Techniker-Abschlussprojekt-Dokumentation

„Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen“

BBS-ME Otto-Brenner-Schule

Technikerschule Hannover

Kählig Antriebstechnik GmbH

Version 2.2

Autor des Dokuments: Nicolas Bengsch, Thomas Hesse, Jonas Tolle		
Schulischer Projektbetreuer: Herr Brühl		Betrieblicher Projektbetreuer: Herr Bruns
Dateiname: Dokumentation KAG V2.2		
Seitenanzahl: 216	Klasse: FSMB19	Abgabetermin: 30.04.2021

Zusammenfassung

Im Rahmen der Ausbildung zum staatlich geprüften Techniker an der Technikerschule Hannover führte das Projektteam ein Abschlussprojekt im Unternehmen Kählig Antriebstechnik GmbH durch.[1]

Die Kählig Antriebstechnik GmbH steht seit 40 Jahren für anspruchsvolle, maßgeschneiderte und dauerhaft zuverlässige Antriebslösungen für AC- und DC-Motoren. Um diese anspruchsvollen Motoren zu fertigen, werden bei den M80 Modellen, in hochwertiger Handarbeit, die für die Funktion notwendigen Magnetschalen in die Gehäuse eingeklebt.[2] Die Aufgabe dieser Projektarbeit bestand darin, eine neue, ergonomisch verbesserte Montagevorrichtung für alle Varianten der Motorengehäuse der M80 Baureihe zu entwickeln und zu planen, um den Mitarbeiter/-innen das Arbeiten an der Station zu erleichtern.

Als Grundlage für diese Projektarbeit ist eine IST-Analyse durchgeführt worden.[3] Diese hat ergeben, dass nicht nur das Anheben der Gehäuse anstrengend ist, sondern auch dass die Ausrichtung der Gehäuse verbessert werden kann. Zudem ist bislang ein hoher Reinigungsaufwand von Nöten, um die Vorrichtung für den weiteren Einsatz vorzubereiten. Mit diesen Ergebnissen aus der IST-Analyse ist es unausweichlich, dass etwas an der Vorrichtung geändert werden muss, um auch in Zukunft effektiver damit arbeiten zu können. Die neue Vorrichtung ist auf einem eigens dafür vorgesehenen mobilen und höhenverstellbaren Tisch aufgebaut. Zudem sind die einzelnen Kaliber auf einem Drehteller angeordnet und mit einem pneumatischen Auswerfer versehen. Somit werden die M80-Motorengehäuse per Fußtaster ausgeworfen, welches das Arbeiten erleichtern soll. Des Weiteren ist der Aufbau dahingehend verbessert worden, dass sich die Rüstzeit, die Durchlaufzeit und der Reinigungsaufwand reduziert haben. Diese Änderungen führen zu einem ergonomischeren und produktiveren Arbeitsprozess und werden sich für das Unternehmen als wertschöpfend erweisen.

[1] Vgl. Heuer W./Hülswitt K./Willig W. (2013): Dokumentationsrahmen für Abschlussprojekte, S. 9.
[2] Vgl. Kählig Antriebstechnik GmbH (o.J.): https://www.kag-hannover.com/.
[3] Vgl. Heuer W./Hülswitt K./Willig W. (2013): Dokumentationsrahmen für Abschlussprojekte, S. 9.

Summary

As part of their training as a state-certified technician at the Hannover Technical School, the project team carried out a final project at Kählig Antriebstechnik GmbH.

Kählig Antriebstechnik GmbH has been synonymous with sophisticated, tailor-made and permanently reliable drive solutions for AC and DC motors for 40 years. In order to manufacture these highly developed motors, the magnetic shells, required for the function, are glued into the housing of the M80 model in high-quality manual work.The task of this project work was to develop and plan a new, ergonomically improved assembly device for all variants of the engine housings of the M80 series in order to make it easier for the employees to work on the station.

An IS-analysis has been carried out as the basis for this project work. This has shown that not only the lifting of the housings is exhausting, but also that the orientation of the housings can be improved. In addition, a high cleaning effort is required to prepare the device for further use. With these results from the IS-analysis, it is inevitable that something needs to be changed on the device in order to be able to work with it more effectively in the future. The new device is built on a specially designed mobile and height-adjustable table. In addition, the individual calibers are arranged on a turntable and equipped with a pneumatic ejector. Thus, the M80 motor housings are ejected by a foot button, which should facilitate the work. Furthermore, the setup has been improved to reduce the setup time, the throughput time and the cleaning effort. These changes lead to a more ergonomic and productive work process and prove to be an added value for the company.

Teammitglieder:

Ort	Datum	Name	Unterschrift
Hannover	28.04.2021	Jonas Tolle (Gruppenleiter)	J. Tolle
Hannover	28.04.2021	Hesse, Thomas (Stellv. Gruppenleiter)	T. Hesse
Hannover	28.04.2021	Bengsch, Nicolas	Bengsch

Dokumentenversion:

Datum	Name	Version	Unterschrift
20.12.2020	Bengsch	1.1	Bengsch
17.01.2021	Hesse	1.2	Bengsch
21.01.2021	Bengsch, Hesse, Tolle	1.3	J. Tolle T. Hesse Bengsch
13.04.2021	Bengsch	1.4	Bengsch
14.04.2021	Bengsch, Hesse, Tolle	1.5	J. Tolle T. Hesse Bengsch

20.04.2021	Bengsch, Hesse, Tolle	1.6	J.Tolle T.Hesse Bengsch
21.04.2021	Bengsch, Tolle	1.7	J.Tolle Bengsch
22.04.2021	Bengsch, Hesse, Tolle	1.8	J.Tolle T.Hesse Bengsch
23.04.2021	Bengsch, Hesse, Tolle	1.8	J.Tolle T.Hesse Bengsch
24.04.2021	Bengsch, Hesse, Tolle	1.9	J.Tolle T.Hesse Bengsch
25.04.2021	Bengsch, Hesse, Tolle	2.0	J.Tolle T.Hesse Bengsch
26.04.2021	Bengsch, Hesse, Tolle	2.1	J.Tolle T.Hesse Bengsch
27.04.2021	Bengsch, Hesse, Tolle	2.2	J.Tolle T.Hesse Bengsch

Inhaltverzeichnis

I. Abkürzungsverzeichnis VII

1 Einleitung 1

2 Aufgabenstellung 1

3 Dokumentation der Projektergebnisse 2

3.1 Methode / Vorgehensweise 2

3.2 IST-Analyse 2

4 Nutzwertanalyse 1 3

4.1 Definitionsangaben Nutzwertanalyse 3

4.2 Morphologischer Kasten 4

4.2.1 Definitionsangaben morphologischer Kasten 4

4.2.2 Variante 1 Lineartisch 5

4.2.3 Variante 2 Drehtisch 6

4.2.4 Variante 3 Hebeltisch 7

4.3 Paarweiser Vergleich 1 8

4.4 Erfüllungsgrade 1 9

4.4.1 Definitionsangaben Erfüllungsgrade 9

4.4.2 Variante 1 Lineartisch 10

4.4.3 Variante 2 Drehtisch 10

4.4.4 Variante 3 Hebeltisch 11

4.5 Wertanalysematrix 1 13

5 Meilensteinsitzung 1 15

6 Gegenüberstellung Variante 2 Drehtisch und Wunschvariante 16

7 Nutzwertanalyse 2 17

7.1 Definitionsangaben Nutzwertanalyse 2 17

7.2 Erfüllungsgrade 2 17

7.3 Wertanalysematrix 2 18

7.4 Siegervariante 20

8 Meilensteinsitzung 2 20

9 Vorstellung des 3D Modells 21

10 Pneumatikplan 22

11 Elektronik 22

12 Verbesserungsvorschläge 23

13 Ergonomie 25

14 Berechnungen 27

14.1 Berechnung der Klebekraft 27

14.2 Berechnung des Luftverbrauchs 28

14.3 Schraubenberechnung des Schwenkarms 29

14.4 Schraubenberechnung des Standfußes 31

14.5 Festigkeitsberechnung der Tischplatte 33

14.6 Schraubenberechnung der Tischplatte 36

15 Zeichnungssatz, Stück- & Bestelllisten 38

16 Projektbewertung 39

17 Fazit 40

II. Abbildungsverzeichnis VIII

III. Tabellenverzeichnis IX

IV. Formelverzeichins X

V. Literatur- und Quellenverzeichnis XI

V. Anhangsverzeichnis XI

I. Abkürzungsverzeichnis

mm	Millimeter
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ggf.	gegebenenfalls
HxBxT	Höhe x Breite x Tiefe
KW	Kalenderwoche
Gew.	Gewichtung
AC-/DC	Gleichstrom-/Wechselstrom
N	Newton
Nm	Newtonmeter
l/min	Liter pro Minute
Kg	Kilogramm
TB	Tabellenbuch
KAG	Kählig Antriebstechnik GmbH
3D	Drei Dimensionen, dreidemensional
V	Volt
AuP	Arbeits- und Prüfanweisung

1 Einleitung

Im Rahmen der Technikerausbildung der Technikerschule Hannover wird über den Zeitraum des zweiten Ausbildungsjahres ein Unternehmensprojekt durchgeführt. In diesem Projekt sollen die praktischen Aspekte und die Teamarbeit im Umgang mit dem Projektmanagement gefestigt werden. Ein auf die Schwerpunktrichtung Konstruktionstechnik ausgerichtetes Thema wird von der Technikerschule Hannover, dem Unternehmen KAG Antriebstechnik GmbH und dem Projektteam ausgearbeitet. Diese Dokumentation behandelt das Projekt zwischen der Firma KAG Antriebstechnik GmbH, Pappelweg 4 in 30179 Hannover und den Autoren Nicolas Bengsch, Thomas Hesse und Jonas Tolle.[4]

2 Aufgabenstellung

Die Aufgabe dieser Projektarbeit besteht darin,[5] einen Produktionsablauf mithilfe einer Neukonstruktion zu verbessen, sowie die Ergonomie und Handhabung der neuen Vorrichtung zu optimieren. Zu Beginn der Projektarbeit wurde eine IST-Analyse durchgeführt. Diese IST-Analyse beinhaltet die Vorrichtungsplatzierung, die Arbeitsplatzgestaltung sowie den Arbeitsablauf. Das Unternehmen hat aufgrund erhöhter Krankheitstage sich dazu entschlossen eine Neukonstruktion der prozessrelevanten Vorrichtung vorzunehmen, um den erhöhten Krankheitsvorkommen entgegen zu wirken.

[4] Vgl. Heuer W./Hülswitt K./Willig W. (2013): Dokumentationsrahmen für Abschlussprojekte, S. 11.
[5] Vgl. Heuer W./Hülswitt K./Willig W. (2013): Dokumentationsrahmen für Abschlussprojekte, S. 11.

3 Dokumentation der Projektergebnisse

3.1 Methode / Vorgehensweise

Die gesamte Planungsphase wird unter Zuhilfenahme der Projektmanagementmethoden ausgearbeitet, die die Projektgruppe im Rahmen der Technikerschule vermittelt bekommen hat. Die Phasen Initiierung, Definition und Planung sind abgeschlossen. Es wird das Vorgehen in der Umsetzungsphase beschrieben.[6] Unter Zuhilfenahme der Projektmanagementinstrumente (siehe Anhang 79 - 82, S. CXLVII - CL) wurde das Projekt umgesetzt und der Fortschritt dokumentiert.

In der verfassten Dokumentation sind alle nicht gekennzeichnet Abbildungen selbst erstellt und bedürfen keiner weiteren Quellenangabe.

3.2 IST-Analyse

Die M80-Motorengehäuse bestehen aus einem Stahlrohr mit einem Durchmesser von 80 mm in verschiedenen Konfigurationen. Hierbei können die Längen des Gehäuses und die Anzahl der Magnetschalen, als auch deren Einklebehöhe variieren. Die Magnetschalen werden in der Vorrichtung mit zwei verschiedenen Klebstoffen, auf das gewünschte Setzmaß in die Gehäuse eingeklebt. Manche Modelle benötigen dabei einer bestimmten Ausrichtung über Radialbohrungen. Dieses erfolgt über einen kleinen handgeführten Zylinderstift (siehe Anhang 11, S. LVIII).

Die Arbeitsreihenfolge sieht vor, dass die fünf Gehäuse auf die fünf Steckplätze gesteckt und auf Rotation, Mithilfe von Zylinderstiften, ausgerichtet werden. Danach wird ein Zwei-Komponenten-Kleber auf die Gehäuseinnenseite aufgetragen, wo im Anschluss die Magnetschalen angebracht werden. Zusätzlich werden die Magnetschalen am oberen Rand mit Sekundenkleber verklebt, um eine vorrübergehende Befestigung der Magnetschalen zu gewährleisten. Um die Magnetschalen in der richtigen Position zu halten, werden Spanneisen in jedes Gehäuse gesteckt, die die Schalen an die Gehäusewand drücken. Sobald alle Spanner eingesteckt sind, wird 30-40 Sekunden gewartet, bis der Sekundenkleber angezogen ist und die Magnetschalen handfest an der richtigen Position im Gehäuse

[6] Vgl. Heuer W./Hülswitt K./Willig W. (2013): Dokumentationsrahmen für Abschlussprojekte, S. 12.

kleben. Nach Ablauf der Zeit werden die Magnetspanner herausgezogen und beiseitegelegt. Wenn es sich um eine Motorgehäusevariante mit vier Magnetschalen handelt, werden die vorigen Schritte und Aushärtezeit wiederholt. Nachdem die Magnetspanner und die Zylinderstifte entfernt wurden, muss der Mitarbeiter die einzelnen Motorengehäuse aus der Vorrichtung herausziehen, dabei kann es durch Klebstoffresten zwischen den Magnetschalen, dem Gehäuse und der Vorrichtung zu größerer Haftreibung kommen, wodurch der Mitarbeiter einen größeren Kraftaufwand benötigt um das Bauteil loszureißen. Dieser hohe Kraftaufwand, bei mehreren Dutzend Teilen pro Tag, ist eine unzumutbare Belastung für den Arbeitnehmer. Weswegen ein Mitarbeiter der Firma KAG GmbH sich dazu entschlossen hat, einen Verbesserungsvorschlag einzureichen, um diese Vorrichtung neu zu entwickeln.

Um eine bessere Vorstellung über den Arbeitsablauf zu bekommen befindet sich im Anhang die vollständige firmeninterne Arbeitsanweisung (siehe Anhang 3, S. XXXI).

4 Nutzwertanalyse 1

4.1 Definitionsangaben Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse ist eine Methode des Qualitätsmanagements. Sie zählt zu den leistungsfähigsten Problemlösungsvarianten, ist aber aufgrund der erforderlichen Teamarbeit mit hohem Aufwand verbunden. Mit dieser Analyse erhält man ein Werkzeug zur Beurteilung und Auswahl verschiedener Lösungsvarianten. Der Ablauf gestaltet sich wie folgt:

Nach der Durchführung der IST-Analyse hat die Projektgruppe Verbesserungsvorschläge zusammengetragen. Dafür wurden Skizzen zu den einzelnen Verbesserungen angefertigt und besprochen. Diese sind im Anhang 6 bis 11 (S. LIII - LVIII) einzusehen. Nachdem über alle realisierbaren Verbesserungen entschieden worden ist, hat die Projektgruppe einen morphologischen Kasten erstellt, um mithilfe der verschiedenen Verbesserungen, drei möglichen Varianten zu erstellen. Nach dem morphologischen Kasten wurden die Verbesserungsvorschläge in den nachfolgenden Kapiteln Erfüllungsgrad, paarweiser Vergleich und schlussendlich in der Wertanalysematrix ausgearbeitet und bewertet. Das Ergebnis ist eine Siegervariante, welche möglichst viele Einflussfaktoren berücksichtigt.

4.2 Morphologischer Kasten

4.2.1 Definitionsangaben morphologischer Kasten

In dem nachfolgenden morphologischen Kasten sind die einzelnen zu verbessernden Funktionen in der linken Spalte zu sehen. Rechts daneben befinden sich die möglichen Auswahlkriterien, die für die drei Vorrichtungsvarianten in Frage kommen. Dabei wurde jeder Variante eine Farbe zugeordnet: Variante 1 = rot, Variante 2 = grün und Variante 3 = gelb. Somit konnte jeweils mit der Farbe der einzelnen Variante, die passende Funktion ausgewählt werden. (Hinweis zum morphologischen Kasten: Um einen besseren Überblick zu behalten, wurden in dieser Dokumentation die sonst üblichen Linien zum Verbinden der Auswahlkriterien durch farbige Punkte ersetzt.)

Funktionen	Variante 1 🔴	Variante 2 🟢	Variante 3 🟡
Auswerfer	Pneumatisch 🔴🟢	Elektrisch	Mechanisch 🟡
Bewegungsrichtung	Rotierend 🟢	Linear 🔴	Fest 🟡
Steckplätze	7 🟢	6 🔴	5 🟡
Rotationsausrichtung	Bohrung/Stift	Verriegelung (mechanisch) 🟢🔴	Stift mit Griff 🟡
Bewegung der Platte	Elektrisch	Mechanisch 🔴🟢	Starr 🟡
Gegenhalter	Form C 🔴	Form F 🟢🟡	Form R
Auswurf-Sicherung	Keine	Pneumatisch 🟡	Mechanisch 🔴🟢
Taktzeit angenommen	<1:30 min	=1:30 min 🔴🟡	>1:30 min 🟢

Tabelle 1: Morphologischer Kasten

Daraus ergeben sich unterschiedliche Lösungsvarianten, die miteinander verglichen werden können. Die Zusammenstellung der einzelnen Varianten wird nachfolgend aufgezeigt.

4.2.2 Variante 1 Lineartisch

Konzept: Lineartisch	Variante 1
Auswerfer	Pneumatisch
Bewegungsrichtung	Linear
Steckplätze	6 Stk.
Tangentialbohrungsstifte	Stift mit Griff
Rotationsausrichtung	300°
Bewegung der Platte	Mechanisch
Gegenhalter	Form C
Auswurf-Sicherung	Mechanisch
Taktzeit angenommen	=1:30 min

Tabelle 2: Konzept: Lineartisch Variante 1

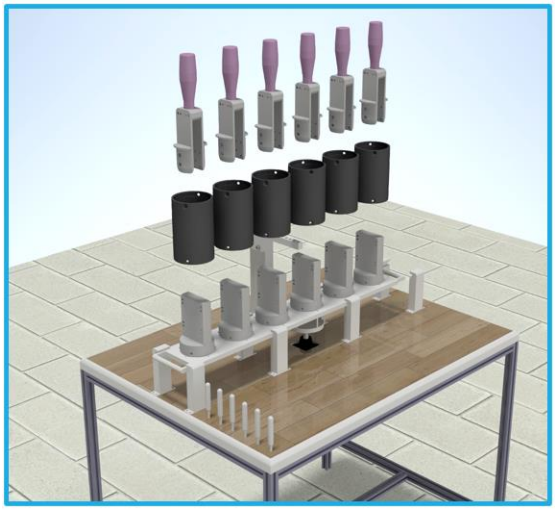


Abbildung 1: Lineartisch Variante 1

Wie aus dem oben gezeigten morphologischen Kasten zu sehen ist, besteht die Variante 1 (rot) aus folgenden Auswahlkriterien:

In der Variante 1 ist zum Auswerfen der Motorengehäuse eine mögliche Lösung mittels einem Pneumatikzylinder angedacht. Dabei lässt sich die Vorrichtung linear von links nach rechts bewegen, um alle sechs Kaliber mit nur einem Auswerfer zu erreichen. Die Bewegung der Vorrichtung ist dabei von Hand angedacht. Des Weiteren werden die Motorengehäuse auf Rotation mittels neuer ergonomischerer Stifte auf 300°, vom mathematischen Nullwinkel ausgehend, mit der Vorrichtung ausgerichtet (siehe Anhang 6, S. LIII). Die Gegenhalterform C (siehe Anhang 9, S. LVI) funktioniert als Gleitführung für die Vorrichtung. Sie ermöglicht es, dass die Führung sich von links nach rechts bewegen kann, aber verhindert im gleichen Zuge die Verschiebung nach vorne und hinten, sowie hoch und runter. Die Projektgruppe geht von einer geschätzten Taktzeit von 1:30 Minuten aus, welches auch der aktuellen Taktzeit gleichen würde, da ein ähnlicher Aufbau zur bisherigen Vorrichtung besteht.

4.2.3 Variante 2 Drehtisch

Konzept: Drehtisch	Variante 2
Auswerfer	Pneumatisch
Bewegungsrichtung	Rotierend
Steckplätze	7 Stk.
Tangentialbohrungsstifte	Mechanische Verriegelung
Rotationsausrichtung	300°
Bewegung der Platte	Mechanisch
Gegenhalter	Form R
Auswurf-Sicherung	Mechanisch
Taktzeit angenommen	>1:30 min

Tabelle 3: Konzept: Drehtisch Variante 2

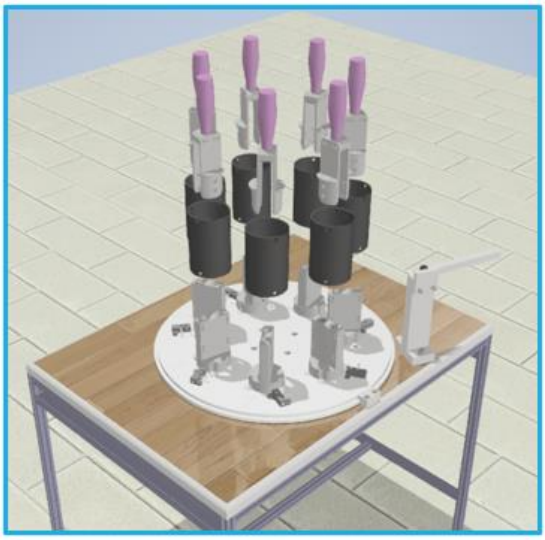


Abbildung 2: Drehtisch Variante 2

In der Variante 2 wurde, wie in der ersten Variante der Auswerfer für die Motorengehäuse mittels Pneumatikzylinder ausgewählt. Aus dem Lastenheft ging hervor, dass sich das Unternehmen ein Rundtakttisch für den Prozess vorstellen könnte. Deswegen ist bei dieser Variante die rotierende Bewegungsrichtung mit sieben Steckplätzen gewählt worden. Dabei wird der Drehteller von Hand weitergedreht. Die Rotationsausrichtung der Motorengehäuse ist bei dieser Variante mechanisch mittels Repetierverschluss, auf 300° vom mathematischen Nullwinkel ausgehend, entworfen (siehe Anhang 6, S. LIII). Ein Gegenhalter der Form R (siehe Anhang 9, S. LVI) soll eventuell auftretende Axialkräfte auffangen, sodass diese Kräfte das Lager des Drehtellers nicht unnötig belasten. Eine mechanische Auswurfsicherung ist vorgesehen, um das Unfallrisiko zu senken, falls sich durch Fehlbedienung oder Fehlfunktion ein Motorengehäuse beim Herausheben verklemmt und dann losreißt. Durch den Mehraufwand der mechanischen Auswurfsicherung, welche zur Sicherheit der Vorrichtung beitragen soll, wird die Taktzeit auf größer als 1:30 Minuten geschätzt.

4.2.4 Variante 3 Hebeltisch

Konzept: Hebeltisch	Variante 3
Auswerfer	Mechanisch
Bewegungsrichtung	Fest
Steckplätze	5 Stk.
Tangentialbohrungsstifte	Stift mit Griff
Rotationsausrichtung	300°
Bewegung der Platte	Starr
Gegenhalter	Form B
Auswurf-Sicherung	Keine
Taktzeit angenommen	<1:30 min

Tabelle 4: Konzept: Hebeltisch Variante 3

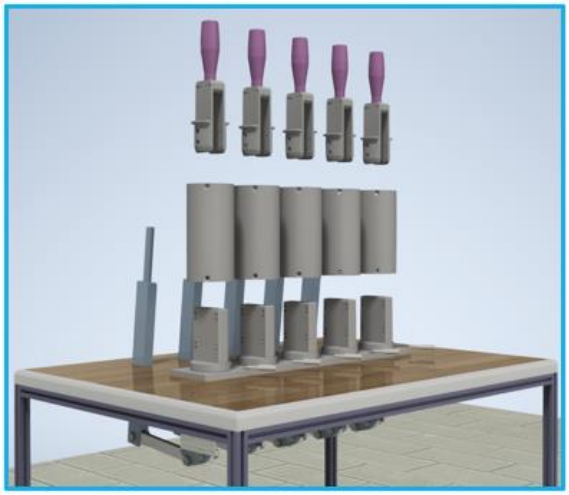


Abbildung 3: Hebeltisch Variante 3

Das Grundprinzip der Variante 3 baut auf den IST-Zustand auf. Mit dem Unterschied, dass bei der Variante 3, eine Hebelmechanik zum Einsatz kommt, um die Motorengehäuse auszuwerfen. Die Vorrichtung wird starr am Tisch verschraubt. Jedes Kaliber hat dabei seine eigene Hebelmechanik, mit der das entsprechende Motorengehäuse individuell herausgedrückt werden kann. Wie auch bei den vorangegangenen Varianten wird auch bei der Variante 3 mit den ergonomischeren Stiften die Kaliber bei 300°, vom mathematischen Nullwinkel ausgehend, ausgerichtet (siehe Anhang 6, S. LIII). Die Gegenhalterform B (siehe Anhang 9, S. LVI), funktioniert in dieser Variante nur noch als Fixierung der Vorrichtung. Dies ermöglicht, dass die Vorrichtung ausgerichtet ist und sich während der Bearbeitung nicht verschiebt. Durch den fast identischen Aufbau der Variante 3 mit dem aktuellen IST-Zustand geht die Projektgruppe von einer Taktzeit aus, die etwas geringer ist als 1:30 Minuten.

Nachdem die Funktionen der einzelnen Varianten mittels des morphologischen Kastens ausgesucht wurden, ist ein paarweiser Vergleich gemacht worden.

4.3 Paarweiser Vergleich 1

In dem paarweisen Vergleich wurden die Funktionen gegeneinander verglichen, um abzuwiegen welche Funktion wichtiger als die andere ist. Dabei wurde geschaut, dass zum Beispiel die Rotationsausrichtung der Motorengehäuse wichtiger (=3) ist, als die Anzahl der Steckplätze, da die Rotationsausrichtung funktionsentscheidend ist und die Anzahl der Steckplätze nicht. Daraus ist ein Gewichtungsfaktor für jede Funktion hervorgegangen, der in der rechten Spalte, der nachstehenden Tabelle gezeigt wird.

	Auswerfer	Steckplätze	Rotations-ausrichtung	Bewegung der Platte	Gegenhalter	Auswurfs-sicherung	Taktzeit	Summe	Rang/ Position	Gewichtungs-faktor
Auswerfer	X	2	1	3	2	2	1	**11**	**6**	**0,13**
Steckplätze	2	X	1	3	2	1	2	**11**	**5**	**0,13**
Rotations-ausrichtung	3	3	X	3	3	2	2	**16**	**1**	**0,19**
Bewegung der Platte	1	1	1	X	1	1	1	**6**	**7**	**0,07**
Gegenhalter	2	2	1	3	X	2	2	**12**	**4**	**0,14**
Auswurfs-sicherung	2	3	2	3	2	X	3	**15**	**2**	**0,18**
Taktzeit	3	2	2	3	2	1	X	**13**	**3**	**0,15**

1 = weniger wichtig 2 = gleich wichtig 3 = wichtiger

Tabelle 5: Paarweiser Vergleich 1

Die in der rechten Spalte zu sehenden Gewichtungsfaktoren werden in der Bewertungstabelle/Nutzwertanalyse benötigt, um aussagekräftige Ergebnisse für die Lösungsvarianten zu erhalten. Um dieses darstellen zu können mussten die Funktionen Werte zugewiesen bekommen, welches im nächsten Schritt bei den Erfüllungsgraden erfolgte.

4.4 Erfüllungsgrade 1

4.4.1 Definitionsangaben Erfüllungsgrade

Um in der Bewertungsmethodik voranschreiten zu können, wurden nach dem paarweisen Vergleich, die Erfüllungsgrade definiert. Dieses Vorgehen wird nach der verkürzten Nutzwertanalyse (DIN 2225) durchgeführt. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, wurde die Anzahl der Werte von möglichen elf auf fünf reduziert. Für die zuvor bestimmten Erfüllungsgrade wurden nun die Eigenschaften jedes Erfüllungsgrades in fünf Bereiche aufgeteilt und den jeweiligen Werten zugeordnet.

Wert	Bedeutung	Auswerfer-Kraft [N]	Steck-plätze	Rotations-ausrichtung	Bewegung der Platte	Gegen-halter	Auswurf-sicherung	Taktzeit [min]
0	Unbefriedigend	< (weniger Gewicht) 20 N	9 Stk.	< 210° Ist-Stellung	Starkes Ruckeln	Sperrig und instabil	Keine mit Verletzungs-gefahr	03:00 min
1	Gerade noch tragbar	(Gewicht) 21 N - 78,6 N	8 Stk.	210° Ist-Stellung	Leichtes Ruckeln	Sperrig und stabil	Umständlich/ vorhanden	02:30 min
2	Ausreichend	(Kleber Setzmaß Magnetschale) 78,6 N – 625 N	7 Stk.	230° inkl. 20° ges. Drehung	Starke Vibration	Stabil	Stabil	02:00 min
3	Gut	(Kleber zwischen Setzmaß und Gehäuse) 625 N-750 N	6 Stk.	270° inkl. 30° Drehung (Stift mittig)	Leichte Vibration	Klein	Einfach und stabil	01:30 min
4	Sehr Gut (ideal)	(Kleber überall) >750 N	5 Stk.	300° Normal-stellung	Gleichmäßig/ Ruhig	Keinen/ Klein und stabil	Keine	01:00 min

Tabelle 6: Erfüllungsgrade 1

Die Abgrenzungen der Werte wurden von der Projektgruppe bestimmt und wenn möglich auf eine Einheit bezogen. Der Bezug auf eine Einheit stellt eine Allgemeingültigkeit dar und ist somit länderübergreifend verständlich. Erfüllungsgrade wie zum Beispiel „Bewegung der Platte“ welches mit „Ruckeln und Vibration“ bezeichnet wurde, sind nach Einschätzung der Projektgruppe geregelt worden. Zur Verdeutlichung ist mit Ruckeln, dass Stocken der Platte gemeint. Wohingegen mit Vibration eine stetige Bewegung gemeint ist, die sich nur durch die Vibrationsstärke unterscheidet. Die erarbeiteten Erfüllungsgrade sind auf die drei Varianten angewandt worden, daraus haben sich die folgenden Variantenkonstellationen ergeben, welche in den nachfolgenden Kapiteln erläutert werden.

4.4.2 Variante 1 Lineartisch

Die Variante des Lineartisches ist mit den unten aufgelisteten Werten bewertet, sowie mit den dazugehörigen Begründungen ausgewählt worden. Der Wert von eins bei der Bewegung der Platte entsteht durch die Bewegung von Hand. Diese Art der Bewegung kann nicht garantieren, dass kein leichtes Ruckeln auftritt.

Bewertungskriterien	Wert	Grund
Auswerfer	3	Auswahl des Zylinders von Kräften ausgehend (D40-50)
Steckplätze	3	3 Pkt. = 6 Steckplätze, im morphologischen Kasten bestimmt
Rotationsausrichtung	4	Setzmaß Ausrichtung bleibt wie bisher, nur mit besserer Ausrichtung im 300° Winkel
Bewegung der Platte	1	Leichtes Ruckeln wegen Handbedienung
Gegenhalter	2	Stabil
Auswurfsicherung	1	Einfach und stabil
Taktzeit	3	= 1:30 min

Tabelle 7: Wertübersicht Variante 1

Somit sind für den Lineartisch alle Faktoren festgelegt, um diesen in der Wertanalysematrix zu bewerten.

4.4.3 Variante 2 Drehtisch

Auch die Variante des Drehtellers wurde mit Werten und den dazugehörigen Begründungen in der unten dargestellten Tabelle aufgeführt. Bei dieser Variante ist es im Erfüllungsgrad „Bewegung der Platte“ zu einem Wert von drei gekommen. Dieser ergibt sich, weil der Drehteller mit einem Kugellager gelagert ist, aber per Hand in Bewegung gesetzt wird. Dieser Vorgang führt zu leichten Vibrationen, welches den Wert drei rechtfertigt.

Bewertungskriterien	Wert	Grund
Auswerfer	3	Auswahl des Zylinders von Kräften ausgehend (D40-50)
Steckplätze	2	7 Steckplätze
Rotationsausrichtung	4	Setzmaß Ausrichtung bleibt wie bisher, nur mit besserer Ausrichtung im 300° Winkel
Bewegung der Platte	3	Leichtes vibrieren, weil Kugellager mit Unwucht
Gegenhalter	4	Keinen/Klein und stabil
Auswurfsicherung	1	Einfach und stabil
Taktzeit	2	Durch den Mehraufwand der Auswurfsicherung

Tabelle 8: Wertübersicht Variante 2

Nachdem alle Kriterien die dazugehörigen Werte erhalten haben, ist auch für die Variante des Drehtellers alles definiert, um die Wertanalysematrix damit zu füllen.

4.4.4 Variante 3 Hebeltisch

Die dritte Lösungsmöglichkeit, der Hebeltisch, ist zum Schluss mit Werten versehen worden. Genau wie bei den beiden vorherigen Varianten wurden die Argumente für die Vergabe der Werte in der unten aufgeführten Tabelle eingepflegt. Bei dem Hebeltisch ist es im Punkt der Bewegung der Platte zu einem Wert von vier gekommen. Dies hat auch einen triftigen Grund, da der Hebeltisch starr konstruiert worden ist, kann hier auch keine Bewegung der Platte stattfinden.

Bewertungskriterien	Wert	Grund
Auswerfer	4	Kräfte enorm hoch durch Kniehebel
Steckplätze	4	5 Stk.
Rotationsausrichtung	4	Setzmaß Ausrichtung bleibt wie bisher, nur mit besserer Ausrichtung im 300° Winkel
Bewegung der Platte	4	Ruhig
Gegenhalter	3	Einfach und stabil
Auswurfsicherung	4	Keine Auswurfsicherung
Taktzeit	4	Weniger als 1:30 min

Tabelle 9: Wertübersicht Variante 3

Somit kann es auch nicht zu einem verkanten, ruckeln oder ähnlichem kommen. Nun sind auch in der letzten Lösungsvariante alle Kriterien bewertet und können in die Wertanalysematrix eingetragen werden.

4.5 Wertanalysematrix 1

Die Wertanalysematrix ist der letzte Schritt in der Bewertungsreihenfolge nach DIN 2225. Hier werden die ausgearbeiteten Varianten mit den ermittelten Gewichtungsfaktoren und den dazugehörigen Werten bewertet. Die Berechnung findet über eine einfache Multiplikation pro Kriterium mit dem dazugehörigen Gewichtungsfaktor statt. Diese Teilergebnisse werden zu einer Summe addiert und gelten dann als Endwert der jeweiligen Variante. Zusätzlich wird die technische Wertigkeit ungewichtet und gewichtet mit aufgeführt. Damit diese Auskunft gibt, welche technische Güte jede Variante aufweist.

Bewertungskriterien			Eigenschaftsgrößen		Ist-Variante		Variante 1		Variante 2		Variante 3	
Nr.	Bezeichnung	Gewichtung	Genaue Bezeichnung	Einheit	Wert	Gew. X Wert	Wert	Gew. X Wert	Wert	Gew. X Wert	Wert	Gew. X Wert
1	Auswerfer	0,13	Kraft	[N]	0	0,0	3	0,39	3	0,39	4	0,52
2	Steckplätze	0,13	Anzahl	[Stk.]	4	0,52	3	0,39	2	0,26	4	0,52
3	Rotationsausrichtung	0,19	Stellung	[°]	1	0,19	4	0,76	4	0,76	4	0,76
4	Bewegung der Platte	0,07	Art und Weise	-	4	0,28	1	0,07	3	0,21	4	0,28
5	Gegenhalter	0,14	Bauform	-	4	0,56	2	0,28	4	0,56	3	0,42
6	Auswurfsicherung	0,18	Verletzungsgefahr	-	4	0,72	1	0,18	1	0,18	4	0,72
7	Taktzeit	0,15	Zeit	[min]	3	0,45	3	0,45	2	0,3	4	0,6
8	Summe	1,00			20	2,72	17	2,52	19	2,66	27	3,82
9	Wertigkeit ungewichet							0,61		0,68		0,96
10	Wertigkeit gewichtet							0,63		0,66		0,95

Bewertung nach DIN 2225

Tabelle 10: Wertanalysematrix 1

Die Auswertung der Wertanalysematrix hat ergeben, dass der Hebeltisch (Variante 3) mit 3,82 Gewichtungspunkten als beste Lösung gilt. Dabei sollte nicht unerwähnt bleiben, dass die Ist-Variante das zweitbeste Ergebnis erzielt hat mit 2,72 Gewichtungspunkten. Die technische Wertigkeit wurde gemäß folgender Formel berechnet:

Technische Wertigkeit:

ungewichtet

$$W_{t,i} = \frac{Summe\ der\ Punkte\ Variante\ i}{Anzahl\ n\ der\ Bewertungskriterien \cdot P_{max}} = \frac{\sum P_i}{n \cdot P_{max}}$$

Abbildung 4: Technische Wertigkeit (ungewichtet)

gewichtet

$$W_{t,i} = \frac{P_1 \cdot g_1 + P_2 \cdot g_2 + \ldots + P_n \cdot g_n}{(g_1 + g_2 + \ldots + g_n) \cdot P_{max}} = \frac{\sum P \cdot g}{P_{max} \cdot \sum g}$$

Abbildung 5: Technische Wertigkeit (gewichtet)

Quelle: Diersen, P. (o.J.): Konstruktionslehre 1, Technische Wertigkeit, Hannover.

Bei der Variante 3 Hebeltisch sind die technischen Wertigkeiten mit 0,96 im ungewichteten und 0,95 im gewichteten Bereich als „sehr gute Lösung“ anzusehen, da laut Definition eine „sehr gute Lösung“ im Bereich über 0,8 liegen sollte. Die beiden Varianten (Drehteller und Lineartisch) liegen in einem Bereich von 0,56–0,63 im gewichteten Bereich und im ungewichteten Bereich bei 0,61. Da diese Werte nur knapp über der Grenze zum „ungenügenden“ Bereich liegen werden diese als nicht ausreichend angesehen.

5 Meilensteinsitzung 1

Bei der Meilensteinsitzung „Variantenpräsentation“ vom 18.12.2020, siehe Protokoll (siehe Anhang 20, S. LXXVII), wurde der erste Entwurf der drei Varianten vorgestellt. Dabei wurden die neu entwickelten Funktionen und technischen Eigenschaften der jeweiligen Varianten vorgestellt. Durch dieses Meeting wurde der Firma KAG und unserem schulischen Projektbetreuer Herrn Brühl erstmalig ein Einblick in den Projektfortschritt gegeben. Nach der Präsentation und Klärung einiger Fragen, sind der Projektfirma massive Fehler in der Nutzwertanalyse aufgefallen. Zum einen, dass als Ergebnis der Wertanalysematrix herausgekommen ist, dass die zurzeit im Unternehmen verwendete Vorrichtung als zweitbeste abschließt und somit die beiden neu entwickelten Varianten (1 Lineartisch und 2 Drehtisch) demnach nicht besser wären. Womit die Frage aufkommt, ob die Projektgruppe die beiden Varianten falsch ausgearbeitet hat, oder ob etwas bei der Nutzwertanalyse falsch gelaufen ist. Hinzu kommt, dass die Siegervariante (3 Hebeltisch) umständlich von der Bedienung ist, sowie viel zu aufwendig von der Fertigung. Darüber hinaus ist der Firma KAG aufgefallen, dass nicht auf wichtige Erfüllungsgrade wie Kosten, Bauraum, Ergonomie, Fertigungsaufwand pro Kaliber und Reinigungsaufwand eingegangen wurde. Somit hatte die Ausarbeitung der Projektgruppe massive Fehler, die ausgebessert werden mussten. Es wurde das weitere Vorgehen besprochen, um ein vernünftiges Ergebnis aus der Projektarbeit zu bekommen. Deswegen wurden die neuen, oben genannten Erfüllungsgrade in die Nutzwertanalyse eingebunden. Zusätzlich wurde die Gewichtung der einzelnen Erfüllungsgrade von der Firma KAG übernommen, um sicherzustellen, welche Punkte der Firma wichtig sind. Des Weiteren schlug die Projektgruppe vor, dass die Projektfirma, aus allen Erfüllungsgraden, eine Wunschvariante erstellt. Mit diesem neuen Ansatz hat die Projektgruppe die vorhandene Nutzwertanalyse überarbeitet und neu ausgewertet.

6 Gegenüberstellung Variante 2 Drehtisch und Wunschvariante

Damit man einen besseren Überblick über die beiden Varianten bekommt, sind nachfolgend die Tabellen mit den ausgewählten Funktionen aufgelistet und gegenübergestellt.

Konzept: Drehtisch	Variante 2
Auswerfer	Pneumatisch
Bewegungsrichtung	Rotierend
Arretierung der Bewegungsrichtung	Pneumatisch
Steckplätze	7 Stk.
Radialbohrungsstifte	Mechanische Verriegelung
Rotationsausrichtung	300°
Bewegung der Platte	Mechanisch
Setzmaßaufbau	Von oben
Gegenhalter	Form R
Auswurf-Sicherung	Mechanisch
Taktzeit angenommen	> 1:30 min

Tabelle 12: Konzept: Drehtisch Variante 2

Konzept: Drehtisch	Wunschvariante
Auswerfer	Pneumatisch
Bewegungsrichtung	Rotierend
Arretierung der Bewegungsrichtung	Pneumatisch
Steckplätze	5 Stk.
Radialbohrungsstifte	Stift mit Griff
Rotationsausrichtung	300°
Bewegung der Platte	Mechanisch
Setzmaßaufbau	Von oben
Gegenhalterform	Form R
Auswurf-Sicherung	Keine
Taktzeit angenommen	=1:30 min

Tabelle 11: Konzept: Drehtisch Wunschvariante

Die Wunschvariante unterscheidet sich in vier Punkten von der Variante 2 Drehtisch. Die Steckplatzanzahl hat sich von sieben auf fünf reduziert, welches auf eine interne Mitarbeiterumfrage der Firma KAG zurückzuführen ist. Da ein Verbesserungsvorschlag der Belegschaft die Idee für dieses Projekt war, sollten auch die Mitarbeiter nach Ihren Wünschen gefragt werden. Dabei kam heraus, dass man aufgrund der Größe und des Gewichtes der Motorengehäuse nur fünf Gehäuse sicher tragen kann und diese Anzahl auch das Zählen vereinfacht. Zudem müssen die Mitarbeiter Ihren Arbeitsablauf nicht ändern, da bislang auch fünf Kaliber vorhanden sind. Die Radialbohrungsstifte, die als Verdrehsicherung der Motorengehäuse dienen, wollte die Firma gerne, wie bisher, mit handgeführten Stiften haben. Diese sollten aber ergonomisch verbessert werden, wie zum Beispiel durch einen größeren Griff, wodurch sich die Stifte besser greifen lassen. Den für die Variante 2 Drehtisch neu entworfenen mechanischen Repetierverschluss (siehe Anhang 11, S. LVIII) sprach laut der Firma KAG, der hohe Fertigungs- und Reinigungsaufwand dagegen. Auch

eine Auswurfsicherung, die verhindern soll, dass bei einer Fehlbedienung oder Fehlfunktion der Vorrichtung, die Motorengehäuse unkontrolliert herausgeschleudert werden, wurde von der Firma KAG als nicht notwendig erachtet. Somit fällt diese bei der Wunschvariante weg. Wodurch dann auch zwei Handgriffe wegfallen (Auswurfsicherung aktivieren und deaktivieren) und sich dadurch die Taktzeit verkürzt.

7 Nutzwertanalyse 2

7.1 Definitionsangaben Nutzwertanalyse 2

Mit den neuen Erfüllungsgraden, der neuen Gewichtungseinteilung und der neuen Wunschvariante der Firma KAG wurde die vorhandene Nutzwertanalyse, nachfolgend komplett neu überarbeitet.

7.2 Erfüllungsgrade 2

In der Bewertung der Varianten sind die Erfüllungsgrade um Bauraum, Ergonomie, Reinigungsaufwand und Fertigungsaufwand pro Kaliber erweitert worden. Aufgrund der neu hinzugekommenen Erfüllungsgrade muss die vorangegangene Nutzwertanalyse neu angefertigt, beziehungsweise überarbeitet werden. Dafür wurden die neuen Erfüllungsgrade von der Projektgruppe in die unten aufgezeigten fünf Bereiche, eingeteilt. Wie zum Beispiel bei dem Punkt „Ergonomie“ gibt es einen Wert von vier, wenn bei der Bedienung der Vorrichtung keine körperliche Anstrengung verrichten werden muss und eine ergonomische Handhabung gewährleistet ist.

Wert	0	1	2	3	4
Kosten [in €]	>7500 €	7500 € - 5001 €	5000 € - 3001 €	3000 € - 2001 €	<2000 €
Bauraum [Breite in mm]	>1200 mm	1200 - 1000 mm	1000 - 800 mm	800 - 700 mm	<700 mm
Ergonomie	Harte körperliche Anstrengung + Nicht ergonomische Handhabung	Mittlere körperliche Anstrengung + Nicht ergonomische Handhabung	Leichte körperliche Anstrengung + Nicht ergonomische Handhabung	Leichte körperliche Anstrengung + ergonomische Handhabung	Keine körperliche Anstrengung + ergonomische Handhabung
Fertigungs-aufwand pro Kaliber (ohne Setzmaße)	>10 Stk.	10 Stk. - 8 Stk.	8 Stk. - 6 Stk.	6 Stk.- 5 Stk.	<5 Stk.
Reinigungs-aufwand	Sehr hoch	Hoch	Mäßig	Gering	Sehr gering

Tabelle 13: Erfüllungsgrade 2

Mit dieser Einteilung der neuen Erfüllungsgrade wurden allen drei Varianten die jeweiligen Werte zugeordnet und in die Wertanalysematrix eingepflegt.

7.3 Wertanalysematrix 2

Die unten gezeigte Wertanalysematrix hat die Projektgruppe um die Erfüllungsgrade Kosten, Bauraum, Reinigungsaufwand, Ergonomie und Fertigungsaufwand pro Kaliber erweitert. Die Gewichtung der nun zwölf Erfüllungsgrade wurde von der Firma KAG bestimmt. Dabei wird ersichtlich, hier rot markiert, dass der Firma KAG die Erfüllungsgrade Ergonomie, Auswerfer und der Reinigungsaufwand am wichtigsten sind. Zusätzlich dazu hat die Firma KAG ihre Wunschvariante, siehe grün markiert, der Projektgruppe mitgeteilt, die diese dann mit in die Wertanalysematrix mit aufgenommen und bewertet hat.

Bewertungskriterien			Ist-Variante		Variante 1		Variante 2		Variante 3		Wunschvariante	
Nr.	Bezeichnung	Gewichtung	Wert	Gew. X Wert	Wert	Gew. X Wert	Wert	Gew. X Wert	Wert	Gew. X Wert	Wert	Gew. X Wert
1	Auswerfer	0,15	0	0	3	0,45	3	0,45	4	0,6	3	0,45
2	Steckplätze	0,05	4	0,2	3	0,15	2	0,1	4	0,2	4	0,2
3	Rotationsausrichtung	0,05	1	0,05	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2
4	Bewegung der Platte	0,05	4	0,2	1	0,05	3	0,15	4	0,2	3	0,15
5	Gegenhalter	0	4	0	2	0	4	0	3	0	4	0
6	Auswurfsicherung	0	4	0	1	0	1	0	4	0	0	0
7	Taktzeit	0,1	3	0,3	3	0,3	2	0,2	4	0,4	3	0,3
8	Kosten	0,1	4	0,4	2	0,2	2	0,2	1	0,1	2	0,2
9	Bauraum [Breite]	0,05	4	0,2	0	0	4	0,2	4	0,2	4	0,2
10	Reinigungsaufwand	0,15	1	0,15	2	0,3	2	0,3	2	0,3	2	0,3
11	Ergonomie	0,25	0	0	2	0,5	3	0,75	0	0	3	0,75
12	Fertigungsaufwand	0,05	4	0,2	3	0,15	4	0,2	0	0	4	0,2
	Summe	1,00	33	1,7	26	2,3	34	2,75	34	2,2	36	2,95
	Wertigkeit ungewichet			0,69		0,54		0,71		0,71		0,75
	Wertigkeit gewichtet			0,43		0,58		0,69		0,55		0,74

Tabelle 14: Wertanalysematrix 2

Nachdem die Wertanalysematrix um die fünf neuen Erfüllungsgrade und den von der Firma KAG gesetzten Gewichtung erweitert worden ist, wurde die Wertanalysematrix ausgewertet. Dabei wurde ermittelt, dass die aktuelle Ist-Variante am schlechtesten abschneidet und somit die drei neuen, von der Projektgruppe erstellten Varianten und die Wunschvariante der Firma KAG, Verbesserungen sind. Am besten hat die Wunschvariante mit 2,95 Punkten in Summe abgeschnitten, kurz darauf gefolgt von der Variante 2 dem Drehtisch, mit 2,75 Punkten. Da sich die Wunschvariante (grün) und die Variante 2 Drehtisch sehr ähnlich sind und sich nur geringfügig unterscheiden, steht die Siegervariante fest: Es wird ein Drehtisch. Dafür werden alle Erfüllungsgrade der Wunschvariante nun folgend weiter ausgearbeitet und weiterentwickelt.

7.4 Siegervariante

Die Siegervariante soll eine Montagevorrichtung mit einem rotierenden Drehteller werden, wo die Motorengehäuse mit einem Pneumatikzylinder herausgedrückt werden. Die Anzahl der Kaliber beträgt fünf, da so die Mitarbeiter ihre eingespielten Abläufe nicht umstellen müssen, weil die bisherige Vorrichtung auch fünf Kaliber besitzt. Außerdem bleibt die Taktzeit voraussichtlich gleich oder wird sogar schneller. Die weiteren Erfüllungsgrade können aus der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Abbildung 6: Siegervariante Version 1

Konzept: Drehtisch	Wunschvariante
Auswerfer	Pneumatisch
Bewegungsrichtung	Rotierend
Arretierung der Bewegungsrichtung	Pneumatisch
Steckplätze	5 Stk.
Radialbohrungsstifte	Stift mit Griff
Rotationsausrichtung	300°
Bewegung der Platte	Mechanisch
Setzmaßaufbau	Von oben
Gegenhalterform	Form R
Auswurf-Sicherung	Keine
Taktzeit angenommen	=1:30 min

Tabelle 15: Konzept: Siegervariante

8 Meilensteinsitzung 2

Bei diesem Meeting wurde die überarbeitete Nutzwertanalyse von der Projektgruppe vorgestellt. Nach der DIN 2225 wurden die ausgearbeiteten Lösungsvariante mit den neu entwickelten Funktionen und technischen Eigenschaften vorgestellt. Aus der Bewertungstabelle ließ sich ablesen, dass die Wunschvariante die schlussendliche Siegervariante ist. Zu der Ausarbeitung der Nutzwertanalyse und dem Ergebnis gab es von seitens der Firma KAG keine Einwände mehr. Nachdem es diesbezüglich hier keine Fragen mehr gab, wurde die Siegervariante einstimmig genehmigt. Zusätzlich wurde beschlossen, dass die Firma KAG wöchentlich über den Fortschritt des Projektes in Kenntnis gesetzt wird.

9 Vorstellung des 3D Modells

Eine überarbeitete Version der Siegervariante wird Herrn Bruns und Herrn Gasch präsentiert. Hierbei ist der komplette Unterbauwagen eingefügt worden. Der Prozessablauf und der Gesamtaufbau der Vorrichtung werden nochmals detailliert besprochen.

Abbildung 7: Siegervariante Version 2

Dieses 3D-Modell unterscheidet sich insofern von den bisher ausgearbeiteten Lösungen, als das hier zum Beispiel die Tischplatte an die Anforderungen des Unternehmens angepasst wurde. Aus der, als Platzhalter eingefügten, Tischplatte ist eine Multiplexplatte von dem Zulieferer ASSTEC geworden. Da der Zulieferer nur Arbeitsplatten mit einer maximalen Stärke von 30 mm anbietet und diese auch von KAG im Regelfall verwendet werden, ist sich auf eine solche Tischplatte geeinigt worden. Zusätzlich ist die Tisch-Hubeinheit eingefügt worden. Diese ist für den Arbeitsplatz unerlässlich, damit die Mitarbeiter im Sitzen oder im Stehen arbeiten können. Das Modell dieser Hubeinheit findet schon bei KAG Verwendung und hat sich somit als zweckdienlich erwiesen. Um den Arbeitstisch mobil zu gestalten, sind unter den Aluminium-Profilen vier Laufrollen vorgesehen, somit ist die Vorrichtung verschiebbar. Das 3D-Modell ist um diese Punkte erweitert worden, behält aber die

Grundmechaniken bei, wie in den Erstvorschlägen. Die Auswurfmechanik, der Gegenhalter, sowie alle in Tabelle 15, S. 20 aufgeführten Kriterien sind beibehalten worden.

10 Pneumatikplan

Passend für die neue Montagevorrichtung der M80 Motorengehäuse hat die Projektgruppe einen Pneumatikplan erstellt. Dafür wurde zuerst die notwendige Hubkraft des Auswerfer-Zylinders, anhand der Gewichtskraft und der Haftreibung zwischen dem Kleber und der Vorrichtung, ermittelt. Danach wurde die Ansteuerung der Pneumatikzylinder geklärt. Es wurde sich mit der Firma KAG darauf geeinigt, dass der Auswerfer einen Fußtaster ohne Rastung bekommt, damit es ähnlich ist, wie bei der vorhandenen Magnetesierungsvorrichtung im Betrieb. Außerdem wird der Pneumatikzylinder der zum Arretieren des Drehtellers vorgesehen ist, von einem Handschalter mit Rastung angesteuert. Nachdem die Bedienung für die Taster feststand, konnte der Luftverbrauch und weitere Pneumatikkomponenten herausgesucht werden, wie zum Beispiel die Ventile. Der Aufbau und der Ablauf der Steuerung ist recht simpel und nach den Richtlinien für sichere Pneumatik erstellt worden. Sodass ein Fehlbedienen der Vorrichtung nicht möglich ist. Somit wurden auch keine weiteren Sicherheitsbedenken von der Firma KAG festgestellt. Außer, dass lediglich eine Umhausung, um den Pneumatikzylinder des Auswerfers konstruiert werden muss. Der fertige Pneumatikplan und der Prozess-Ablaufplan sind im Anhang 19, S. LXXVI zu finden.

11 Elektronik

Der Punkt Elektronik beinhaltet alle ausgewählten Bauteile, welche in der gesamten Vorrichtung verbaut sind. Darunter fallen die Meldeleuchte inklusive Halter, das 24V/DC Relais, der Näherungssensor und das Netzteil. Die genauen Spezifikationen und die Zulieferer inklusive Hersteller der Bauteile sind der im Anhang 31/32, S. LXXXVIII - XCI befindenden Bestelllisten zu entnehmen. Alle Bauteile sind so ausgewählt worden, dass diese mit derselben Spannung betrieben werden können. Die Spannung der elektropneumatischen Schaltung beträgt 24V/DC, damit es nicht zu

Verletzungen beim Menschen kommt. Die Elektronikteile sind notwendig, da der Prozessablauf über eine rein pneumatische Steuerung schwer umsetzbar ist da durch die Konstruktion wenig Platz zur Verfügung steht. Zudem erfüllen der Näherungssensor und die Meldeleuchte einen Sicherheitsaspekt, was dazu führt, dass die Elektronik unerlässlich wird. Dieser Sicherheitsaspekt spiegelt sich in folgender Funktion wider. Das Ausfahren des Auswerfers darf nur erfolgen, wenn die Drehpatte arretiert ist. Um das zu gewährleisten ist der Näherungssensor im Zylinder der Dreheinheit verbaut. Sobald dieser ausgefahren ist gibt der Sensor ein Signal an das Relais, welches wiederum das Signal an die Meldeleuchte weiterleitet. Das Aufleuchten der Leuchte signalisiert, dass der Drehteller arretiert ist und der Auswerfer ausgefahren werden kann. Das Aufleuchten der Leuchte signalisiert, dass der Drehteller arretiert ist und der Auswerfer mittels des Fußtasters ausgefahren werden kann. Nachdem der Auswerfer wieder eingefahren ist kann mit dem Handtaster die Arretierung gelöst werden und der Drehteller lässt sich rotieren. Durch das Einfahren des Zylinders der Dreheinheit erhält der Näherungssensor kein Signal mehr und die Meldeleuchte erlischt. Dies ist das optische Signal, dass der Drehteller weitergedreht werden kann ohne Gefahr zu laufen die Vorrichtung zu beschädigen.

12 Verbesserungsvorschläge

In mehreren aufeinanderfolgenden Meetings zwischen der Projektgruppe und der Firma KAG, wurde die Vorrichtung mit Verbesserungsvorschlägen überarbeitet und optimiert.

Zur besseren Orientierung des Drehtellers, wurde von Herrn Bruns vorgeschlagen, dass man eine Sichtmarkierung auf dem Drehteller mit anbringt, um sehen zu können, wo sich die Rastung genau befindet. Zudem wäre es vorteilhaft einen gefederten Kugelstift in die Vorrichtung mit einzubringen, um eine zusätzliche Markierung für die Rastung zu haben. Außerdem soll aus ergonomischen Gründen die gesamte Vorrichtung möglichst nah an die vordere Tischkante verschoben werden (siehe Anhang 33, S. XCII).

Über den Prüfdorn sowie den Halter für die Magnetspanner und deren Positionen sollte sich die Projektgruppe nicht weiter kümmern. Dies wird vor Ort von den jeweiligen

Mitarbeitern bei der Montage entschieden. Der Schwenkarm sollte von links nach rechts auf der Tischplatte verschoben werden, da die Arbeitsrichtung von rechts nach links erfolgen soll. Zudem musste die Tischplatte vergrößert werden, um noch etwas Stellfläche für Bauteile bereitstellen zu können. Der aus dem letzten Meeting angedachte Kugelstift, für die Dreharretierung, fiel zu klein aus. Aus diesem Grund sollte bis zum nächsten Meeting ein druckgefederter Halter entwickelt werden, welcher vorne ein Rillenkugellager haben sollte. Durch den größeren Durchmesser und erhöhtem Federweg wird eine bessere Funktion erwartet (siehe Anhang 57, S. CXVI).

Zur Verbesserung der Standzeit, wurde von Herrn Bruns empfohlen, die gefederte Dreharretierung mit Gleitbuchsen auszustatten und ein Schutzblech für dieses zu konstruieren damit die Gefahr einer Quetschung reduziert wird und sie zu dem sauber bleibt. Außerdem wurde angemerkt das die Tischplatte des Herstellers 30 mm beträgt und nicht 40 mm wie bisher angedacht. Aber auch dies wurde von der Projektgruppe geändert (siehe Anhang 35, S. XCIV).

Der Projektgruppe wurde schriftlich mitgeteilt, dass man die Steuerung der Vorrichtung über einen Fußtaster laufen lassen könnte. Die Gruppe gab den Hinweis das dieses Vorgehen zu anderen Problemen führt und riet davon ab. Um dies besser zu verstehen wurde von der Projektgruppe ein Arbeitsablaufplan entwickelt (siehe Anhang 12, S. LIX). Zudem wurde der Vorschlag gemacht, eine Meldelampe an der Vorrichtung zu montieren, um dem Mitarbeiter eine visuelle Bestätigung darüber zu geben das der Drehteller richtig arretiert ist (siehe Anhang 66, S. CXXV).

Durch das Ändern der Tischplattenstärke ist der Gruppe ein Folgeproblem aufgefallen, welches behoben werden muss. Dies kann auf zwei Arten erfolgen. Die erste Möglichkeit wäre eine Adapterplatte mit einer Stärke von 6 mm anzufertigen und diese zwischen Dreheinheit und Drehteller zu montieren. Die andere Möglichkeit ist eine Sonderbauanfrage an den Zulieferer zu stellen, in der dieser die Dreheinheit um das fehlende Maß vergrößert. Beide Möglichkeiten wurden von der Projektgruppe bei der Ausarbeitung berücksichtigt und dementsprechende Zeichnungen erstellt (siehe Anhang 39/40, S. XCVIII/XCIX).

Bei der vorläufigen Präsentation der Zeichnungsableitung stellte Herr Bruns fest, dass bei zwei Zeichnungen die Bohrungen stumpf gezeichnet worden sind. Diese sollten allerdings spitz gezeichnet werden.

13 Ergonomie

Gesamtziel dieses Techniker-Abschlussprojektes ist es, wie aus dem Pflichtenhaft zu entnehmen ist, für die Firma KAG GmbH eine neue, verbesserte Montage-/Hebevorrichtung für alle Varianten der Motorengehäuse der M80 Baureihe zu entwickeln und zu planen. Dabei spielte bei der Entwicklung der Punkt Ergonomie eine wichtige Rolle. Daraufhin wurde beschlossen, dass die neue Vorrichtung definitiv auf einem in der Höhe anpassbaren Tisch angebracht werden musste. Damit große wie kleine Menschen an der Vorrichtung im Sitzen oder im Stehen arbeiten können. Hierfür wurde der Fußtaster, der zum Auswerfen der Motorengehäuse dient, flexibel angeordnet. Egal ob der Bediener sitzt oder steht, der Fußtaster kann so angeordnet werden, wie er benötigt wird. Zusätzlich wurde die Vorrichtung mit Laufrollen ausgestattet, damit der Bediener freier in der Gestaltung seines Arbeitsbereichs ist. Somit kann der Bediener die benötigten Betriebsmittel oder die Vorrichtung nach Belieben anordnen. Bei der Vorrichtung selbst wurde, um die Ergonomie zu verbessern, ein Drehteller gewählt. Wie nachfolgend zu erkennen ist wurde der Drehteller (hier rot markiert) so nah wie möglich an die Tischvorderkante gesetzt, um mittig vor dem Bediener einen idealen ergonomischen Einhandbetrieb (Bereich 2) gewährleisten zu können. Alle weiteren benötigten Arbeits- und Betriebsmittel können durch die extra breite Arbeitsplatte im Zweihandbereich (Bereich 1) beziehungsweise im erweiterten Arbeitsbereich (Bereich 3) positioniert werden.

