 60.64 \text{ kg}</math></p> <p><math>l := 398 \text{ mm}</math></p>	
<p><math>F_g := m \cdot g = 594.675 \text{ N}</math></p>	
<p><math>W := h \cdot \frac{b^2}{6} = (9.261 \cdot 10^3) \text{ mm}^3</math></p>	
<p><math>M_b := l \cdot F_g = (2.367 \cdot 10^5) \text{ N} \cdot \text{mm}</math></p>	
<p><math>\sigma_{vorh} := \frac{M_b}{W} = 25.557 \frac{N}{mm^2}</math>      <math>\sigma_{vorh} &lt; \sigma_{zul}</math></p>	

Formel 4; Festigkeitsnachweis Hebelarm

## 8 Auswertung

### 8.1 Zusammenstellung der endgültigen Lösung

Der Prüfstand ist 1400 mm breit, 1100mm tief und 1500 mm hoch. Inklusive der Prüfgewichte und dem Rotationsmodul wiegt der Prüfstand ca. 280 kg.

Die Abbildung 53 zeigt die endgültige Lösung des Prüfstandes mit geschlossener Tür.

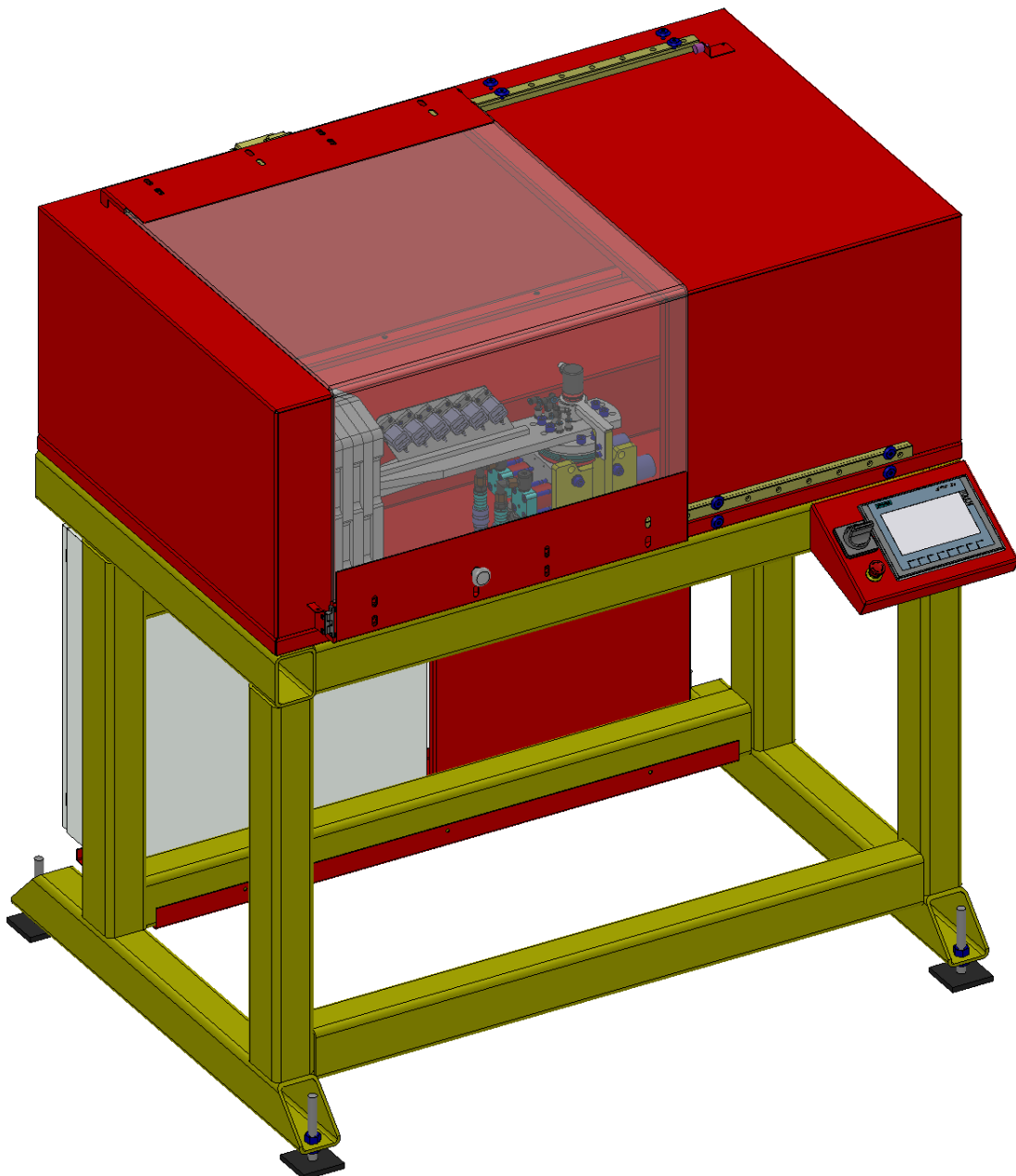
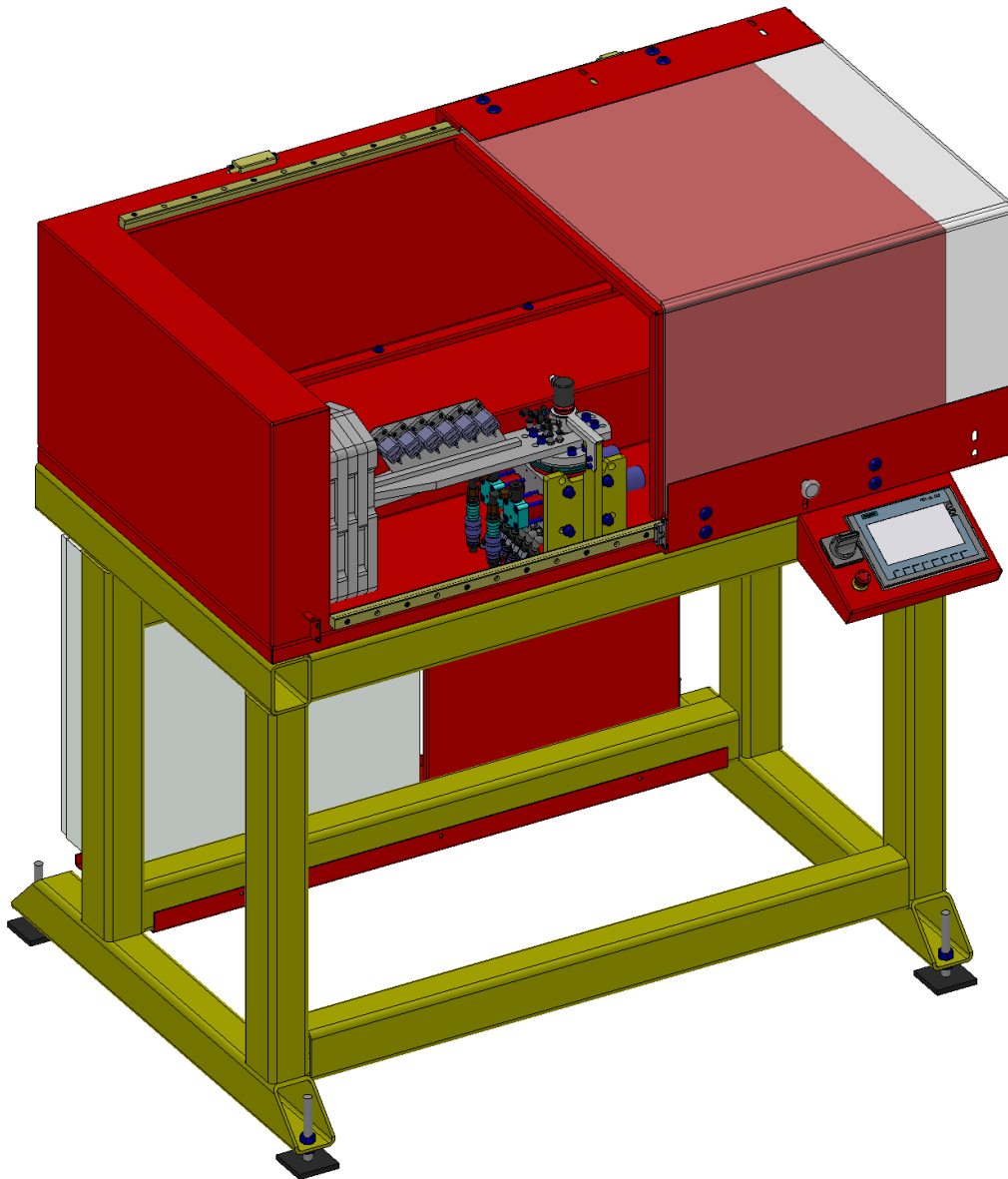


