



Diplomarbeit

Frästisch Neukonstruktion mit Optimierung

Ausbildung

Dipl. Techniker HF Maschinenbau

2018 - 2021

Diplomand

Mark Meier

Heglerstrasse 3, 6285 Hitzkirch

Experte

Markus Fürholz

Diplomlehrer

Rudolf Gautschi

Schule

TEKO Schweizerische Fachschule
6003 Luzern

Inhaltsverzeichnis

1 Management Summary	4
1.1 Themenwahl	4
1.2 Technische Ziele	4
1.3 Persönliche Ziele	4
1.4 Lösung und Ergebnisse	5
1.5 Methodik	5
1.7 Abkürzungsverzeichnis	6
2 Beruflicher Lebenslauf	7
3 Ausgangslage	8
3.1 Rahmenbedingungen	8
3.1.1 Umfang der Arbeit	8
3.1.2 Auswertung und Benotung der Diplomarbeit	8
3.1.3 Student	8
3.1.4 Dokumentation und Schriftlicher Bereich	8
3.1.5 Verteiler	9
3.1.6 Termine	9
3.2 Pflichtenheft	10
3.2.1 Zweck und Ziel des Dokumentes	10
3.2.2 Abgrenzung	10
3.2.3 Herstellungskosten	10
3.2.4 Anforderungsliste	11
3.2.5 Lösungsvorschlag	12
3.2.6 Freigabe der Anforderungsliste	13
4 Informieren	14
4.1 Ausgangslage	14
4.2 Aufgabenstellung	14
4.3 Abstraktion	15
4.3.1 Werkzeugwechselsystem	15
4.3.2 Maschinenplatzierung	15
4.4 Kernprobleme	15
4.5 Beschrieb der bisherigen Maschine	16
4.5.1 Werkzeug und Einstellung	17
4.5.2 Antriebsmotor	18

5. Terminplanung	21
5.1 Meilensteine.....	21
5.2 Auswertung der Zeiteinteilung.....	21
6. Planung.....	22
6.1 Mind Map.....	22
6.2 Funktionsstruktur	23
6.3 Black Box.....	24
6.3.1 Gesamtfunktion Beschreibung.....	25
6.4 Aufteilung in Teilfunktionen	25
6.5 Morphologischer Kasten	27
6.6 Bewertung der Teilfunktionen.....	29
6.6.1 Gesamtbewertung der Teilfunktionen	31
6.7 Lösungsvorschläge Beschreibung	32
6.7.1 Lösungsvariante A.....	32
6.7.2 Lösungsvariante B.....	34
6.7.3 Lösungsvariante C.....	36
7 Entscheidung.....	38
7.1 Zusammenfassung der Lösungsvorschläge	38
7.2 Entscheid der Lösungsvariante A.....	39
8 Realisierung	40
8.1 Baugruppe Maschinengestell	41
8.2 Baugruppe Tischauflage	43
8.3 Baugruppe Antriebsmechanik	46
8.4 Baugruppe Werkzeughalter	50
8.4.1 Auslegung der Lagerung	52
8.4.2 Einbaukonzept der Neuauslegung.....	57
8.4.3 Neukonstruktion Werkzeughalter.....	60
8.4.4 Schnittansicht.....	61
8.4.5 Werkzeugaustausch aus Spindel.....	66
8.5 Baugruppe Maschinenverkleidung	67
8.6 Baugruppe Bedieneinheit.....	68
8.7 Baugruppe Kupplung	70

9 Auswertung	71
9.1 Zusammenstellung der kompletten Baugruppe	71
9.2 Auswertung der Baugruppe	73
9.3 Austausch eines Werkzeuges	74
9.4 Elektronische Komponenten	78
9.5 Pneumatische Komponenten	81
9.6 Auswertung der Anforderungsliste	82
9.7 Kostenzusammenstellung	83
10 Sicherheitskonzept	86
11 Wartung und Pflege der Maschine.....	88
12 Behandlung der Bauteile	89
12.1 Pulverbeschichtung.....	89
12.2 Eloxieren.....	91
13 Schlusswort.....	93
14 Lessons learned	94
15 Verdankungen	94
16 Eigenständigkeitserklärung.....	95
17 Anhang.....	96
17.1 Literaturverzeichnis.....	96
17.2 Quellenverzeichnis.....	97
17.3 Abbildungsverzeichnis	98
17.4 Datenblatt Antriebsmotor	101
17.5 Sim Pro Frässpindel.....	102
17.6 Datenblatt S7006/CE/P4A.....	112
17.7 Datenblatt Druckfeder	115
17.8 Datenblatt Pneumatikzylinder.....	116
17.9 Datenblatt Labyrinthdichtung.....	117
17.10 Datenblatt Präzisionsmutter	118
17.11 Datenblatt Lenkrollen	119
17.12 Technische Darstellungen.....	120

1 Management Summary

Vorwort

Um meine Weiterbildung als Maschinenbautechniker an der höheren Fachschule TEKO abzuschliessen, muss eine Diplomarbeit erarbeitet werden. Da meine berufliche Ausgangslage als Techniker im Bereich Holzbearbeitung mit verschiedensten Produktionsmaschinen zusammenhängt, sehe ich eine Optimierung an einer Kleinteilbearbeitungsmaschine vor.

Es wird ein Konzept erstellt werden, bei dem mehrere Werkzeuge mit den jeweils dazugehörigen eingestellten Höheneinstellungen zugeschaltet werden können. Jedoch soll diese Konstruktion mit nur einem Antriebsmotor ausgestattet werden, um Anschaffungs- und Produktionskosten zu senken. Die Konstruktion der Maschine soll fahrbar sein.

1.1 Themenwahl

Es gibt mehrere Gründe, wieso ich mich für dieses Projekt entschieden habe. Ich finde das Projekt sehr spannend, da ich bei der Optimierung dieser Maschine sehr viele positive Aspekte sehe. Durch diese Maschinenoptimierung können Antriebsmotore in der Herstellung eingespart werden und die Maschine ist trotz Optimierung vom Anschaffungspreis kostengünstiger als bisher. Der Weiteren können allfällige Störungen und Reparaturen durch den Anwender eingegrenzt werden.

1.2 Technische Ziele

- Die Maschine soll mit nur einem Antriebsmotor ausgestattet werden.
- Der Antriebsmotor soll mit einem 230V Stromnetz betrieben werden können.
- Die Maschine soll durch arretierbare Rollen am Maschinengestell mobil sein.
- Das Fräswerkzeug soll nach Abnutzung einfach ausgetauscht werden können.
- Ein schnelles Wechseln verschiedenen Werkzeugen mit verschiedenen Einstellungen soll gewährleistet sein.
- Das Gewicht der Maschine soll maximal 120 Kg betragen.

1.3 Persönliche Ziele

- Ich möchte anhand dieser Diplomarbeit mein Wissen in der Anwendung des CAD verbessern. Meine technischen Darstellungen sollen im CAD entworfen und zusammengestellt werden.
- Die Lösungsvorschläge sollen strukturiert und selbstständig ausgearbeitet werden.
- Der Lösungsentscheid soll klar begründet werden können.
- Durch diese Diplomarbeit möchte ich mich weiter im Bereich Projektmanagement verbessern, um auch einen Nutzen für weitere Projekte in meiner Berufslaufbahn erzielen zu können.

1.4 Lösung und Ergebnisse

Die Lösungsschritte und Vorgehensweisen für die Optimierung/Neukonstruktion der Maschine werden anhand der erlernten Methodik vom Fach "Methodische Konstruktionslehre" angewendet. Die Ergebnisse der Berechnungen werden deutlich gekennzeichnet. Die Berechnungen erfolgen anhand vom gelernten Wissen der Mathematik und des Faches Maschinen- und Konstruktionselemente.

1.5 Methodik

Die Umsetzung des Projektes geschieht nach der Sechs-Schritte-Methode "**IPERKA**". Das Schema dieser Methode umfasst das Informieren, Planen, Entscheiden, Realisieren, Kontrollieren und Auswerten.

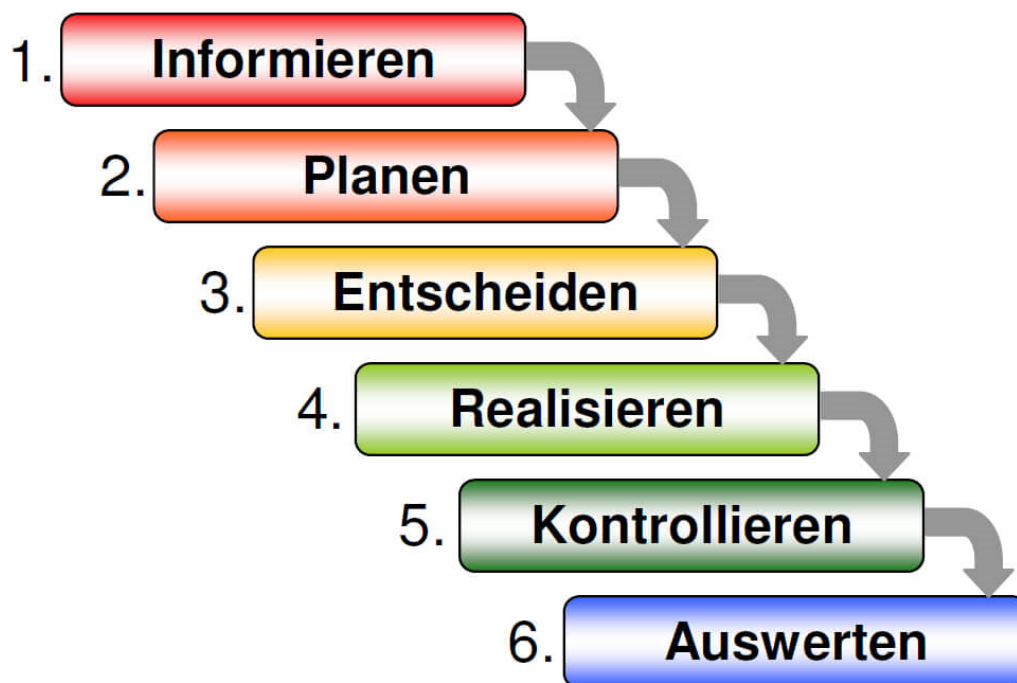


Abb. 1 Methodik IPERKA

1.7 Abkürzungsverzeichnis

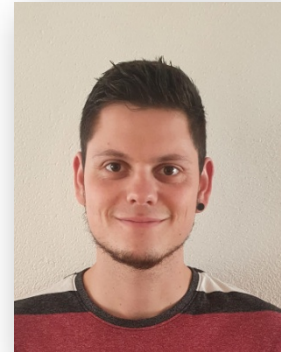
Abkürzung	Bezeichnung
Bzw.	Beziehungsweise
U/min	Umdrehungen pro Minute
Abb.	Abbildung
h	Stunde
Nr.	Nummer
Nm	Newtonmeter
N	Newton
Kg	Kilogramm
F1	Kraft 1
F2	Kraft 2
Fr	Resultierende Kraft
nd_m	Drehzahlkennwert
mm	Millimeter
cm	Zentimeter
m	Meter
dm³	Kubikdezimeter
Fr	Franken
µm	Mikrometer
Tot.	Total
FA	Firma
s	Sekunde
min	Minute
CHF	Schweizer Franken

Abb. 2 Abkürzungsverzeichnis

2 Beruflicher Lebenslauf

Persönliche Daten

Name Meier
Vorname Mark
Adresse Heglerstrasse 3, 6285 Hitzkirch
Geburtsdatum 28.04.1993
Wohnort Hitzkirch LU
Familienstand Ledig
E-Mail meier_mark@bluewin.ch
Telefon +41 79 270 63 24



Mein Werdegang

2016 - heute **Arthur Bründler AG**
6030 Ebikon

- Servicetechniker Produktionsmaschinen in Bereich Holz
- Spezielles: Aussendienst im Bereich Deutschschweiz

2014 - 2016 **HOCHDORF Swiss Nutrition AG**
6281 Hochdorf

- Unterhalt und Service der internen Produktionsmaschinen
- Spezielles: Pikettdienst 24h

Meine Ausbildung

2010 - 2014 **RUAG Aviation (Aerodynamics)**
6032 Emmen

- Ausbildung Polymechaniker EFZ
- Spezielles: Spezialgebiet Instandhaltung

Zusatzausbildungen/Kurse mit Zertifikat

- SPS SIMATIC S7 Serviceausbildung 1 **2012**
- Basiswissen der Hydraulik HTG Bosch Rexroth **2013**
- Anwendung PSA gegen Absturz SpanSet **2016**
- Fachkurs Autogentechnik und Schutzgasschweissen D2 **2016**
- Technikerschulung FA Altendorf FKS **2017**

3 Ausgangslage

3.1 Rahmenbedingungen

3.1.1 Umfang der Arbeit

Anhand von Ideen und Informationsbeschaffung soll ein eigenes Konzept erarbeitet werden. Um die optimale Idee zu finden, sind drei Lösungsvorschläge auszuarbeiten. Die beste Lösung wird mittels morphologischer Analyse ausgewertet und in einem durchdachten Konzept umgesetzt.

3.1.2 Auswertung und Benotung der Diplomarbeit

Die Diplomarbeit wird in den folgenden Punkten ausgewertet und benotet:

- Wurden die drei Lösungsvorschläge richtig ausgewertet.
- Ist der ausgewählte Lösungsvorschlag ein brauchbares Konzept für eine allfällige Herstellung der Maschine.
- Wurden die Kernprobleme umfassend beschrieben und analysiert.
- Wurde die zeitliche Vorgabe von 150h - 250h eingehalten.
- Ist das Projekt brauchbar.
- Umfasst das Projekt das Wissen bezüglich der Ausbildung Techniker im Bereich Maschinenbau an der TEKO.
- Konnte das Zeitmanagement eingehalten werden.
- Wurden die definierten Ziele erfüllt.
- Präsentation.

3.1.3 Student

Die Diplomarbeit wird von Mark Meier (angehender dipl. Techniker HF Maschinenbau) in Eigenarbeit, ohne fremde Hilfe, durchgeführt. Die Lösungsvorschläge und Umsetzungen in ein Konzept werden eigenständig erarbeitet und anhand von Informationsbeschaffungen ausgelegt.

3.1.4 Dokumentation und Schriftlicher Bereich

Die Dokumentation enthält Konzepte und Lösungsvorschläge, welche mittels Berechnungen beleg- und nachvollziehbar sind. Die Dokumentation ist in einen klaren inhaltlichen Ablauf gegliedert.

3.1.5 Verteiler

Vorname	Name	Position
Rudolf	Gautschi	Diplomlehrer
Markus	Fürholz	Experte
Mark	Meier	Diplomand

Abb. 3 Verteiler

3.1.6 Termine

- Projektstart: 16.08.2021
- Eingabe Pflichtenheft und Terminplanung 21.08.2021
- Besprechungstermin 1 02.07.2021
- Besprechungstermin 2 23.09.2021
- Abgabetermin des Projekts 11.10.2021
- Präsentation 28.10.2021

3.2 Pflichtenheft

3.2.1 Zweck und Ziel des Dokumentes

Die Dokumentation dieses Projektes dient als Inspiration für eine spätere Projektherstellung. Das Hauptziel ist es, die Kernprobleme der Aufgabenstellung zu lösen und aus den verschiedenen Lösungsausarbeitungen einen Lerneffekt zu erreichen. Die Lösungssuche, die Lösungsvorschläge, wie auch der Lösungsentscheid soll klar nachvollziehbar sein.

3.2.2 Abgrenzung

Herstellung und Produktion

Die Diplomarbeit ist eine reine Planung der Optimierung/Neukonstruktion eines Frästmisches. Die ausgelegten Bauteile werden aus zeitlichen, wie auch administrativen Gründen, nicht in eine Produktion umgesetzt.

Elektronik

Die elektrischen Bauteile für einen Bedienbereich der Maschine werden nicht berücksichtigt. Elektrische Schaltpläne, wie auch Stromlaufpläne, werden nicht aufgeführt. Der Fokus dieses Konzeptes bezieht sich auf den mechanischen Teil der Maschine.

Pneumatik

Pneumatische Schaltungen, wie auch Ventile oder sonstige Komponenten im Bereich Pneumatik, werden nicht in einem Pneumatikschaltplan aufgeführt.

Absaugvorrichtung

Einrichtungen, wie Absaugkanäle, werden nicht ausgearbeitet.

3.2.3 Herstellungskosten

Die Herstellungskosten der Maschine beinhalten die Einkaufspreise der verschiedenen Komponenten und Materialien. Zudem wird eine Kostenschätzung bezüglich der Herstellungskosten der verschiedenen Bauteile, welche in einer Produktion angefertigt werden müssen, kalkuliert. Für die Montage der kompletten Baugruppe wird ein Zeitaufwand kalkuliert.

Das maximale Budget von **16'000 CHF** darf nicht überschritten werden.

3.2.4 Anforderungsliste

Einteilung	Nr.	Beschreibung	FF	WF	MF
Funktion	1	Der Werkzeughalter muss ohne Werkzeug wechselbar sein	■		
	2	Die Maschine muss anhand Rollen am Maschinengestell mobil sein		■	
	3	Das Werkzeug ist per Feineinstellung verstellbar		■	
	4	Die Kraftübertragung zwischen Antriebsmotor und Werkzeug ist formschlüssig		■	
	5	Die Zustellung für das Ein- und Auskuppeln des Antriebsmotores ist pneumatisch			■
	6	Eine einfache Bedienung der Maschine ist nach einer Bedienschulung möglich	■		
	7	Die Werkzeuge müssen bis 25'000 U/min verwendet werden können		■	
	8	Die Rollen am Maschinengestell müssen arretierbar sein		■	
	9	Die Umrüstzeit der Werkzeuge beträgt maximal 120 Sekunden	■		
	10	Der Antriebsmotor soll mit einem 230V Stromnetz betrieben werden können	■		
Sicherheit	11	Die Normen der EG-Maschinenrichtlinien (2006/42/EG) müssen eingehalten werden	■		
	12	Die zu herstellenden Bauteile müssen entgratet sein	■		
	13	Eine gut zugängliche Not-Aus-Funktion muss vorhanden sein	■		
Wartung	14	Der Antriebsmotor muss einfach mit handelsüblichem Werkzeug ausbaubar sein	■		
	15	Werkzeughalter müssen bei einem Lagerschaden demontierbar sein	■		
Design	16	Das Maschinengestell soll rot lackiert werden		■	
	17	Der Frästisch soll mit einem Oberflächenschutz gegen Korrosion behandelt werden			■
Dimension	18	Der Frästisch hat eine maximale Abmessung von 80cm x 80cm	■		
	19	Die Maschinenhöhe beträgt maximal 120cm		■	
	20	Das Gewicht der kompletten Maschine beträgt maximal 120 Kg		■	
Kosten	21	Die Herstellungskosten dürfen maximal 16'000 CHF betragen	■		

Abb. 4 Anforderungsliste

FF = Festforderung (muss zwingend eingehalten werden, sonst unbrauchbar)

WF = Wunschforderung (darf unter- bzw. überschritten werden)

MF = Mindestforderung (sollte berücksichtigt werden)

3.2.5 Lösungsvorschlag

Der folgende Lösungsvorschlag dient lediglich einer ersten Vorstellung:

Die Maschine soll per fahrbaren Rollen am Maschinengestell verschoben werden können. Die Rollen können für eine sichere Anwendung arretierbar sein. Das Werkzeug ist in einem Werkzeughalter eingespannt, welcher einfach und sicher aus der Maschine gewechselt werden kann. Das Werkzeug wird per Spannzangensystem in den Werkzeughalter eingespannt. Den Antriebsmotor, der mit einem 230V Stromnetz versorgt wird, kann einfach mit einer mechanischen Einrichtung ausgekuppelt werden. Das Auskuppeln zwischen Werkzeug und Antriebsmotor geschieht über eine mechanische Einrichtung. Hierfür kann ein Pneumatikzylinder verwendet werden. Die Kraftübertragung zwischen Motor und Werkzeug sollte formschlüssig sein. Hierfür soll ein Kupplungssystem konstruiert werden. Nach dem Ausbau des Werkzeuges mit dem Werkzeughalter kann ein anderes beliebiges Werkzeug eingebaut werden. Das Wechseln der Werkzeuge im Werkzeughalter sollte einfach ablaufen. Das Werkzeug kann nach Abnützung einfach ausgetauscht werden und das neue Werkzeug muss nur einmal eingestellt werden. Da beliebig viele Werkzeughalter mit den verschiedensten Formfräsern ausgestattet werden können, ist der Maschinenbediener sehr flexibel.