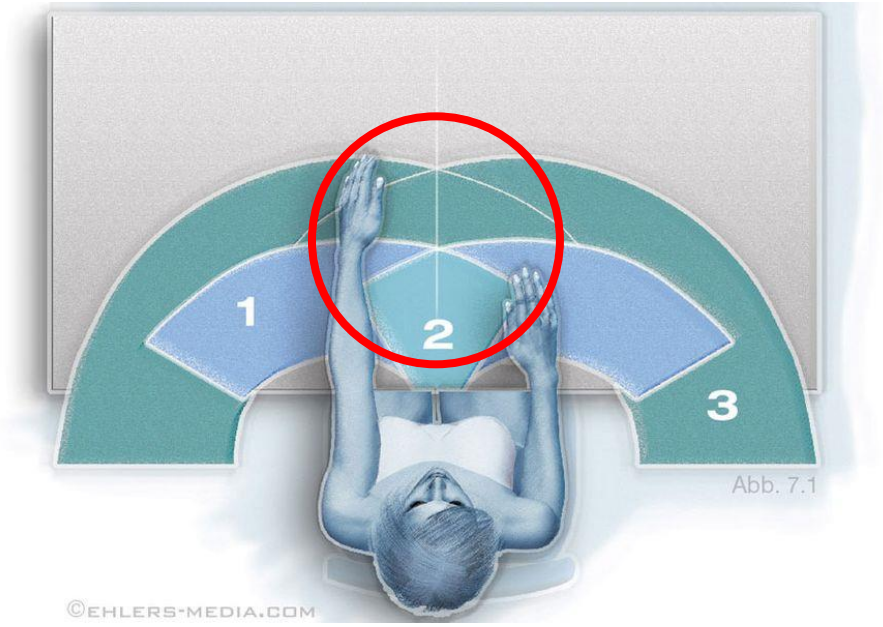


Abbildung 8: Greif und Bewegungsraum

Quelle 5: Michael Ehlers (o.J.): Platzbedarf, Greif- und Bewegungsraum, https://ergonomie.ehlers-media.com/ergonomie-themen/platzbedarf.html, 25.04.2021.

Somit muss sich der Bediener, nicht wie bei der bisherigen Vorrichtung, von links nach rechts drehen, um die Motorengehäuse aus der Vorrichtung zu entnehmen, sondern der Bediener kann direkt gerade vor sich, im Einhandbereich, die Vorrichtung bestücken. Da aber durch die steigenden Fertigungslose, das Gewicht der Motorengehäuse und dem sporadischen Festkleben der Motorengehäuse durch den Klebstoff ein Entnehmen der Gehäuse immer anstrengender wurde und sogar zu krankheitsbedingten Ausfällen führte. Um dieses zukünftig zu vermeiden, wurde ein pneumatisch angesteuerter Auswerfer der Vorrichtung hinzugefügt, womit die Motorengehäuse ab sofort ergonomisch per Fußtaster ausgeworfen werden. Die Projektgruppe ist zuversichtlich, dass diese Ergonomieverbesserung den kompletten Arbeitsprozess optimieren, sowie das Ausfallrisiko minimieren und die Arbeitsmoral der Mitarbeiter steigern wird.

14 Berechnungen

14.1 Berechnung der Klebekraft

Die Berechnungen sind für alle wichtigen Punkte der Konstruktionsaufgabe durchgeführt und bestimmt worden. Der erste Nachweis bezieht sich auf die Klebekraft des Zylinders, da sich daraus die aufzubringende Kraft des Auswerfers ergibt. Die maximale Fläche setzt sich aus der Ringfläche des Motorengehäuses, der Mantelfläche des größten Setzmaßes und der Flächen der Magnetschalen zusammen. Mit dieser Gesamtfläche lässt sich die größte aufzubringende Kraft berechnen, um das Motorengehäuse zu heben. Die Fläche wird mit einer Zugfestigkeit von 0,1 N/mm² multipliziert, welches dann zum Kraftergebnis führt. Die Zugfestigkeit ist aus den Datenblättern (UHU Endfest 300 und Loctite 460) entnommen worden (siehe Anhang 4/5, S.XLIII/XLVII). Diese Kraft beläuft sich auf 752 Newton, welches überschlägig 75 Kilogramm entspricht. In Rücksprache mit der Firma KAG ist die Projektgruppe zu dem Konsens gelangt, dass dieser Fall niemals eintritt, da die Menge an Klebstoff nicht ausreicht, um an alle Flächen zu gelangen. Darüber hinaus sind die Mitarbeiter geschult und arbeiten nach einer Arbeitsanweisung, welche es nicht vorsieht, dass solch eine Menge Klebstoff verarbeitet wird. Durch die Rücksprache ist die Projektgruppe außerdem zu dem Schluss gekommen, dass ein Pneumatikzylinder mit 259 Newton bei 6 Bar ausreicht, um die Gehäuse auszuwerfen. Die Kraft von 259 Newton ist aus dem Europa Tabellenbuch entnommen worden und der Betriebsdruck im Unternehmen beträgt 6 Bar.[7]

$$\tau_K = \frac{F_{max}}{A_{max}} \quad (1)$$ [8]

$$F_{max} = \tau_K * A_{max} = 0{,}1\ \frac{N}{mm^2} * 7317\ mm^2$$

$$F_{max} = 731{,}7\ N$$

[7] Vgl. Fischer, U./Gomeringer, (2005), S. 269.
[8] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S.114.

14.2 Berechnung des Luftverbrauchs

Als nächsten Schritt galt es den Luftverbrauch des verwendeten Zylinders zu berechnen. Dieser ist bei der Auswahl der pneumatischen Komponenten wichtig zu beachten, ansonsten lassen sich manche Bauteile nicht verwenden. Mit der Annahme das der Zylinder zweimal ein und zweimal ausfährt, ist mit einer Hubzahl von 4/min zu rechnen. Bei einem Kolbendurchmesser von 25 mm sowie einem Kolbenhub von 40 mm ist ein Luftverbrauch von 1,1 l/min zustande gekommen. Durch diesen geringen Wert ist der Luftverbrauch zu vernachlässigen, da in diesem Bereich die meisten Pneumatik Bauteile keine Probleme aufweisen.

Abbildung 9:
Pneumatikzylinder

$$Q = 2 * A * s * n * \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}}$$ [9] (2)

$$Q = 2 * 490{,}87\ mm^2 * 40\ mm * 4 * \frac{6\ bar + 1\ bar}{1\ bar}$$

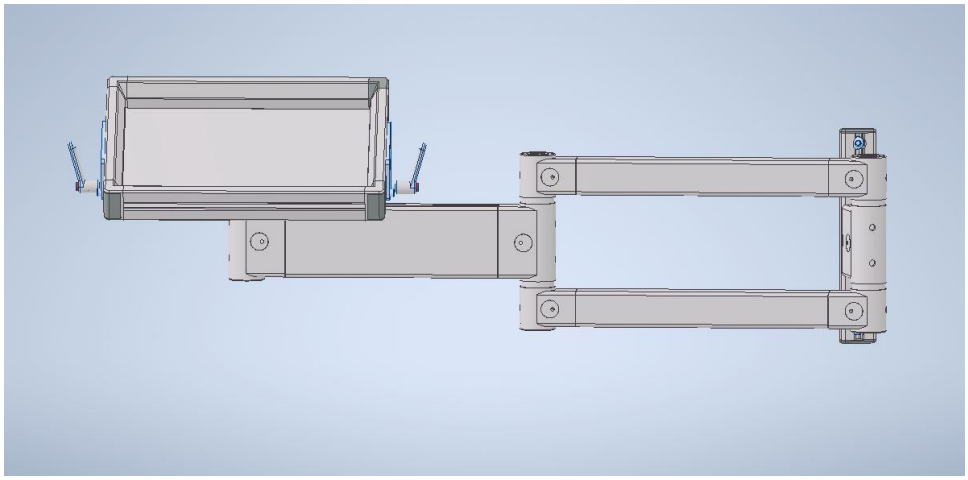
$$Q = 1099549\ \frac{mm^3}{min} = 1099\ \frac{cm^3}{min} \approx 1{,}1\ \frac{l}{min}$$

[9] Vgl. Vgl. Fischer, U./Gomeringer, (2005), S. 369.

14.3 Schraubenberechnung des Schwenkarms

Die Berechnungen der Schraubenquerschnitte sind nicht zu vernachlässigen. Zuerst wird der Durchmesser der Schrauben für den Schwenkarm berechnet. Hieran hängt das Gewicht der Magnetschalenbehälter. Durch die Möglichkeit den Schwenkarm weit auszufahren kann eine Unterdimensionierung dazu führen, dass die Schrauben abreißen. Da der Hersteller ein maximales Zusatzgewicht von 25 kg angibt, ist in der Rechnung nur noch das Eigengewicht des Schwenkarms hinzugefügt worden. Dieses liegt bei ungefähr 7 kg, somit ist ein Gesamtgewicht von 32 kg anzunehmen, welches überschlägig 320 N entsprechen. Über die ausführlichen Rechnungen (siehe Anhang 15, S. LXIX) wurde die resultierende Querkraft mit 939 N pro Schraube berechnet. Über den Reibwert aus dem Tabellenwerk von Roloff/Matek für Al_2O_3 ist die Längskraft errechnet worden.[10] Hinzu kommt eine Sicherheit, die mit zwei angenommen wurde, sowie ein Anwendungsfaktor von 2,5, um die maximale Vorspannkraft zu ermitteln. Die Berechnung der Schraube hat ergeben, dass eine M8 Schaftschraube ausreicht, um die Kraft des Schwenkarms aufzunehmen. Das entsprechende Anziehmoment der Schrauben ist der Rechnung (Schraubenberechnung Schwenkarm) der Baugruppenzeichnung des Schwenkarms zu entnehmen.

[10] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 87.



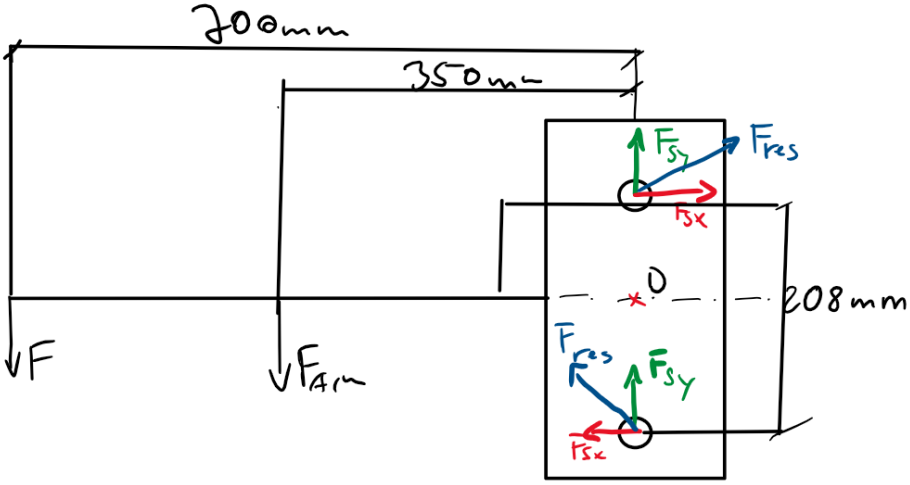


Abbildung 10: Schwenkarm 1

$$F_{sp_{min}} = F_z * S = 2346{,}36\ N * 2 \quad [11] \tag{3}$$

$$F_{sp_{min}} = 4692{,}72\ N$$

$$F_{sp_{max}} = F_{sp_{min}} * k_A = 4692{,}72\ N * 2{,}5 \quad [12] \tag{4}$$

$$F_{sp_{max}} = 11731{,}8\ N \approx 11{,}7\ kN$$

[11] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 266.
[12] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 272.

14.4 Schraubenberechnung des Standfußes

Um die Schwenkarmschrauben auch an der Tischplatte richtig zu dimensionieren, werden diese nachfolgend berechnet. Die Schrauben werden durch den Standfuß sowie durch die Multiplexplatte geschraubt und mit Muttern gekontert. Um den ungünstigsten Fall für die Ausrichtung des Schwenkarms anzunehmen ist dieser im voll ausgefahrenen Zustand betrachtet worden. Dabei treten die größten Kräfte für die Schrauben auf und es lässt sich eine ausreichend große Schraube bestimmen. In dem Standfuß sind vier Schrauben vorgesehen, welche die gesamt auftretende Kraft aufnehmen müssen. Da die parallel zueinander angeordnet sind, lassen sie sich in der Berechnung auf zwei Schrauben reduzieren.

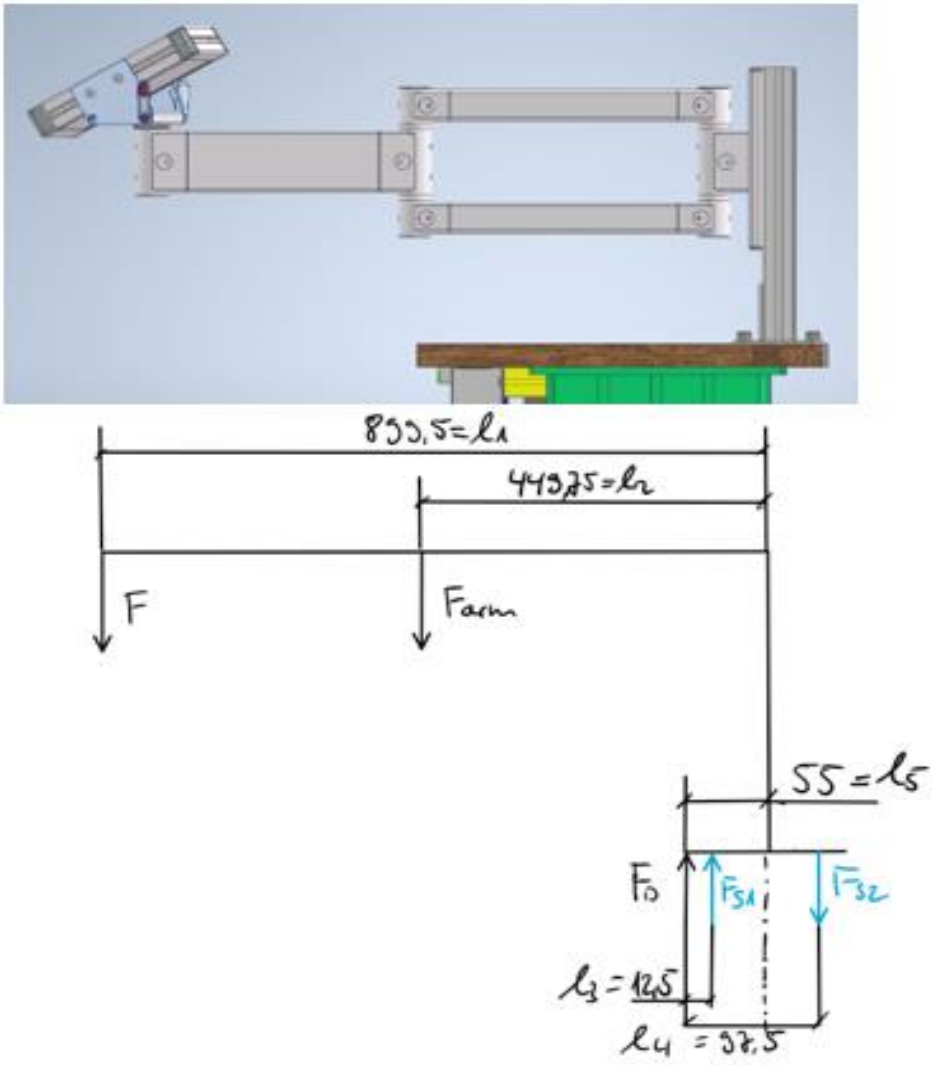


Abbildung 11: Schwenkarm 2

Da aber immer noch zwei Unbekannte in der Gleichung auftreten wird dieses Problem über den Strahlensatz gelöst. Durch die zweite Gleichung lässt sich die Gleichung nach nur noch einem Schraubenpaar umstellen und in die Momentengleichung einsetzen. Nach dem Auflösen der Gleichung nach der unbekannten Kraft, des Schraubenpaars, ist eine Kraft von 2492,6 N errechnet worden. Das andere Schraubenpaar muss, nach dem Einsetzen in die Strahlensatzgleichung, eine Kraft von 319,56 N aufnehmen. Jetzt lässt sich sagen, dass die maximale Kraft für eine Schraube bei 1246,3 N liegt. Mit den Sicherheiten aus dem Maschinenbau und dem Anwendungsfaktor, beides aus dem TB Roloff/Matek, ist die maximale Vorspannkraft mit 6,2 kN ermittelt worden.[13] Laut dem TB Roloff/Matek würde eine M5 Schraube den Kräften standhalten, da aber im Standfuß Bohrungen für M12 Schrauben vorhanden sind, hat sich die Projektgruppe dazu entschlossen auch M12 Schrauben zu verwenden.[14] Auch in dieser Berechnung ist das Anziehmoment aus der Rechnung (Standfuß Berechnung) oder der Baugruppenzeichnung des Schwenkarms zu entnehmen.

$$F_{sp_{min}} = F_{S2_{einzel}} * S = 1246{,}3\ N * 2 \quad [15] \tag{3}$$

$$F_{sp_{min}} = 2492{,}6\ N$$

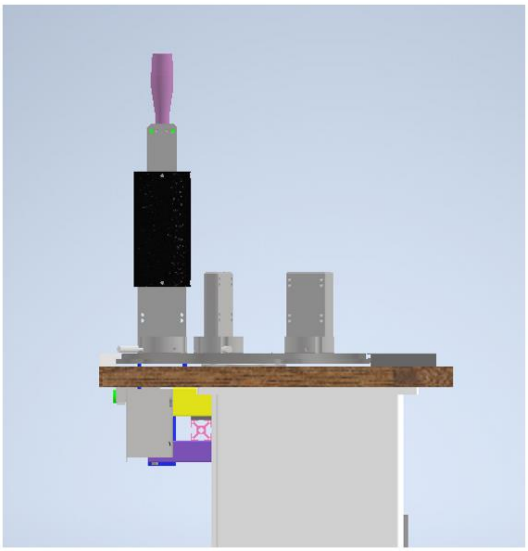
$$F_{sp_{max}} = F_{sp_{min}} * k_A = 2492{,}6\ N * 2{,}5 \quad [16] \tag{4}$$

$$F_{sp_{max}} = 6231{,}5\ N \approx 6{,}2\ kN$$

[13] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 151.
[14] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 151.
[15] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 266.
[16] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 272.

14.5 Festigkeitsberechnung der Tischplatte

Im nächsten Schritt wird die Festigkeit der Multiplextischplatte auf ihre Festigkeit berechnet. Um die Berechnung nicht mit einem Finite-Elemente Programm durchführen zu müssen ist der Kraftangriffspunkt sowie das axiale Widerstandsmoment idealisiert angenommen worden. Zuerst hat sich die Projektgruppe mit der auftretenden Kraft bzw. dem auftretenden Biegemoment beschäftigt. Dies wurde in der x-y und der z-y Ebene betrachtet. Damit die Vorrichtung auch im Arbeitsalltag standhält, ist eine Zusatzbelastung von 20 kg den Berechnungen hinzugefügt worden. Mit dem Zusatz kommt man auf eine Belastung der Tischplatte von 1422,45 N.



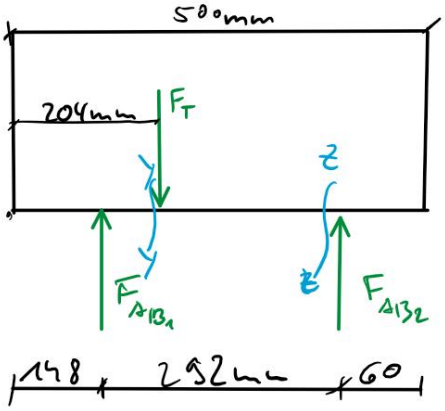
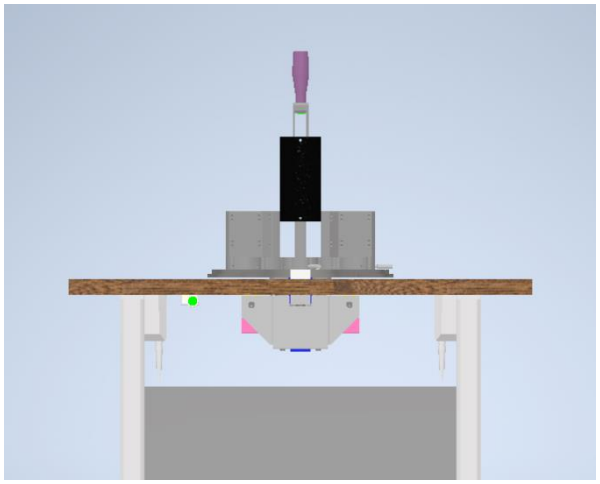


Abbildung 12: Seitenansicht 1 Tischplatte

Über das Momentengleichgewicht sind die Auflagerkräfte der Säulen bestimmt worden und betragen 711,225 N als Auflagerreaktion in der x-y Ebene. Über das innere Kräftegleichgewicht ist das maximale Biegemoment errechnet worden, welches sich auf 231,86 Nm beläuft. Das ganz Prozedere wurde auch in der z-y Ebene berechnet.



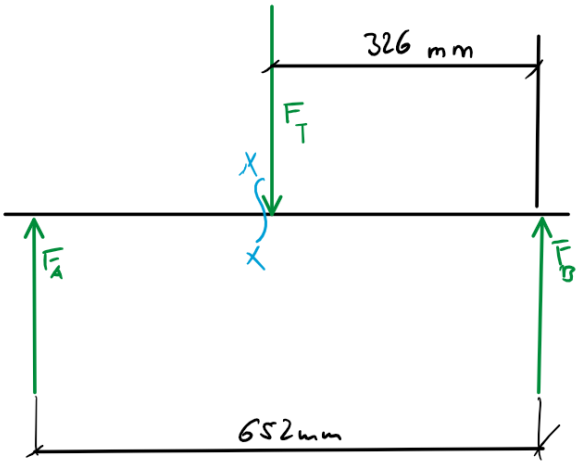


Abbildung 13: Frontansicht Tischplatte

In der z-y Ebene sind die Auflagerreaktionen für F_{AB1} mit 1149,65 N und F_{AB2} mit 272,80 N berechnet worden. Hier hat sich ein maximale Biegemoment von 64,38 Nm eingestellt, wo hingegen das zweite Biegemoment von $4*10^{-3}$ Nm vernachlässigt werden kann. Dieser Umstand hat zur Folge das mit dem höheren Biegemoment, aus der x-y Ebene, von 231,86 Nm gerechnet wird. Um den letzten Rechenschritt angehen zu können, müssen die in der Platte befindlichen Ausschnitte des belasteten Querschnittes ermittelt werden. In diesem Zuge muss das Flächenträgheitsmoment zweiten Grades für den reduzierten Querschnitt berechnet werden. Da die Einzelflächenträgheitsmomente durch denselben Schwerpunkt gehen, können diese zu einem Gesamtflächenträgheitsmoment zusammengefasst werden. Durch die oben erwähnte Idealisierung ist für das Gesamtflächenträgheitsmoment ein Wert von 1532250 mm^4 errechnet worden. Der Abstand zum Gesamtschwerpunkt ist die halbe Stärke der Tischplatte und beträgt somit 15 mm. Mit diesen beiden Werten lässt sich das axiale Widerstandsmoment berechnen, welches dann 102150 mm^3 ergibt. Nun sind die beiden ausschlaggebenden Größen berechnet und es kann die Biegefestigkeit der Platte berechnet werden. Dieses beträgt nach einsetzen in die Gleichung 2,27 N/mm^2. Die Biegefestigkeit ist noch mit der zulässigen Biegefestigkeit zu vergleichen. Dazu wurde der zulässige Wert von Buche nach DIN68 364:2003-05 herausgesucht. Der Werkstoff Buche wurde gewählt, da dieser der Hauptbestandteil der verwendeten Multiplexplatte ist. Mit 120 N/mm^2 ist dieser deutlich größer als die auftretende

Spannung. Dazu kommt das Multiplexplatten deutlich verbesserte Materialeigenschaften aufweisen als das reine Naturprodukt. So kann die Projektgruppe davon ausgehen, dass die Tischplatte halten wird und nicht während des Betriebs nachgibt. Die vollständige Berechnung ist dem Anhang 13, S. LXI (Berechnung der Tischplatte) zu entnehmen.

$$W_{ges} = \frac{I_{ges}}{e} \quad [17] \tag{5}$$

$$W_{ges} = \frac{1532250\ mm^4}{15\ mm} = 102150\ mm^3$$

$$\sigma_{b_{max}} = \frac{M_{max}}{W_{ges}} = \frac{231{,}86 * 10^3\ Nmm}{102150\ mm^3}$$

$$\sigma_{max} = 2{,}27\ \frac{N}{mm^2} \leq \sigma_{zul} = 120\ \frac{N}{mm^2}$$

[17] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 45.

14.6 Schraubenberechnung der Tischplatte

Im letzten Berechnungsnachweis hat die Projektgruppe die Schraubendimensionierung für die Tischplatte und die Hubsäulen durchgeführt. Zuerst sind die auftretenden Schraubenkräfte überschlägig ermittelt worden.

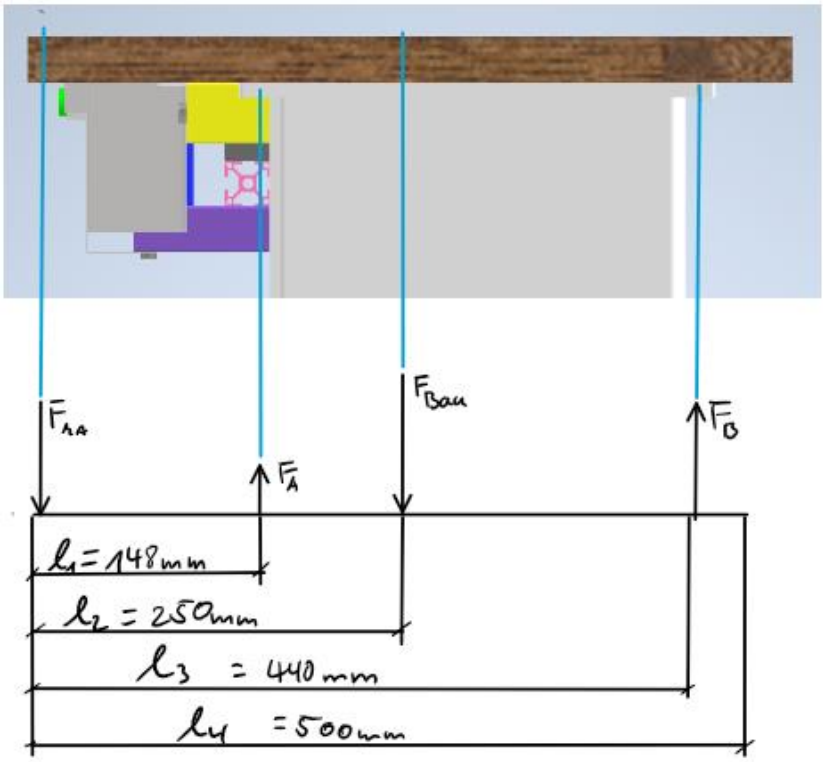


Abbildung 14: Seitenansicht 2 Tischplatte

Überschlägig ist in diesem Fall gewesen, dass die Schraube mit der Kraft F_A als Drehpunkt angenommen wurde. Auch hier wurde ein Zusatzgewicht von 20 kg als kleine Sicherheit hinzugerechnet. Die angreifenden Kräfte belaufen sich auf F_{MA} (Zusatzkraft) 196,2 N und Kraft F_{Bau} (Kraft der Bauteile) 1226,25 N. Durch das Einsetzen in die Momentengleichung, wobei der Drehpunkt die Schraube mit F_A ist, ergibt sich ein Ergebnis von 315,37 N für die Schraube mit der Kraft F_B. Über das Kräftegleichgewicht in y-Richtung berechnet sich für F_A eine Kraft 1107,08 N. Um das Ergebnis zu verifizieren ist ein genauerer Ansatz verfolgt worden, welches den Drehpunkt an einer realistischeren Stelle vorsieht. Nun befindet sich der Drehpunkt an der linken Lasche der Hubsäule.

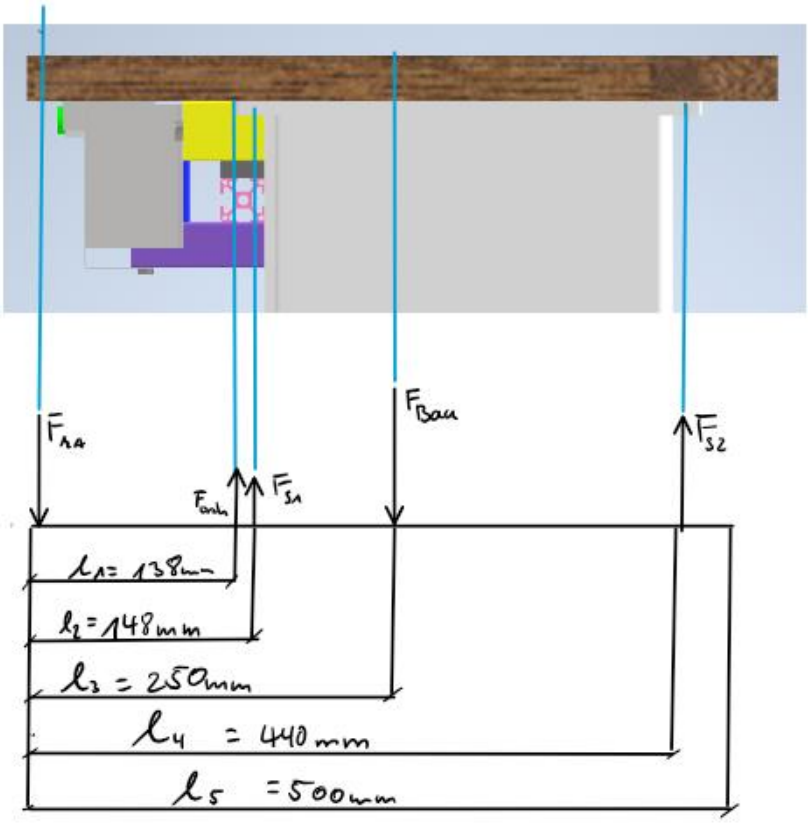


Abbildung 15: Seitenansicht 3 Tischplatte

Es sind dieselben angreifenden Kräfte wie in der Überschlagsrechnung verwendet worden. Da jetzt aber wieder zwei unbekannte Kräfte vorhanden sind, nutzt die Projektgruppe den Strahlensatz, um das Problem zu lösen. Mit der eingefügten Gleichung aus dem Strahlensatz in die Momentengleichung beträgt die Kraft für Schraube 2 (F_{S2}) 356 N und die Kraft an der Schraube 1 (F_{S1}) 12 N. Diese Ergebnisse scheinen auch realistischer als die aus der Überschlagsrechnung. Denn laut den Belastungen muss die Schraube 2 (F_{S2}) höhere Kräfte aufnehmen. Da nun die größte auftretende Kraft bestimmt ist, kann die maximale Vorspannkraft berechnet werden. Hierzu sind wieder eine Sicherheit von zwei und ein Anwendungsfaktor von 2,5 angenommen worden. Mit diesen Werten ergibt sich eine maximale Vorspannkraft von 1,825 kN. Bei dieser Kraft würde laut TB- Roloff/Matek eine M5 Schraube ausreichen, um der Kraft standzuhalten. [18] Da aber in den Hubsäulen Bohrungen für M8 Schrauben

[18] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 147.

vorgesehen sind, ist in Absprache mit dem Projektbetreuer diese Schraubengröße gewählt worden. Das entsprechende Anziehmoment ist aus der Rechnung (Tischplatten Schrauben) oder der Zeichnung (Wagen Baugruppe) zu entnehmen.

$$F_{sp_{min}} = F_{S2} * S = 365\ N * 2 \quad [19] \tag{3}$$

$$F_{sp_{min}} = 730\ N$$

$$F_{sp_{max}} = F_{sp_{min}} * k_A = 730\ N * 2{,}5 \quad [20] \tag{4}$$

$$F_{sp_{max}} = 1825\ N \approx 1{,}825\ kN$$

15 Zeichnungssatz, Stück- & Bestelllisten

Nachdem die letzten Änderungen an der Vorrichtung genehmigt wurden und alle Berechnungen, sowie Pneumatik-/Elektronikfragen geklärt worden, ging es für die Projektgruppe daran Einzelteil- und Baugruppenzeichnungen, sowie Baugruppenstücklisten zu erstellen. Insgesamt wurden zehn Baugruppenzeichnungen und Baugruppenstücklisten, sowie 34 Einzelteilzeichnungen und eine Gesamtstückliste erstellt (siehe Anhang 33 bis 77, S. XCII - CXXXVI). Außerdem hat die Projektgruppe zwei Bestelllisten für Zukaufteile erstellt. Eine Liste für alle Pneumatikartikel, mit Bestellnummer und Preis, von einem Anbieter und eine Bestellliste für alle anderen Zukaufteile, die für die Vorrichtung notwendig sind.

[19] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 266.
[20] Vgl. Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019), S. 272.

16 Projektbewertung

Aus dem Lastenheft (siehe Anhang 1, S. XV) sind die Festanforderungen von der Firma KAG an die Projektgruppe zu entnehmen. Die Festanforderung beinhaltete unter anderem, dass alle Baulängen, alle Setzmaßhöhen und alle Oberflächen der M80-Motorengehäuse weiterhin mit der neuen Vorrichtung verwendet werden können. Diese Festanforderung stellte kein Problem für die Projektgruppe dar, weil keine technische Änderung in der Funktionsweise der Vorrichtung konstruiert worden ist. Sprich der bisherige Aufbau wurde übernommen und verbessert. Auch die Genauigkeit der Zentrierung der tangentialen Magnetzwischenräume und dem Abstand zum Setzmaß blieben, wie bisher, bestehen. Nur der Aufbau wurde so geändert, dass die unterschiedlichen Setzmaßhöhen von der Oberseite aus gewechselt werden können und nicht wie bisher von der Unterseite der Vorrichtung ausgewechselt werden. Das ermöglicht ein Einfaches und schnelles wechseln der Kaliberteile. Diese Verbesserung war ein Wunsch der Firma KAG an die Vorrichtung, welche die Projektgruppe auch von Nöten hielt, da der Aufwand bei der neuen Vorrichtung um einiges größer gewesen wäre als zu der vorherigen Vorrichtung. Auch eine massive Zeitersparnis beim Wechseln der Setzmaße ließ sich dadurch erwirken. An der Art der Klebstoffe wurde nichts verändert, einzig allein wurde bei der gesamten Konstruktion der Vorrichtung darauf geachtet, dass der Reinigungsaufwand möglichst gering bleibt. Das heißt, dass alle Bauteile so konstruiert worden sind, dass keine Bohrungen oder unnötige Nuten/Rillen in der Nähe des Klebstoffbereichs vorhanden sind oder offen liegen. Dies war der Firma KAG sehr wichtig.

Bei der Größe des Bauraumes hat sich die Projektgruppe an die Wunschgröße der Firma KAG, für einen mobilen Tisch (HxBxT: 100x90x80 cm) orientiert. Die Abmaße der neuen mobilen Montagevorrichtung beträgt in der Breite 90 cm und in der Tiefe 60 cm, was alles in dem gewünschten Bereich liegt. Bei der Höhe der Arbeitsplatte liegen die Werte aufgrund der Hubsäulen des Tisches zwischen 87,3 cm und 137,3 cm. Die Höhe der gesamten Vorrichtung beträgt zwischen 135 cm und 185 cm. Die angegebene Wunschhöhe von 100 cm ist ein Mittelwert eines vorhandenen mobilen Tisches der Firma. Da aber die Ergonomie im Vordergrund dieses Projektes stand, war eine Höhenverstellung unumgänglich, weswegen die Abmaße in der Höhe

gewachsen sind. Dieses wird auch von der Firma KAG eher als positiv angesehen, als das nicht einhalten der Abmaße. Dass die neue Vorrichtung auf einen mobilen Tisch angebracht werden muss, wurde schnell klar. Die Vorrichtung mit Drehteller und Auswerfer wäre zu groß und zu schwer, um sie ständig auf einem festen Arbeitsplatz auf- und abzubauen, welches keiner ergonomischen Tätigkeit entsprechen würde.

Ein weiteres Wunschziel der Firma KAG war es, dass Bestücken und das Entnehmen der M80 Motorengehäuse für den Mitarbeiter zu vereinfachen. Dazu wurde ein pneumatischer Auswerfer, ähnlich wie bei dem bereits bestehenden Prozess zur Magnetisierung der Magnetschalen, und ein Drehteller der Vorrichtung hinzugefügt. Dieses verkleinert den Bewegungsraum, in dem der Mitarbeiter schwer heben muss, um ein Vielfaches (siehe Abbildung 8, S. 25). Das Motorengehäuse, welches gewechselt werden muss, wird direkt mittig vor den Mitarbeiter gedreht und per Fußtaster und Pneumatikzylinder ausgeworfen. Das schwere Losreißen von Hand, wenn ein Motorengehäuse festklebt, gehört mit dem neuen Auswerfer der Vergangenheit an.

Zusätzlich hat die Projektgruppe in enger Zusammenarbeit mit der Projektfirma KAG die Siegervariante weiterentwickelt, um das bestmögliche Resultat zu erlangen. Auch das zur Verfügung stehende Budget von 7.500,- € wurde von der Projektgruppe nicht vollständig ausgeschöpft. Ein Restbetrag von 3.679,77,- € ist übriggeblieben.

Die Bedienbarkeit der Vorrichtung ist in der neuen, angepassten Arbeitsanweisung beschrieben (siehe Anhang 78, S. CXXXVIII).

Somit wurden von der Projektgruppe alle Festanforderungen/Ziele, sowie alle Wunschziele der Firma KAG in diesem Projekt erfolgreich erfüllt.

17 Fazit

Durch die Ausarbeitung der Projektarbeit konnte die Projektgruppe einen umfassenden Eindruck gewinnen, welche Aufgaben an einen Maschinenbautechniker gestellt werden. Durch die Schule vermittelte Lerninhalte konnten bei der Ausarbeitung von diesem Projekt angemessen angewandt werden und sind ein Zeichen für den praxisnahen Bezug der Fachschule für Technik.

Beim Start der Projektarbeit ist die aktuelle Problemstellung durch den Projektbetreuer erläutert worden. Durch die im Anschluss stattfindende genaue Analyse des Problems wurde eine Anforderungsliste angefertigt, die mit dem Projektbetreuer abgestimmt worden ist. Diese enthält alle Rahmenbedingungen des Abschlussprojektes.

Die Projektgruppe hat für die gesamte Projektarbeit drei verschiedene Varianten entwickelt. Zur Lösungsfindung konnten die in der Fachschule vermittelten Verfahren angewendet werden. Die verschiedenen entwickelten Varianten wurden mit Hilfe, einer Nutzwertanalyse nach DIN 2225 bewertet und den Projektbetreuern vorgestellt.

Während der Ausarbeitung der Lösungsvariante mussten Lösungen für nicht vorhersehbare Probleme erarbeitet werden. Die Projektgruppe hat sich mit den Projektbetreuern digital in Online-Meetings abgestimmt, und die Herausforderungen konnten schnellstmöglich und zur Zufriedenheit aller gelöst werden.

Während der Bearbeitung des Projektes konnten verschiedenste Eigenschaften, die für einen staatlich geprüften Techniker von Bedeutung sind, erlernt werden. Darunter gehörte zum Beispiel das Erstellen eines Pflichtenheftes, einer Dokumentation, die strukturgebende Einteilung eines Projektes, sowie die Organisation von Besprechungen, als auch der Umgang mit plötzlich auftretenden Herausforderungen.

Rückblickend auf die Gesamtausarbeitung lässt sich festhalten, dass das Projekt ein voller Erfolg war. Es wurden alle Festforderungen, sowie alle Wunschforderungen der Firma KAG erfüllt. Es gab immer neue Herausforderungen, an dem die Projektgruppe gewachsen ist. Es wurde stets motiviert, effektiv, zielorientiert und kommunikativ gearbeitet. Jedoch hat die Projektgruppe etwa 346 Überstunden benötigt, um das Projekt fertigzustellen (siehe Anhang 82, S. CL). Dennoch blickt die Projektgruppe positiv auf die bevorstehende Abschlusspräsentation und die Feed-Back-Sitzung des Projektes, welche erst nach Abgabe dieser Dokumentation stattfinden werden und dadurch auch keine Zeiten in den Arbeitspaketen 4200 und 4300 enthalten sind (siehe Anhang 86, S. CLXVIII). Des Weiteren ist es zu betonen, dass trotz der aktuellen, erschwerten COVID-19-Situation die Kommunikation zwischen den einzelnen Gruppenmitgliedern, als auch die zwischen der Projektgruppe und der Firma sehr gut funktioniert hat.

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lineartisch Variante 1 5

Abbildung 2: Drehtisch Variante 2 6

Abbildung 3: Hebeltisch Variante 3 7

Abbildung 4: Technische Wertigkeit (ungewichtet) 14

Abbildung 5: Technische Wertigkeit (gewichtet) 14

Abbildung 6: Siegervariante 20

Abbildung 7: Siegervariante Version 2 21

Abbildung 8: Greif und Bewegungsraum 26

Abbildung 9: Pneumatikzylinder 28

Abbildung 10: Schwenkarm 1 30

Abbildung 11: Schwenkarm 2 31

Abbildung 12: Seitenansicht 1 Tischplatte 33

Abbildung 13: Frontansicht Tischplatte 34

Abbildung 14: Seitenansicht 2 Tischplatte 36

Abbildung 15: Seitenansicht 3 Tischplatte 37

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Morphologischer Kasten 4

Tabelle 2: Konzept: Lineartisch Variante 1 5

Tabelle 3: Konzept: Drehtisch Variante 2 6

Tabelle 4: Konzept: Hebeltisch Variante 3 7

Tabelle 5: Paarweiser Vergleich 1 8

Tabelle 6: Erfüllungsgrade 1 9

Tabelle 7: Wertübersicht Variante 1 10

Tabelle 8: Wertübersicht Variante 2 11

Tabelle 9: Wertübersicht Variante 3 12

Tabelle 10: Wertanalysematrix 1 13

Tabelle 11: Konzept: Drehtisch Wunschvariante 16

Tabelle 12: Konzept: 16

Tabelle 13: Erfüllungsgrade 2 18

Tabelle 14: Wertanalysematrix 2 19

Tabelle 15: Konzept: Siegervariante 20

IV. Formelverzeichins

1. Scherspannung bei Klebeverbindungen = $\tau_K = \frac{F_{max}}{A_{max}}$
2. Luftverbrauch doppeltwirkender Zylinder = $Q = 2 * A * s * n * \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}}$
3. Minimale Vorspannkraft bei Schrauben = $F_{sp_{min}} = F_z * S$
4. Maximale Vorspannkraft bei Schrauben = $F_{sp_{max}} = F_{sp_{min}} * k_A$
5. Widerstandsmoment = $W_{ges} = \frac{I_{ges}}{e}$

V. Literatur- und Quellenverzeichnis

Diersen, P. (o.J.): Konstruktionslehre 1, Technische Wertigkeit; Hannover.

Ehlers Michael (o.J.): Platzbedarf, Greif- und Bewegungsraum [online]; Michael Ehlers, o.J. [Zugriff am 25.04.2021], Verfügbar unter: https://ergonomie.ehlers-media.com/ergonomie-themen/platzbedarf.html.

Fischer, U./Gomeringer, R./Heinzler, M./Kilgus, R./Näher, F./Oesterie, S./Paetzold, H./Stephan, A. (2005): Tabellenbuch Metall; 43. Auflage, Haan-Gruiten, Europa Lehrmittel, ISBN 3-8085-1723-9.

Heuer W./Hülswitt K./Willig W. (2013): Dokumentationsrahmen für Abschlussprojekte, Version 1.2.pdf.

Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. (2019): Roloff/Matek Maschinenelemente, Normung, Berechnung, Gestaltung; 24. Auflage, Berlin, Springer Vieweg; ISBN 978-3-658-17895-6.

Jannasch, D./Spura, C./Voßiek, J./Wittel, H. Springer (Hrsg.) (2019): Roloff/Matek Maschinenelemente, Tabellenbuch; 24. Auflage, Wiesbaden, Springer Vieweg, ISBN 978-3-658-17895-6.

Kählig Antriebstechnik GmbH (o.J.): Startseite [online]; Kählig Antriebstechnik GmbH, o.J. [Zugriff am 25.04.2021], Verfügbar unter: https://www.kag-hannover.com/.

Folgende Quellen wurden nur für die Projektausarbeitung genutzt, finden aber keine Anwendung im textlichen Teil der Dokumentation (vorwiegend für die im Anhang befindlichen Zeichnungen genutzt):

ASSTEC GmbH&Co.KG, (o.J.): Produktkatalog [online]; ASSTEC GmbH&Co.KG, [Zugriff am 26.04.2021], Verfügbar unter: https://asstec.net/fileadmin/user_upload/documents/produktkatalog/Gesamtkatalog_Produktkatalog.pdf.

Bosch Rexroth AG, (o.J.): Fußplatte Stahl 45x45 [online]; Bosch Rexroth Deutschland, [Zugriff am 26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.boschrexroth.com/de/de/produkte/produktgruppen/montagetechnik/mechanik-grundelemente/fu-e-und-rader/fu-e/fu-platte-stahl-45x45.

Gutekunst Co.KG (o.J.): Druckfedern VD-163A [online]; Gutekunst KG [Zugriff am 26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.federnshop.com/de/produkte/druckfedern/vd-163a.html.

Festo Vertrieb GmbH & Co.KG (o.J.): Ventile VHEF [online]; Festo Vertrieb GmbH & Co.KG [Zugriff am 26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.festo.com/cat/de_de/products_VHEF?CurrentIDCode1=VHEF-PTC-B32-G14&CurrentPartNo=5299713.

Fey Druckluft GmbH & Co.KG (o.J.): Startseite eShop [online]; Fey Druckluft GmbH & Co. KG [26.04.2021], Verfügbar unter: ENTDECKEN SIE DIE WELT DER DRUCKLUFT UND PNEUMATIK | eShop by Fey Druckluft GmbH & Co. KG (rcommerce.net)

Hefter Fertigungstechnik (o.J.): Dreheinheit Stahl mit pneum. Entriegelung [online]; Hefter Fertigungstechnik [26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.drehteller.com/dreheinheiten/stahl/14/dreheinheit-stahl-mit-pneum.-entriegelung?number=1400-120-078.04.

Item Industrietechnik GmbH (o.J.): Tablett-Doppelschwenkarm [online]; Item Industrietechnik GmbH [26.04.2021], Verfügbar unter: https://product.item24.de/produkte/produktkatalog/produktdetails/products/materialbereitstellung-1001016836/tablett-doppelschwenkarm-8-80-695-66313/.

Item Industrietechnik GmbH (o.J.): Greifschale [online]; Item Industrietechnik GmbH [26.04.2021], Verfügbar unter: https://product.item24.de/produkte/produktkatalog/produktdetails/products/materialbereitstellung-1001016836/greifschale-8-110x105-2620/.

123kugelager (o.J.): Rillenkugellager 627-zz-c3-skf - 7x22x7 mm [online]; 123kugellager [26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.123kugellager.de/lager-627-ZZ-C3-SKF.

reichelt elektronik GmbH & Co.KG (o.J.): MW LRS-75-24: Schaltnetzteil, geschlossen, 75 W, 24 V, 3,2 A [online]; reichelt elektronik GmbH & Co.KG [26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.reichelt.de/schaltnetzteil-geschlossen-75-w-24-v-3-2-a-mw-lrs-75-24-p202969.html?&trstct=pol_6&nbc=1.

RK Rose+Krieger GmbH – Verbidungs- und Positioniersysteme (o.J.): Profil-Technik Katalog [online]; RK Rose+Krieger GmbH – Verbidungs- und Positioniersysteme [26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.rk-rose-krieger.com/fileadmin/catalogue/profiltechnik/bl_aluprofilsystem_de.pdf.

WERMA Signaltecnik GmbH + Co.KG (o.J.): Midi Winkel Kabelverschr. WM GY [online]; WERMA Signaltechnik GmbH [26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.werma.com/de/s_ci2927/Midi_Winkel_Kabelverschr._WM_GY/26170006.html.

WERMA Signaltecnik GmbH + Co.KG (o.J.): Signalleuchten und Ampeln [online]; WERMA Signaltechnik GmbH [26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.werma.com/de/s_c1001i2898/Midi_TwinLIGHT_12/24VAC/DC_GN/26121070.html.

Conrad Electronic SE (o.J.): Song Chuan 896H-1AH-C1 24V DC Kfz-Relais 24 V/DC 20 A 1 Schließer [online]; Conrad Electronic SE [26.04.2021], Verfügbar unter: https://www.conrad.de/de/p/song-chuan-896h-1ah-c1-24v-dc-kfz-relais-24-v-dc-20-a-1-schliesser-504130.html

Erklärung

Die erarbeitete Dokumentation wurde von den Gruppenmitgliedern eigenständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln angefertigt. Die Gruppenmitglieder bestehen aus Thomas Hesse, Nicolas Bengsch und Jonas Tolle. Der Gruppenleiter ist **Jonas Tolle** und ist somit der Ansprechpartner bei Fragen bezüglich des Projektes.

Ferner verpflichten sich die Verfasser, den Schutz aller betrieblichen Daten einzuhalten (Anlehnung an DSGVO). Diese Erklärung wird durch die Unterschriften bestätigt.

J. Hesse

Hannover, 29.04.2021

Ort, Datum Unterschriften Thomas Hesse

Hannover, 29.04.2021

Ort, Datum Unterschriften Nicolas Bengsch

J. Tolle

Hannover, 29.04.2021

Ort, Datum Unterschriften Jonas Tolle

V. Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Lastenheft XV
Anhang 2: Pflichtenheft XXI
Anhang 3: Bisherige Arbeits- & Prüfanweisung XXXI
Anhang 4: Datenblatt Loctite 460 XLIII
Anhang 5: Datenblatt UHU PLUS ENDFEST 300 XLVII
Anhang 6: Skizze Positionierung des Ausrichtbolzen LIII
Anhang 7: Skizze Auswurfsicherung LIV
Anhang 8: Skizze Bewegungsarten LV
Anhang 9: Skizze Gegenhalterformen LVI
Anhang 10: Skizze Setzmaßaufbau LVII
Anhang 11: Skizze Radialbohrungsstifte LVIII
Anhang 12: Vorläufiger Ablaufplan LIX
Anhang 13: Berechnung der Tischplatte LXI
Anhang 14: Schraubenberechnung der Tischplatte LXVI
Anhang 15: Schraubenberechnung des Schwenkarms LXIX
Anhang 16: Schraubenberechnung des Standfußes LXXI
Anhang 17: Berechnung der Klebekraft LXXIII
Anhang 18: Berechnung des Luftverbrauchs LXXV
Anhang 19: Pneumatikplan LXXVI
Anhang 20: Protokoll Meilensteinsitzung 1 LXXVII
Anhang 21: Protokoll Meilensteinsitzung 2 LXXVIII
Anhang 22: Protokoll Meeting 3 LXXIX
Anhang 23: Protokoll Meeting 4 LXXX
Anhang 24: Protokoll Meeting 5 LXXXI

Anhang 25: Protokoll Meeting 6 LXXXII

Anhang 26: Protokoll Meeting 7 LXXXIII

Anhang 27: Protokoll Meeting 8 LXXXIV

Anhang 28: Protokoll Meeting 9 LXXXV

Anhang 29: Protokoll Meeting 10 LXXXVI

Anhang 30: Protokoll Meeting 11 LXXXVII

Anhang 31: Bestellliste Pneumatikartikel LXXXVIII

Anhang 32: Bestellliste Zukaufteile XCI

Anhang 33: Gesamtbaugruppenzeichnung XCII

Anhang 34: Baugruppe 1 Montagewagen XCIII

Anhang 35: Zeichnung Tischplatte XCIV

Anhang 36: Zeichnung Aluprofil 45x45x607 XCV

Anhang 37: Zeichnung Aluprofil 45x45x600 XCVI

Anhang 38: Baugruppe 2 Untere Baugruppe XCVII

Anhang 39: Zeichnung Hefter Dreheinheit Oberplatte Originalversion XCVIII

Anhang 40: Zeichnung Hefter Dreheinheit Oberplatte XCIX

Anhang 41: Zeichnung Abstandshalter Unterkonstruktion C

Anhang 42: Zeichnung Dreheinheit Adapterplatte CI

Anhang 43: Zeichnung Aluprofil 45x45x200 CII

Anhang 44: Zeichnung Aluprofil 30x30x245 CIII

Anhang 45: Zeichnung Aluprofil 30x30x212 CIV

Anhang 46: Baugruppenzeichnung 3 Auswerfer CV

Anhang 47: Zeichnung Gleitblock CVI

Anhang 48: Zeichnung Sicherheitsblech Auswerfer CVII

Anhang 49: Zeichnung Auswerfer Grundplatte CVIII

Anhang 50: Zeichnung Auswerferstift CIX

Anhang 51: Baugruppenzeichnung 4 Obere Baugruppe CX

Anhang 52: Zeichnung Drehteller CXI

Anhang 53: Zeichnung Setzmaßhalter-Oberteil CXII

Anhang 54: Zeichnung Setzmaßhalter-Unterteil CXIII

Anhang 55: Zeichnung Gegenhalter CXIV

Anhang 56: Zeichnung Ausrichtbolzen CXV

Anhang 57: Baugruppenzeichnung 5 Arretierung CXVI

Anhang 58: Zeichnung Arretiergehäuse CXVII

Anhang 59: Zeichnung Arretierzapfen CXVIII

Anhang 60: Zeichnung Arretierbolzen CXIX

Anhang 61: Zeichnung Sicherheitsblech Arretierung CXX

Anhang 62: Baugruppenzeichnung 6 Aufnahme-Magnetspanner CXXI

Anhang 63: Zeichnung Säule Aufnahme-Magnetspanner CXXII

Anhang 64: Zeichnung Grundplatte Aufnahme-Magnetspanner CXXIII

Anhang 65: Zeichnung Oberplatte Aufnahme-Magnetspanner CXXIV

Anhang 66: Baugruppenzeichnung 7 Schwenkarm CXXV

Anhang 67: Zeichnung Aluprofil 45x45x360 CXXVI

Anhang 68: Zeichnung Schwenkarmbox-Strebe-1 CXXVII

Anhang 69: Zeichnung Schwenkarmbox-Strebe-2 CXXVIII

Anhang 70: Zeichnung Schwenkarmbox-Fallstrebe CXXIX

Anhang 71: Zeichnung Schwenkarmbox-Grundplatte CXXX

Anhang 72: Baugruppenzeichnung 8 Handtaster CXXXI

Anhang 73: Zeichnung Sicherheitsblech Handtaster CXXXII

Anhang 74: Zeichnung Adapter Handtaster CXXXIII

Anhang 75: Baugruppenzeichnung 9 Fußtaster CXXXIV

Anhang 76: Zeichnung Blech Fußtaster CXXXV

Anhang 77: Baugruppenstückliste CXXXVI

Anhang 78: Neue Arbeits- und Prüfanweisung CXXXVIII

Anhang 79: Projekt-Struktur-Plan CXLVII

Anhang 80: Netzplan CXLVIII

Anhang 81: Terminplan CXLIX

Anhang 82: Kapazitätsplan CL

Anhang 83: 1000er Arbeitspakete CLI

Anhang 84: 2000er Arbeitspakete CLVIII

Anhang 85: 3000er Arbeitspakete CLXII

Anhang 86: 4000er Arbeitspakete CLXVIII

Anhang 1: Lastenheft

Lastenheft 17.09.2020

excellent drives

Kählig Antriebstechnik GmbH - Betriebsmittelkonstruktion

Projekt:

Ergonomieverbesserung der Montagevorrichtung für den Klebeprozess an den Motorengehäusen - M80.

Version	Autor	Bemerkung/Änderung	Datum
1.0	Gerhard Bruns	-------	10.09.2020
1.1	Gerhard Bruns		17.09.2020

Freigegeben am: _____ Freigegeben durch: _____

Erstellt von: Kählig Antriebstechnik GmbH, Am Pappelweg 4, 30179 Hannover

Seite 1 von 6

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 3

2 Anwendungsbereich 3

3 Zielsetzung 3

4 Lastenheft 3

5 Anforderungen 4

5.1 Technische Anforderungen 4

5.2 Design Anforderungen 6

6 Termine 6

7 Anhang 6

excellent drives

Lastenheft 17.09.2020

1 Einleitung

Beim Motortyp M80 werden die Magnete ausschließlich geklebt und ohne Spannfeder gefügt. Weitere Einzelheiten sind der Arbeits- und Prüfanweisung (siehe Anhang) zu entnehmen.

Derzeit wird mit einer Vorrichtung gearbeitet, bei der das Gehäuse- und die Magnete 5-fach in Reihe eingelegt und positioniert werden, dann mittels Spannelementen unter Federdruck gehalten werden und anschließend nach dem Abbinden des Klebers nach oben aus der Vorrichtung entnommen oder teilweise gezogen werden müssen. Diese Entnahme aus der Vorrichtung soll für den Werker erleichtert werden. Die Entnahme wird erschwert durch die Masse des Gehäuses mit Magnetschalen und vor allem durch das Anbacken von Kleberresten zwischen Vorrichtung und Bauteil. Mit steigenden Fertigungslosen wird es immer notwendiger die Ergonomie dieses Arbeitsganges zu verbessern. Anstoß für die Optimierung ist ein Verbesserungsvorschlag eines Mitarbeiters.

2 Anwendungsbereich

Montage von Zus.-Motorgehäuse M80

3 Zielsetzung

Das Ziel ist es eine neue, ergonomische Montagevorrichtung an einem Arbeitsplatz zu entwickeln, planen, und zu testen, um im Vorfeld arbeitsbedingte Krankheiten zu minimieren und die Arbeit zu erleichtern. Dadurch steigt die Motivation und die Produktivität.

4 Lastenheft

Das Lastenheft dient als Konstruktions- und Kalkulationsgrundlage und ist fester Bestandteil des Entwicklungsprozesses.

5 Anforderungen

5.1 Technische Anforderungen

Lfd.-Nr.	Benennung	Festforderung	Wunsch	nicht erforderlich	Bemerkung
1	Einsatzbereich				
1.1	Motorgehäuse M80 – alle Baulängen	X			
1.2	alle Setzmaße	X			
1.3	alle Oberflächen	X			
2	Technische Daten				
2.1	Fixierkleber Loctite 460	X			
2.2	UHU-Plus, Endfest	X			minimale, separate Beigabe
2.3	Auslegung für Setzmaße: 14, 19, 20 und 24,5mm	X			
2.4	Taktzeit 1 Minute und 30 Sekunden		X		
3	Bauraum, Design, Aufbau				
3.1	Genauigkeit der Zentrierung, tangentiale Magnetzwischenräume und Setzmaße	X			
3.2	Einfache Bestückung und Entnahme	X			
3.3	Einfaches Rüsten durch Wechselteile		X		
3.4	Vorrichtung auf mobilem Tisch B x H x T ca. 100x90x80cm		X		
3.5	oder kompakt und leicht auf- und abbaubar		X		
3.6	Entnahme mit Auswerfer		X		(oder andere Lösung)

excellent drives

Lastenheft 17.09.2020

Lfd.-Nr.	Benennung	Festforderung	Wunsch	nicht erforderlich	Bemerkung
4	Umgebungsbedingungen				
4.1	Fertigungsbereich M80-Gehäusemontage	X			
4.2	Raumtemperatur von 21° C	X			
5	Energieversorgung				
5.1	Keine		X		
5.2	Netzanschluss		X		ggf. erforderlich
5.3	Druckluft für Auswerfer		X		ggf. erforderlich
6	Kosten, Bedarf, Termine				
6.1	Vorrichtung, Rundtakttisch etc.		X		
6.2	Werkzeugsatz bestehend aus Wechselteilen		X		
6.3	ggf. Antriebs- und Steuerungskomponenten		X		
6.4	mobiler, höhenverstellbarer Arbeitstisch		X		
6.5	Budget < € 7.500,-		X		

Erstellt von: Kählig Antriebstechnik GmbH, Am Pappelweg 4, 30179 Hannover

Seite 5 von 6

5.2 Design Anforderungen

Denkbar wäre eine Lösung, wobei vornehmlich die Entnahme aus der Vorrichtung erleichtert wird, wie z.B. mit einem Auswerfer, der das Gehäuse zur Entnahme anhebt.

