

Prüfszenario

Erarbeiten einer konstruktiven Lösung für eine Umstrukturierung von Prüfstandsaufbauten im Servohydrauliklabor des MRP

Abkürzungsverzeichnis

DN	Nenn Durchmesser
F	Festforderungen
HCM	Hydraulische Steuermodul
L	Leckölanschluss
MRP	Maschinenelemente und Rechnergestützte Produktentwicklung
P	Druckölanschluss
R	Rückölanschluss
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
W	Wunschforderung
Z	Zielforderung

1 Aufgabenstellung

1.1 Erarbeiten einer konstruktiven Lösung für eine Umstrukturierung von Prüfstandsaufbauten im Servohydrauliklabor des MRP

Auf Grund von Umbauten im Servohydrauliklabor der Professur für Maschinenelemente und Rechnergestützte Produktentwicklung (MRP) soll der Einbau von Spannfeldern und einem Säulenschwenkkran neu geplant werden. Es sollen zwei oder drei Spannfelder mit Hilfe eines Säulenschwenkkrans bestückt und drei Prüfstände betrieben werden können.

1.2 Servohydrauliklabor des MRP

Im Servohydrauliklabor des MRP befinden sich hydraulische Prüfstände, die Lebensdauerprüfungen an Werkstoffproben und kompletten Maschinenbauteilen sowie Betriebslastensimulationen durchführen. Die Prüfstände sind variabel auf Spannfeldern befestigt.

1.3 Ausgangssituation

Die bisherige Fläche der Prüfstandsaufbauten soll zukünftig effizienter genutzt werden. Eine Veränderung der Lage der Prüfstände wird daher notwendig. Auf der momentan nicht genutzten Laborfläche (siehe Abbildung 1 oder Abbildung 8) sollen die Prüfstände eingerichtet und betrieben werden. Zum Bewegen der Prüfstände, beim Aufbau oder bei Änderungen, ist durch das hohe Gewicht der Prüfstände von ca. 800kg eine Kranunterstützung erforderlich. Der Wirkungsbereich des vorhandenen Deckenkrans ist an der vorzusehenden Stelle eingeschränkt (siehe Abbildung 8). Aus diesem Grund ist ein zusätzlicher Säulenschwenkkran vorzusehen (siehe Anhang II „Kranvarianten“).

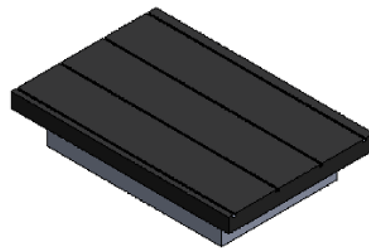
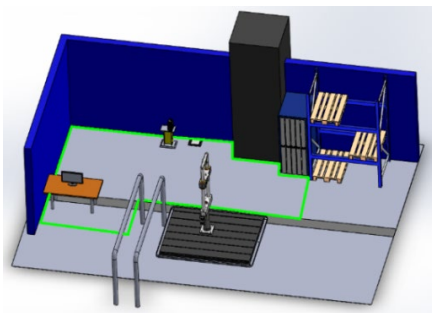


Abbildung 1: Laborumstrukturierungsbereich Abbildung 2: Spannfeld ohne Ölauffangrinne

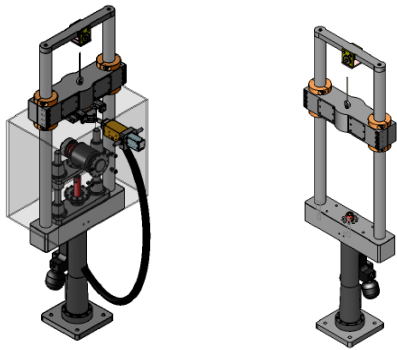


Abbildung 3: Prüfstände

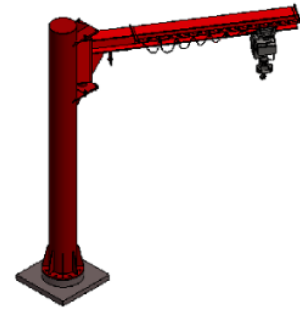


Abbildung 4: Säulenschwenkkran

Der Aufbau eines Prüfstandes mit der Verknüpfung zum HCM und der Elektro-Leckölpumpe ist in den Abbildungen 5 und 6 dargestellt. „P“ steht in der Abbildung 5 für Druckölanschluss, „L“ für Leckölanschluss und „R“ für Rückölanschluss. Das Hydrauliköl fließt vom Bodenloch „1“, welches eine Verbindung zum Elektromotor und einer weiteren Pumpe im Keller darstellt, zum HCM „2“, wo es dann zum Prüfstand „3“ weitergeleitet wird. Im Rücklauf fließt das Hydrauliköl wieder durch das HCM zurück zum Bodenloch in den Keller. Entstandenes Lecköl am Prüfstand „3“ wird über die Elektro-Leckölpumpe „4“ zurück zum Bodenloch geführt. Weitere Informationen zum Aufbau und der Funktionsweise des Servohydrauliklabors sind im Anhang I zu finden.

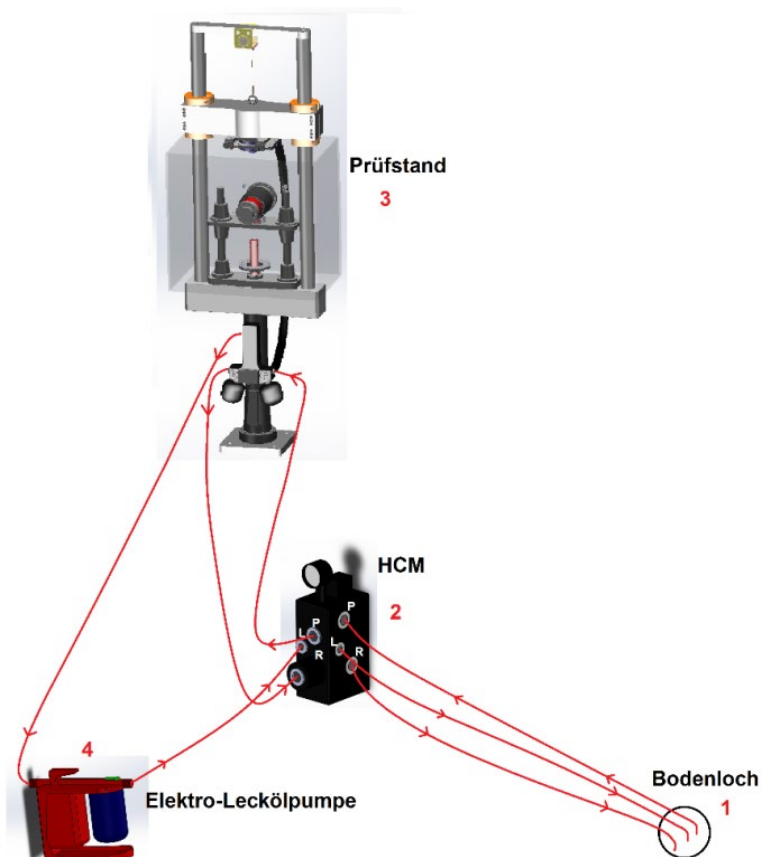


Abbildung 5: Aufbau und Verknüpfung eines Prüfstandes



Abbildung 6: Servohydrauliklabor, umzustrukturierender Bereich

1.4 Aufgabenstellung

Strukturieren Sie im Hydrauliklabor den Bereich derart um, dass verwendete Spannfelder mit Hilfe des Krans bestückt und mindestens drei Prüfstände betrieben werden können. Als Prüfstände sind vorgesehen: Zwei Axial-Verschiebungs-Prüfstände und ein 63kN Kraffrahmen Prüfstand. Nach der Laborumstrukturierung soll die Zugänglichkeit der Prüfstände von allen Seiten gegeben sein. Der Einbau der Spannfelder wird flexibel gewünscht. Die Zugänglichkeit und der Schutz bei Wartung und Instandsetzung müssen beachtet werden. Ein weitläufiges Hin- und Herlaufen zwischen den Prüfständen soll vermieden werden. Da Prüfkörper nacheinander alle Prüfstände durchlaufen ist eine räumliche Nähe der Prüfstände vorzusehen. Die Umrüstung wird so erleichtert. Um kurze Wege zu erreichen ist folgender Aufbau der Prüfstände anzustreben:

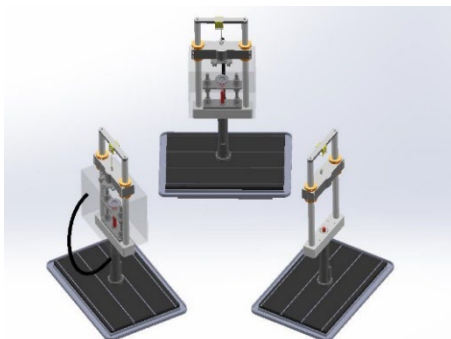


Abbildung 7: Schematische Darstellung der räumlichen Nähe der Prüfstände

Die optimale Position der hydraulischen Steuermodule (HCM), je ein HCM pro Prüfstand, muss gefunden werden (Hilfestellung Anhang I „Richtlinien Hydraulikschlauchleitungen“). Für die