Abbildung 53; Prüfstand mit geschlossener Tür

Die Abbildung 54 zeigt die endgültige Lösung des Prüfstandes mit geöffneten Tür.



*Abbildung 54; Prüfstand mit geöffneter Tür*

## 8.2 Bewertung der endgültigen Lösung

Mit der endgültigen Lösung des Prüfstandes können beide Rotationsmodultypen, betrieben, deren Realbedingungen im Endprodukt simuliert und die Werte der Module aufgenommen und ausgewertet werden. Die Verschalung der Prüfkammer schirmt den Versuchsaufbau vor dem Zugriff des Menschen ab. Alle Punkte im Pflichtenheft konnten realisiert werden. Die technischen, wirtschaftlichen, wie auch die Ergonomischen Aspekte sind allesamt berücksichtigt und in ausgewogenem, teils optimierten Masse in dieser endgültigen Lösung des Prüfstandes vereint. Die Schwächen des Prüfstandes wurden detektiert und konnten grösstenteils optimiert werden.

Die Ansprüche aller relevanten Anspruchsgruppen: "Die Fabrikation, die Montage, die Automation, die Spedition und die Anwender", wurden beim Konstruieren des Prüfstandes berücksichtigt.

Das Endergebnis des Prüfstandes ist sehr zufriedenstellend.

### 8.3 Fazit Projektziele

Projektziele		
1.	Zielformulierung	Der Reiden Technik AG mit dem Produkt dieser Arbeit einen Mehrwert generieren.
	Fazit	Ich bin zuversichtlich, dass dies der Fall sein wird.
2.	Zielformulierung	Alle Termine einhalten
	Fazit	Alle Termine konnten rechtzeitig wahrgenommen werden.
Technische Ziele		
3.	Zielformulierung	Das Ausarbeiten eines funktionsfähigen Konzeptes.
	Fazit	Das ausgearbeitete Konzept ist funktionsfähig.
4.	Zielformulierung	Alle Anforderungen gemäss Anforderungsliste umsetzen.
	Fazit	Es konnten alle Punkte der Anforderungsliste umgesetzt werden.
5.	Zielformulierung	Entwicklungskosten niedrig halten.
	Fazit	Mit ungefähr 160h Entwicklungszeit war ich relativ schnell.
Persönliche Ziele		
6.	Zielformulierung	Eine qualitativ hochwertige Diplomarbeit erstellen.
	Fazit	Ich bin mit der Qualität der Dokumentation sehr zufrieden. Ich denke, dieses Ziel ist erreicht.
7.	Zielformulierung	Gelerntes umsetzen und anwenden können.
	Fazit	Ich konnte von vielem aus dem Unterricht erlernten, aber auch von der Übungsdiplomarbeit profitieren und anwenden.
8.	Zielformulierung	Erfahrungen für künftige Arbeiten sammeln.
	Fazit	Ich bin zuversichtlich, dass für das Erarbeiten künftiger Dokumentationen diese Arbeit ein guter Wegweiser sein wird.

Tabelle 10; Fazit Projektziele



## 9 Schlusswort

Das Verfassen dieser Diplomarbeit war eine grosse Herausforderung. Ich darf auf eine sehr intensive, lehrreiche und vor allem auch inspirierende Zeit zurückblicken.

Ich wurde mit der Aufgabe betraut, einen Prüfstand zu entwickeln, mit welchem man unter Realbedingungen die Rotationsmodule für die RX10/12 und die RX14/118 betreiben und analysieren kann.

Mit Hilfe der erlernten Arbeitstechniken, Kreativitätstechniken, sowie Berechnungs- und Konstruktionsmethoden war es mir möglich, diesen Prüfstand in sehr kontrolliertem Rahmen zu entwickeln.

Beim Erarbeiten dieser Diplomarbeit sah ich mich mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert. Eine anspruchsvolle Aufgabe war, meine Arbeiten mit den von Herrn Santhos Saravanabavan abzustimmen. Er entwickelte im Rahmen seines eigenen Examens, die komplette Automation des Prüfstandes. Die Schwierigkeit bestand darin, dass seine Diplomarbeit vier Wochen vor dem Start meiner eigenen begann und auch vier Wochen vor dieser endete. Beide waren auf gegenseitigen Datenaustausch angewiesen. Zu Beginn musste er ein Automationskonzept zu einer noch nicht definierten Konstruktion erstellen. Ich hingegen entwickelte ein System für ein definiertes Automationskonzept. Dieser zeitliche Versatz zu handhaben war sehr schwierig. Diese Erfahrung war sehr inspirierend und ich bin zuversichtlich, dass ich in künftigen Projekten stark davon profitieren werde.

Technisch war diese Arbeit vor allem im Bereich der Modularität und in definitorischer Hinsicht herausfordernd. Beispielsweise dass zwei verschiedene Rotationsmodultypen geprüft werden müssen. Definitorisch war es für mich sehr schwierig fest zu machen, was beispielsweise eine Prüfung in "sinnvoller Realitätsnähe" konkret bedeutet oder das Definieren von den theoretischen Prüfwerkzeugen. Ich habe für die Zukunft gelernt, solche Formulierungen in Aufträgen zu erkennen und frühzeitig gegenüber dem Auftragsgeber anzusprechen.