Für die Personensicherheit beim Werkzeugwechsel soll ein Sicherheitskonzept erstellt werden, so dass der Antriebsmotor nicht während des Wechsels anläuft. Dafür kann ein Türschalter oder Rollenendschalter verwendet werden, der die Stromzufuhr des Antriebsmotors unterbricht. Bei einer Notsituation kann ein Not-Aus-Schalter betätigt werden.

Das Ausarbeiten des Sicherheitskonzepts entspricht den Normen der EG-Maschinenrichtlinien (2006/42/EG).

Hitzkirch, 21.08.2021



Mark Meier
Diplomand

3.2.6 Freigabe der Anforderungsliste

Die Anforderungsliste ist vom Studenten und Diplomlehrer gelesen und verstanden worden. Die Formulierungen der enthaltenen Forderungen sind verstanden und werden freigegeben. Eine mögliche Änderung einer Wunschforderungen oder Mindestforderung wird während des Projektes schriftlich festgehalten. Eine mögliche Änderung einer Festforderung wird schriftlich beim Diplomlehrer beantragt.


Position	Vorname	Name	Ort, Datum	Unterschrift
Diplomlehrer	Rudolf	Gautschi	Luzern, 21. August 2021	
Projektleiter	Mark	Meier	Hitzkirch, 21. August 2021	

Abb. 5 Freigabe der Anforderungsliste

4 Informieren

4.1 Ausgangslage

Die sogenannten Frästische werden hauptsächlich in Schreinereien und Kleinwerkstätten, auch im Bereich Hobby angewendet. Man erhält diese Frästische von verschiedenen Herstellern in verschiedenen Dimensionen. Auch werden handelsübliche Oberfräsen mit einer Eigenbaukonstruktion zu einem Frästisch umgebaut. Die Anwendungen dieser Frästische sind sehr verschieden. Meistens werden jedoch Bauteile, wie zugeschnittene oder gefräste Holzplatten bearbeitet.

Der Frästisch ist mit einem Fräsmotor unterhalb der Tischplatte ausgestattet. In der Tischplatte befindet sich meist eine Ausfräsung, bei der das gewünschte Fräswerkzeug rausschaut. Diese Werkzeuge sind mit einem Anlaufring (Kugellager oberhalb des Werkzeuges) ausgestattet. So können auch Bauteile mit Rundungen sehr gut bearbeitet werden. Man stellt diese Werkzeuge mit der Höhenverstellung des Frästisches ein. Der Abstand zum Werkzeug ist mit dem Anlaufring gegeben und kann nicht verändert werden.

Da sehr viele verschiedene Werkzeuge mit verschiedensten Formen erhältlich sind, muss das Werkzeug schnell und einfach gewechselt werden können. Aus diesem Grund erhält man diese Frästische mit mehreren Werkzeugen, die voreingestellt werden und möglichst einfach zugeschaltet werden können. Jedoch sind auch immer mehrere Antriebsmotoren verbaut, die den Anschaffungspreis massiv erhöhen. Die Werkzeuge werden mittels einem Spannzangenfutter befestigt und somit direkt angetrieben. Die Drehzahlen dieser Werkzeuge können bis 30'000 U/min sein.

4.2 Aufgabenstellung

Es ist ein mechanisches Konzept für einen Frästisch auszuarbeiten, bei dem Werkzeuge einfach und schnell gewechselt werden können und die vorherigen Einstellungen übernommen werden können. Jedes Werkzeug muss einzeln in der Höhe einstellbar sein. Es darf nur ein Antriebsmotor zum Einsatz kommen, der mit einem 230V Stromnetz verwendet werden kann. Das Konzept soll Ausschnitte der mechanischen Bauteile beinhalten, welche im CAD 3D erstellt werden.

4.3 Abstraktion

4.3.1 Werkzeugwechselsystem

1. Es ist ein Werkzeugwechselsystem zu konstruieren, mit dem 5 Werkzeuge einfach und schnell gewechselt werden können
2. Es ist ein Werkzeugwechselsystem zu konstruieren, mit dem Werkzeuge einfach und schnell gewechselt werden können.
3. Es ist ein Werkzeugwechselsystem zu konstruieren, mit dem Werkzeuge gewechselt werden können.

4.3.2 Maschinenplatzierung

1. Der Frästisch soll mittels gummierten Lenkrollen am Maschinengestell in der Werkstatt fahrbar sein.
2. Der Frästisch soll mittels Rollen am Maschinengestell in der Werkstatt fahrbar sein.
3. Der Frästisch soll in der Werkstatt fahrbar sein.

4.4 Kernprobleme

Montage/Demontage

Die unter dem Bearbeitungstisch liegende Mechanik darf nicht zu komplex sein. Ein einfacher Austausch der Bauteile für Servicearbeiten soll möglich sein.

Inbetriebnahme/Bedienung

Eine einfache Bedienung der Bearbeitungsmaschine ohne grossen Schulungsaufwand. Ein- und Ausschalten des Fräsmotors per Knopfdruck.

Antriebsspindel

Die Auslegung der Lagerung der Antriebsspindel für einen Gebrauch bei maximalen Drehzahlen von 25'000U/min.

Kupplung

Die Übertragung der Drehzahlen zwischen Antriebsmotor und Werkzeugspindel.

4.5 Beschrieb der bisherigen Maschine

Ich beziehe mich auf einen aktuellen Frästisch von der Firma "RUWI GmbH" aus Deutschland. Diese Frästische werden auch von meiner Firma in der ganzen Schweiz vertrieben und zeichnen einen sehr hohen Qualitätsstandard aus.

Die Firma RUWI ist im Bereich Tischfräsen und Hubtische spezialisiert. Auch Zubehör wie beispielsweise Anschläge oder Werkzeuge sind bei ihnen erhältlich.

Die Tischfräsen dieser Serie gibt es in drei Grössen:

- | | | | |
|------------|---------------|---------------|-----------------------------|
| • Grösse S | 520 x 430 mm | (nicht mobil) | Antriebseinheiten: 1 |
| • Grösse M | 640 x 500 mm | (mobil) | Antriebseinheiten: 3 |
| • Grösse L | 1070 x 500 mm | (mobil) | Antriebseinheiten: 5 bis 10 |

Als Ideensammlung und Vergleich beziehe ich mich auf die RUWI Tischfräse L, die mit maximal 10 Werkzeugen ausgestattet werden kann.

RUWI Tischfräse L

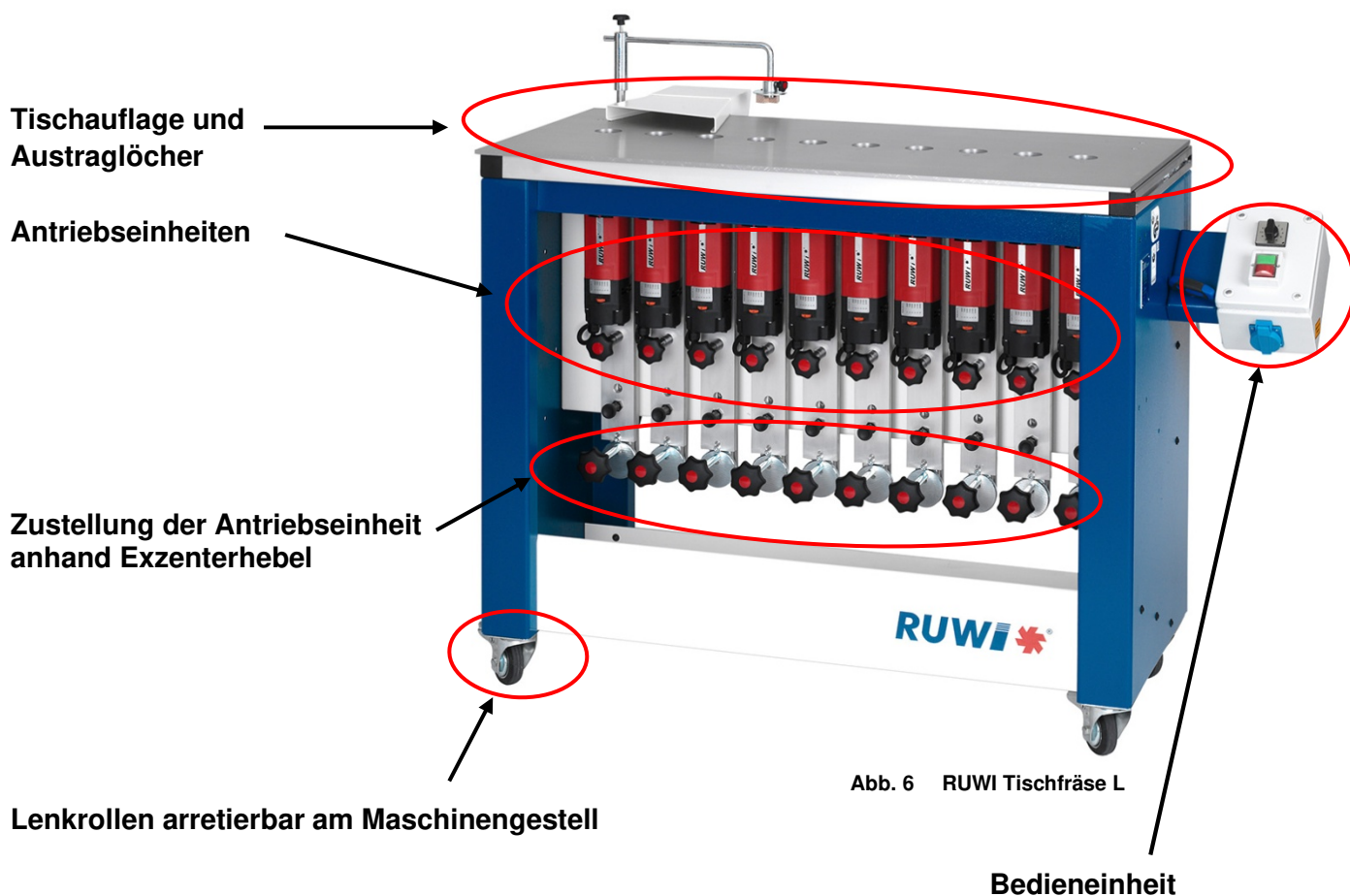


Abb. 6 RUWI Tischfräse L

Anschlag

Niederhalter

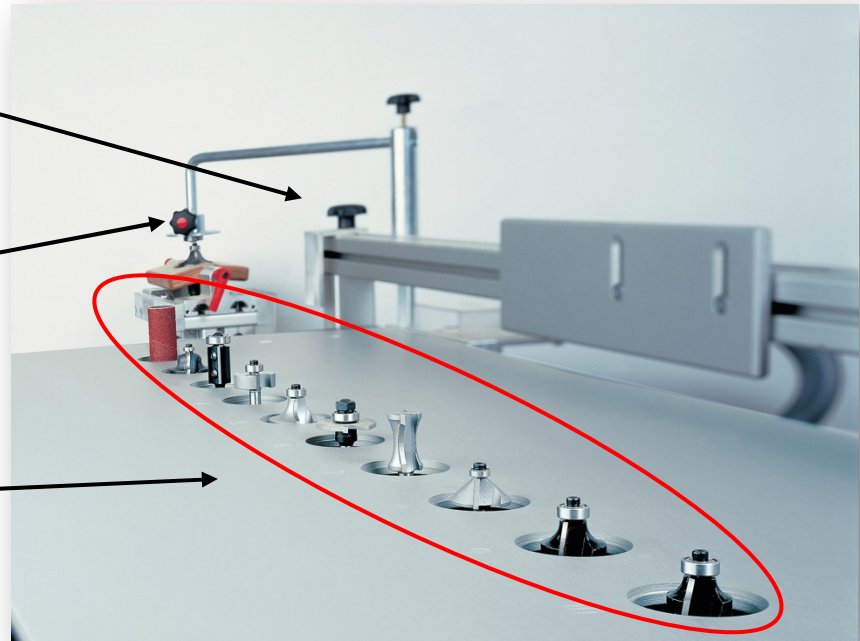
Austrag der verschiedenen
Werkzeuge

Abb. 7 RUWI Tischauflage

4.5.1 Werkzeug und Einstellung

Pos. 1 Werkstück

Pos. 2 Anlaufring

Pos. 3 Werkzeug

Pos. 4 Wendeschneideplatte

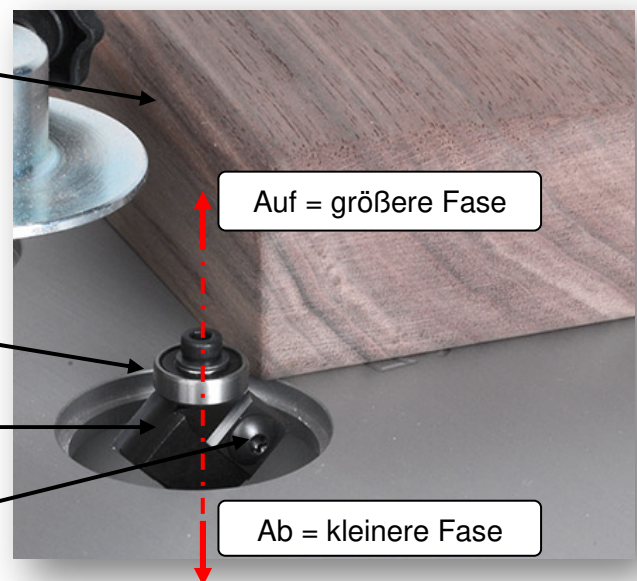


Abb. 8 RUWI Werkzeug/Einstellung

In diesem Beispiel sieht man ein Werkzeug (Pos. 3), das mit Wendeschneideplatten (Pos. 4) ausgestattet ist. Es ist ein sogenannter "Fasenfräser" der für 45 Grad Fasen angewendet wird. Bei Abnutzung können die Wendeschneideplatten einfach ausgetauscht werden. Oberhalb des Werkzeuges sieht man den Anlaufring (Pos. 2). An diesem Anlaufring schiebt man das Werkstück (Pos. 1) entlang und kommt daher gut in Rundungen oder Ausfräsungen.

In der Mitte des Werkzeuges (roter Pfeil) befindet sich die Mittelachse des Werkzeuges. Hier kann das Werkzeug in der Höhe eingestellt werden und somit auch die Größe der gewünschten Form, die bearbeitet werden soll.

4.5.2 Antriebsmotor

BEZEICHNUNG	FM 1000
NENNAUFNAHME	1.000 W
NENNLEERLAUFDREHZAHL	4.000 – 25.000 1/min
SPANNHALS / SPANNZANGE	43 mm / 8 mm
ABMESSUNGEN L X H X B	254 x 79 x 73 mm
SCHALLDRUCKPEGEL	71 dB (A)
GEWICHT	1,65 kg