Hydraulikschlauchleitung ist ein Außendurchmesser von 50mm und ein Betriebsdruck von 280bar anzunehmen. Den Axial-Verschiebungsprüfständen sind je eine Elektro-Leckölpumpe und dem Kraftrahmen 63kN Prüfstand zwei Elektro-Leckölpumpen zuzuordnen. Eine Vorrichtung gegen auslaufendes Öl der Prüfstände soll entwickelt werden. Eine Lösungsvariante stellt eine bereits integrierte Ölauffangrinne der Spannfelder dar (siehe Anhang II „Spannfeldvarianten“). Die Elektro-Leckölpumpen und die HCM sollen auf einem Tischblech platziert werden, wodurch ebenfalls auslaufendes Öl aufgefangen werden soll. Das Tischblech des HCM-Tisches kann frei entwickelt werden. Der Fuß des Tisches ist bereits fest im Labor integriert und kann nicht verändert werden (siehe Abbildung 8). Ein Tisch für die Elektro-Leckölpumpen soll komplett eigenständig skizziert werden. Beim Einbau eines Säulendrehkrans sind die Eckdaten des Labors zu beachten. Die Bauhöhe darf, wegen der Deckenkranbauten, maximal 3700mm betragen. Die Kranarmlänge sollte so ausgelegt werden, dass alle Positionen auf den Spannfeldern erreicht werden können. Für den Kranarm ist ein Schwenkbereich von 180° wünschenswert. Beim Erstellen einer Lösungsvariante sollte stets ein Fluchtweg von der Breite 800mm vorgesehen werden. Ebenso ist die Breite von 800mm auch für den Transport von Europaletten in den Kranschwenkbereich hinein ein Muss. Der finanzielle Faktor darf bei der Lösungsfindung nicht vernachlässigt werden. Die Wirtschaftlichkeit soll beim Finden einer Lösung nicht außer Acht gelassen werden. Das Spannfeld $3820\text{mm} \times 1020\text{mm}$ ist bereits im Labor vorhanden. Der Transport von diesem Spannfeld an die gewünschte Position im Labor ist deutlich günstiger als die Anschaffungskosten eines anderen Spannfeldes. Je größer das Spannfeld ist, desto teurer wird die Anschaffung. Das ebenfalls vorhandene Spannfeld $2500\text{mm} \times 2000\text{mm}$ ist ohne Ölauffangrinne. Hier gilt, die Transportkosten sind deutlich niedriger. Eine Ölauffangrinne kann jederzeit nachgerüstet werden (Anhang II „Spannfeldvarianten“).

Entwickeln Sie methodisch ein Konzept (Hilfestellung Anhang I „VDI 2221“), das die beschreibende Aufgabe unter den gegebenen Anforderungen erfüllt. Als Leitfaden wären folgende Schritte möglich:

1. Erstellung der Problemformulierung
2. Erstellung einer Anforderungsliste
3. Erstellung einer Funktionsstruktur, wenn sinnvoll
4. Erstellung eines Morphologischen Kastens, wenn sinnvoll
5. Ausarbeitung einer Lösung
6. (Darstellung des favorisierten Konzepts; wenn mehrere Varianten in der kurzen Zeit entwickelt werden konnten)

1.5 Zusammenfassung der Aufgabe

- Im Umstrukturierungsbereich (siehe Abbildung 1 oder Abbildung 8) sollen
 - Spannfelder
 - Zwei Axial-Verschiebungsprüfstände
 - Ein Krafraahmen 63kN Prüfstand
 - Drei HCM (für jeden Prüfstand ein HCM)
 - Vier Elektro-Leckölpumpen (für die Axial-Verschiebungsprüfstände je eine Pumpe, für den Krafraahmen 63kN Prüfstand zwei Pumpen)
 - Und ein Säulenschwenkkran

optimal platziert werden.

- Zudem soll ein Elektro-Leckölpumpen-Tisch skizziert werden.
- Verbindungsleitungen zwischen Prüfstand, HCM, Elektro-Leckölpumpe und Bodenloch sind zu skizzieren. Hierbei ist der Mindestbiegeradius der Schlauchleitungen (Anhang I „Richtlinien Hydraulikschlauchleitungen“) zu beachten. Im Bedarfsfall sind Verbindungsstücke (Anhang I „Richtlinien Hydraulikschlauchleitungen“) vorzusehen.

Folgende 3D-Modelle werden zur Verfügung gestellt:

- Laborbereich
- Spannfeldvarianten
- Prüfstände
- Kranvarianten
- HCM und Tisch
- Elektro-Leckölpumpe
- Workstation

Der Zeiteinsatz der Aufgabe liegt bei ca. zwei Stunden. Empfohlen werden 30 min für die Herausarbeitung der Rahmenbedingungen, hierbei können schriftliche Notizen durchaus hilfreich sein. Die Restzeit sollte für die Lösungsfindung der Aufgabe aufgewendet werden. Wir wünschen viel Spaß und Erfolg bei der Bearbeitung des Projekts.