Für mich war es keine grosse Schwierigkeit, die üblichen Arbeiten neben der Diplomarbeit zu managen. Unerwartet herausfordernd damit "emotional" umzugehen. Zeitweise machte ich mir zu viel Druck, wenn ich an einem hektischen Arbeitstag meine Diplomarbeit vernachlässigen musste. Rückblickend war mein mentales Verhalten, ungerechtfertigt und kontraproduktiv. Weil die Arbeitsleistung so nicht dem vollen arbeitspotential entspricht. Für künftige Projekte weiss ich nun, dass man in solchen Situationen sich nicht zu sehr Gedanken machen sollte.

Stehts ist es eine interessante Erfahrung und eine anspruchsvolle Angelegenheit, wenn man nebst dem Kunden, auch die Schule als Anspruchsgruppe bei einer Arbeit wahrnehmen darf. Doch im Umgang mit dieser Situation verfüge ich bereits über einige Erfahrung. Und mit jeder abgeschlossenen Sacharbeit wächst dieser Erfahrungsschatz.

Aus meiner Betrachtung habe ich gute Arbeit geleistet habe. Wie bereits erwähnt hätte ich an einzelnen Tagen ruhiger Blut bewahren können. Besonders diesen Punkt nehme ich mir zu Herzen.

Nach Abschluss dieser Arbeit werde ich die Fertigungsunterlagen zu den CAD Modellen erstellen. Die Einzelteile werden produziert, Montiert und der Prüfstand getestet. Sollte soweit alles in Ordnung sein, wird die Automatisierte Prüfung der Rotationsmodule in den Montageprozess unserer Maschinen integriert.

## 9.1 Verdankung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Parteien bedanken, welche mich bei der Erarbeitung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Mein Dank gilt Herrn Rudolf Gautschi, welcher mich als Diplomelehrer auf diesem Weg begleitet und als Vermittler zwischen der Schule und den Diplomanden, unterstützt hat.

Besonders möchte ich mich für die effiziente und angenehme Zusammenarbeit, bei Santhos Saravanan bedanken, welcher im Rahmen seiner eigenen Diplomarbeit, das Automationskonzept des Prüfstandes entwickelt hat. Ich freue mich bereits auf künftige gemeinsame Projekte.

Ein Grosser Dank gebührt meinem Stellvertreter in der pneumatischen Entwicklung, Herrn Kay Wicki, welcher mir in dieser anspruchsvollen Zeit, vertrat. Erst sein Engagement verschaffte mir die benötigten zeitlichen Ressourcen für diese Arbeit.

Ich bedanke mich bei meinem Abteilungsleiter und Projektbetreuer Herrn Kaufmann Rafael. Mit seinem Kritischen blick für Technisches und seinen gezielten Fragen, verhalf er dem Produkt dieser Diplomarbeit zu der hohen Qualität, welche es nun innehat.

Einen grossen Dank möchte ich auch an Frau Lilian Kiel aussprechen, welche mir ihre Dienste als Lektorin anbot und so dieser Dokumentation zu orthographischer Korrektheit verhalf.

Zum Schluss möchte ich mich in aller Form bei der Reiden Technik AG bedanken. Ohne Sie als Auftraggeber wäre diese Diplomarbeit garnie geschrieben worden. Ich bedanke mich Für das Vertrauen, welches die Reiden Technik AG in mich und meine Fähigkeiten gesetzt hat.

## 9.2 Eigenständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig erarbeitet und keine anderen als die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe.



# 10 Verzeichnisse

## 10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektorganisation .....	10
Abbildung 2; Pneumatikschema der Prüfstation.....	13
Abbildung 3; Schnittstellen Rotationsmodul RX10/12 .....	15
Abbildung 4; Schnittstellen Rotationsmodul RX14/18 .....	16
Abbildung 5:Blackbox.....	32
Abbildung 6:Ablaufschema .....	33
Abbildung 7: Funktionsstruktur .....	34
Abbildung 8: Lösungsvariante A.....	38
Abbildung 9: Lösungsvariante B.....	40
Abbildung 10: Lösung C.....	42
Abbildung 11: Lösungsvariante D.....	44
Abbildung 12; Stücklistenstruktur .....	58
Abbildung 13; Rotationsmodul mit Prüfaufbau .....	59
Abbildung 14; Prüfaufbau RX10/12 .....	60
Abbildung 15; Prüfaufbau RX14/18 .....	60
Abbildung 16; Hebelarm .....	61
Abbildung 17; Prüfgewicht.....	62
Abbildung 18; Medienübergabe Platte .....	63
Abbildung 19; Mediendurchgänge.....	63
Abbildung 20; Drehgeber Lagerung .....	64
Abbildung 21; Grundgestell.....	65
Abbildung 22; Schweissrahmen .....	66
Abbildung 23; Wanne.....	66
Abbildung 24; Befestigungsflansch .....	67
Abbildung 25; Halter für Bedienpanel.....	67
Abbildung 26; Kabelkanal .....	67
Abbildung 27; Verschalung Tür geöffnet.....	68
Abbildung 28; Verschalung Tür geschlossen .....	68
Abbildung 29; Blechkorpus.....	69
Abbildung 30; Verschalungsbefestigung im Schnitt.....	69
Abbildung 31; Tür.....	70
Abbildung 32; Versorgung am Rahmen .....	71
Abbildung 33; Versorgungsblech .....	71
Abbildung 34; Prüfstand geschlossen.....	72
Abbildung 35; Prüfstand geöffnet .....	72
Abbildung 36; Mediendurchgänge.....	73
Abbildung 37; Prüfstand Rückseite .....	73
Abbildung 38; Hebelarm RX10/12.....	76
Abbildung 39; Hebelarm RX14/18.....	76
Abbildung 40; Verschlauchung.....	79
Abbildung 41: Arbeitshöhe.....	80
Abbildung 42; Kabeldurchgang Bediene Panel .....	80
Abbildung 43; Kabelführung Prüfkammer.....	81
Abbildung 44; Abwicklung Korpus.....	81
Abbildung 45; Verschlauchung Prüfaufbau.....	82
Abbildung 46; Überfräsung Hebelarm .....	82
Abbildung 47; Zentrierung Medienübergabeplatte .....	82

<i>Abbildung 48; Höhenoptimierung .....</i>	<i>83</i>
<i>Abbildung 49; Abwicklung Prüfkammer zweiteilig.....</i>	<i>84</i>
<i>Abbildung 50; Befestigung Kugelschnäpper.....</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 51; Anschlag Tür öffnen .....</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 52; Medienanschluss Rotationsmodul .....</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 53; Prüfstand mit geschlossener Tür.....</i>	<i>88</i>
<i>Abbildung 54; Prüfstand mit geöffneter Tür .....</i>	<i>89</i>

## 10.2 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Prüfwerte</i> .....	13
<i>Tabelle 2: Anforderungsliste</i> .....	18
<i>Tabelle 3; Terminplanung</i> .....	20
<i>Tabelle 4; Arbeitsprotokoll</i> .....	22
<i>Tabelle 5:Teilfunktionen</i> .....	35
<i>Tabelle 6:Morphologischer Kasten</i> .....	37
<i>Tabelle 7: Bewertungsmatrix</i> .....	48
<i>Tabelle 8: Auswertung der Matrix</i> .....	48
<i>Tabelle 9; Kontrolle gemäss Anforderungsliste</i> .....	77
<i>Tabelle 10; Fazit Projektziele</i> .....	91