Abb. 9 Mafell FM 1000

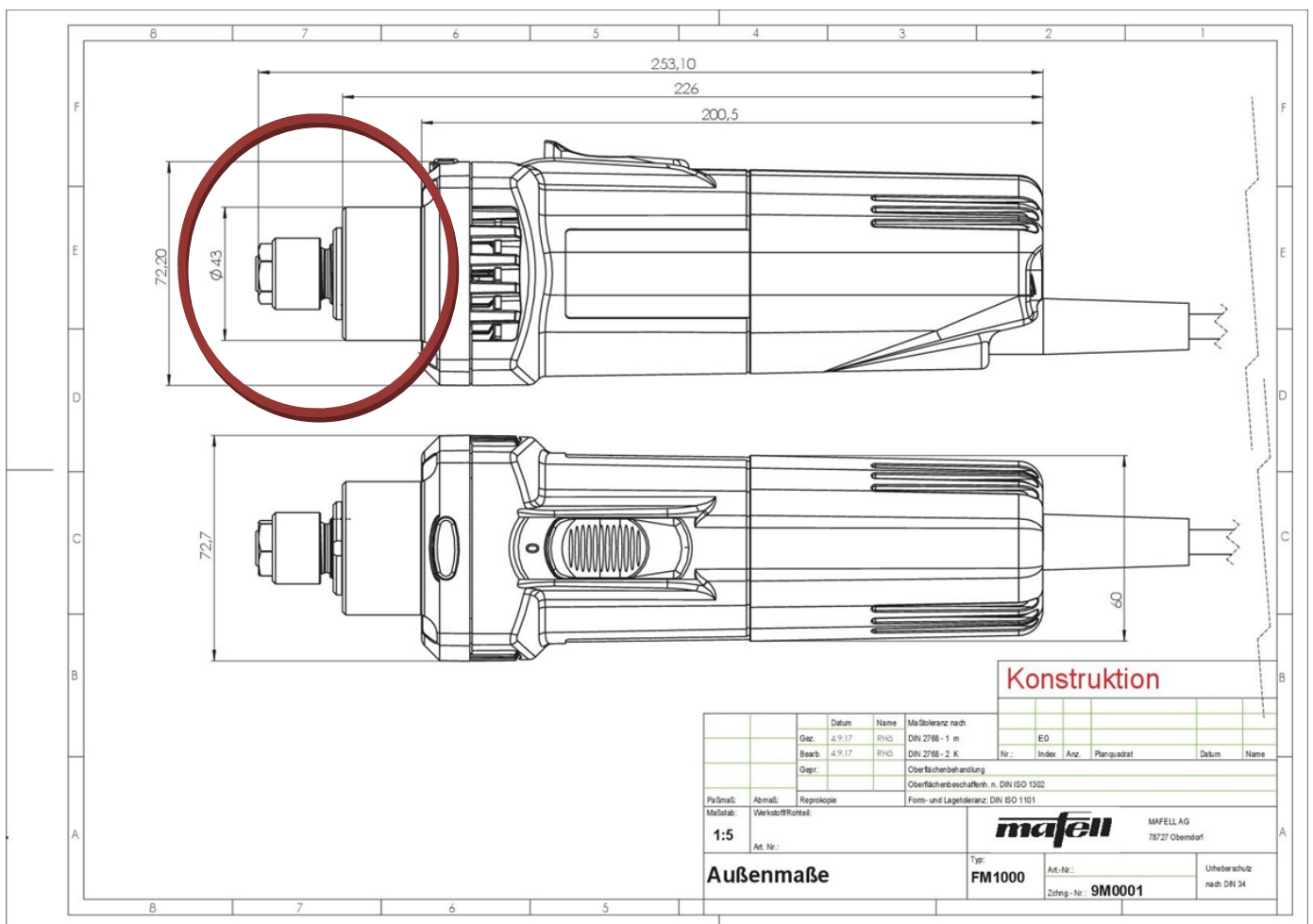


Abb. 10 Technische Zeichnung Mafell FM 1000

5. Terminplanung

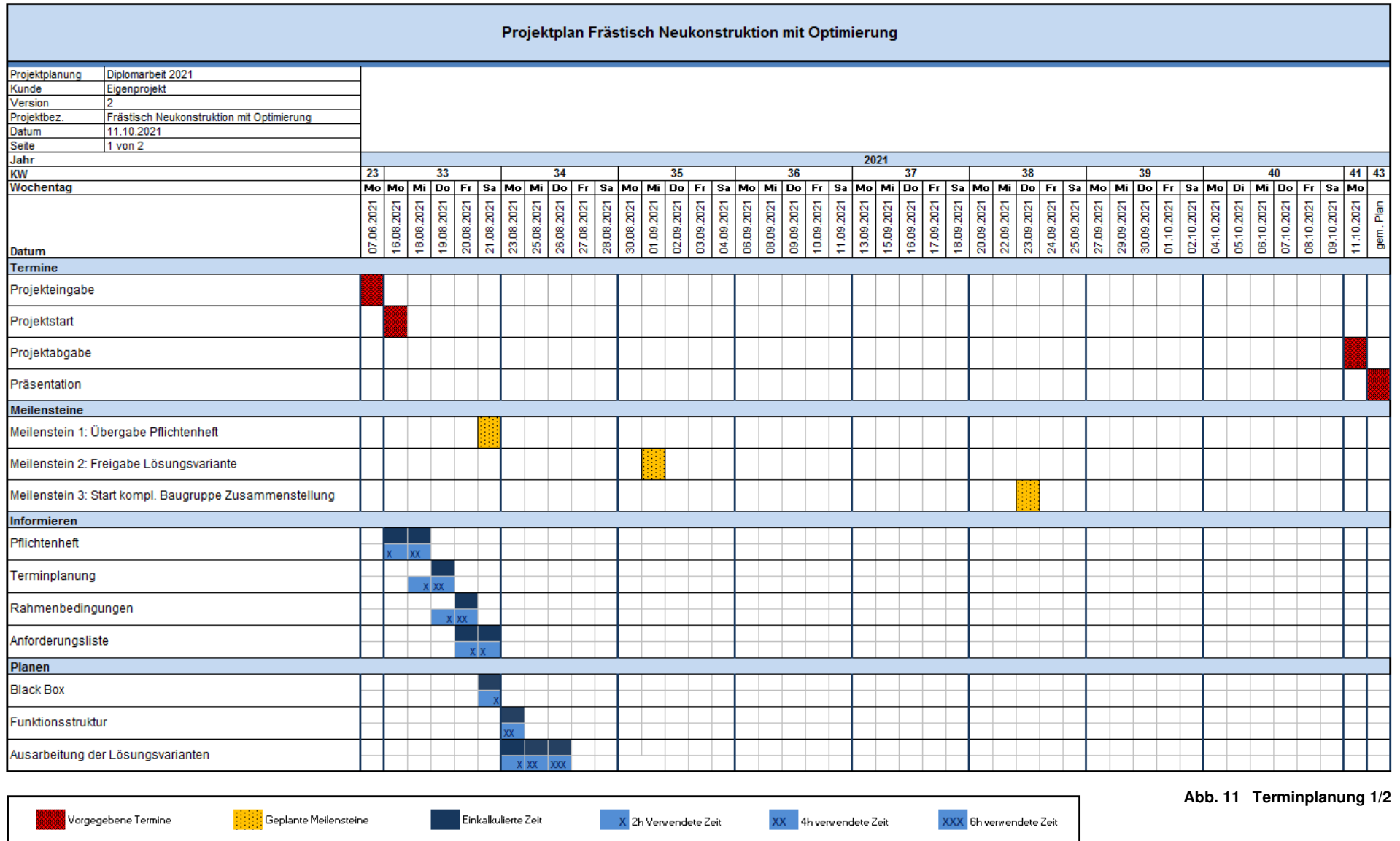


Abb. 11 Terminplanung 1/2

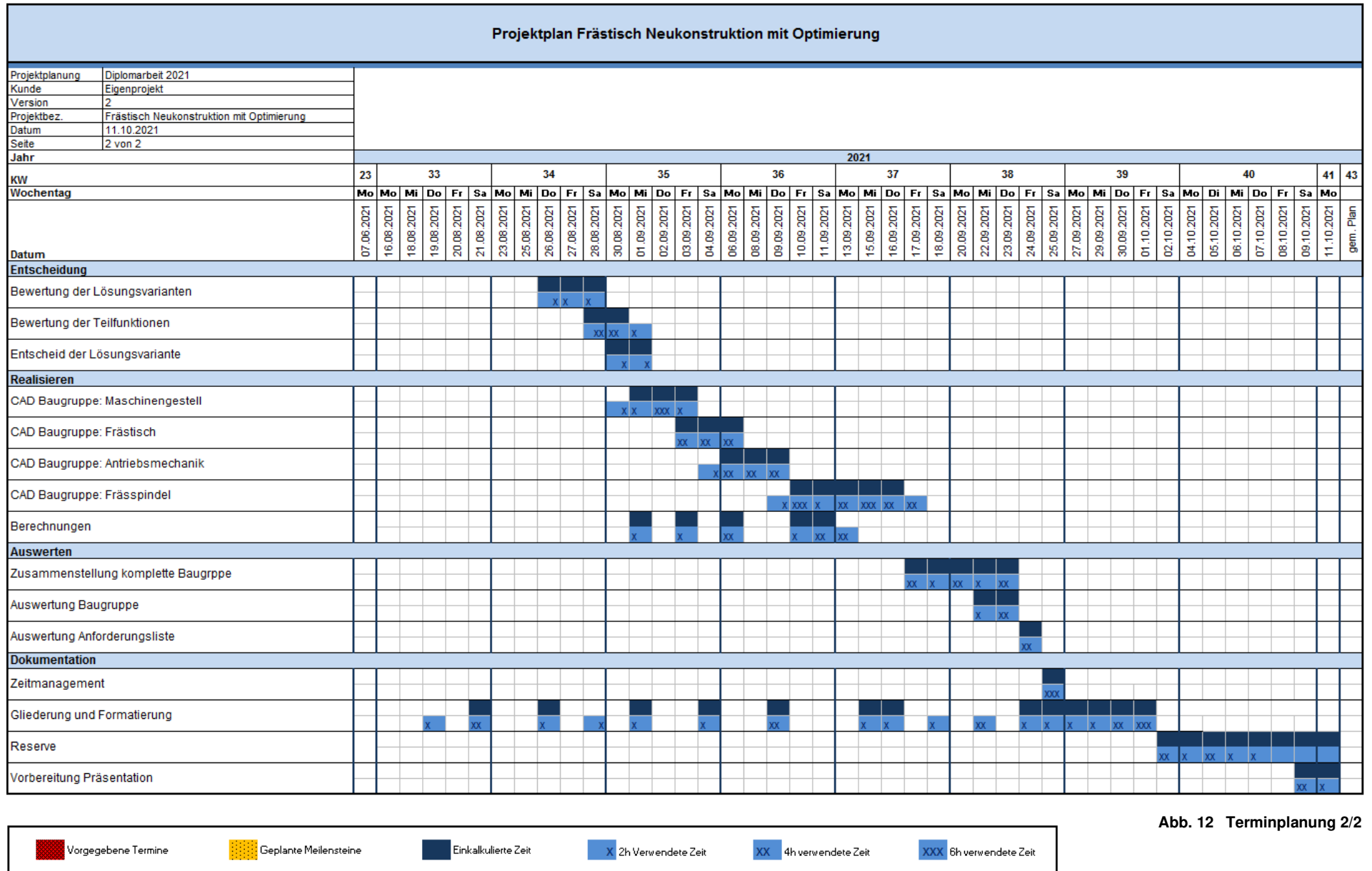


Abb. 12 Terminplanung 2/2

5.1 Meilensteine

- 21.08.2021 Übergabe Pflichtenheft
- 01.09.2021 Freigabe Lösungsvorschlag
- 23.09.2021 Start kompl. Baugruppe Zusammenstellung

5.2 Auswertung der Zeiteinteilung

Meine vorausgeplante Zeiteinteilung konnte ich mit total 242h gut einhalten. In dem unterstehendem Kreisdiagramm ist zu sehen, wie viele Stunden für meine Arbeit aufgewendet wurde. Man sieht auch, dass der Abschnitt "Realisieren" mit 35% am meisten Zeit in Anspruch genommen hat.

- | | |
|------------------|-------|
| 1. Informieren | = 22h |
| 2. Planen | = 18h |
| 3. Entscheiden | = 20h |
| 4. Realisieren | = 86h |
| 5. Auswerten | = 26h |
| 6. Dokumentation | = 70h |

Tot. Aufgewendete Stunden = 242h

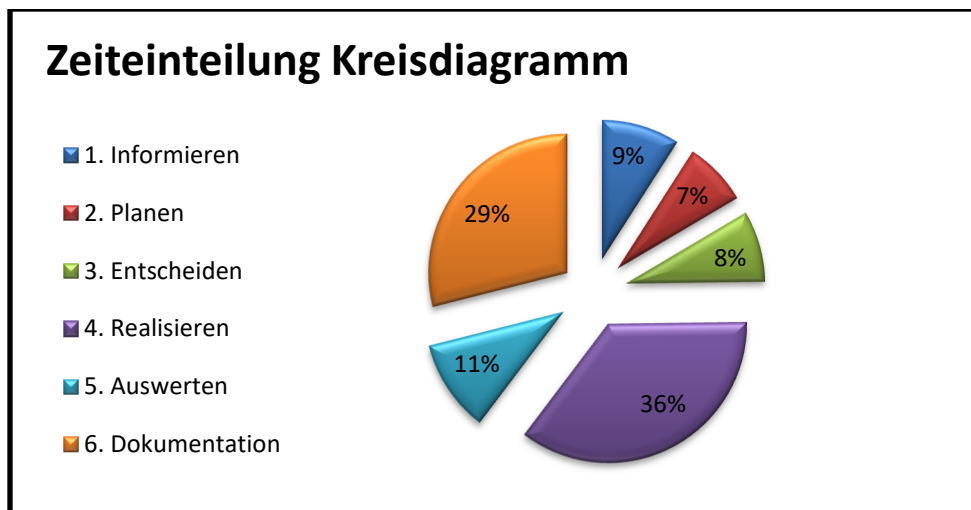


Abb. 13 Zeiteinteilung Kreisdiagramm

Im Abschnitt 6 "Dokumentation" konnte die Unterkategorie Reserve sehr gut für das Fertigstellen der Dokumentation genutzt werden. Die ganze Dokumentation wurde überarbeitet und abschliessende Auswertungen getroffen. Die Gliederung zog sich fortlaufend über die ganze Bearbeitung der Diplomarbeit.

6. Planung

Die Planungsphase wird in einem strukturierten Ablauf durchgeführt. Als erster Schritt wird ein Mind Map erstellt. Danach folgt eine Funktionsstruktur. Die Gesamtfunktion wird nach der Blackbox beschrieben. Nun wird die Maschine in die verschiedenen Teilfunktionen unterteilt. Jetzt können die Teilfunktionen in einem morphologischen Kasten dargestellt werden und die möglichen Lösungsvorschläge definiert und aufgezeigt werden. Es werden anschliessend drei Lösungsvorschläge beschrieben und anhand von Skizzen aufgezeigt. Die Vor- und Nachteile werden beschrieben. Abschliessend werden die drei Lösungsvorschläge durch ein Punktebewertungssystem ausgewertet und entschieden, welche Lösung umgesetzt wird.

6.1 Mind Map

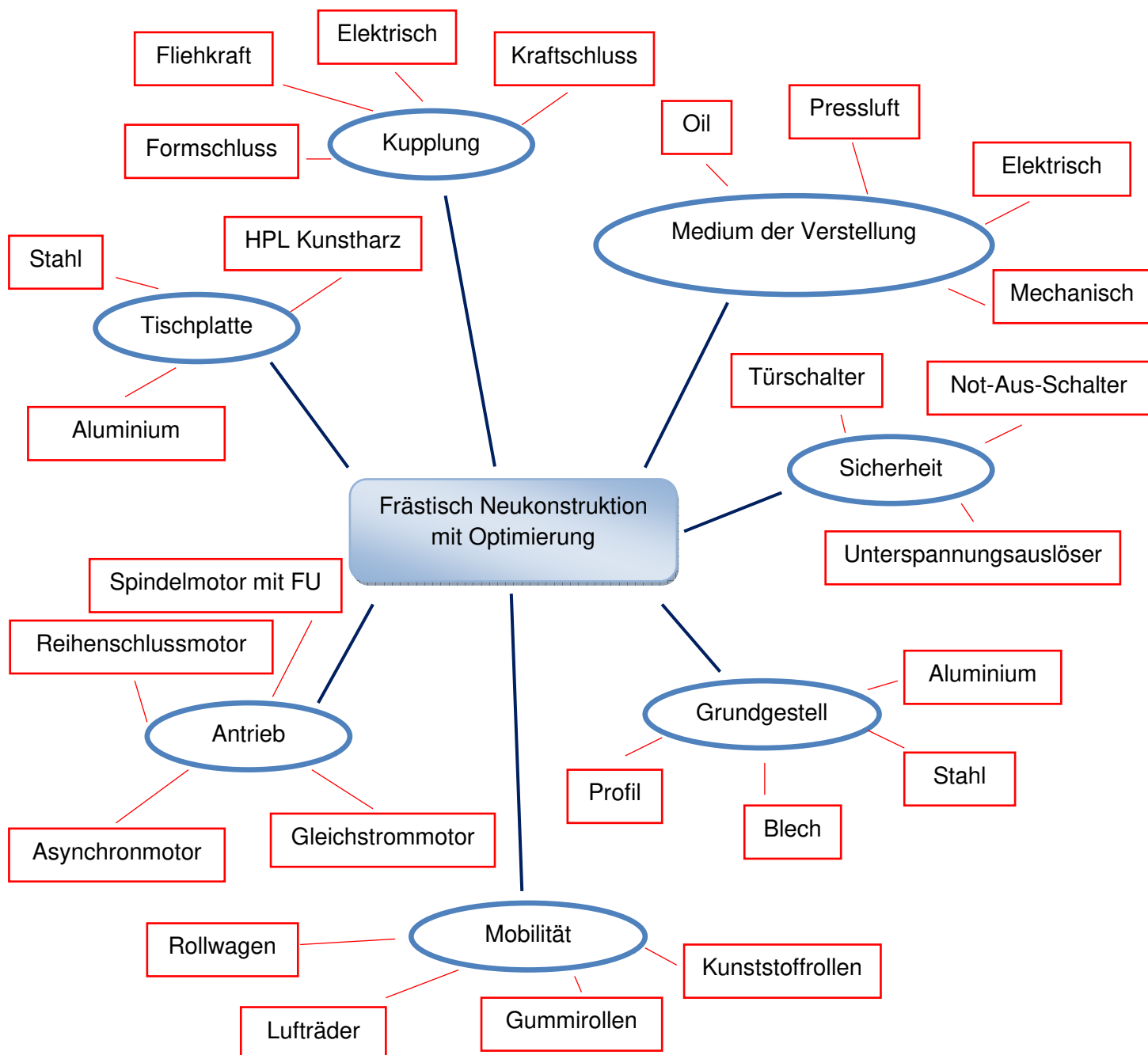


Abb. 14 Mind-Map

6.2 Funktionsstruktur

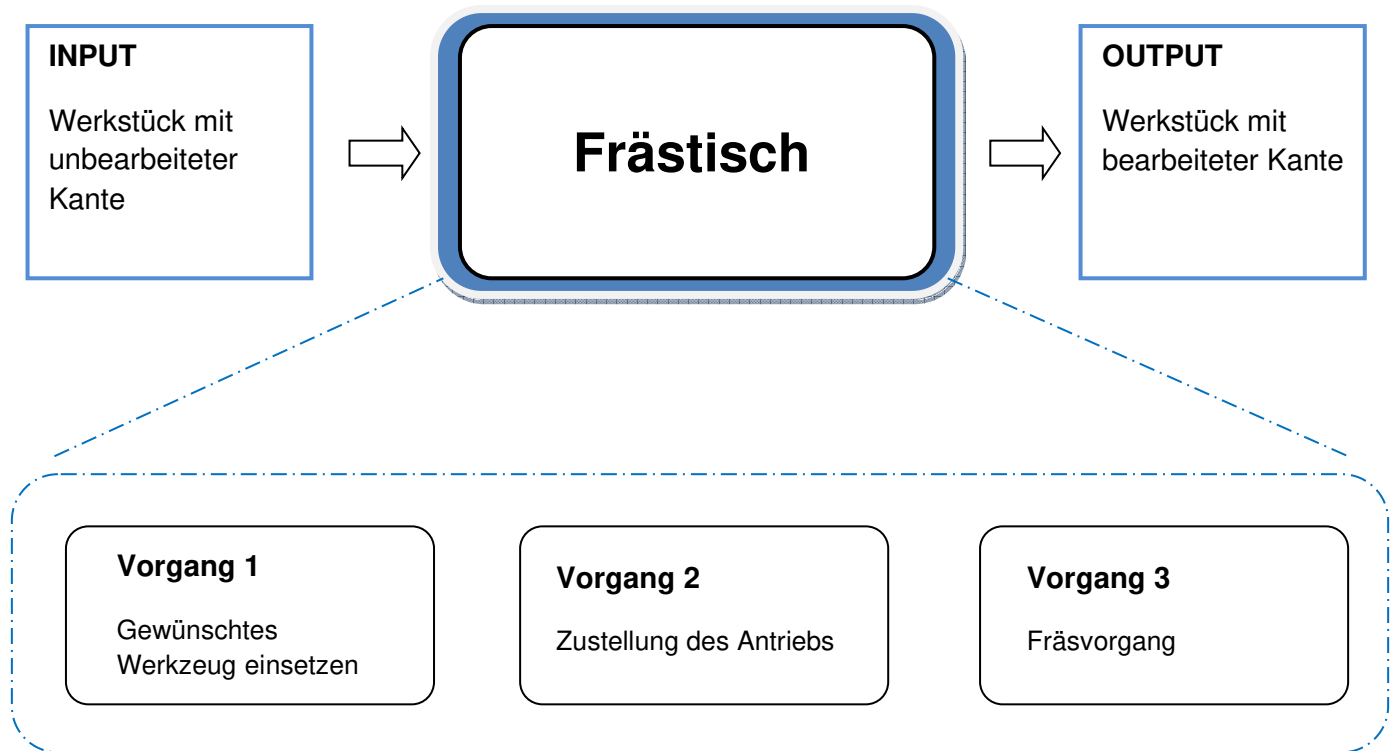


Abb. 15 Funktionsstruktur

6.3 Black Box

In der folgenden Blackbox wird aufgezeigt, welche Wirkungen die Maschine von aussen ausgesetzt ist und welche Wirkung sie nach aussen hergibt. Zudem sieht man, was der Maschine zugeführt wird und was die Maschine nach der Verarbeitung ausgibt.