2 Anhang I

2.1 Laborgrundriss

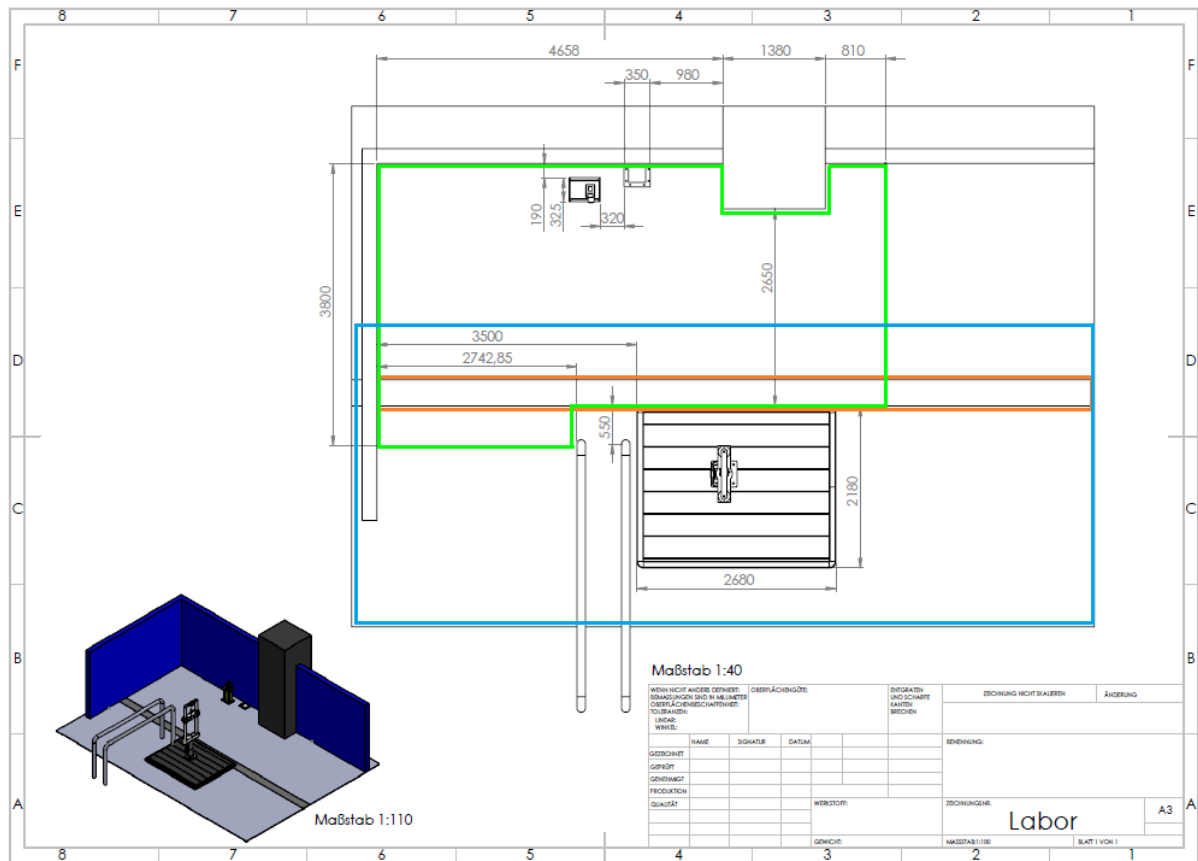


Abbildung 8: Grundriss Laborbereich mit Begrenzungen

- Kabelkanalbereich
- Maximaler Umstrukturierungsbereich
- Deckenkranbereich

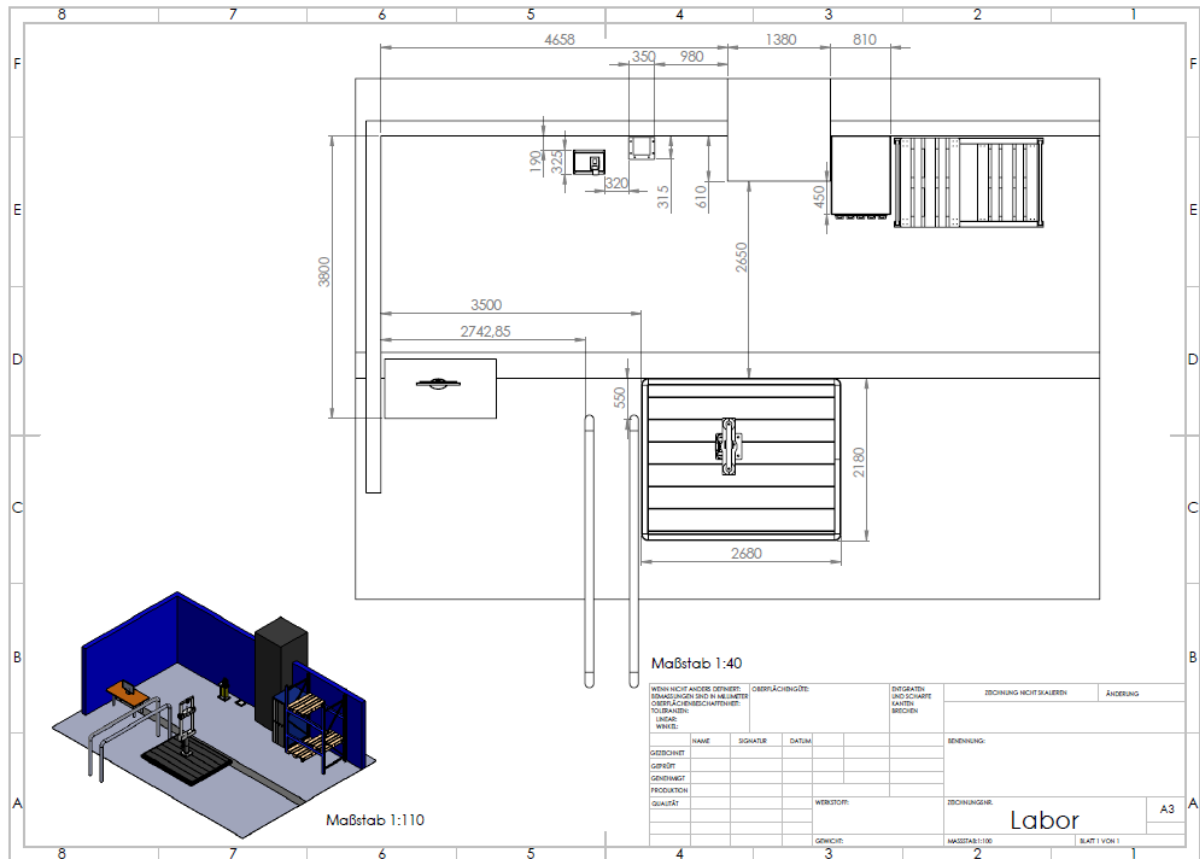


Abbildung 9: Grundriss Labor mit Laborschrank und Workstation

2.1.1 Hinweise

- Auf den Kabelkanalbereich (siehe Abbildung 8) dürfen keine großen Massen gestellt werden. Das Platzieren des Säulenschwenkkrans in diesem Bereich ist zu vermeiden. Die Platzierung der Spannfelder in diesem Bereich ist hingegen aufgrund ihrer Lastverteilung möglich.
- Der Deckenkranbereich (siehe Abbildung 8) stellt den Bereich dar, in dem der Deckenkran agieren kann. Die umzustrukturierende Fläche befindet sich teilweise nicht im Bereich des Deckenkrans, daher soll dieser Bereich mit einem Säulenschwenkkran abgedeckt werden.
- Alle in Abbildung 8 enthaltenen Objekte sind fix und können nicht umgestellt werden.
- Abbildung 9 zeigt den Laborbereich mit der momentanen Platzierung des Laborschanks und der Workstation. Diese Platzierung kann optional verändert werden, die Objekte müssen anschließend aber wieder in dem umzustrukturierenden Bereich Platz finden.

2.2 Richtlinien Hydraulikschlauchleitungen

Aufgabenstellung:

- Außendurchmesser: 50mm
- Betriebsdruck: 280bar

Beim Einbau von Hydraulikschlauchleitungen sind folgende Punkte zu beachten:

2.2.1 Biegeradius

Beim Einbau von Schlauchleitungen muss der kleinste zulässige Biegeradius eingehalten werden (siehe Abbildung 10). Diese können der Tabelle 1: Zulässige Biegeradien entnommen werden.¹ Die vorgesehene Schlauchbiegung sollte erst nach einer Länge von $1,5 \times$ Außendurchmesser (d) mm beginnen (siehe Abbildung 11).²



Abbildung 10: Hydraulikschlauchleitungen Biegeradius 1³

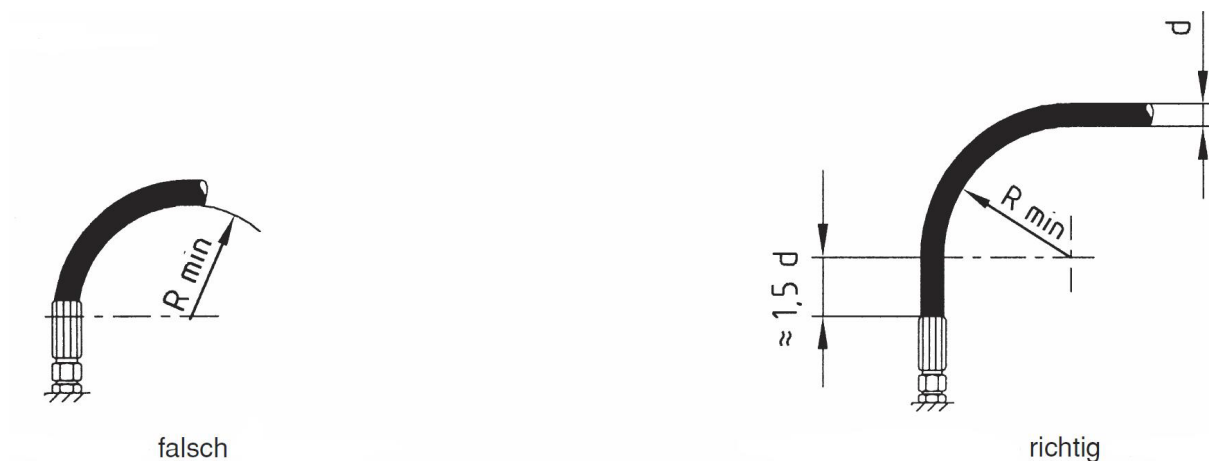


Abbildung 11: Hydraulikschlauchleitungen Biegeradius 2⁴

¹ Vgl. RASTELLI RACCORDI (o.J.): o.S.

² Vgl. WMT AG (2008): o.S.

³ RASTELLI RACCORDI (o.J.): o.S.

⁴ RASTELLI RACCORDI (o.J.): o.S.

DN *	Innen-Ø max. [mm]	Außen-Ø max. [mm]	Betriebsdruck [bar]	Berstdruck [bar]	Biegeradius min. [mm]
19	19,8	33	350	1400	300
19	19,8	33	420	1680	280
19	-	32,2	350	1400	300
19	-	36,1	420	1680	265
25	25,4	39	310	1100	310
25	26,4	40,9	280	1120	340
25	25,4	39,8	280	1120	340
25	25,4	38	280	1120	155
25	26,4	39,9	380	1520	340
25	25,4	38,2	420	1680	330
25	-	39,7	280	1120	340
25	-	38,7	380	1520	340
25	-	42,9	420	1680	330
25	25,4	39,4	310	1240	310
25	26	40,9	280	1120	340
25	26	39,9	380	1520	340
25	25,4	39,8	350	1400	300
25	25,4	38,1	420	1680	330
25	25,4	37,4	500	2000	270
31	33	52,4	210	840	460
31	33	47,1	325	1300	460
31	-	45,5	325	1300	460
31	-	51,5	420	1680	445
31	32,5	47,1	350	1400	460
31	31,8	51,3	350	1400	420
31	31,8	49,5	420	1680	440
31	31,8	47,4	500	2000	300
38	39,3	55,1	290	1160	560
38	-	53,5	290	1160	560

*Nenndurchmesser

Tabelle 1: Zulässige Biegeradien^{5, 6, 7, 8}

⁵ Telle (o.J.): o.S.

⁶ HANSA-FLEX (2014): S. 46-54.

⁷ Indunorm (o.J.): S. 35-52.

⁸ Knapheide (2017): S. 23-28.

2.3 Funktionsweise Servohydrauliklabor des MRP

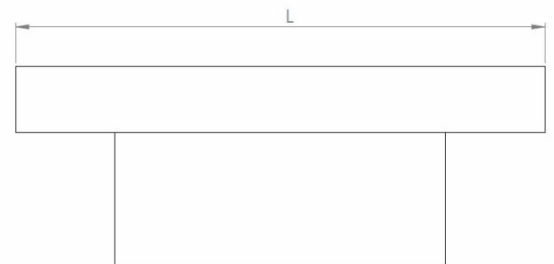
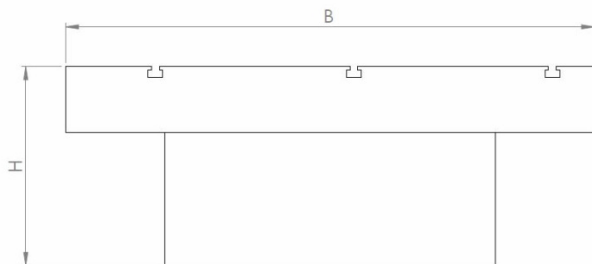
Zu einem Hydraulikaggregat gehören die Komponenten Hydrauliköl, Hydraulikpumpe und Elektro-Motor. Die Hydraulikpumpe sowie der Elektromotor befinden sich im Keller des MRP-Labors. Hydraulikleitungen führen durch ein Bodenloch im Labor (siehe Abbildungen 5 und 6, Objekt „1“) und verbinden so die Hydraulikpumpe und den Elektromotor mit den restlichen direkt im Labor befindlichen Objekten. Das Hydrauliköl wird über Hydraulikschlauchleitungen mit einem Nenndruck von 280 bar in das MRP-Labor geleitet. Es befinden sich mehrere Workstations im Servohydrauliklabor, die über LAN-Signale eine Verbindung zum Controller herstellen. Der Controller ist zum einen mit dem hydraulischen Steuermodul (HCM) verbunden (siehe Abbildungen 5 und 6, Objekt „2“). Er gibt dem HCM Informationen darüber, welcher Druck weiter geleitet und welches Ventil geöffnet werden darf. Wenn das Innenventil des HCM laut Controller geöffnet werden kann, wird das Hydrauliköl einem Servoventil am Zylinder des Hydraulikprüfstandes zugesteuert (siehe Abbildungen 5 und 6, Objekt „3“). Das Servoventil ist ebenfalls mit dem Controller verbunden und entscheidet über ein Magnetventil, welches den Zylinder des Prüfstandes nach oben oder nach unten fahren lässt. Der Zylinder des Hydraulikprüfstandes ist in Hydrauliköl gelagert. Das hier entstandene Lecköl wird über eine Elektro-Leckölpumpe (siehe Abbildungen 5 und 6, Objekt „4“) abgepumpt und anschließend zurück zu der Hydraulikpumpe im Keller geführt. Die Elektro-Leckölpumpe ist ebenfalls mit dem Controller verbunden. Im Falle einer defekten Leckölpumpe stoppt der Controller das System. Er lässt das Ventil im HCM schließen und beendet somit den Kreislauf. Die gewonnenen Daten aus den Lebensdauerprüfungen am Prüfstand werden auch an den Controller übertragen.⁹

⁹ Vgl. Holzmann (2016): S. 56f.