## 10.3 Formelverzeichnis

<i>Formel 1; Vergleich der Lösungen .....</i>	<i>48</i>
<i>Formel 2; Dimensionierung Prüfwerkzeug RX10/12 .....</i>	<i>74</i>
<i>Formel 3; Dimensionierung Prüfwerkzeug RX14/18 .....</i>	<i>75</i>
<i>Formel 4; Festigkeitsnachweis Hebelarm.....</i>	<i>87</i>

## 10.4 Literaturnachweis

- Alfred Böge/ Wolfgang Böge Technische Mechanik  
32. Auflage
- K. + R. Gieck Technische Formelsammlung  
33. Auflage (Hanser)
- Normen-Auszug 2010  
14. Auflage 2010
- Projektmanagement- Zertifizierung nach IPMA(ICB4) Ebene D und C  
Auflage 2017
- Rolof/ Matek Maschinenelemente (Normung Berechnung Gestaltung)  
23. Auflage
- <https://www.reiden.com/home.html>

## 11 Anhang

11.1	Interne Norm Werkzeuge RX10/12 .....	100
11.2	Interne Norm Werkzeuge RX14/18 .....	101
11.3	Blechnorm Lieferant .....	102
11.4	Zeichnung Rotationsmodul RX10/12 .....	103
11.5	Zeichnung Rotationsmodul RX 14/18 .....	104
11.6	EU-Palette .....	105
11.7	Drehgeber .....	106
11.8	Drucksensor .....	107
11.9	Bediene Panel .....	108
11.10	Hauptschalter .....	109
11.11	Sicherheitsschalter .....	110
11.12	Schaltschrank .....	111



## 11.1 Interne Norm Werkzeuge RX10/12

### HSK100 / HSK100-T

Typ 1	ø125	600mm
Typ 2	ø250	600mm
Typ 3	ø270	600mm

### Regalmagazin HSK100 / HSK100-T / SK50 - 191

Allgemeine Angaben:

- Magazingrößen: 103 / 147 / 191
- Werkzeugtyp: 1 & 2
- max. Werkzeuggewicht: 15kg
- max. Moment an Werkzeuginnenbohrung: 45Nm
- max. Gewicht aller Werkzeuge: 1'030 kg / 1'470 kg / 1'910 kg
- Registerbenennung RX12\_WerkzeugmagazinKonfig-HSK100.xlsx: 103-147-191-HSK100
- Registerbenennung RX12\_WerkzeugmagazinKonfig-SK50.xlsx: 103-147-191-SK50

## 11.2 Interne Norm Werkzeuge RX14/18

<b>Regalmagazin</b>		
Typ 1	ø125mm	300mm
Typ 2	ø125mm	600mm
Typ 3	ø250mm	500mm (Magazinplatz bis 600mm bei Werkzeug ø125mm)
Typ 4	ø375mm*	500mm
Typ 5	ø520mm**	300mm
Typ 6	ø520mm**	500mm
Typ 7	ø125mm	900mm
Typ 8	ø250mm	800mm (Magazinplatz bis 900mm bei Werkzeug ø125mm)
Typ 9	ø375mm*	800mm
Typ 10	ø520mm**	600mm
Typ 11	ø520mm**	800mm

### **Regalmagazin HSK100 / HSK100-T / SK50 - 600-600**

Allgemeine Angaben:

- Magazingrößen: 200 (Einfachmagazin) / 400 (Doppelmagazin)
- Beim 304-er Magazin fallen beim Doppelmmagazin in Magazin 2 die Plätze 105 bis 200 weg
- Werkzeugtyp: 1 & 2 & 3
- max. Werkzeuggewicht: 20kg
- max. Moment an Werkzeuggrille: 60Nm
- max. Gewicht aller Werkzeuge: 2'660 kg / 5'320 kg
- Registerbenennung RX18\_WerkzeugmagazinKonfig\_V2-HSK100-SK50.xlsx: 200-200-HSK100-SK50 600-600