Des Weiteren wäre auch eine vollkommen neue Einlege- und Entnahmestation denkbar, die ähnlich wie ein Rundtakttisch angeordnet ist. Dabei könnte in einer Position eingelegt und entnommen werden und die übrigen Nester als Ruheposition zum Aushärten des Klebstoffes dienen. Dabei wäre nur ein Ausheber nötig.

6 Termine

Projektende 30.04.2021

Aufgrund von derzeitigen Umbaumaßnahmen in dem Fertigungsbereich der M80-Gehäusemontage und der gesamten Fertigungshalle, kann es zu eventuellen Verzögerungen im Projekt kommen.

Es kann es aufgrund von COVID-19 zu zusätzlichen Verzögerungen kommen.

7 Anhang

AUP – Arbeits- & Prüfanweisung

Zeichnungen Zus-Gehäuse und Magnetschale

Anhang 2: Pflichtenheft

Pflichtenheft

Projekt:

„Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen“

Version 1.4

Autoren des Dokuments: Nicolas Bengsch, Thomas Hesse, Jonas Tolle	KAG Ansprechpartner: Herr Bruns Projektbetreuer: Herr Brühl Klasse: FSMB19 Seitenanzahl: 10

KAG excellent drives	**Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen**	bbs me Otto-Brenner-Schule

Historie der Dokumentversionen

Version	Datum	Autor	Änderungsgrund/Bemerkungen
1.0	10.09.2020	Bengsch	Erstellung
1.1	27.09.2020	Bengsch, Hesse, Tolle	Überarbeitung
1.2	01.10.2020	Hesse, Tolle	Überarbeitung
1.3	08.10.2020	Bengsch, Hesse, Tolle	Überarbeitung
1.4	29.10.2020	Bengsch, Hesse, Tolle	Fertigstellung

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 4
2. Verteiler und Freigabe 4
3. Projektgesamtziel 5
4. Einsatzbereichsanforderungen 5
   4.1 Detailziele 5
   4.2 Wechselwirkung 5
   4.3 Risiken 5
5. Technische Anforderungen 6
   5.1 Beschreibung 6
   5.2 Detailziele 6
   5.3 Risiko 6
6. Bauraumanforderungen 6
   6.1 Beschreibung 6
   6.2 Detailziele 7
   6.3 Wechselwirkung 7
7. Aufbauanforderungen 7
   7.1 Beschreibung 7
   7.2 Vergleich mit bestehenden Lösungen 7
8. Energieversorgungsanforderungen 8
   8.1 Beschreibung 8

Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen

8.2 Detailziele 8
9. Budgetanforderungen 8
9.1 Beschreibung 8
9.2 Detailziele 8
10. Materialüberprüfung 8
11. Sicherheit 8
12. Funktionsüberprüfung 8
13. Bedienbarkeit 9
14. Ressourcen 9
15. Übergabetermin 9
16. Freigabe/Genehmigung 9
17. Abkürzungen 10
18. Anhang 10
19. Quellen 10

KAG excellent drives	**Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen**	bbs me Otto-Brenner-Schule

1. Einleitung

Beim Motorentyp M80 werden die Magnete ausschließlich geklebt und ohne Spannfeder gefügt. Weitere Einzelheiten sind der Arbeits- und Prüfanweisung (siehe Anhang) zu entnehmen. Derzeit wird mit einer Vorrichtung gearbeitet, bei der das Gehäuse und die Magnete fünffach in Reihe eingelegt und positioniert werden. Diese werden mittels Spannelementen unter Federdruck gehalten und anschließend nach dem Abbinden des Klebers nach oben aus der Vorrichtung entnommen oder müssen teilweise mit hohem Kraftaufwand herausgezogen werden. Diese Entnahme aus der Vorrichtung soll für den Mitarbeiter erleichtert werden. Die Entnahme wird erschwert durch die Masse des Gehäuses mit Magnetschalen und vor allem durch das Anbacken von Kleberresten zwischen Vorrichtung und Bauteil. Durch die steigenden Fertigungslose ist es immer wichtiger, die Ergonomie dieses Arbeitsvorganges zu verbessern, um im Vorfeld arbeitsbedingte Krankheiten, sowie Ausfälle zu reduzieren, welches wiederum die Produktivität steigert.

2. Verteiler und Freigabe

Verteiler für dieses Pflichtenheft

Rolle / Rollen	Name	E-Mail
Projektleiter	Jonas Tolle	jt@andreastolle.de
Stellv. Projektleiter	Thomas Hesse	ThomasHesse95@web.de
Projektbearbeiter	Nicolas Bengsch	bengschman@gmx.de
Projektbetreuer KAG	Herr Bruns	bruns@kag-hannover.de
Projektbetreuer BBS-ME	Herr Brühl	bruehl@bbs-me.de

Adresse

Projektunternehmen
KAG – Kählig Antriebstechnik GmbH
Pappelweg 4, 30179 Hannover

KAG excellent drives	**Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen**	bbs me Otto-Brenner-Schule

3. Projektgesamtziel

Gesamtziel dieses Techniker- Abschlussprojektes ist es für die Firma KAG GmbH eine neue, verbesserte Montage-/Hebevorrichtung für alle Varianten der Motorengehäuse - M80 Baureihe zu entwickeln und zu planen. Sämtliche Rahmenbedingungen des Auftraggebers sind eingehalten.

4. Einsatzbereichsanforderungen

4.1 Detailziele

Ziel ist es alle Eigenschaften der M80 Baureihe, bei der neuen Vorrichtung einzuhalten, dazu gehören:

- Alle Baulängen (114, 117, 123, 154, 157, 163, alle Angaben in mm)
- Alle Setzmaße (14, 19, 20, 24.5 alle Angaben in mm)
- Alle Oberflächen (KTL Beschichtet & ohne Beschichtung)
- Der Außendurchmesser von 80 mm ist bei allen Varianten gleich.

4.2 Wechselwirkung

Um alle unter Punkt 4.1.1 genannten Eigenschaften einzuhalten, ist die Vorrichtung, je nach Auftrag umzubauen, wodurch größere Rüstzeiten entstehen.

4.3 Risiken

Durch die Vielzahl von Bauteilen und der Komplexität der Vorrichtung, kann es durch falsches Umbauen und oder falschen Umgang zu größeren Rüstzeiten führen.

KAG excellent drives	**Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen**	bbs me Otto-Brenner-Schule

5. Technische Anforderungen

5.1 Beschreibung

Es werden zwei Sorten Klebstoff zum Einkleben der Magnetschalen in die Motorengehäuse verwendet: Der Sekundenkleber Loctite 460 zum vorfixieren und der UHU Plus Endfest 300.

5.2 Detailziele

Die Magnetschalen sind solange in Position zuhalten, bis der Sekundenkleber Loctite 460 fest ist. Dieser braucht mindestens 40 Sekunden zum Anziehen.

Darüber hinaus ist die Vorrichtung so konzipiert, dass sich Klebstoffreste gut entfernen lassen, sodass die Funktion der Vorrichtung nicht beeinträchtigt wird.

5.3 Risiko

Bei der Taktung der Arbeitsschritte ist darauf zu achten, dass die Aushärtezeiten der Klebstoffe zu berücksichtigen sind.

6. Bauraumanforderungen

6.1 Beschreibung

Bei dem zur Verfügung stehenden Bauraum, sind zwei mögliche Varianten denkbar. Die erste Lösung ist eine mobile Vorrichtung auf einem höhenverstell- und rollbaren Tisch. Die zweite Variante ist eine leichte, kompakte Vorrichtung, die man auf einem feststehenden Arbeitsplatz auf- und abbauen kann.

Die neue Vorrichtung ist in der Größe so konstruiert, dass sie auf beide Tischvarianten passt. Welche dieser Varianten schlussendlich verwendet wird, entscheidet die Firma KAG GmbH in der nächsten Meilensteinsitzung.

KAG excellent drives	**Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen**	bbs me Otto-Brenner-Schule

6.2 Detailziele

- Abmaße des mobilen Tisches H x B x T: 100 x 90 x 80cm
- Abmaße des festen Arbeitsplatzes H x B x T:100 x 110 x 70cm
- Beide Arbeitsplätze sind höhenverstellbar und können als Ressource angesehen werden.

6.3 Wechselwirkung

Die neue Vorrichtung ist größer in den Ausmaßen als die bisherige Vorrichtung, wodurch sich die Stellplatzgröße der gesamten Vorrichtung auch vergrößert.

7. Aufbauanforderungen

7.1 Beschreibung

Bei dem Aufbau der Vorrichtung ist darauf zu achten, dass die Genauigkeit der Zentrierung, sowie die tangentialen Zwischenräume und die Setzmaße der Magnetschalen mit den entsprechenden Abmaßen übereinstimmen.

Damit die Vorrichtung ergonomisch verbessert ist, muss eine einfachere Entnahme der M80 Motorengehäuse stattfinden, welches beispielsweise durch einen Auswerfer, gewährleistet werden kann.

7.2 Vergleich mit bestehenden Lösungen

Um eine einfache Bestückung und Entnahme der M80 Motorengehäusen zu realisieren, ist ein Aufbau per pneumatischem Auswerfer denkbar. Vergleichbar ist dieser Vorgang mit dem bereits bestehenden Prozess zur Magnetisierung der Magnetschalen, welche die Motorengehäuse auswirft.

KAG excellent drives	**Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen**	bbs me Otto-Brenner-Schule

8. Energieversorgungsanforderungen

8.1 Beschreibung

Die neue Vorrichtung wird mit mechanischer, pneumatischer oder elektrischer Energie angesteuert.

8.2 Detailziele

Welche dieser Versorgungsarten abschließend genommen wird, entscheidet sich in dem Kick-Off-Meeting, wo über die vorgestellten Vorrichtungsvarianten entschieden wird.

9. Budgetanforderungen

9.1 Beschreibung

Das Budget, welches zur Verfügung steht, sollte nach Möglichkeit nicht überschritten werden. Könnte aber bei Bedarf und nach Absprache aufgestockt werden.

9.2 Detailziele

Das zur Verfügung stehende Budget beträgt bis zu 7.500,-€.
In Worten: Siebentausendfünfhundert Euro.

10. Materialüberprüfung

Alle Materialien werden auf ihre Anforderungen geprüft.

11. Sicherheit

Die zertifizierte Abnahme wird durch die Firma KAG GmbH übernommen oder in Auftrag gegeben.

12. Funktionsüberprüfung

Alle Bauteile sind auf ihre Funktion geprüft.

KAG excellent drives	**Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen**	bbs me Otto-Brenner-Schule

13. Bedienbarkeit

Die Bedienbarkeit der Vorrichtung ist in der neuen, angepassten Arbeitsanweisung beschrieben.

Die neue Vorrichtung ist besser in der Handhabung, als die bisherige Vorrichtung und vereinfacht das Einlegen, sowie die Entnahme der M80 Motorengehäuse.

14. Ressourcen

Ein mobiler, höhenverstellbarer Arbeitstisch ist in der Firma vorhanden und würde bei Bedarf, zur Verfügung stehen.

15. Übergabetermin

Voraussichtlicher Übergabetermin ist die 16.-Kalenderwoche 2021

16. Freigabe/Genehmigung

- In der Meilensteinsitzung vom 05.11.2020 wurde das Pflichtenheft einstimmig genehmigt.

Datum:	05.11.2020
Unterschrift Auftraggeber:	
Unterschrift Projektleiter:	
Weitere Unterschriften:	J. Hesse N. [illegible]

KAG excellent drives	**Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen**	bbs me Otto-Brenner-Schule

17. Abkürzungen

cm	Zentimeter
mm	Millimeter
H x B x T	Höhe x Breite x Tiefe

18. Anhang

Technische Datenblätter:

- LOCTITE 460: https://www.silitech.ch/upload/fiche_technique_D/527.PDF
- UHU Plus Endfest 300: http://www.uhu-profi.de/uploads/tx_ihtdatasheets/tds_plus_endfest300.pdf

19. Quellen

http://www.uhu-profi.de/produkte/2-komponenten-reaktionsklebstoffe/detail/uhu-plus-endfest-3002-k-epoxidharzklebstoff.html?no_cache=1&step=150.9375

https://www.henkel-adhesives.com/de/de/produkt/instant-adhesives/loctite_460.html

Anhang 3: Bisherige Arbeits- & Prüfanweisung

KAG excellent drives	**Arbeits - und Prüfanweisung**		**AV**
Arbeitsplatz:	Gehäusemontage M80X80		
Arbeitsgang:	Magnetspannfeder und Schale einpressen + kleben		
Zeichnung:	427479	**Kostenstelle:**	4000
Werkzeug:	Gem. Werkzeugliste	**Meßmittel:**	
Material:	Gem. Stückliste	Gem. Werkzeugliste	

Änderungsliste

Nr.	Änderung	Datum	Name
1	Neue Bilder hinzu: Gehäuse in Innenseite rechts und links mit UHU-Endfest vor Einsatz der Magnetschalen kleben	21.01.16	Herde
2	Reinfolge angepasst	18.07.16	Herde

Achtung!

Die Gehäuse dürfen nur von Hr.Kocik, Hr.Wosch, Hr.Bödcher und Hr.Leonenko gebaut werden

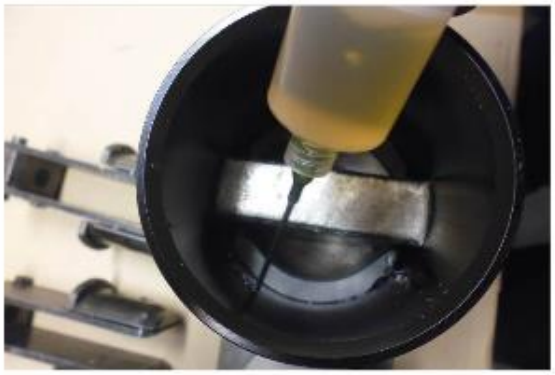
Arbeitsbeschreibung	**Bildliche Darstellung**
Gehäuse in Vorrichtung einsetzen	
Gehäuse in Innenseite rechts und links	

Erstellt		Freigegeben		Geändert	Nr.:	2
Am:07.01.16	von:Herde	Am: 07.01.16	von:Gautsch	am: 21.01.16	von: Herde	
Datei: \\File-server\AV\AUK\671\M80\427479_Gehäusemontage.doc					S. 1 v. 12	15.03.06

Kopien ohne Originalunterschrift sind keine gelenkten Dokumente

mit UHU-Endfest vor Einsatz der Magnetschalen kleben	
Die ersten 2 Magnetschalen rechts und links in Gehäuse einsetzen	
Magnetschalen kleben/Sichern rechts und links **Achtung!!** **Grüne Dosiernadel verwenden**	

1.Magnetspanner einsetzen	
Wenn alle Magnetspanner eingesetzt sind den 1. bis 5. der Reihenfolge nach wieder entfernen	

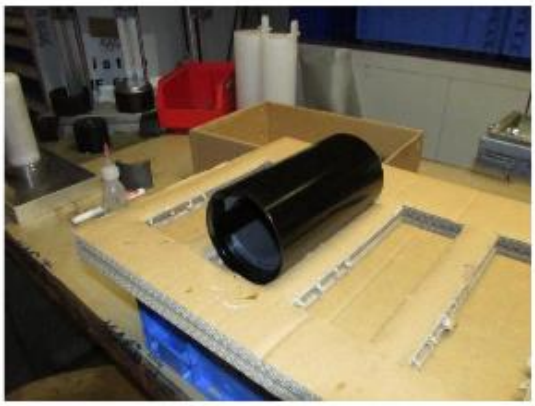
Gehäuse in Innenseite rechts und links mit UHU-Endfest vor Einsatz der weiteren 2 Magnetschalen kleben	
Die weitere 2 Magnetschalen einsetzen	
Magnetschalen in Position drücken	

Gehäuse mit 4 Magnetschalen	
Die Oberen Magnetschalen kleben/Sichern **Achtung!!** **Grüne Dosiernadel verwenden**	
1.Magnetspanner einsetzen	

Wenn alle Magnetspanner eingesetzt sind den 1. bis 5. der Reihenfolge nach wieder entfernen	
Gehäuse mit Personalidentifikations-nummer versehen.	

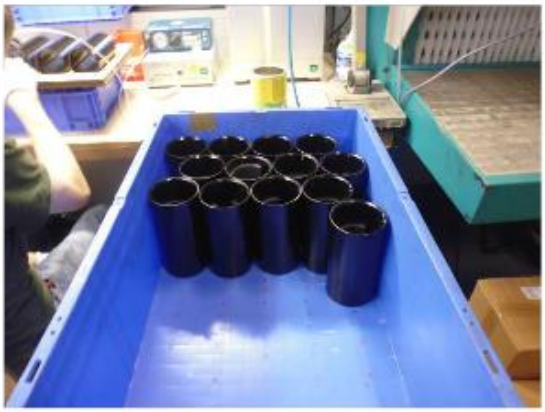
Dorn zum überprüfen ob die Magnet-schalen richtig sitzen	
Gehäuse mit Magnetschalen überprüfen ***Ein Gehäuse pro Transportkiste überprüfen***	
Gehäuse in saubere Transportkiste ablegen	

Gehäuse auf Klebetisch in Stanzeinlage legen	
Die unteren Magnetschalen auf der rechten und linken Seite im Gehäuse mit UHU Plus kleben	
Gehäuse auf Wagen ablegen und zum aushärten **(bei 100°C 45 Min.)** in Ofen bringen	

Gehäuse aus dem Ofen holen	
Warme Gehäuse auf Klebetisch legen und um 180° drehen ***Achtung Verbrennungsgefahr***	
Die unteren Magnetschalen auf der rechten und linken Seite im warmen Gehäuse mit UHU Plus kleben	

Gehäuse auf Wagen ablegen und zum aushärten **(bei 100°C 45 Min.)** in Ofen bringen	
Gehäuse aus dem Ofen holen	
Beide Magnetschalen von der oberen Seite mit einer Kleberaupe versehen Kleben	

Gehäuse auf Wagen ablegen und zum aushärten **(bei 100°C 45 Min.)** in Ofen bringen	
Gehäuse aus dem Ofen holen	
Beide Magnetschalen von der unteren Seite mit einer Kleberaupe versehen ***Aushärtung erfolgt durch Restwärme***	

Fertige Gehäuse geordnet in saubere, blaue Transportkiste stellen. Kiste mit Materialbegleitschein versehen	

Technische Daten (gem. Zeichnung)

Qualitätssichernde Maßnahmen:

- **Sichtprüfung = 100%**
- **Sauberkeit am Arbeitsplatz sichert Qualität**

Bei Änderungen oder Abweichungen bitte umgehend AV informieren (Tel.: -551, oder -78)

Anhang 4: Datenblatt Loctite 460

LOCTITE®

Technisches Datenblatt

LOCTITE® 460™

(TDS for new formulation of Loctite® 460™) August 2012

PRODUKTBESCHREIBUNG

LOCTITE® 460™ besitzt die folgenden Produkteigenschaften:

Technologie	Cyanacrylat
Chemische Basis	Alkoxyethyl-Cyanacrylat
Aussehen (unausgehärtet)	Transparent, farblos bis strohfarben, flüssig[LMS]
Komponenten	Einkomponentig - kein Mischen erforderlich
Viskosität	Niedrig
Aushärtung	Feuchtigkeit
Anwendung	Kleben
Geeignete Materialien	Metalle, Kunststoffe und Elastomere

Dieses Technische Datenblatt ist gültig für LOCTITE® 460™, das ab den im Abschnitt "Hinweis zum Herstellungsdatum" aufgeführten Daten hergestellt wurde.

LOCTITE® 460™ ist geruchs- und ausblüharm und besonders für Anwendungen geeignet, bei denen keine ausreichende Absaugung vorhanden ist. Das Produkt erzielt schnelle Klebungen mit einer Vielzahl von Materialien, u.a. Metallen, Kunststoffen und Elastomeren. LOCTITE® 460™ eignet sich besonders zum Kleben von porösen oder saugfähigen Materialien wie Holz, Papier, Leder und Gewebe.

MATERIALEIGENSCHAFTEN

Spez. Dichte bei 25 °C	1,1
Flammpunkt - siehe Sicherheitsdatenblatt	
Viskosität, Kegel-Platte-System, mPa·s (cP):	
Temperatur: 25 °C, Schergeschwindigkeit: 3.000 s^{-1}	25 bis 55[LMS]
Viskosität, Brookfield - LVF, 25 °C, mPa·s (cP):	
Spindel 1, bei 30 U/min	30 bis 50

TYPISCHE AUSHÄRTEEIGENSCHAFTEN

Unter normalen Bedingungen wird der Aushärteprozess durch Luftfeuchtigkeit ausgelöst. Die volle Funktionsfestigkeit wird innerhalb relativ kurzer Zeit erreicht, der Aushärtevorgang dauert aber noch mindestens 24 Stunden, bis die volle Medienbeständigkeit erreicht wird.

Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Material

Die Aushärtegeschwindigkeit ist abhängig von der verwendeten Materialoberfläche. Die folgende Tabelle zeigt die Zeit zur Erreichung der Handfestigkeit auf verschiedenen Werkstoffen bei 22°C / 50% rel. Luftfeuchtigkeit. Sie bezeichnet die Zeitspanne, die erforderlich ist, um eine Scherfestigkeit von 0,1 N/mm² zu entwickeln.

Handfestigkeit, Sekunden:	
Stahl	10 bis 30
Aluminium	5 bis 10
Zinkdichromat	20 bis 45
Neopren	<5
Nitrilgummi	<5
ABS	<5
PVC	5 bis 30
Polycarbonat	10 bis 20
Phenolharz	<5
Holz (Kiefer)	20 bis 30
Leder	1 bis 10
Papier	<5

Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Spalt

Die Aushärtegeschwindigkeit ist abhängig vom Klebespalt. Kleine Spaltweiten ergeben hohe Aushärtegeschwindigkeiten; mit zunehmender Spaltgröße verringert sich die Aushärtegeschwindigkeit.

Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit

Die Aushärtegeschwindigkeit ist abhängig von der relativen Luftfeuchtigkeit. Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn bei einer Temperatur von 22°C die relative Luftfeuchtigkeit am Arbeitsplatz zwischen 40% und 60% liegt. Niedrigere Luftfeuchtigkeit verlangsamt die Aushärtung, durch eine höhere wird sie beschleunigt, aber die Endfestigkeit der Klebung kann dadurch beeinträchtigt werden.

Aushärtegeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Aktivator

Ist die Aushärtegeschwindigkeit aufgrund großer Spalten zu langsam, kann durch Einsatz eines Aktivators die Aushärtung beschleunigt werden. Dadurch kann sich jedoch die Endfestigkeit der Klebung verringern. Zur Überprüfung dieses Effektes wird deshalb die Durchführung von Klebeversuchen empfohlen.

FUNKTIONSEIGENSCHAFTEN IM AUSGEHÄRTETEN ZUSTAND

Eigenschaften

Aushärtezeit 10 Sekunden bei 22°C

Henkel

Zugfestigkeit, ISO 6922:

Buna-N	N/mm²	≥4,5[MS]
	(psi)	(≥652)

Aushärtezeit 72 Stunden bei 22°C

Zugscherfestigkeit, ISO 4587:

Stahl (sandgestrahlt)	N/mm²	21
	(psi)	(3.060)
Aluminium (gebeizt)	N/mm²	18
	(psi)	(2.650)
Zinkdichromat	N/mm²	2,4
	(psi)	(350)
ABS	N/mm²	7,9
	(psi)	(1.150)
PVC	N/mm²	2,8
	(psi)	(410)
Phenolharz	N/mm²	1,5
	(psi)	(220)
Polycarbonat	N/mm²	7,7
	(psi)	(1.120)
Nitrilgummi	N/mm²	1,3
	(psi)	(190)
Neopren	* N/mm²	0,7
	* (psi)	(95)

* Materialversagen

Blockscherfestigkeit, ISO 13445:

Polycarbonat	N/mm²	25
	(psi)	(2.650)
PVC	N/mm²	2,6
	(psi)	(380)

Aushärtezeit 24 Stunden bei 22°C

Zugfestigkeit, ISO 6922:

Stahlbolzen auf Stahlbolzen	N/mm²	30
	(psi)	(4.330)

BESTÄNDIGKEIT GEGEN UMGEBUNGSEINFLÜSSE

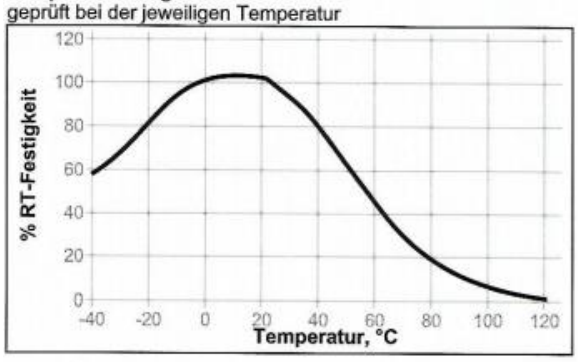
Aushärtezeit 1 Woche bei 22°C

Zugscherfestigkeit, ISO 4587:

Stahl (sandgestrahlt)

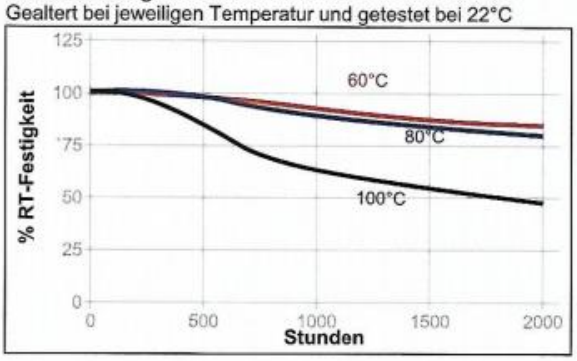
Temperaturfestigkeit

geprüft bei der jeweiligen Temperatur



Wärmealterung

Gealtert bei jeweiligen Temperatur und getestet bei 22°C



Beständigkeit gegen Medien

Alterungstest wie beschrieben und geprüft bei 22°C.

		% Anfangsfestigkeit		
Medium	**°C**	**100 h**	**500 h**	**1000 h**
Motoröl	40	90	60	95
Bleifreies Benzin	22	90	80	75
Ethanol	22	90	90	90
Isopropanol	22	100	100	100
Wasser	22	75	40	35
98% rel. LF	40	60	25	70
Wasser/Glycol	25	90	85	80

Zugscherfestigkeit, ISO 4587:

Polycarbonat

		% Anfangsfestigkeit		
Medium	**°C**	**100 h**	**500 h**	**1000 h**
Luft	22	90	100	85
98% rel. LF	40	80	70	80

ALLGEMEINE INFORMATION

Dieses Produkt ist nicht geeignet für reinen Sauerstoff und/oder sauerstoffangereicherte Systeme und sollte nicht als Dichtstoff für Chlor oder stark oxidierende Medien gewählt werden.

Sicherheitshinweise zu diesem Produkt entnehmen Sie bitte dem Sicherheitsdatenblatt.

Gebrauchshinweise

1. Die Oberflächen sollten sauber und fettfrei sein. Alle Oberflächen mit einem Loctite® Reiniger reinigen und trocknen lassen.
2. Zur Haftverbesserung bei Kunststoffen mit niedriger Oberflächenenergie kann Loctite® Primer auf die Klebfläche aufgetragen werden. Nicht zuviel Primer verwenden. Primer trocknen lassen.
3. Wo erforderlich kann LOCTITE® Aktivator eingesetzt werden. Nur auf eine Oberfläche auftragen. (Keinen

Aktivator auf die geprimerte Fläche auftragen, falls auch Primer eingesetzt wird.) Aktivator trocknen lassen.

4. Klebstoff auf eine der Oberflächen auftragen (Klebstoff nicht auf die aktivierte Fläche auftragen). Klebstoff nicht mit einem Tuch, Pinsel o.ä. verteilen. Teile innerhalb von wenigen Minuten montieren. Die Teile sollten genau positioniert werden, da der Klebstoff rasch abbindet und deshalb nur wenig Zeit zum Ausrichten bleibt.
5. LOCTITE® Aktivator kann eingesetzt werden, um Klebstoff außerhalb der Klebfuge auszuhärten. Aktivator auf überschüssigen Klebstoff aufsprühen oder –tropfen.
6. Teile fixieren oder zusammendrücken, bis der Klebstoff Handfestigkeit erreicht hat.
7. Das Produkt sollte vor Belastung vollständig aushärten (typische Wartezeit je nach Klebespalt, Werkstoff und Umgebungsbedingungen 24 – 72 h nach dem Montieren).

Loctite Material-Spezifikation LMS

LMS vom 22. Dezember 2011. Prüfberichte über die angegebenen Eigenschaften sind für jede Charge erhältlich. LMS-Prüfberichte enthalten ausgewählte, im Rahmen der Qualitätskontrolle festgelegte Prüfwerte, die als relevant für Kunden-Spezifikationen erachtet werden. Darüber hinaus sind umfassende Kontrollmaßnahmen in Kraft, die eine gleichbleibend hohe Produktqualität gewährleisten. Spezifikationen unter Berücksichtigung von speziellen Kundenwünschen können über die Qualitätsabteilung von Henkel koordiniert werden.

Lagerung

Produkt im ungeöffneten Behälter in trockenen Räumen lagern. Hinweise zur Lagerung können sich auf dem Etikett des Produktbehälters befinden.

Optimale Lagerung: 2°C bis 8°C. Durch Lagerung unter 2°C und über 8°C können die Produkteigenschaften nachteilig beeinflusst werden.

Aus dem Gebinde entnommenes Produkt kann beim Gebrauch verunreinigt worden sein. Deshalb keine Produktreste in den Originalbehälter zurückschütten. Henkel kann keine Haftung für Material übernehmen, das verunreinigt oder in einer Weise gelagert wurde, die von den oben aufgeführten Bedingungen abweicht. Wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen technischen Service oder den Kundenbetreuer vor Ort.

Umrechnungsfaktoren

(°C x 1.8) + 32 = °F
kV/mm x 25.4 = V/mil
mm / 25.4 = inches
µm / 25.4 = mil
N x 0.225 = lb
N/mm x 5.71 = lb/in
N/mm² x 145 = psi
MPa x 145 = psi
N·m x 8.851 = lb·in
N·m x 0.738 = lb·ft
N·mm x 0.142 = oz·in
mPa·s = cP

Hinweis zum Herstellungsdatum

Dieses Technische Datenblatt ist gültig für LOCTITE® 460™, das ab den unten aufgeführten Daten hergestellt wurde:

Hergestellt in:	Erstes Herstellungsdatum:
EU	Offen
China	April 2012
Indien	Offen
U.S.A.	März 2012

Das Herstellungsdatum kann an Hand der Chargennummer auf der Verpackung ermittelt werden. Wenn Sie Unterstützung benötigen, wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen technischen Service oder den Kundenbetreuer.

Haftungsausschluss

Hinweis:

Die vorstehenden Angaben in diesem technischen Datenblatt (TDS), insbesondere Vorschläge für die Verarbeitung und den Einsatzbereich unserer Produkte, beruhen auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Auf Grund der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten und der außerhalb unseres Einflussbereiches liegenden Einsatz- und Arbeitsbedingungen übernehmen wir keine Haftung für die Eignung unserer Produkte für die relevanten Produktionsverfahren unter den konkreten Arbeitsbedingungen sowie die beabsichtigten Verarbeitungszwecke und Ergebnisse. Um eine solche Eignung sicherzustellen empfehlen wir in jedem Fall ausreichende vorherige Eigenversuche und Tests.

Jede aus den Hinweisen in diesem technischen Datenblatt und jede aus sonstiger schriftlicher oder mündlicher Beratung für das vorliegende Produkt resultierende Haftung ist ausdrücklich ausgeschlossen, es sei denn, dass individualvertraglich etwas anderes vereinbart wurde, ein Fall der Verletzung von Leib, Leben oder Gesundheit vorliegt, uns Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt oder eine Haftung nach zwingendem Produkthaftungsrecht besteht.

Bei Lieferung unserer Produkte durch Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS und Henkel France SA beachten Sie bitte zusätzlich folgendes:

Für den Fall, dass Henkel dennoch, aus welchem Rechtsgrund auch immer, in Anspruch genommen wird, ist die Haftung von Henkel in jedem Fall beschränkt auf den Wert der jeweils betroffenen Lieferung.

Bei Lieferung unserer Produkte durch Henkel Colombiana, S.A.S. findet Folgendes Anwendung:

Die vorstehenden Angaben in diesem technischen Datenblatt (TDS), insbesondere Vorschläge für die Verarbeitung und den Einsatzbereich unserer Produkte, beruhen auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Wir übernehmen keine Haftung für die Eignung unserer Produkte für die relevanten Produktionsverfahren unter den konkreten Arbeitsbedingungen sowie die beabsichtigten Verarbeitungszwecke und Ergebnisse. Um eine solche Eignung sicherzustellen empfehlen wir in jedem Fall ausreichende vorherige Eigenversuche und Tests.

Jede aus den Hinweisen in diesem technischen Datenblatt und jede aus sonstiger schriftlicher oder mündlicher Beratung für das vorliegende Produkt resultierende Haftung ist ausdrücklich ausgeschlossen, es sei denn, dass individualvertraglich etwas anderes vereinbart wurde, ein Fall der Verletzung von Leib, Leben oder Gesundheit vorliegt, uns Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit zur Last fällt oder eine Haftung nach zwingendem Produkthaftungsrecht besteht.

Bei Lieferung unserer Produkte durch Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc. oder Henkel Canada Corporation, findet Folgendes Anwendung:

Die hierin enthaltenen Daten dienen lediglich zur Information und gelten nach bestem Wissen als zuverlässig. Wir können jedoch keine Haftung für Ergebnisse übernehmen, die von anderen erzielt wurden, über deren Methoden wir keine Kontrolle haben. Der Anwender selbst ist dafür verantwortlich, die Eignung von hierin erwähnten

Produktionsmethoden für seine Zwecke festzustellen und Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen, die zum Schutz von Sachen und Personen vor den Gefahren angezeigt wären, die möglicherweise bei der Handhabung und dem Gebrauch dieser Produkte auftreten. **Dementsprechend lehnt die Firma Henkel im besonderen jede aus dem Verkauf oder Gebrauch von Produkten der Firma Henkel entstehende ausdrücklich oder stillschweigend gewährte Garantie ab, einschließlich aller Gewährleistungsverpflichtungen oder Eignungsgarantien für einen bestimmten Zweck. Die Firma Henkel lehnt im besonderen jede Haftung für Folgeschäden oder mittelbare Schäden jeder Art ab, einschließlich entgangener Gewinne.**

Die Tatsache, dass hier verschiedene Verfahren oder Zusammensetzungen erörtert werden, soll nicht zum Ausdruck bringen, dass diese nicht durch Patente für andere geschützt sind, bzw. unter Patenten der Firma Henkel lizenziert sind, die solche Verfahren oder Zusammensetzungen abdecken. Wir empfehlen jedem Interessenten, die von ihm beabsichtigte Anwendung vor dem serienmäßigen Einsatz zu testen und dabei diese Daten als Anleitung zu benutzen. Dieses Produkt kann durch eines oder mehrere in- oder ausländische Patente oder Patentanmeldungen geschützt sein.

Verwendung von Warenzeichen

Sofern nicht anderweitig ausgewiesen sind alle in diesem Dokument genannten Marken solche der Henkel Corporation in den USA und in anderen Ländern. Mit ® gekennzeichnet sind alle beim US- Patent- und Markenamt registrierte Marken.

Referenz 2.6

Henkel Americas
+860.571.5100

Henkel Europe
+49.89.9268.0

Henkel Asia Pacific
+81.45.758.1810

Den direktesten Zugang zu Informationen und Unterstützung in kaufmännischen und technischen Fragen finden Sie im Internet unter: www.henkel.com/industrial

Anhang 5: Datenblatt UHU PLUS ENDFEST 300

UHU Technisches Merkblatt

UHU PLUS ENDFEST 300

UHU PLUS ENDFEST 300 ist ein lösungsmittelfreier Zweikomponenten-Klebstoff auf Epoxidharz-Basis, der hochfeste Klebebindungen an zahlreichen Werkstoffen ermöglicht. UHU PLUS ENDFEST hat eine UL Zulassung.

Spezifikation UHU PLUS ENDFEST 300	
Chemische Basis	Epoxidharz
Klebetechnik	Naßkleben
Temperatureinsatzbereich	- 40 °C bis + 100 °C (abhängig von Material und Konstruktion; auch höhere Temperaturen möglich – siehe Diagramm Seite 3)
Konsistenz	Binder: hochviskos Härter: mittelviskos
Viskosität [mPa-sec]	Binder: 40.000 Härter: 30.000
Basis	Binder: Epoxidharz Härter: aliphatische Amine
Lösungsmittel	keine
Festkörpergehalt [%]	100
Dichte [g/cm³]	Binder: ca. 1,2 Härter: ca. 0,96
Flammpunkt [°C]	Binder: ca. 210 Härter: ca. 110
Gefahrenklasse (VbF)	keine
Kennzeichnung gemäß Gefahrstoff-Verordnung	Binder: reizend, umweltgefährlich, enthält Epoxidharz Härter: reizend, enthält Amine
Gefahrensymbol	Xi; N
Topfzeit (bei 20 °C)	90 min
Festigkeitswerte Handfestigkeit Funktionsfestigkeit Endfestigkeit	Mischungsverhältnis (Volumen) 1:1, Prüfung bei Raumtemperatur 6 h 12 h 24 h
Zugscherfestigkeiten* (UHU Methode in Anlehnung an DIN EN 53283)	Mischungsverhältnis (Volumen) 1:1, Prüfung bei Raumtemperatur 10 h: 5 N/mm² 24 h: 12 N/mm² 5 Tage: 17 N/mm² 1 Monat: 17 N/mm²
Zugscherfestigkeiten** (DIN EN 1465)	24 h: 16,5 N/mm² 1 Monat: 17,5 N/mm²
Mischungsverhältnis (Volumen)	1:1 (andere Mischungsverhältnisse möglich)
optimale Verarbeitungstemperatur	+18 °C bis +20 °C
Beständigkeit	viele Lösungsmittel, verdünnte Säuren und Laugen
nicht geeignete Materialien	Polyethylen, Polypropylen, Teflon®, Polystyrol, Weich-PVC und sonstige Materialien
Farbe	Binder: opak Härter: honigfarben

UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de

UHU **Technisches Merkblatt**

UHU PLUS ENDFEST 300

Prüfbedingungen:

* Prüfung UHU Methode in Anlehnung an DIN 53283; Prüfkörper AlCuMg1 Korundgestrahlt (ELK 90): 82,5mm x 25mm x 1,5mm; Überlappungslänge 25mm x 12,5mm = 312,5mm²; Prüfgeschwindigkeit 15mm/min; Klebstoffdicke 0,1mm

** Prüfung nach DIN EN 1465; Prüfkörper AlCuMg1 Korundgestrahlt (ELK 90): 82,5mm x 25mm x 1,5mm; Überlappungslänge 25mm x 12,5mm = 312,5mm²; Prüfgeschwindigkeit 1mm/min; Klebstoffdicke 0,2mm

Eigenschaften:

Nach dem Mischen der beiden Komponenten härtet UHU PLUS praktisch ohne Volumenverlust zu einem duroplastischen Kunstharz. Die Fügeteile benötigen lediglich den Fixierdruck. Anwendung höheren Druckes ist nicht erforderlich. Die Härtung erfolgt auch unter Luftabschluß. Die Verarbeitungskonsistenz ist so eingestellt, daß bei Raumtemperatur gute Benetzungsfähigkeit mit minimalem Laufbestreben vereinigt ist.
Das UHU PLUS-System gibt dem Anwender die Möglichkeit, durch Variation der Härtermenge zu härteren oder weicheren Endprodukten zu gelangen:

a) Mischungsverhältnis 100 Gewichtsteile Binder + 50 Gewichtsteile Härter
ergibt ein härteres Endprodukt mit etwas erhöhter Wärme-, Wasser- und Chemikalienbeständigkeit.

b) Mischungsverhältnis 100 Gewichtsteile Binder + 80 Gewichtsteile Härter
(gleichlange Stränge aus den Tuben) ist das normale Mischungsverhältnis für universelle Anwendung.

c) Mischungsverhältnis 100 Gewichtsteile Binder + 120 Gewichtsteile Härter
ergibt ein Endprodukt mit guter Flexibilität und verbesserter Schälfestigkeit, jedoch mit verminderter Wärme-, Wasser- und Chemikalienbeständigkeit.

In diesen Grenzen ist je nach Erfordernis jedes Mischungsverhältnis möglich. Mit erhöhtem Härteranteil verlängern sich Topfzeit und Härtung minimal.
Temperaturen unter 18 °C bremsen den Härtungsvorgang und ergeben schlechte Bindefestigkeiten, deshalb ist für die Verarbeitung in kühlen Arbeitsräumen oder im Freien Wärmezufuhr notwendig (Heizlüfter, Infrarotstrahler oder dergleichen).
Besonders hohe Klebefestigkeiten erzielt man, wenn die Härtung bei erhöhter Temperatur im Bereich zwischen 70 °C und 180 °C erfolgt. Hierzu folgende Temperatur/Zeitrelationen als minimale Härtungszeiten:

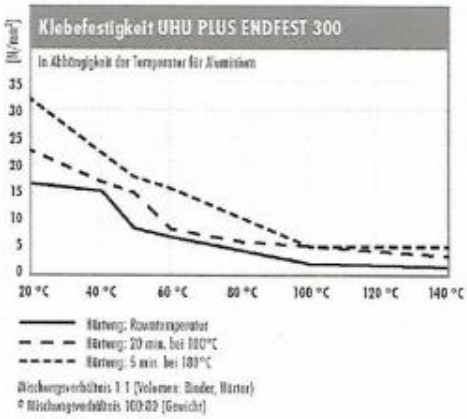
45 Minuten bei 70 °C
30 Minuten bei 80 °C
20 Minuten bei 90 °C
10 Minuten bei 100 °C
7 Minuten bei 120 °C
6 Minuten bei 140 °C
5 Minuten bei 150 - 180 °C

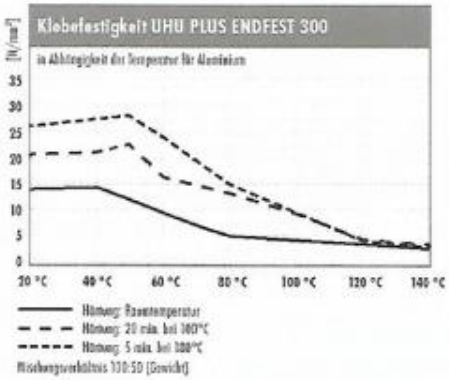
Temperaturen über 200 °C sind weder bei der Härtung noch bei späterer Beanspruchung der Klebung zu überschreiten, weil die Klebefestigkeit und die Stabilität der Substanz beeinträchtigt wird.

UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de

UHU Technisches Merkblatt

UHU PLUS ENDFEST 300





Durchführung: Zugscherfestigkeiten in Anlehnung an DIN 53286; vor Prüfung Lagerung 7 Tage bei 20 °C/65% relative Luftfeuchtigkeit; Zwick Prüfmaschine mit Temperierkammer (Prüfgeschwindigkeit: 50mm/min)

Prüfbedingungen: Überlappungslänge: 25mm x 10mm = 250mm², Prüfkörper: AlCuMg1 sandgestrahlt (Korund ELK 90): 82,5mm x 25mm x 1,5mm

Klebefestigkeit UHU PLUS ENDFEST 300 in Abhängigkeit der Temperatur

Temperatur	Aushärtezeit	Festigkeit*
20 °C	12 h	ca. 12 N/mm²
40 °C	3 h	ca. 18 N/mm²
70 °C	45 min	ca. 20 N/mm²
100 °C	10 min	ca. 25 N/mm²
180 °C	5 min	ca. 30 N/mm²

* bei Zugscherbeanspruchung für ALU

Beim Kleben von Werkstoffen mit unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten ist zu beachten, daß der Klebstoff bei Temperaturschwankungen die Längenänderungen nur bis zu einem gewissen Grade aufnehmen kann. Es empfiehlt sich deshalb, in solchen Fällen den Härteranteil der Mischung zu erhöhen und damit ein flexibleres Endprodukt einzustellen.
(s. Seite 1).
Größere Metallteile, z.B. Schilder, auf Glasflächen lassen sich später nur außerordentlich schwer wieder ablösen, da man den Klebstoff mit Harzauflösemitteln nur vom Rande her angreifen kann.
An großen Glasflächen, z.B. an Schaufensterscheiben, sollten deshalb mit UHU PLUS keine Schilder, Buchstaben u. dgl. geklebt werden, da die Haftung am Glas so gut ist, daß Schwingungen der Scheibe unter ungünstigen Umständen Muschelbrüche im Glas bewirken können.

UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de

UHU Technisches Merkblatt

UHU PLUS ENDFEST 300

Beständigkeiten:

UHU PLUS-Verklebungen sind beständig gegen Feuchtigkeit, Öl, verdünnte Säuren und Laugen und viele Lösungsmittel. Feuchtigkeit, verdünnte Säuren und verdünnte Laugen und Mineralöl beeinträchtigen die Bindefestigkeiten auch bei längerer Einwirkung kaum. Allgemeingültige Angaben können nicht gemacht werden, da stets eine Vielzahl von Faktoren, wie Angriffsmöglichkeiten, Einwirkungsdauer und Temperatur, das Verhalten der Klebekonstruktion beeinflussen.
UHU PLUS ist alterungs- und witterungsbeständig. Kälte, selbst sehr niedrige Temperaturen, beeinflussen den Klebstoff nicht.
Bei Temperaturen unterhalb minus 60 °C erniedrigen sich die Zugscherfestigkeitswerte auf etwa 75 - 80 % der bei Raumtemperatur gemessenen Werte; werden die Proben wieder auf Raumtemperatur erwärmt, so werden auch die ursprünglichen Klebefestigkeiten wieder erreicht.

Physikalische Eigenschaften:

Gehärtetes UHU PLUS hat ausgezeichnete elektrisch isolierende Eigenschaften:
Spezifischer Widerstand: $5{,}6\text{-}5{,}8 \cdot 10^{13}$ Ω·cm, ermittelt bei 100 V und 21 °C.
Die Wärmeleitfähigkeit nach DIN 52612 beträgt 0,249 W/m·K bei 28,3 °C.
Der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient liegt bei $90 \cdot 10^{-6}$ K^{-1} bei 20 °C.
Druckfestigkeiten
(nach DIN 53454 gemessen am 10 mm-Würfel): 100 : 50 GT ca. 69 N/mm²
100 : 80 GT ca. 45 N/mm²
GT = Gewichtsteile 100 : 100 GT ca. 16 N/mm²

Verarbeitung:

Vorbehandlung der Klebeflächen: Die Klebeflächen müssen vor dem Auftragen des Klebstoffs sehr gründlich gereinigt werden.
Vorteilhafterweise schmirgelt man zunächst mit Schleifleinen, Körnung 100, danach entfettet man mit Zellstoff, der mit einem Fettlösemittel (Aceton) befeuchtet ist. Spezielle Vorbehandlungen zur Erzielung höchster Bindefestigkeiten sind in der DIN-Vorschrift 53281, Blatt 1, beschrieben. (Zu beziehen durch Beuth-Verlag GmbH, Berlin)

Aluminium und seine Legierungen werden z.B. durch den sogenannten Pickling-Prozeß vorbehandelt: Die gereinigten Teile werden 30 Minuten in die 60 – 65 °C warme Beizlösung getaucht.
Diese Lösung besteht aus:

27,5 Gewichtsteilen konz. Schwefelsäure (Dichte 1,82 g/cm³)
7,5 Gewichtsteilen Natriumdichromat ($Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$)
65,0 Gewichtsteilen Wasser

Nach den Beizen wird sehr gründlich gespült und in Warmluft getrocknet. Andere Metalle: siehe DIN 53 281, Blatt 1.

Kautschuk: Die Klebefläche von Vulkanisaten aus Natur- oder Kunstkautschuk wird je nach Gummiqualität zwischen 2 und 10 Minuten mit konz. Schwefelsäure (Dichte 1,82 g/cm³) behandelt. Danach wird sehr gründlich gespült bis die Säurereste vollständig entfernt und getrocknet sind. Wenn beim Durchbiegen des Gummis auf der vorbehandelten Fläche feine Haarrisse erkennbar werden, ist die Klebefläche ausreichend vorbehandelt.

UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de

UHU Technisches Merkblatt

UHU PLUS ENDFEST 300

Glas, Porzellan und dergl. werden üblicherweise nur mit Lösungsmitteln entfettet. Bei Holz ist lediglich für staubfreie Oberfläche zu sorgen.

Gehärtete Kunststoffe (Duroplaste), wie Phenolharz (Bakelite), Melamin-, Harnstoff, Resorcin-, Polyester- und Epoxidharze schmirgelt man mit Schleifleinen (Körnung 100) und entfettet wie oben angegeben.

Für thermoplastische Kunststoffe, wie Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol und Weich-PVC eignet sich UHU PLUS nicht.

Dosieren und Mischen:

Genaues Dosieren und gründliches Mischen sind Voraussetzungen für gute Klebefestigkeiten und gleichmäßige Klebungen.
Das normale Mischungsverhältnis ist **1 :1 Volumenteile** (gleichlange Stränge aus den Tuben),
das sind 100 Gewichtsteile Binder
+ 80 Gewichtsteile Härter
Geringe Abweichungen im Binder/Härter-Verhältnis machen sich kaum bemerkbar.

Zum Anmischen benutzt man am besten Kunststoffbecher (z.B. aus Polyethylen) oder nichtparaffinierte Pappbecher. Kleine Mengen lassen sich auch auf einer Glasplatte oder dergleichen mit Holz- oder Metallspatel anmischen. Es soll solange gemischt werden, bis die Paste gleichmäßige Farbe zeigt; dabei muß die Masse an Wandung und Boden mit erfaßt werden.

Baldmöglich nach dem Mischen ist die Paste auf die Klebeflächen aufzubringen, um bestmögliche Benetzung zu gewährleisten. Das Auftragen geschieht mittels Holz- oder Metallspatel oder auch mit einem kurzborstigen Pinsel. Bei Großflächen verwendet man einen feingezahnten Spachtel, der das Aufbringen gleichmäßiger Mengen pro Fläche ermöglicht. Für Serienproduktion geben wir auf Anfrage gern Hinweise auf Hersteller von Dosier-, Misch- und Verarbeitungsgeräten.

Anmerkung für die Verarbeitung der Doppelkammerkartusche:
Mischdüse erst aufsetzen, sobald Materialaustritt aus beiden Kammern der Kartusche erfolgt.

Topfzeit (Gebrauchsdauer): Bei Raumtemperatur etwa 1 bis 1 1/2 Stunden.

Reinigung:

Die Reinigung von Arbeitsgeräten soll erfolgen, solange der Klebstoff noch nicht ausgehärtet ist. Hierzu sind Aceton sowie Nitroverdünner als Lösungsmittel geeignet. Dasselbe gilt für beschmutzte Kleidung. Der ausgehärtete Klebstoff kann nur mechanisch entfernt werden. Das Material auf Eignung prüfen.

Schutzmaßnahmen:

Bei der Verarbeitung von UHU PLUS ENDFEST 300 sollte man den Kontakt von Klebstoff mit der Haut möglichst vermeiden. Sauberkeit erleichtert die Arbeit. Die Hände sind baldmöglichst mit Wasser und Seife, keinesfalls mit Lösungsmittel zu reinigen. Bei Serienfertigung soll der Arbeitsplatz gut belüftet sein. Die gehärtete UHU PLUS-Substanz ist – wie die meisten Kunststoffmaterialien - physiologisch unbedenklich, geruchs- und geschmacksfrei. Eine Anwendung zur Verklebung von Teilen, die absehbar mit Lebensmitteln in Kontakt kommen können, wird nicht empfohlen, da der Klebstoff keine Zulassung nach FDA oder BGVV besitzt.

UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de

UHU Technisches Merkblatt

UHU PLUS ENDFEST 300

Lagerung:

Doppelkammerkartusche bitte stehend lagern und Produkt vor Frost schützen.

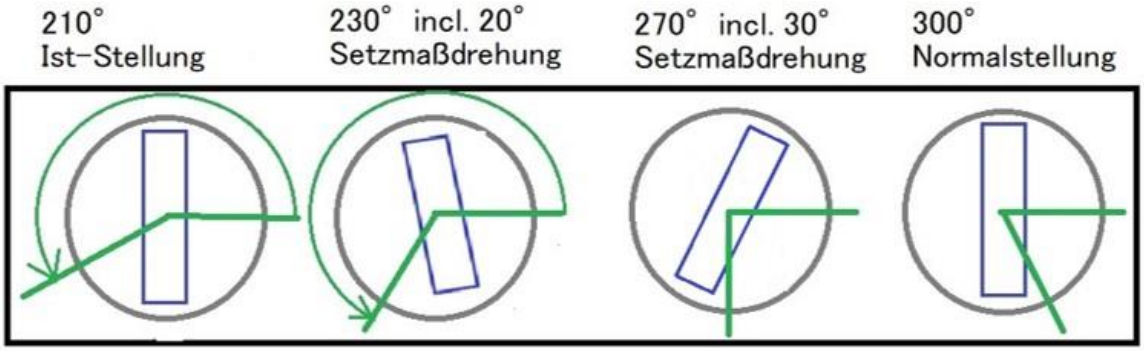
Gebindegrößen: Tube Binder, Tube Härter 15 g, 33 g, 163 g
Dose Binder 915 g / Dose Härter 740 g
Doppelkammerkartusche 50 ml / 53 g
Kanne Binder 5 kg / Kanne Härter 4 kg
Doppelkammerspritze inkl. statischem Mischer 15g

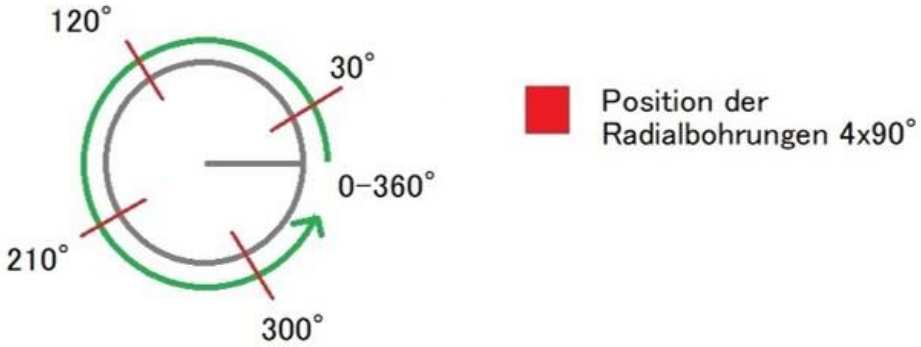
***

Hinweis:
Die obigen Angaben sind das Ergebnis sorgfältig durchgeführter Untersuchungen. Dieses Merkblatt soll Sie bei Ihren Arbeiten nach unserem besten Wissen beraten. Für die Ergebnisse und Schaden jeder Art können wir im jeweiligen Anwendungsfall keine Verantwortung übernehmen, da sich bei den vielfältigen Möglichkeiten (Werkstoffkombinationen und Arbeitsweise) die mitspielenden Faktoren unserer Kontrolle entziehen. Eigene Prüfungen und Versuche sind durchzuführen. Eine Gewährleistung kann nur auf die immer gleichbleibend hohe Qualität unseres Erzeugnisses übernommen werden.

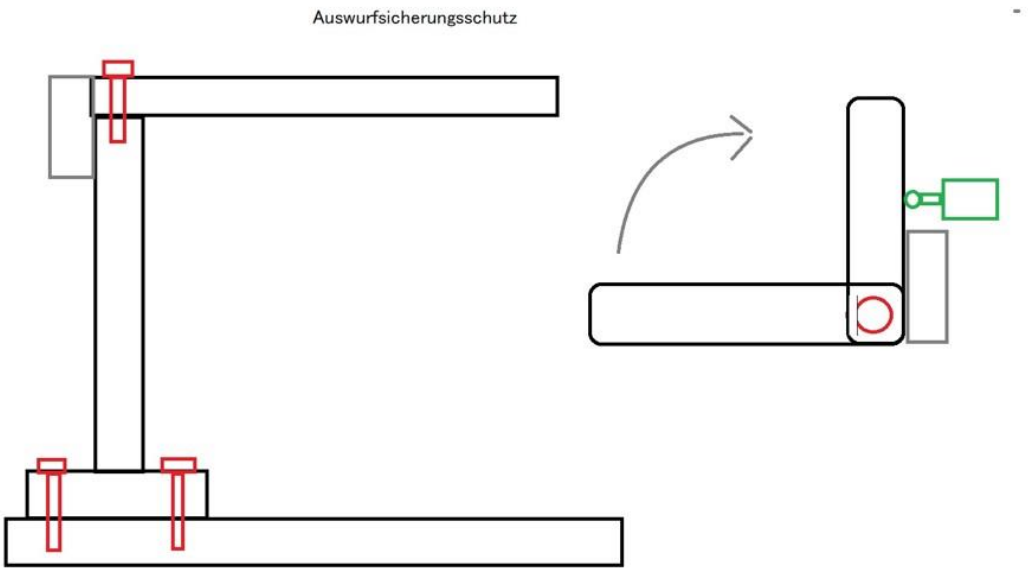
UHU GmbH & Co. KG 77813 Bühl (Baden) Tel.: (+49) 7223/284-0 Fax (+49) 7223/284-500 Internet: www.uhu.de

Anhang 6: Skizze Positionierung des Ausrichtbolzen

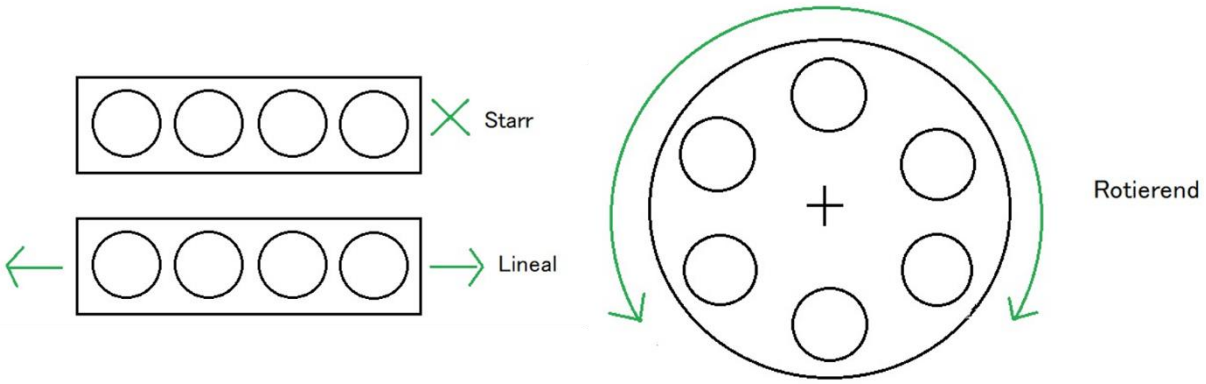




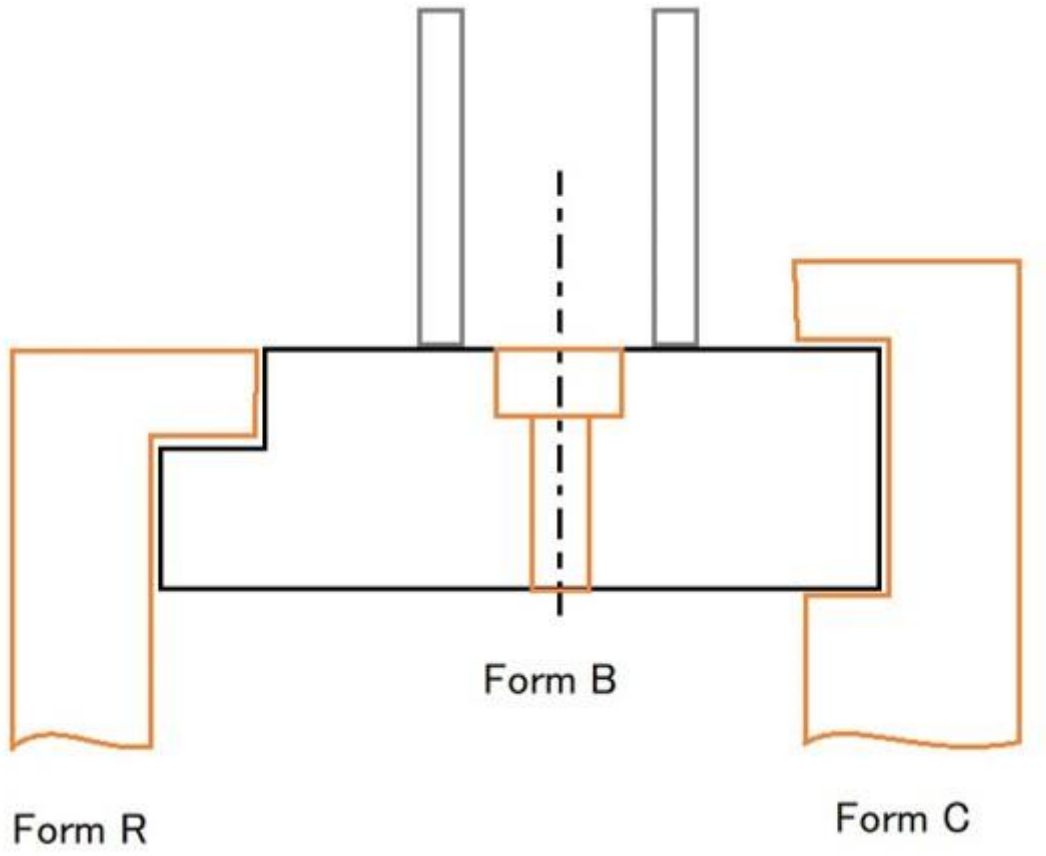
Anhang 7: Skizze Auswurfsicherung



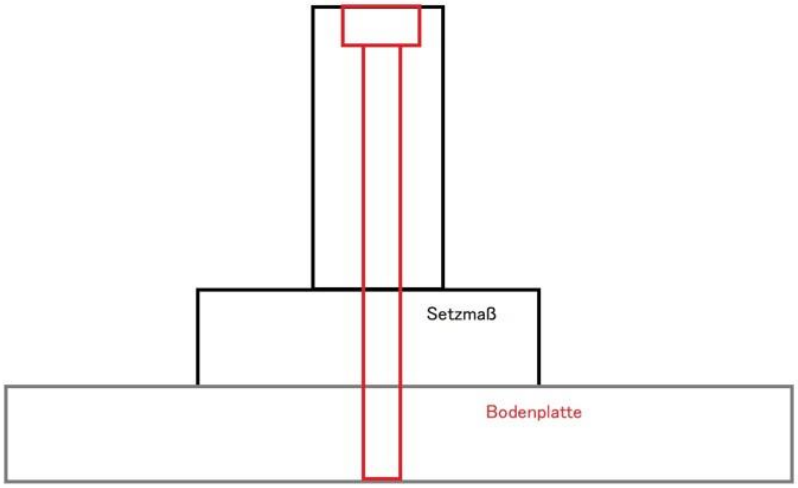
Anhang 8: Skizze Bewegungsarten



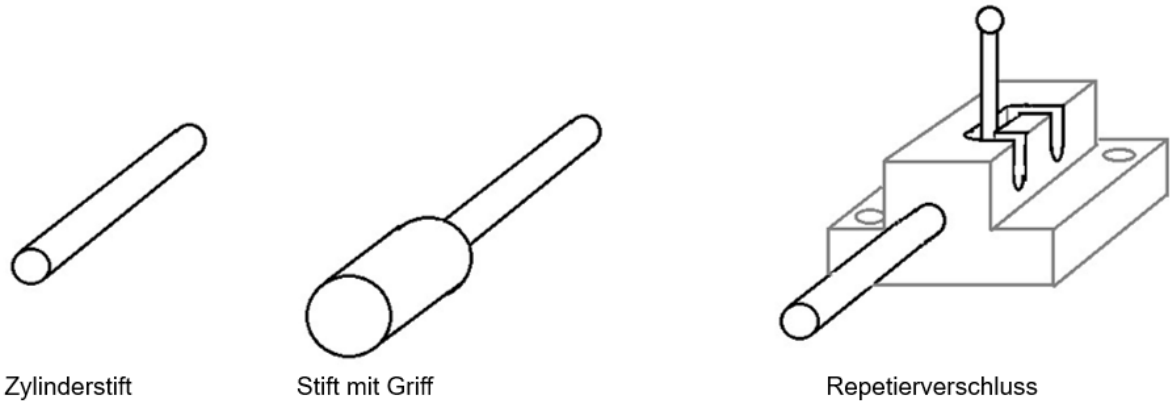
Anhang 9: Skizze Gegenhalterformen



Anhang 10: Skizze Setzmaßaufbau



Anhang 11: Skizze Radialbohrungsstifte

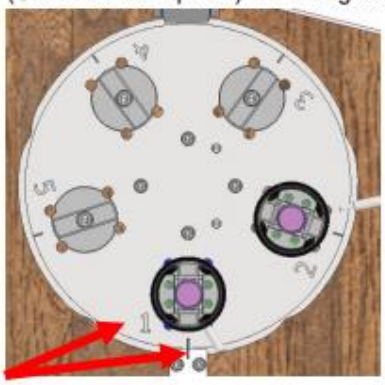


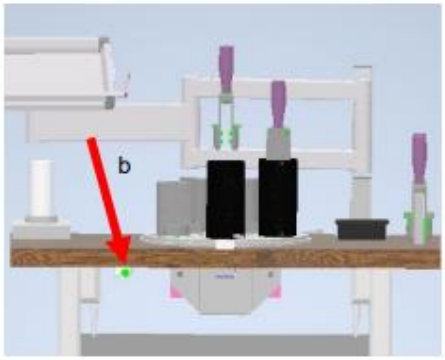
Anhang 12: Vorläufiger Ablaufplan

Vorläufiger Ablaufplan M80 - Motorengehäuse

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Montagvorrichtung unbestückt:
1. Rundtisch auf Position 1 vorpositionieren (a), dann den Handtaster (b) mit Rastung (Unter der Tischplatte) 1x betätigen.