3 Anhang II

3.1 Spannfeldvarianten

3.1.1 Spannfeldvarianten ohne Ölauffangrinne



Art.	L [mm]	B [mm]	H [mm]
1000 x 1000	1000	1000	300
1500 x 1000	1500	1000	300
1500 x 1200	1500	1200	300
1500 x 1200	2000	1000	300
2000 x 1200	2000	1200	300
2000 x 1400	2000	1400	300
2000 x 1500	2000	1500	300
2000 x 1750	2000	1750	300
2000 x 2000	2000	2000	300
2500 x 1000	2500	1000	300
2500 x 1200	2500	1200	300
2500 x 1400	2500	1400	300
2500 x 1500	2500	1500	300
2500 x 1750	2500	1750	300
2500 x 2000 *1	2500	2000	300
2500 x 2500	2500	2500	300
3000 x 1000	3000	1000	300
3000 x 1500	3000	1500	300
3000 x 1750	3000	1750	300
3000 x 2000	3000	2000	300
3000 x 2500	3000	2500	300
3000 x 3000	3000	3000	300
3500 x 1000	3500	1000	300
3500 x 1500	3500	1500	300
3500 x 1750	3500	1750	300

*1 bereits vorhanden und kann verwendet werden

Art.	L [mm]	B [mm]	H [mm]
3500 x 2000	3500	2000	300
3500 x 2500	3500	2500	300
3500 x 3000	3500	3000	300
4000 x 1000	4000	1000	300
4000 x 1200	4000	1200	300
4000 x 1500	4000	1500	300
4000 x 1750	4000	1750	300
4000 x 2000	4000	2000	300
4000 x 2500	4000	2500	300
4000 x 3000	4000	3000	300
4500 x 1000	4500	1000	300
4500 x 1500	4500	1500	300
4500 x 1750	4500	1750	300
4500 x 2000	4500	2000	300
4500 x 2500	4500	2500	300
4500 x 3000	4500	3000	300
5000 x 1000	5000	1000	300
5000 x 1500	5000	1500	300
5000 x 1750	5000	1750	300
5000 x 2000	5000	2000	300
5000 x 2500	5000	2500	300
5000 x 3000	5000	3000	300

Tabelle 2: Spannfeldvarianten ohne Ölauffangrinne

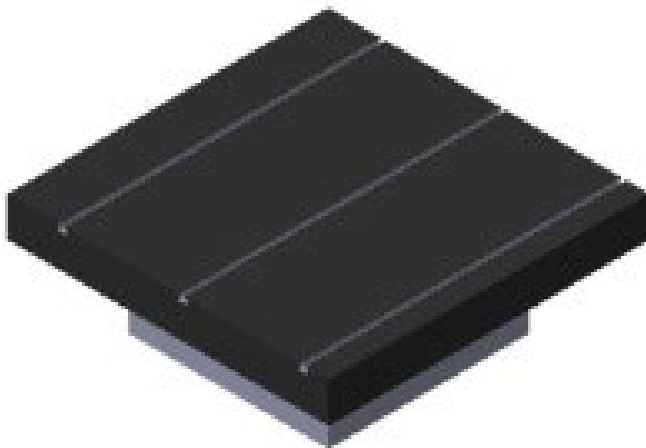
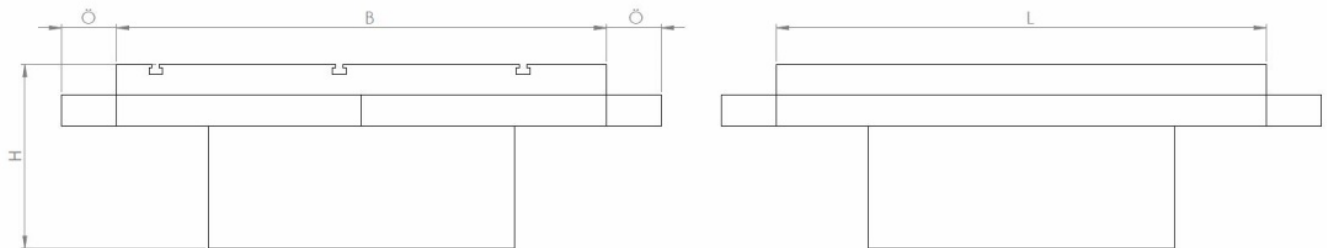


Abbildung 18: Spannfeld ohne Ölauffangrinne

3.1.2 Spannfeldvarianten mit Ölauffangrinne



Art.	L [mm]	B [mm]	H [mm]	Ö [mm]	Gesamt L (L + 2 x Ö) [mm]	Gesamt B (B + 2 x Ö) [mm]
1000 x 1000	1000	1000	300	90	1180	1180
1500 x 1000	1500	1000	300	90	1680	1180
1500 x 1200	1500	1200	300	90	1680	1380
2000 x 1000	2000	1000	300	90	2180	1180
2000 x 1200	2000	1200	300	90	2180	1380
2000 x 1400	2000	1400	300	90	2180	1580
2000 x 1500	2000	1500	300	90	2180	1680
2000 x 1750	2000	1750	300	90	2180	1930
2000 x 2000	2000	2000	300	90	2180	2180
2500 x 1000	2500	1000	300	90	2680	1180
2500 x 1200	2500	1200	300	90	2680	1380
2500 x 1400	2500	1400	300	90	2680	1580
2500 x 1500	2500	1500	300	90	2680	1680
2500 x 1750	2500	1750	300	90	2680	1930
2500 x 2000	2500	2000	300	90	2680	2180
2500 x 2500	2500	2500	300	90	2680	2680
3000 x 1000	3000	1000	300	90	3180	1180
3000 x 1500	3000	1500	300	90	3180	1680
3000 x 1750	3000	1750	300	90	3180	1930
3000 x 2000	3000	2000	300	90	3180	2180
3000 x 2500	3000	2500	300	90	3180	2680
3000 x 3000	3000	3000	300	90	3180	3180
3500 x 1000	3500	1000	300	90	3680	1180
3500 x 1500	3500	1500	300	90	3680	1680
3500 x 1750	3500	1750	300	90	3680	1930
3500 x 2000	3500	2000	300	90	3680	2180
3500 x 2500	3500	2500	300	90	3680	2680

Art.	L [mm]	B [mm]	H [mm]	Ö [mm]	Gesamt L (L + 2 x Ö) [mm]	Gesamt B (B + 2 x Ö) [mm]
3500 x 3000	3500	3000	300	90	3680	3180
3820 x 1020 * ²	3820	1020	300	90	4000	1200
4000 x 1000	4000	1000	300	90	4180	1180
4000 x 1500	4000	1500	300	90	4180	1680
4000 x 1750	4000	1750	300	90	4180	1930
4000 x 2000	4000	2000	300	90	4180	2180
4000 x 2500	4000	2500	300	90	4180	2680
4000 x 3000	4000	3000	300	90	4180	3180
4500 x 1000	4500	1000	300	90	4680	1180
4500 x 1500	4500	1500	300	90	4680	1680
4500 x 1750	4500	1750	300	90	4680	1930
4500 x 2000	4500	2000	300	90	4680	2180
4500 x 2500	4500	2500	300	90	4680	2680
4500 x 3000	4500	3000	300	90	4680	3180
5000 x 1000	5000	1000	300	90	5180	1180
5000 x 1500	5000	1500	300	90	5180	1680
5000 x 1750	5000	1750	300	90	5180	1930
5000 x 2000	5000	2000	300	90	5180	2180
5000 x 2500	5000	2500	300	90	5180	2680
5000 x 3000	5000	3000	300	90	5180	3180

*² bereits vorhanden und kann verwendet werden

Tabelle 3: Spannfeldvarianten mit Ölauffangrinne

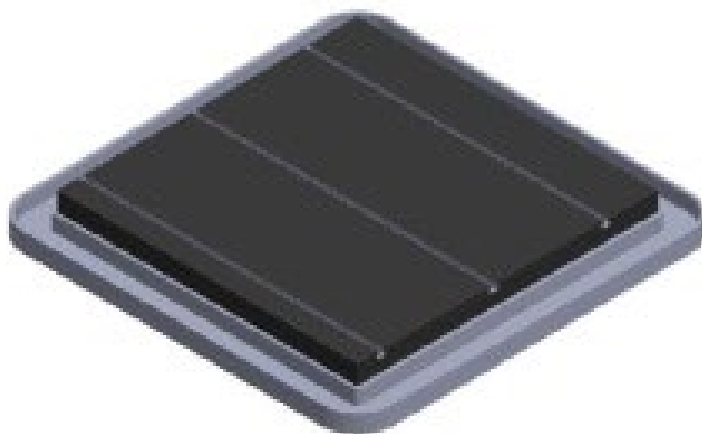
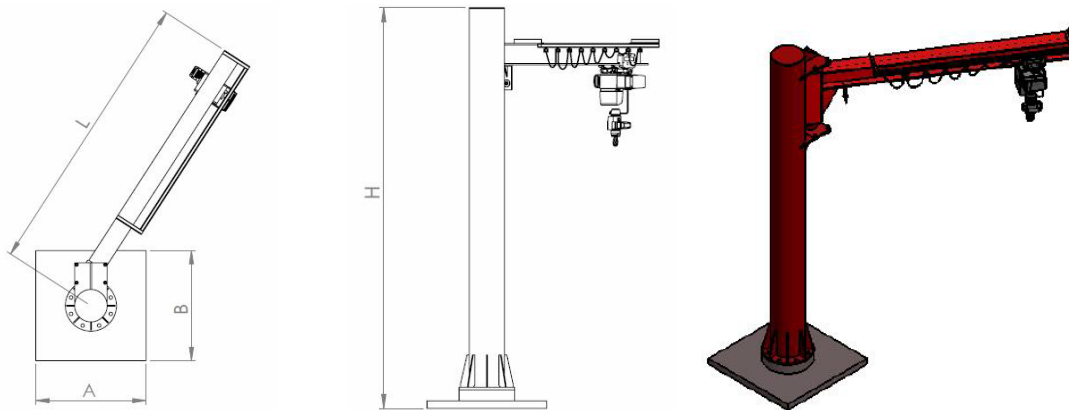