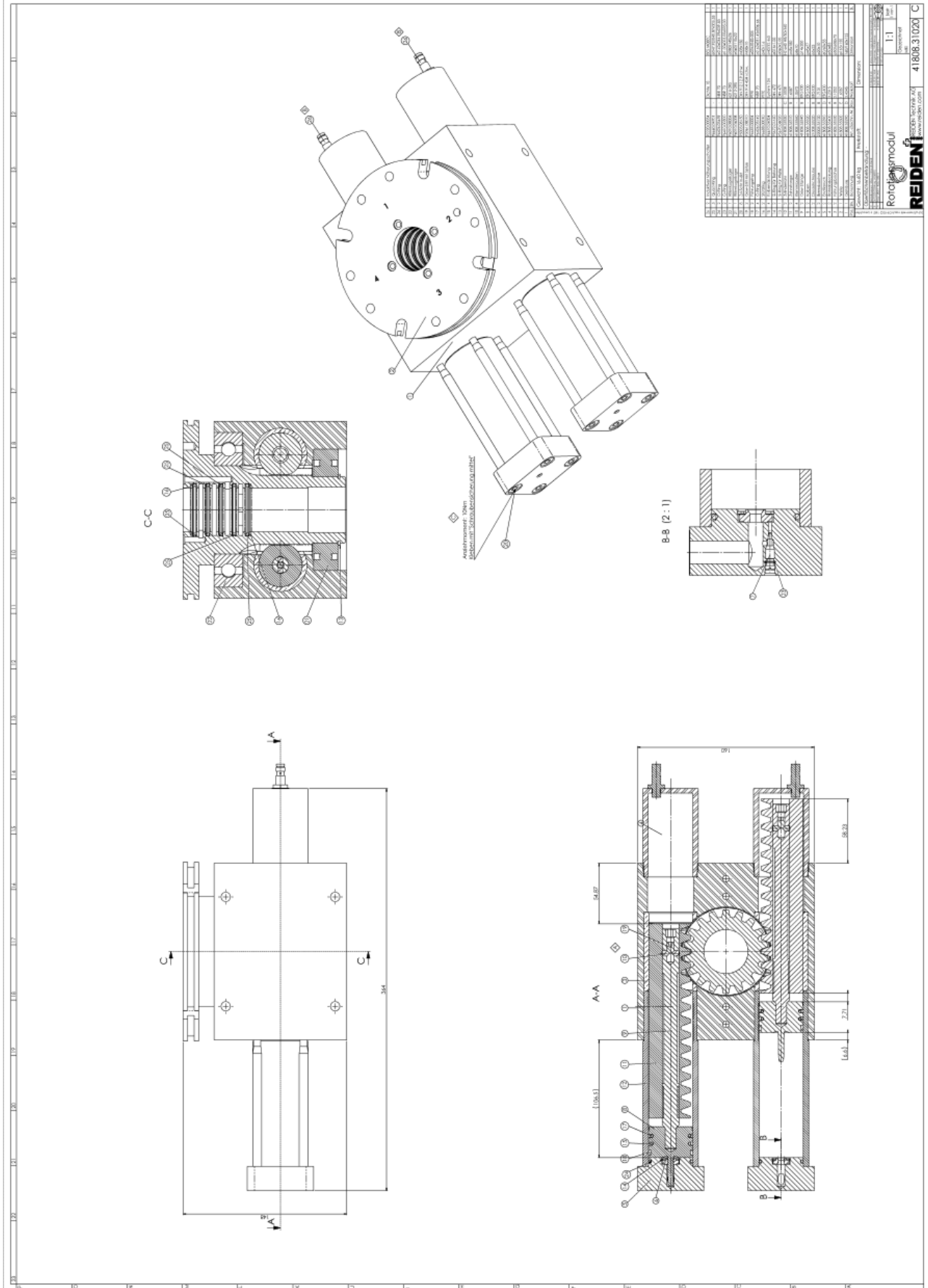
### 11.3 Blechnorm Lieferant

4	3	2	1													
<b>E Laserschneiden von Stahl-, Aluminium- und Chromstahlblech</b> Müller Martini Hasle kann folgende Blechdicken lasern: Maximales Tafelformat -> 3000 x 1500mm																
<b>D</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Stahlblech bis 25mm</li> <li>Chromstahlblech bis 15mm</li> <li>Aluminium bis 12mm</li> </ul> <p>-&gt; Achtung Laserschnitt Breite bei Normalem Stahlblech zwischen 0.7 und 0.8mm. -&gt; Senzimir Blech kann nicht Lasergraviert werden.</p>																
<b>Stahlblech</b>																
<b>Blechdicke</b>	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	20	25	
<b>Bohrung</b>	0.5	0.8	1.2	1.6	1.6	1.6	2	2.5	3	4	5	6	7.5	12	15	
<b>Chromstahlblech</b>																
<b>Blechdicke</b>	0.6	0.8	1	1.2 5	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	
<b>Bohrung</b>	1	1	1	1	1.2	1.2	1.4	1.8	2.4	3	4.8	6.4	8	9.6	12	
<b>Alublech</b>																
<b>Blechdicke</b>	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12						
<b>Bohrung</b>	1	1.5	1.6	2.4	3.2	4	4.8	6.4	8	9.6						
* Gewicht: 3.81 kg		Werkstoff:			Dimension:											
Oberflächenbehandlung: -																
										<small>Masse, Form, Lage ohne Toleranzangabe: ISO2768-1/2          Längenmass / Winkelmass m (mitte)          Radien / Fasenhöhe m (mitte) * * *          Form und Lage K</small>						
<b>Blechkonstruktion</b>										<b>1:5</b>		Blatt 21 von 28				
Blatt 154										Gezeichnet 05.11.2015 RHo						
<b>REIDEN</b> <small>SWISS</small>										REIDEN Technik AG www.reiden.com			98899.00100			-

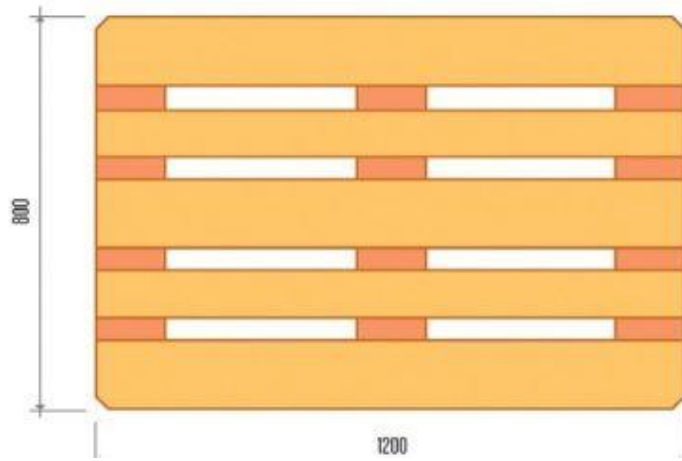
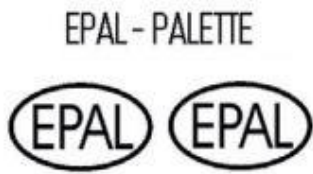
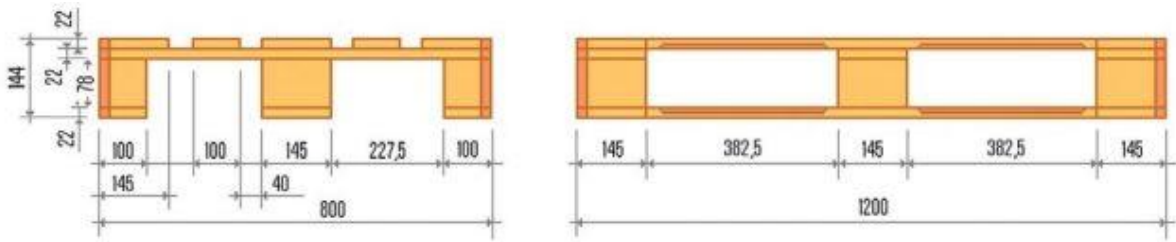
Schutzvermerk nach DIN ISO 14016: Beadblen



# 11.5 Zeichnung Rotationsmodul RX 14/18



## 11.6 EU-Palette



## 11.7 Drehgeber



Absolute Drehgeber/MAGRES

### EAM360R-S - Analog

Vollwelle mit Servoflansch  
Magnetische Single- oder Multiturn-Drehgeber

#### Auf einen Blick

- Drehgeber Single- oder Multiturn / Analog
- E1 konformes Design
- Hohe Schutzart bis IP 67
- Hohe Schock- und Vibrationsfestigkeit
- Korrosionsschutz CX (CS-M)
- Ulzenquerschnitt 0,5 mm<sup>2</sup>
- Teach-Eingang zum Einlernen des Messbereichs
- Einsetzbar bis PLd (ISO 13849)



#### Technische Daten

##### Technische Daten - elektrisch

Betriebsspannung	8...30 VDC 14...30 VDC
Verpolungsfest	Ja
Betriebsstrom typ.	20 mA (24 VDC, ohne Last)
Initialisierungszeit	≤ 170 ms nach Einschalten
Ansprechzeit	< 1 ms
Schnittstelle	Analog 0...10 V / 0,5...4,5 V / 4...20 mA / Auflösung: 12 Bit
Funktion	Multiturn Singletum
Teach Bereich	5°...359,9° (Singletum) 5°...32767 Umdr. (Multiturn)
Absolute Genauigkeit	±0,15° (+20 ±15 °C) ±0,25° (-40...+85 °C) Sensorik
Genauigkeit Analogausgang	±0,5 % des Messbereichs (-40...+85 °C)
Abtastprinzip	Magnetisch
Störfestigkeit	EN 61000-6-2 ISO 11452-2:2004* / -5:2002* ISO 7637-2:2004* ISO 10605:2008 + Amd 1:2014 (CD ±8 kV / AD ±15 kV) * Schärfegrad basierend auf ECE R10 (Rev. 4)
Störaussendung	EN 61000-6-4 CISPR 25:2008 (30...1000 MHz) ISO 7637-2:2004* * Schärfegrad basierend auf ECE R10 (Rev. 4)
MTTF <sub>d</sub> (ISO 13849)	Hoch (>100 Jahre) Einsatz in Sicherheitsfunktionen ausschliesslich basierend auf Application Note und MTTFd-Zuverlässigkeitsvorhersage (separat anfordern).