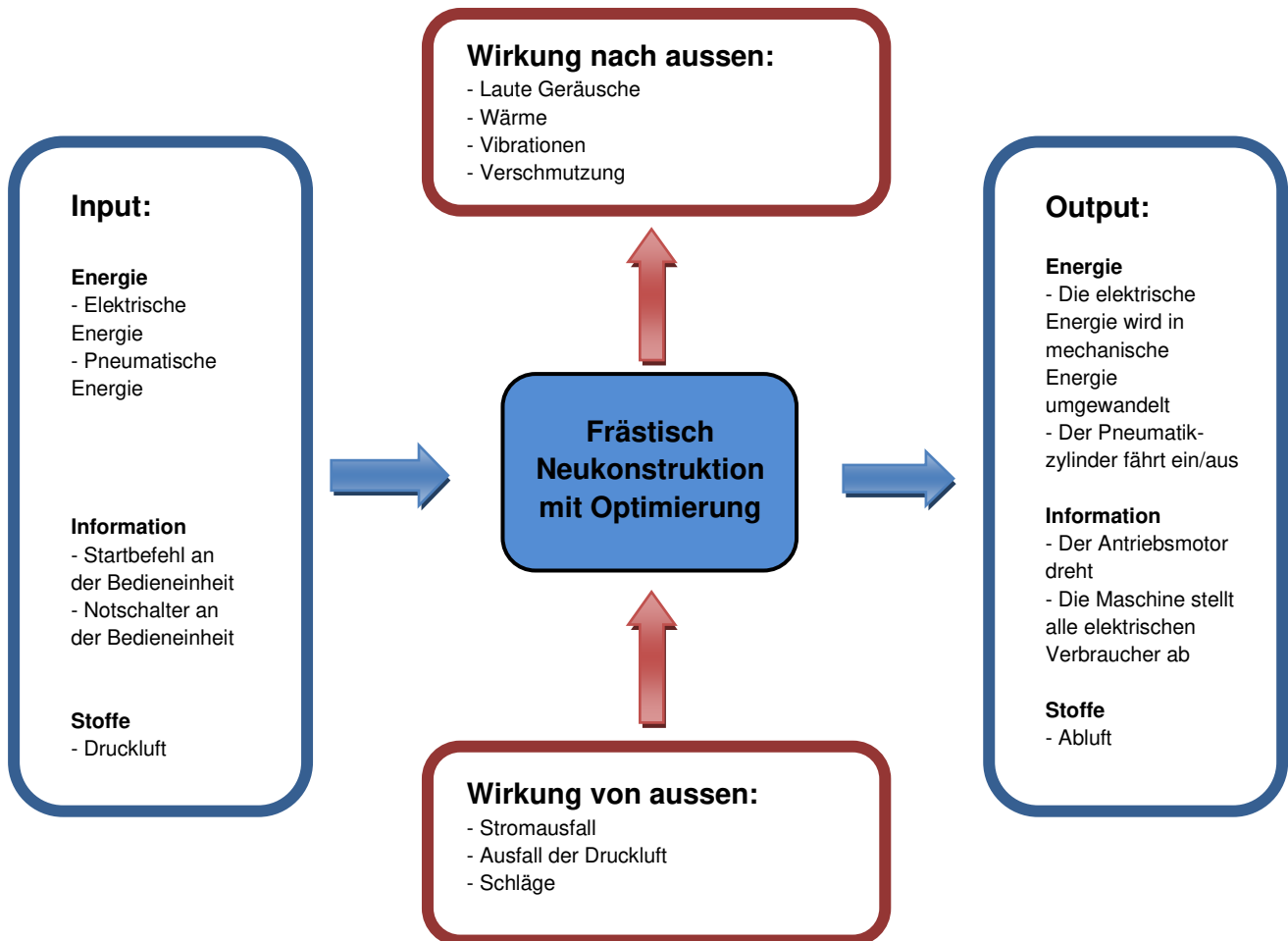


Abb. 16 Black Box

6.3.1 Gesamtfunktion Beschreibung

Energie:

Elektrische und pneumatische Energie wird der Blackbox zugeführt, mechanische- und Bewegungsenergie wird ausgegeben.

Stoffe:

Der Blackbox wird Druckluft zugeführt. Sie verlässt das System nach einer mechanischen Bewegung als Abluft wieder.

Information:

Ein Signal/Information wird der Blackbox zugeführt und verlässt sie wieder.

Wirkung von aussen:

Stromausfall, Schläge und Druckluftausfall führen zu Defekten am System und Ausfall der Maschine.

6.4 Aufteilung in Teilfunktionen

In der folgenden Abbildung sieht man eingekreist und nummeriert die verschiedenen Teilfunktionen.

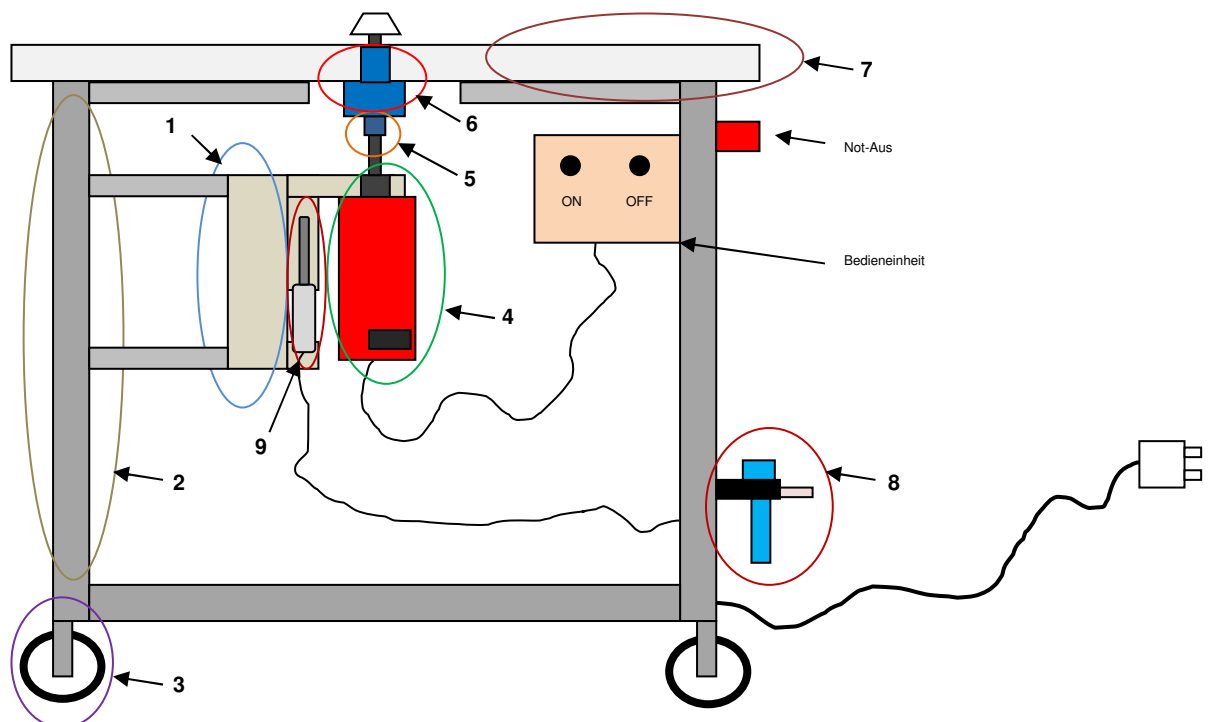


Abb. 17 Teilfunktionen

Teilfunktionen:

- Teilfunktion 1 Wechselmechanik
- Teilfunktion 2 Material Maschinengestell
- Teilfunktion 3 Mobilität
- Teilfunktion 4 Antriebseinheit
- Teilfunktion 5 Kupplungssystem
- Teilfunktion 6 Werkzeughalter
- Teilfunktion 7 Material Tischplatte
- Teilfunktion 8 Medium der Verstellung
- Teilfunktion 9 Verstellung der Mechanik

6.5 Morphologischer Kasten

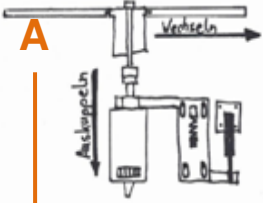
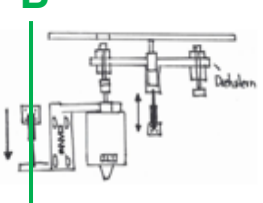
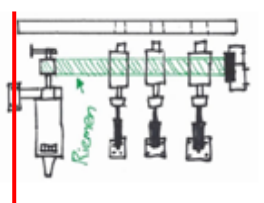

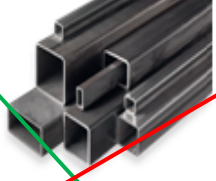
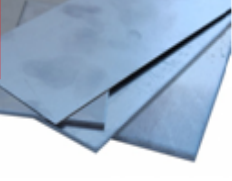



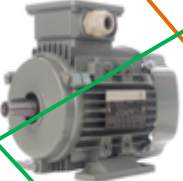


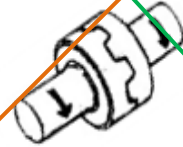


Morphologischer Kasten			
Teilfunktion	Mögliche Varianten		
Teilfunktion 1 Wechselmechanik	1.1 Auskuppeln und Wechseln 	1.2 Auskuppeln mit Drehstern 	1.3 Riemenantrieb 
Teilfunktion 2 Material Maschinengestell	2.1 Aluminium Profile 	2.2 Stahl Vierkantröhr 	2.3 Blech 
Teilfunktion 3 Mobilität	3.1 Vollgummi-Rollen 	3.2 Lufträder 	3.3 Kunststoffrolle 
Teilfunktion 4 Antriebseinheit	4.1 Drehstrom Asynchronmotor 	4.2 Einphasen-Relienschlussmotor 	4.3 Spindelmotor mit FU 
Teilfunktion 5 Kupplungssystem	5.1 Formschluss 	5.2 Freilaufkupplung 	5.3 Kraftschluss 

Abb. 18 Morphologie 1/2

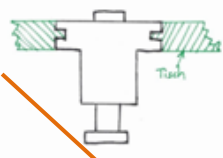

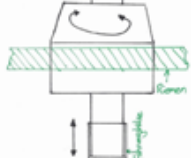
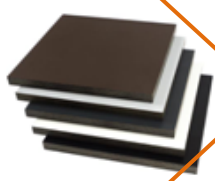
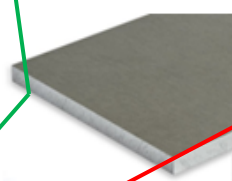
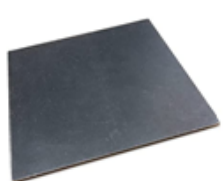






Teilfunktion 6 Werkzeughalter	6.1 In der Tischplatte einfahren 	6.2 Im Drehstern (fest) 	6.3 In einer Zustellmechanik konisch 
Teilfunktion 7 Material Tischplatte	7.1 Kunstharz HPL 	7.2 Aluminium 	7.3 Stahl 
Teilfunktion 8 Medium der Verstellung	8.1 Pneumatisch 	8.2 Hydraulisch 	8.3 Elektrisch 
Teilfunktion 9 Verstellung der Mechanik	9.1 Elektrische Verstellspindel 	9.2 Pneumatikzylinder 	9.3 Hydraulikzylinder 

Abb. 19 Morphologie 2/2

A = Lösungsvariante A

B = Lösungsvariante B

C = Lösungsvariante C

6.6 Bewertung der Teilfunktionen

Die Teilfunktionen sind in einer Bewertungsmatrix ausgewertet worden. Die wichtigen Faktoren der Teilfunktionen sind im Zusammenhang mit einer Gewichtung und einem Punktesystem dargestellt. Die Variante mit den meisten erreichten Punkten ist blau markiert und ist somit die geeignetste Variante.

Teilfunktion 1	Wechselmechanik						
	1.1 Auskuppeln und wechseln			1.2 Auskuppeln mit Drehstern		1.3 Riemenantrieb	
	GW	Pkt	GP	Pkt	GP	Pkt	GP
Fertigungskosten	3	4	12	1	3	2	6
Montage	3	4	12	1	3	2	6
Störungsanfälligkeit	4	3	12	2	8	1	4
Platzbedarf	2	3	6	1	2	2	4
Summe			42		16		20

Legende: GW = Gewichtungsfaktor // Pkt. = Punkte // GP = GW x Pkt.

Bewertungsfaktor: 4 = sehr gut // 3 = gut // 2 = ausreichend
1 = mässig brauchbar // 0 = nicht brauchbar

Teilfunktion 2	Material Maschinengestell						
	2.1 Aluminium Profile			2.2 Stahl Vierkantröhr		2.3 Blech	
	GW	Pkt	GP	Pkt	GP	Pkt	GP
Gewicht	2	4	8	3	6	2	4
Stabilität	3	3	9	2	6	4	12
Montagefreundlichkeit	4	4	16	2	8	3	12
Kosten	2	3	6	3	6	2	4
Summe			39		26		32

Legende: GW = Gewichtungsfaktor // Pkt. = Punkte // GP = GW x Pkt.

Bewertungsfaktor: 4 = sehr gut // 3 = gut // 2 = ausreichend
1 = mässig brauchbar // 0 = nicht brauchbar

Teilfunktion 3	Mobilität						
	3.1 Vollgummi-Rollen			3.2 Lufträder		3.3 Kunststoffrolle	
	GW	Pkt	GP	Pkt	GP	Pkt	GP
Bodenhaftung	3	3	9	4	12	1	3
Stabilität	2	4	8	2	4	3	6
Kosten	2	3	6	1	2	2	4
Summe			23		18		13

Legende: GW = Gewichtungsfaktor // Pkt. = Punkte // GP = GW x Pkt.

Bewertungsfaktor: 4 = sehr gut // 3 = gut // 2 = ausreichend
1 = mässig brauchbar // 0 = nicht brauchbar

Teilfunktion 4	Antriebseinheit						
	4.1 Drehstrom Asynchronmotor			4.2 Einphasen Reihenschlussmotor		4.3 Spindelmotor mit FU	
	GW	Pkt	GP	Pkt	GP	Pkt	GP
Gewicht	2	1	2	4	8	2	4
Montage	4	2	8	4	16	4	16
Kosten	2	3	6	3	6	2	4
Platzbedarf	3	2	6	3	9	3	9
Summe			22		39		33

Legende: GW = Gewichtungsfaktor // Pkt. = Punkte // GP = GW x Pkt.

Bewertungsfaktor: 4 = sehr gut // 3 = gut // 2 = ausreichend
1 = mässig brauchbar // 0 = nicht brauchbar

Teilfunktion 5	Kupplungssystem						
	5.1 Formschluss			5.2 Freilaufkupplung		5.3 Kraftschluss (Riemen)	
	GW	Pkt	GP	Pkt	GP	Pkt	GP
Schmutzanfällig	3	2	6	1	3	2	6
Montage	2	3	6	3	6	1	2
Platzbedarf	2	4	8	4	8	1	2
Summe			20			17	10

Legende: **GW** = Gewichtungsfaktor // **Pkt.** = Punkte // **GP** = GW x Pkt.

Bewertungsfaktor: 4 = sehr gut // 3 = gut // 2 = ausreichend
1 = mässig brauchbar // 0 = nicht brauchbar

Teilfunktion 6	Werkzeughalter						
	6.1 In der Tischplatte einfahren			6.2 Im Drehstern (fest)		6.3 In einer Zustellmechanik konisch	
	GW	Pkt	GP	Pkt	GP	Pkt	GP
Fertigungskosten	4	4	16	1	4	2	8
Störungsanfälligkeit	3	3	9	2	6	1	3
Montagefreundlichkeit	3	4	12	2	6	2	6
Summe			37			16	17

Legende: **GW** = Gewichtungsfaktor // **Pkt.** = Punkte // **GP** = GW x Pkt.

Bewertungsfaktor: 4 = sehr gut // 3 = gut // 2 = ausreichend
1 = mässig brauchbar // 0 = nicht brauchbar

Teilfunktion 7	Material Tischplatte						
	7.1 Kunstharz HPL			7.2 Aluminium		7.3 Stahl	
	GW	Pkt	GP	Pkt	GP	Pkt	GP
Gewicht	3	4	12	4	12	1	3
Lebensdauer	4	2	8	3	12	4	16
Stabilität	3	1	3	3	9	4	12
Summe			23		33		31

Legende: **GW** = Gewichtungsfaktor // **Pkt.** = Punkte // **GP** = GW x Pkt.

Bewertungsfaktor: 4 = sehr gut // 3 = gut // 2 = ausreichend
1 = mässig brauchbar // 0 = nicht brauchbar

Teilfunktion 8	Medium der Verstellung						
	8.1 Pneumatisch			8.2 Hydraulisch		8.3 Elektrisch	
	GW	Pkt	GP	Pkt	GP	Pkt	GP
Handhabung	3	4	12	2	6	3	9
Wartung	3	3	9	1	3	3	9
Kosten	4	4	16	1	4	2	8
Platzbedarf	3	3	9	2	6	4	12
Summe			46		19		38

Legende: **GW** = Gewichtungsfaktor // **Pkt.** = Punkte // **GP** = GW x Pkt.

Bewertungsfaktor: 4 = sehr gut // 3 = gut // 2 = ausreichend
1 = mässig brauchbar // 0 = nicht brauchbar

Teilfunktion 9	Verstellung der Mechanik						
	9.1 Elektrische Verstellspindel			9.2 Pneumatikzylinder		9.3 Hydraulikzylinder	
	GW	Pkt	GP	Pkt	GP	Pkt	GP
Kosten	3	2	6	4	12	2	6
Montage	2	2	4	3	6	1	2
Störungsanfälligkeit	2	3	6	3	6	2	4
Platzbedarf	3	2	6	3	9	2	6
Summe			22		33		18

Legende: **GW** = Gewichtungsfaktor // **Pkt.** = Punkte // **GP** = GW x Pkt.

Bewertungsfaktor: 4 = sehr gut // 3 = gut // 2 = ausreichend
1 = mässig brauchbar // 0 = nicht brauchbar

Abb. 20 Auswertung der Teilfunktionen

6.6.1 Gesamtbewertung der Teilfunktionen

In der unterstehenden Tabelle sieht man die drei Lösungsvarianten (A, B, C) in Verbindung mit den Teilfunktionen. Die erreichten Punkte der Teilfunktionen der jeweiligen Lösungsvarianten werden nun zusammengezählt.

Es ist mit einem Total von 312 Punkten klar erkennbar, dass die Lösungsvariante "A" die geeignetste Variante ist.

Gesamtbewertung					
Variante A	Punkte	Variante B	Punkte	Variante C	Punkte
1.1	42	1.2	16	1.3	20
2.1	39	2.2	26	2.3	32
3.1	23	3.3	13	3.1	23
4.2	39	4.1	22	4.3	33
5.1	20	5.2	17	5.3	10
6.1	37	6.2	16	6.3	17
7.2	33	7.1	23	7.3	31
8.1	46	8.1	46	8.1	46
9.2	33	9.2	33	9.2	33
Total	312	Total	212	Total	245

Abb. 21 Gesamtbewertung der Teilfunktionen

Im Kreisdiagramm sind die drei Lösungsvarianten in Prozent dargestellt. Die Lösungsvariante "A" schnitt mit **41%** ab.

Gesamtpunktzahl = $312 + 212 + 245 = \underline{769 \text{ Punkte}}$

Variante A = 41%

Variante B = 27%

Variante C = 32%

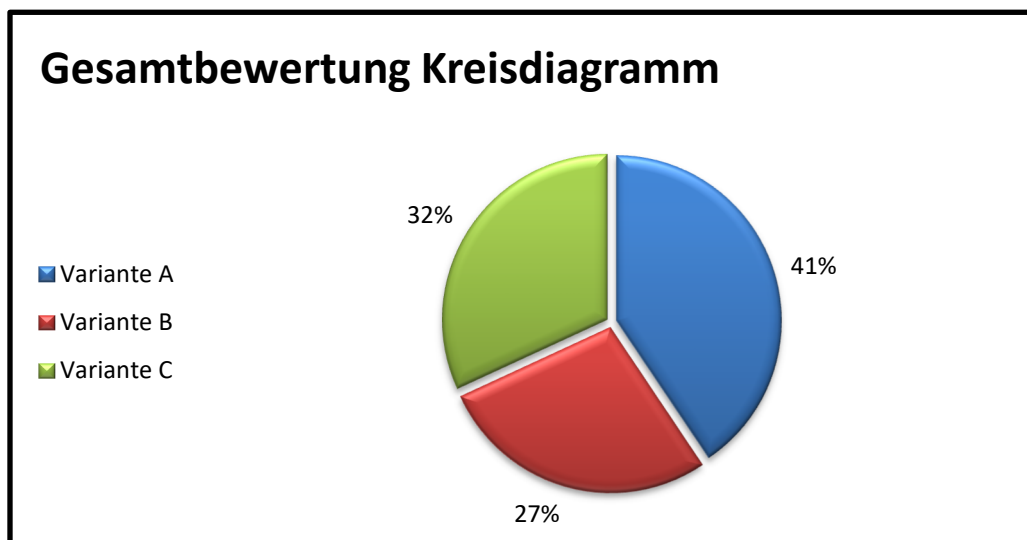


Abb. 22 Gesamtbewertung Kreisdiagramm

6.7 Lösungsvorschläge Beschreibung

6.7.1 Lösungsvariante A

Beschreibung des Grundgestells:

Das Grundgestell setzt sich aus genormten Aluminiumprofilen mit einer Nut zusammen. Die Verkleidung der Maschine kann anhand Nutensteine einfach montiert werden. Auf der Vorderseite der Maschine können Scharniere mit einem Türschutzschalter montiert werden. Somit ist die Mechanik nicht berührbar, wenn die Maschine eingeschaltet ist. Am Maschinengestell sind Gummirollen, welche eine Bremsfunktion haben, angeschraubt. Oberhalb des Maschinengestells kann per Nutensteine die Tischplatte einfach montiert werden.