Abbildung 19: Spannfeld mit Ölauffangrinne

3.2 Kranvarianten



Kranname *3	Art.	L [mm]	H [mm]	A [mm]	B [mm]	Radius/ Kantenlänge [mm]	Tragfähig- keit [kg]
Schwenkkran 1	Runde Bodenfläche (3000)	3000	3000	-	-	300 *4	465
Schwenkkran 2	Rechteckige Bodenfläche (3045)	3045	3032	700	500	-	575
Schwenkkran 3	Quadratische Bodenfläche (2870)	2870	3684	780	780	-	1000
Schwenkkran 4	Quadratische Bodenfläche (2870)	2870	3684	900	900	-	1154
Schwenkkran 5	Quadratische Bodenfläche (2870)	2870	3684	950	950	-	1218
Schwenkkran 6	Quadratische Bodenfläche (2870)	2870	3684	1100	1100	-	1410
Schwenkkran 7	Quadratische Bodenfläche (4068)	4068	3684	780	780	-	546
Schwenkkran 8	Quadratische Bodenfläche (4068)	4068	3684	900	900	-	630
Schwenkkran 9	Quadratische Bodenfläche (4068)	4068	3684	950	950	-	800
Schwenkkran 10	Quadratische Bodenfläche (4068)	4068	3684	1100	1100	-	1000
Schwenkkran 11	Sechseckige Bodenfläche (2438)	2438	3340	-	-	396 *5	664

*3 Exakte Daten siehe Kranvarianten-Zeichnungen

*4 Radius

*5 Kantenlänge (regelmäßiges Hexagon)

Tabelle 4: Kranvarianten

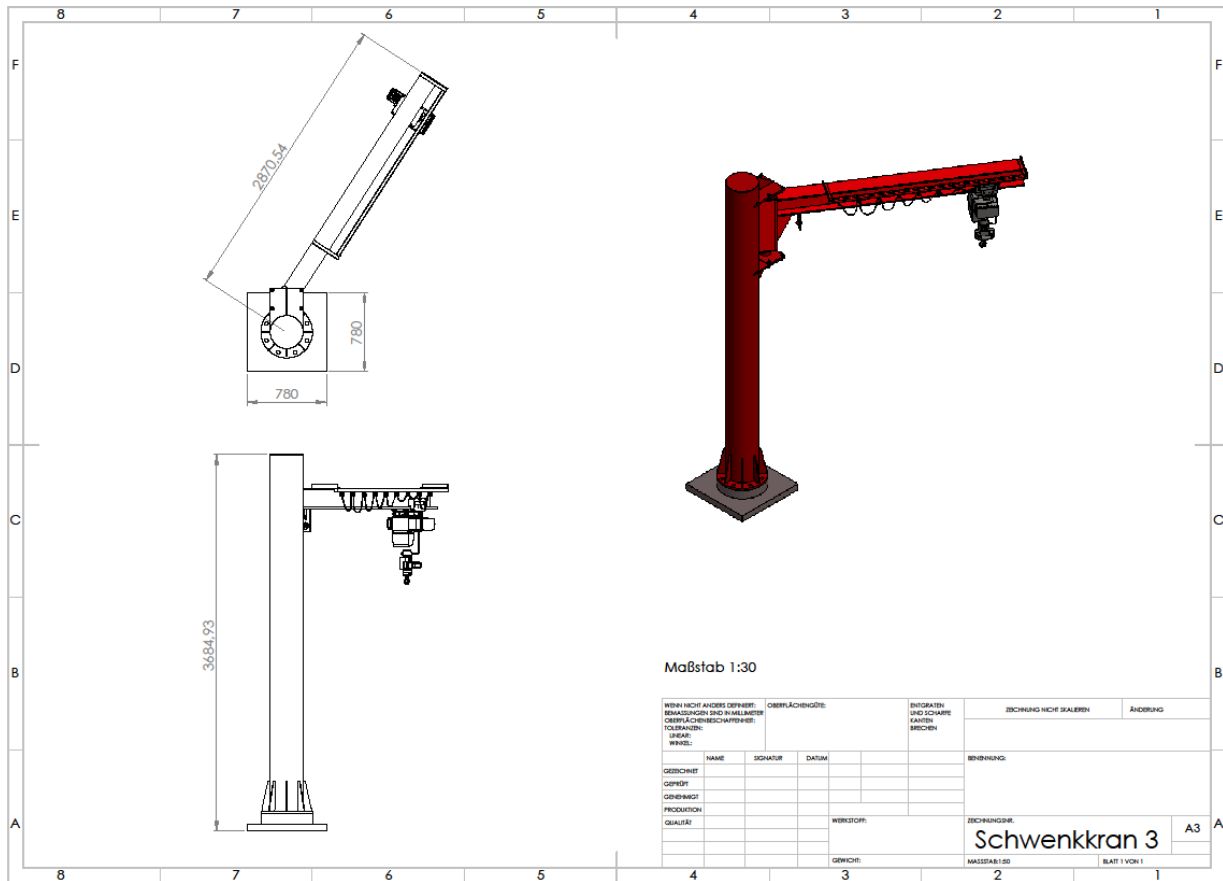


Abbildung 22: Quadratische Bodenfläche (2870)

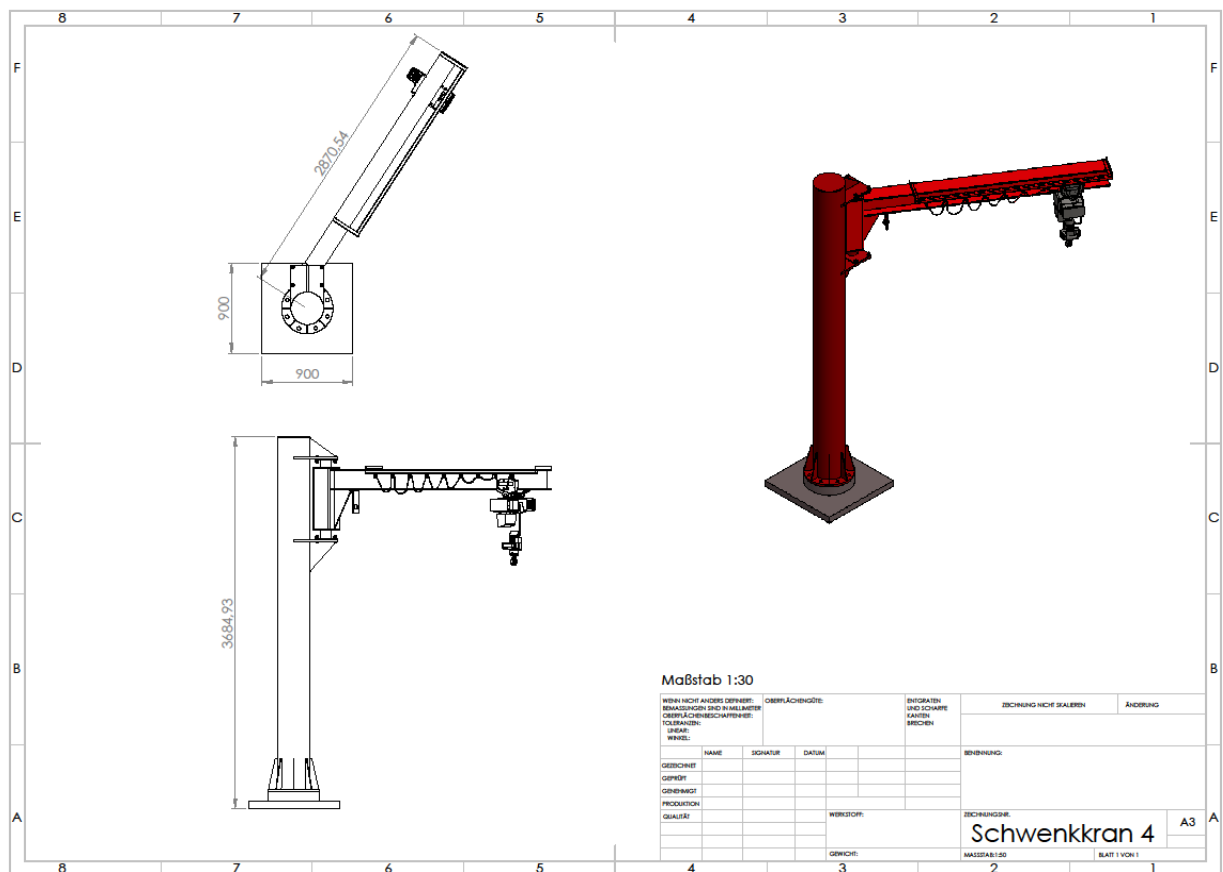


Abbildung 23: Quadratische Bodenfläche (2870)