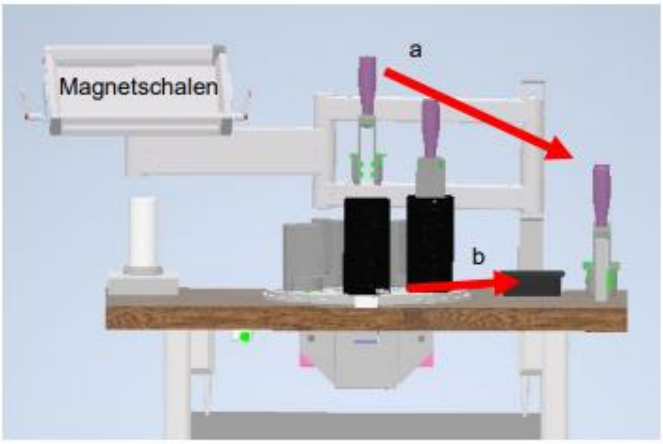




Dadurch wird der Rundtisch fixiert und man kann, ohne dass sich der Rundtisch bewegt, die Gehäuse und die Magnetschalen mit Spanner montieren.

Im linken Bild ist das gefederte Laufrad zu sehen, welches beim Vorpositionieren des Drehtellers hilft.

2. Den Handtaster ein weiteres Mal 1x drücken und den Rundtisch auf Position 2 weiterdrehen. Dann den 1. Schritt wiederholen, bis man wieder bei Kaliber 1 angekommen ist.
3. Den Magnetspanner entfernen (a) und auf den Ständer zwischenparken und, falls vorhanden, den Radialbohrungsstift entfernen (b) und in die Greifschale legen.

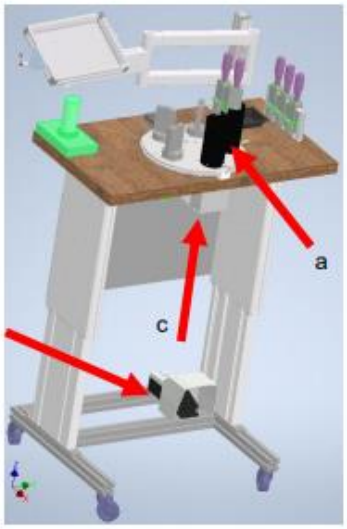


N. Bengsch, T. Hesse, J. Tolle

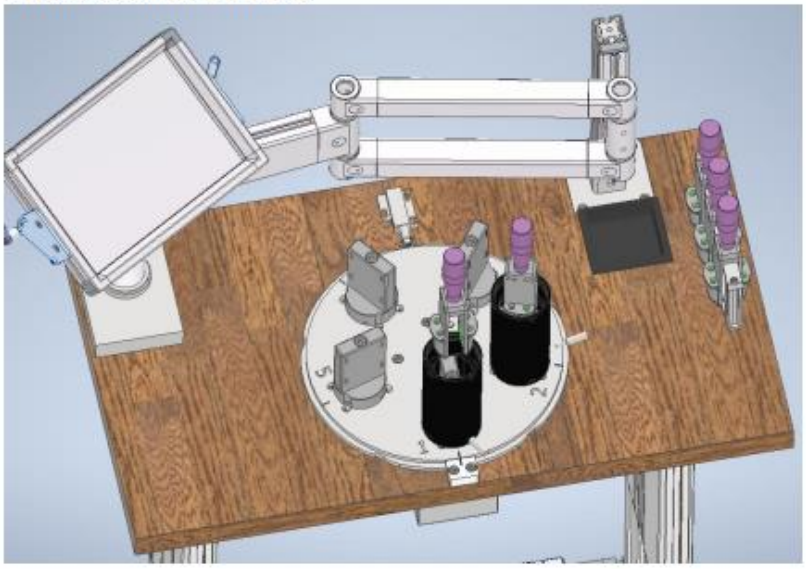
Vorläufiger Ablaufplan M80 - Motorengehäuse

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

4. Mit den Händen/einer Hand das Gehäuse festhalten (a) und den Fußtaster betätigen (b), dann fährt, solange der Fuß auf dem Taster steht, der Auswerfer aus (c). (Fährt nur aus, wenn der Drehtisch arretiert ist.)
Sobald man den Fußtaster (b) nicht mehr betätigt fährt der Auswerfer (c) wieder ein.



5. Sobald man das fertige Motorengehäuse entfernt hat, kann ein neues Gehäuse mit den Magnetschalen eingeklebt und gespannt werden und der Bearbeitungsprozess fängt von vorne an.
Bild unten dient zur Übersicht.

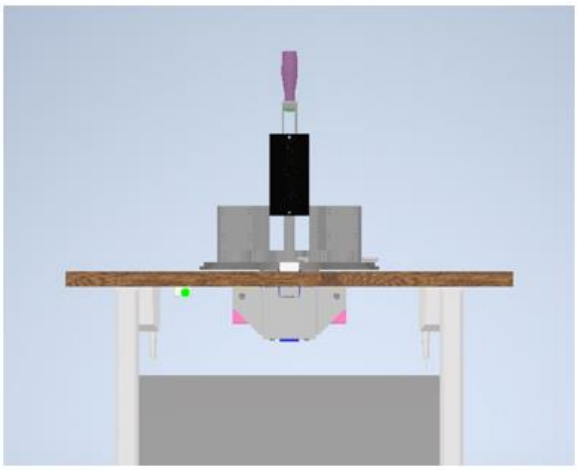


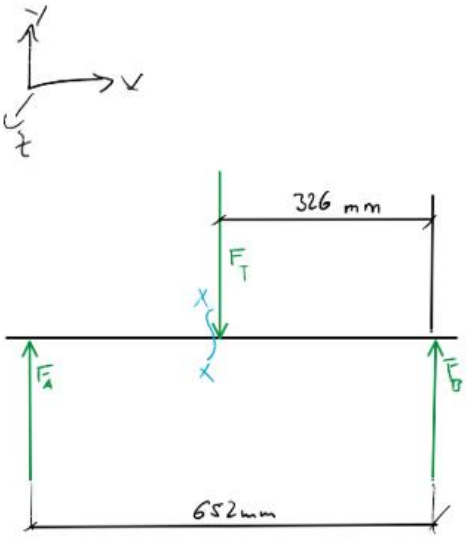
N. Bengsch, T. Hesse, J. Tolle

Anhang 13: Berechnung der Tischplatte

Tischplattenberechnung

Donnerstag, 4. März 2021 12:52





geg.: $m_T = 125\,kg$, $m_{MA} = 20\,kg$

$g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$

$l_1 = 652\,mm$

$l_2 = 326\,mm$

Annahme Mitarbeiterfaktor

$F_T = (m_T + m_{MA}) \cdot g = (125\,kg + 20\,kg) \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$

$F_T = 1422{,}45\,N$

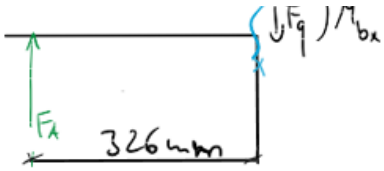
$\Sigma M_{(A)} = 0 = -F_T \cdot l_2 + F_B \cdot l_1$

$F_B = \frac{F_T \cdot l_2}{l_1} = \frac{1422{,}45\,N \cdot 326\,mm}{652\,mm} = 711{,}225\,N$

$\Sigma \uparrow + F_y = 0 = F_A - F_T + F_B$

$F_A = F_T - F_B = 1422{,}45\,N - 711{,}225\,N$

$F_A = 711{,}225\,N$



$\Sigma M_{(x)} = 0 = -F_A \cdot 326\,mm + M_{bx}$

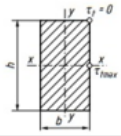
$M_{bx} = F_q \cdot 326\,mm$

$= 711{,}225\,N \cdot 0{,}326\,m$

$M_{bx} = 231{,}86\,Nm \;\hat{=}\; M_{b\,max}$

$F_q = F_A = 711{,}225\,N$

TB 1-14 Flächenmomente 2. Grades und Widerstandsmomente[1)]

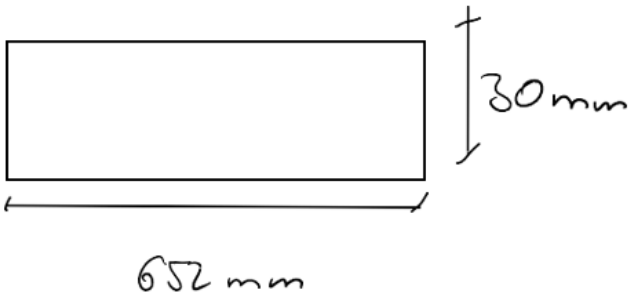
Querschnitt	Biegung: axiales Flächenmoment 2. Grades I_b	Biegung: axiales Widerstandsmoment W_b
Rechteck 	$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12}$ $I_y = \frac{h \cdot b^3}{12}$	$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$ $W_y = \frac{h \cdot b^2}{6}$

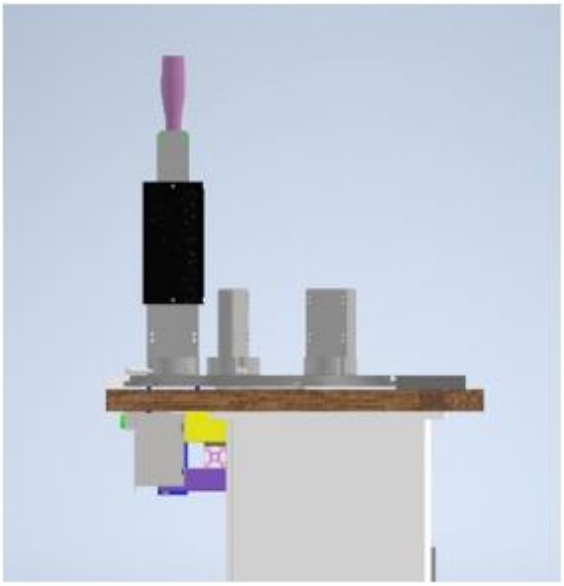
$$\sigma_{b\,max} = \frac{M_{b\,max}}{W_b}$$

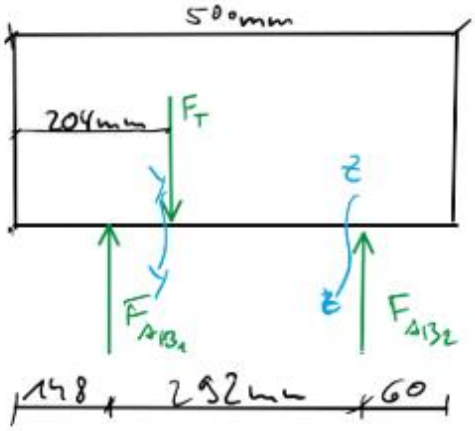
$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{652\,mm \cdot 30^2\,mm^2}{6}$$

$$W_b = 97800\,mm^3$$

$$\sigma_{b\,max} = \frac{231{,}86 \cdot 10^3\,Nmm}{97800\,mm^3} = 2{,}37\,N/mm^2$$







geg.: $l_1 = 250\,mm$

$l_2 = 204\,mm$

$l_3 = 500\,mm$

$F_T = 1422{,}45\,N$

$$\sum M_{(AB_1)} = 0 = -F_T \cdot 0{,}056\,m + F_{AB_2} \cdot 0{,}292\,m$$

$$F_{AB_2} = \frac{F_T \cdot 0{,}056\,m}{0{,}292\,m} = \frac{1422{,}45\,N \cdot 0{,}056\,m}{0{,}292\,m}$$

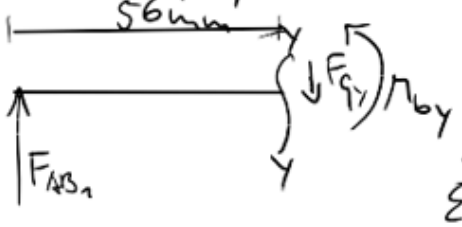
$$F_{AB_2} = \underline{272{,}80\,N}$$

$$\sum \uparrow F_y = 0 = F_{AB_1} - F_T + F_{AB_2}$$

$$F_{AB_1} = F_T - F_{AB_2} = 1422{,}45\,N - 272{,}80\,N$$

$$F_{AB_1} = \underline{1149{,}65\,N}$$

Schnitt y-y



$$F_{qy} = F_{AB_1} \mathrel{\hat{=}} 1149{,}65\,N$$

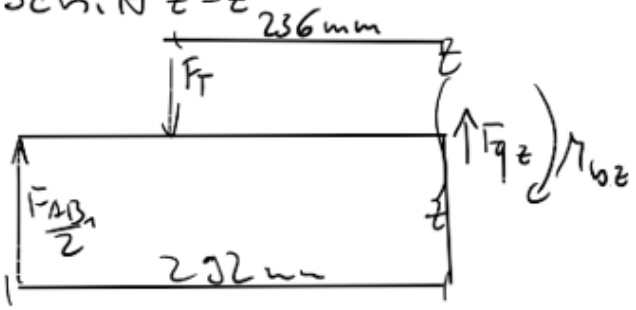
$$\sum M_{(y)} = 0 = -F_{AB_1} \cdot 56\,mm + M_{by}$$

$$M_{by} = F_{AB_1} \cdot 56\,mm$$

$$= 1149{,}65\,N \cdot 0{,}056\,m$$

$$M_{by} = \underline{64{,}38\,Nm}$$

Schnitt z-z



$$\Sigma F_y = 0 = F_{AB_1} - F_T + F_{qz}$$

$$M_{bz} = F_T \cdot 0{,}236\,m - F_{AB_1} \cdot 0{,}292\,m$$

$$F_{qz} = -F_{AB_1} + F_T$$

$$= -1149{,}65\,N + 1422{,}45\,N$$

$$F_{qz} = \underline{272{,}8\,N}$$

$$\overset{+}{\circlearrowleft} \Sigma M_{(z)} = 0 = F_T \cdot 236\,mm - F_{AB_1} \cdot 292\,mm - M_{bz}$$

$$= 1422{,}45\,N \cdot 0{,}236\,m - 1149{,}65\,N \cdot 0{,}292\,m$$

$$M_{bz} = \underline{4 \cdot 10^{-4}\,Nm} \;\hat{=}\; 0{,}0004\,Nm$$

<u>Biegefestigkeit auf reduzierten Querschnitt</u>

$$I_{ges} = I_1 - I_2 - I_3$$

$$I_1 = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_1 = \frac{900\,mm \cdot 30^3\,mm^3}{12}$$

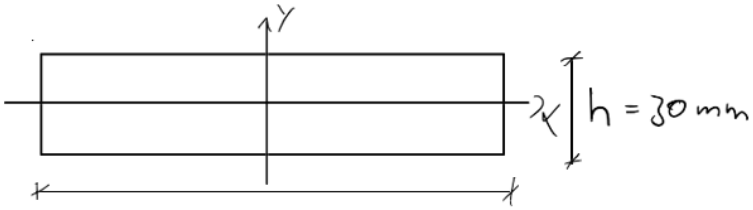
$$I_1 = \underline{2025000\,mm^4}$$

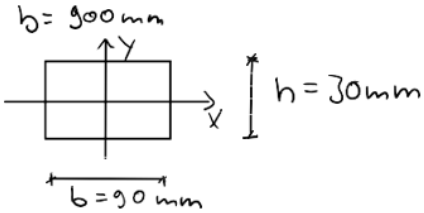
$$I_2 = \frac{90\,mm \cdot 30^3\,mm^3}{12}$$

$$I_2 = \underline{202500\,mm^4}$$

$$I_3 = \frac{129\,mm \cdot 30^3\,mm^3}{12}$$

$$I_3 = \underline{290250\,mm^4}$$

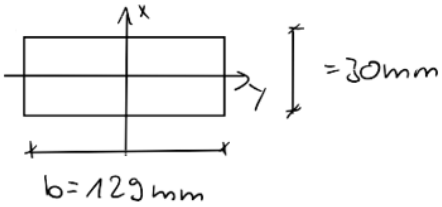




$$I_{ges} = 2025000\,mm^4 - 202500\,mm^4 - 290250\,mm^4$$

$$I_{ges} = \underline{1532250\,mm^4}$$

$$e = 15\,_\,_$$



$$W_{ges} = \frac{I_{ges}}{e}$$

$$= \frac{1532250\ mm^4}{15\ mm}$$

$$W_{ges} = \underline{102150\ mm^3}$$

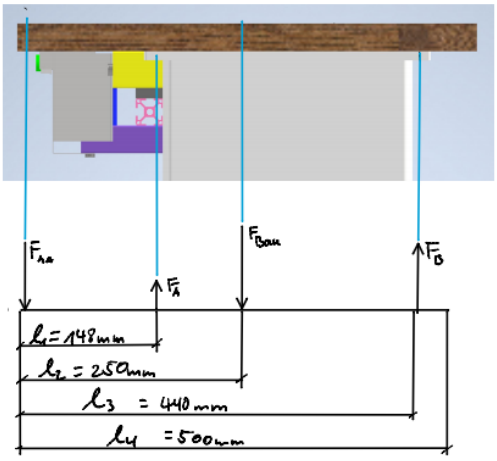
$$\sigma_{bmax} = \frac{M_{bmax}}{W_{ges}} = \frac{231.86 \cdot 10^3\ Nmm}{102150\ mm^3} = \underline{\underline{2{,}27\ N/mm^2}} \leq \sigma_{bzul} = \underline{120\ N/mm^2}$$

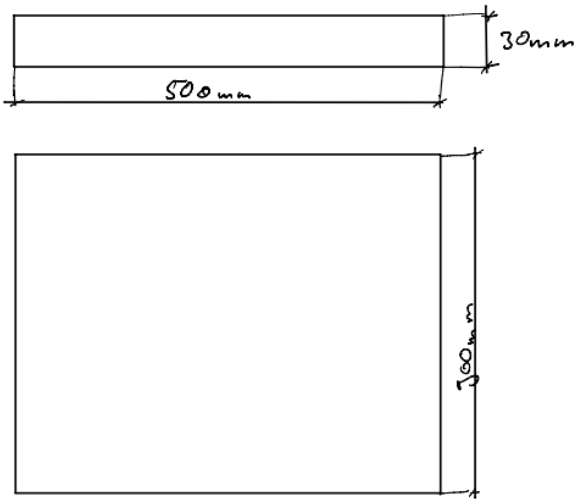
σ_{bzul} nach DIN 68 364: 2003-05: hat eine Biegefestigkeit von 120 N/mm², da Multiplexplatten deutlich verbesserte Materialeigenschaften haben wird die Multiplexplatte halten.

Anhang 14: Schraubenberechnung der Tischplatte

Tischplatten Schrauben

Donnerstag, 11. März 2021 08:04





Platte wird als steif angenommen

geg.: $m_{MA} = 20\,kg$ $\quad g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$

$m_{Bau} = 125\,kg$

$$F_{MA} = m_{MA} \cdot g = 20\,kg \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2} = \underline{196{,}2\,N}$$

$$F_{Bau} = m_{Bau} \cdot g = 125\,kg \cdot 9{,}81\,\frac{m}{s^2} = \underline{1226{,}25\,N}$$

$$\overset{+\circlearrowleft}{\sum M_{(A)}} = 0 = F_{MA} \cdot l_1 - F_{Bau} \cdot l_2 + F_B \cdot l_3 \cdot 2$$

$$F_B = \frac{-F_{MA} \cdot l_1 + F_{Bau} \cdot l_2}{l_3 \cdot 2}$$

$$= \frac{-196{,}2\,N \cdot 148\,mm + 1226{,}25\,N \cdot 250\,mm}{440\,mm \cdot 2}$$

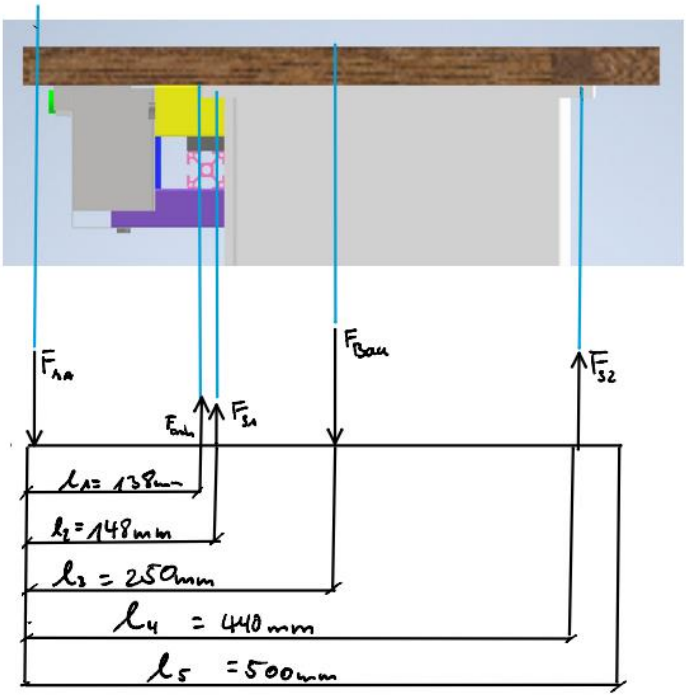
$$F_B = \underline{\underline{315{,}37\,N}}$$

$$\sum \uparrow + F_y = 0 = -F_{MA} + F_A - F_{Bau} + F_B$$

$$F_A = F_{MA} + F_{Bau} - F_B$$

$$= 196{,}2\,N + 1226{,}25\,N - 315{,}37\,N$$

$$F_A = \underline{\underline{1107{,}08\,N}}$$



Ansatzstrahlensatz

$$\frac{F_{S1}}{(l_2-l_1)} = \frac{F_{S2}}{(l_4-l_1)}$$

$$F_{S1} = \frac{F_{S2}\cdot(l_2-l_1)}{(l_4-l_1)}$$

$F_{MA} = 196{,}2\,N$

$F_{Bau} = 1226{,}25\,N$

$$\sum \overset{+\circlearrowleft}{M}_{(rel)} = 0 = F_{MA}\cdot l_1 + F_{S1}\cdot(l_2-l_1) - F_{Bau}\cdot(l_3-l_1) + F_{S2}\cdot(l_4-l_1)$$

$$= F_{MA}\cdot l_1 + \frac{F_{S2}\cdot(l_2-l_1)}{(l_4-l_1)}\cdot(l_2-l_1) - F_{Bau}\cdot(l_3-l_1) + F_{S2}\cdot(l_4-l_1)$$

$$-F_{MA}\cdot l_1 + F_{Bau}\cdot(l_3-l_1) = \frac{F_{S2}\cdot(l_2-l_1)}{(l_4-l_1)}\cdot(l_2-l_1) + F_{S2}\cdot(l_4-l_1)$$

$$-F_{MA}\cdot l_1 + F_{Bau}\cdot(l_3-l_1) = F_{S2}\cdot\left(\left(\frac{(l_2-l_1)}{(l_4-l_1)}\cdot(l_2-l_1)\right) + (l_4-l_1)\right)$$

$$F_{S2} = \frac{-F_{MA}\cdot l_1 + F_{Bau}\cdot(l_3-l_1)}{\left(\left(\frac{(l_2-l_1)}{(l_4-l_1)}\cdot(l_2-l_1)\right) + (l_4-l_1)\right)}$$

$$F_{S2} = \frac{-196{,}2N\cdot 138mm + 1226{,}25N\cdot 112mm}{\left(\left(\frac{10mm}{302mm}\cdot 10mm\right) + (302mm)\right)}$$

$F_{S2} = \underline{365N}$ ⇒ nötige Vorspannkraft

$$F_{S1} = \frac{F_{S2}\cdot(l_2-l_1)}{(l_4-l_1)} = \frac{365N\cdot 10mm}{302mm}$$

$F_{S1} = \underline{12\,N}$

Sicherheit angenommen $\Rightarrow S = 2$

$F_{Spmin} = F_{S2} \cdot S$

$F_{Spmin} = 365\,N \cdot 2 = 730\,N$

$K_A = 2{,}5$

$F_{Sp\,max} = F_{Spmin} \cdot K_A$

$= 730\,N \cdot 2{,}5$

$F_{Spmax} = 1825\,N \mathrel{\hat{=}} 1{,}825\,kN$

TB 8-11

Drehmomentgesteuertes Anziehen mit *Drehmomentschlüssel, signalgebendem Schlüssel* oder *Drehschrauber* mit dynamischer Drehmomentmessung und Bestimmung der Anziehdrehmomente durch Schätzen der Reibungszahl (Oberflächen- und Schmierverhältnisse)	für $\mu_G = \mu_K = 0{,}04-0{,}10$ ±23 % bis ±33 % für $\mu_G = \mu_K = 0{,}08-0{,}16$ ±26 % bis ±43 %	kleinerer Wert für messende Drehmomentschlüssel bei gleichmäßigem Anziehen und für Präzisionsdrehschrauber größerer Wert für Signal gebende oder ausknickende Drehmomentschlüssel	1,6 bis 2,0 1,7 bis 2,5

Mit Drehmomentenschlüssel gewählt damit die Sicherheit der Vorrichtung gewährleistet bleibt.

Nach TB 8-14 wäre eine M5 Schraube ausreichend, jedoch wird eine M8 Schraube gewählt, da die Bohrungen in den Tischbeinen für M8 Schrauben vorgesehen sind.

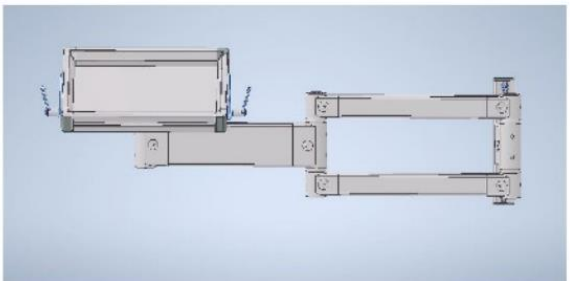
Regel- bzw. Feingewinde	$\mu_{ges} = \mu_G = \mu_K$	Schaftschrauben Spannkraft F_{sp} in kN bei Festigkeitsklasse[2] 8.8	10.9	12.9	Spannmoment M_{sp} in Nm bei Festigkeitsklasse[2] 8.8	10.9	12.9
M8	0,08	19,5	28,7	33,6	18,5	27,2	31,8
	0,10	19,1	28,0	32,8	21,3	31,8	37,2
	0,12	18,6	27,3	32,0	24,6	36,1	42,2
	0,14	18,1	26,6	31,1	27,3	40,1	46,9

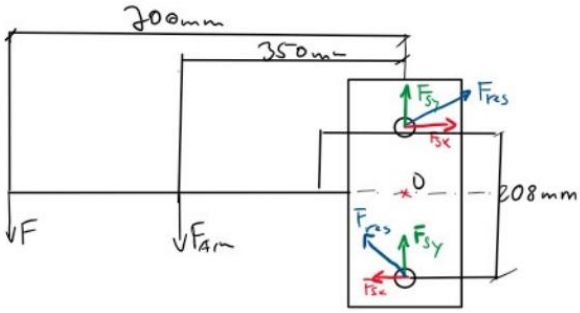
$M_{Sp} = 24{,}6\,Nm$ Anziehmoment

Anhang 15: Schraubenberechnung des Schwenkarms

Schraubenberechnung Schwenkarm

Donnerstag, 4. März 2021 10:56





Anmerkung: F = 250 kg angenommen da der Hersteller ein Maximalgewicht von 25 kg angibt.

geg.: $m_1 = 7{,}07\,kg$

$g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2} \approx 10\,\frac{m}{s^2}$

$l_1 = 700\,mm$

$l_2 = 208\,mm$

$l_3 = 104\,mm$

$m_2 = 7{,}65\,kg$

$l_4 = 350\,mm$

Maximalbelastung von

$F = 250\,N$

$F_{Arm} = m_1 \cdot g = 7{,}07\,kg \cdot 10\,\frac{m}{s^2}$

$F_{Arm} = 70{,}7\,N$

$F_{Ges} = F + F_{Arm}$

$= 250\,N + 70{,}7\,N$

$F_{Ges} = \underline{\underline{320{,}7\,N}}$

$\Sigma \uparrow F_y = 0 = -F - F_{Arm} + (F_{Sy} \cdot 2)$

$F_{Sy} = \frac{F + F_{Arm}}{2}$

$= \frac{320{,}7\,N}{2}$

$F_{Sy} = \underline{160{,}35\,N}$

$\Sigma \circlearrowleft M_{(0)} = 0 = F \cdot l_1 + F_{Arm} \cdot l_4 - 2 \cdot (F_{Sx} \cdot l_3)$

$F_{Sx} = \frac{F \cdot l_1 + F_{Arm} \cdot l_4}{2 \cdot l_3}$

$= \frac{250\,N \cdot 700\,mm + 70{,}7\,N \cdot 350\,mm}{2 \cdot 108\,mm}$

$F_{Sx} = \underline{924{,}245\,N}$

$F_{res} = \sqrt{F_{Sy}^2 + F_{Sx}^2}$

$= \sqrt{160{,}35^2\,N^2 + 924{,}245^2\,N^2}$

$F_{res} = \underline{\underline{938{,}544\,N}}$ ⇒ resultierende Querkraft auf der Schraube

Reibwert für Al_2O_3 nach TB 4-1b

$\mu = 0{,}4$ $\quad F_N \hat{=} F_z$, $F_R = F_{res}$

$F_R = F_N \cdot \mu$

$F_N = \frac{F_R}{\mu} = \frac{938{,}544\,N}{0{,}4}$

$F_N = 2346{,}36\,N$ ⇒ Längskraft der Schraube

$F_z = 2346{,}36\,N$ notwendige Vorspannung

Sicherheit = $S = 2$

$F_{Spmin} = F_z \cdot S = 2346{,}36\,N \cdot 2$

$F_{Spmin} = 4692{,}72\,N$

$K_A = 2{,}5$

b) Gleitreibungszahlen μ bei Festkörperreibung (nach Versuchen)

Hinweis: Die Reibungszahl ist keine Werkstoffeigenschaft, sondern die Kenngröße eines tribologischen Systems. Entsprechend den Einflussgrößen Werkstoffart, Oberflächenbeschaffenheit, Temperatur, Gleitgeschwindigkeit und Flächenpressung kann sie in bestimmten Grenzen schwanken. Verlässliche Reibungszahlen müssen unter anwendungsnahen Bedingungen experimentell ermittelt werden.

Werkstoff	Gleitreibungszahl μ	
	Paarung mit gleichem Werkstoff	Paarung mit gehärtetem Stahl
Aluminium	1,3	0,5
Chrom	1,5	1,2
Nickel	0,7	0,5
Gusseisen	0,4	0,4
Stahl, gehärtet	0,6	0,6
Lagermetall (PbSb)	–	0,5
CuZn-Legierung	–	0,5
Al_2O_3-Keramik	0,4	0,7
Polyamid (Nylon)	1,2	0,4
Polyethylen PE-HD	0,4	0,1
Polytetrafluorethylen	0,12	0,05
Polystyrol und Polyvinylchlorid PVC-U	–	0,5
Polyoxymethylen	–	0,4

Hinweis: Reibungszahl einer Stahlgleitpaarung in Abhängigkeit vom Gleitweg bei Festkörperreibung

Anwendungsfaktor = k_A TB 8-11

Drehmomentgesteuertes Anziehen mit *Drehmomentschlüssel, signalgebendem Schlüssel* oder *Drehschrauber* mit dynamischer Drehmomentmessung und Bestimmung der Anziehdrehmomente durch Schätzen der Reibungszahl (Oberflächen- und Schmierverhältnisse)	für $\mu_G = \mu_K = 0{,}04-0{,}10$ ±23 % bis ±33 % für $\mu_G = \mu_K = 0{,}08-0{,}16$ ±26 % bis ±43 %	kleinerer Wert für messende Drehmomentschlüssel bei gleichmäßigem Anziehen und für Präzisionsdrehschrauber größerer Wert für Signal gebende oder ausknickende Drehmomentschlüssel	1,6 bis 2,0 1,7 bis 2,5

$F_{Spmax} = F_{Spmin} \cdot k_A = 4692{,}72\,N \cdot 2{,}5$

$F_{Spmax} = 11731{,}8\,N \approx 11{,}7\,kN$

μ_{ges} aus TB 8-12a

0,12 … 0,18 = 0,12 niedrigster Wert gewählt

Gesamtreibungszahl = μ_{ges}

schwarz oder phosphatiert	
leicht geölt	MoS_2 geschmiert
0,12 … 0,18	0,08 … 0,12

laut TB 8-14

↳ M8 mit Festigkeitsklasse 8.8 und $\mu_{ges} = 0{,}12$

⇒ $F_{Sp} = 18{,}6\,kN > 11{,}7\,kN$ Schraube hält

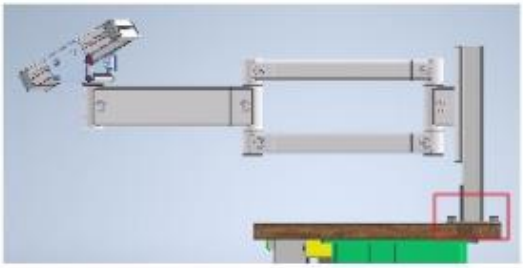
$M_{Sp} = 24{,}6\,Nm$ Anziehmoment

Regel- bzw. Feingewinde	$\mu_{ges} = \mu_G = \mu_K$	Schaftschrauben Spannkraft F_{sp} in kN bei Festigkeitsklasse[2] 8.8	10.9	12.9	Spannmoment M_{sp} in Nm bei Festigkeitsklasse[2] 8.8	10.9	12.9
M8	0,08	19,5	28,7	33,6	18,5	27,2	31,8
	0,10	19,1	28,0	32,8	21,3	31,8	37,2
	0,12	18,6	27,3	32,0	24,6	36,1	42,2
	0,14	18,1	26,6	31,1	27,3	40,1	46,9

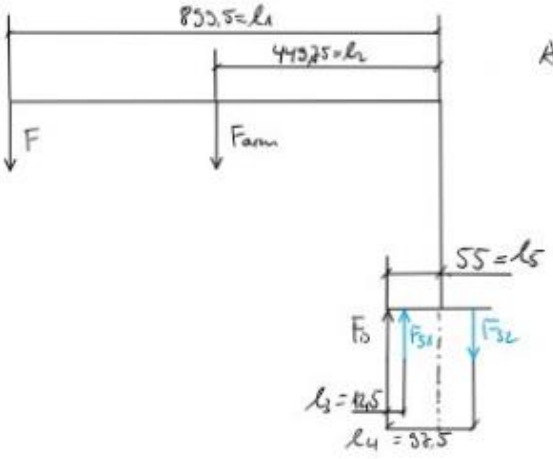
Anhang 16: Schraubenberechnung des Standfußes

Standfuß Berechnung

Donnerstag, 18. März 2021 08:30



Diese Ansicht gewählt da dies der ungünstigste Fall ist, hierbei treten die größeren Kräfte auf.



Annahme: 4 Schrauben im Fuß

Strahlensatz

$$\frac{F_{S1}}{l_3} = \frac{F_{S2}}{l_4}$$

Maximalbelastung von

$F = 250N$

$F_{arm} = m_a \cdot g = 7,07kg \cdot 10 \frac{m}{s^2}$

$F_{arm} = 70,7 N$

$F_{ges} = F + F_{arm}$

$= 250N + 70,7N$

$F_{ges} = 320,7N$

$$\frac{F_{S1}}{l_3} = \frac{F_{S2}}{l_4}$$

$$F_{S1} = \frac{F_{S2} \cdot l_3}{l_4}$$

$$\sum M_{(B)} = 0 = F \cdot (l_1 - l_5) + F_{arm} \cdot (l_2 - l_5) + F_{S1} \cdot l_3 - F_{S2} \cdot l_4$$

$$= F \cdot (l_1 - l_5) + F_{arm} \cdot (l_2 - l_5) + \frac{F_{S2} \cdot l_3}{l_4} \cdot l_3 - F_{S2} \cdot l_4$$

$$= F \cdot (l_1 - l_5) + F_{arm} \cdot (l_2 - l_5) + F_{S2} \cdot \left(\left(\frac{l_3}{l_4} \cdot l_3\right) - (l_4)\right)$$

$$F_{S2} = \frac{-F \cdot (l_1 - l_5) - F_{arm} \cdot (l_2 - l_5)}{\left(\left(\frac{l_3}{l_4} \cdot l_3\right) - (l_4)\right)}$$

$$= \frac{-250\,N \cdot (899{,}5 - 55)\,mm - 70{,}7\,N \cdot (449{,}75 - 55)\,mm}{\left(\left(\frac{12{,}5}{37{,}5} \cdot 12{,}5\right)mm - (37{,}5)\,mm\right)}$$

$F_{S2} = 2492{,}60\,N$ => für zwei Schrauben

$$F_{S1} = \frac{F_{S2} \cdot l_2}{l_4} = \frac{2492{,}6\,N \cdot 12{,}5\,mm}{37{,}5\,mm}$$

$F_{S1} = 319{,}56\,N$ => für zwei Schrauben

Anmerkung: Die Kräfte der Schrauben sind zu halbieren, F_{S2} gilt für zwei Schrauben. So ergibt sich eine Kraft je Schraube von $F_{S2\,einzel}$ 1246,30 N.

Sicherheit angenommen von 2 nach Sicherheiten des Maschinenbaus

$F_{Spmin} = F_{S2\,einzel} \cdot S$

$= 1246{,}30\,N \cdot 2$

$F_{Spmin} = 2492{,}60\,N$

$k_A = 2{,}5$

TB 8-11

Drehmomentgesteuertes Anziehen mit *Drehmomentschlüssel, signalgebendem Schlüssel* oder *Drehschrauber* mit dynamischer Drehmomentmessung und Bestimmung der Anziehdrehmomente durch Schätzen der Reibungszahl (Oberflächen- und Schmierverhältnisse)	für $\mu_G = \mu_K = 0{,}04-0{,}10$ ±23 % bis ±33 % für $\mu_G = \mu_K = 0{,}08-0{,}16$ ±26 % bis ±43 %	kleinerer Wert für messende Drehmomentschlüssel bei gleichmäßigem Anziehen und für Präzisionsdrehschrauber größerer Wert für Signal gebende oder ausknickende Drehmomentschlüssel	1,6 bis 2,0 1,7 bis 2,5

Mit Drehmomentenschlüssel gewählt damit die Sicherheit der Vorrichtung gewährleistet bleibt.

$F_{Spmax} = F_{Spmin} \cdot k_A$

$= 2492{,}60\,N \cdot 2{,}5$

$F_{Spmax} = 6231{,}5\,N \hat{=} 6{,}2\,kN$

Nach TB 8-14 wäre eine M5 Schraube ausreichend, jedoch wird eine M12 Schraube gewählt, da die Bohrungen des Standfußes für M12 Schrauben ausgelegt sind.

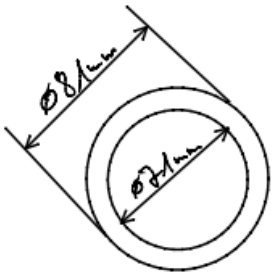
Regel- bzw. Feingewinde	$\mu_{ges} = \mu_G = \mu_K$	Schaftschrauben Spannkraft F_{sp} in kN bei Festigkeitsklasse[2] 8.8	10.9	12.9	Spannmoment M_{sp} in Nm bei Festigkeitsklasse[2] 8.8	10.9	12.9
M12	0,08	45,2	66,3	77,6	62,7	92,0	108
	0,10	44,1	64,9	75,9	73,5	108	126
	0,12	43,1	63,3	74,1	83,6	123	144
	0,14	41,9	61,6	72,1	93,1	137	160

$M_{Sp} = 83{,}6\,Nm$ Anziehmoment

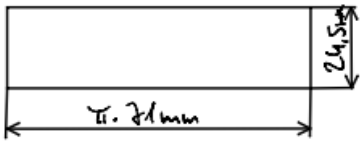
Anhang 17: Berechnung der Klebekraft

Klebekraft Berechnung

Donnerstag, 15. April 2021 17:26



Ringfläche des Motorengehäuses.



Mantelfläche des größten Setzmaßes

$$A_{Ring} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} =$$

$$= \frac{\pi \cdot 80mm^2}{4} - \frac{\pi \cdot 71mm^2}{4}$$

$$A_{Ring} = \underline{1067,36\,mm^2}$$

$$A_{Setz} = \pi \cdot d \cdot h$$

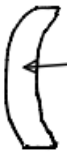
$$= \pi \cdot 71mm \cdot 24,5mm$$

$$A_{Setz} = \underline{5464,8\,mm^2}$$

$$A_{max} = A_{Ring} + A_{Setz} + A_{Mag}$$

$$A_{max} = 1067,36mm^2 + 5464,8mm^2 + 784,6mm^2$$

$$A_{max} = \underline{7317\,mm^2}$$



Fläche der Magnetschale

A_{Mag} = aus STEP-Daten entnommen

$A_{Mag} = 392,314mm^2$

durch zwei Schalen ergibt sich eine Gesamtfläche von $\underline{784,6mm^2}$.

Zugfestigkeit ist als Annahme aus dem Datenblatt entnommen. Da die Aushärtezeit vor dem Ofen sich auf maximal 40sec beläuft ist ein Wert von $\underline{0,1\,N/mm^2}$ angenommen worden.

$$F = \tau_K \cdot A_{max} \Rightarrow 0,1\,N/mm^2 \cdot 7317mm^2 =$$

$$F_{max} = \underline{731,7N}$$

Es ist eine Zusatzkraft von 20N hinzugefügt worden.

$$F_{gesamt} = F_{max} + F_{Zu} = 731,7N + 20N = \underline{751,7N \approx 752N}$$

Setzmaß und Magnetschalen

$A_{setz} + A_{Mag} = A_{res}$

$5464{,}8\,mm^2 + 784{,}6\,mm^2 = \underline{6249{,}4\,mm^2}$

$F_{res} = \tau_{lc} \cdot A_{res} = 0{,}1\,N/mm^2 \cdot 6249{,}4\,mm^2 =$

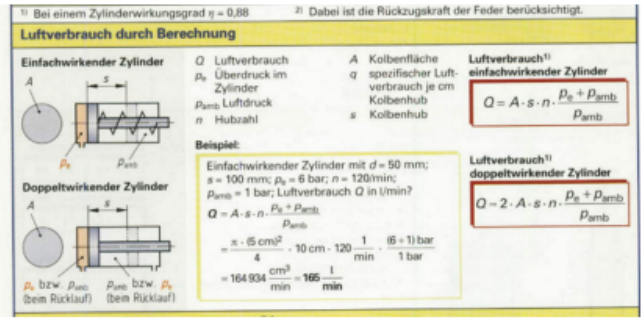
$F_{res} = \underline{624{,}94\,N \approx 625\,N}$

Diese Ergebnisse sind für die Staffelung der Erfüllungsgrade wichtig.

Anhang 18: Berechnung des Luftverbrauchs

Luftverbrauch, Zylinder

Donnerstag, 1. April 2021 13:05



[1] Bei einem Zylinderwirkungsgrad $\eta = 0{,}88$ [2] Dabei ist die Rückzugskraft der Feder berücksichtigt.

Luftverbrauch durch Berechnung

Einfachwirkender Zylinder

Doppeltwirkender Zylinder

Q Luftverbrauch
p_e Überdruck im Zylinder
p_{amb} Luftdruck
n Hubzahl
A Kolbenfläche
q spezifischer Luftverbrauch je cm Kolbenhub
s Kolbenhub

Luftverbrauch[1] einfachwirkender Zylinder

$$Q = A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}}$$

Luftverbrauch[1] doppeltwirkender Zylinder

$$Q = 2 \cdot A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}}$$

Beispiel:

Einfachwirkender Zylinder mit $d = 50$ mm; $s = 100$ mm; $p_e = 6$ bar; $n = 120$/min; $p_{amb} = 1$ bar; Luftverbrauch Q in l/min?

$$Q = A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{amb}}{p_{amb}}$$

$$= \frac{\pi \cdot (5\ \text{cm})^2}{4} \cdot 10\ \text{cm} \cdot 120\ \frac{1}{\text{min}} \cdot \frac{(6+1)\ \text{bar}}{1\ \text{bar}}$$

$$= 164\,934\ \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} = 165\ \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

p_e bzw. p_{amb} (beim Rücklauf) p_{amb} bzw. p_e (beim Rücklauf)

$$Q = 2 \cdot A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e \quad p_{amb}}{p_{amb}}$$

$s = 40\,mm$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (25^2\,mm^2)}{4} = \underline{490{,}87\,mm^2}$$

$n = 4/min$

Annahme: Zylinder fährt pro Minute zweimal ein und zweimal aus.

$p_e = 6\,bar \mathrel{\hat{=}} 0{,}6\,N/mm^2$

$p_{amb} = 1\,bar \mathrel{\hat{=}} 0{,}1\,N/mm^2$

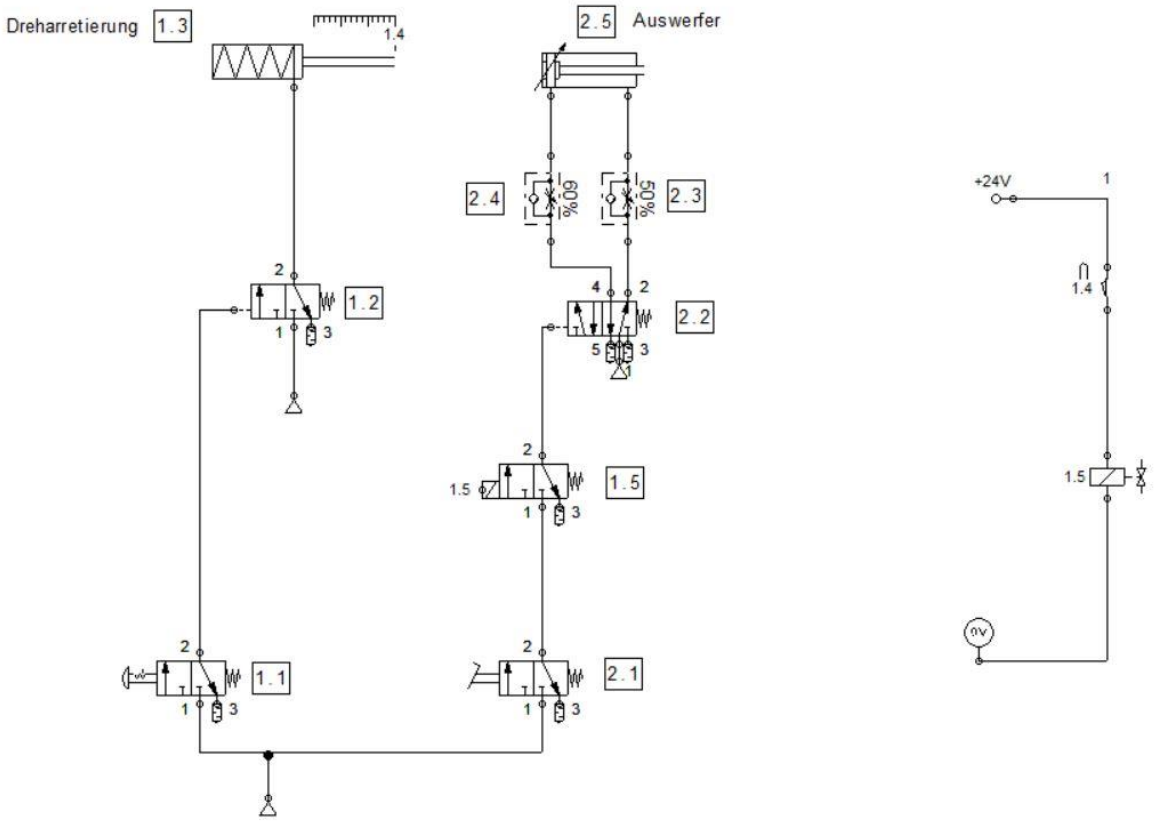
$$Q = 2 \cdot 490{,}87\,mm^2 \cdot 40\,mm \cdot 4/min \cdot \frac{6\,bar + 1\,bar}{1\,bar}$$

$$Q = 1099548\ \frac{mm^3}{min} \Rightarrow 1099\ \frac{cm^3}{min} \Rightarrow \underline{\underline{1{,}1\ \frac{l}{min}}}$$

Aufgrund des geringen Luftverbrauchs ($1{,}1\,\frac{l}{min}$) muss dieser bei der Auswahl der Pneumatikkomponenten nicht weiter berücksichtigt werden.

Anhang 19: Pneumatikplan

Pneumatikplan Montagewagen für M80 Motorengehäuse



Anhang 20: Protokoll Meilensteinsitzung 1

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meilensteinsitzung Variantenpräsentation 1

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Datum	18.12.2020
Uhrzeit Anfang:	14.05 Uhr
Uhrzeit Ende:	15.00 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesende Herrn:	Bengsch, Bruns, Brühl, Gasch, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Vorstellung der IST-Variante* Die bisherige Vorrichtung wird kurz vorgestellt das alle Beteiligten wissen worüber gesprochen wird. Es werden die Probleme dieser Vorrichtung erklärt.
2.	*Präsentation der drei Lösungsvarianten* Es werden die ausgearbeiteten Lösungsvarianten mit den neu entwickelten Funktionen und technischen Eigenschaften vorgestellt. Dieses passiert nach DIN 2225 mithilfe von Bewertungstabellen. Bei diesem Vorgehen wurden die Eigenschaften „Ergonomie, Sauberkeitsaufwand, Abmaße und Kosten“ nicht ausreichend berücksichtigt. Deswegen wird die Abschlussprojektgruppe eine neue verbesserte Bewertungstabelle mit den oben genannten Eigenschaften bis spätestens Mittwoch den 23.12.2020 erstellen und den Herren Bruns und Gasch zukommen zu lassen. Die diese Tabelle dann nach eigener Meinung ausfüllen und dem Team zur Auswertung zurückschicken. Sobald dieses geschehen ist, wird ein neuer Termin für eine Meilensteinsitzung einberufen um eine SOLL-Variante auszuwählen. Diese Meilensteinsitzung wird voraussichtlich Mitte Januar stattfinden.

Nächstes Meeting	
Thema	Vorstellung der neuen Ergebnisse
Datum + Tag	voraussichtlich Mitte Januar Kein genauer Tag bisher bekannt
Uhrzeit	Nicht Bekannt

Protokolliert am : 18.12.2020
Protokollant : Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 21: Protokoll Meilensteinsitzung 2

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meilensteinsitzung Variantenpräsentation 2

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Donnerstag, den 28.01.2021
Uhrzeit Anfang:	11.07Uhr
Uhrzeit Ende:	11.45 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesenden Herrn:	Bengsch, Bruns, Brühl, Gasch, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Präsentation der nachgearbeiteten Variantenauswahl* In der Bewertung der Varianten sind die Erfüllungsgrade um die Punkte: Bauraum, Ergonomie, Reinigungsaufwand und Fertigungsaufwand pro Kaliber erweitert. Dadurch und mit den neuen Gewichtungsfaktoren von Herrn Bruns und Herrn Gasch, hat sich die „Wunschvariante“ als Sieger herausgestellt. Nachdem es diesbezüglich hier keine Einwände gibt, wird die Siegervariante einstimmig genehmigt.
2.	*Abgabe der Ergebnisdaten* Es wird festgestellt, dass keine genaue Vereinbarung über die Abgabe der Ergebnisdaten dokumentiert wurde. Alle Beteiligten haben sich darauf geeinigt, dass Zeichnungen und Pneumatikplan als PDF-Datei in DIN A3/A4 Format, sowie die 3D Konstruktion als Step-, Iges- oder Ipt-Datei vom Projektteam übergeben werden.
3.	*Weiteres Vorgehen* Des Weiteren hat man sich darauf geeinigt alle Zwei Wochen ein Meeting einzuberufen, um kontinuierlich den Projektfortschritt der Firma KAG GmbH zu präsentieren.

Nächstes Meeting	
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse
Datum + Tag	11.02.2021 Donnertag
Uhrzeit	10:00 Uhr

Protokolliert am : 28.01.2021
Protokollant : Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 22: Protokoll Meeting 3

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meeting 3

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Donnerstag den 04.02.2021
Uhrzeit Anfang:	11.30Uhr
Uhrzeit Ende:	12.10 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesende Herrn:	Bengsch, Bruns, Gasch, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Vorstellung des 3D Modells* Eine überarbeitete Version der Siegervariante wird Herrn Bruns und Herrn Gasch präsentiert. Hierbei ist der komplette Unterbauwagen eingefügt worden. Der Prozessablauf und der Gesamtaufbau der Vorrichtung werden nochmals detailliert besprochen.
2.	*Pneumatikplan* Passend zu dem Prozessablauf hat die Projektgruppe einen vorläufigen Pneumatikplan erstellt. Wobei der Aufbau und der Ablauf der Steuerung erklärt wird. Es werden keine weiteren Sicherheitsbedenken von Herrn Bruns und Herrn Gasch festgestellt, lediglich das eine Umhausung unter der Tischplatte, um den Pneumatikzylinder des Auswerfers konstruiert werden muss, wird zu bedenken gegeben. Des Weiteren wird die Ansteuerung der Pneumatikzylinder geklärt. Es wird sich darauf geeinigt, dass der Auswerfer einen Fußtaster ohne Rastung bekommt, damit es ähnlich ist, wie bei vorhandenen Vorrichtungen im Betrieb. Außerdem wird der Pneumatikzylinder zum positionieren des Drehtellers von einem Handschalter angesteuert.
3.	*Verbesserungsvorschläge* Um eine bessere Orientierung des Drehtellers zu bekommen, wird von Herrn Bruns vorgeschlagen eine Sichtmarkierung auf dem Drehteller anzubringen, damit der Mitarbeiter besser sehen kann wo genau die Rastung sich befindet. Zusätzlich wäre ein gefederter Kugelstift, der in eine kleine Markierung auf dem Drehteller reingreift von Vorteil. Zudem wird angemerkt, dass es aus Sicht der Ergonomie besser wäre den Drehteller soweit wie möglich an die vordere Tischkante zu setzten. Diese Änderungen werden von der Projektgruppe bis zum nächsten Meeting konstruktiv umgesetzt.
4.	*Platzangebot* Herr Bruns erkundigt sich bei den Mitarbeitern wieviel Platz neben der Vorrichtung wirklich benötigt wird, um die Gesamtheit möglichst klein zu halten. Diese Informationen will er der Projektgruppe in den nächsten zwei Tagen zukommen lassen.

Nächstes Meeting	
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse
Datum + Tag	11.02.2021 Donnertag
Uhrzeit	12:00 Uhr

Protokolliert am : 04.02.2021
Protokollant : Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 23: Protokoll Meeting 4

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meeting 4

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Donnerstag den 11.02.2021
Uhrzeit Anfang:	12.00Uhr
Uhrzeit Ende:	12.23 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesende Herrn:	Bengsch, Bruns, Gasch, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Vorstellung des 3D Modells* Eine überarbeitete Version der Siegervariante wird Herrn Bruns und Herrn Gasch präsentiert. Hierbei ist der Arbeitsraum auf der Tischplatte angepasst worden. Dazu gehören ein Schwenkarm für die Magnetschalen, eine Halterung für die Magnetspanner und den Prüfdorn. Zusätzlich ist über die Position des Handtasters gesprochen worden.
2.	*Platzierung des Handtasters* Es wird von Herrn Bruns darauf hingewiesen, dass bei vielen anderen Hausinternen Vorrichtungen die Bedienungsbauteile unter den Arbeitsplatten verbaut sind. Dieses wird auch bei dieser Vorrichtung gewünscht. Eine Neupositionierung des Handtaster unter die Tischplatte muss erfolgen.
3.	*Verbesserungsvorschläge* Über den Prüfdorn soll sich die Projektgruppe keine Gedanken mach, wohin dieser gesetzt werden soll. Das wird Vorort beim Zusammenbau besprochen und geklärt. Die Position von dem Halter für die Magnetspanner wird auch erst bei der Montage festgelegt werden. Die Größe der Halterung ist in Ordnung. Der Schwenkarm für die Magnetschalen soll möglichst auf die rechte Seite der Arbeitsplatte angebracht werden, da die Arbeitsrichtung von rechts nach links erfolgt. Dieses wird bis zum nächsten Meeting umgesetzt.
4.	*Platzangebot* Herr Bruns hat sich bei den Mitarbeitern erkundigt wieviel Platz neben der Vorrichtung wirklich benötigt wird. Es wird neben der Vorrichtung noch etwas Stellfläche gefordert. Deswegen muss die Arbeitsplatte rechts und links, jeweils um 100mm verbreitert werden.
5.	*Dreharretierung* Die zur Dreharretierung angedachten Druckstifte fallen zu klein aus. Es soll ein druckgefederter Halter, bis zum nächsten Meeting, konstruiert werden. Dieser soll vorne ein Rillenkugellager haben und das gegen den Drehteller drücken. Durch den größeren Durchmesser und größeren Federweg wird eine bessere Funktion erwartet.