##### Technische Daten - elektrisch

Programmierbare Parameter	Teach In für Messbereich
Diagnosefunktion	DATAVALID
Werkzeileinstellung	360° und 10 Umdrehungen (weitere auf Anfrage)

##### Technische Daten - mechanisch

Baugrösse (Flansch)	ø36 mm
Wellenart	ø10 x 16 mm, Vollwelle mit Fläche
Flansch	Servoflansch
Schutzart EN 60529	IP 67 (mit Wellendichtung)
Betriebsdrehzahl	≤6000 U/min
Anlaufdrehmoment	≤2,5 Nm (+20 °C, IP 67)
Trägheitsmoment	15,38 gcm <sup>2</sup>
Zulässige Wellenbelastung	≤40 N axial ≤80 N radial
Werkstoff	Gehäuse: Stahl, pulverbeschichtet Flansch: Aluminium Welle: Edelstahl
Korrosionsschutz	IEC 60068-2-52 Salzsprühnebel für Umgebungsbedingungen CX (CS-M) nach ISO 12944-2
Betriebstemperatur	-40...+85 °C (siehe allgemeine Hinweise)
Relative Luftfeuchte	95 %
Widerstandsfähigkeit	EN 60068-2-6 Vibration 30 g, 10...2000 Hz EN 60068-2-27 Schock 500 g, 1 ms
Masse ca.	170 g
Anschluss	Flanschdose M12, 5-polig Kabel 2 m

Angewandte Produktentwicklung und technische Datenblätter sind Eigentum der Baumer AG. Technische Änderungen vorbehalten.



## 11.8 Drucksensor

### Technische Daten

Modell	ZSE40A (Vakuum)	ZSE40AF (Überdruck/Vakuum)	ISE40A (Überdruck)		
Nenndruckbereich	0.0 bis -101.3 kPa	-100.0 bis 100.0 kPa	-0.100 bis 1.000 MPa		
Anzeige/Einstelldruckbereich	10.0 bis -105.0 kPa	-105.0 bis 105.0 kPa	-0.105 bis 1.050 MPa		
Prüfdruck	500 kPa	500 kPa	1.5 MPa		
Anzeige/kleinste Einstelleneinheit	0.1 kPa	0.1 kPa	0.001 MPa		
verwendbare Medien	Druckluft, nicht ätzende Gase, nicht entzündliche Gase				
Versorgungsspannung	12 bis 24 VDC±10%, Restwelligkeit (p-p) max. 10% (mit Verpolungsschutz für Spannungsversorgung)				
Stromaufnahme	max. 45 mA				
Schaltausgang	NPN oder PNP offener Kollektor 2 Ausgänge (wählbar)				
max. Arbeitsstrom	80 mA				
max. Spannung	28 V (am NPN-Ausgang)				
Restspannung	max. 1 V (bei 80 mA Arbeitsstrom)				
Ansprechzeit	2.5 ms (mit Anti-Chatter-Funktion: 20, 100, 500, 1000, 2000 ms)				
Kurzschlusschutz	ja				
Wiederholgenauigkeit	±0.2% vom Endwert ± 1 Stelle				
Hysterese	Hysterese-Modus	variabel (0 oder höher) <sup>Anm. 1)</sup>			
	Window-Comparator-Modus				
Analogausgang	<sup>Anm. 2)</sup> Spannungsausgang	Ausgangsspannung (Nenndruckbereich)	1 bis 5 V ± 2.5% vom Endwert	0.6 bis 5 V ± 2.5% vom Endwert	
		Linearität	± max. 1% vom Endwert		
		Ausgangs-Impedanz	ca. 1 kΩ		
	<sup>Anm. 3)</sup> Stromausgang	Ausgangsstrom (Nenndruckbereich)	4 bis 20 mA ± 2.5% vom Endwert	2.4 bis 20 mA ± 2.5% vom Endwert	
		Linearität	± max. 1% vom Endwert		
		Lastimpedanz	max. Lastimpedanz: 300 Ω (Versorgungsspannung 12 V) 600 Ω (Versorgungsspannung 24 V) min. Lastimpedanz: 50 Ω		
Auto-Referenzeneingang	spannungsloser Eingang (Reed- oder elektronischer Schalter), niedriges Niveau: max. 0.4 V, Eingang min. 5 ms				
Anzeige	3 1/2-stellig, 7-Segment-Anzeige, 2-farbig (rot/grün)				
Anzeigegegenauigkeit	± 2% vom Endwert ± 1 Stelle (Umgebungstemperatur von 25 ± 3°C)				
Betriebsanzeige	Leuchtet bei Ausgangssignal EIN. OUT1, OUT2: orange				
Umgebungsbeständigkeit	Schutzklasse	IP65			
	Betriebstemperaturbereich	Betrieb: -5 bis 50°C, Lagerung: -10 bis 60°C (keine Kondensation, kein Gefrieren)			
	Luftfeuchtigkeit	Betrieb/Lagerung: 35 bis 85% Luftfeuchtigkeit (keine Kondensation)			
	Prüfspannung	1000 V AC 1 Minute zwischen externen Klemmen und Gehäuse			
	Isolationswiderstand	50 MΩ oder höher zwischen allen Drähten und Gehäuse (bei 500 Mega VDC)			
	Vibrationsbeständigkeit	10 bis 150 Hz bei 1.5 mm Amplitude bzw. 20 m/s <sup>2</sup> Beschleunigung, in X-, Y- und Z-Richtung für je 2 Stunden (spannungsfreier Zustand)			
Stoßfestigkeit	100 m/s <sup>2</sup> in X-, Y-, Z-Richtung je dreimal (spannungsfreier Zustand)				
Temperatureigenschaften	± 2% vom Endwert (bei 25°C)				
Anschlusskabel	ölbeständiges Vinylkabel ø3.5, 2 m Leiterquerschnitt: 0.15 mm <sup>2</sup> (AWG26) Außen-Ø der Isolierung: 0.95 mm				
Standards	CE-Kennzeichnung, konform mit UL (CSA), RoHS				

Anm. 1) Stellen Sie die Hysterese, wenn der anliegende Druck um den Einstellwert schwankt, über den Schwankungsbereich, um ein Flimmern zu vermeiden.

Anm. 2) Wenn ein analoger Spannungsausgang gewählt wird, kann nicht gleichzeitig ein analoger Stromausgang gewählt werden.

Anm. 3) Wenn ein analoger Stromausgang gewählt wird, kann nicht gleichzeitig ein analoger Spannungsausgang gewählt werden.