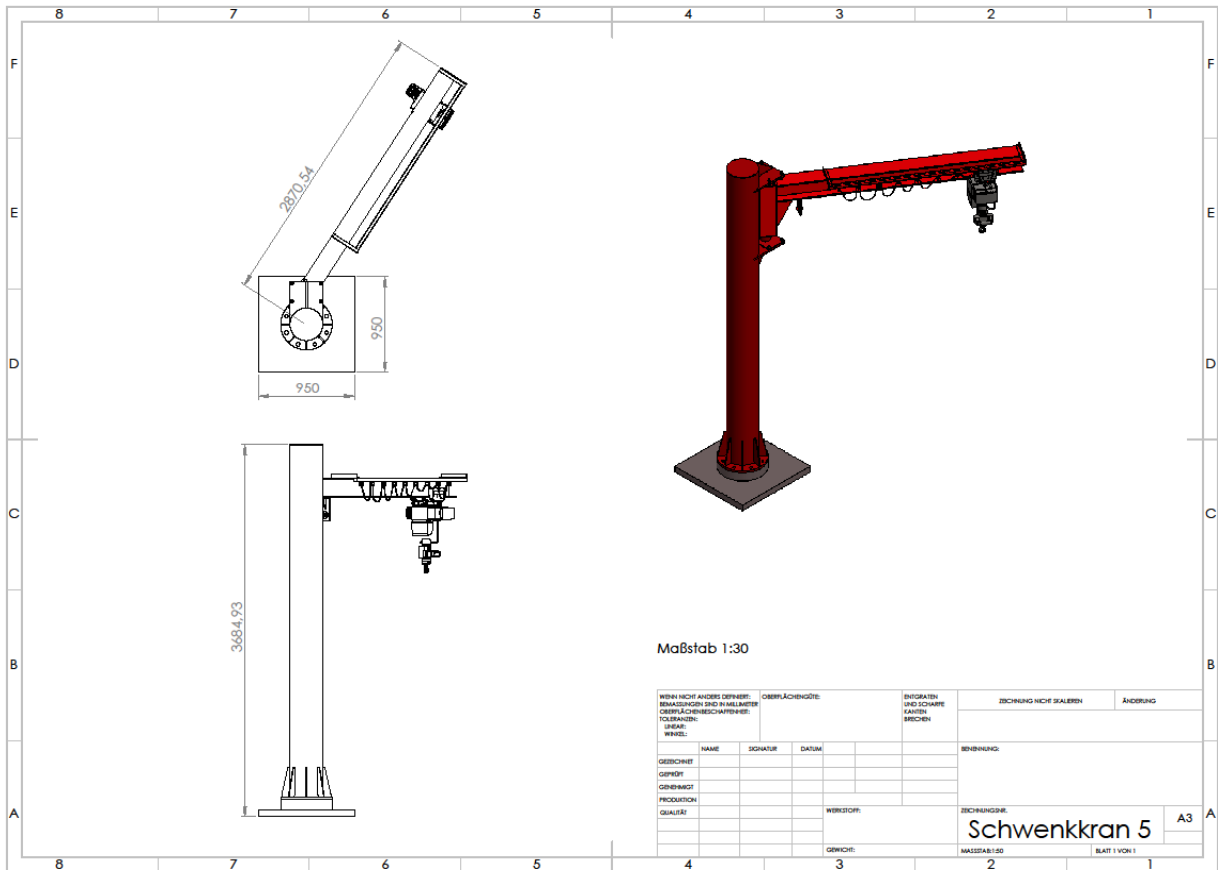


Abbildung 24: Quadratische Bodenfläche (2870)

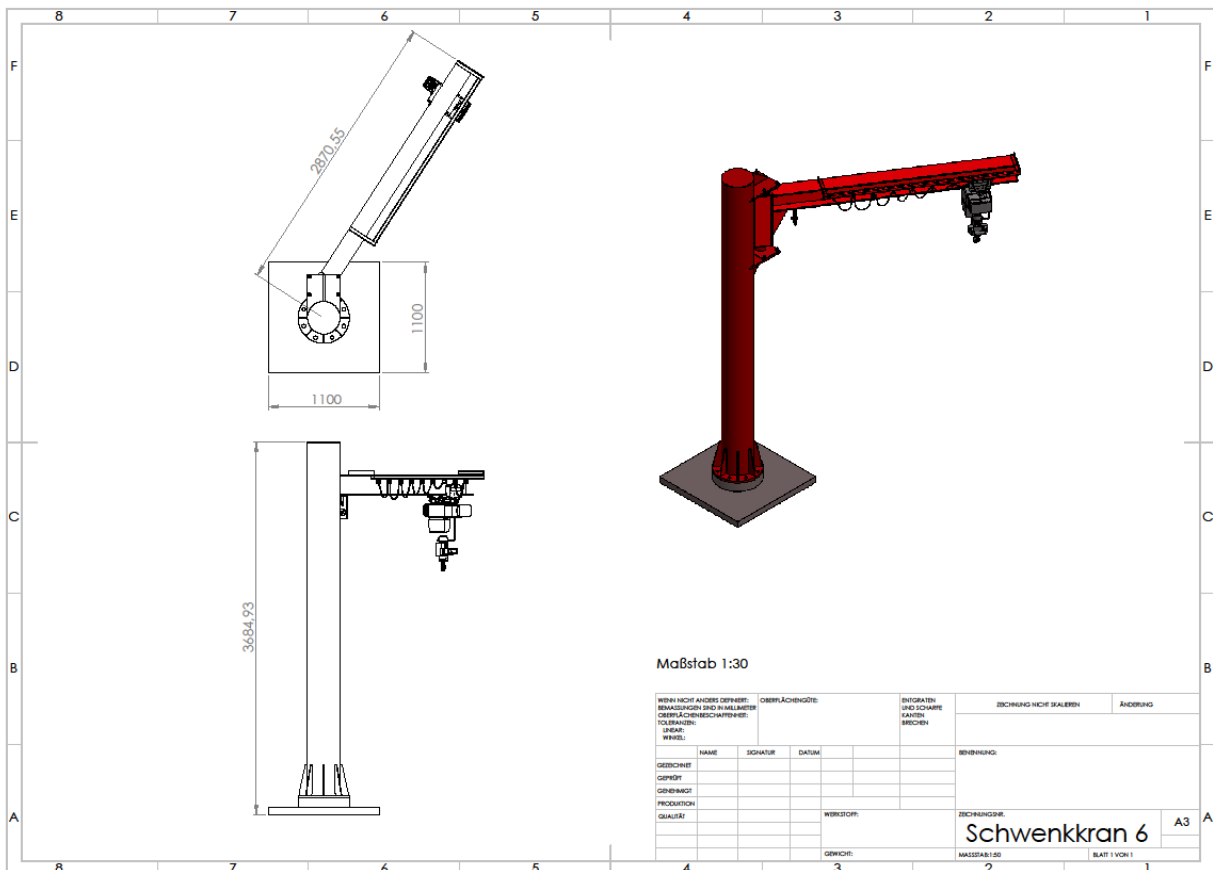


Abbildung 25: Quadratische Bodenfläche (2870)

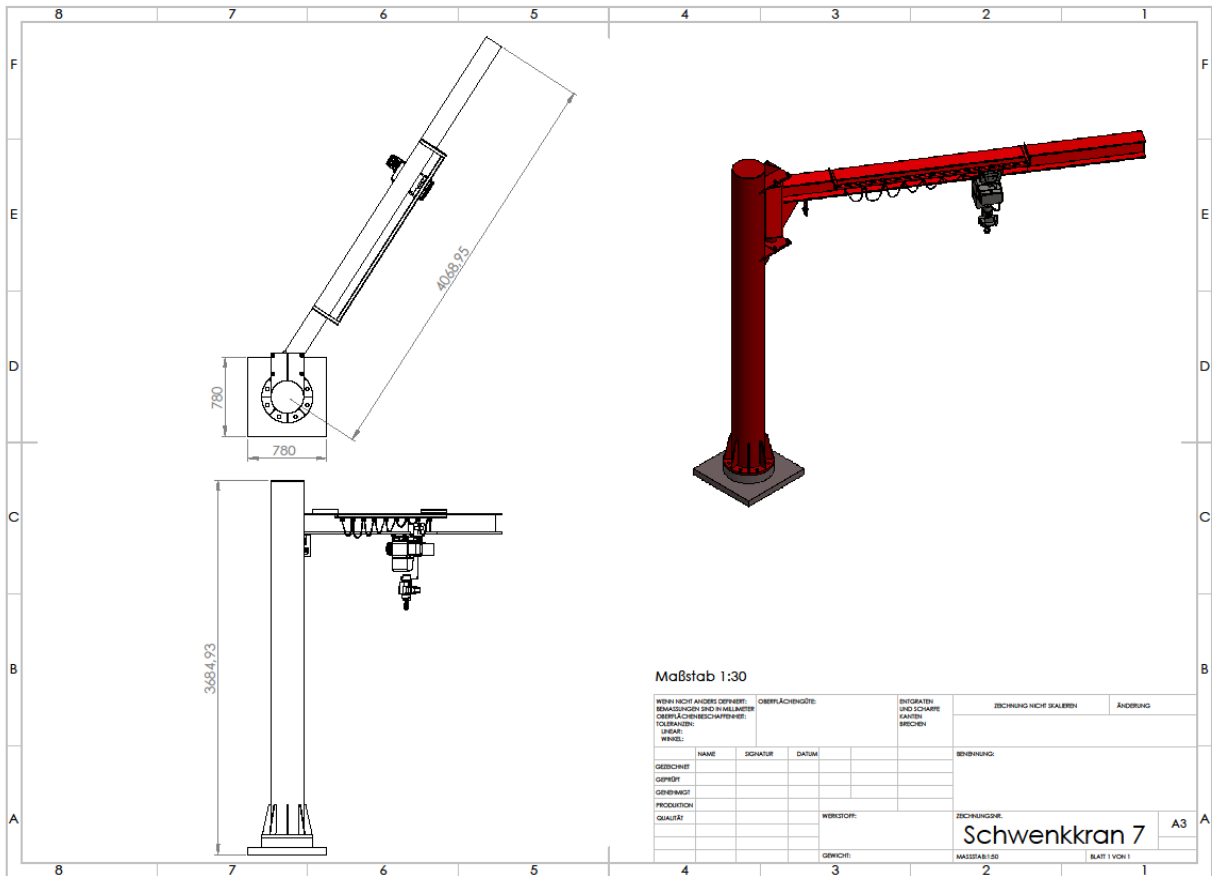


Abbildung 26: Quadratische Bodenfläche (4068)