Pro:

- Leichtes Gewicht
- Gute Bodenhaftung
- Einfache Montage ohne Schweissen und Bohren
- Alle Teile als Normteile erhältlich

Beschreibung der Tischplatte:

Die Tischplatte besteht aus Aluminium und kann mit vorgefertigten Bohrungen an das Maschinengestell geschraubt werden. Auch hierfür werden Nutensteine verwendet. Die Tischplatte wird auf einer CNC Fräsmaschine gefertigt. Nach der Bearbeitung auf der CNC Fräsmaschine wird die Tischplatte gegen Korrosion geschützt. Hierfür wird das Eloxal-Verfahren angewendet. Das Eloxal-Verfahren verleiht dem Aluminium eine korrosions- und verschleissbeständige Oberfläche.

Pro:

- Geringe Dichte
- Gute Bearbeitungseigenschaften

Contra:

- Muss gegen Korrosion geschützt werden
- Keine Feineinstellung

Beschreibung der Mechanik:

Die unterhalb der Tischplatte liegende Mechanik setzt sich in diesem Fall aus einem Einphasen-Reihenschlussmotor zusammen, welcher sich in Verbindung mit einem Pneumatikzylinder zum Werkzeughalter zuschalten lässt. Der Fräsmotor hat einen zylindrischen Vorderteil, der in einem Klemmsystem an die Mechanik geklemmt werden kann. Als Kupplungssystem wird hier eine Formschlusskupplung verwendet. Die eine Seite der Formschlusskupplung ist fest am Werkzeughalter verbaut. Das Gegenstück der Formschlusskupplung befindet sich am Antriebsmotor und ist in das Spannzangensystem geklemmt.

Der Werkzeughalter kann anhand eines Nutsystems in der Tischplatte einfach ein- und ausgefahren werden. Ein schnelles Wechseln des Werkzeuges ist somit garantiert. Nach dem Wechsel wird eine Sicherungsplatte in die Tischnutführung eingeschoben und das Werkzeug ist formschlüssig gesichert.

Der Bediener kann als Zubehör selbst entscheiden, wie viele Werkzeughalter er anschaffen möchte.

Pro:

- Sehr viele Werkzeuge in Werkzeughalter möglich
- Einfache Montage des Werkzeughalters
- Wartungsfreundlich durch schnelle Demontage
- Kein Werkzeug beim Ausbau des Werkzeughalters nötig

Contra:

- Abnützung der Kohlenbürsten am Antriebsmotor
- Abnützung der Kupplung

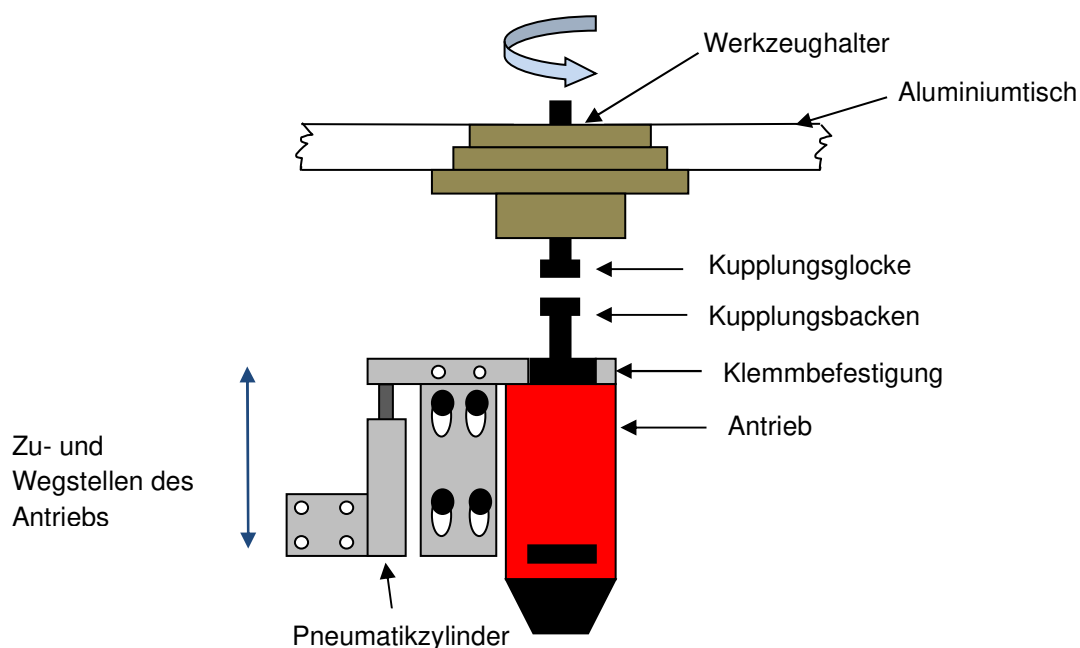


Abb. 23 Lösungsvariante 1

6.7.2 Lösungsvariante B

Beschreibung des Grundgestells:

Hier setzt sich das Grundgestell aus handelsüblichen Stahl-Vierkantrohren zusammen. Die Stahlkonstruktion wird in einem Schweissverfahren angefertigt. Nach der Fertigung der Konstruktion wird sie gegen Korrosion mittels Pulverbeschichtung geschützt. Unterhalb des Grundgestells werden Laschen mit Bohrungen für die Montage der Rollen montiert. Als Rollen werden hierfür Kunststoffrollen mit Bremsfunktion verwendet. Obenliegende Laschen ermöglichen eine einfache Montage der Tischplatte.

Pro:

- Massive Konstruktion

Contra:

- Aufwändige Herstellung
- Montage mittels Schrauben und Muttern (oder Gewinden)
- Muss gegen Korrosion geschützt werden
- Kunststoffrollen wenig Bodenhaftung

Beschreibung der Tischplatte:

Die Tischplatte besteht aus Aluminium und kann mit vorgefertigten Bohrungen an das Maschinengestell geschraubt werden. Hierfür werden Schrauben und Muttern verwendet. Die Tischplatte wird auf einer CNC Fräsmaschine gefertigt. Nach der Bearbeitung auf der CNC Fräsmaschine wird die Tischplatte gegen Korrosion geschützt. Hierfür wird das Eloxal-Verfahren angewendet. Das Eloxal-Verfahren verleiht dem Aluminium eine korrosions- und verschleissbeständige Oberfläche.

Pro:

- Geringe Dichte
- Gute Bearbeitungseigenschaften

Contra:

- Muss gegen Korrosion geschützt werden
- Montage mit Schrauben und Muttern

Beschreibung der Mechanik:

Die unter dem Tisch befestigte Mechanik beinhaltet einen Werkzeugwechsel-Drehstern. Die Mechanik des Drehsterns besteht aus einem im Zentrum liegenden Drehpunkt. Dieser hat fünf Arme mit fest verbauten Werkzeughaltern. Der Antrieb ist hier ein Drehstrom Asynchronmotor mit einem Getriebe für ein Ermöglichen von hohen Drehzahlen. Der Antriebsmotor wird auch hier durch einen Pneumatikzylinder ausgekuppelt. Als Kupplung wird hier eine Freilaufkupplung angewendet. Nach dem Auskuppeln des Antriebmotors wird der Drehstern anhand eines zweiten Pneumatikzylinder heruntergefahren und kann auf die gewünschte Position (1-5) gedreht werden. Die Feineinstellung für die Höhe des Werkzeuges kann hier mittels Stellschrauben am Werkzeugarm eingestellt werden. Hierfür sind Bohrungen in der Tischplatte vorgefertigt.

Pro:

- Schnelles Wechseln des Werkzeuges
- Höhen-Feineinstellung am Werkzeughalterarm

Contra:

- Sehr aufwändige Konstruktion
- Zwei Pneumatikzylinder
- Maximal 5 Werkzeuge verwendbar
- Störungsanfällig

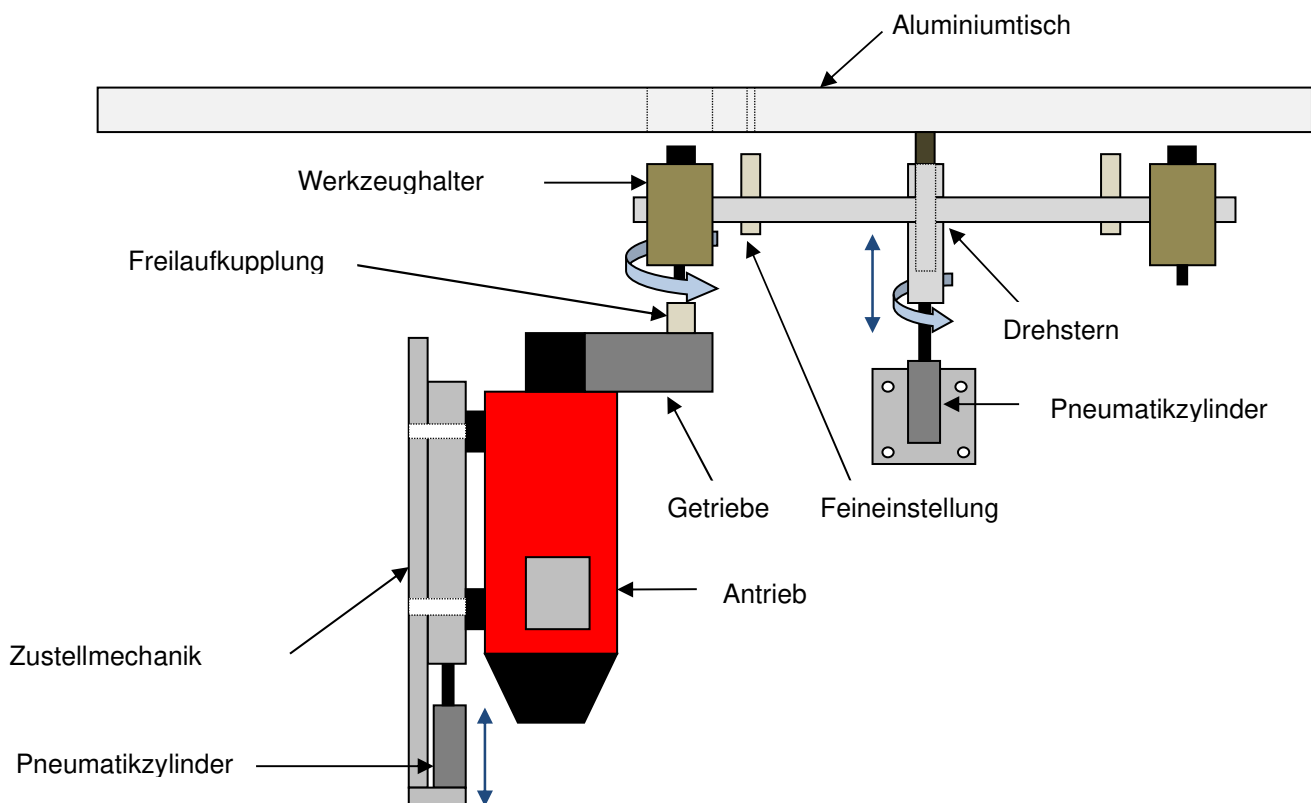


Abb. 24 Lösungsvariante 2

6.7.3 Lösungsvariante C

Beschreibung des Grundgestells:

Das Grundgestell besteht aus einer Blechkonstruktion. Die Bleche werden auf einem Lasercutter geschnitten und nachher auf einer Abkantpresse in die richtige Form gebogen. Die Konstruktion erhält eine hohe Stabilität und wird anhand dem Nietprozess zusammengebaut. Am Grundgestell werden hier Gummirollen mit einer Bremsfunktion verbaut. Die Blechkonstruktion wird mittels Pulverbeschichtung gegen Korrosion geschützt.

Pro:

- Hohe Stabilität
- Alle Nietlöcher sind vorgefertigt und passgenau

Contra:

- Aufwendige Montage und Herstellung

Beschreibung der Tischplatte:

Die Tischplatte besteht aus einer Stahlplatte. Sie kann mit dem Lasercutter hergestellt werden. Durch die hohe Stabilität kann die unterliegende Mechanik direkt unter der Tischplatte montiert werden. Die Tischplatte muss regelmässig gegen Korrosion mittels Oil geschützt werden. Die Tischplatte hat hinsichtlich der Mechanik mehrere Bohrungen. Diese werden bei Nichtgebrauch durch einen Deckel abgedeckt.

Pro:

- Unterliegende Montage
- Einfache Herstellung durch Lasercutter

Contra:

- Schwere Konstruktion
- Korrosionsfähig
- Mehrere Bohrungen
- Fräser nicht im Zentrum des Tisches

Beschreibung der Mechanik:

Die Mechanik in dieser Variante besteht aus fest montierten Werkzeughaltern, welche mittels Pneumatikzylinder zugeschaltet werden können. Als Antriebsmotor wird hier ein Spindelmotor verwendet, der mit einem Frequenzumrichter angesteuert wird. Hier kann stufenlos die Drehzahl eingestellt werden. Der Antriebsmotor ist an einem fest definierten Standort montiert. Eingespannt am Fräsmotor ist eine bombierte Antriebsrolle. Hier wird ein Flachriemen zwischen Antriebs- und Umlenkrolle montiert. Die Umlenkrolle ist mit einem Federsystem ausgestattet. Somit kann der Flachriemen beim Zuschalten nachgeben. Die Mechanik ist mit maximal fünf Werkzeughaltern ausgestattet. Die Werkzeughalter sind im oberen Bereich konisch gefertigt und werden per Pneumatikzylinder dem Flachriemen zugeschaltet.

Die Werkzeuge können in der Höhe per Feineinstellung eingestellt werden.

Pro:

- Sehr schneller Werkzeugwechsel
- Feineinstellung

Contra:

- Suboptimale Kraftübertragung
- Maximal 5 Werkzeuge
- 5 Pneumatikzylinder
- Ausbau der Werkzeughalter sehr aufwendig

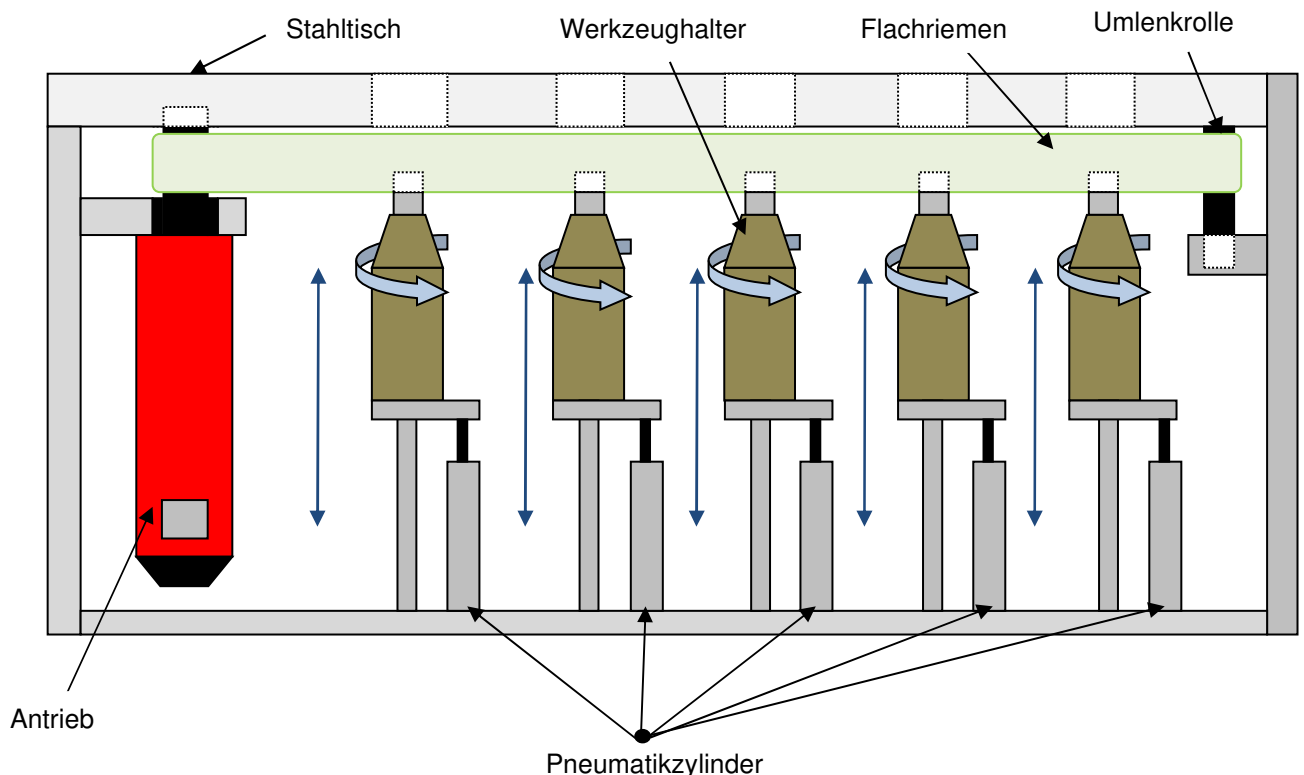


Abb. 25 Lösungsvariante 3

7 Entscheidung

7.1 Zusammenfassung der Lösungsvorschläge

Lösungsvariante A:

Pro:

- Leichtes Gewicht
- Gute Bodenhaftung
- Einfache Montage ohne Schweissen und Bohren
- Alle Teile als Normteile erhältlich
- Geringe Dichte
- Gute Bearbeitungseigenschaften
- Sehr viele Werkzeuge in Werkzeughalter möglich
- Einfache Montage des Werkzeughalters
- Wartungsfreundlich durch schnelle Demontage
- Kein Werkzeug beim Ausbau des Werkzeughalters nötig

Contra:

- Muss gegen Korrosion geschützt werden
- Keine Feineinstellung
- Abnutzung der Kohlenbürsten am Antriebsmotor
- Abnutzung der Kupplung

Lösungsvariante B:

Pro:

- Massive Konstruktion
- Geringe Dichte
- Gute Bearbeitungseigenschaften
- Schnelles Wechseln des Werkzeuges
- Höhen-Feineinstellung am Werkzeughalterarm

Contra:

- Sehr aufwendige Konstruktion
- Zwei Pneumatikzylinder
- Maximal 5 Werkzeuge verwendbar
- Störungsanfällig
- Muss gegen Korrosion geschützt werden
- Montage mittels Schrauben und Muttern
- Aufwendige Herstellung
- Montage mittels Schrauben und Muttern (oder Gewinden)
- Muss gegen Korrosion geschützt werden
- Kunststoffrollen wenig Bodenhaftung

Lösungsvariante C:

Pro:

- Hohe Stabilität
- Alle Nietlöcher sind vorgefertigt und passgenau
- Unterliegende Montage
- Einfache Herstellung durch Lasercutter
- Sehr schneller Werkzeugwechsel
- Feineinstellung

Contra:

- Suboptimale Kraftübertragung
- Maximal 5 Werkzeuge
- 5 Pneumatikzylinder
- Ausbau der Werkzeughalter sehr aufwendig
- Schwere Konstruktion
- Korrosionsfähig
- Mehrere Bohrungen
- Fräser nicht im Zentrum des Tisches
- Aufwendige Montage und Herstellung

7.2 Entscheid der Lösungsvariante A

Nach der Auswertung der drei Lösungsvarianten habe ich mich für die Variante A entschieden. Die Variante A hat mich überzeugt, da sie von der mechanischen Konstruktion am geeignetsten ist. Zudem können viele Normteile bei der Produktion verwendet werden. Dies spart zusätzlich an Produktionskosten. Einer der Hauptpunkte ist auch, dass der Bediener flexibel ist und seine Maschine mit der gewünschten Anzahl Werkzeugen ausstatten kann, die er für seine Bearbeitung vorsieht. Die Mechanik ist für allfällige Störungen oder Reparaturen sehr gut zugänglich. Der Werkzeugwechsel geschieht mit wenigen Handgriffen und ohne Spezialwerkzeug. Der Werkzeughalter kann ausserdem ausserhalb der Maschine gewartet werden.