## 11.9 Bediene Panel

# SIEMENS

### Datenblatt

6AV2123-2GB03-0AX0

SIMATIC HMI, KTP700 Basic, Basic Panel, Tasten-/Touchbedienung, 7" TFT-Display, 65536 Farben, PROFINET Schnittstelle, projektierbar ab WinCC Basic V13/ STEP 7 Basic V13, enthält Open Source SW, die unentgeltlich überlassen wird siehe beiliegende CD



Allgemeine Informationen	
Produkttyp-Bezeichnung	KTP700 Basic color PN
Display	
Ausführung des Displays	TFT-Widescreen-Display, LED-Hintergrundbeleuchtung
Bildschirmdiagonale	7 in
Displaybreite	154,1 mm
Displayhöhe	85,9 mm
Anzahl Farben	65 536
Auflösung (Pixel)	
• horizontale Bildauflösung	800 Pixel
• vertikale Bildauflösung	480 Pixel
Hintergrundbeleuchtung	
• MTBF Hintergrundbeleuchtung (bei 25 °C)	20 000 h
• Hintergrundbeleuchtung dimmbar	Ja
Bedienelemente	
Tastatur	
• Funktionstasten	
— Anzahl Funktionstasten	8

## 11.10 Hauptschalter

### Produktdatenblatt Technische Daten

### VCF02

Not-Aus/Hauptschalter, 4-Loch bef., 3p, 690V,  
12A, Griff rot abschließbar

EAN Code : 3389110448870



#### Hauptmerkmale

Baureihe	TeSys
Produktname	TeSys VARIO
Kurzbezeichnung des Geräts	VCF
Produkt oder Komponententyp	Lasttrennschalter Not-Halt
Leistungsfähigkeit	Hohe Leistung
Beschreibung der Pole	3P
Aufbau und Typ des Anschlusses	3S
Netzwerkanschluss	DC AC
Betätigungsart	Drehantrieb
Montageart des Drehgriffs	Direkt
Grifffarbe	Rot
Farbe der Grifffrontplatte	Gelb
Eignung für Isolation	Ja

#### Zusatzmerkmale

Verriegelung mit Drehgriff	1 bis 3 Vorhängeschlösser 4...8 mm
Kennzeichnung	0 - 1
Montagehalterung	Griff: Tür Schalter: Tür
Befestigung	Mit 4 Schrauben für Griff
Betriebsbemessungsspannung Ue	690 V AC 50/60 Hz
Bemessungsstoßspannungsfestigkeit [Uimp]	8 kV
Konventioneller thermischer Strom in freier Luft (Ith)	12 A
Thermischer Strom [Ithe]	10 A

23.09.2020

Life to On **Schneider**  
ELECTRIC

1

Hilfsgausschnitt: Diese Dokumentation dient nicht als Ersatz für die Beurteilung der Eignung oder Verlässlichkeit dieser Produkte für bestimmte Verwendungsbereiche des Benutzers und darf nicht zu diesem Zweck verwendet werden.

# 11.11 Sicherheitsschalter

## Berührungsloses Sicherheitssystem CES-AP

**EUCHNER**

### Berührungslose Sicherheitsschalter CES-AP-C.2-...



- ▶ Lesekopf mit integrierter Auswertelektronik
- ▶ Keine Reihenschaltung
- ▶ Querschlußüberwachung
- ▶ 2 Sicherheitsausgänge (Halbleiterausgänge)
- ▶ Kategorie 4 / PL e nach EN ISO 13849-1



Kombinationsmöglichkeiten siehe Seite 114

**Anfahrriechung**

Anfahrriechungen siehe Grafik 'Anfahrriechungen und Mindestabstand' auf Seite 111.

**Querschlußüberwachung**

Der Schalter erzeugt ein eigenes Taktsignal auf den Ausgangsleitungen OA/OB. Beachten Sie dies beim Anschluss an Steuerungen und Relais.

**Unicode-Auswertung**

Jeder Betätiger ist ein Unikat. Das Auswertegerät erkennt nur gelernte Betätiger. Es können weitere Betätiger gelernt werden. Es wird immer nur der jeweils zuletzt gelernte Betätiger erkannt.

**Multicode-Auswertung**

Jeder geeignete Betätiger wird vom Auswertegerät erkannt.

**Kategorie nach EN ISO 13849-1**

Durch zwei redundant aufgebaute Halbleiterausgänge (Sicherheitsausgänge) mit interner Überwachung geeignet für:  
 ▶ Kategorie 4 / PL e nach EN ISO 13849-1

**Wichtig:** Zum Erreichen der angegebenen Kategorie nach EN ISO 13849-1 müssen immer beide Sicherheitsausgänge (OA und OB) ausgewertet werden.

**LED-Anzeige**

STATE Status-LED  
 DIA Diagnose-LED

**Zusätzliche Anschlüsse**

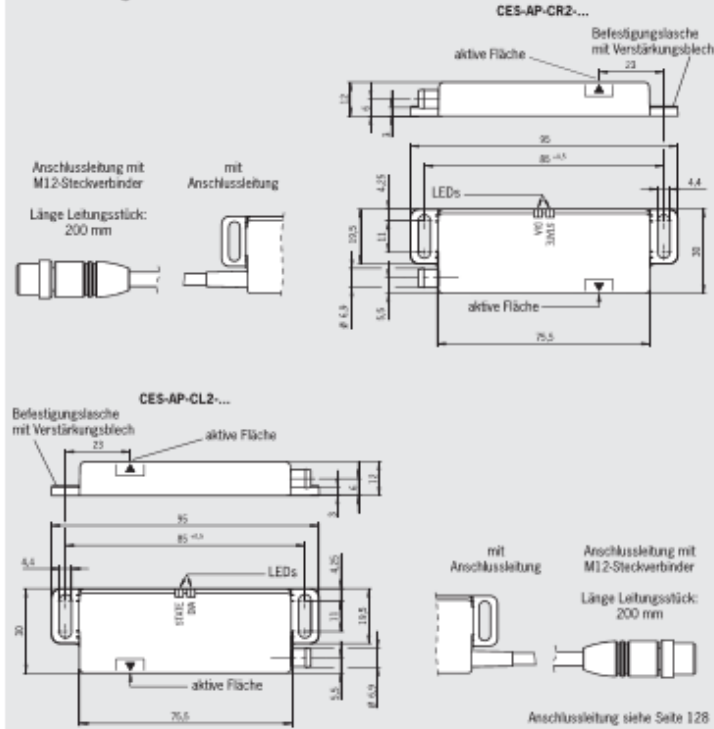
OUT Meldeausgang (Halbleiter)

Bestelltablelle siehe Seite 125.