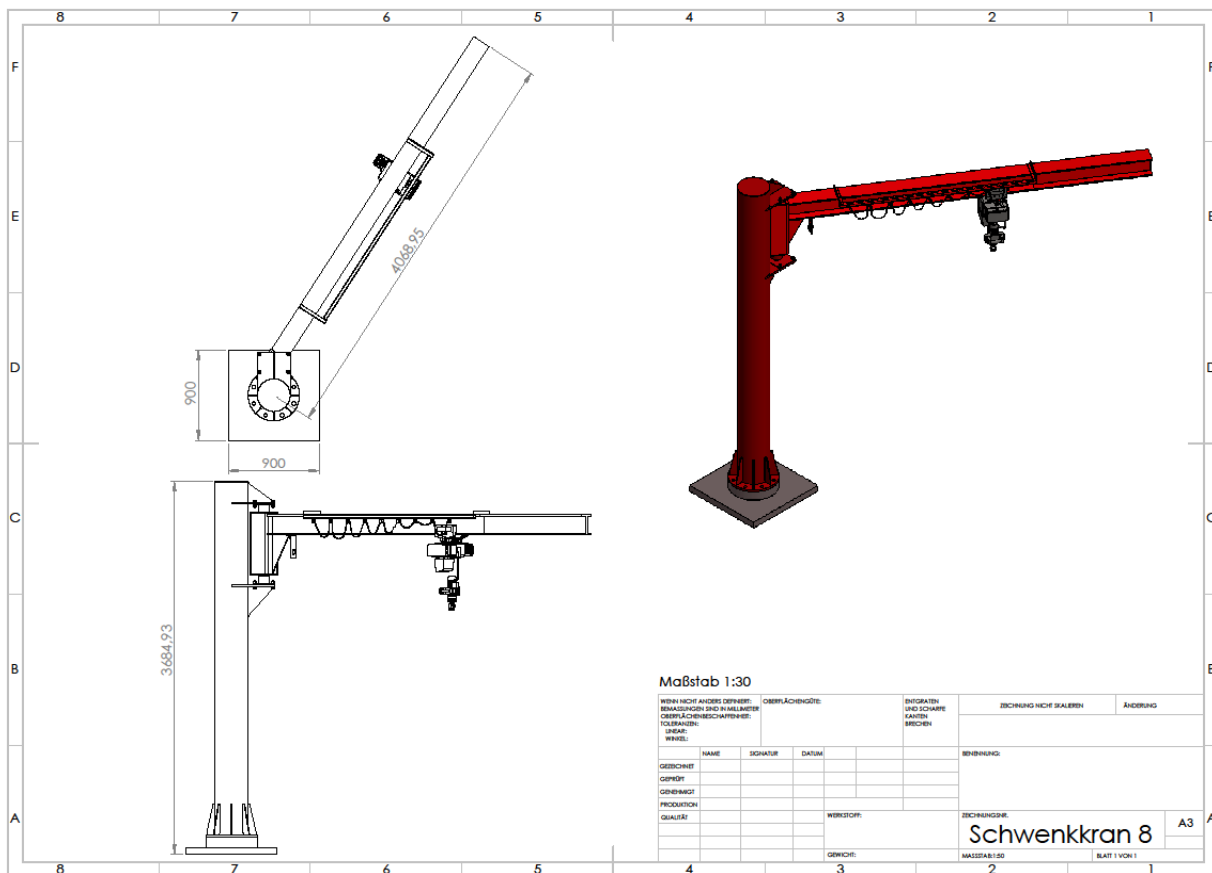


Abbildung 27: Quadratische Bodenfläche (4068)

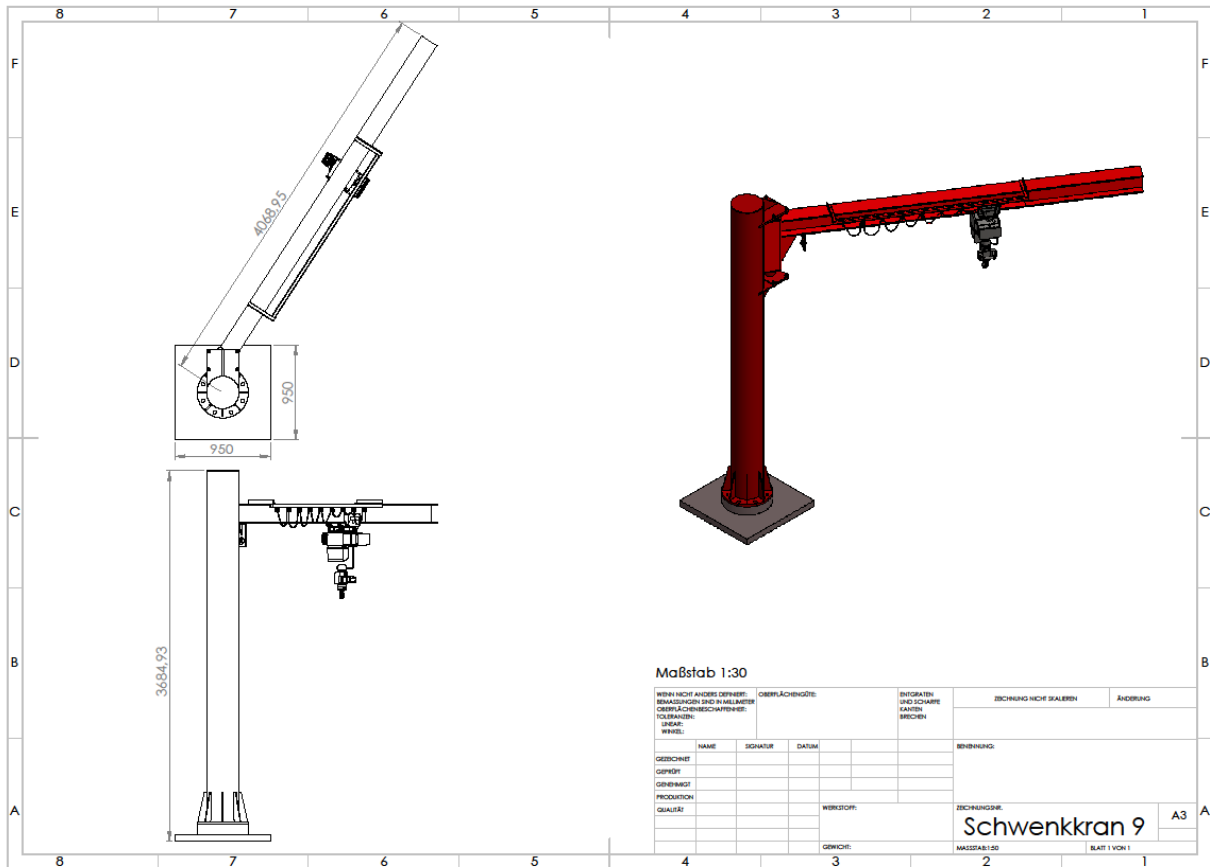


Abbildung 28: Quadratische Bodenfläche (4068)

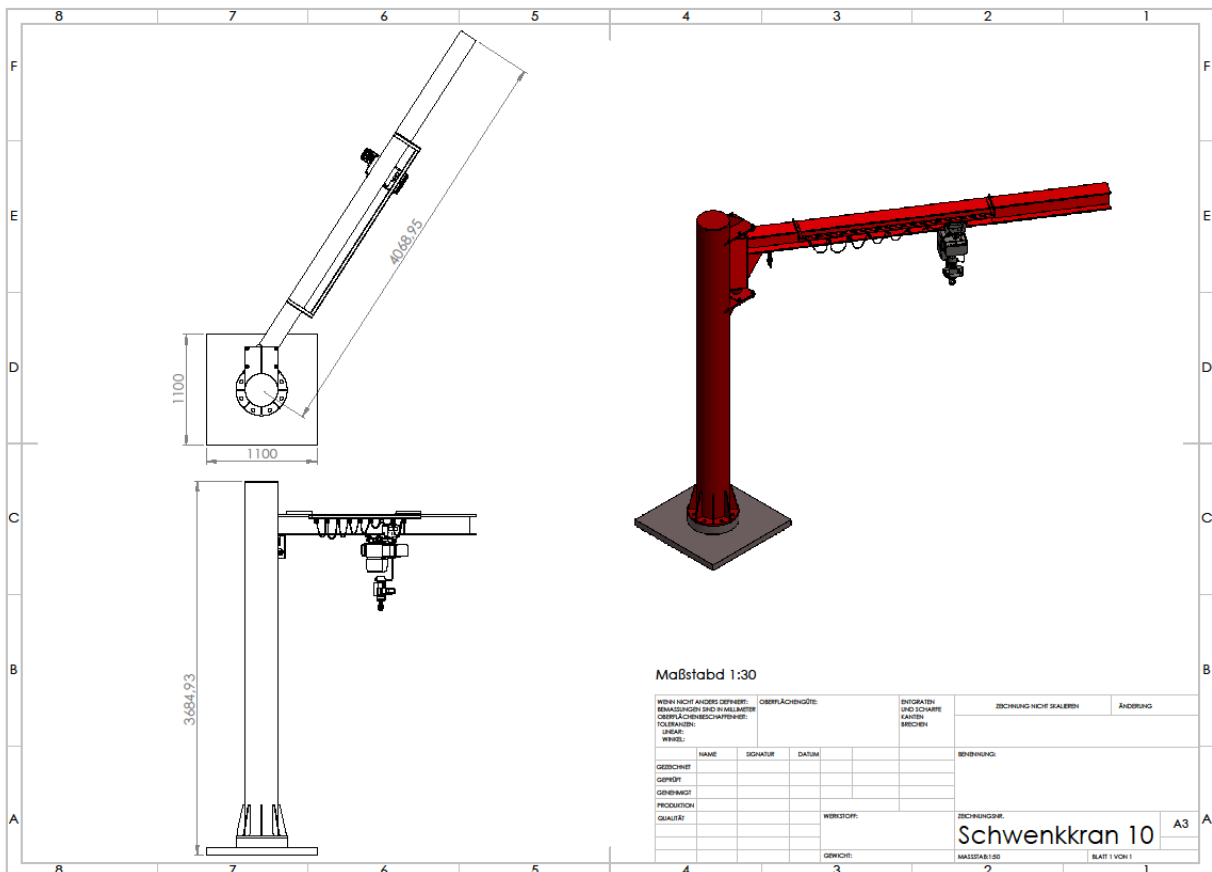


Abbildung 29: Quadratische Bodenfläche (4068)