Anhand der Teilfunktionenauswertung wird nun in weiteren Schritten die "Lösungsvariante A" in vollumfängliches Konzept einer Neuauslegung der Produktionsmaschine umgesetzt.

8 Realisierung

Der "Lösungsentscheid A" wird im CAD (Solidworks) umgesetzt. Die definierten Vorgaben der Anforderungsliste müssen eingehalten werden. Es werden nachfolgend mehrere Baugruppen erstellt und einzeln aufgeführt. Alle Einzelteile der Umsetzung im CAD werden selbst entworfen. Da diese Realisierung keine Herstellungszeichnung ist, werden gewisse Bohrungen, Gewinde, wie auch Befestigungsschrauben in den folgenden Darstellungen vernachlässigt.

Baugruppen:

1. Maschinengestell
2. Tischplatte
3. Antriebsmechanik
4. Werkzeughalter
5. Maschinenverkleidung
6. Bedieneinheit
7. Kupplung



Abb. 27 Baugruppenansicht 2

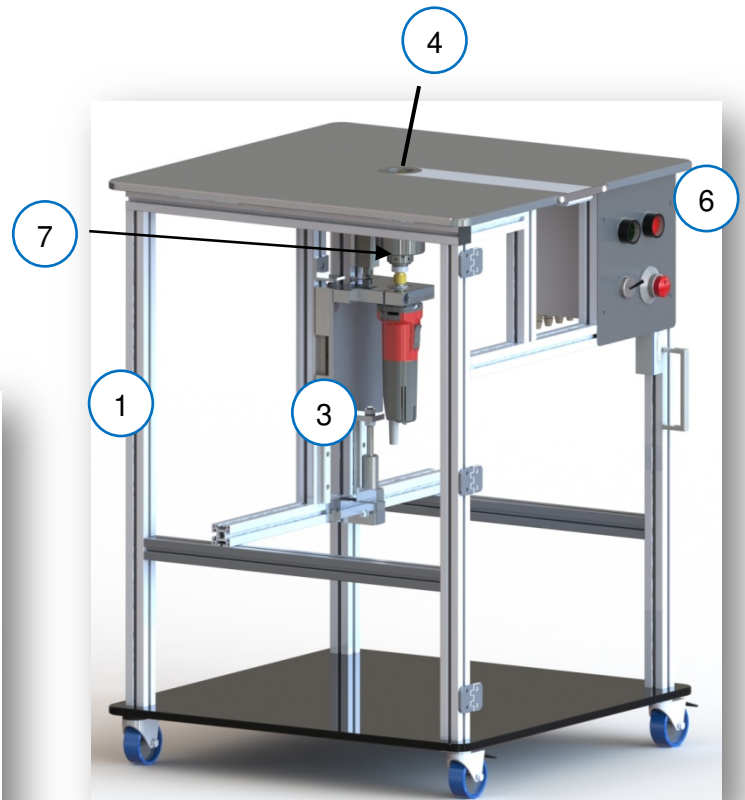


Abb. 26 Baugruppenansicht 1

8.1 Baugruppe Maschinengestell

1.

In der nebenstehenden Zeichnung sieht man das Maschinengestell, welches aus Aluminium Normprofilen konstruiert wurde. Die Profile haben die Abmessung 40mm x 40mm.

2.

Unterhalb der Profilkonstruktion befindet sich eine Bodenplatte aus Aluminium mit der Materialstärke 15mm.

3.

Das ganze Maschinengestell steht auf 4 Stk. Maschinenrollen. Zwei Rollen sind arretierbar mit einer Doppelstopp-Funktion. Die anderen beiden Rollen sind starre Bockrollen. Die Rollen haben gesamthaft eine Traglast von 400Kg.

Montage des Grundgestells:

Die Profilkonstruktion wird mit Eckwinkeln der Abmessung 40mm x 40mm montiert. Das Grundgestell wird mit Durchgangsbohrungen an der Bodenplatte verschraubt. Die vier Maschinenrollen werden unterhalb der Bodenplatte angeschraubt. Rückseitig die beiden starren Bockrollen und vorderhalb die beiden Lenkrollen mit der Doppelstopp-Funktion.

Für die Montage der Bauteile um das Maschinengestell herum werden M8 Nutensteine verwendet.

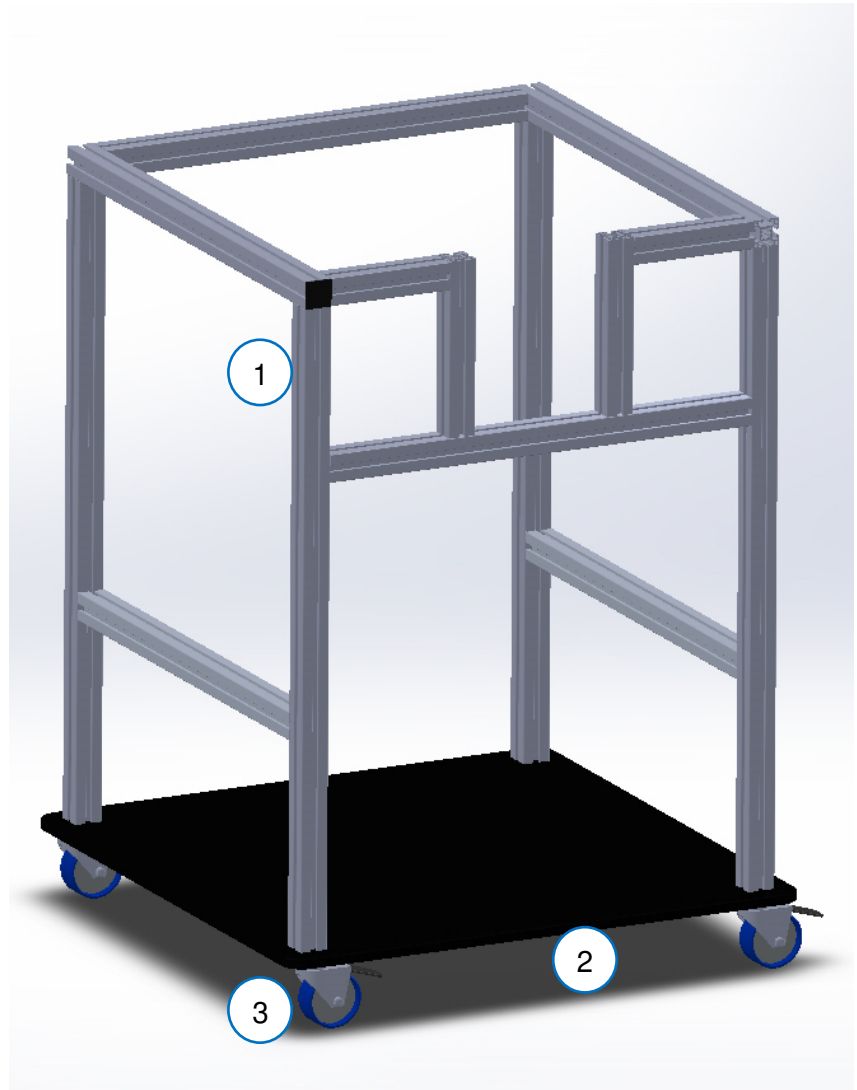


Abb. 28 Baugruppe Maschinengestell

Zusammenstellung der Komponenten:

Grundgestell		
Pos.	Anzahl	Bezeichnung
1	2	Lenkrollen mit Doppelstopp
2	2	Bockrollen
3	1	Bodenplatte
4	4	Profil 40 x 40 x 910mm
5	4	Profil 40 x 40 x 720mm
6	2	Profil 40 x 40 x 640mm
7	2	Profil 40 x 40 x 250mm
8	2	Profil 40 x 40 x 180mm
9	1	Abdeckkappe 40 x 40
10	1	Türsicherheitsschalter
11	1	Sicherheitsschalter-Schlüssel

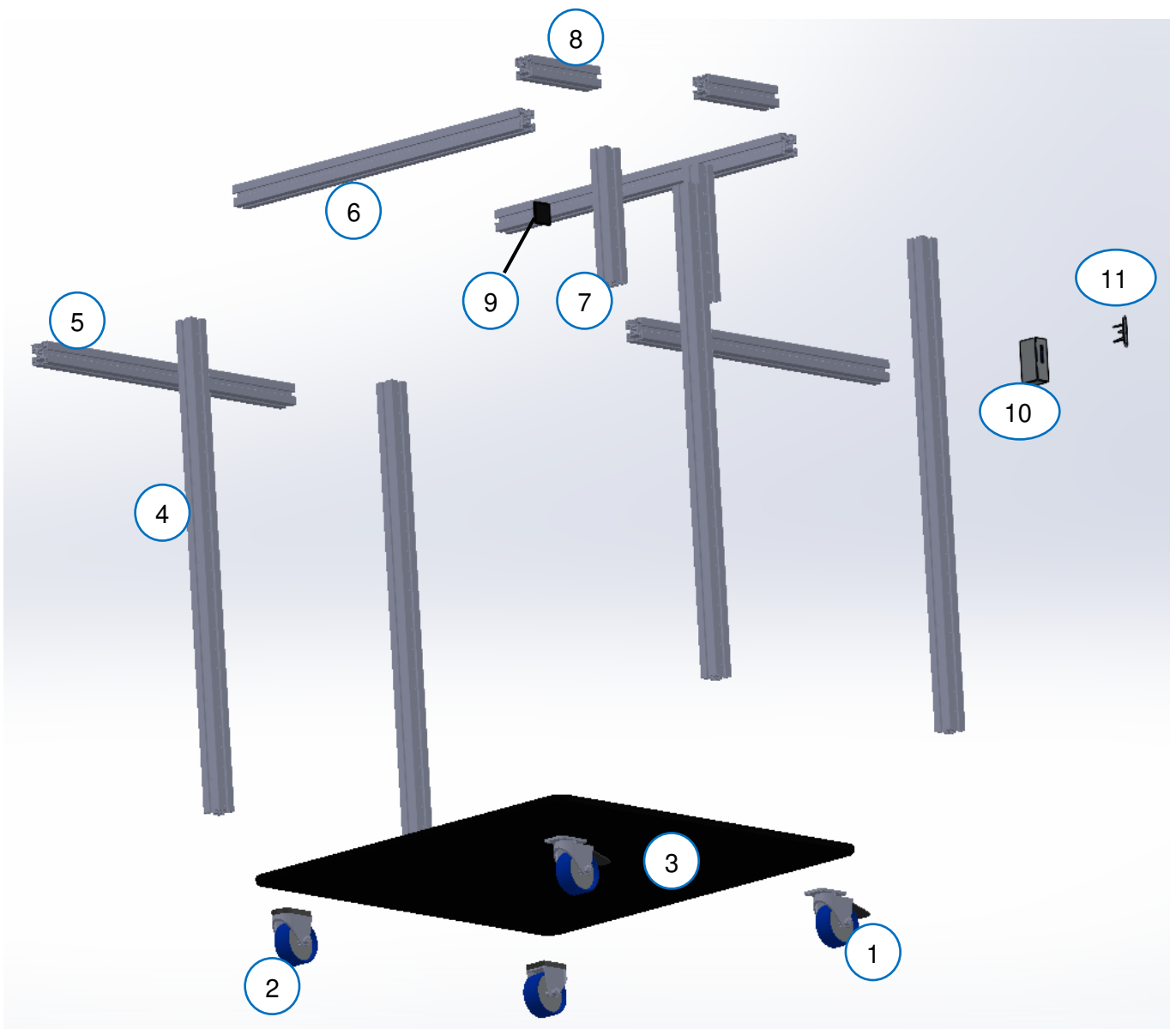


Abb. 29 Baugruppe Maschinengestell Komponenten

8.2 Baugruppe Tischauflage

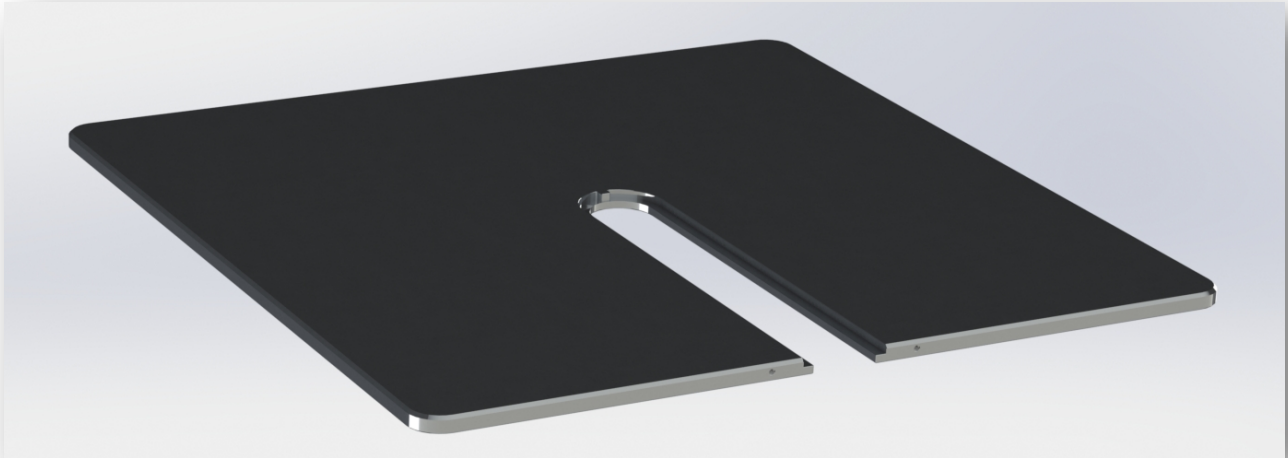


Abb. 30 Tischauflage 1

Die Tischauflage des Frästisches besteht aus einer Aluminiumplatte der Stärke 15mm. Sie wird unterhalb mit Eckwinkeln der Abmessung 40mm x 40mm am Grundgestell verschraubt. Die Abmessung der Tischplatte beträgt 780mm x 780mm. So kann die Maschine problemlos in einen anderen Raum verschoben werden.

Die Ecken der Tischauflage sind mit einem Radius von 30mm abgerundet. Dies dient zur Unfallverhütung.

Von der Bedienerseite kann der Werkzeughalter von vorne in die Tischauflage eingeschoben werden. Im Zentrum der Tischauflage steht der Werkzeughalter mit einer Sicherungsnut an und kann nicht mitlaufen. Um die Tischoberfläche zu schliessen und den Werkzeughalter zu sichern, wird eine Abdeck/Sicherungsplatte eingefahren.

Der Tischplatte wird anhand dem Eloxier-Verfahrens gegen Korrosion geschützt.

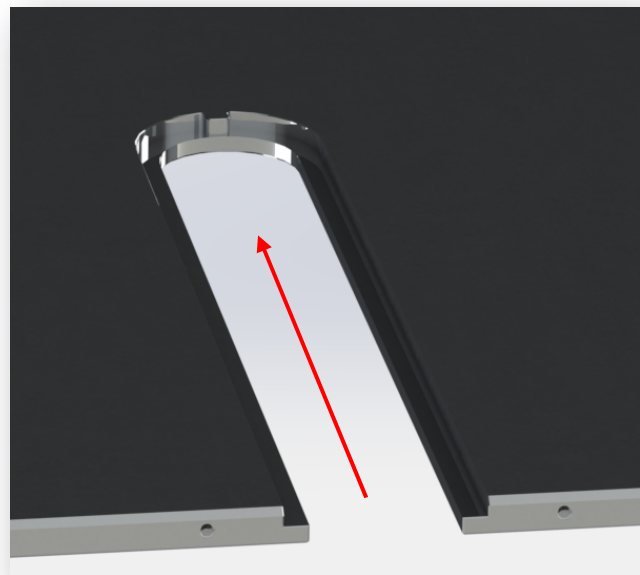


Abb. 31 Tischauflage 2

Sicherung:

In der nebenstehenden Abbildung ist der Werkzeughalter in der Tischauflage eingeführt. Zusätzlich ist eine Abdeck/Sicherungsplatte eingeführt. Am Rande der Tischplatte befindet sich eine Sicherung, welche umgeklappt werden kann. Somit ist der Werkzeughalter und die Abdeck/Sicherungsplatte am definierten Platz gesichert.