Nächstes Meeting		
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse	
Datum + Tag	18.02.2021 Donnertag	Bei früherer Fertigstellung der Ergebnisse oder bei Fragen, kann das Meeting auch vorverlegt werden.
Uhrzeit	11:00 Uhr	

Protokolliert am: 11.02.2021
Protokollant: Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 24: Protokoll Meeting 5

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meeting 5

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Donnerstag den 18.02.2021
Uhrzeit Anfang:	10.57Uhr
Uhrzeit Ende:	11.23 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesende Herrn:	Bengsch, Bruns, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Vorstellung des 3D Modells* Eine überarbeitete Version der Siegervariante wird Herrn Bruns präsentiert. Der Schwenkarm für die Magnetschalen und der Prüfdorn haben aufgrund der Arbeitsrichtung die Plätze getauscht. Die Tischplatte ist pro Seite um 100mm vergrößert worden. Der Handtaster zur Betätigung der Dreharretierung ist unter der Tischplatte angebracht worden und zusätzlich mit einem Schutzblech versehen. Des Weiteren ist der Drehteller mit zwei asymmetrischen Zylinderstiften gegen falsches zusammenbauen gesichert worden. Außerdem wird die gewünschte gefederte Kugellagerarretierung vorgestellt.
2.	*Verbesserungsvorschläge* Zur Verbesserung der Standzeit, empfiehlt Herr Bruns, die gefederte Dreharretierung mit Gleitbuchsen zu versehen und ein Schutzblech dafür zu gestalten. Damit das Bauteil sauber bleibt und zusätzlich die Gefahr einer Quetschung vermieden wird. Außerdem weißt Herr Bruns daraufhin, dass die Tischplatten, die Firm-intern verwendet werden, eine Höhe von 30mm haben. Bislang hat die konstruierte Tischplatte eine Höhe von 40mm. Diese Verbesserungsvorschläge werden bis zum nächsten Meeting von der Projektgruppe umgesetzt.
3.	*Fazit* Herr Bruns ist mit den bisherigen Ergebnissen zufrieden. Die Vorstellung der überarbeiteten Vorrichtung wird nächsten Donnerstag vorgestellt. Herr Bruns möchte gerne Fotos von dem bisherigen Stand zugeschickt haben, um es den zuständigen Angestellten zu zeigen und ein Feed-back von denen zu bekommen. Diese Fotos schickt die Projektgruppe im Laufe des Tages ihm zu.

Nächstes Meeting	
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse
Datum + Tag	25.02.2021 Bei früherer Fertigstellung der Ergebnisse oder bei Fragen, kann das Meeting auch vorverlegt werden. Donnertag
Uhrzeit	11:00 Uhr

Protokolliert am: 18.02.2021
Protokollant: Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 25: Protokoll Meeting 6

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meeting 6

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Montag den 22.02.2021
Uhrzeit Anfang:	13.30Uhr
Uhrzeit Ende:	13.45 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesende Herrn:	Bengsch, Bruns, Gasch, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Vorstellung des 3D Modells* Eine überarbeitete Version der Siegervariante wird Herrn Bruns und Herrn Gasch präsentiert. Die Tischplatte wurde, nach den Vorgaben des Firmenzulieferers, auf eine Stärke von 40mm auf 30mm geändert. Des Weiteren ist ein Schutzblech über die Kugellagerarretierung konstruiert worden. Dies wird auch als gut und ausreichend von Herrn Bruns empfunden.
2.	*Verbesserungsvorschläge* Per Mail wurde der Projektgruppe noch ein paar Verbesserungsvorschläge zugeschickt. Erstens, ob die Steuerung der Vorrichtung nicht auch mit nur einem Fußtaster funktionieren würde. Dieses würde aber zu anderen Problemen führen, weswegen die Projektgruppe davon abrät. Zum besseren Verständnis, fertigt die Projektgruppe noch am heutigen Tag einen Arbeitsablaufplan an. Damit die Abläufe und die Handhabung der Vorrichtung deutlich werden. Der zweite Vorschlag war eine Verbesserung des Prüfdorns mit Mess-Sensorik. Da dieses aber nicht Bestandteil des Projektes ist und somit auch nicht im Pflichtenheft steht, entfällt dieser Verbesserungsvorschlag. Der dritte Vorschlag ist eine Meldelampe an der Vorrichtung anzubringen. Mit dieser Lampe soll dem Mitarbeiter signalisiert werden, dass der Drehteller arretiert ist. Dieser Verbesserungsvorschlag wird bis zum nächsten Meeting von der Projektgruppe umgesetzt.
3.	*Aussichten* Sobald der Arbeitsplan fertig ist, bespricht Herr Bruns den Ablauf mit dem zuständigen Mitarbeiter, um eventuelle Probleme noch aufzudecken. Das Ergebnis dieser Besprechung wird voraussichtlich beim nächsten Meeting am Donnerstag bekannt gegeben.

Nächstes Meeting		
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse	
Datum + Tag	25.02.2021 Donnertag	Bei früherer Fertigstellung der Ergebnisse oder bei Fragen, kann das Meeting auch vorverlegt werden.
Uhrzeit	11:00 Uhr	

Protokolliert am: 22.02.2021
Protokollant: Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 26: Protokoll Meeting 7

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meeting 7

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Donnerstag, den 25.02.2021
Uhrzeit Anfang:	10.53 Uhr
Uhrzeit Ende:	11.06 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesenden Herrn:	Bengsch, Bruns, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Vorstellung des 3D Modells* Eine überarbeitete Version der Siegervariante wird Herrn Bruns präsentiert. Die gewünschte Meldeleuchte ist von der Projektgruppe an die Vorrichtung angebracht worden. Ein Schaltplan der Elektrik wird vorerst als nicht notwendig erachtet.
2.	*Verbesserungsvorschläge* Bei der Konstruktion ist der Projektgruppe eine mögliche Schwachstelle aufgefallen. Um diese zu beheben, ist entweder eine 6mm dicke Adapterplatte zwischen der Dreheinheit und dem Drehteller notwendig oder eine Sonderbauanfrage bei dem Dreheinheiten-Zulieferer. Herr Bruns teilt mit, dass die Eigenfertigung der Adapterplatte, sowie die Sonderbauanfrage möglich seien und man dies erst später klären könne. Somit muss die Projektgruppe beide Möglichkeiten in den Berechnungen mit einbeziehen.
3.	*Aussichten* Herr Bruns hat von dem zuständigen Mitarbeiter nur positive Rückmeldung, bezüglich des Arbeitsablaufs bekommen. Damit und dass er selbst zufrieden mit der Ausarbeitung der Montagevorrichtung ist, gibt er die Freigabe. Somit kann die Projektgruppe weiter mit den Berechnungen und den Zeichnungsableitungen fortfahren.

Nächstes Meeting		
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse	
Datum + Tag	04.03.2021 Donnertag	Bei früherer Fertigstellung der Ergebnisse oder bei Fragen, kann das Meeting auch vorverlegt werden.
Uhrzeit	11:00 Uhr	

Protokolliert am: 25.02.2021
Protokollant: Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 27: Protokoll Meeting 8

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meeting 8

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Freitag den 12.03.2021
Uhrzeit Anfang:	11.15 Uhr
Uhrzeit Ende:	11.35 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesende Herrn:	Bengsch, Bruns, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Vorstellung der Berechnungen* Herrn Bruns werden die bisherigen Berechnungen präsentiert. Zum einem die Schraubenberechnungen für den Schwenkarm, sowie die Schraubenberechnung für die Tischplatte. Außerdem wurde auf die Komplexität der Biegeberechnung der Tischplatte eingegangen, da sich dort verschiedene Ausschnitte in der Platte befinden. Voraussichtlich folgt eine Überschlagsrechnung diesbezüglich.
2.	*Vorstellung der Zeichnungsableitungen* Die Projektgruppe stellt Herrn Bruns die bisherigen Zeichnungsableitungen vor. Unter anderem für den Ausrichtbolzen, die Setzmaße, die Setzmaßhalter, Alu-Profile und diverse Sicherheitsbleche. Hierbei ist Herrn Bruns aufgefallen, dass bei zwei Zeichnungen die Bohrungen stumpf gezeichnet sind und diese bitte spitz konstruiert werden sollen, damit diese leichter zu fertigen sind.
3.	*Aussichten* Die Projektgruppe arbeitet mit Hochdruck an den Berechnungen und Zeichnungsableitungen weiter. Herr Bruns erkundigt welche Schraubverbindungen, bei den bisherigen mobilen Tischen, verwendet wurde.

Nächstes Meeting		
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse	
Datum + Tag	18.03.2021 Donnertag	Bei früherer Fertigstellung der Ergebnisse oder bei Fragen, kann das Meeting auch vorverlegt werden.
Uhrzeit	11:00 Uhr	

Protokolliert am: 12.03.2021
Protokollant: Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 28: Protokoll Meeting 9

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meeting 9

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Freitag den 18.03.2021
Uhrzeit Anfang:	11.00 Uhr
Uhrzeit Ende:	11.20 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesende Herrn:	Bengsch, Bruns, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Vorstellung der Zeichnungsableitungen* Die Projektgruppe stellt Herrn Bruns die bisherigen Zeichnungsableitungen vor. Die Stumpf gezeichneten Bohrungen wurden korrigiert und weitere Zeichnungen erstellt. Hierbei ist die Frage aufgekommen, wer Eigentümer der Zeichnungen ist. Die Projektgruppe vermutet das es die Firma KAG ist und nicht die Projektgruppe oder die Schule. Diese Frage konnte Herr Bruns auch nicht konkret beantworten, weswegen diese Frage an den Projektbegleiter Herrn Brühl weitergegeben wird. Nichtsdestotrotz schickt Herr Bruns der Projektgruppe das Firmen-Logo per Mail zu, falls dieses dann in die Zeichnungen eingepflegt werden soll.
2.	*Übermittlung weitere CAD Dateien* Die Projektgruppe hat von Herrn Bruns weitere CAD-Dateien zur besseren Ausarbeitung zugeschickt bekommen. Dazu zählt „eingefahrene Hubsäulen" sowie „Knotenbleche".
3.	*Weitere Technische Entscheidungen* Zum einen wird die Frage geklärt welche Art von Schrauben in der Firma verwendet werden um Tischplatten zu befestigen. Es wird sich aber aus konstruktionstechnischen Gründen gegen die bisherigen Schrauben entschieden. Die Projektgruppe wird Einschlagmuttern und Maschienenschrauben für das Projekt verwenden. Des Weiteren schlägt die Gruppe Herrn Bruns eine Lösung für den Kontaktschalter für die Meldeleuchte vor und zwar ein Näherungsschalter, der direkt an, beziehungsweise in den Pneumatikzylinder eingebaut wird. Das erspart eine aufwendige Befestigungskonstruktion.
4.	*Aussichten* Die Projektgruppe arbeitet mit Hochdruck an den Berechnungen und Zeichnungsableitungen weiter. Die Antwort von Herrn Brühl, bezüglich dem Zeichnungseigentümer wird bis zum nächsten Meeting erwartet.

Nächstes Meeting		
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse	
Datum + Tag	25.03.2021 Donnertag	Bei früherer Fertigstellung der Ergebnisse oder bei Fragen, kann das Meeting auch vorverlegt werden.
Uhrzeit	11:00 Uhr	

Protokolliert am: 18.03.2021
Protokollant: Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 29: Protokoll Meeting 10

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meeting 10

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Freitag den 09.04.2021
Uhrzeit Anfang:	11.00 Uhr
Uhrzeit Ende:	11.34 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesende Herrn:	Bengsch, Bruns, Gasch, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Besprechung der zugesendeten Daten* Herr Bruns hat sich die Zeichnungen angeschaut und noch ein paar kleine Darstellungsfehler entdeckt, die die Projektgruppe noch verbessern soll. Zudem ist noch eine Gesamt/Baugruppenstückliste zu erstellen. Mit den zugesendeten Bestelllisten für die Einzelteile und den Pneumatikartikeln ist Herr Bruns sehr zufrieden.
2.	*Anpassung der Hefter Dreheinheit* Da die ausgewählte Dreheinheit der Firma Hefter nicht in der passsenden Fünfer-Teilung erhältlich ist. Hat sich die Projektgruppe mit der Firma Hefter in Kontakt gesetzt und geklärt ob ein Sonderbau dieser Dreheinheit möglich sei. Die Antwort sei Ja, müsste aber mit dem Chef von Hefter selbst geklärt werden. Das Abklären selbst übernimmt die Firma KAG bei der Bestellung der Einzelteile. Hierzu hat die Projektgruppe Zeichnungen der veränderten Dreheinheit erstellt, um der Firma KAG die Bestellung des Sonderbaus zu erleichtern.
3.	*Materialfrage bei den Setzmaßen und Setzmaßhaltern* Bei der Erstellung der Zeichnungen ist der Projektgruppe ein Materialunterschied, der oben genannten Bauteile, aufgefallen. Herr Bruns hat daraufhin der Projektgruppe die Funktion der Materialien bezogen auf die Bauteile erklärt und sichergestellt das dies so richtig sei.
4.	*Virtueller Projekttag* Es wird über den geplanten virtuellen Projekttag gesprochen und in wie weit sensible Daten von der Projektgruppe unkenntlich gemacht werden müssen. Es sollen keine Logos, Artikelnummern oder ähnliches erkennbar sein. Vor der Vorstellung schaut sich Herr Bruns aber die Ausarbeitung nochmal an, ob alles in Ordnung ist, was die Projektgruppe zeigen möchte.
5.	*Aussichten* Die Projektgruppe überarbeitet die Zeichnungen und erstellt eine Gesamt-Bauteilliste. Bei der Übergabe des Projektes werden der Firma KAG die 3D-Daten in Step-Format überreicht.

Nächstes Meeting		
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse	
Datum + Tag	15.04.2021 Donnertag	Bei früherer Fertigstellung der Ergebnisse oder bei Fragen, kann das Meeting auch vorverlegt werden.
Uhrzeit	11:00 Uhr	

Protokolliert am: 09.04.2021
Protokollant: Nicolas Bengsch

Unterschrift Protokollant

Anhang 30: Protokoll Meeting 11

KAG excellent drives

Ergebnisprotokoll Abschlussprojekt KAG GmbH

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Meeting 11

Ort, Raum:	Online-Konferenz über Jitsi-Meet
Tag, Datum	Donnerstag den 15.04.2021
Uhrzeit Anfang:	11.00 Uhr
Uhrzeit Ende:	11.20 Uhr
Protokollant:	Hr. Bengsch
Anwesende Herrn:	Bengsch, Bruns, Hesse, Tolle

THEMA	ERGEBNISSE/AUFTRÄGE
1.	*Besprechung der zugesendeten Daten* Herr Bruns hat sich die Zeichnungen angeschaut und ist zufrieden mit den Ergebnissen. Auch mit der Gesamt/Baugruppenstückliste ist Herr Bruns zufrieden.
2.	*Bauteilpreise* Da es für die Projektgruppe schwierig war an Preise für gewisse Kaufteile zu kommen, da manche Unternehmen nicht auf eine Preisanfrage reagiert haben, hat Herr Bruns über die Firma Preisanfragen der fehlenden Kaufteile eingeholt und der Projektgruppe zukommen lassen. Einzig für den Schwenkarm hat Herr Bruns noch keine Rückmeldung erhalten. Diese Daten werden aber noch nachgereicht.
3.	*Aussichten* Die Projektgruppe übersendet Herrn Bruns zwei überarbeitete Baugruppenzeichnungen, den Pneumatikplan sowie die Kontaktdaten der Firma Hefter um den Sonderbauauftrag der Dreheinheit mit der Firma zu klären.

Nächstes Meeting		
Thema	Vorstellung der bisherigen Ergebnisse	
Datum + Tag	22.04.2021 Donnertag	Bei früherer Fertigstellung der Ergebnisse oder bei Fragen, kann das Meeting auch vorverlegt werden.
Uhrzeit	11:00 Uhr	

Protokolliert am: 15.04.2021
Protokollant: Nicolas Bengsch

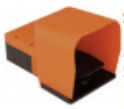
Unterschrift Protokollant

Anhang 31: Bestellliste Pneumatikartikel

fey druckluft

Warenkorb

- Erstellt am: 7. April 2021
- AGB: https://fey.rcommerce.net/de/Content/termsAndConditions

Pos.	Bild	Artikel	Menge	Einzelpreis	Summe
1		Artikelnr.: 116099 Typennr.: 517.1200 3/2-Wegeventil elektropneum., monostabil, NC, M5, 24 V DC Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Anschluss:** M5 • **Anschluss Entlüftung:** M5 • **Spannung:** 24 V DC • **Durchfluss:** 300 l/min • **Baugröße:** 100	1	55,28 € / Stk	55,28 € 19% / 10,50 €
2		Artikelnr.: 116040 Typennr.: 516.2000 3/2-Wegeventil, pneumatisch, »3A«, monostabil, NC, M5 Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Anschluss:** M5 • **Anschluss Entlüftung:** M5 • **Durchfluss:** 300 l/min • **Baugröße:** 100	1	25,61 € / Stk	25,61 € 19% / 4,87 €
3		Artikelnr.: 116052 Typennr.: 516.4000 5/2-Wegeventil, pneumatisch, »4A«, monostabil, M5 Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Anschluss:** M5 • **Anschluss Entlüftung:** M5 • **Durchfluss:** 300 l/min • **Baugröße:** 100	1	29,67 € / Stk	29,67 € 19% / 5,64 €
4		Artikelnr.: 106664 Typennr.: 513.102 3/2-Wege Fußventil monostabil, nicht rastend, mit Fußschutz, M5 Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Anschluss:** M5	1	49,51 € / Stk	49,51 € 19% / 9,41 €
5		Artikelnr.: 194160 Typennr.: 259.11 B-V2 Polyamidschlauch, Schlauch-ø 6x1, blau, Rolle à 25 m Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Schlauch-Ø außen:** 6,0 mm • **Schlauch-Ø innen:** 4,0 mm • **max. Betriebsdruck bei 23 °C:** 29 bar • **Farbe:** blau • **Rollenlänge:** 25 m	1	47,00 € / Ro	47,00 € 19% / 8,93 €

Fey Druckluft GmbH & Co. KG
Desekenberg 5
30880 Laatzen
DE

Kontakt:
Tel: 0511 / 98392-0
Fax: 0511 / 98392-22
shop@fey-druckluft.de

fey druckluft

Pos.	Bild	Artikel	Menge	Einzelpreis	Summe
6		Artikelnr.: 109299 Typennr.: 127.005-6 L-Steckverschraubung »Blaue Serie« lang, drehbar, M5 außen, Ø 6mm Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Gewinde:** M5 • **für Schlauch-Außen-Ø:** 6 mm • **SW:** 8 mm	4	3,25 € / Stk	13,00 € 19% / 2,47 €
7		Artikelnr.: 113344 Typennr.: 567-0/M Sinterbronce-Schalldämpfer, Messing Gewinde/Sechskant, M5, SW 9 Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Gewinde:** M5 • **SW:** 9 mm	6	1,17 € / Stk	7,02 € 19% / 1,33 €
8		Artikelnr.: 106912 Typennr.: 341.005-6 Drosselrückschlagventil, Zuluftdros. Steckverb. M5, Schl.6 Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Gewinde:** M5 • **für Schlauch:** 6 mm • **SW:** 8 mm	2	12,46 € / Stk	24,92 € 19% / 4,73 €
9		Artikelnr.: 109113 Typennr.: 122.005-6 Gerade Steckverschraubung »Blaue Serie«, M5 a., Schlauch-Ø 6 Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Gewinde:** M5 • **für Schlauch-Außen-Ø:** 6 mm • **SW:** 12 mm • **Innen-Sechskant:** 2,0 mm	10	1,80 € / Stk	18,00 € 19% / 3,42 €
10		Artikelnr.: 109115 Typennr.: 122.018-6 Gerade Steckverschraubung »Blaue Serie«, G 1/8 a., Schlauch-Ø 6 Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Gewinde:** G 1/8 • **für Schlauch-Außen-Ø:** 6 mm • **SW:** 12 mm • **Innen-Sechskant:** 4,0 mm	1	1,45 € / Stk	1,45 € 19% / 0,28 €
11		Artikelnr.: 155614 Typennr.: 15.DMA.25040 Kompaktzylinder, doppeltwirkend, AG, K-Ø 25, Hub 40, M5, ISO21287 Hersteller: RIEGLER Eigenschaften: • **Kolben-Ø:** 25 mm • **Hub:** 40 mm • **Anschluss:** M5 • **Kolbenstangen AG:** M8x1,25	1	32,76 € / Stk	32,76 € 19% / 6,22 €

Fey Druckluft GmbH & Co. KG
Desekenberg 5
30880 Laatzen
DE

Kontakt:
Tel: 0511 / 98392-0
Fax: 0511 / 98392-22
shop@fey-druckluft.de

fey druckluft

Pos.	Bild	Artikel	Menge	Einzelpreis	Summe
12		Artikelnr.: 115534 Typennr.: 235.201 Sensor, Typ »CS1«, REED-Sensor, 2-Draht, 3 m Kabel, NO Hersteller: RIEGLER	1	13,38 € / Stk	13,38 € 19% / 2,54 €

Preis Netto:	317,60 €
zzgl. 19,00% MwSt	60,34 €
Brutto Gesamtpreis:	377,94 €

Fey Druckluft GmbH & Co. KG
Desekenberg 5
30880 Laatzen
DE

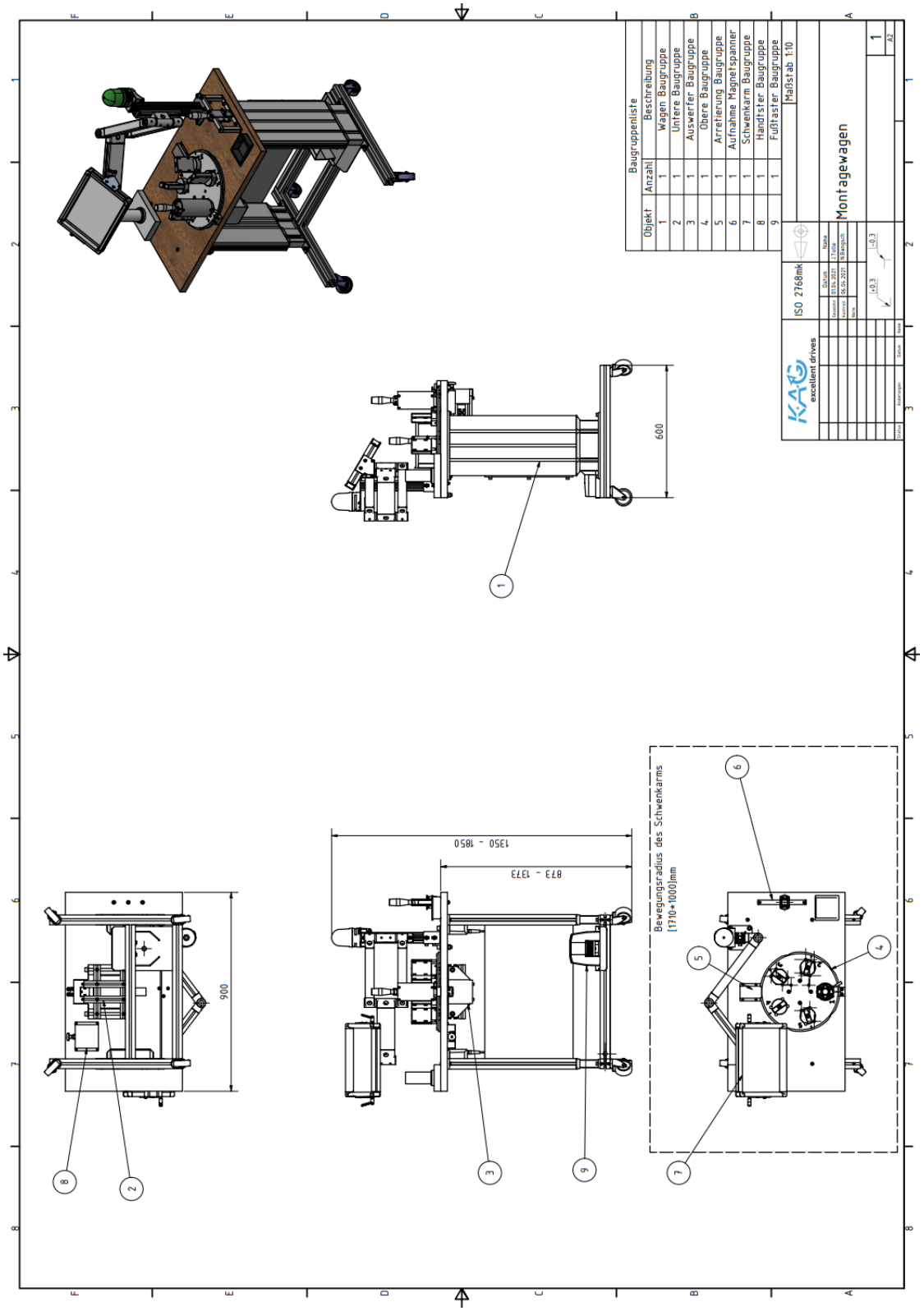
Kontakt:
Tel: 0511 / 98392-0
Fax: 0511 / 98392-22
shop@fey-druckluft.de

Anhang 32: Bestellliste Zukaufteile

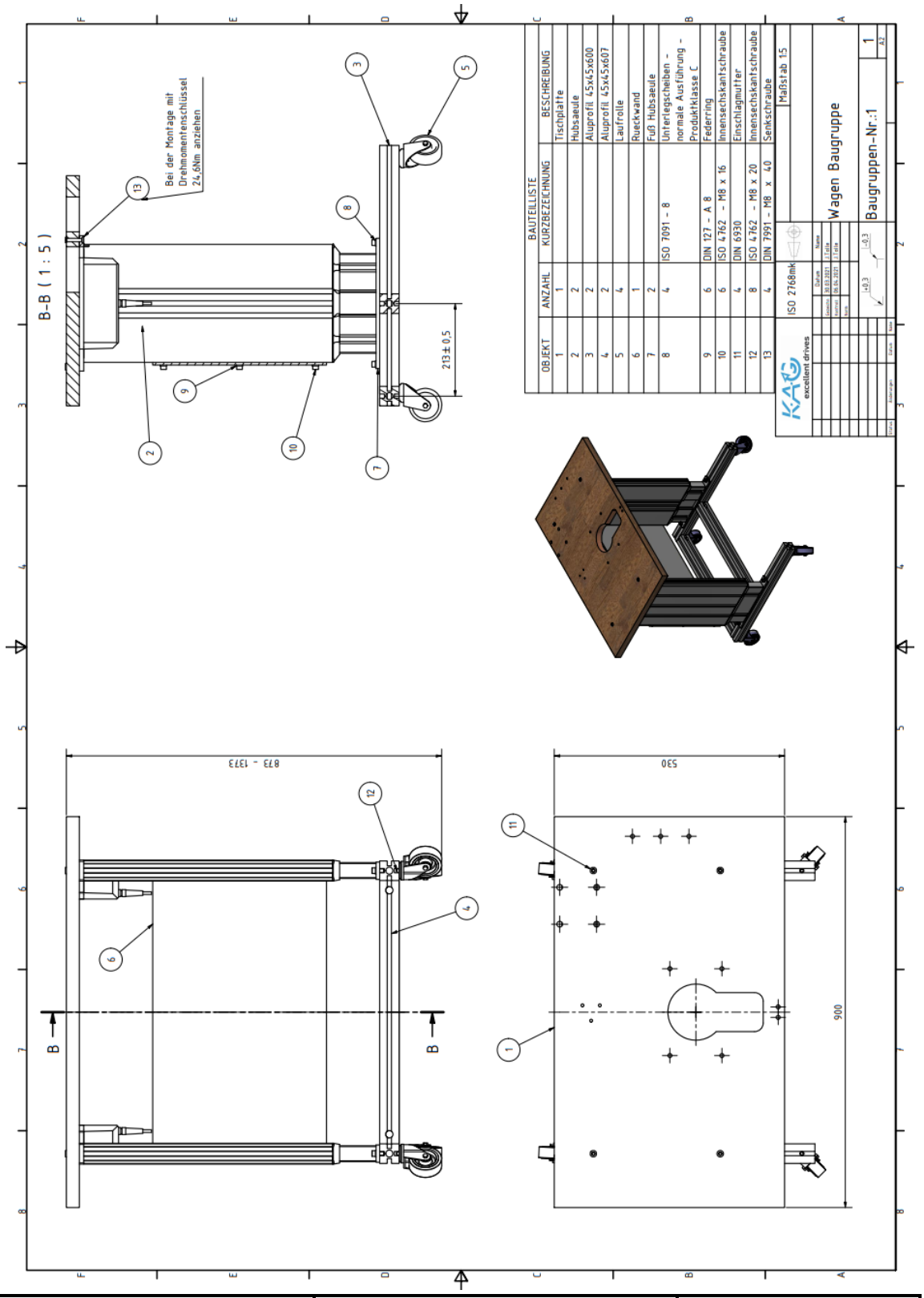
Bestellliste

Nr.	Bezeichnung	Anzahl	Zulieferer	Internetadresse	Maße/Einbauort/Kommentar	Preis Netto
1	Hefter Dreheinheit D=120mm Sonderbau mit 5er Teilung	1	Hefter Fertigungstechnik	https://www.drehteller.com/dreheinheiten/stahl/14/dreheinheit-stahl-mit-pneum.-entriegelung?number=1400-120-078.04	5er Teilung Sonderbau, 5x72° = 360°	530€ - 980€
2	Tablett-Doppelschwenkarm 8 80-695 0.0.663.13	1	Item	https://product.item24.de/produkte/produktkatalog/produktdetails/products/materialbereitstellung-1001016836/tablett-doppelschwenkarm-8-80-695-66313/	Bei Bedarf größe der Box ändern (siehe Zeichnungen) damit eine Pappkiste mit Magnetschalen reinpasst	≈ 530,94€
3	Greifschale 8 110x105 0.0.026.20	1	Item	https://product.item24.de/produkte/produktkatalog/produktdetails/products/materialbereitstellung-1001016836/greifschale-8-110x105-2620/	Nutzmaße (B x H x T): ca. 92 mm x 36 mm x 64-97 mm	≈ 7,43€
4	Midi Winkel Kabelverschr. WM GY, Winkel f. Leuchte	1	WERMA	https://www.werma.com/de/s_ci2927/Midi_Winkel_Kabelverschr._WM_GY/26170006.html	Art.Nr.: 261.700.06, Durchmesser 85mm	10,35 €
5	Midi TwinLIGHT 12/24VAC/DC GN	1	WERMA	https://www.werma.com/de/s_c1001i2898/Midi_TwinLIGHT_12/24VAC/DC_GN/26121070.html	24V, Grün, Art.Nr.: 261.210.70, Durchmesser 85mm	84,97 €
6	Fussplatte Stahl 45x45 für 45 Alu-Profil	1	Bosch rexroth	https://www.boschrexroth.com/de/de/produkte/produktgruppen/montagetechnik/mechanik-grundelemente/fu-e-und-rader/fu-e/fu-platte-stahl-45x45	Wahlweise von Rose & Krieger das Bodenklemmstück FVV S.440, aber dann mit 40er Aluprofil, statt 45er, No.: 3842536581	≈ 20€
7	Druckfeder	1	Federnshop.com	https://www.federnshop.com/de/produkte/druckfedern/vd-163a.html	De = 9mm, L0 = 40,5mm	2,79 €
8	Kugellager	1	123kugellager.de	https://www.123kugellager.de/lager-627-ZZ-C3-SKF	Innendurchmesser = 7mm, Außendurchmesser 2= 22mm, Dicke = 7mm	4,06 €
9	Gusswinkel für 30er Alu-Profil	2	Rose & Krieger	https://www.rk-rose-krieger.com/fileadmin/catalogue/profiltechnik/bl_aluprofilsystem_de.pdf	Seite 63. Code No.: 4004101	≈ 1,40€
10	Alu-Profile 30x30 á 212mm	2	Rose & Krieger		Unterkonstruktion unten	≈ 2,40€
11	Alu-Profile 30x30 á 245mm	2	Rose & Krieger		Unterkonstruktion mitte	≈ 2,40€
12	Alu-Profile 45x45 á 200mm	2	Rose & Krieger		Unterkonstruktion oben	≈ 2,38€
13	Alu-Profile 45x45 á 360mm	1	Rose & Krieger		Ständer für Schwenkarm	≈ 4,76€
14	Alu-Profile 45x45 á 607mm	2	Rose & Krieger		Wagen Querstreben	35,78 €
15	Alu-Profile 45x45 á 600mm	2	Rose & Krieger		Wagen Seitenstreben	35,78 €
16	Hubsäulen	2	Rose & Krieger			855,70 €
17	Laufrollen	4	Rose & Krieger			71,48 €
18	Rückwand	1	Rose & Krieger			≈ 73,91€
19	Tischplatte 900x530x30	1	Asstec	https://asstec.net/fileadmin/user_upload/documents/produktkatalog/Gesamtkatalog_Produktkatalog.pdf	Artikel Nr.: 11203 Seite 71 in dem PDF-Link,Multiplexplatte mit Phenolharz-lackierung Zuschnitt Furniersperr-holz Buche 30mm stark	58,49 €
20	Pneumatikartikel siehe die Bestellliste für Pneumatikartikel					≈ 317,60€
21	Druckknopf VHEF-PTC-B32-G14	1	Festo	https://www.festo.com/cat/de_de/products_VHEF?CurrentIDCode1=VHEF-PTC-B32-G14&CurrentPartNo=5299713	Falls dieser Bestellt wird muss ein G1/4 Anschluss für Durchmesser 6mm Schlauch dazu gekauft werden	≈ 87,68€
22	MW LRS-75-24 Schaltnetzteil, geschlossen, 75 W, 24 V, 3,2 A	1	Mean Well	https://www.reichelt.de/schaltnetzteil-geschlossen-75-w-24-v-3-2-a-mw-lrs-75-24-p202969.html?&trstct=pol_6&nbc=1		≈ 15,99€
23	Song Chuan 896H-1AH-C1 24V DC Kfz-Relais 24 V/DC 20 A 1 Schließer	1	Song Chuan, Conrad	https://www.conrad.de/de/p/song-chuan-896h-1ah-c1-24v-dc-kfz-relais-24-v-dc-20-a-1-schliesser-504130.html		≈ 3,99€
24	**Nettosumme gesamt:**					**3.210,28 €**

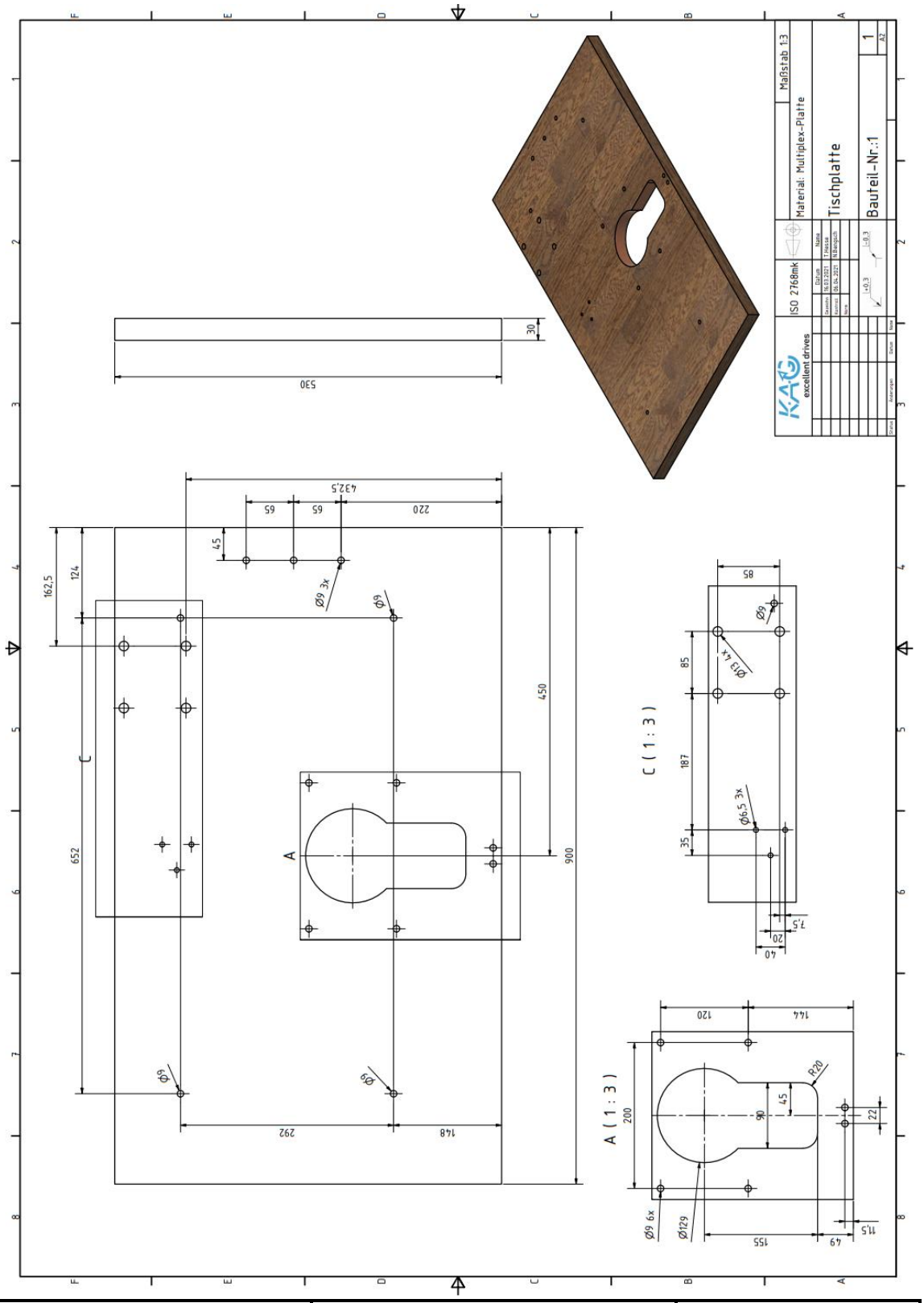
Anhang 33: Gesamtbaugruppenzeichnung



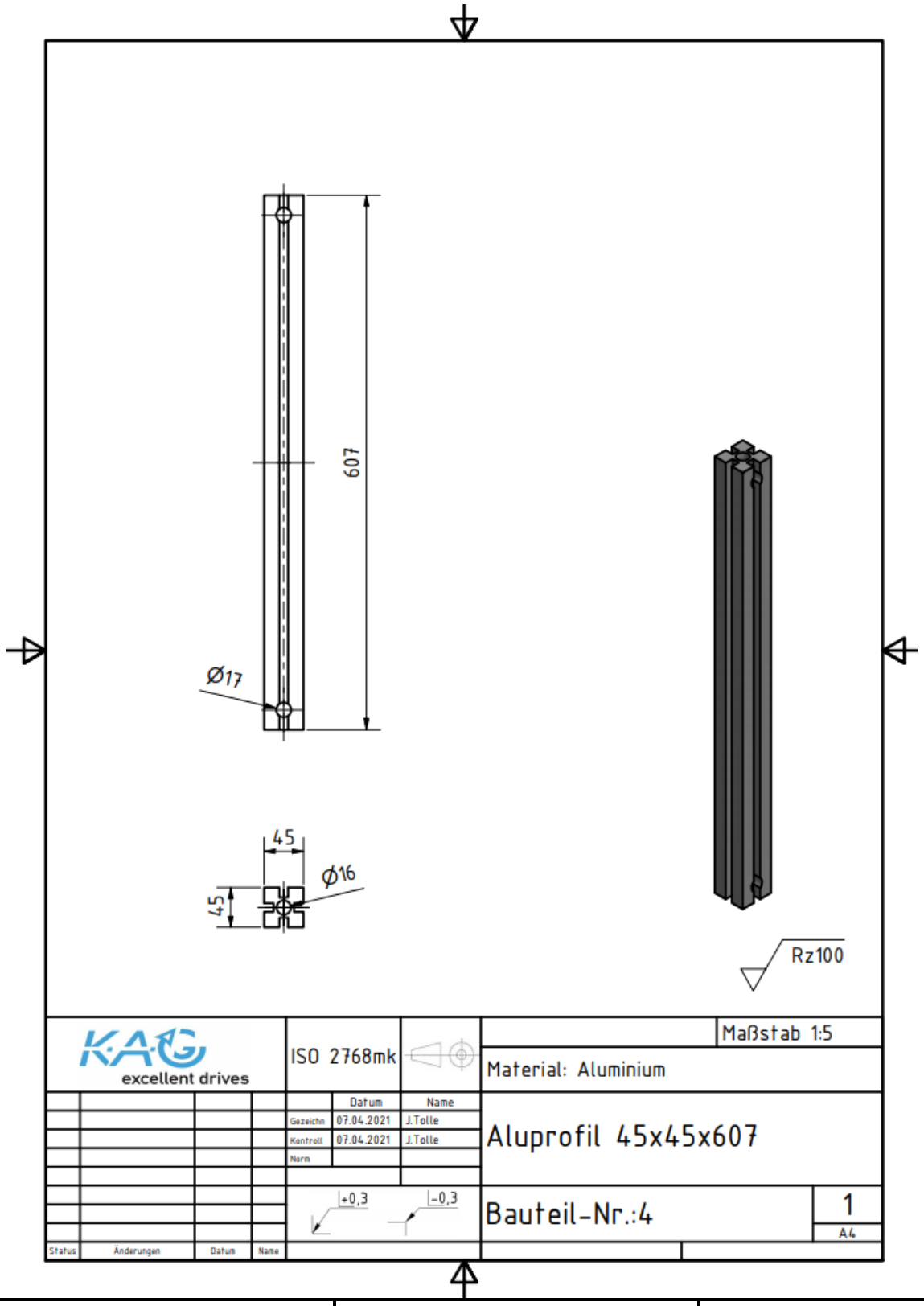
Anhang 34: Baugruppe 1 Montagewagen



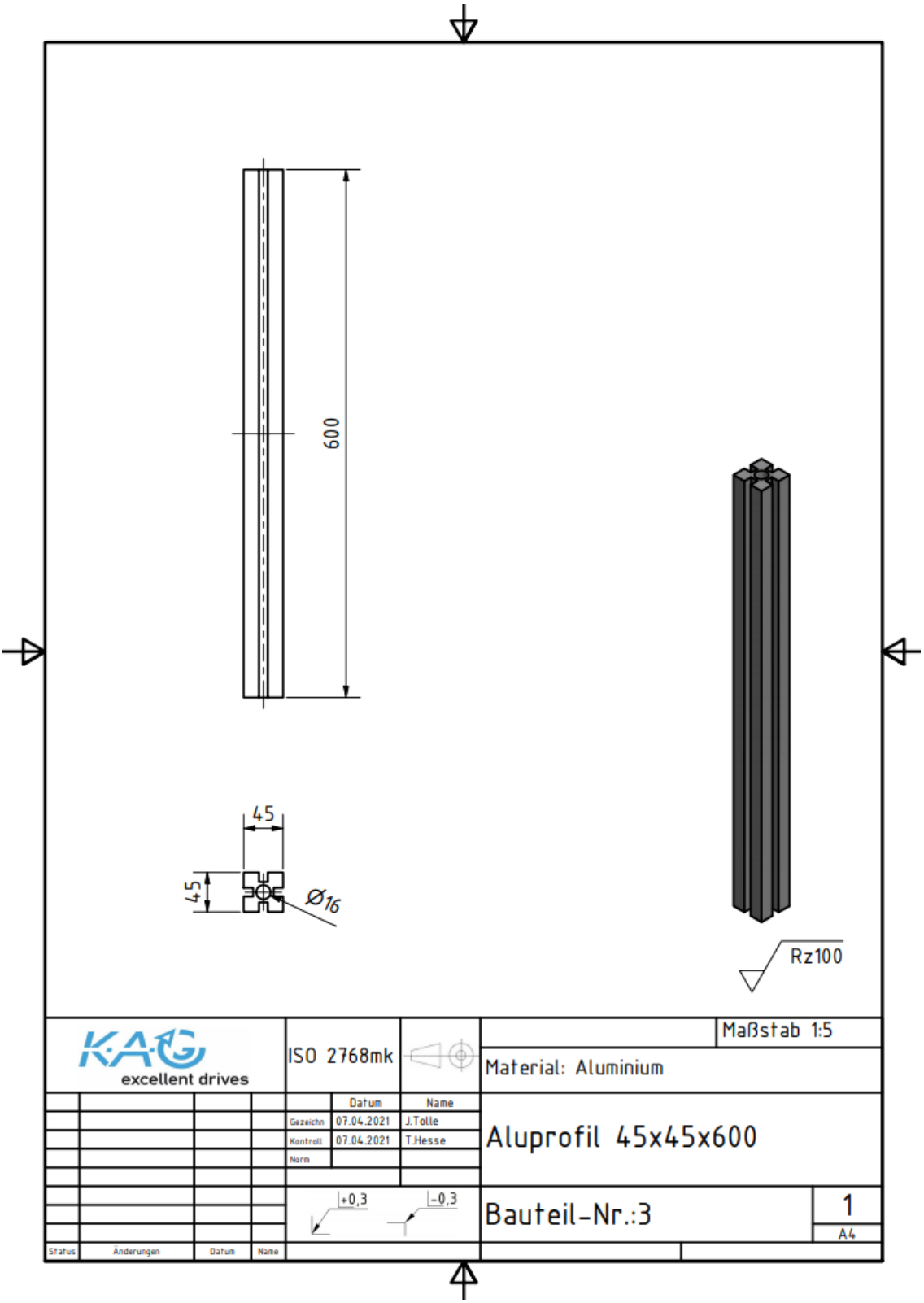
Anhang 35: Zeichnung Tischplatte



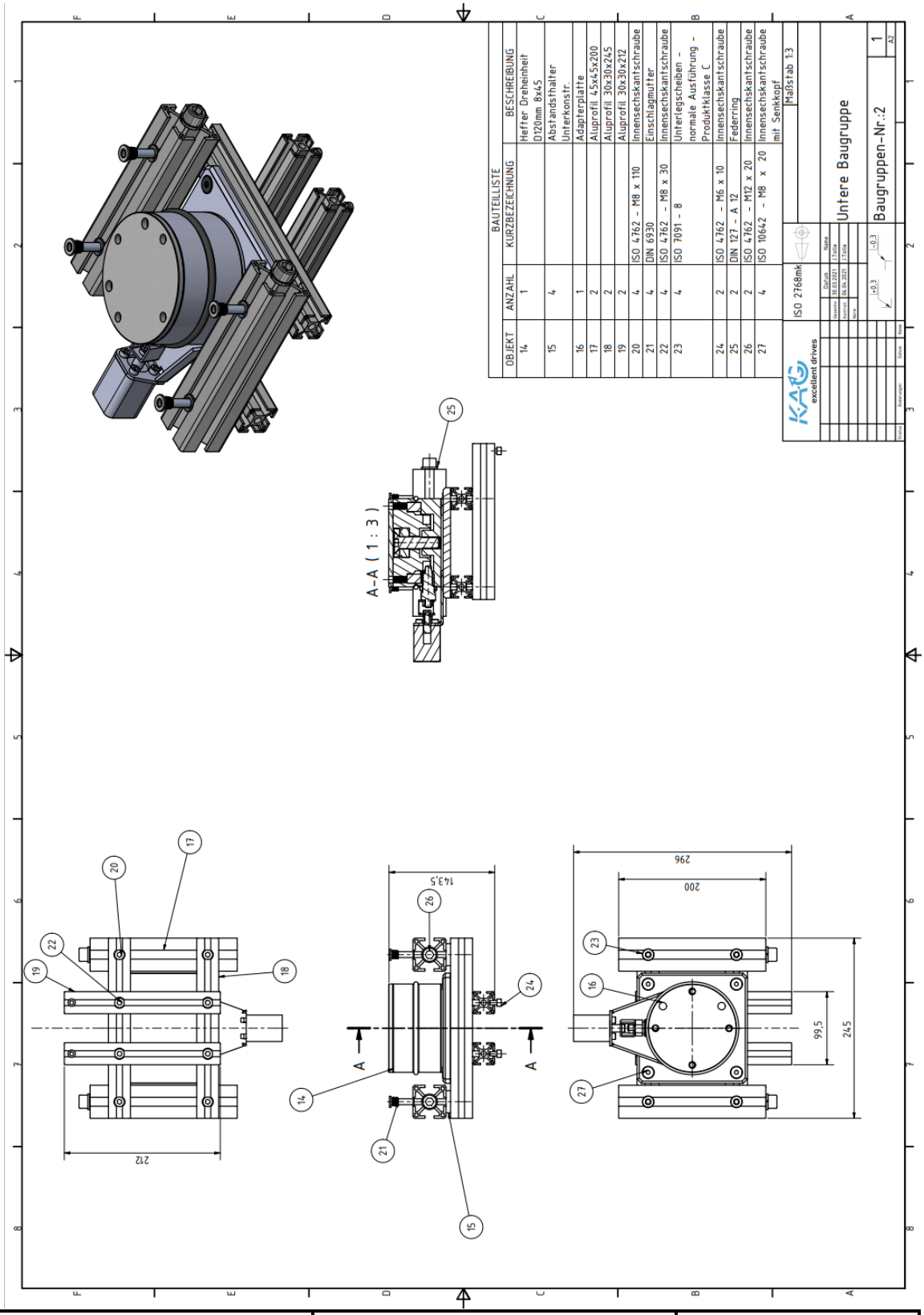
Anhang 36: Zeichnung Aluprofil 45x45x607



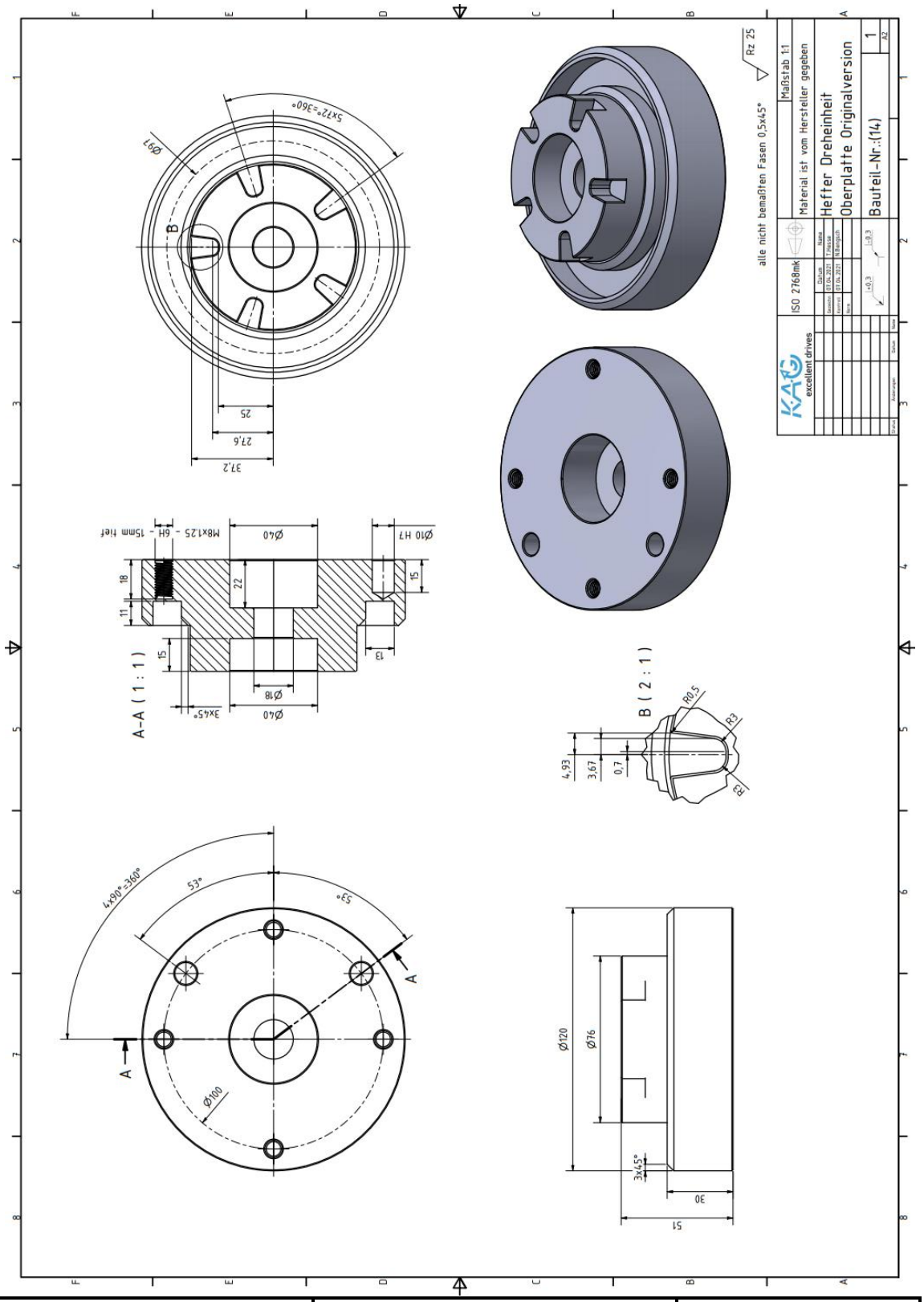
Anhang 37: Zeichnung Aluprofil 45x45x600



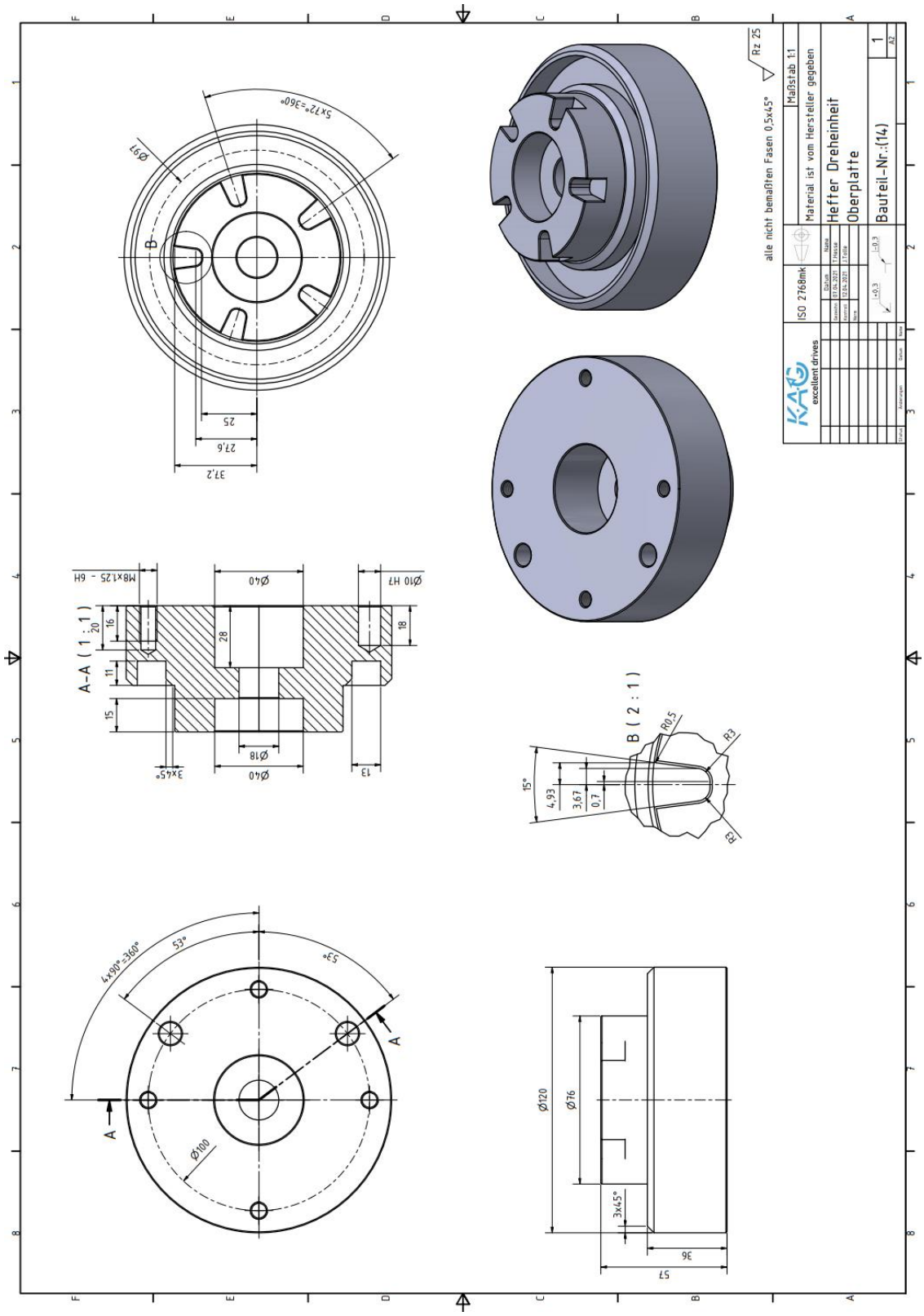
Anhang 38: Baugruppe 2 Untere Baugruppe



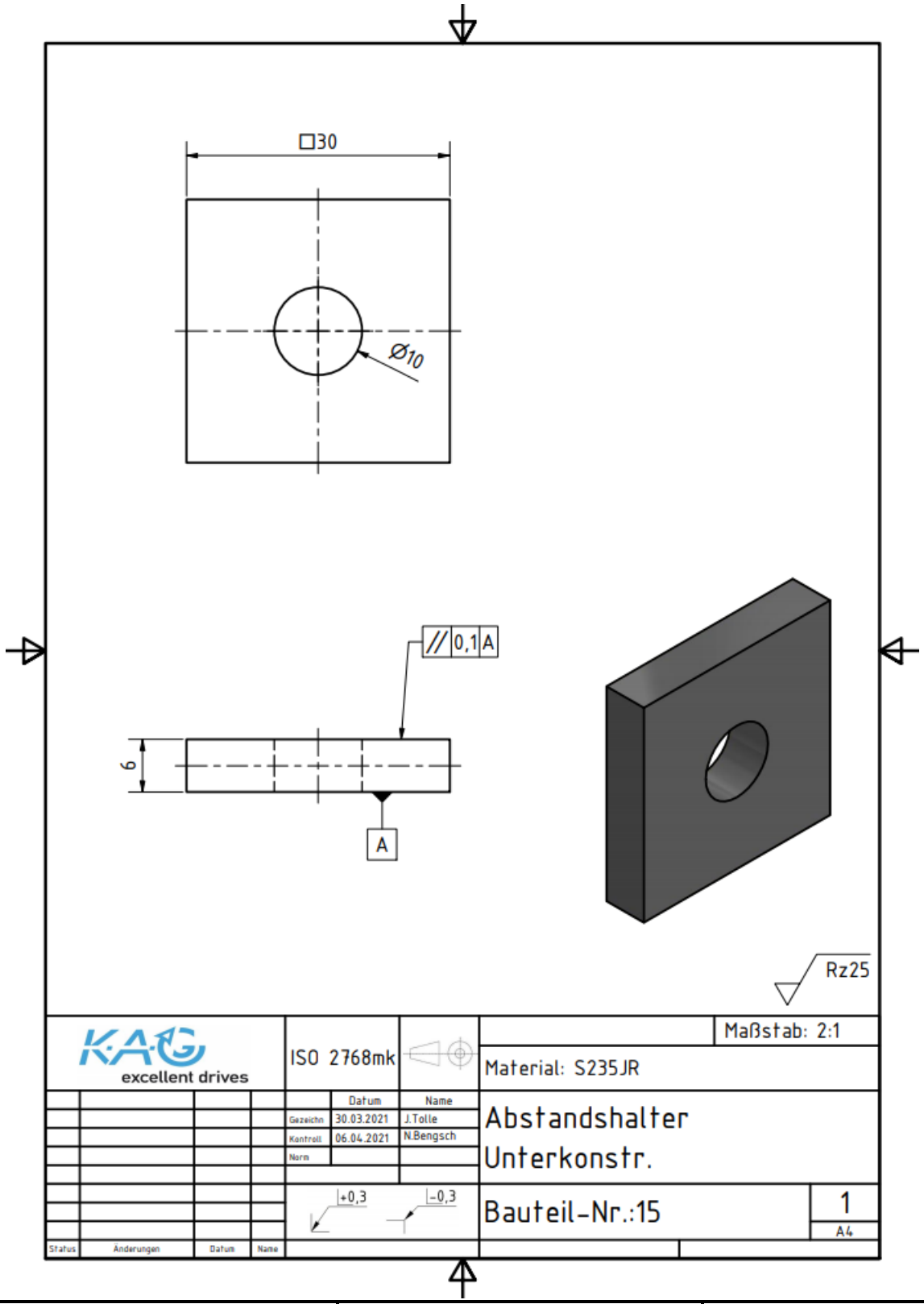
Anhang 39: Zeichnung Hefter Dreheinheit Oberplatte Originalversion