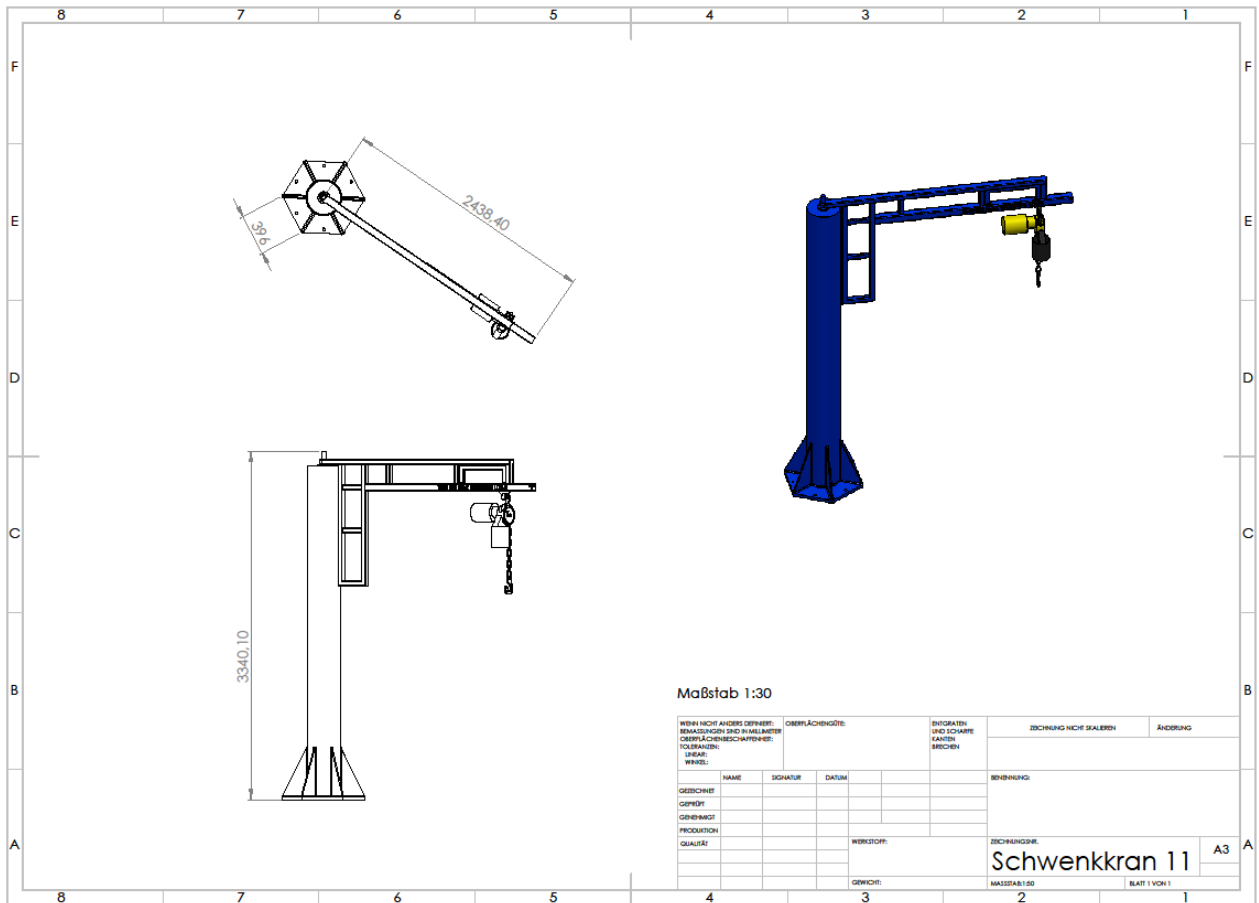


Abbildung 30: Sechseckige Bodenfläche (2438)

3.4 Prüfstands-Varianten/ Prüfstands-Zeichnungen

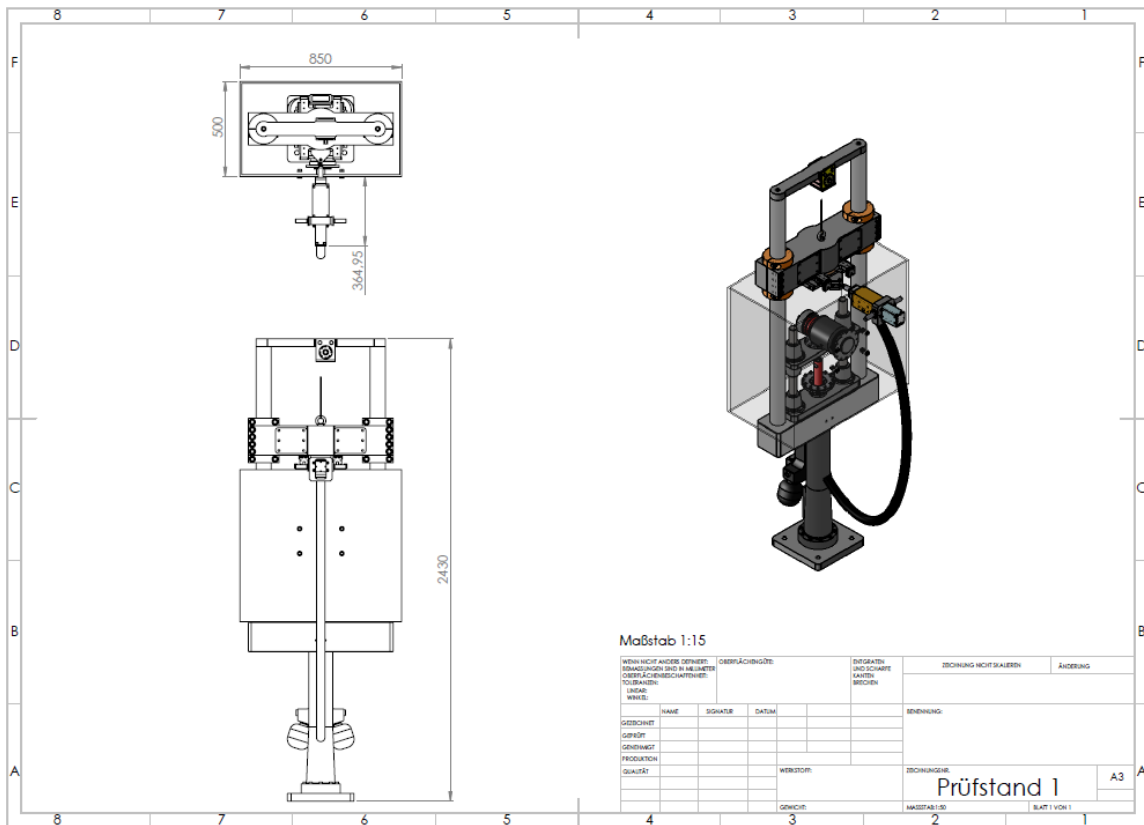


Abbildung 31: Axial-Verschiebungsprüfstand

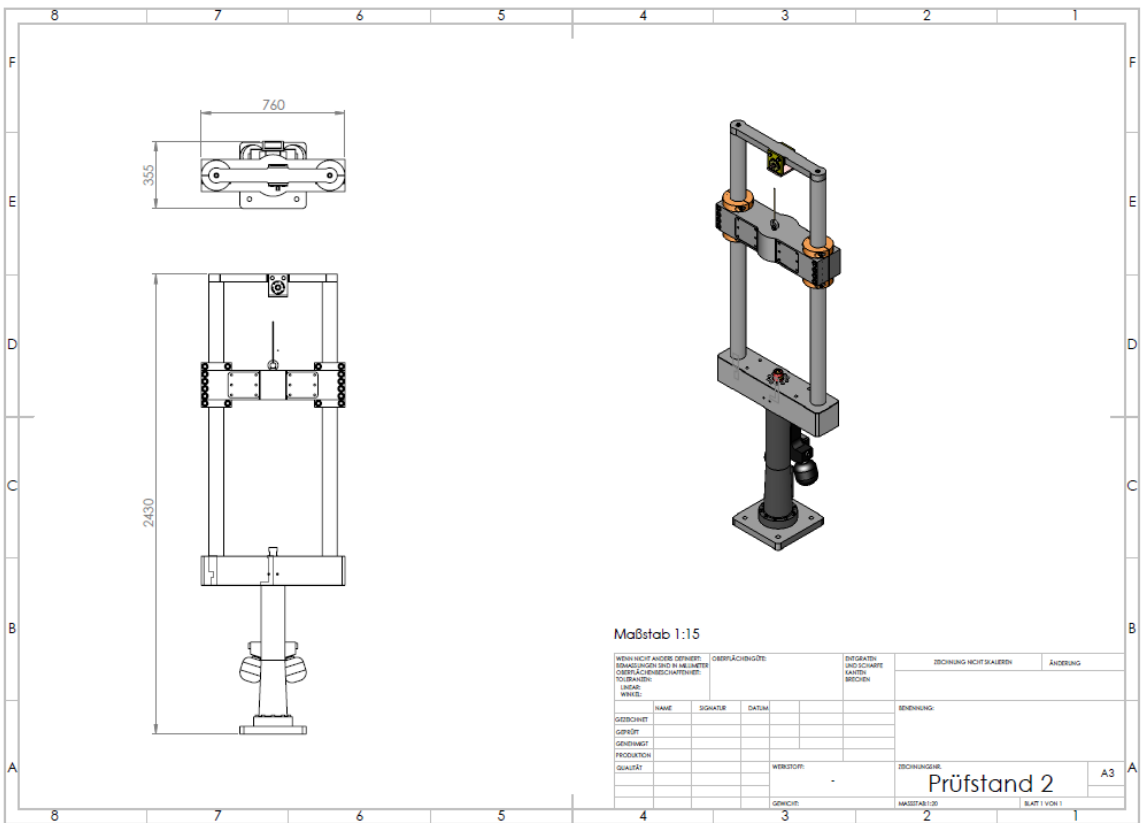


Abbildung 32: Kraftrahmen 63kN Prüfstand