1. Werkzeughalter
2. Abdeck/Sicherungsplatte
3. Sicherung

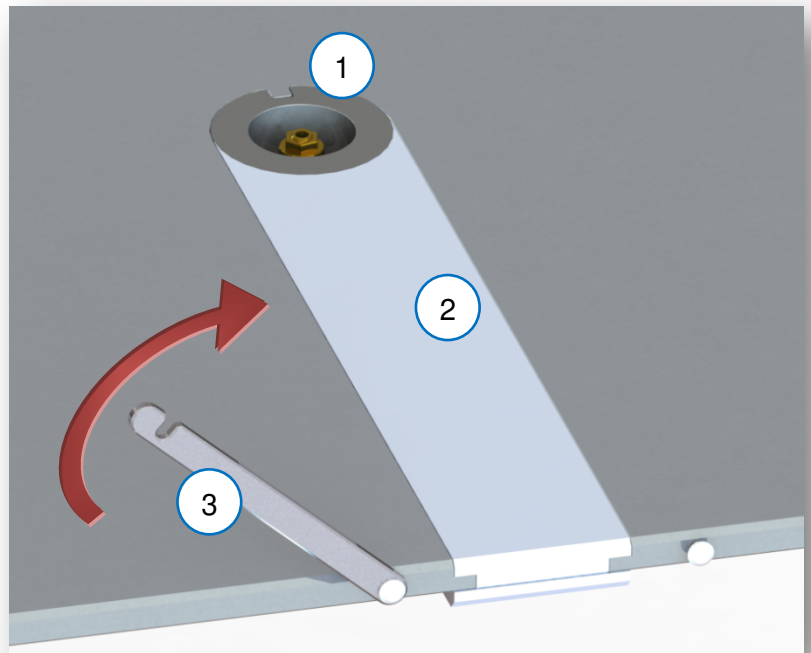


Abb. 32 Werkzeug-Sicherung

Zusammenstellung der Komponenten:

Tischauflage		
Pos.	Anzahl	Bezeichnung
1	1	Tischauflage
2	1	Tischeinlage
3	1	Sicherung
4	2	Bolzen

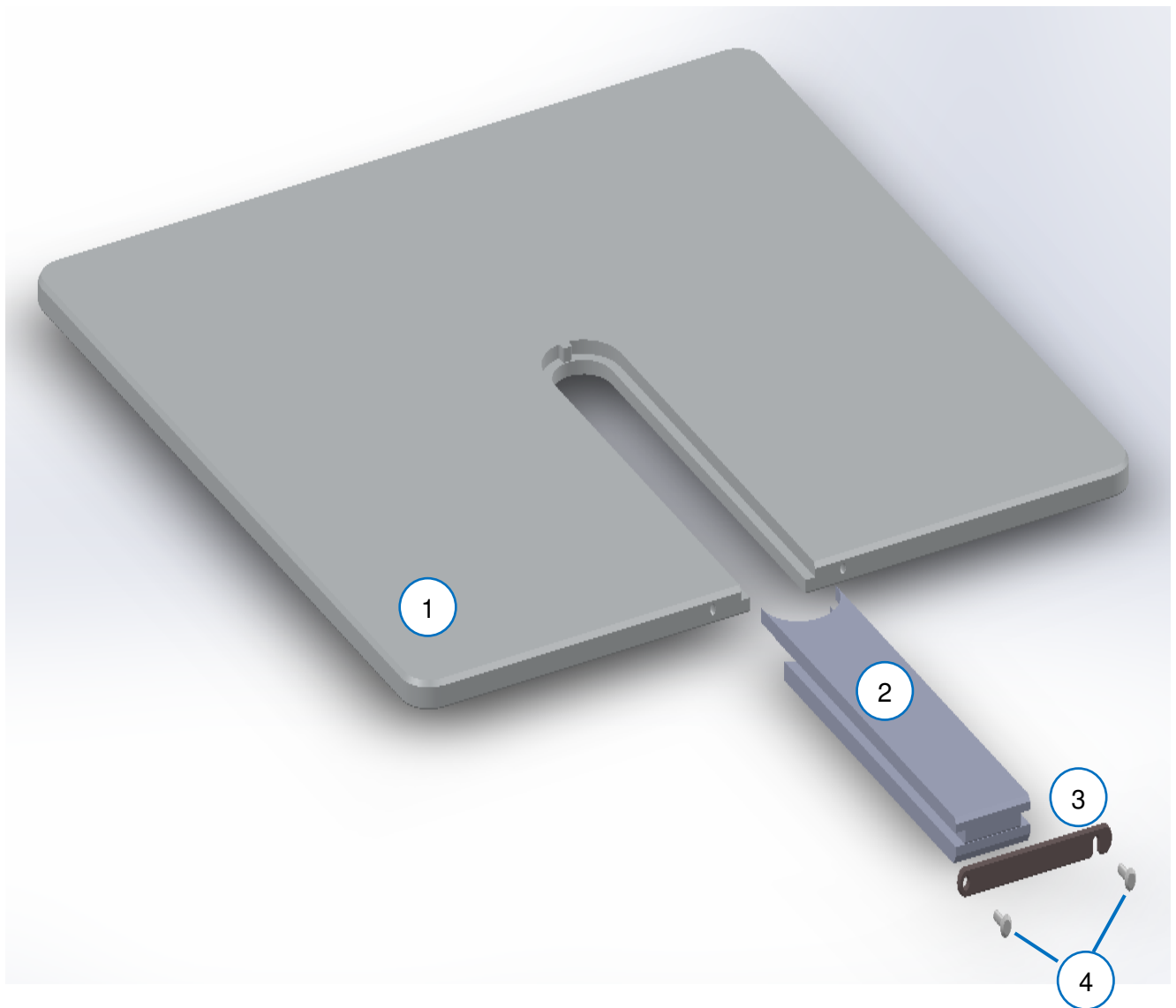


Abb. 33 Baugruppe Tischauflage Komponenten

8.3 Baugruppe Antriebsmechanik

In der nebenstehenden Darstellung ist die komplette Baugruppe der Antriebsmechanik zu sehen. Diese komplette Einheit wird unterhalb der Tischplatte und seitlich am Maschinengestell fixiert. Somit ist bei einer Störungsbehebung oder Servicearbeit die komplette Einheit schnell und einfach demontierbar.

Kernkomponenten:

1. Pneumatikzylinder
2. Endschalter
3. Linearführung
4. Stopper
5. Motoraufnahme
6. Grundgestell

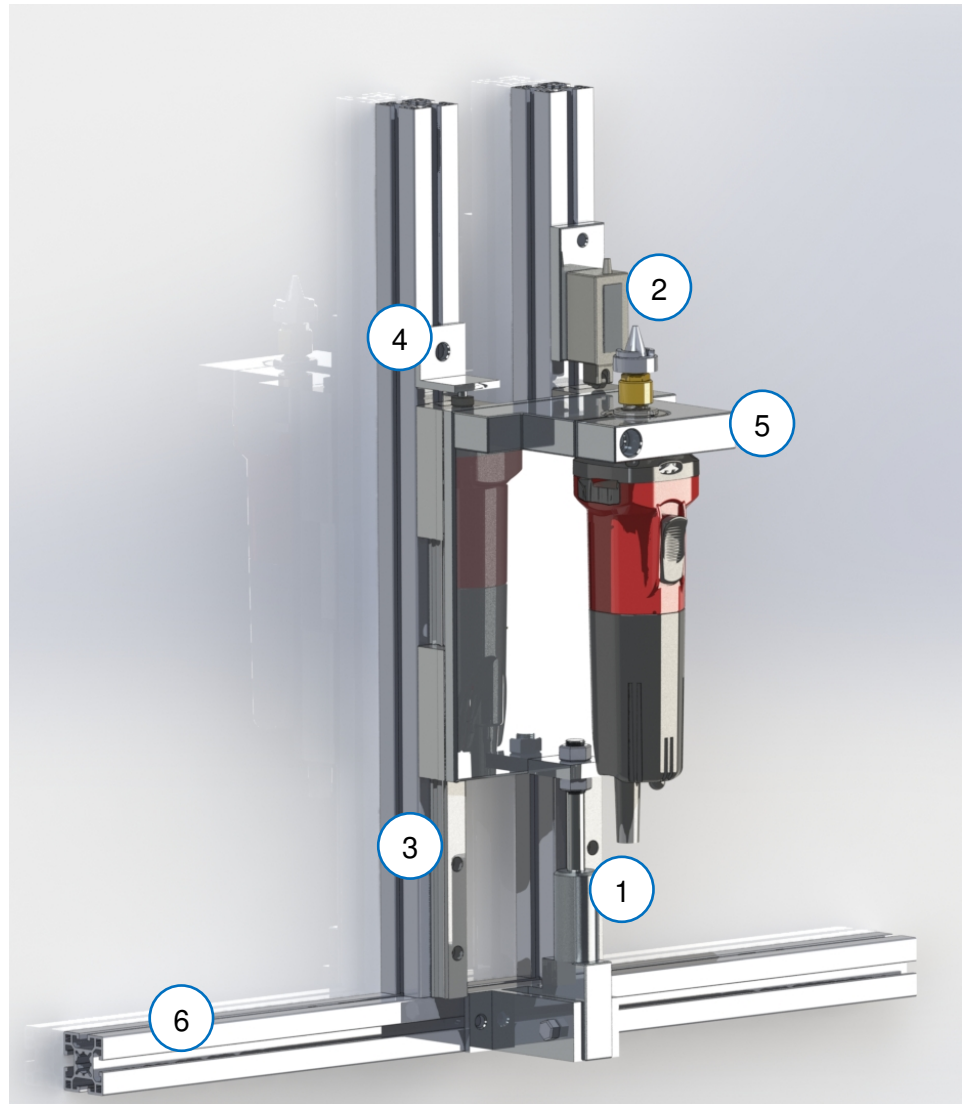


Abb. 34 Baugruppe Antriebsmechanik Kernkomponenten

Funktion:

Der einfachwirkende Pneumatikzylinder (Pos. 1) fährt im druckfreien Zustand zusammen. In dieser Position ist der Endschalter (2) nicht betätigt und die Maschine kann nicht gestartet werden. Dies ist der Zustand für einen Werkzeugwechsel. Der Antriebsmotor ist in der Motoraufnahme (Pos. 5) eingespannt. Diese Aufnahme hat einen Durchmesser von 43mm. Im Druckzustand fährt der Pneumatikzylinder aus und bewegt den Antriebsmotor, welcher auf den Linearführungen (Pos. 3) geführt ist, nach oben auf den Stopper (Pos. 5). Erst wenn die Kupplung am Antriebsmotor mit dem Gegenstück am Werkzeughalter eingerastet ist, wird der Endschalter (Pos. 2) betätigt. Jetzt hat die Maschine wieder die Freigabe erhalten und darf den Antriebsmotor freigeben. Für einen Start des Antriebsmotors müssen alle Sicherheitseinrichtungen an der kompletten Maschine freigegeben sein.

Zusammenstellung der Komponenten:

Mechanik		
Pos.	Anzahl	Bezeichnung
1	2	Profil 40 x 40 x 580
2	1	Profil 40 x 40 x 720
3	1	Stopper
4	1	Endschalter-Halteplatte
5	1	Rollenendschalter
6	1	Motoraufnahme
7	4	Führungsschuh
8	1	Führungswagen-Platte
9	1	Antriebsmotor
10	1	Pneumatikzylinder
11	1	Befestigungsbolzen
12	1	Zylinder-Halter
13	2	Linearführung
14	1	Kolbenstange Befestigung
15	2	Mutter M8

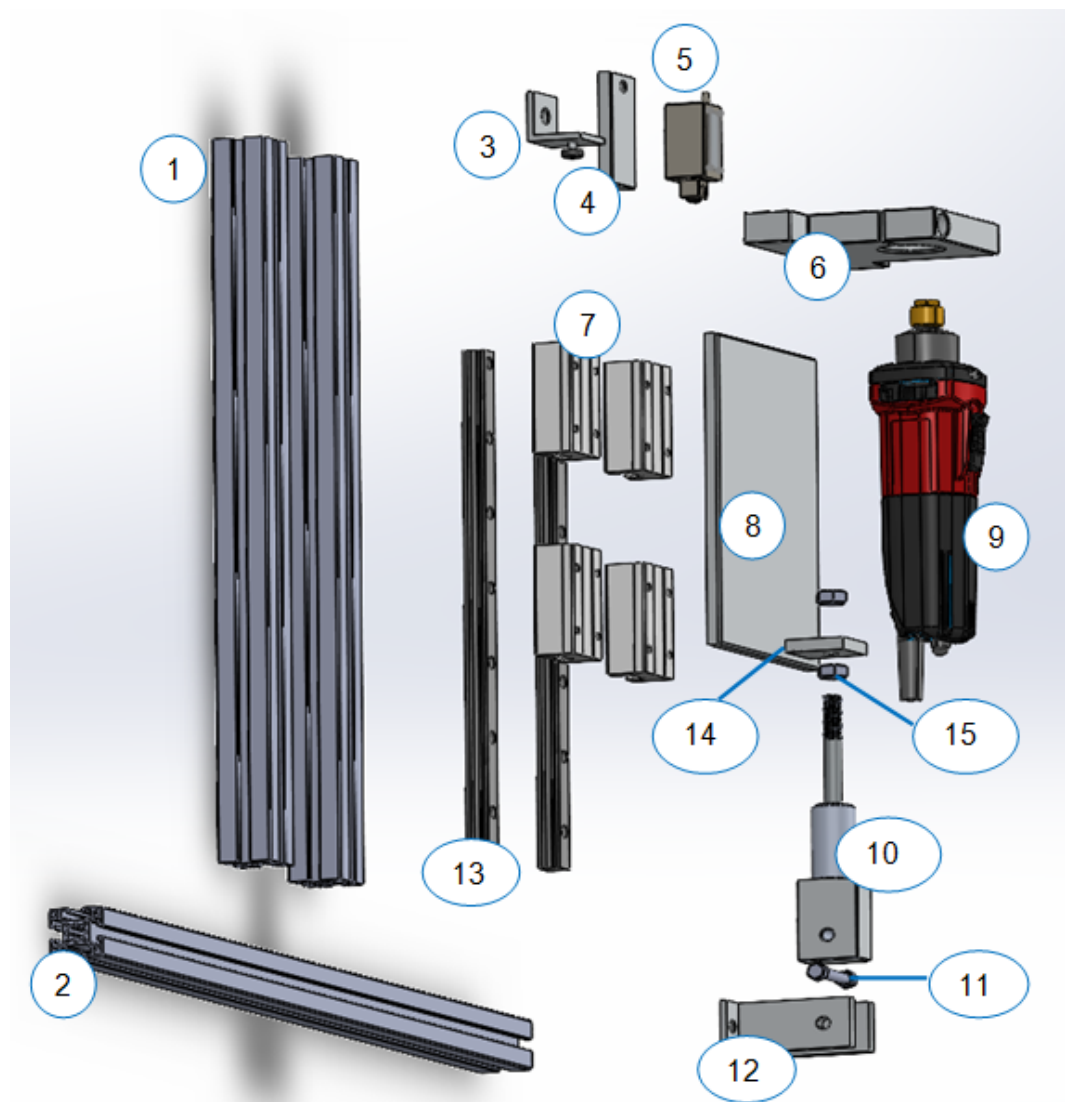


Abb. 35 Baugruppe Antriebsmechanik Komponenten

Auslegung des Pneumatikzylinders

Gewichtsberechnung der Komponenten welche zugestellt werden müssen:

4x	Pos. 7	Führungsschuh	gegeben	0.76	kg
1x	Pos. 9	Antriebsmotor	gegeben	1.65	kg
1x	Pos. 8	Führungswagen-Platte	berechnet	1.13	kg
1x	Pos. 14	Kolbenstangen Befestigung	berechnet	0.0447	kg
1x	Pos. 6	Motoraufnahme	berechnet	0.99	kg

Tot. Gewicht: 4.6 kg

Berechnungen:Führungswagen-Platte Pos. 8

Material: Aluminium Dichte = 2.71 kg/dm³

$$L \times B \times H = 1.6775 \times 2.5 \times 0.1 = 0.417 \text{ dm}^3$$

$$2.71 \text{ kg/dm}^3 \times 0.417 \text{ dm}^3 = \underline{\underline{1.13 \text{ Kg}}}$$

Kolbenstangen Befestigung Pos. 14

Material: Aluminium Dichte = 2.71 kg/dm³

Handwritten calculations on grid paper:

$$L \times B \times H = 0,4 \times 0,433 \times 0,1 = 0,017 \text{ dm}^3$$

$$\frac{\pi \cdot d^2 \cdot 0,1}{4} = \frac{\pi \cdot 0,08^2 \cdot 0,1}{4} = 0,0005 \text{ dm}^3$$

$$0,017 - 0,0005 = \underline{0,0165 \text{ dm}^3}$$

$$2,71 \text{ kg/dm}^3 \cdot 0,0165 \text{ dm}^3 = \underline{\underline{0,0447 \text{ kg}}}$$

Motoraufnahme Pos. 6

Material: Aluminium

Dichte = 2.71 kg/dm³g = 9.81m/s²

$$C: L \times B \times H = 1,3 \times 1,675 \times 0,25 = 0,544 \text{ dm}^3$$

$$B: \frac{\pi \cdot d^2 \cdot 0,25}{4} = \frac{\pi \cdot 0,43^2 \cdot 0,25}{4} = 0,0363 \text{ dm}^3$$

$$A: L \times B \times H = 0,95 \times 0,3 \times 0,25 = 0,07125 \text{ dm}^3$$

$$V = C - B - 2A = 0,544 - 0,0363 - 2(0,07125)$$

$$V = 0,365 \text{ dm}^3$$

$$m = 2,71 \text{ kg/dm}^3 \cdot 0,365 \text{ dm}^3 = 0,99 \text{ kg}$$

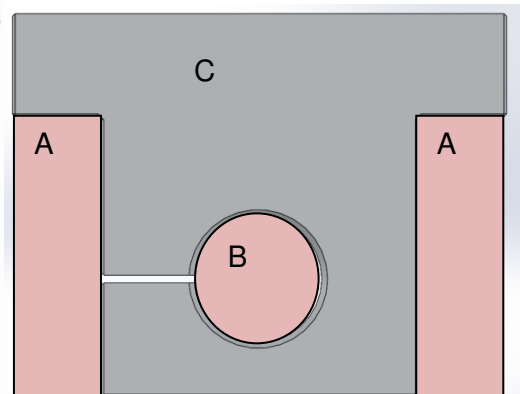


Abb. 36 Motoraufnahme

Gewichtskraft:

$$F_G = m \times g = 4.6 \times 9.81 = 45.13 \text{ N}$$

Der Pneumatikzylinder ist mit 247.4N genügend ausreichend.

Auswahl des Zylinders:

Normrundzylinder DSNU-25-60-P-A 247.4

Wichtigste Merkmale:

- Hub 60mm
- Kolbendurchmesser 25mm
- Betriebsdruck 1-10 bar
- Bewegte Masse bei 6 bar= 247.4N

Datenblatt

Merkmal	Wert
Versanddatum	→ anzeigen
Hub	60 mm
Kolben-Durchmesser	25 mm
Kolbenstangengewinde	M10x1,25
Dämpfung	P: elastische Dämpfungsringe/-platten beidseitig
Einbaulage	beliebig
Entspricht Norm	CETOP RP 52 P ISO 6432
Kolbenstangenende	Außengewinde
Konstruktiver Aufbau	Kolben Kolbenstange Zylinderrohr
Positionserkennung	für Näherungsschalter
Varianten	einseitige Kolbenstange
Betriebsdruck Mpa	0.1 ... 1 MPa
Betriebsdruck	1 ... 10 bar

Abb. 37 Pneumatikzylinder

8.4 Baugruppe Werkzeughalter

In der nebenstehenden Explosionsdarstellung ist der Werkzeughalter zu sehen. Der komplette Werkzeughalter besteht aus 8 Positionen.

Der Grundkörper (Pos. 1) und die Spindel (Pos. 6) bestehen aus rostfreiem Stahl.

Die Positionen:

1. Grundkörper
2. Sicherungsring Bohrung
3. Sicherungsring Welle
4. Rillenkugellager (fest)
5. Spannzangenaufnahme
6. Spindel
7. Rillenkugellager (lose)
8. Sicherungsring Welle

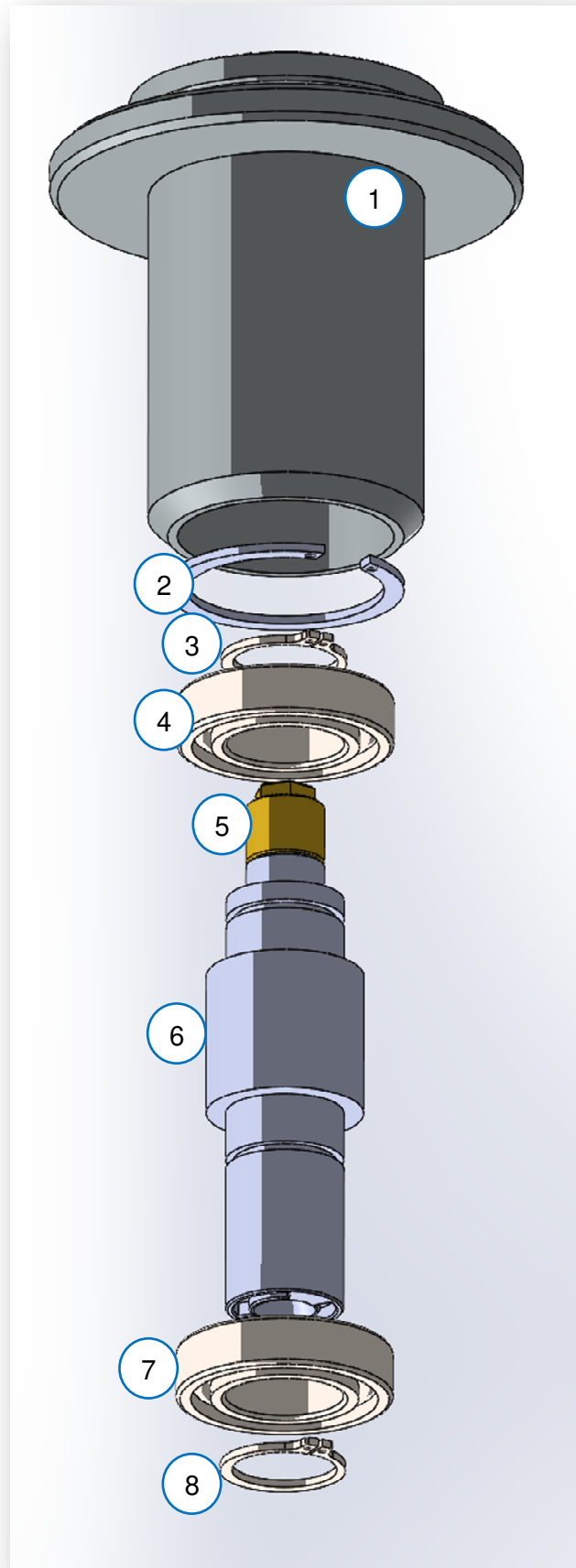


Abb. 38 Werkzeughalter 1 Explosionsdarstellung

Schnittansicht:

In der unterstehenden Darstellung ist der zusammengebaute Werkzeughalter in der Schnittansicht dargestellt. Die Montage des Werkzeughalter sieht wie folgt aus:

1. Rillenkugellager (Pos. 4) auf Spindel (Pos. 6) montieren
2. Wellensicherungsring (Pos. 3) montieren
3. Spindel von oben einfahren (siehe Pfeil blau)
4. Sicherungsring (Pos. 2) montieren
5. Rillenkugellager (Pos. 7) auf Spindel montieren
6. Sicherungsring (Pos. 8) montieren

Die Montage der Lagerung der Spindel muss mit höchster Sorgfalt vorgenommen werden.