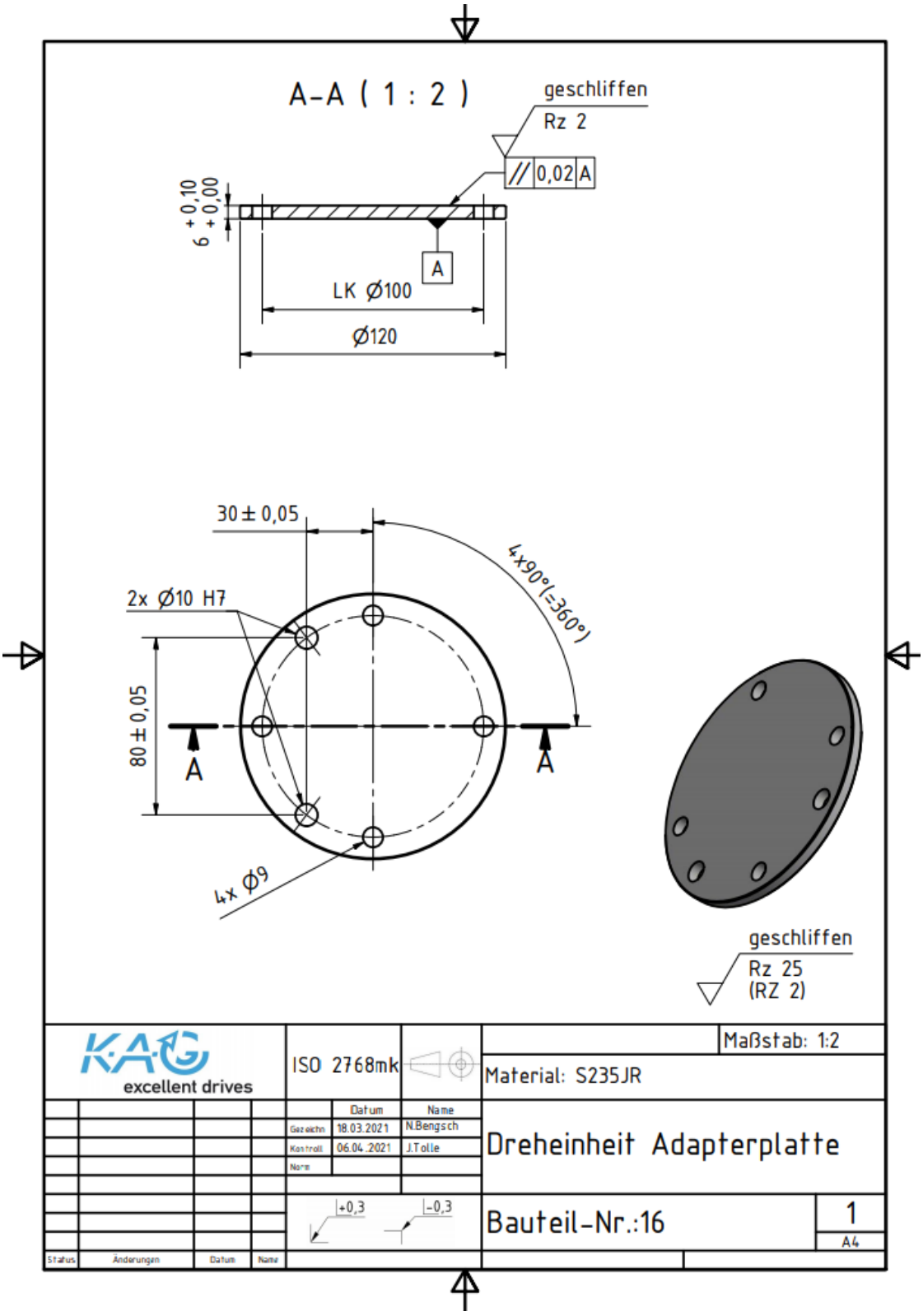
Anhang 40: Zeichnung Hefter Dreheinheit Oberplatte



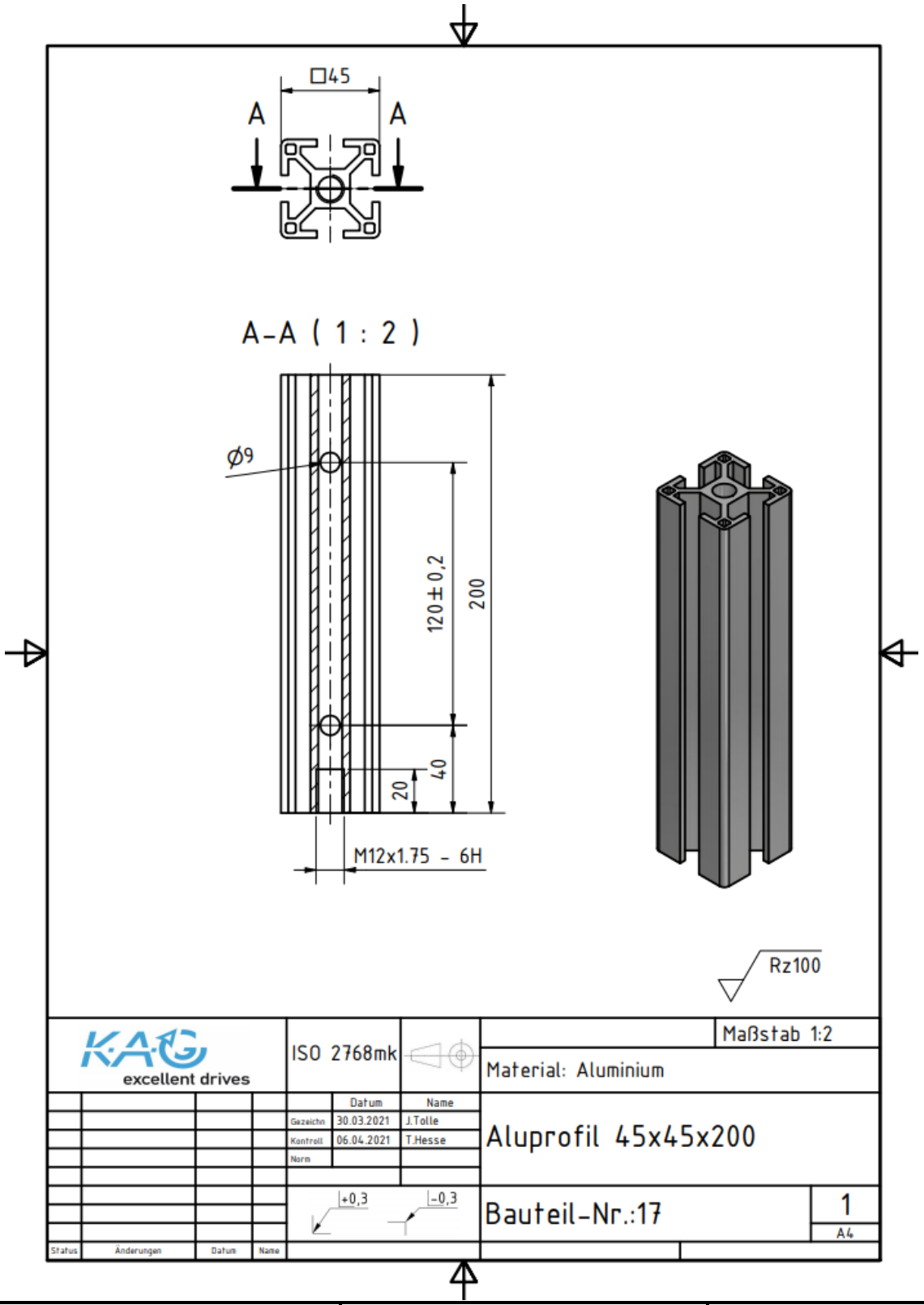
Anhang 41: Zeichnung Abstandshalter Unterkonstruktion



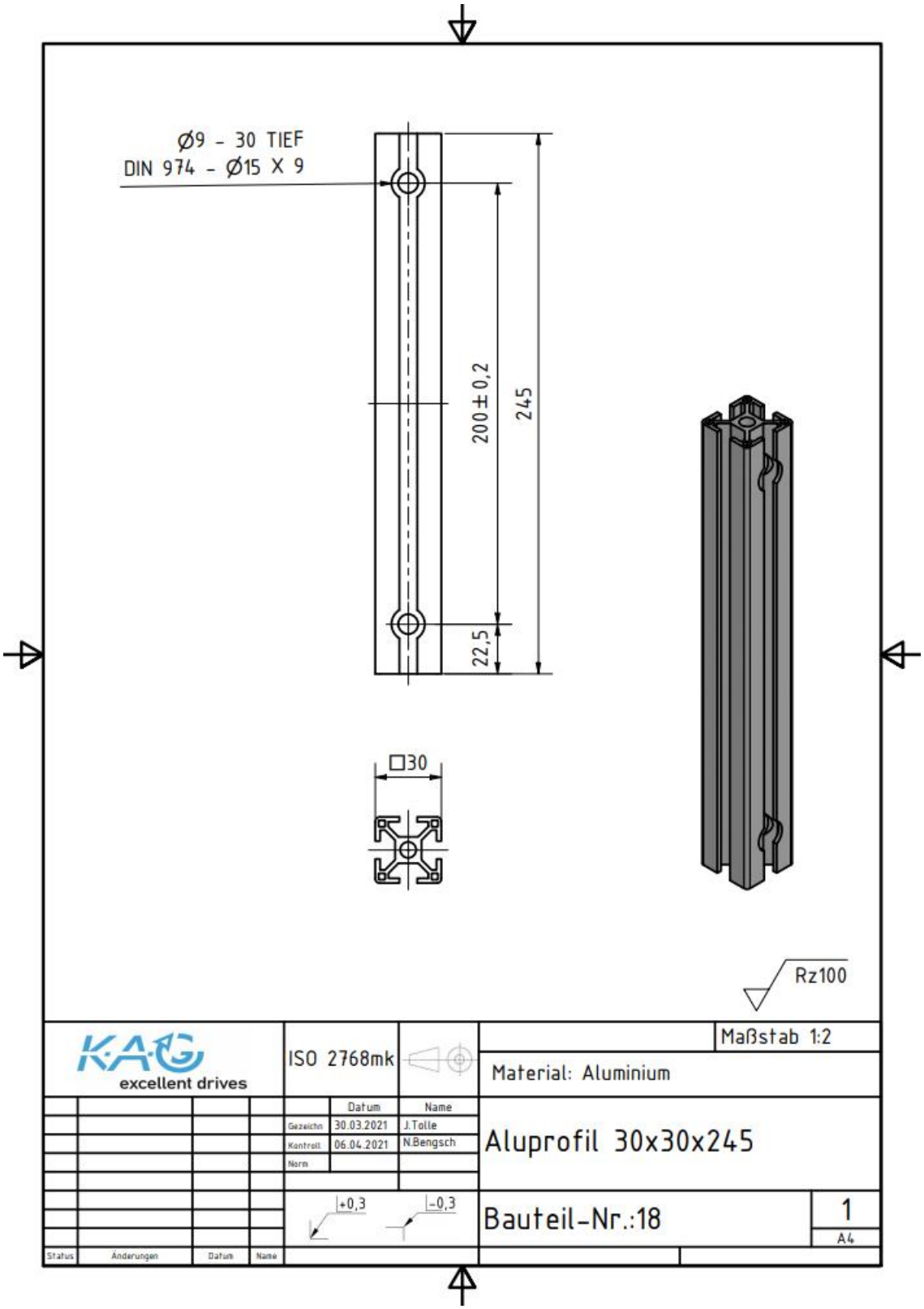
Anhang 42: Zeichnung Dreheinheit Adapterplatte



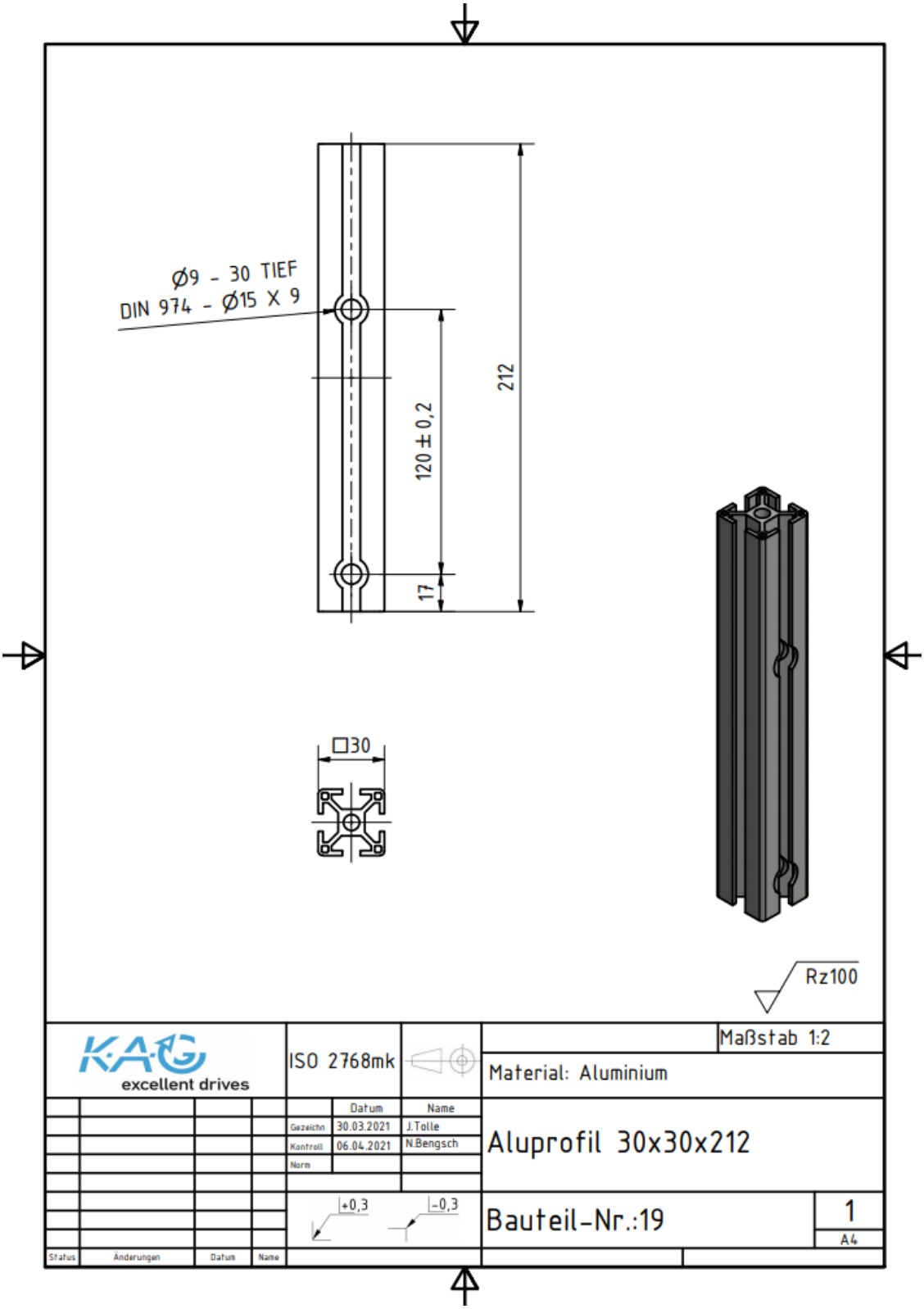
Anhang 43: Zeichnung Aluprofil 45x45x200



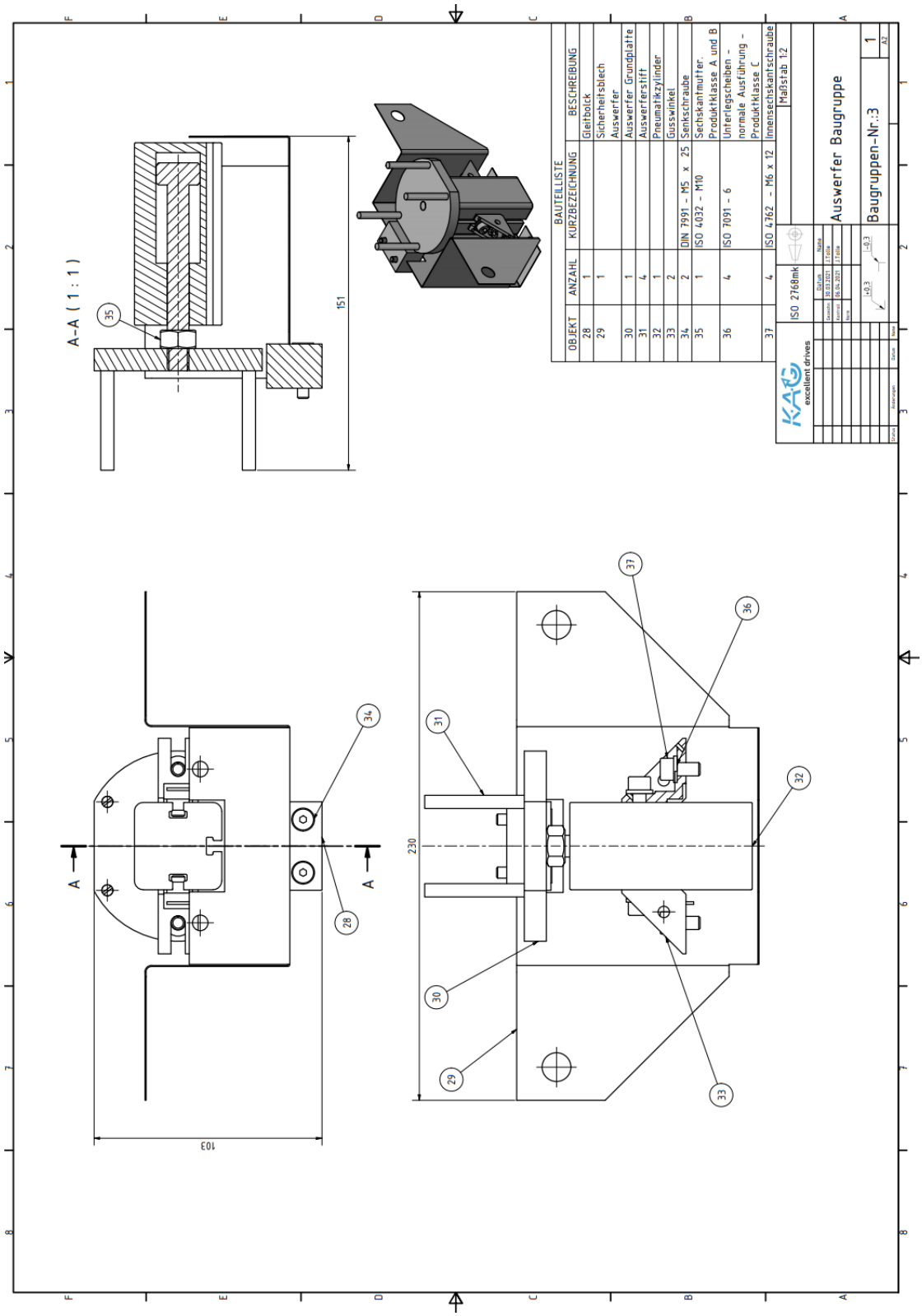
Anhang 44: Zeichnung Aluprofil 30x30x245



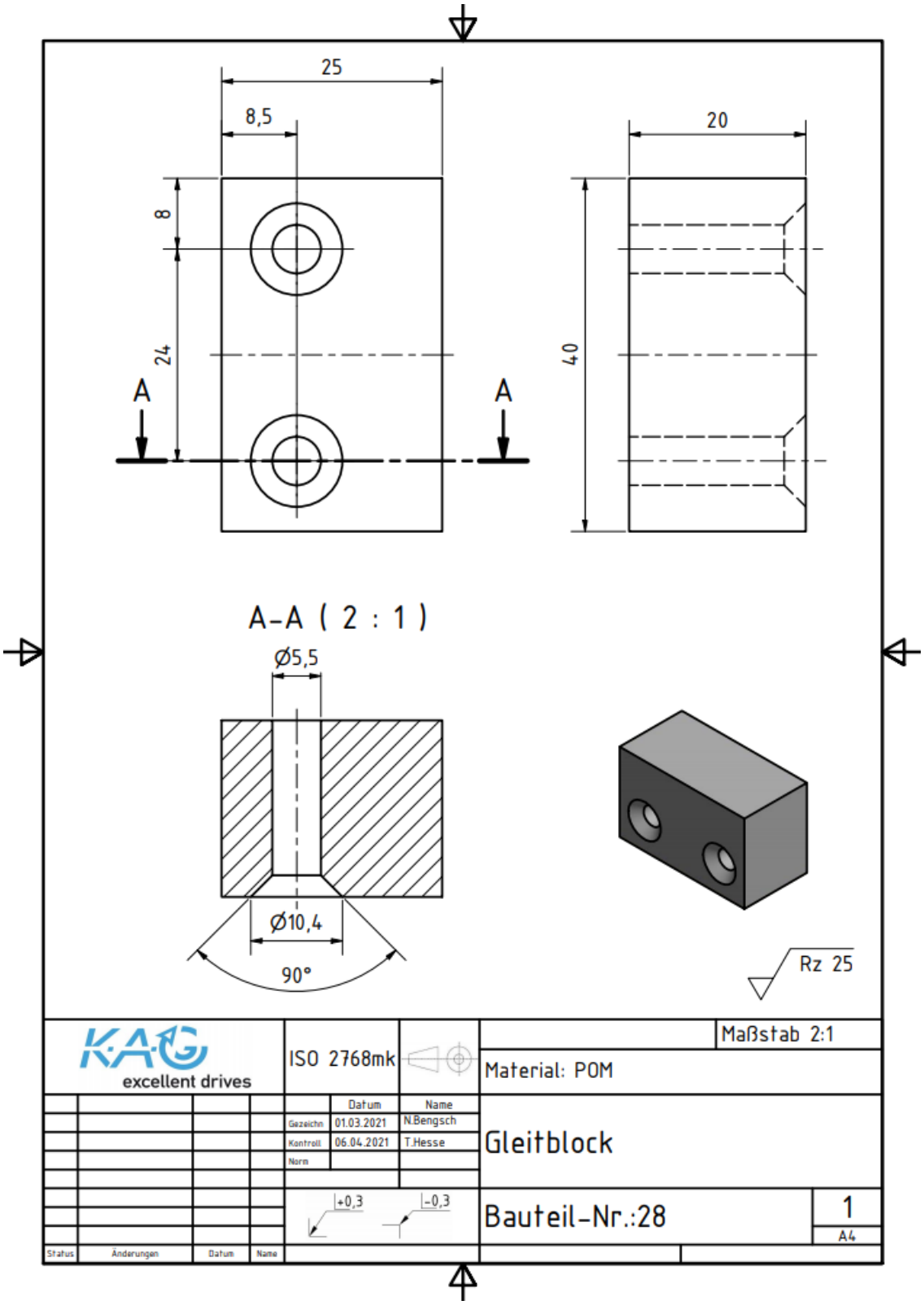
Anhang 45: Zeichnung Aluprofil 30x30x212



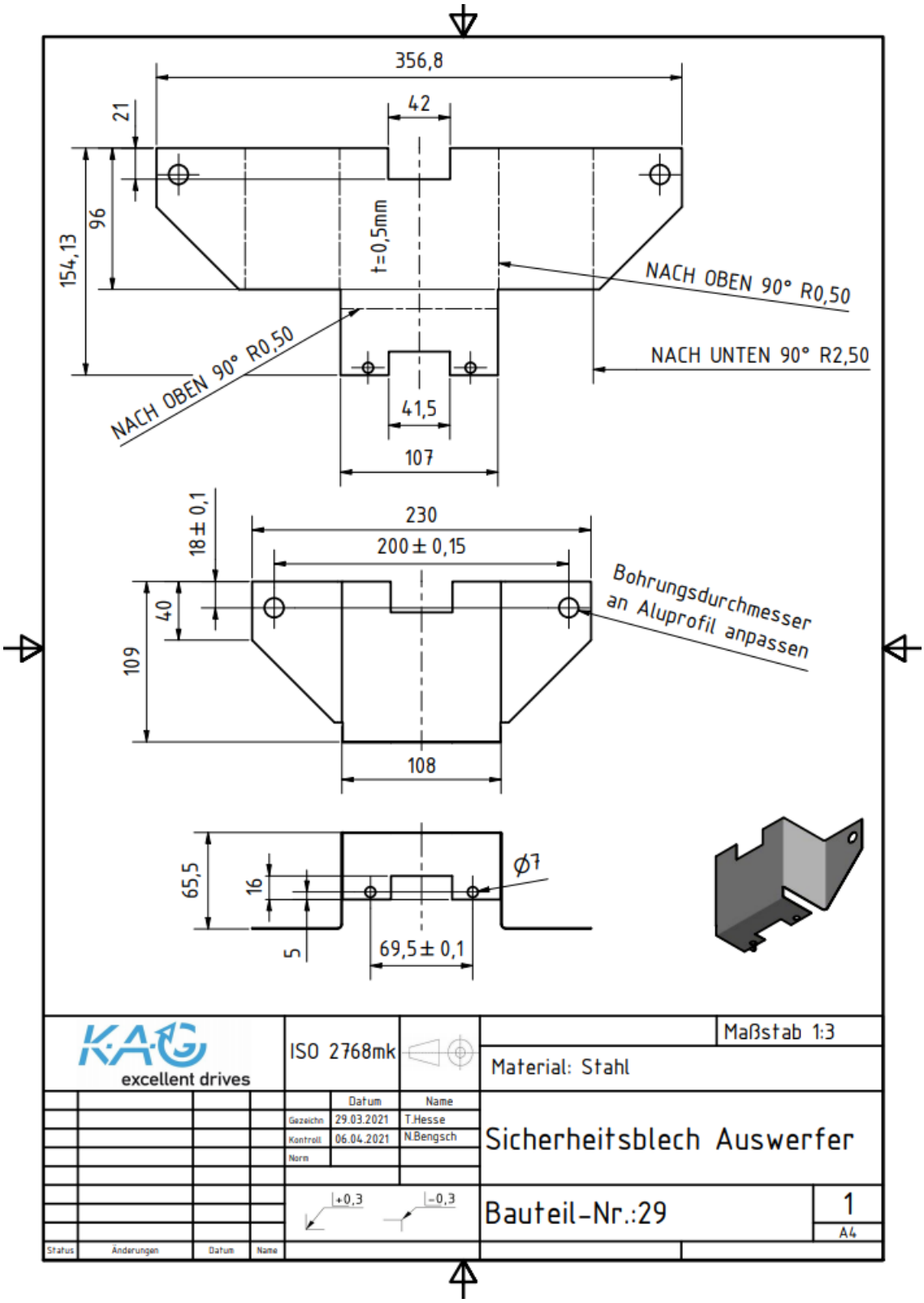
Anhang 46: Baugruppenzeichnung 3 Auswerfer



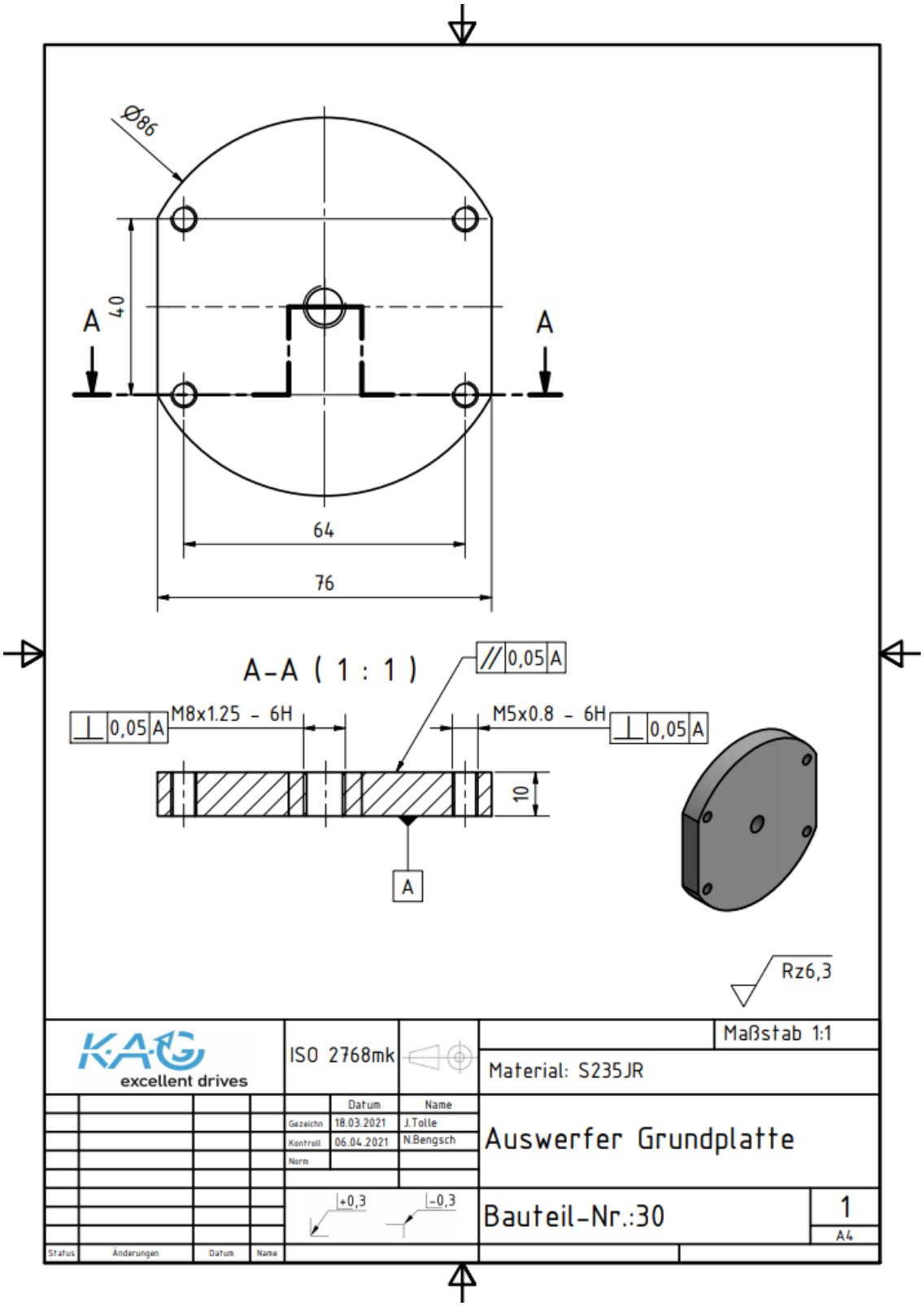
Anhang 47: Zeichnung Gleitblock



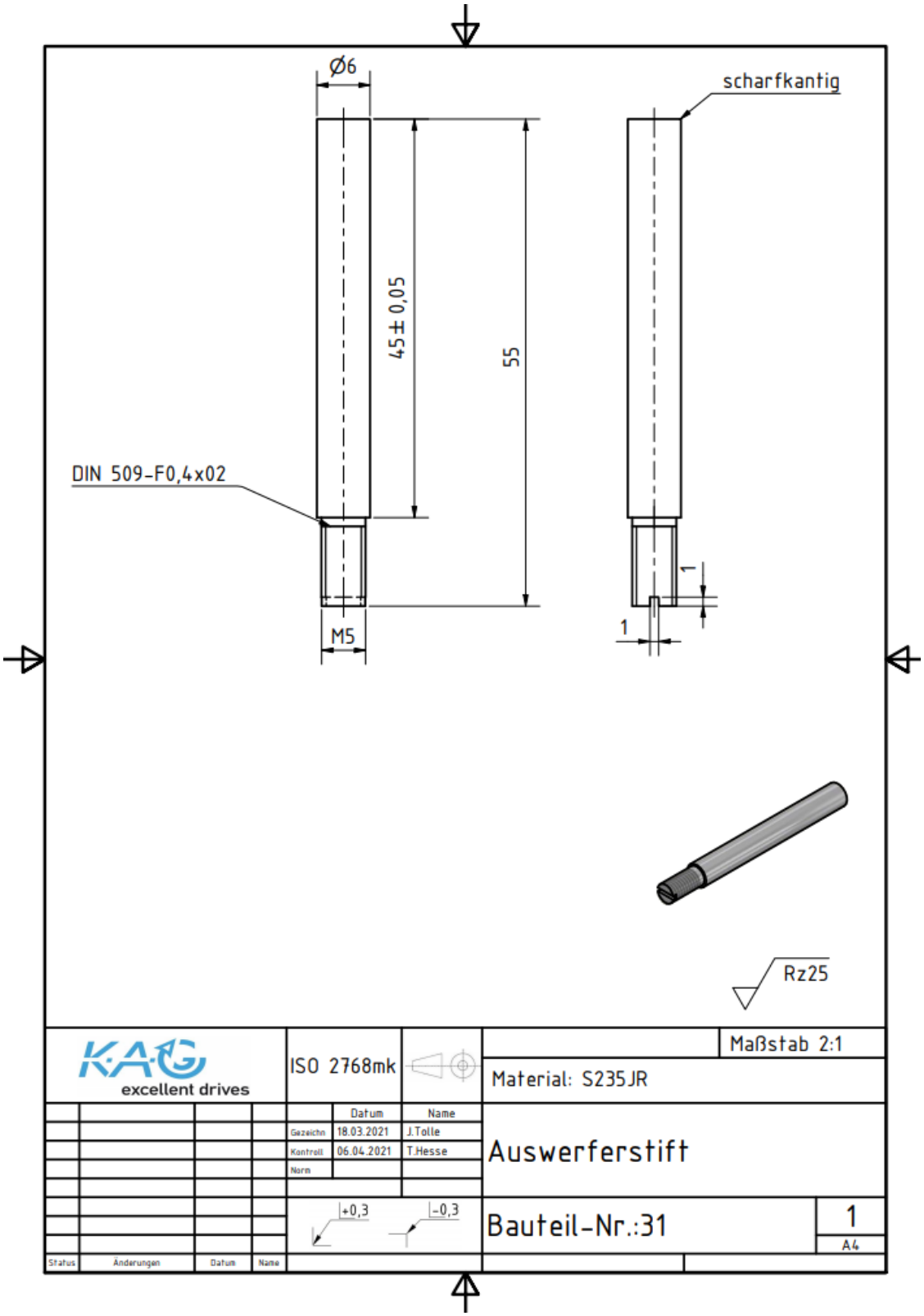
Anhang 48: Zeichnung Sicherheitsblech Auswerfer



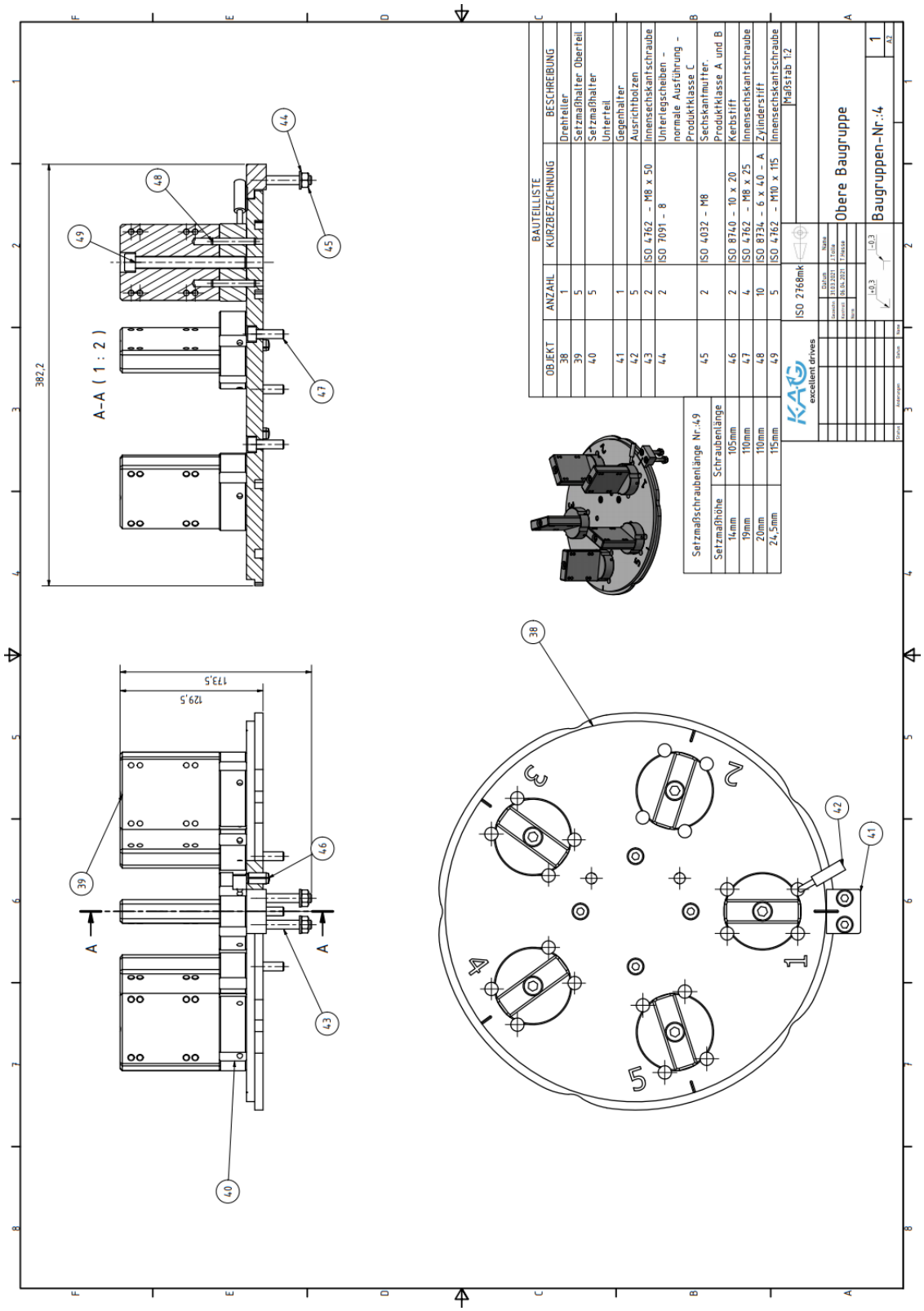
Anhang 49: Zeichnung Auswerfer Grundplatte



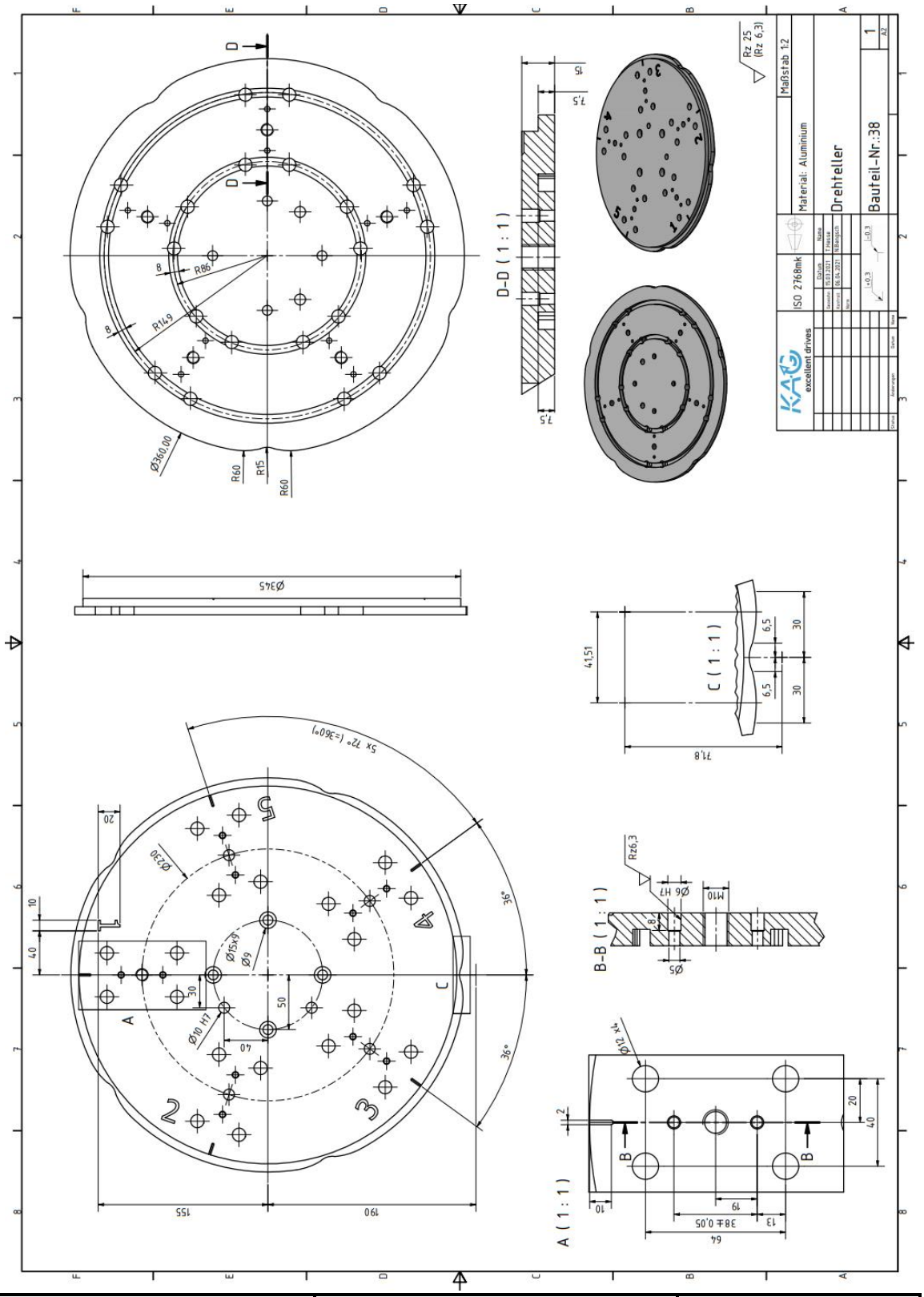
Anhang 50: Zeichnung Auswerferstift



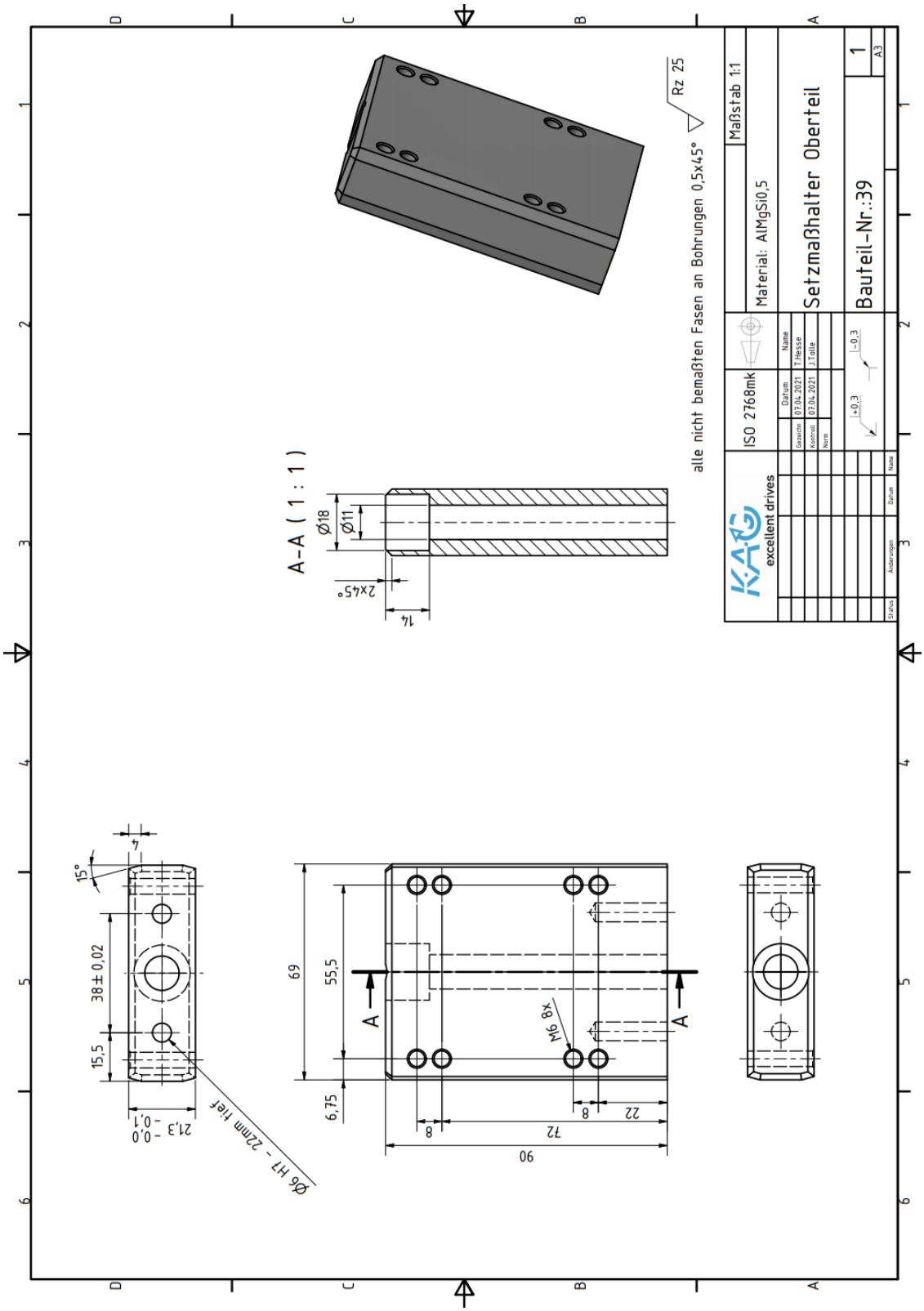
Anhang 51: Baugruppenzeichnung 4 Obere Baugruppe



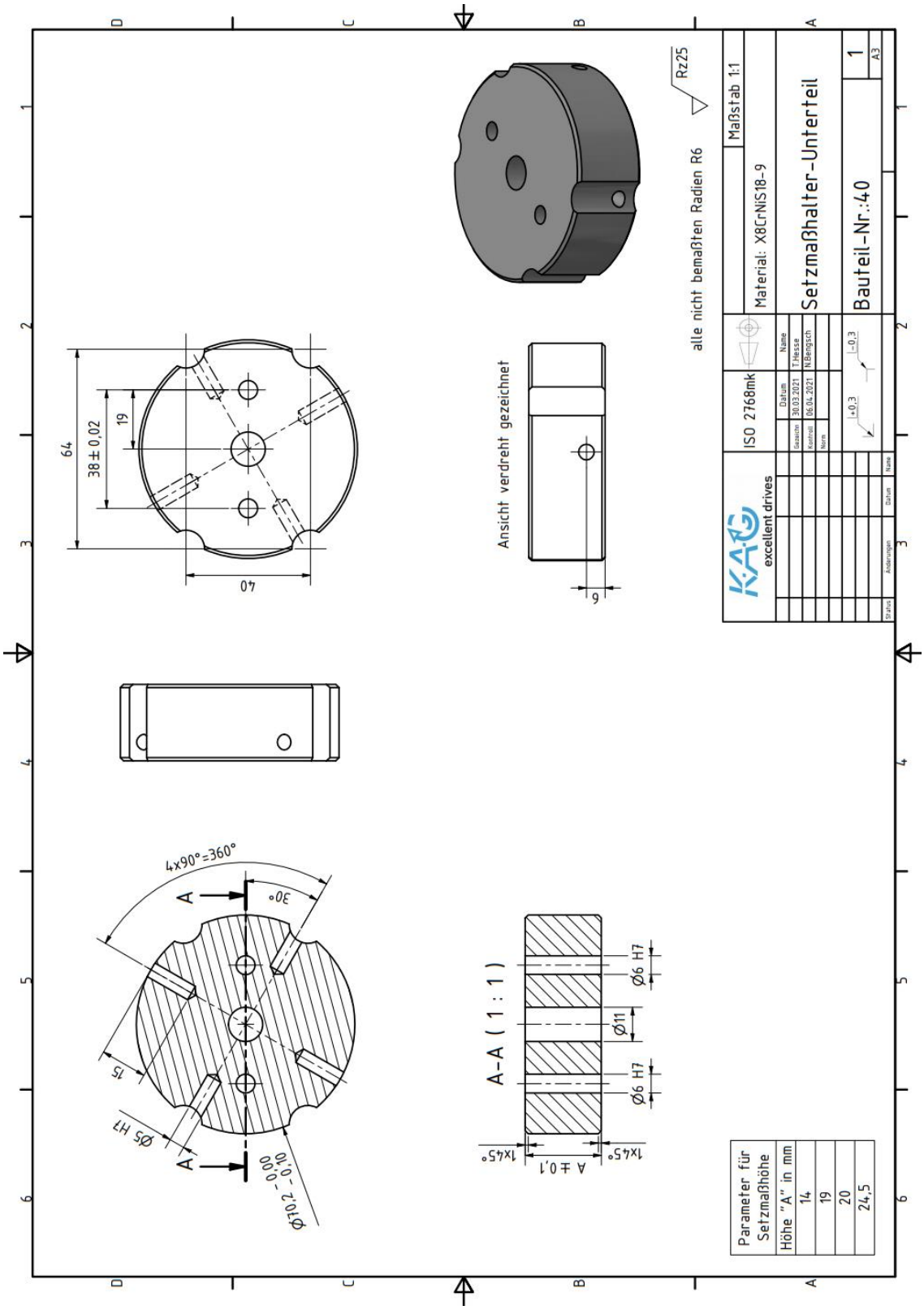
Anhang 52: Zeichnung Drehteller



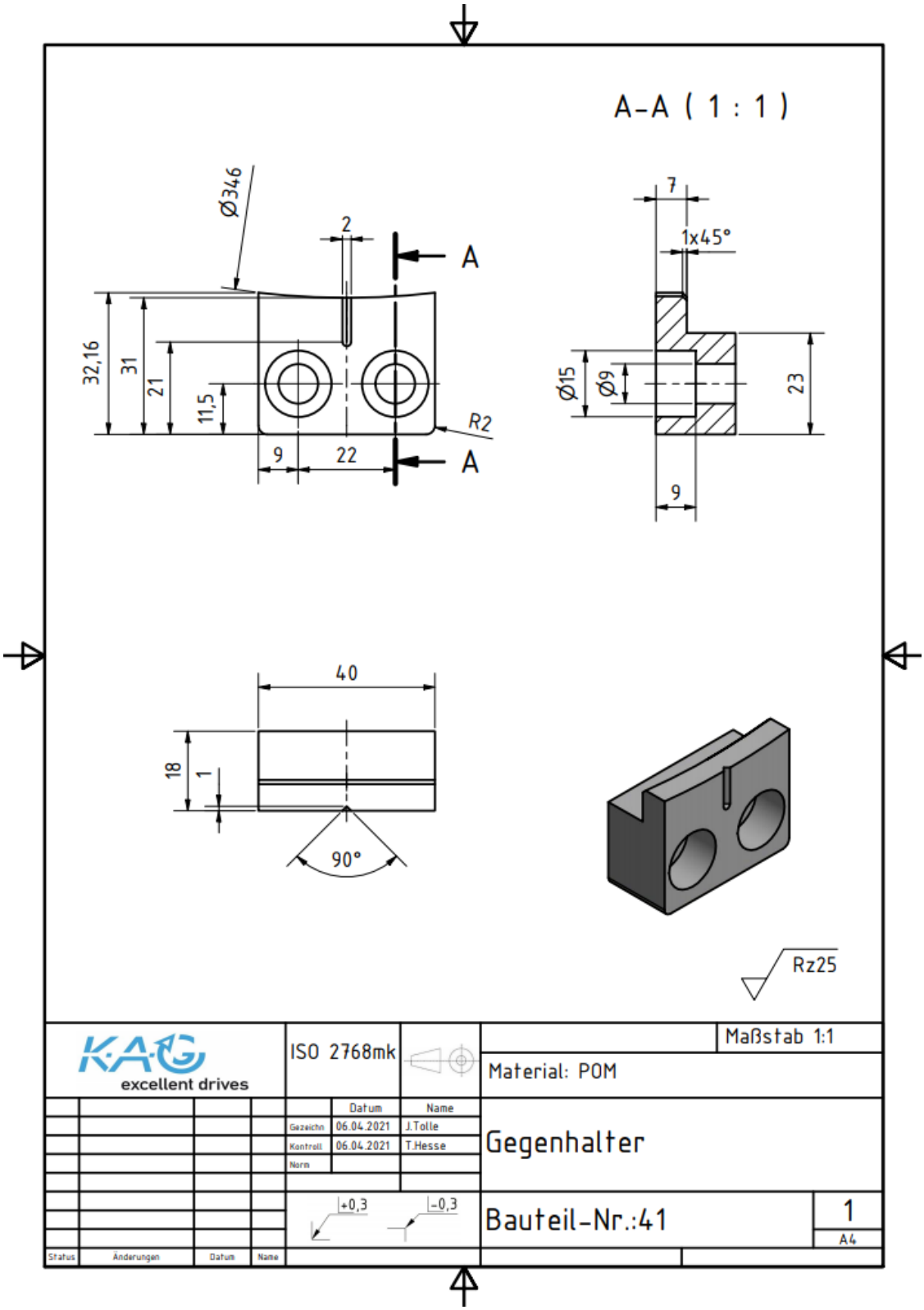
Anhang 53: Zeichnung Setzmaßhalter-Oberteil



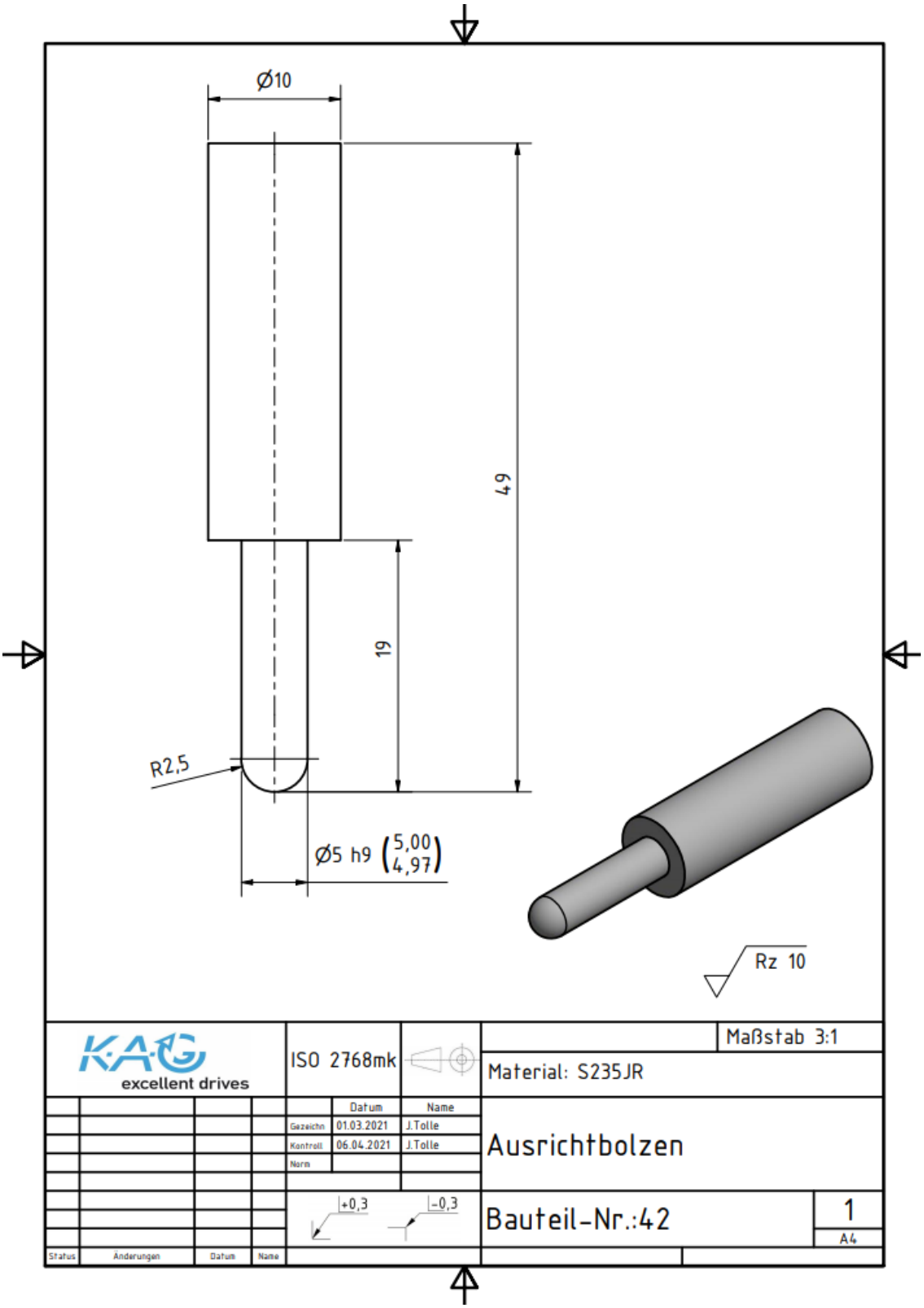
Anhang 54: Zeichnung Setzmaßhalter-Unterteil