**Berührungslose Sicherheitsschalter CES-AP-C.2-...**

Cat. 4  
 PL e

**Maßzeichnung**



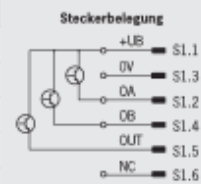
**Anschlussbelegung**

Steckverbinder mit Restanschluss, 6-polig



Ansicht auf Steckseite des Sicherheitsschalters

Pin	Bezeichnung/Beschreibung	Aderfarbe
1	UB Spannungversorgung DC 24 V	BN
2	OA Sicherheitsausgang Kanal 1	WH
3	OV Masse DC 0 V	BU
4	OB Sicherheitsausgang Kanal 2	BK
5	OUT Meldeausgang	GY
6	- nicht belegt	PK

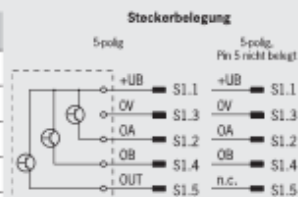


Anschlussleitung mit M12-Steckverbinder, 5-polig



Ansicht auf Steckseite des Sicherheitsschalters

Pin	Bezeichnung/Beschreibung	Aderfarbe
1	UB Spannungversorgung DC 24 V	BN
2	OA Sicherheitsausgang Kanal 1	WH
3	OV Masse DC 0 V	BU
4	OB Sicherheitsausgang Kanal 2	BK
5	OUT/ n.c. Meldeausgang	GY



1) Teilweise UL-Zulassung (siehe Bestelltablelle Seite 125)



# 11.12 Schaltschrank

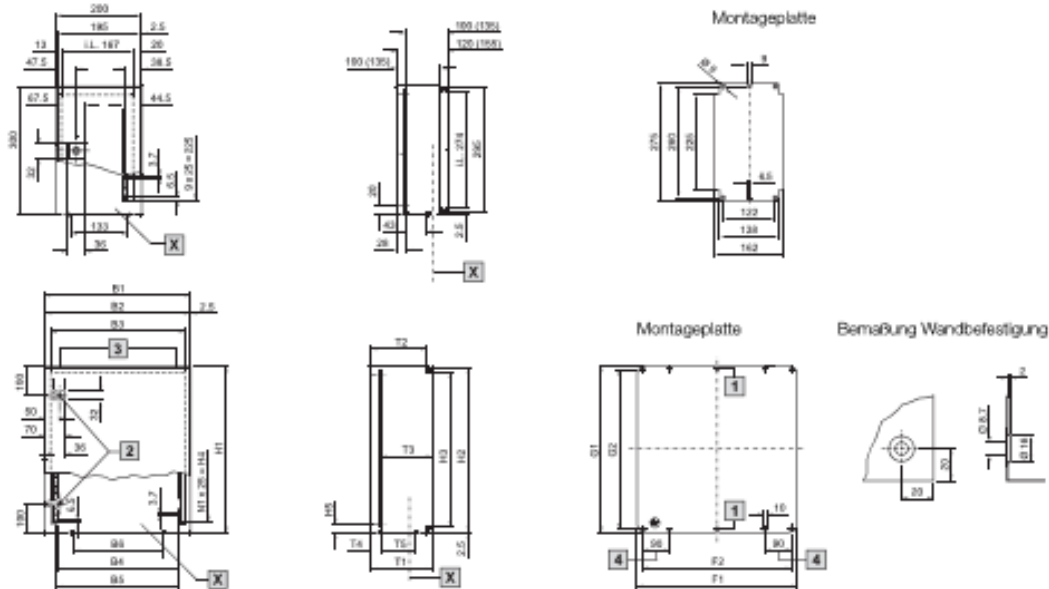
## Schaltschränke

### Kompakt-Schaltschränke

#### Kompakt-Schaltschränke AE

Lackiert

AE 1032.500 (1035.500)



- X Türinnenansicht
- 1 Nur bei AE 1180.500
- 2 Ab Höhe 500 mm 2 Vorneiber, unter 500 mm 1 Vorneiber mittig
- 3 AE 1073.500 und AE 1180.500 mit Bohrungen für Transportlöser, Ansicht Y, siehe Seite 2 unten.
- 4 {50} für AE 1033.500, AE 1034.500 und AE 1036.500

Best.-Nr. AE	Breitenmaße mm						Höhenmaße mm					Tiefenmaße mm						Montageplatten mm			
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	H1	H2	H3	H4	H5	N1	T1	T2	T3	T4	T6	F1	F2	G1	G2
1036.500	300	295	260	211	223	233	300	295	260	225	27,5	9	156	132	113 - 129	47	45	254	215	275	250
1033.500	300	295	260	211	223	233	300	295	260	225	27,5	9	210	190	168 - 184	43	45	254	215	275	250
1034.500	300	295	260	211	223	233	400	395	360	325	27,5	13	210	190	168 - 184	43	45	254	215	375	350
1030.500	380	375	340	291	303	303	300	295	260	225	27,5	9	156	132	113 - 129	33	63	334	295	275	250
1031.500	380	375	340	291	303	303	300	295	260	225	27,5	9	210	190	168 - 184	33	63	334	295	275	250
1380.500	380	375	340	291	303	303	380	375	340	275	27,5	11	210	190	168 - 184	33	63	334	295	355	330
1038.500	600	595	560	511	523	500	380	375	340	275	27,5	11	210	190	168 - 184	38	113	549	510	355	330
1338.500	600	595	560	511	523	500	380	375	340	275	27,5	11	350	330	308 - 324	38	113	549	510	355	330
1038.500	380	375	340	291	303	303	600	595	560	525	30	21	210	190	168 - 184	33	63	334	295	570	545
1338.500	380	375	340	291	303	303	600	595	560	525	30	21	350	330	308 - 324	84	113	334	295	570	545
1045.500	400	395	360	311	323	303	500	495	460	425	30	17	210	190	168 - 184	38	113	354	315	475	450
1037.500	400	395	360	311	323	303	800	795	760	725	30	29	300	280	258 - 274	38	113	349	310	770	745
1050.500	500	495	460	411	423	303	500	495	460	425	30	17	210	190	168 - 184	38	113	449	410	470	445
1350.500	500	495	460	411	423	303	500	495	460	425	30	17	300	280	258 - 274	38	113	449	410	470	445
1057.500	500	495	460	411	423	303	700	695	660	625	30	25	250	230	208 - 224	38	113	449	410	670	645
1060.500	600	595	560	511	523	500	600	595	560	525	30	21	210	190	168 - 184	38	113	549	510	570	545
1054.500	600	595	560	511	523	500	600	595	560	525	30	21	250	230	208 - 224	38	113	549	510	570	545
1360.500	600	595	560	511	523	500	600	595	560	525	30	21	350	330	308 - 324	38	113	549	510	570	545
1076.500	600	595	560	511	523	500	760	755	720	675	30	27	210	190	168 - 184	38	113	549	510	730	705
1376.500	600	595	560	511	523	500	760	755	720	675	30	27	350	330	308 - 324	38	113	549	510	730	705
1058.500	600	595	560	511	523	500	800	795	760	725	30	29	250	230	208 - 224	38	113	549	510	770	745
1090.500	600	595	560	511	523	500	1000	995	960	925	35	37	250	230	208 - 224	38	113	539	500	955	930
1077.500	760	755	720	671	683	500	760	755	720	675	30	27	210	190	168 - 184	38	113	704	665	730	705
1073.500	760	755	720	671	683	500	760	755	720	675	30	27	300	280	258 - 274	38	113	704	665	730	705
1055.500	800	795	760	711	723	500	600	595	560	525	30	21	300	280	258 - 274	38	113	749	710	570	545
1180.500	800	795	760	711	723	500	1000	995	960	925	35	37	300	280	258 - 274	70	113	739	700	955	930

dr130800de.fm - 1-106 - 1 von 2

Technik im Detail/Schaltschränke/11.2013