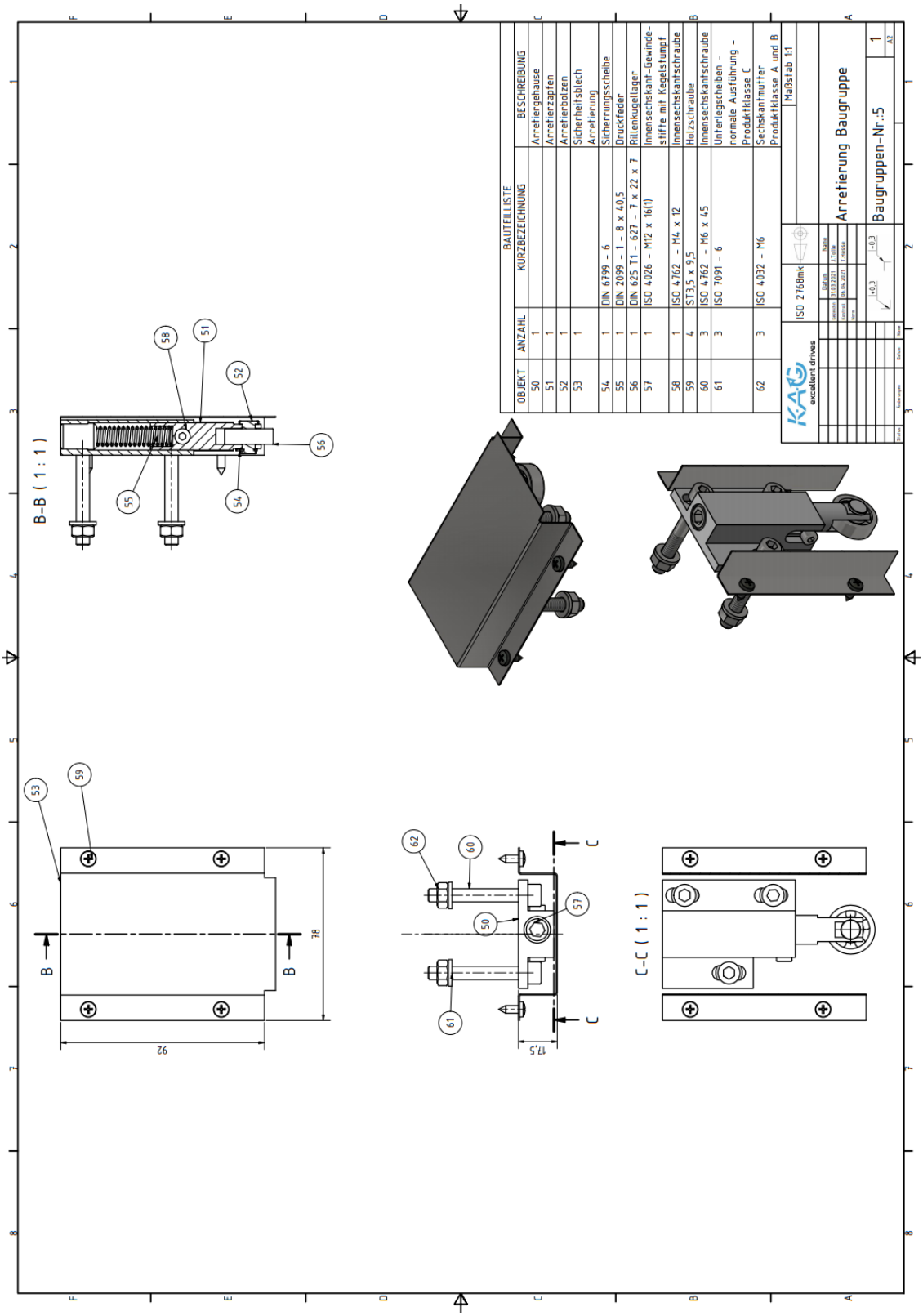
Anhang 55: Zeichnung Gegenhalter



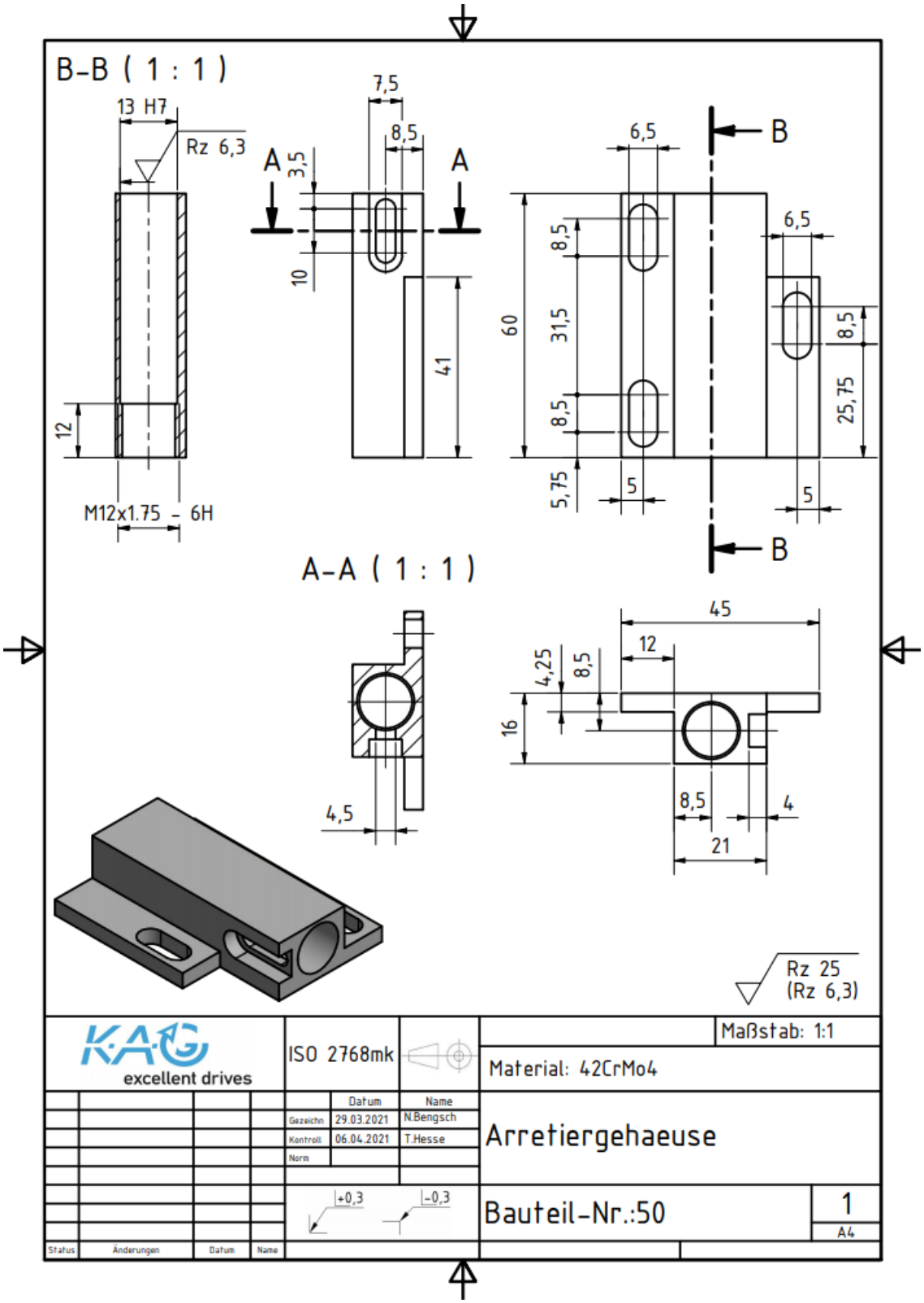
Anhang 56: Zeichnung Ausrichtbolzen



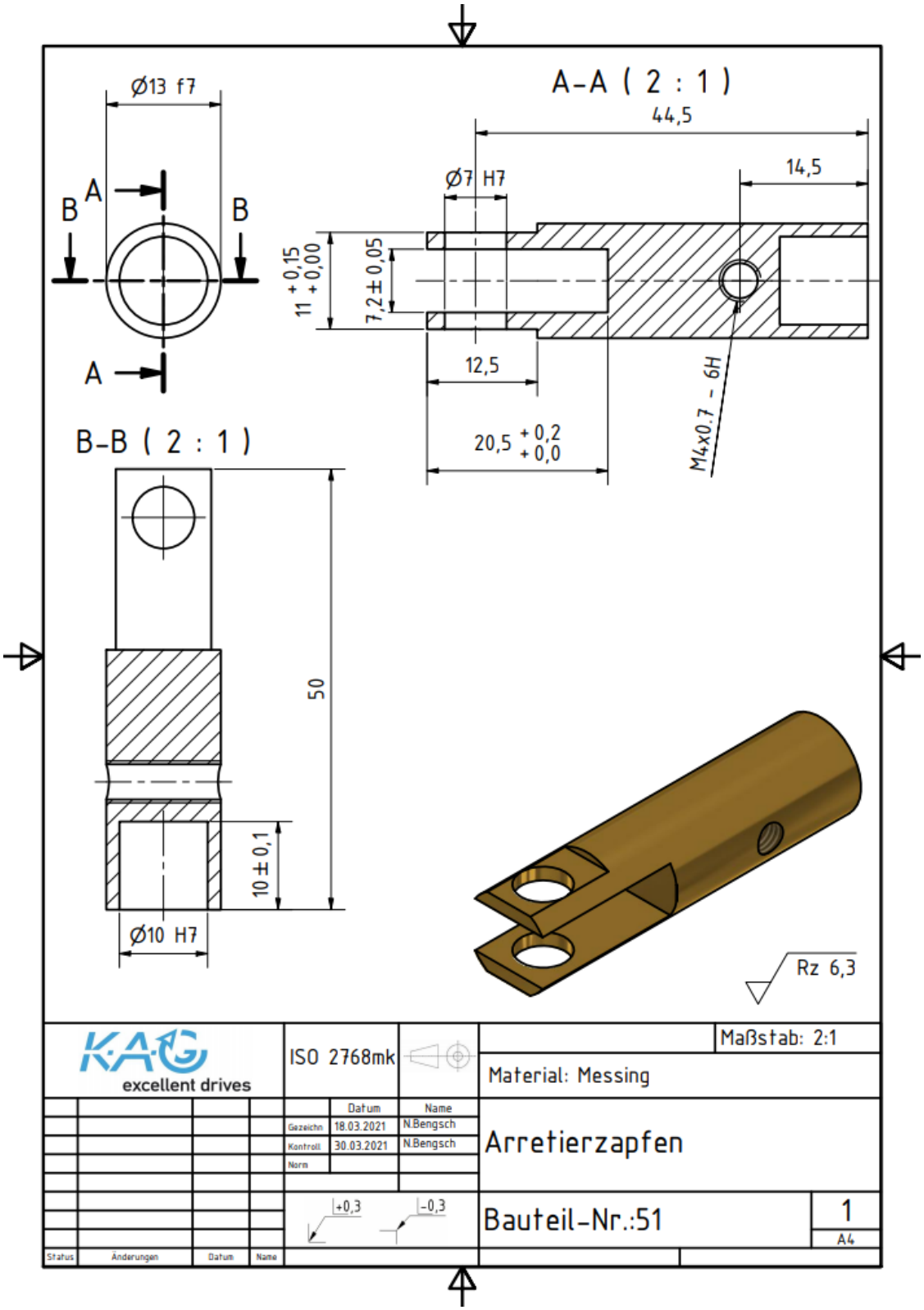
Anhang 57: Baugruppenzeichnung 5 Arretierung



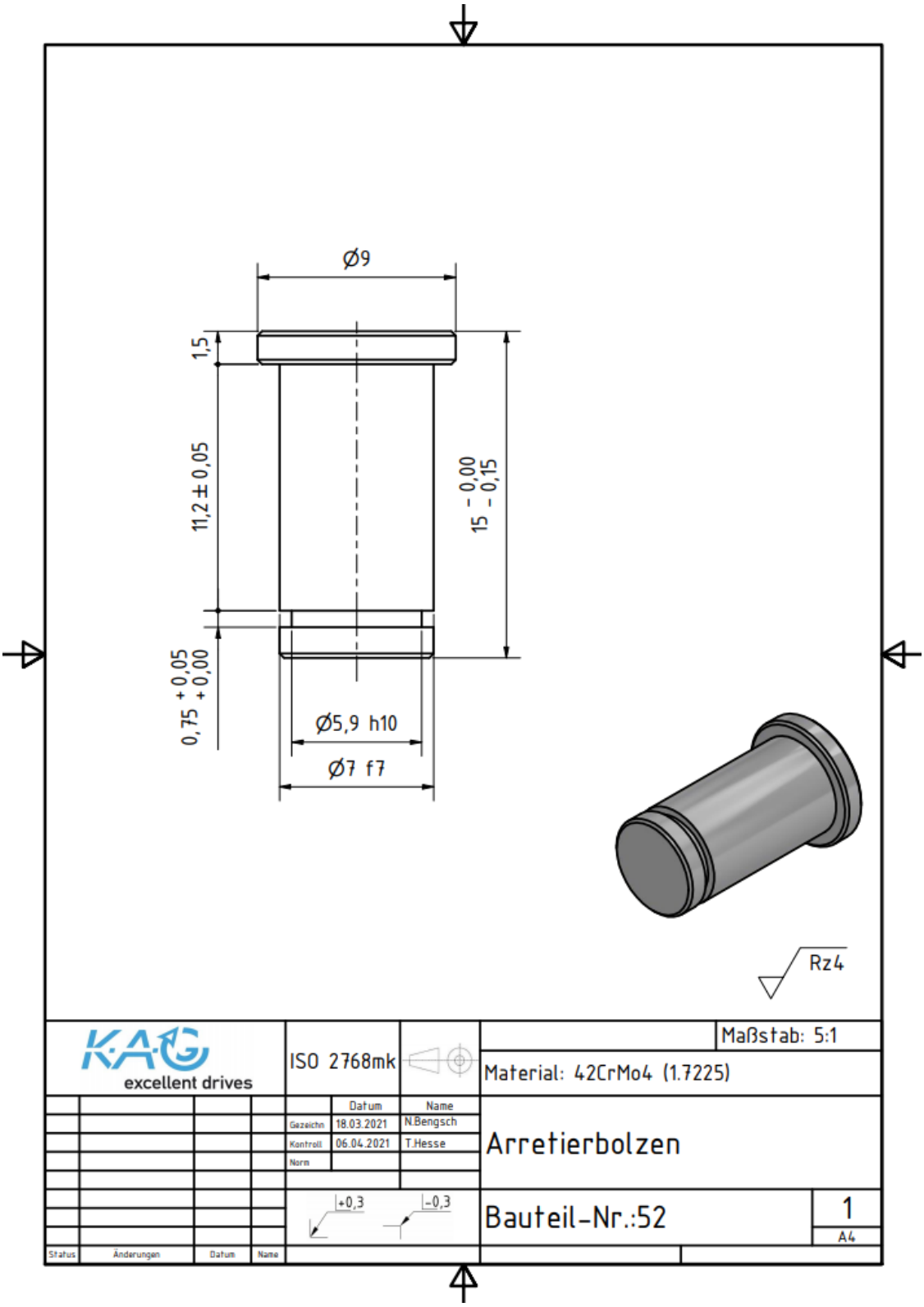
Anhang 58: Zeichnung Arretiergehäuse



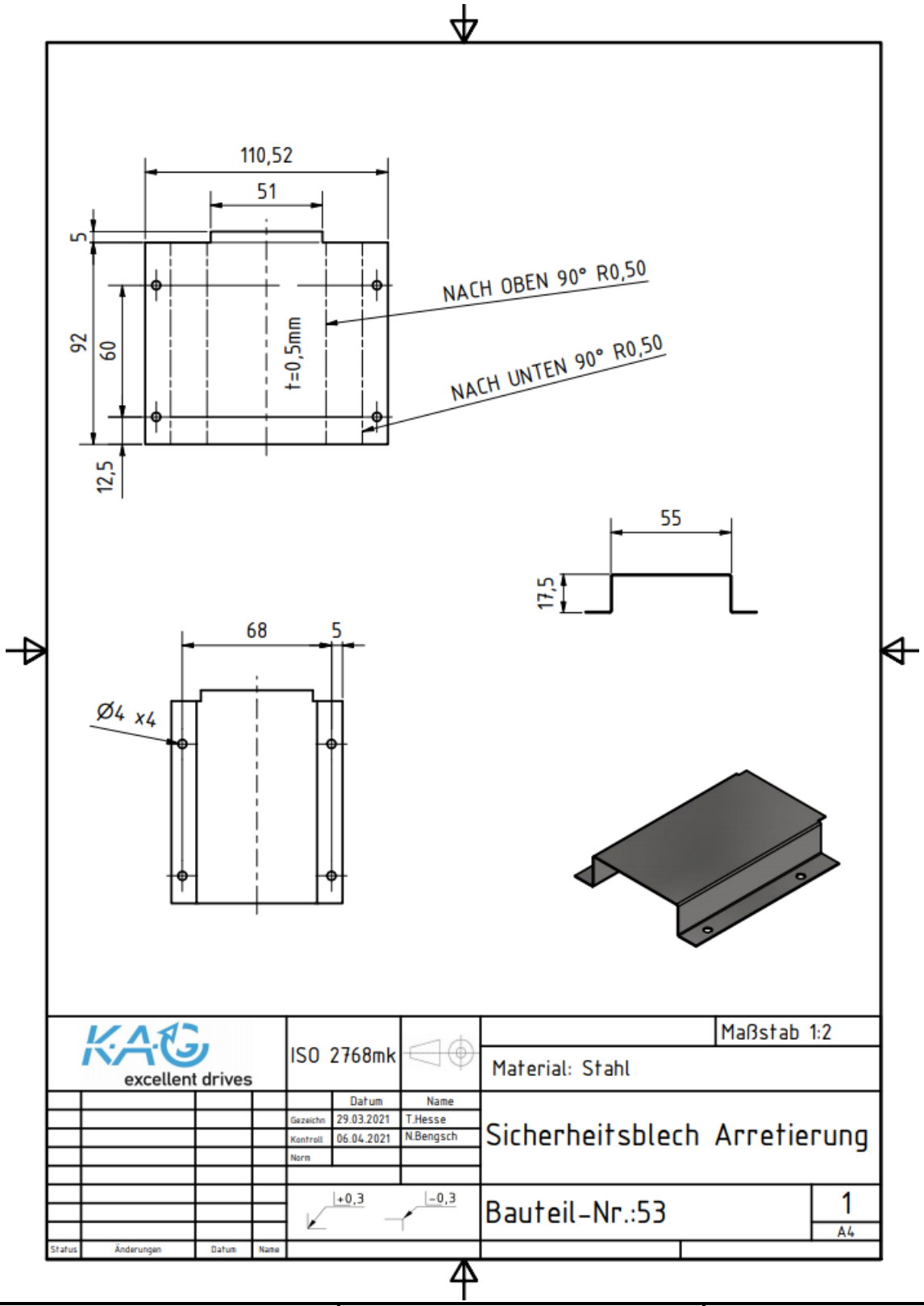
Anhang 59: Zeichnung Arretierzapfen



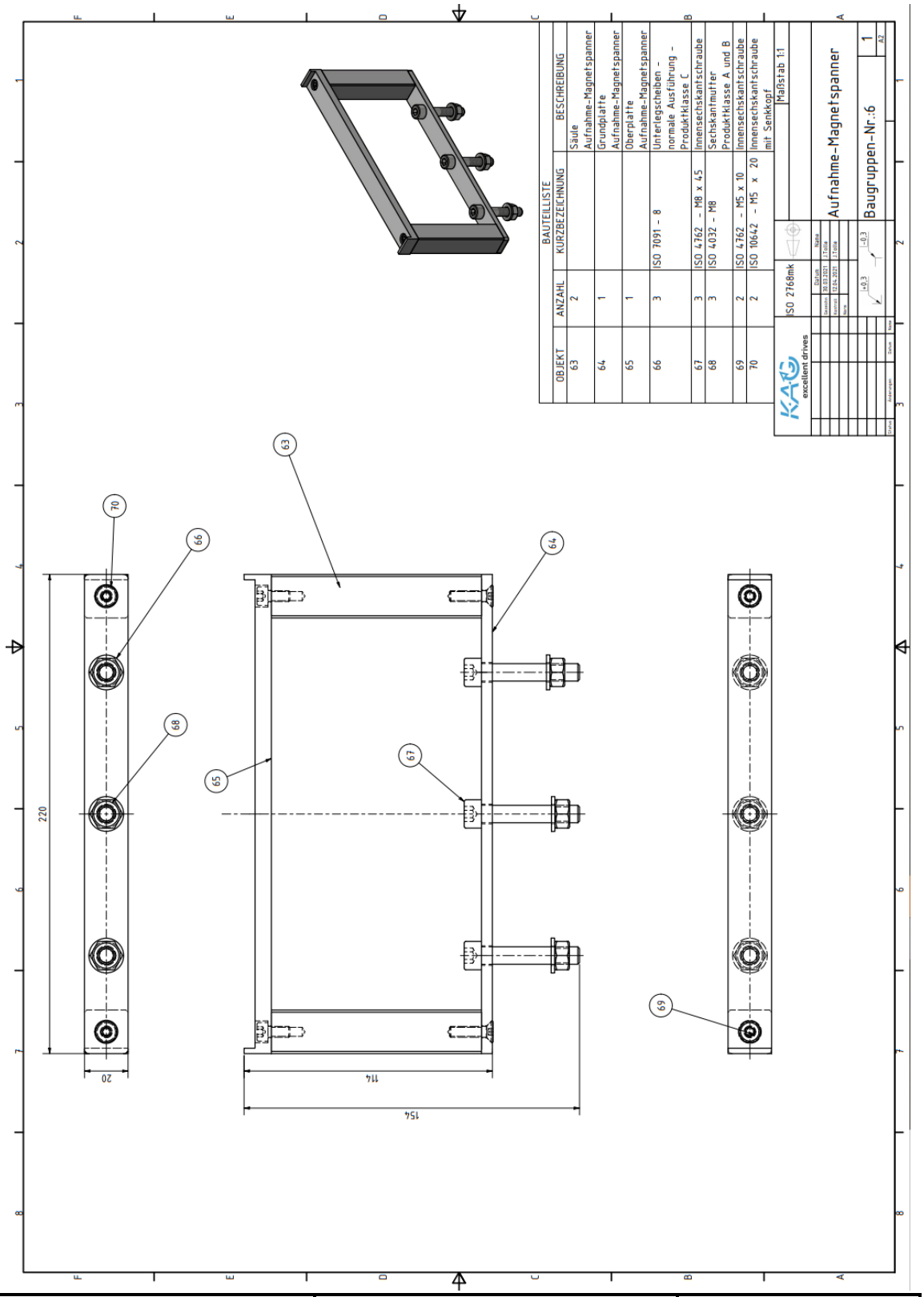
Anhang 60: Zeichnung Arretierbolzen



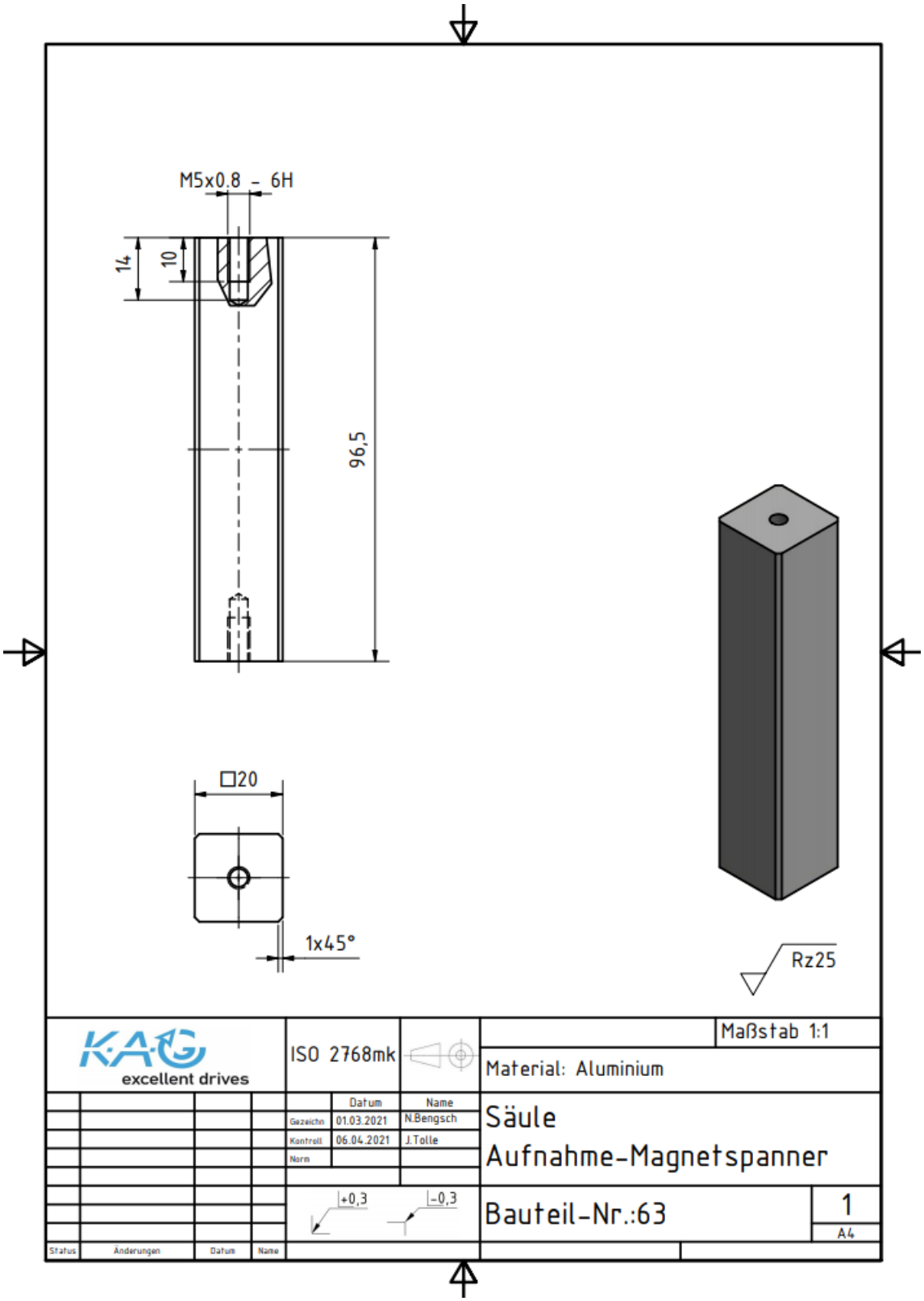
Anhang 61: Zeichnung Sicherheitsblech Arretierung



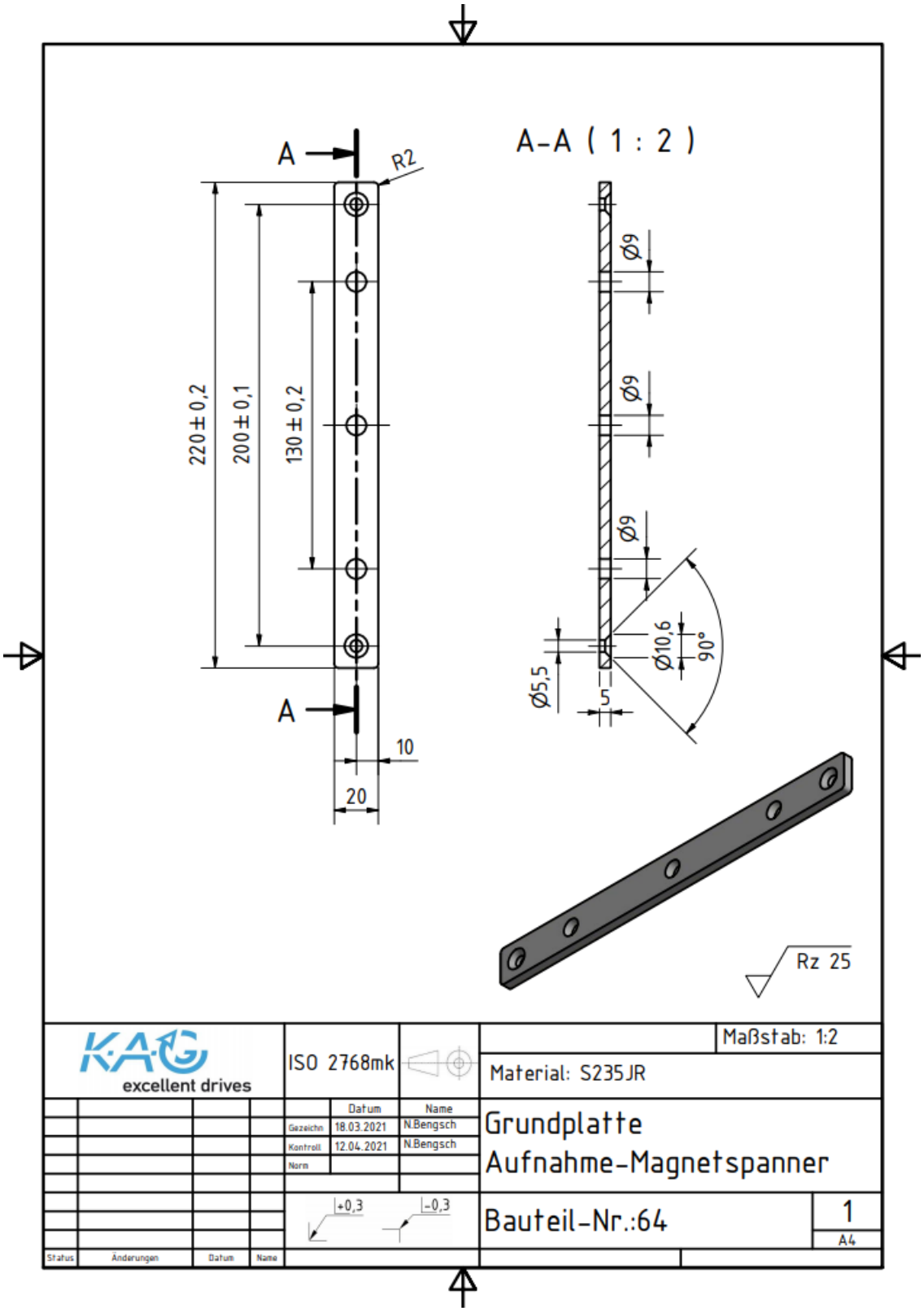
Anhang 62: Baugruppenzeichnung 6 Aufnahme-Magnetspanner



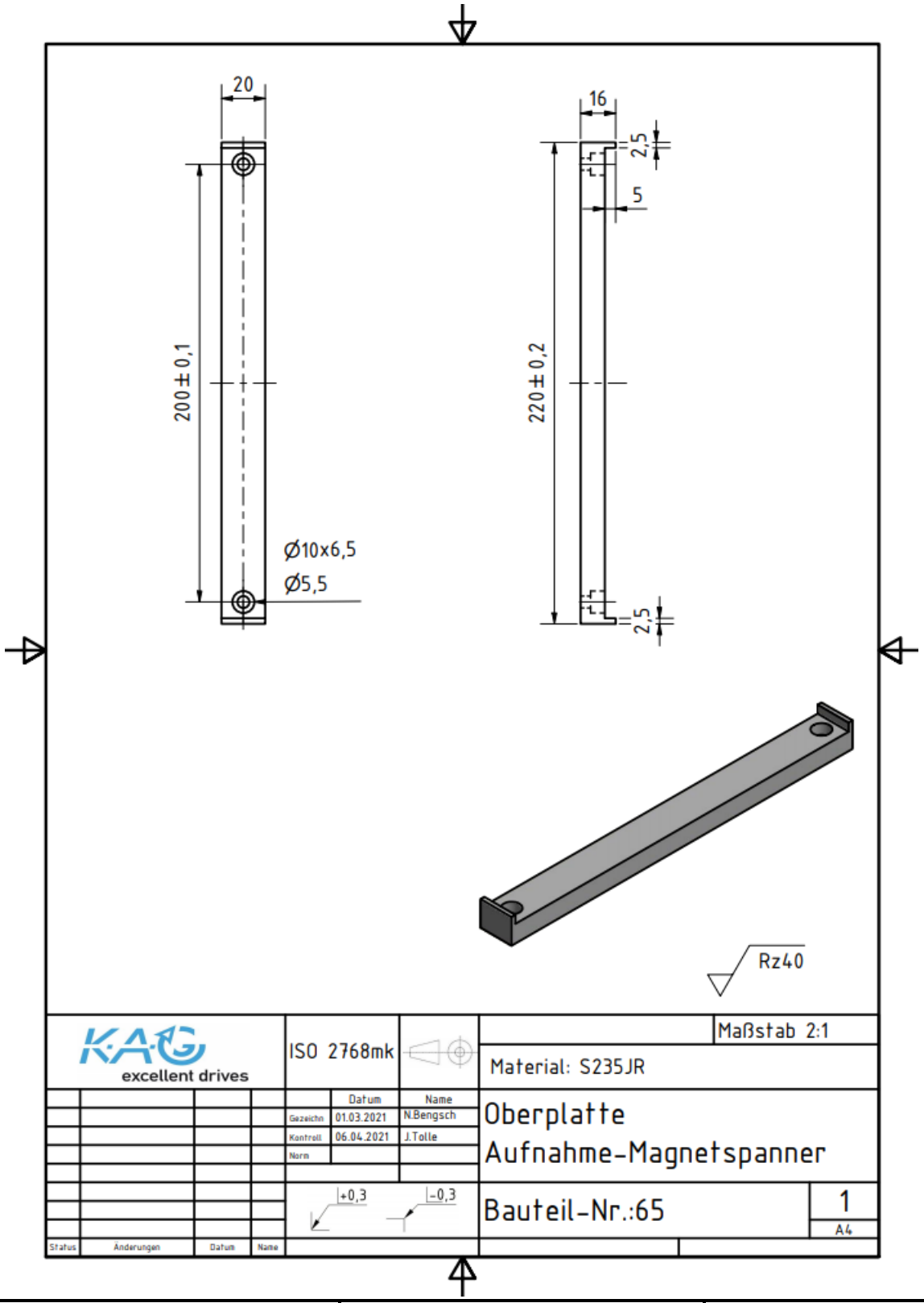
Anhang 63: Zeichnung Säule Aufnahme-Magnetspanner



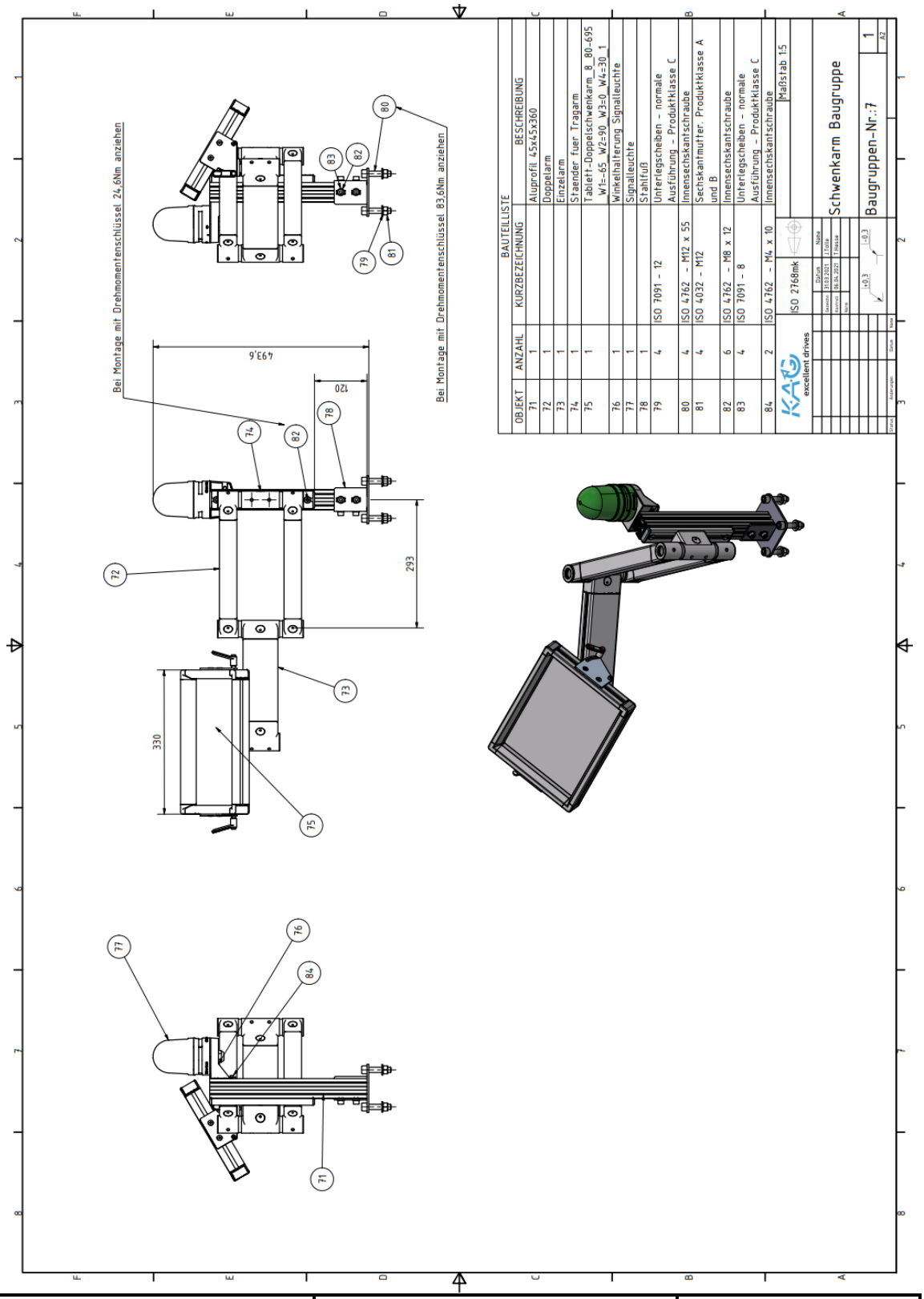
Anhang 64: Zeichnung Grundplatte Aufnahme-Magnetspanner



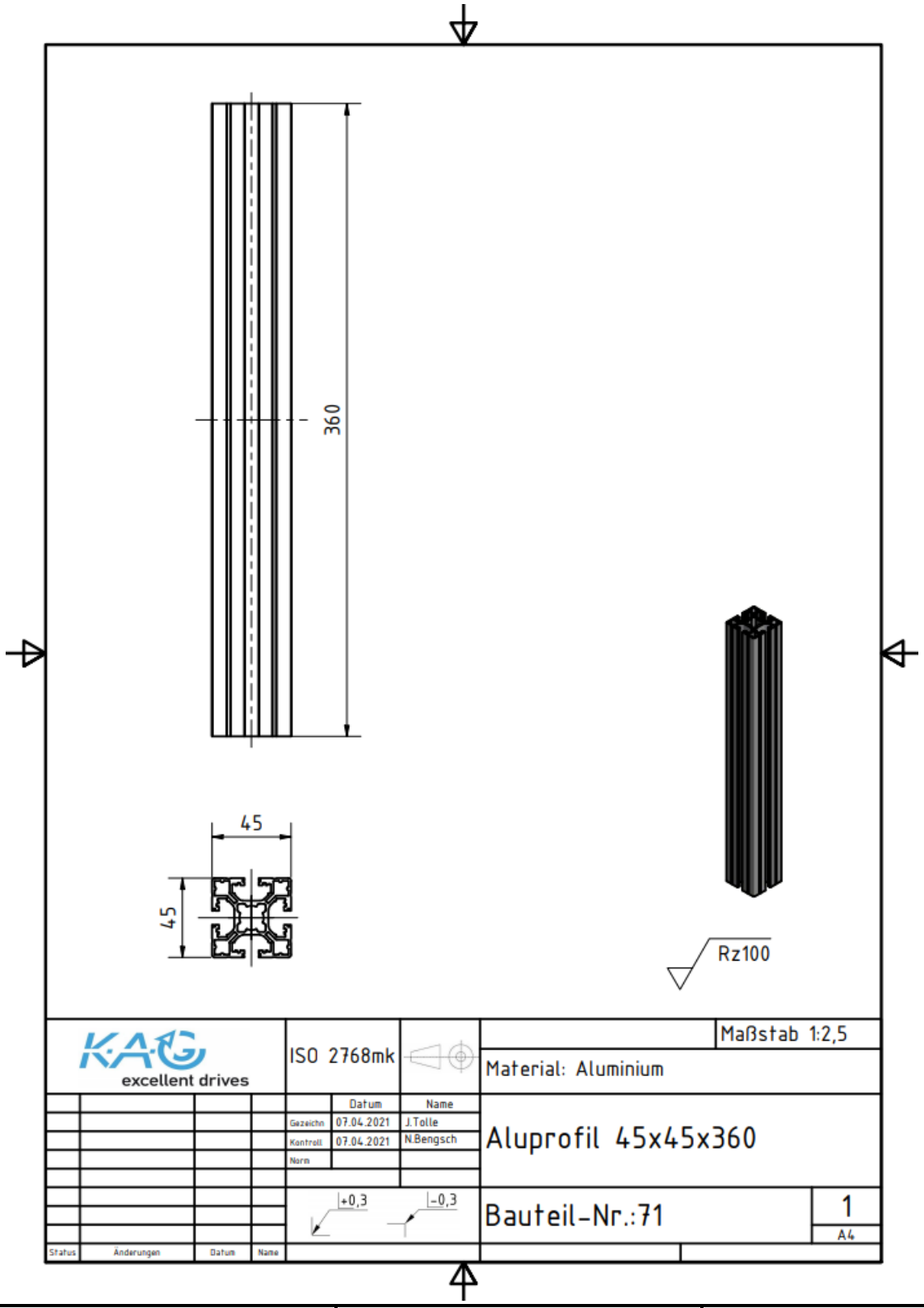
Anhang 65: Zeichnung Oberplatte Aufnahme-Magnetspanner



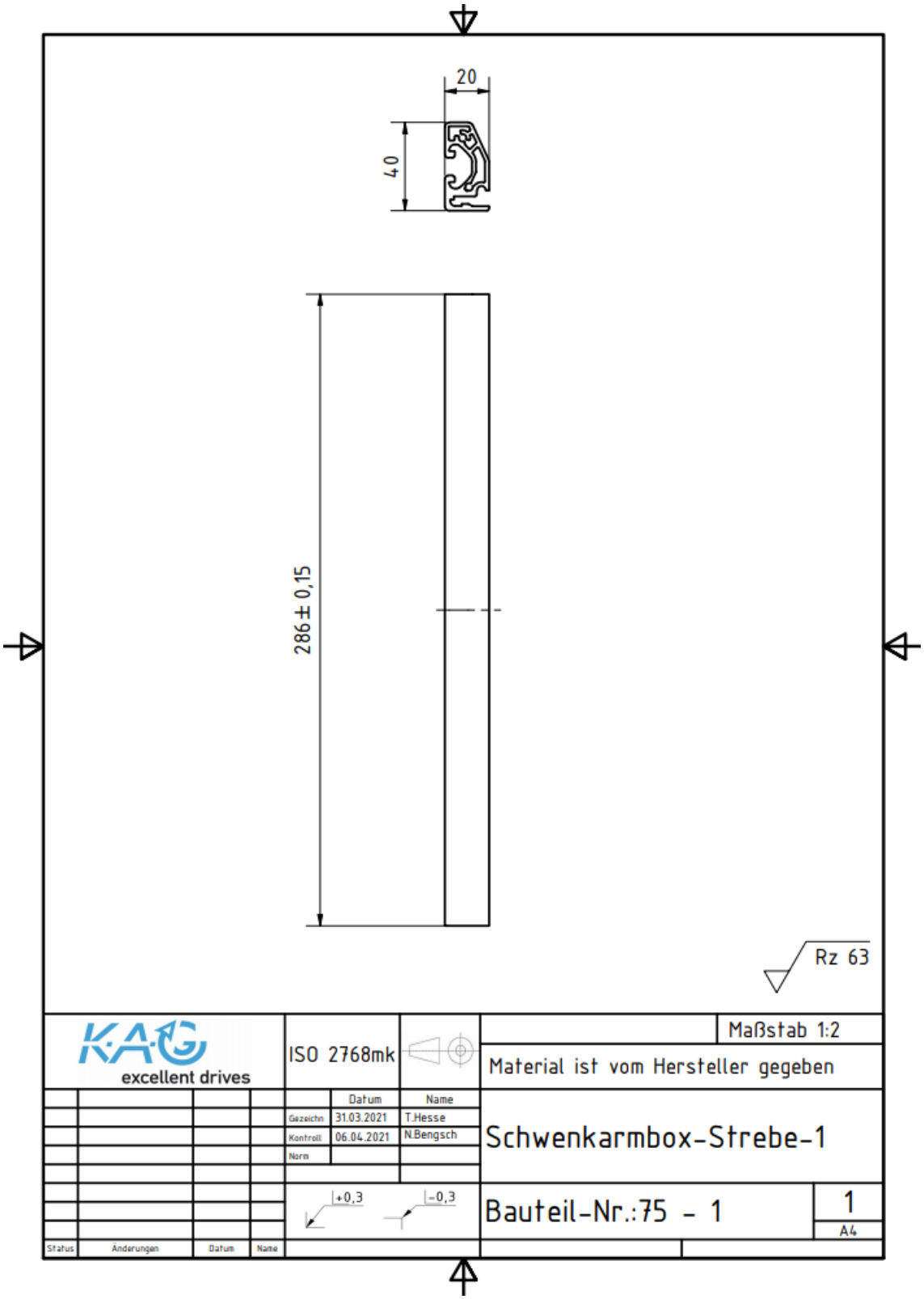
Anhang 66: Baugruppenzeichnung 7 Schwenkarm



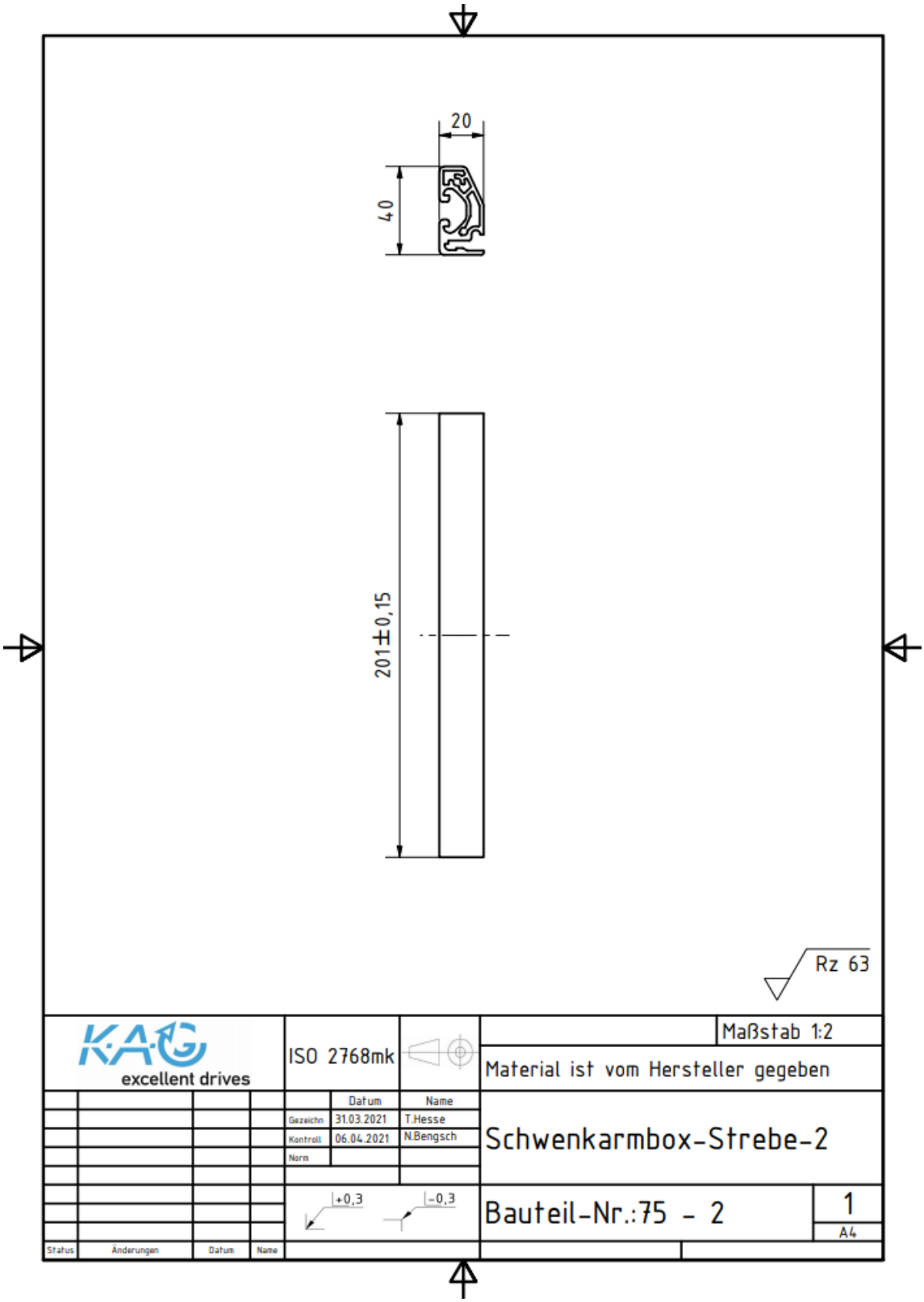
Anhang 67: Zeichnung Aluprofil 45x45x360



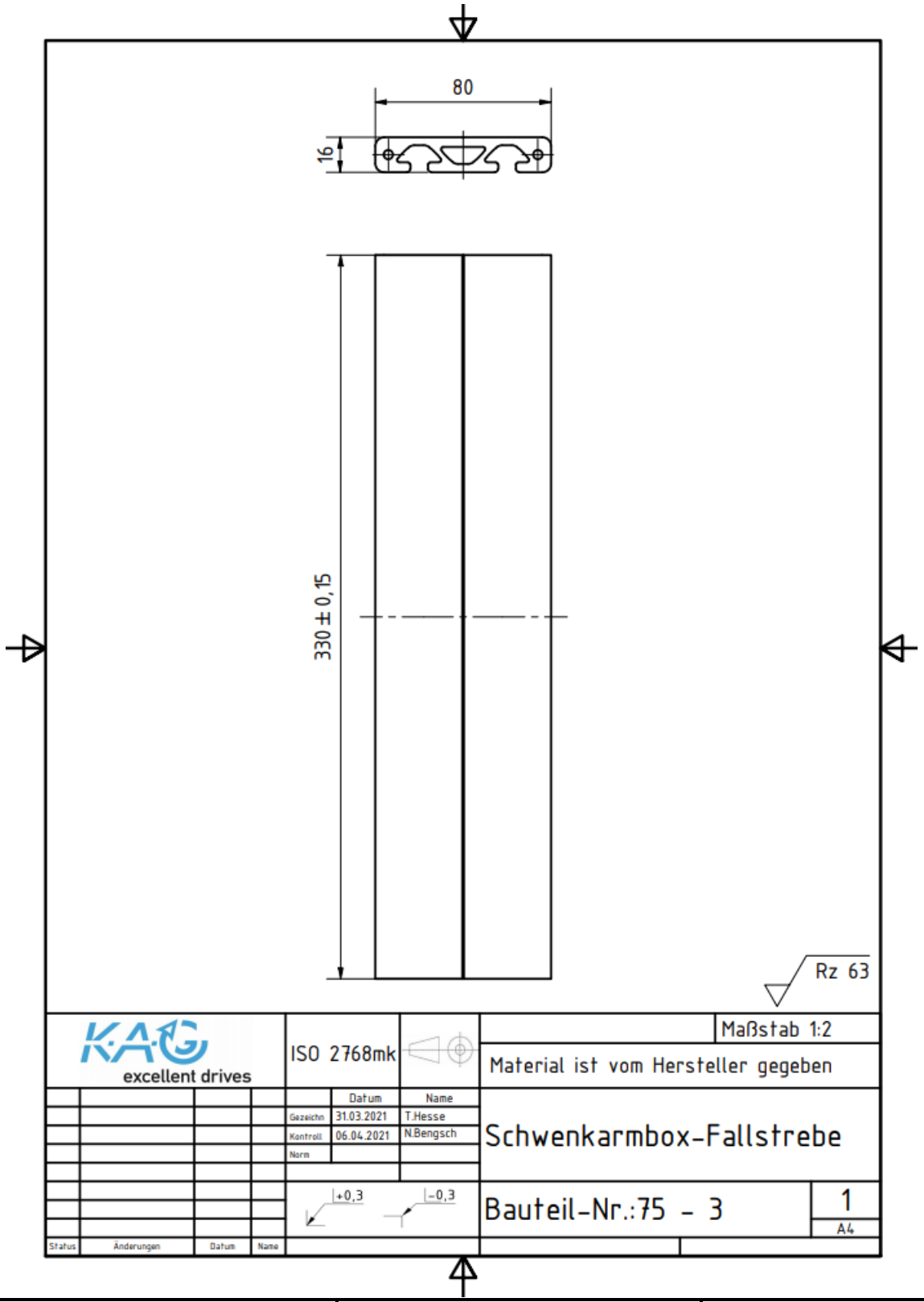
Anhang 68: Zeichnung Schwenkarmbox-Strebe-1



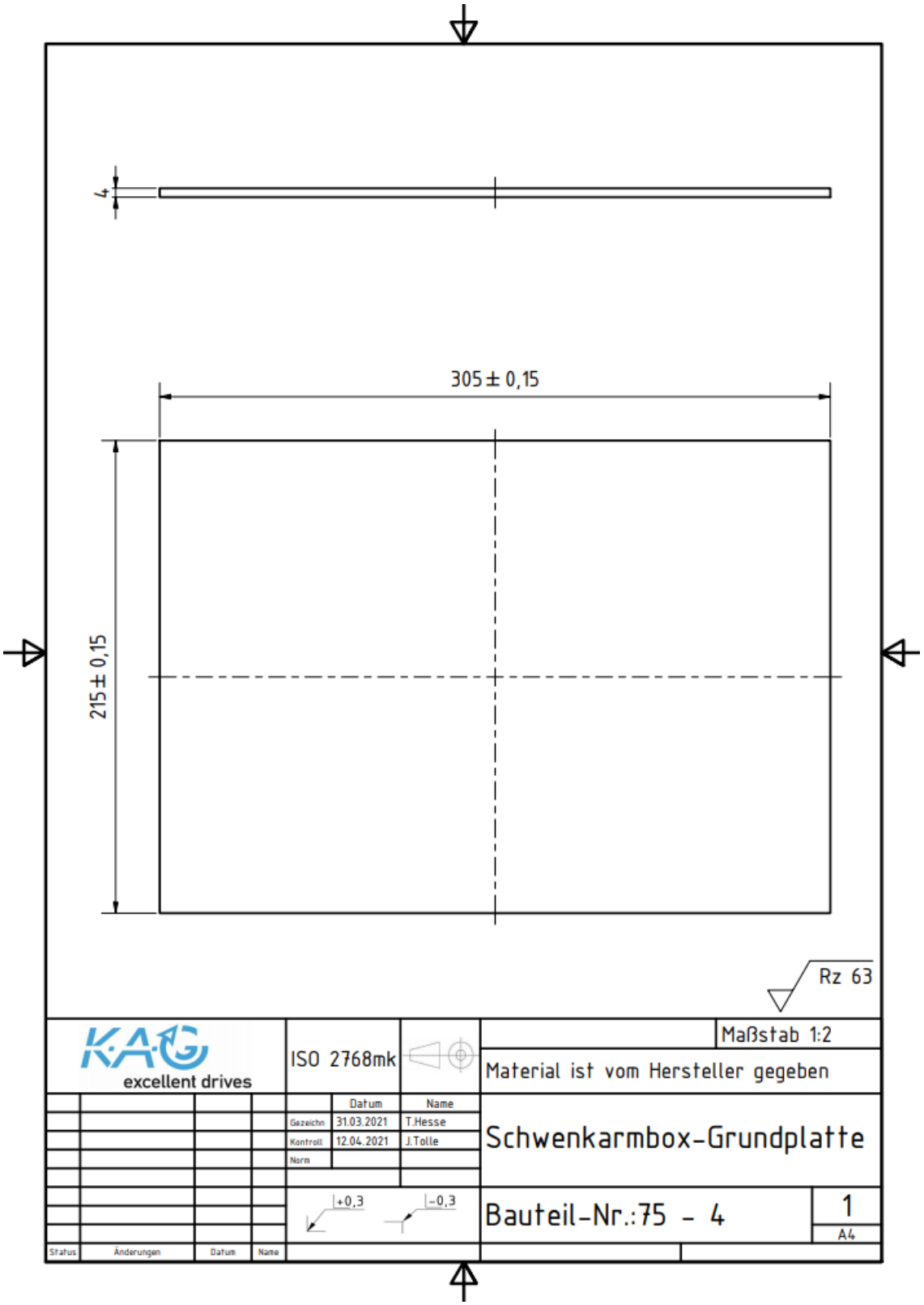
Anhang 69: Zeichnung Schwenkarmbox-Strebe-2



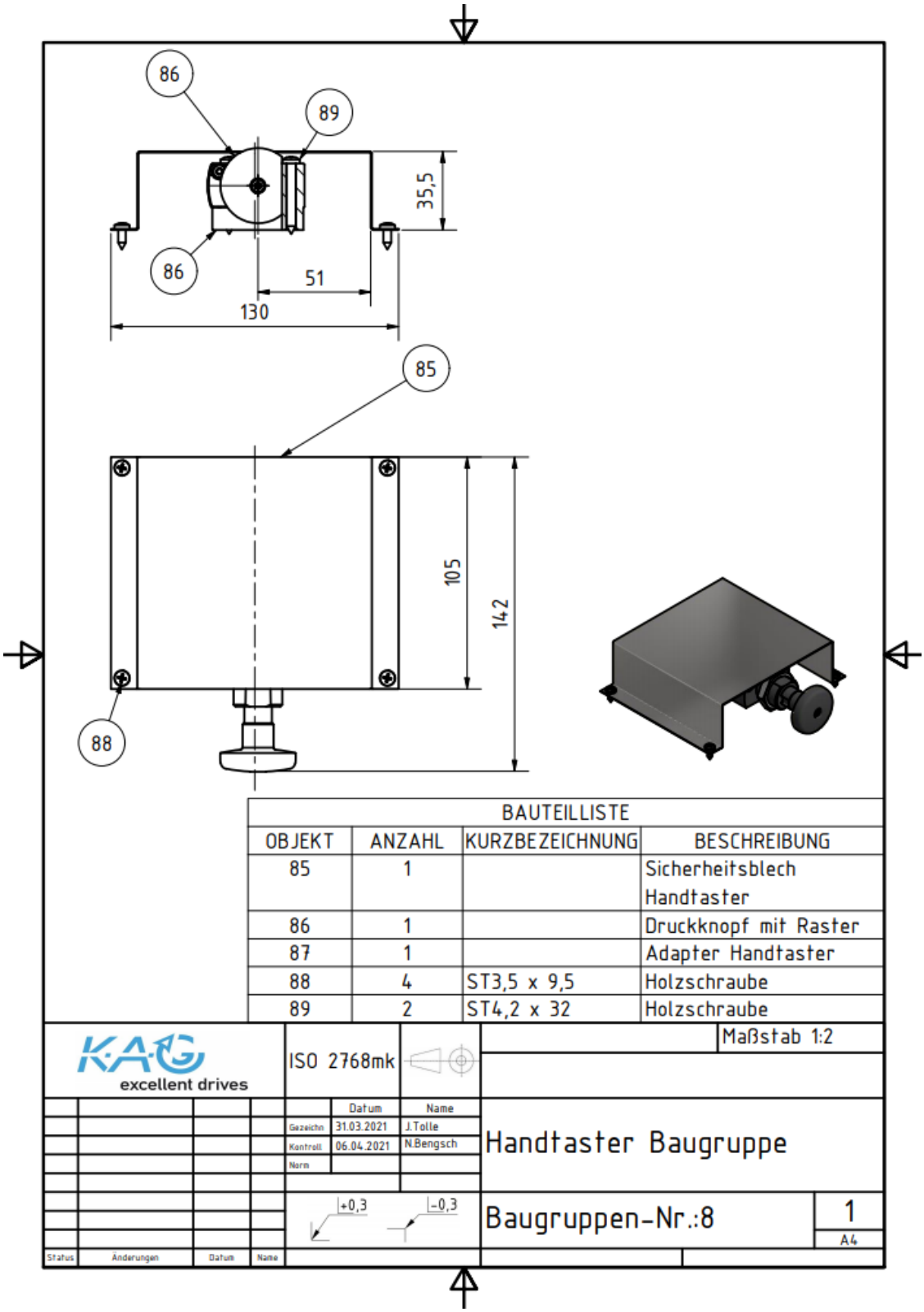
Anhang 70: Zeichnung Schwenkarmbox-Fallstrebe



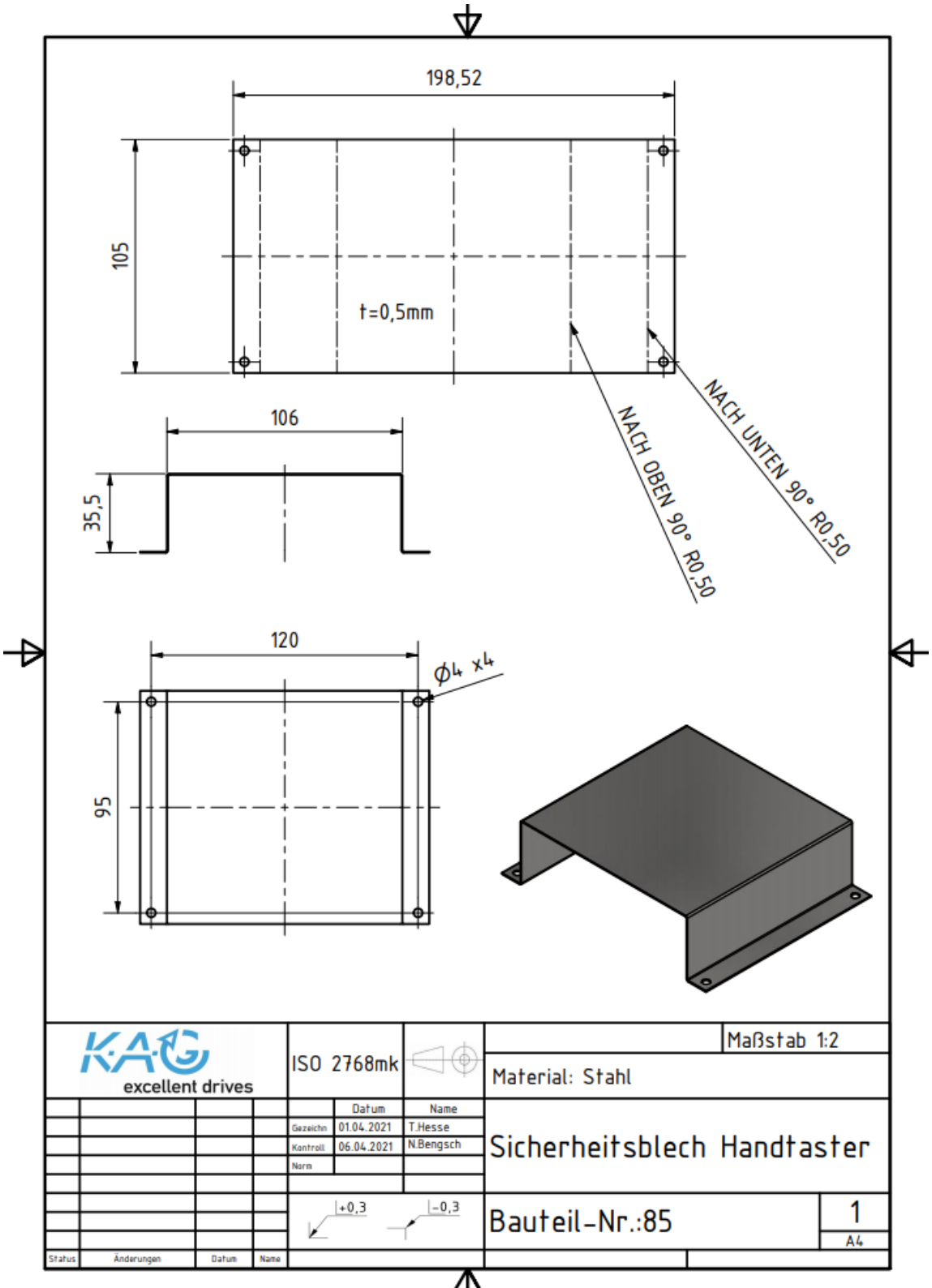
Anhang 71: Zeichnung Schwenkarmbox-Grundplatte



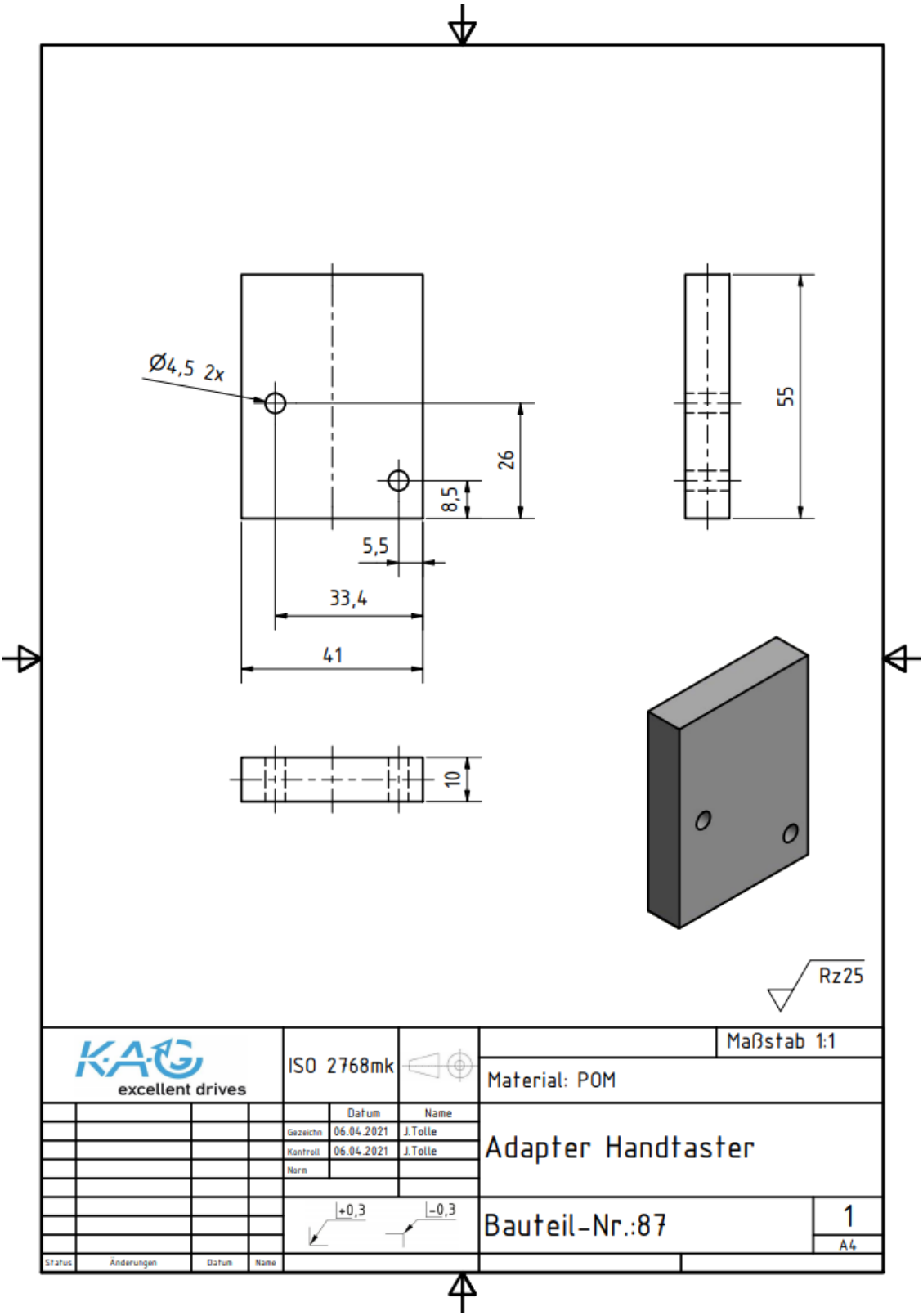
Anhang 72: Baugruppenzeichnung 8 Handtaster



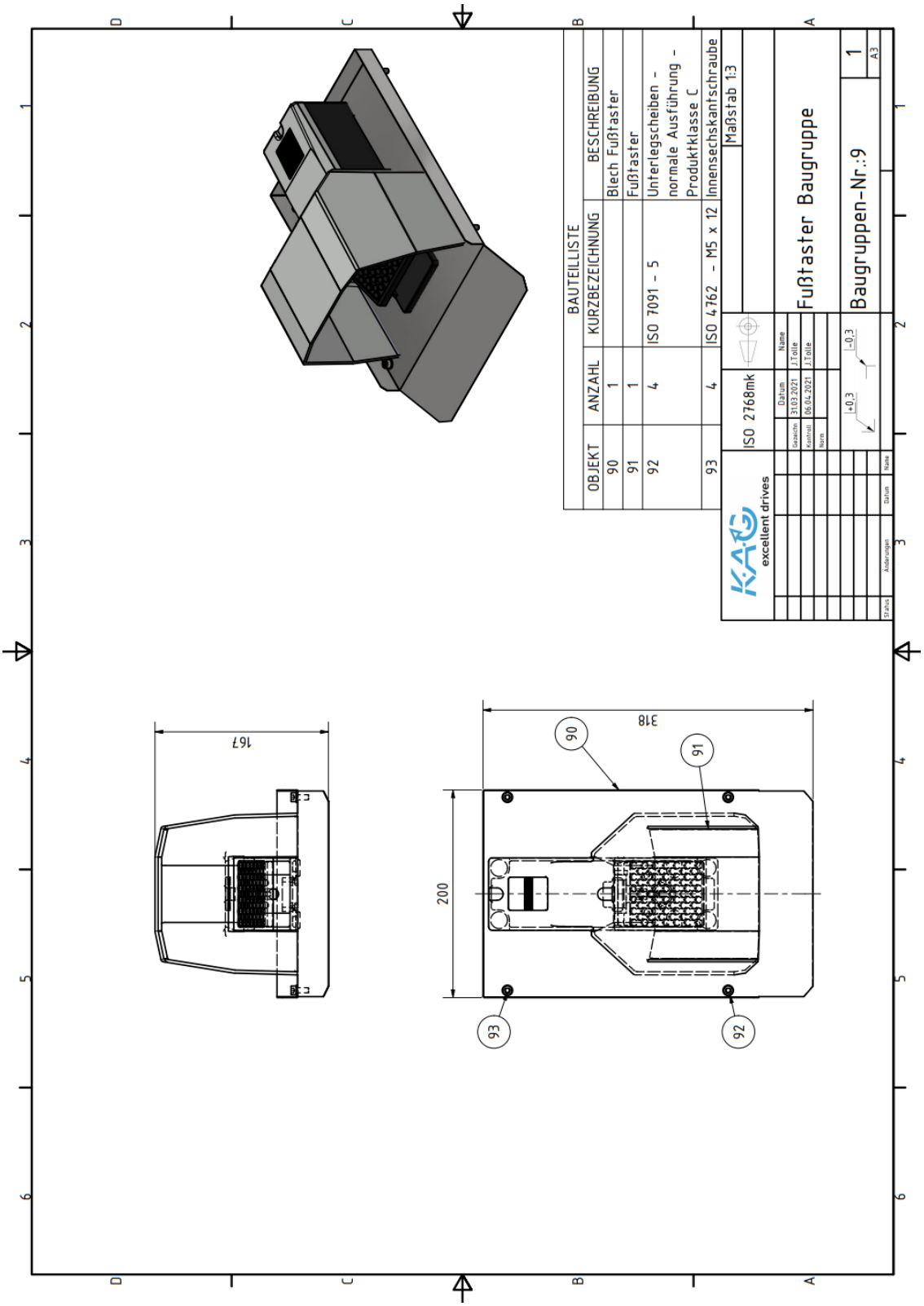
Anhang 73: Zeichnung Sicherheitsblech Handtaster



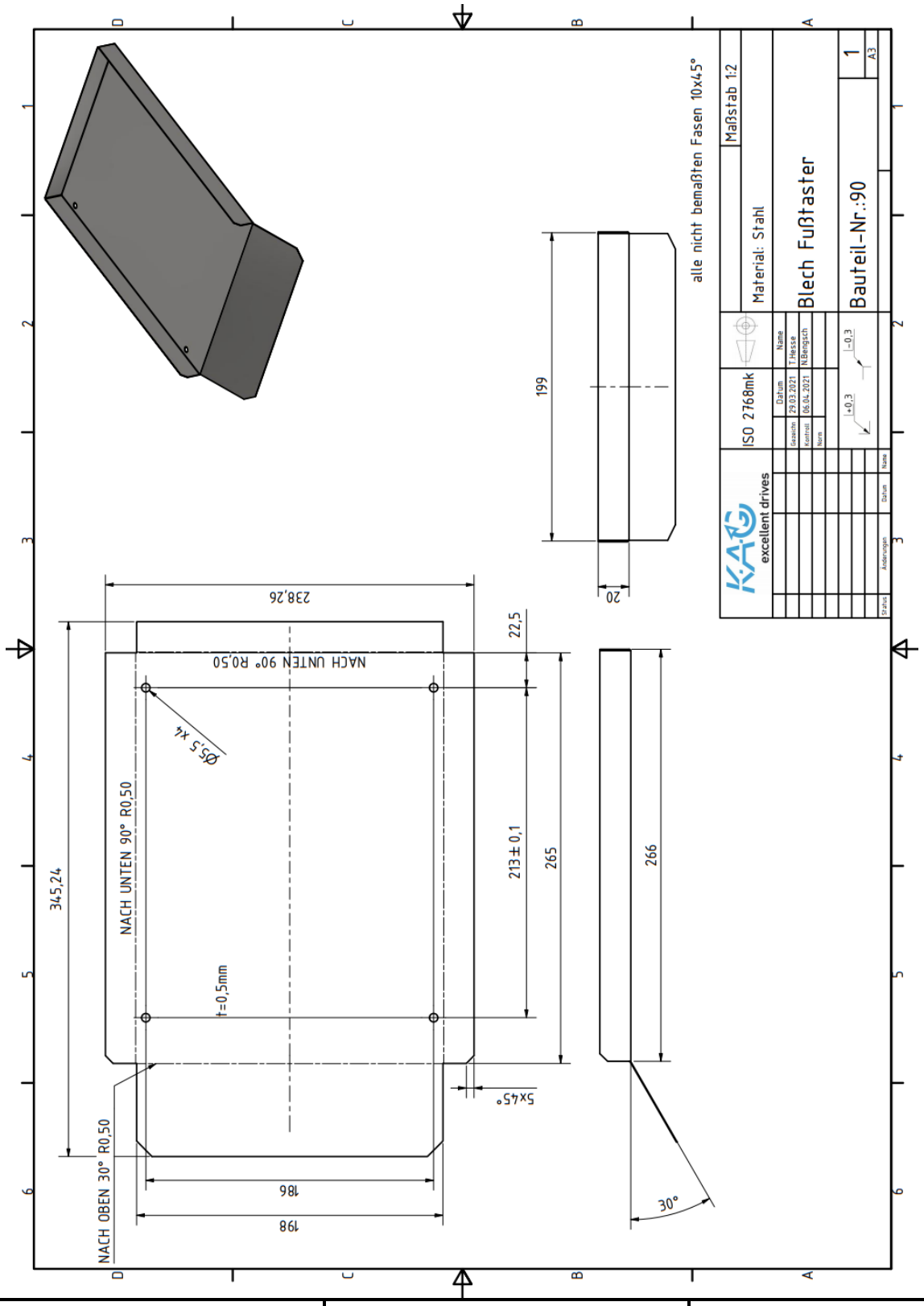
Anhang 74: Zeichnung Adapter Handtaster



Anhang 75: Baugruppenzeichnung 9 Fußtaster



Anhang 76: Zeichnung Blech Fußtaster



Anhang 77: Baugruppenstückliste

BAUGRUPPENSTÜCKLISTE				
BAUGRUPPE	OBJEKT	ANZAHL	KURZBEZEICHNUNG	BESCHREIBUNG
1	1	1		Tischplatte
1	2	2		Hubsaeule
1	3	2		Aluprofil 45x45x600
1	4	2		Aluprofil 45x45x607
1	5	4		Laufrolle
1	6	1		Rueckwand
1	7	2		Fuß Hubsaeule
1	8	4	ISO 7091 - 8	Unterlegscheiben - normale Ausführung - Produktklasse C
1	9	6	DIN 127 - A 8	Federring
1	10	6	ISO 4762 - M8 x 16	Innensechskantschraube
1	11	4	DIN 6930	Einschlagmutter
1	12	8	ISO 4762 - M8 x 20	Innensechskantschraube
1	13	4	DIN 7991 - M8 x 40	Senkschraube
2	14	1		Hefter Dreheinheit D120mm 8x45
2	15	4		Abstandsthalter Unterkonstr.
2	16	1		Adapterplatte
2	17	2		Aluprofil 45x45x200
2	18	2		Aluprofil 30x30x245
2	19	2		Aluprofil 30x30x212
2	20	4	ISO 4762 - M8 x 110	Innensechskantschraube
2	21	4	DIN 6930	Einschlagmutter
2	22	4	ISO 4762 - M8 x 30	Innensechskantschraube
2	23	4	ISO 7091 - 8	Unterlegscheiben - normale Ausführung - Produktklasse C
2	24	2	ISO 4762 - M6 x 10	Innensechskantschraube
2	25	2	DIN 127 - A 12	Federring
2	26	2	ISO 4762 - M12 x 20	Innensechskantschraube
2	27	4	ISO 10642 - M8 x 20	Innensechskantschraube mit Senkkopf
3	28	1		Gleitbolck
3	29	1		Sicherheitsblech Auswerfer
3	30	1		Auswerfer Grundplatte
3	31	4		Auswerferstift
3	32	1		Pneumatikzylinder
3	33	2		Gusswinkel
3	34	2	DIN 7991 - M5 x 25	Senkschraube
3	35	1	ISO 4032 - M10	Sechskantmutter Produktklasse A und B
3	36	4	ISO 7091 - 6	Unterlegscheiben - normale Ausführung - Produktklasse C
3	37	4	ISO 4762 - M6 x 12	Innensechskantschraube
4	38	1		Drehteller
4	39	5		Setzmaßhalter Oberteil
4	40	5		Setzmaßhalter Unterteil
4	41	1		Gegenhalter
4	42	5		Ausrichtbolzen
4	43	2	ISO 4762 - M8 x 50	Innensechskantschraube
4	44	2	ISO 7091 - 8	Unterlegscheiben - normale Ausführung - Produktklasse C
4	45	2	ISO 4032 - M8	Sechskantmutter Produktklasse A und B
4	46	2	ISO 8740 - 10 x 20	Kerbstift
4	47	4	ISO 4762 - M8 x 25	Innensechskantschraube
4	48	10	ISO 8734 - 6 x 40 - A	Zylinderstift
4	49	5	ISO 4762 - M10 x 115	Innensechskantschraube
5	50	1		Arretiergehause
5	51	1		Arretierzapfen
5	52	1		Arretierbolzen
5	53	1		Sicherheitsblech Arretierung
5	54	1	DIN 6799 - 6	Sicherrungsscheibe
5	55	1	DIN 2099 - 1 - 8 x 40,5	Druckfeder
5	56	1	DIN 625 T1 - 627 - 7 x 22 x 7	Rillenkugellager
5	57	1	ISO 4026 - M12 x 16(1)	Innensechskant-Gewinde-stifte mit Kegelstumpf
5	58	1	ISO 4762 - M4 x 12	Innensechskantschraube
5	59	4	ST3,5 x 9,5	Holzschraube

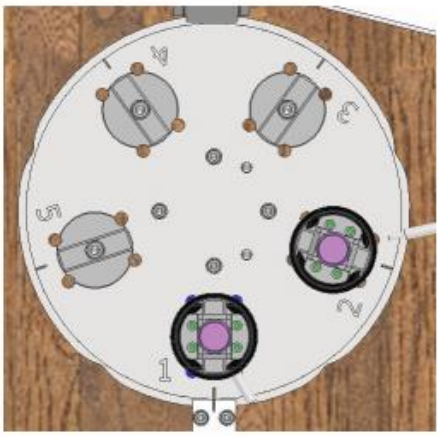
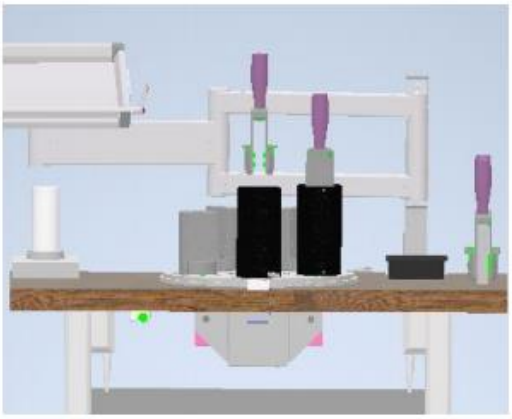
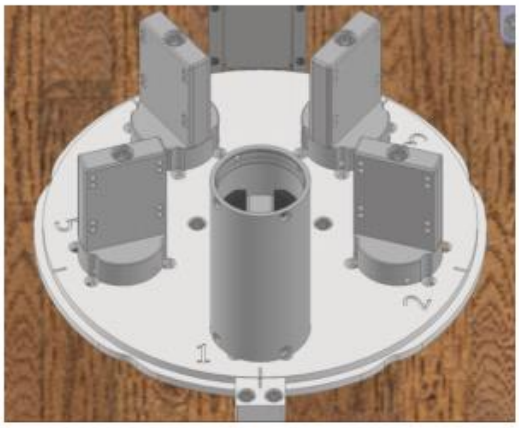
BAUGRUPPE	OBJEKT	ANZAHL	KURZBEZEICHNUNG	BESCHREIBUNG
5	60	3	ISO 4762 - M6 x 45	Innensechskantschraube
5	61	3	ISO 7091 - 6	Unterlegscheiben - normale Ausführung - Produktklasse C
5	62	3	ISO 4032 - M6	Sechskantmutter Produktklasse A und B
6	63	2		Säule Magnetspanner 20x20x96,5
6	64	1		Grundplatte Aufnahme-Magnetspanner
6	65	1		Oberplatte Magnetspanner
6	66	3	ISO 7091 - 8	Unterlegscheiben - normale Ausführung - Produktklasse C
6	67	3	ISO 4762 - M8 x 45	Innensechskantschraube
6	68	3	ISO 4032 - M8	Sechskantmutter Produktklasse A und B
6	69	2	ISO 4762 - M5 x 10	Innensechskantschraube
6	70	2	ISO 10642 - M5 x 20	Innensechskantschraube mit Senkkopf
7	71	1		Aluprofil 45x45x360
7	72	1		Doppelarm
7	73	1		Einzelarm
7	74	1		Staender fuer Tragarm
7	75	1	W1=-65_W2=90_W3=0_W4=30_1	Tablett-Doppelschwenkarm_8_80-695
7	76	1		Winkelhalterung Signalleuchte
7	77	1		Signalleuchte
7	78	1		Stahlfuß
7	79	4	ISO 7091 - 12	Unterlegscheiben - normale Ausführung - Produktklasse C
7	80	4	ISO 4762 - M12 x 55	Innensechskantschraube
7	81	4	ISO 4032 - M12	Sechskantmutter. Produktklasse A und B
7	82	4	ISO 4762 - M8 x 12	Innensechskantschraube
7	83	4	ISO 7091 - 8	Unterlegscheiben - normale Ausführung - Produktklasse C
7	84	2	ISO 4762 - M4 x 10	Innensechskantschraube
8	85	1		Sicherheitsblech Handtaster
8	86	1		Druckknopf mit Raster
8	87	1		Adapter Handtaster
8	88	4	ST3,5 x 9,5	Holzschraube
8	89	2	ST4,2 x 32	Holzschraube
9	90	1		Blech Fußtaster
9	91	1		Fußtaster
9	92	4	ISO 7091 - 5	Unterlegscheiben - normale Ausführung - Produktklasse C
9	93	4	ISO 4762 - M5 x 12	Innensechskantschraube

Anhang 78: Neue Arbeits- und Prüfanweisung

KAG excellent drives

Arbeits - und Prüfanweisung

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Schritt	Arbeitsbeschreibung	Bildliche Darstellung
1	Siehe „Vorläufigen Ablaufplan“ Schritt 1	 
2	Gehäuse in Vorrichtung einsetzen	

KAG excellent drives

Arbeits - und Prüfanweisung

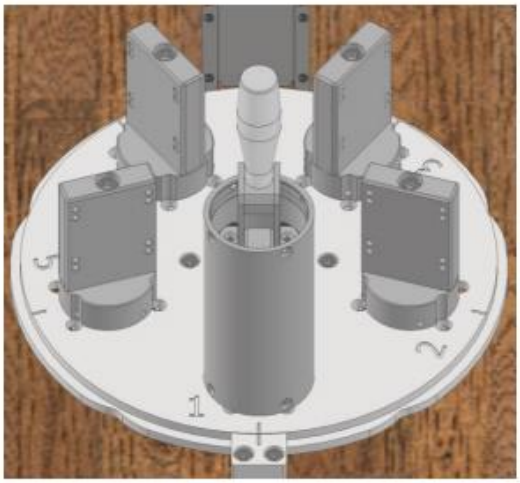
bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

3	Gehäuse in Innenseite rechts und links mit UHU-Endfest vor Einsatz der Magnetschalen kleben	
4	Die ersten 2 Magnetschalen rechts und links in Gehäuse einsetzen	

KAG excellent drives

Arbeits - und Prüfanweisung

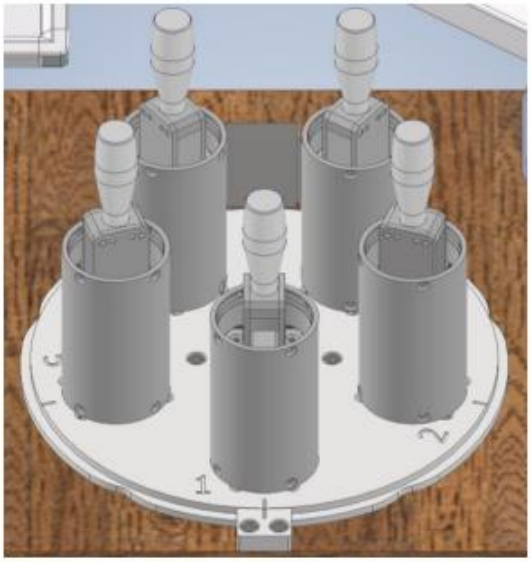
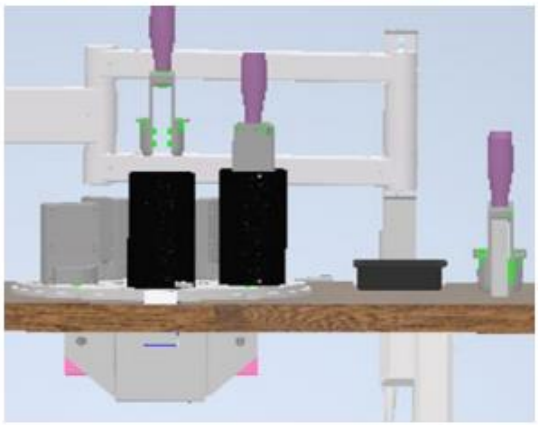
bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

5	Magnetschalen kleben/Sichern rechts und links **Achtung!! Grüne Dosiernadel verwenden**	
6	1.Magnetspanner einsetzen	
7	Siehe „Vorläufiger Ablaufplan“ Schritt 2	

KAG excellent drives

Arbeits - und Prüfanweisung

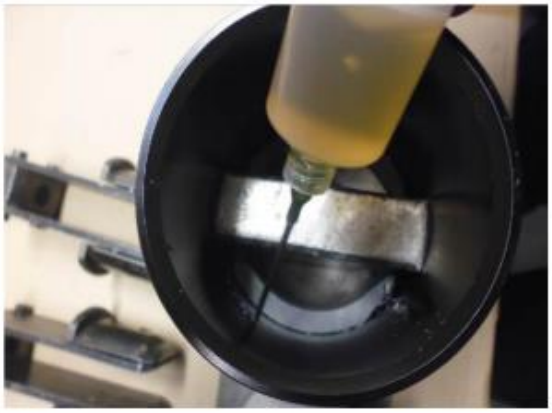
bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

8	Schritte 1-8 wiederholen bis alle Plätze belegt sind	
9	Wenn alle Magnetspanner eingesetzt sind, den 1. bis 5. der Reihenfolge nach wieder entfernen	
10	Siehe „Vorläufiger Ablaufplan“ Schritt 3 a	

KAG excellent drives

Arbeits - und Prüfanweisung

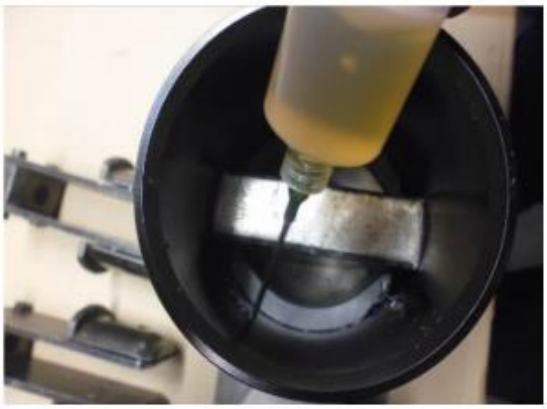
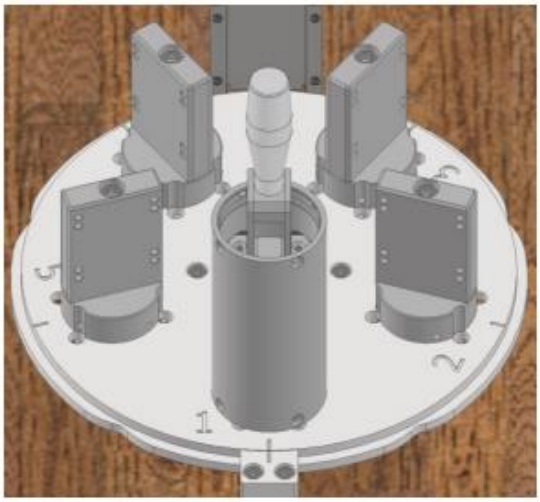
bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

11	Gehäuse in Innenseite rechts und links mit UHU-Endfest vor Einsatz der weiteren 2 Magnetschalen kleben	
12	Die weitere 2 Magnetschalen einsetzen	
13	Magnetschalen in Position drücken	

K·A·G excellent drives

Arbeits - und Prüfanweisung

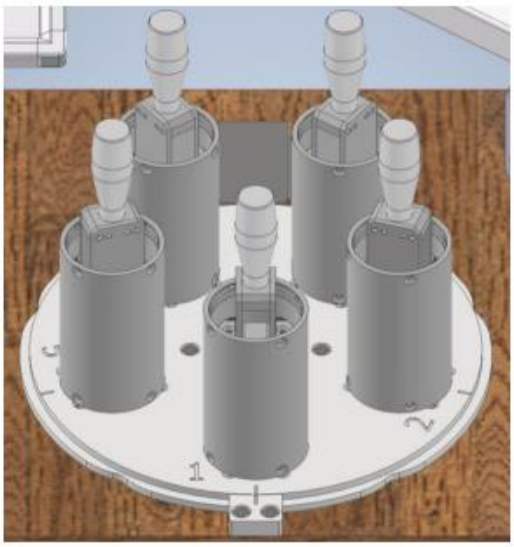
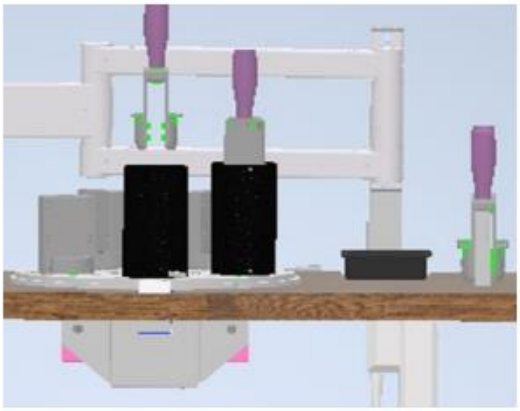
bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

14	Gehäuse mit 4 Magnetschalen	
15	Die Oberen Magnetschalen kleben/Sichern **Achtung!! Grüne Dosiernadel verwenden**	
16	1.Magnetspanner einsetzen	

KAG excellent drives

Arbeits - und Prüfanweisung

bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

17	Schritte 11-16 wiederholen bis alle Plätze belegt sind	
15	Wenn alle Magnetspanner eingesetzt sind, den 1. bis 5. der Reihenfolge nach wieder entfernen	
16	Siehe „Vorläufiger Ablaufplan“Schritt 3 b	

KAG excellent drives

Arbeits - und Prüfanweisung

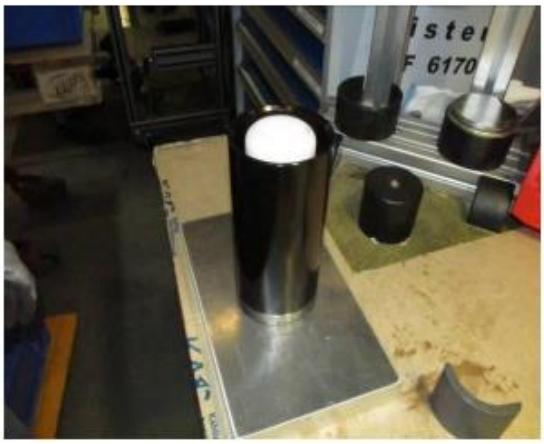
bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

18	Siehe „Vorläufiger Ablaufplan“Schritt 4	
19	Gehäuse mit Personalidentifikations-nummer versehen.	
20	Dorn zum Überprüfen ob die Magnetschalen richtig sitzen	

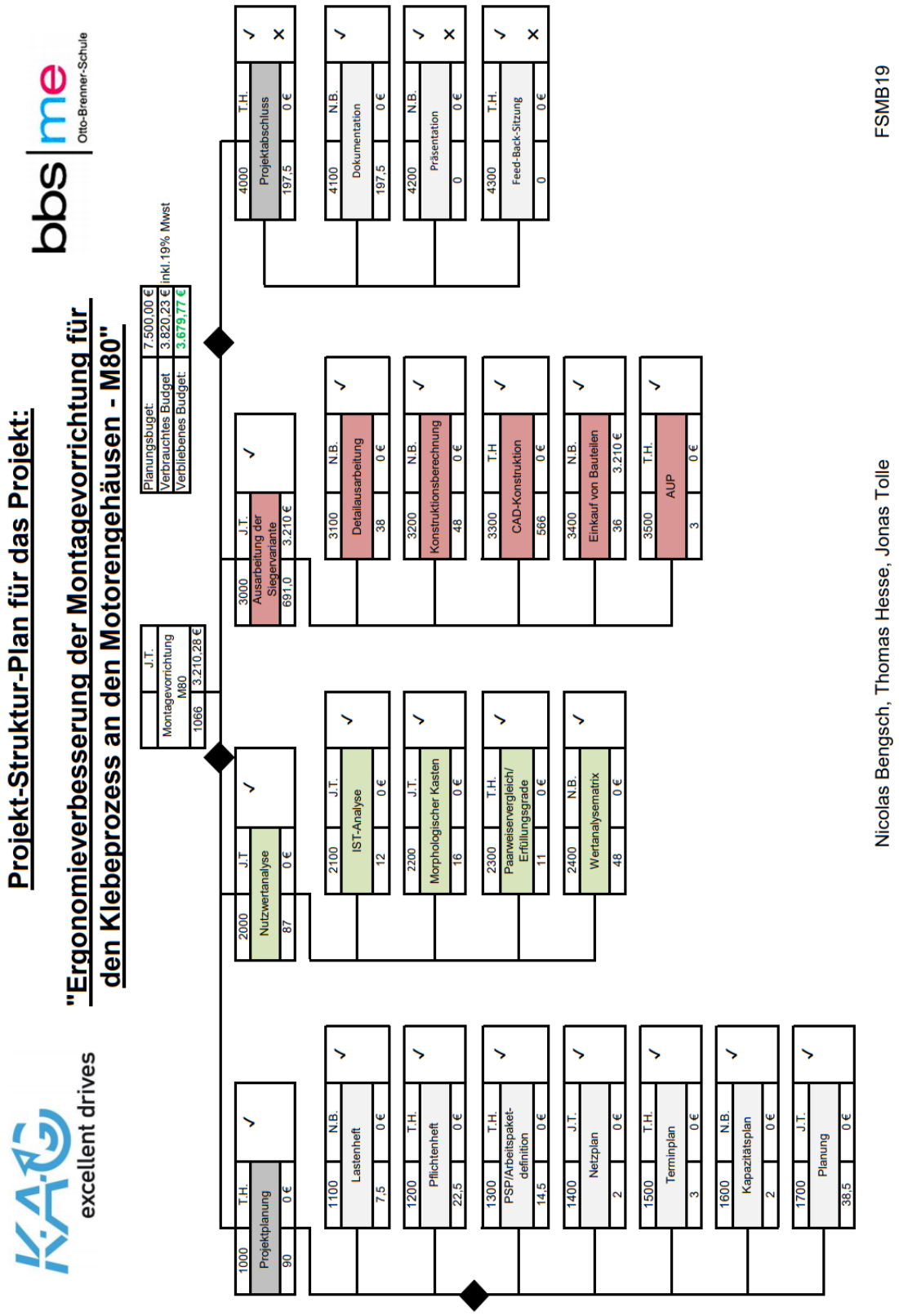
excellent drives

Arbeits - und Prüfanweisung

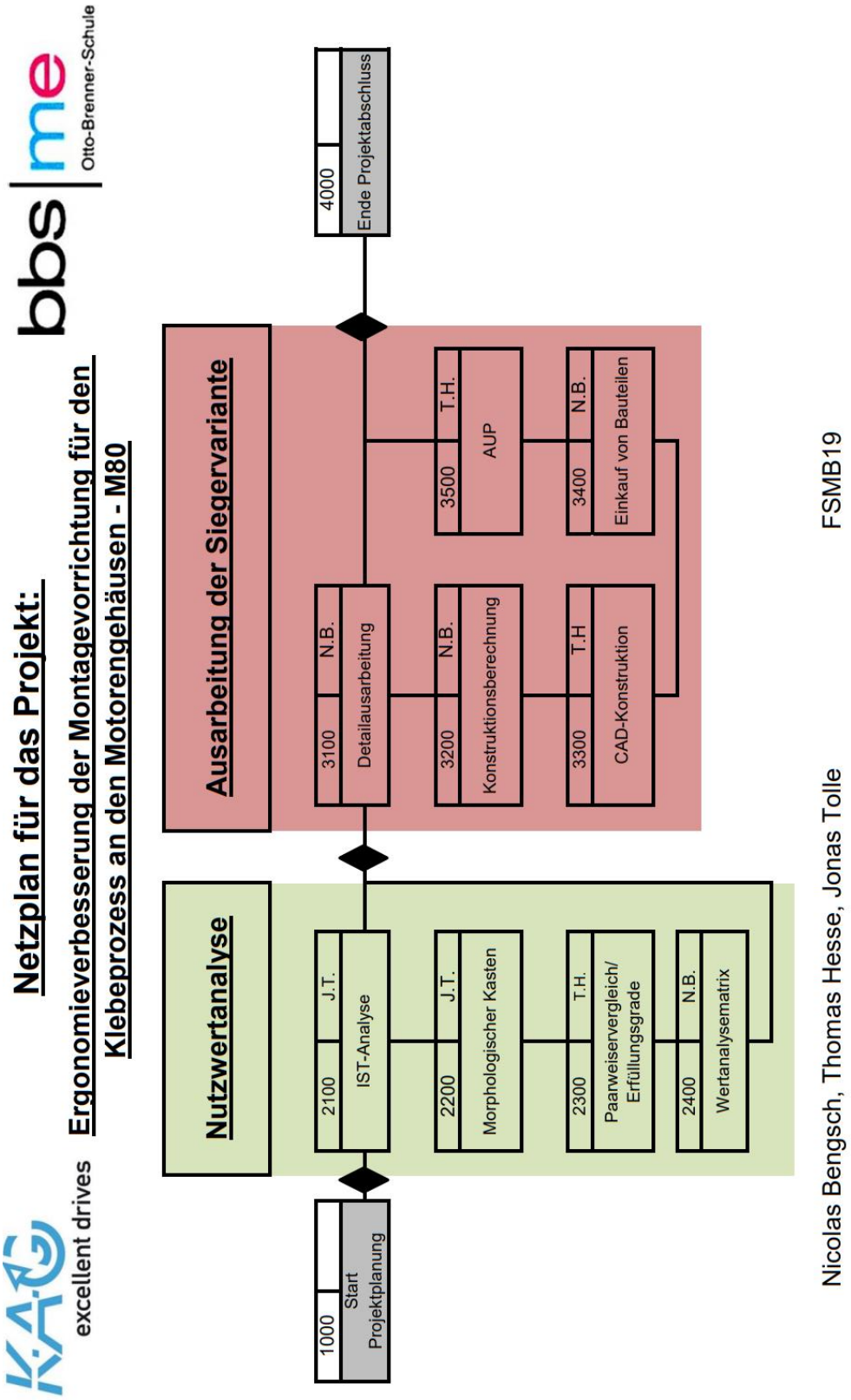
bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

21	Gehäuse mit Magnetschalen überprüfen ***Ein Gehäuse pro Transportkiste überprüfen***	
22	Gehäuse in saubere Transportkiste ablegen	

Anhang 79: Projekt-Struktur-Plan



Anhang 80: Netzplan



Anhang 81: Terminplan

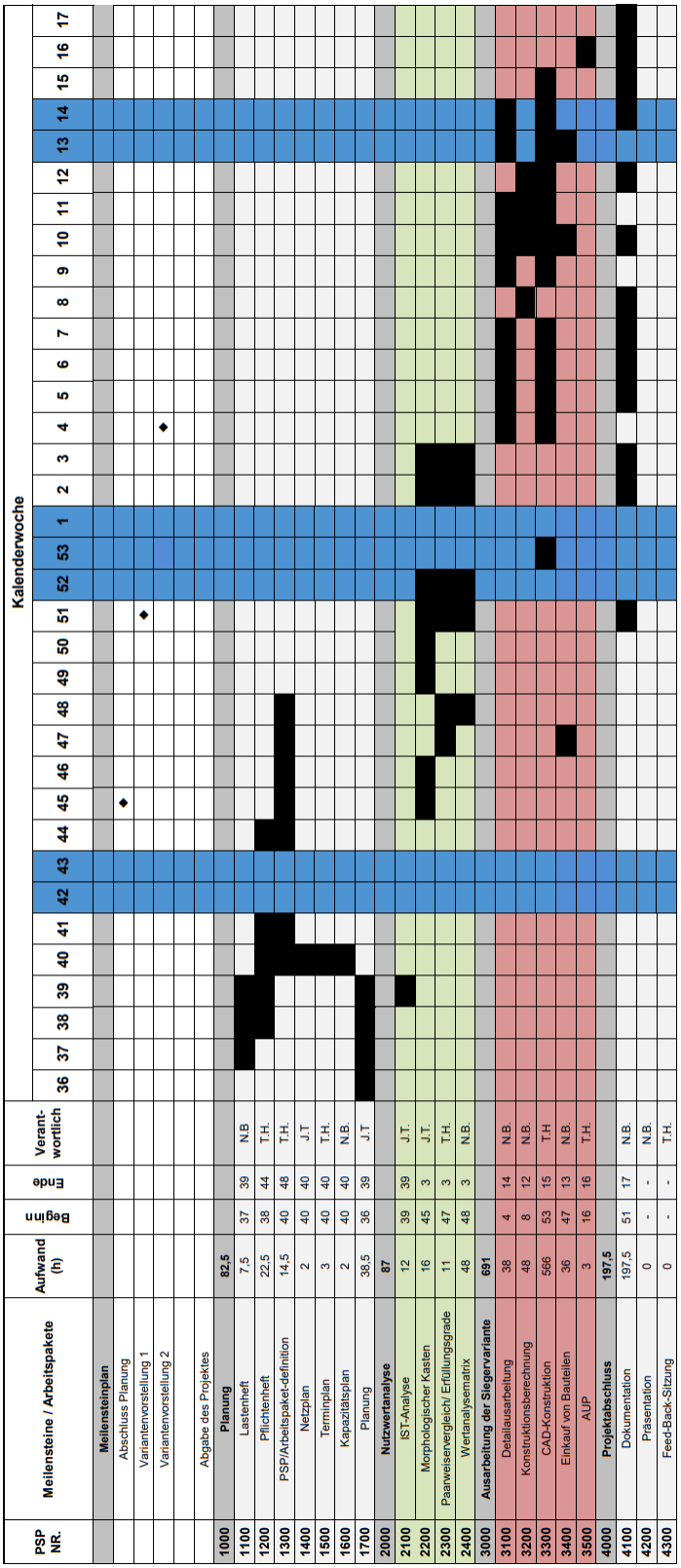
KAG - Kähling Antriebstechnik GmbH

Terminplan für das Projekt:

Ergonomieverbesserung der Montagevorrichtung für den Klebeprozess an den Motorengehäusen - M80

bbs me Otto-Brenner-Schule

PSP NR.	Meilensteine / Arbeitspakete	Aufwand (h)	Beginn	Ende	Verant-wortlich
	Meilensteinplan				
	Abschluss Planung				
	Variantenvorstellung 1				
	Variantenvorstellung 2				
	Abgabe des Projektes				
1000	**Planung**	**82,5**			
1100	Lastenheft	7,5	37	39	N.B
1200	Pflichtenheft	22,5	38	44	T.H.
1300	PSP/Arbeitspaket-definition	14,5	40	48	T.H.
1400	Netzplan	2	40	40	J.T
1500	Terminplan	3	40	40	T.H.
1600	Kapazitätsplan	2	40	40	N.B.
1700	Planung	38,5	36	39	J.T
2000	**Nutzwertanalyse**	**87**			
2100	IST-Analyse	12	39	39	J.T.
2200	Morphologischer Kasten	16	45	3	J.T.
2300	Paarweisevergleich/ Erfüllungsgrade	11	47	3	T.H.
2400	Wertanalysematrix	48	48	3	N.B.
3000	**Ausarbeitung der Siegervariante**	**691**			
3100	Detailausarbeitung	38	4	14	N.B.
3200	Konstruktionsberechnung	48	8	12	N.B.
3300	CAD-Konstruktion	566	53	15	T.H
3400	Einkauf von Bauteilen	36	47	13	N.B.
3500	AUP	3	16	16	T.H.
4000	**Projektabschluss**	**197,5**			
4100	Dokumentation	197,5	51	17	N.B.
4200	Präsentation	0	-	-	N.B.
4300	Feed-Back-Sitzung	0	-	-	T.H.



Projektteam: Nicolas Bengsch, Thomas Hesse, Jonas Tolle

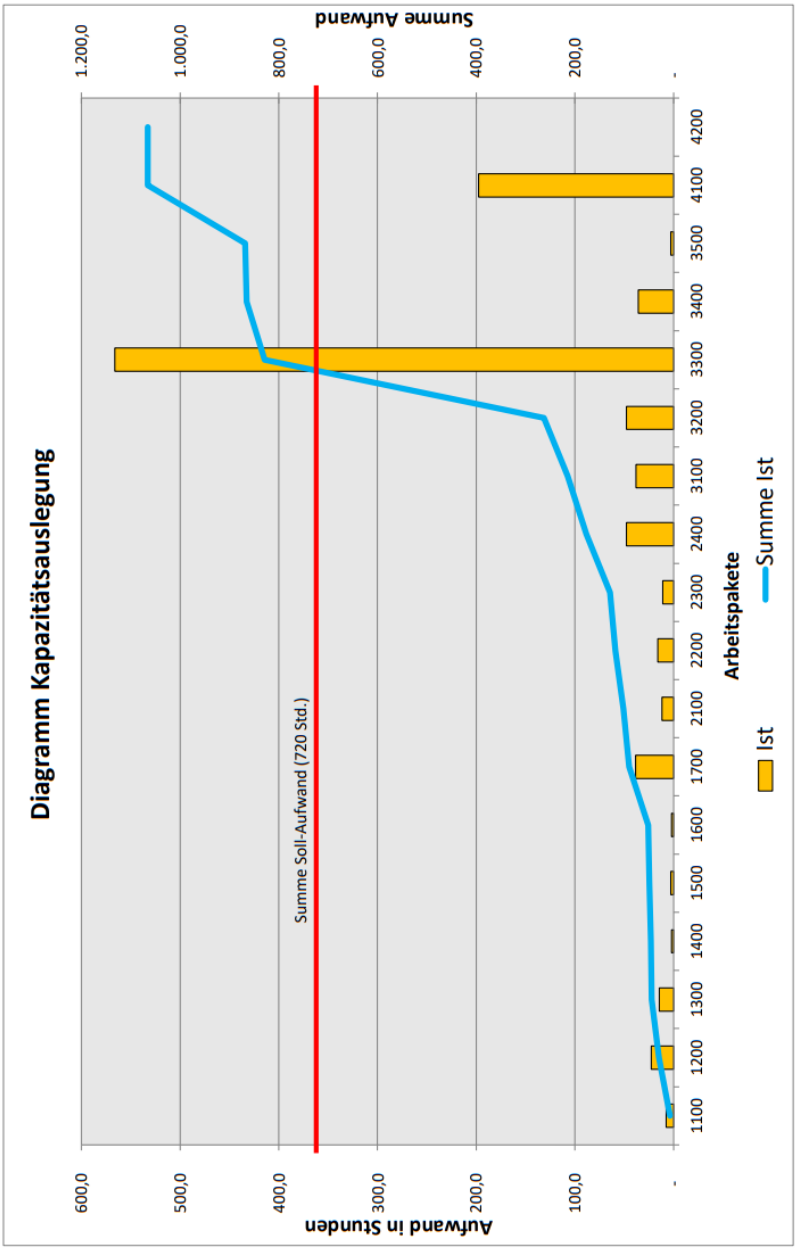
Projektpartner: Kähling Antriebstechnik GmbH

Anhang 82: Kapazitätsplan

KAG - Kählig Antriebstechnik GmbH

"Ergonomieverbesserung der Montagevorrichtung für den Klebeprozess an den Motorengehäusen - M80"

bbs me Otto-Brenner-Schule



Arbeits - pakete	Aufwand in Stunden Ist	Summe Ist
1100	7,5	7,5
1200	22,5	30,0
1300	14,5	44,5
1400	2,0	46,5
1500	3,0	49,5
1600	2,0	51,5
1700	38,5	90,0
2100	12,0	102,0
2200	16,0	118,0
2300	11,0	129,0
2400	48,0	177,0
3100	38,0	215,0
3200	48,0	263,0
3300	566,0	829,0
3400	36,0	865,0
3500	3,0	868,0
4100	197,5	1.065,5
4200	-	1.065,5
4300	-	1.065,5
Summe:	**1.066**	**1066**

KAG excellent drives

Nicolas Bengsch, Thomas Hesse, Jonas Tolle

FSMB19

Anhang 83: 1000er Arbeitspakete

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Lastenheft	1100	Abgeschlossen	N.B

Zeitaufwand:	7,5	Beginn: 37	Ende: 39

Ziele:

Das Lastenheft ist überarbeitet und fertiggestellt.

Vorgänger AP	-
Voraussetzungen:	Erste Version Lastenheft
erforderliche Ressourcen:	Word

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Überarbeitung und Fertigstellung des Lastenhefts.	7,5	h	0,00 €	N.B	✓
	7,5		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.				
Materialkosten				0,00 €	
Σ		7,5	h	0,00 €	

Schulischer Projektbetreuer:	Betrieblicher Projektbetreuer:	Projektleiter:
Herr Brühl	Herr Bruns	Jonas Tolle

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Pflichtenheft	1200	Abgeschlossen	T.H.

Zeitaufwand: 22,5 | Beginn: 38 | Ende: 44

Ziele:

Das Pflichtenheft ist erstellt.

Vorgänger AP	1100
Voraussetzungen:	Lastenheft fertig
erforderliche Ressourcen:	Word, Lastenheft

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Erstellen des Pflichtenhefts 17.09.2020	3	h	0,00 €	T.H.	✓
Überarbeitung des Pflichtenhefts 27.09.2020	12	h	0,00 €	T.H.	✓
Ferigstellung des Pflichtenhefts 29.10.2020	7,5	h	0,00 €	T.H.	✓
	22,5		**0,00 €**		

Material:	Kosten/Einh.				
Materialkosten				0,00 €	
Σ		**22,5**	**h**	**0,00 €**	

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
PSP/Arbeitspaketdefinition	1300	Abgeschlossen	T.H.

Zeitaufwand: 14,5 Beginn: 40 Ende: 48

Ziele:

PSP und Arbeitspaketdefinitionen sind fertiggestellt.

Vorgänger AP	1200
Voraussetzungen:	Pflichtenheft
erforderliche Ressourcen:	Excel

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Erstellen des PSP`s 27.09.2020	1,5	h	0,00 €	T.H.	✓
Festlegen der Arbeitspaketdefinitionen 01.11.2020	9	h	0,00 €	T.H.	✓
Überarbeiten des PSP	4	h	0,00 €	T.H.	✓
	14,5		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.

Materialkosten				0,00 €	
Σ		14,5	h	0,00 €	

KAG excellent drives	Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen	bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Netzplan	1400	Abgeschlossen	J.T

Zeitaufwand: 2 | Beginn: 40 | Ende: 40

Ziele:

Der Netzplan ist fertiggestellt.

Vorgänger AP	1300
Voraussetzungen:	PSP
erforderliche Ressourcen:	Excel

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Erstellen des Netzplans.	2	h	0,00 €	J.T	✓
	2		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.				
Materialkosten			0,00 €		
Σ		2	h	0,00 €	

Schulischer Projektbetreuer:	Betrieblicher Projektbetreuer:	Projektleiter:
Herr Brühl	Herr Bruns	Jonas Tolle

CLIV

KAG excellent drives	Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen	bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Terminplan	1500	Abgeschlossen	T.H.

Zeitaufwand:	3	Beginn: 40	Ende: 40

Ziele:

Terminplan ist fertiggestellt.

Vorgänger AP	1400
Voraussetzungen:	PSP/Arbeitspaketdefinition
erforderliche Ressourcen:	Excel

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Erstellen des Terminplans	1	h	0,00 €	T.H.	✓
Aktualisierung des Terminplanes	2	h	0,00 €	T.H.	✓
	3		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
Σ		3	h	0,00 €		

Schulischer Projektbetreuer:	Betrieblicher Projektbetreuer:	Projektleiter:
Herr Brühl	Herr Bruns	Jonas Tolle

CLV

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Kapazitätsplan	1600	Abgeschlossen	N.B.

Zeitaufwand:	2	Beginn: 40	Ende: 40

Ziele:

Der Kapazitätsplan ist fertiggestellt.

Vorgänger AP	1500
Voraussetzungen:	PSP/Arbeitspaketdefiniton
erforderliche Ressourcen:	Excel

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Erstellen des Kapazitätsplans	1,5	h	0,00 €	N.B.	✓
Dokumentieren der Ist- und Sollzeiten	0,5	h	0,00 €	N.B.	✓
	2		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
Σ			2 h	0,00 €		

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Planung	1700	Abgeschlossen	J.T

Zeitaufwand:	38,5	Beginn: 36	Ende: 39

Ziele:

Die Planung ist abgeschlossen.

Vorgänger AP	1600
Voraussetzungen:	Anforderungen an die Vorrichtung, siehe Lastenheft.
erforderliche Ressourcen:	Excel

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Fetshalten der Randbedingungen 03.09.2020	12	h	0,00 €	J.T	✓
Ausführen der Initierungsphase 10.09.2020	15	h	0,00 €	J.T	✓
Ermitteln der Taktzeiten 24.09.2020	11,5	h	0,00 €	J.T	✓
	38,5		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
Σ		38,5	h	0,00 €		

Schulischer Projektbetreuer:	Betrieblicher Projektbetreuer:	Projektleiter:
Herr Brühl	Herr Bruns	Jonas Tolle

Anhang 84: 2000er Arbeitspakete

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
IST-Analyse	2100	Abgeschlossen	J.T.

Zeitaufwand: 12 | Beginn: 39 | Ende: 39

Ziele:

Der IST-Zustand ist erfasst und dokumentiert worden.

Vorgänger AP	1700
Voraussetzungen:	Laufende Produktion der M80-Motorengehäuse
erforderliche Ressourcen:	Stift, Papier

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Dokumentieren von Zeiten und Abläufen	6	h	0,00 €	J.T.	✓
Dokumentieren der Arbeitsplatzumgebung	6	h	0,00 €	J.T.	✓
	12		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.				
Materialkosten				0,00 €	
Σ		12	h	0,00 €	

K·A·G excellent drives	Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen	bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Arbeitspaketdefinition

K·A·G excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Morphologischer Kasten	2200	Abgeschlossen	J.T.

Zeitaufwand:	16	Beginn: 45	Ende: 3

Ziele:

Mehrere Lösungsvorschläge sind ausgearbeitet und miteinander verglichen.

Vorgänger AP	2100
Voraussetzungen:	Anforderungen an die Vorrichtung, siehe Lastenheft.
erforderliche Ressourcen:	Excel

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Erstellen und präsentieren der ersten Lösungsvorschläge	8,5	h	0,00 €	J.T.	✓
Erstellen der Anforderungsliste	4,5	h	0,00 €	J.T.	✓
Erstellen des morphologischem Kasten	3	h	0,00 €	J.T.	✓
	16		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
Σ		16	h	0,00 €		

Schulischer Projektbetreuer:	Betrieblicher Projektbetreuer:	Projektleiter:
Herr Brühl	Herr Bruns	Jonas Tolle

CLIX

KAG excellent drives	Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen	bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Paarweiservergleich/ Erfüllungsgrade	2300	Abgeschlossen	T.H.

Zeitaufwand:	11	Beginn:	47	Ende:	3

Ziele:

Die Anforderungskriterien sind der Wichtigkeit nach und zueinander bewertet.

Vorgänger AP	2200
Voraussetzungen:	Die Anforderungskriterien stehen fest.
erforderliche Ressourcen:	Lastenheft, Excel

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Bewerten der Anforderungskriterien nach ihrer Wicht	11	h	0,00 €	T.H.	✓
Material	**11**		**0,00 €**		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
Σ		**11**	**h**	**0,00 €**		

Schulischer Projektbetreuer:	Betrieblicher Projektbetreuer:	Projektleiter:
Herr Brühl	Herr Bruns	Jonas Tolle

CLX

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Wertanalysematrix	2400	Abgeschlossen	N.B.

Zeitaufwand:	48	Beginn: 48	Ende: 3

Ziele:

Die Umsetzungsvarianten sind anhand der gewichteten Kriterien bewertet. Die Auswahl der Endvariante entspricht der mit dem höchsten Wert.

Vorgänger AP	2300
Voraussetzungen:	Kriterien, Gewichtungen
erforderliche Ressourcen:	Excel

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Festlegen der Erfüllungsgrade	12	h	0,00 €	N.B.	✓
Erstellen der Wertanalysematrix	16,5	h	0,00 €	N.B.	✓
Variante 2 erstellt + Erweiterung der ersten Variante	19,5	h	0,00 €	N.B.	✓
	48		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
Σ		48	h	0,00 €		

Anhang 85: 3000er Arbeitspakete

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Detailausarbeitung	3100	Abgeschlossen	N.B.

Zeitaufwand: 38 Beginn: 4 Ende: 14

Ziele:

Detailausarbeitung des ersten Prototypen.

Vorgänger AP	2400
Voraussetzungen:	Auswahl der Variante ist erfolgt. Bauraum ist bekannt.
erforderliche Ressourcen:	Papier, Stifte, (Skizzen)

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Ausarbeitung der Endvariante	18	h	0,00 €	N.B.	✓
Skizzen erstellen	12	h	0,00 €	N.B.	✓
Neukonstruktion Drehteller	8	h	0,00 €	N.B.	✓
	38		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
Σ		38	h	0,00 €		

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Konstruktionsberechnung	3200	Abgeschlossen	N.B.

Zeitaufwand: 48 | Beginn: 8 | Ende: 12

Ziele:

Für alle erforderlichen Bauteile sind Berechnungen durchgeführt und dokumentiert.

Vorgänger AP	3100
Voraussetzungen:	Auswahl der Variante ist erfolgt. Bauraum ist bekannt. Ansetztene Kräfte sind bekannt.
erforderliche Ressourcen:	Taschenrechner, Papier, Stifte

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Die Bauteile auf ihre Anforderungen hin, berechnen.	48	h	0,00 €	N.B.	✓
	48		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.				
Materialkosten				0,00 €	
Σ		48	h	0,00 €	

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
CAD-Konstruktion	3300	Abgeschlossen	T.H

Zeitaufwand:	566	Beginn: 53	Ende: 15

Ziele:

Für alle Neukonstruktionen sind CAD-Zeichungen, sowie Zeichungsableitungen erstellt und beigefügt.

Vorgänger AP	3200
Voraussetzungen:	CAD-Kenntnisse
erforderliche Ressourcen:	Inventor

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Erstellen von 3D Bautteilen und Baugruppe	350	h	0,00 €	T.H	✓
Erstellen von Zeichnungsableitungen	176	h	0,00 €	T.H	✓
Erstellen der Stücklisten	40	h	0,00 €	T.H	✓
	566		**0,00 €**		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
Σ		**566**	**h**	**0,00 €**		

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Einkauf von Bauteilen	3400	Abgeschlossen	N.B.

Zeitaufwand: 36 Beginn: 10 Ende: 13

Ziele:

Bestelllisten sind erstellt.

Vorgänger AP	3300
Voraussetzungen:	Kenntnisse über EDV
erforderliche Ressourcen:	Computer, Excel

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Raussuchen der Zulieferer	12	h	0,00 €	N.B.	✓
Raussuchen der Komponenten	12	h	0,00 €	N.B.	✓
Erstellen der Bestelllisten	12	h	0,00 €	N.B.	✓
	36	h	- €		

Material:	Kosten/Einh.					
Hefter Dreheinheit D=120mm Sonderbau mit 5er Teilung				980,00 €		✓
Tablett-Doppelschwenkarm 8 80-695 0.0.663.13				530,94 €		✓
Greifschale 8 110x105				7,43 €		✓
Midi Winkel Kabelverschr. WM GY, Winkel f. Leuchte				10,35 €		✓
Midi TwinLIGHT 12/24VAC/DC GN				84,97 €		✓
Fussplatte Stahl 45x45 für 45 Alu-Profil				20,00 €		✓
Druckfeder				2,79 €		✓
Kugellager				4,06 €		✓
Gusswinkel für 30er Alu-Profil				1,40 €		✓
Alu-Profile 30x30 á 212mm				2,40 €		✓
Alu-Profile 30x30 á 245mm				2,40 €		✓
Alu-Profile 45x45 á 200mm				2,38 €		✓
Alu-Profile 45x45 á 360mm				4,76 €		✓
Alu-Profile 45x45 á 600mm				35,78 €		✓
Alu-Profile 45x45 á 607mm				35,78 €		✓
Hubsäulen				855,70 €		✓
Laufrolle				71,48 €		✓
Rückwand				73,91 €		✓
Tischplatte 900x530x30				58,49 €		✓
Druckknopf VHEF-PTC-B32-G14				87,68 €		✓

MW LRS-75-24 Schaltnetzteil, geschlossen, 75 W, 24 V, 3,2 A				15,99 €		✓
Song Chuan 896H-1AH-C1 24V DC Kfz-Relais 24 V/DC 20 A 1 Schließer				3,99 €		✓
3/2-Wegeventil elektropneum., monostabil, NC, M5, 24V/DC				55,28 €		✓
3/2-Wegeventil pneumatisch, »3A« monostabil, NC, M5				25,61 €		✓
5/2-Wegeventil pneumatisch, »4A« monostabil, NC, M5				29,67 €		✓
3/2-Wege Fußventil monostabil, nicht rastend, mit Fußschutz, M5				49,51 €		✓
Polyamidschlauch. Schlauch-ø 6x1, blau, Rolle á 25m				47,00 €		✓
L-Steckverschraubung »Blaue Serie« lang, drehbar, M5 außen, ø				13,00 €		✓
Sinterbronce-Schalldämpfer, Messing Gewinde/Sehskant, M5, SW 9				7,02 €		✓
Drosselrückschlagventil, Zuluftdros. Steckverb. M5, Schl.6				24,92 €		✓
Gerade Steckverschraubung »Blaue Serie«, M5 a., Schlauch-ø 6				18,00 €		✓
Gerade Steckverschraubung »Blaue Serie«, G1/8 a., Schlauch-ø 6				1,45 €		✓
Kopaktzylinder, doppelwirkend, AG, K-ø 25, Hub 40, M5, ISO21287				32,76 €		✓
Sensor, Typ »CS1«, REED-Sensor, 2-Draht, 3m Kabel, NO				13,38 €		✓
Materialkosten				3.210,28 €		
∑			**36**	**h**	**3.210,28 €**	

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
AUP	3500	Abgeschlossen	T.H.

Zeitaufwand:	3	Beginn:	16	Ende:	16

Ziele:

Die Arbeits- und Prüfanweisung ist an die neue Montagevorrichtung angepasst.

Vorgänger AP	3400
Voraussetzungen:	Montagevorrichtung, vorangegangene Arbeits-/Prüfanweisung
erforderliche Ressourcen:	Erfahrung mit dem Umgang, der Vorrichtung

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Arbeits- und Prüfanweisung erstellen	3	h	0,00 €	T.H.	✓
	3		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
∑		3	h	0,00 €		

Anhang 86: 4000er Arbeitspakete

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Dokumentation	4100	Abgeschlossen	N.B.

Zeitaufwand: 197,5 Beginn: 51 Ende: 17

Ziele:

Die Dokumentation ist fertigstellt

Vorgänger AP	3500
Voraussetzungen:	Alle Vorgänger AP´s sind beendet
erforderliche Ressourcen:	Erfahrung in MS-Office

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Dokumentation fertigstellen	194	h	0,00 €	N.B.	✓
Meetings-Protokolle sind dokumentiert	3,5	h	0,00 €	N.B.	✓
	197,5		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.				
Materialkosten				0,00 €	
Σ		197,5	h	0,00 €	

KAG excellent drives	Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen	bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Arbeitspaketdefinition

KAG excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Präsentation	4200	offen	N.B.

Zeitaufwand: 0 | Beginn: 09.12.2020 | Ende: 09.12.2020

Ziele:

Die Präsentation ist fertiggestellt.

Vorgänger AP	4100
Voraussetzungen:	Vorangegangene AP´s sind fertiggestellt
erforderliche Ressourcen:	Erfahrung im Umgang mit MS-Office

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Powerpoint erstellen	0	h	0,00 €	N.B.	
	0		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
∑		0	h	0,00 €		

Schulischer Projektbetreuer:	Betrieblicher Projektbetreuer:	Projektleiter:
Herr Brühl	Herr Bruns	Jonas Tolle

K·A·G excellent drives	Optimierung der Entnahme von M80 Motorengehäusen	bbs me Otto-Brenner-Schule Technikerschule Hannover

Arbeitspaketdefinition

K·A·G excellent drives

AP - Bezeichnung	Lfd - Nr.	Status	Verantwortlicher
Feed-Back-Sitzung	4300	offen	T.H.

Zeitaufwand: 0 | Beginn: 09.12.2020 | Ende: 09.12.2020

Ziele:

Positives Feed-Back

Vorgänger AP	4200
Voraussetzungen:	Montagevorrichtung, vorangegangene Arbeits-/Prüfanweisung
erforderliche Ressourcen:	Erfahrung mit dem Umgang, der Vorrichtung

Tätigkeit	Zeit/ Stück	Einh.	Kosten	Wer	OK
Projekt reflektieren	0	h	0,00 €	T.H.	
	0		0,00 €		

Material:	Kosten/Einh.					
Materialkosten				0,00 €		
Σ		0	h	0,00 €		

Schulischer Projektbetreuer:	Betrieblicher Projektbetreuer:	Projektleiter:
Herr Brühl	Herr Bruns	Jonas Tolle

CLXX