Wegen Wärmeausdehnungen der Werkstoffe ist ein Loslager und ein Festlager definiert worden. Das Festlager an der Pos. 4 und das Loslager an der Pos. 7.

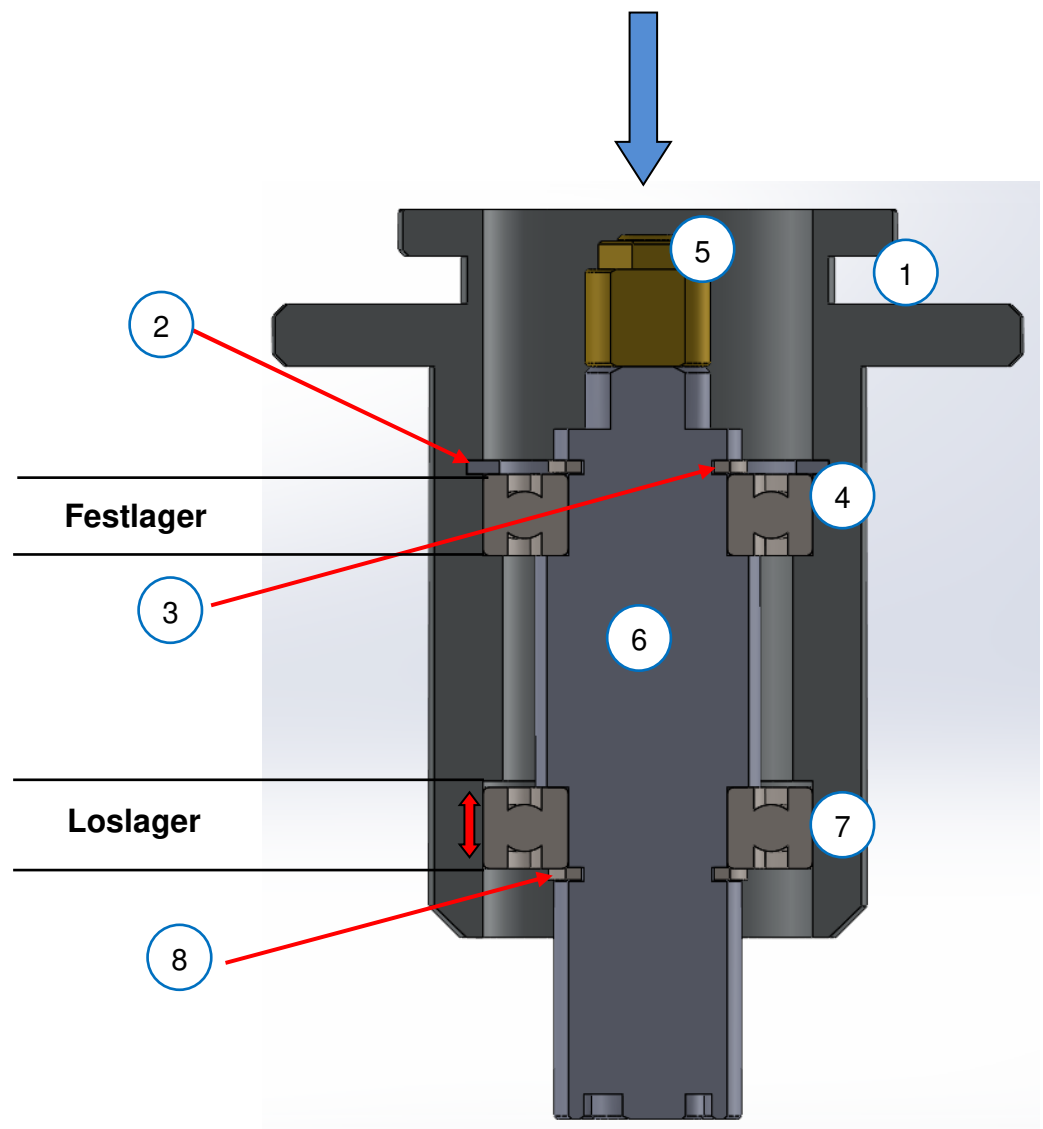


Abb. 39 Werkzeughalter 1 Schnittansicht 1

8.4.1 Auslegung der Lagerung

Annahme der Kräfte:

Radiusfräser mit oberliegendem Anlauftring:

Annahme der maximalen Kräfte, welche beim Bearbeiten von Massivholz auf das Werkzeug/Spindel wirken. In diesem Fall mit einem Abrund/Radiusfräs Werkzeug. Hier Wirken die Kräfte F_{rx} und F_{ry} beim Bearbeiten des Werkstückes. Ist das eigentliche Fräsen beendet, fährt das Werkstück am Anlauftring entlang und es gelten nur noch kleinere Radialkräfte.

Scharfes Werkzeug: $F_{rx} = 50\text{N}$

$F_{ry} = 30\text{N}$

$F_r = 58.3\text{N}$

Stumpfes Werkzeug: $F_{rx} = 80\text{N}$

$F_{ry} = 50\text{N}$

$F_r = 94.3\text{N}$

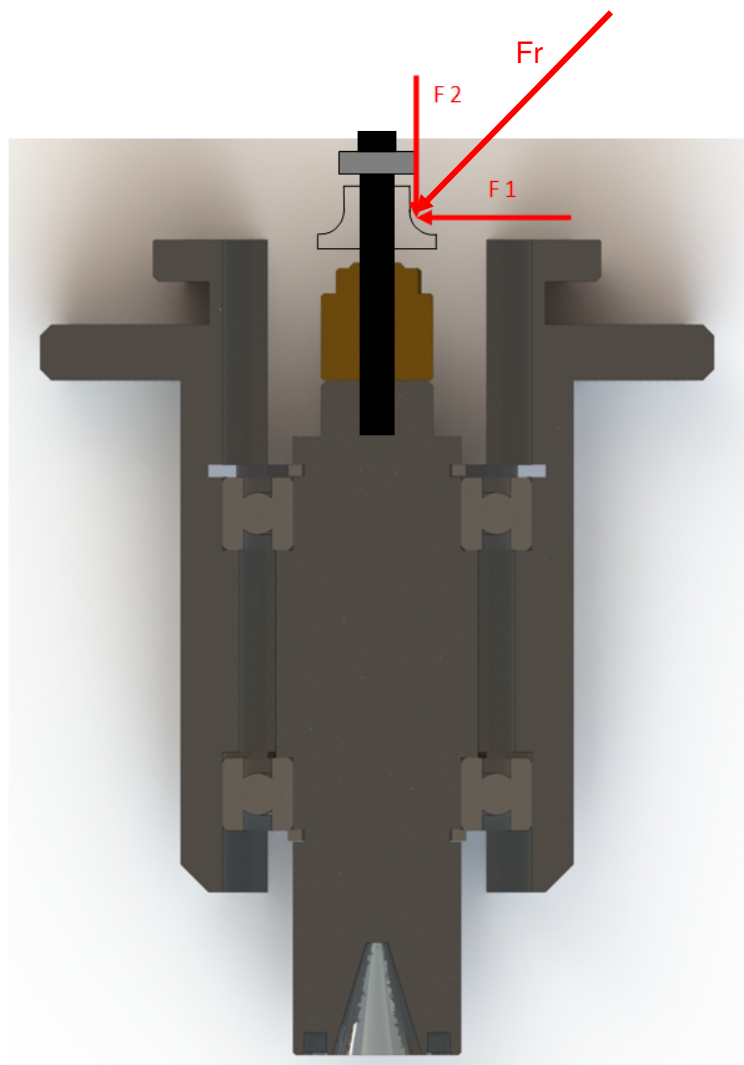


Abb. 40 Werkzeughalter 1 Schnittansicht 2

Bündigfräser mit oberliegendem Anlaufing:

Annahme der maximalen Kräfte, welche beim Bearbeiten von Massivholz auf das Werkzeug/Spindel wirken. In diesem Fall nur Radiale Kräfteinwirkung. Keine Axiale Kräfte vorhanden. Ist das eigentliche Fräsen beendet, fährt das Werkstück am Anlaufing entlang und es gelten nur noch kleinere Radialkräfte.

Scharfes Werkzeug: $F = 40\text{N}$

Stumpfes Werkzeug: $F = 70\text{N}$

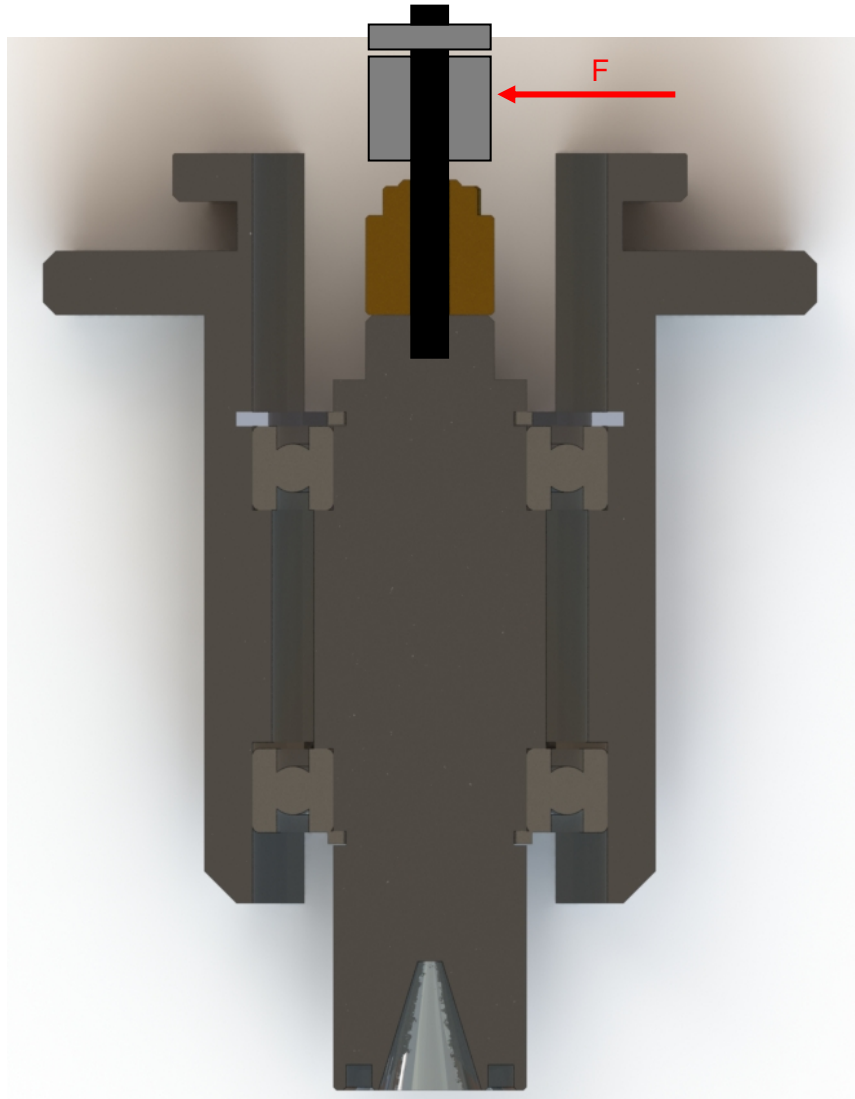


Abb. 41 Werkzeughalter 1 Schnittansicht 3

Fasenfräser 45 Grad mit oberliegendem Anlaufring:

Annahme der maximalen Kräfte, welche beim Bearbeiten von Massivholz auf das Werkzeug/Spindel wirken. In diesem Fall mit einem Fasenfräs Werkzeug 45 Grad. Hier Wirken die Kräfte F_{rx} und F_{ry} beim Bearbeiten des Werkstückes. Ist das eigentliche Fräsen beendet, fährt das Werkstück am Anlaufring entlang und es gelten nur noch kleinere Radialkräfte.



Scharfes Werkzeug: $F_{rx} = 70\text{N}$

$F_{ry} = 50\text{N}$

$F_r = 86\text{N}$

Stumpfes Werkzeug: $F_{rx} = 100\text{N}$

$F_{ry} = 70\text{N}$

$F_r = 122\text{N}$

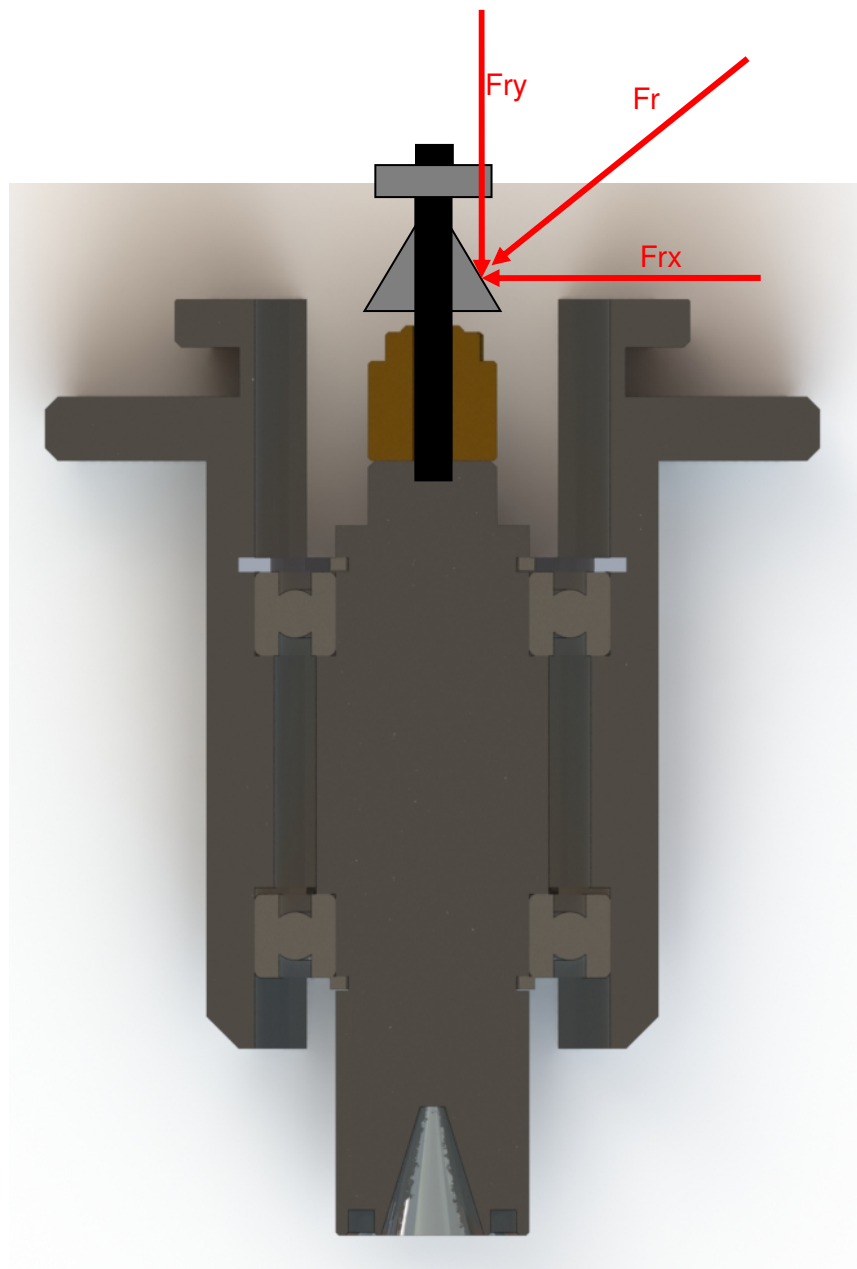


Abb. 42 Werkzeughalter 1 Schnittansicht 4

Besprechung mit der Firma Montalpina AG

Da meine Frässpindel für sehr hohe Drehzahlen ausgelegt werden muss, war mir sehr schnell klar, dass Standardlager für diese Anwendung nicht reichen werden. Aus diesem Grund habe ich Rücksprache mit der Firma Montalpina AG in Kriens gehalten. Die Firma Montalpina AG ist spezialisiert im Bereich Lagertechnik. Als Kontaktperson wurde ich mit Herr Marcel Freiermuth verbunden. Er hat langjährige Erfahrung im Bereich Lagertechnik und half mir für meine Anwendung ein optimales Lagerungskonzept auszuarbeiten.

Die Berechnungen werden mit Annahme einer maximalen Kraft von 150N und einem Hebelarm von 70mm durchgeführt.

Drehmoment:

$$F_{\max} = 150\text{N}$$
$$L = 70\text{mm} = 0,07\text{m}$$
$$M = F \cdot L = 150\text{N} \cdot 0,07\text{m}$$
$$\underline{\underline{M = 10,5\text{ Nm}}}$$

Auf das System wirkt ein Drehmoment von 10.5Nm.

Lebensdauer der Spindellagerung:

Bei 6 Stunden Anwendung der Maschine pro Woche auf 6 Jahre.

$$x = 6\text{h} \cdot 52\text{h} \cdot 6\text{Jahre} = \underline{\underline{1872\text{h}}}$$

Drehzahlkennwert:

$$n_{d_m} = 25000\text{ U/min} \cdot ((55+30) / 2) = \underline{\underline{106'500\text{mm/min}}}$$

Bei diesem Drehzahlkennwert sind wir in der Hochgeschwindigkeitsanwendung. Es sind Speziallager für sehr hohe Geschwindigkeiten zu verwenden.

Lagerauswahl:**Offene Lager ohne Abdichtung:**

Müssen gegen aussen abgedichtet werden und eine Nachschmiermöglichkeit muss vorgesehen werden.

Geschlossene Lager inkl. Abdichtung:

Hier entfällt die Nachschmiermöglichkeit, jedoch besitzt das Fett eine begrenzte Lebensdauer von 2000h.

Lagertyp:

Schrägkugellager abgedichtet: S7006 CEGA/P4A

Schrägkugellager offen: 7006 CEGA/P4A

Diese Lager besitzen die Vorspannklasse "A" mit einer eigenen Vorspannung von 50µm.

Die Rundlaufgenauigkeit beträgt 2µm.

Für die Anwendung in diesem räumlich begrenztem Bereich entschied ich mich für die abgedichtete Variante der Lagerung "7006 CEGA/P4A".

Paarung der Lager:

Die Lager werden mittels zwei Distanzhülsen verbaut. Die äussere Distanzhülse am Aussenring und die innere Distanzhülse am Innenring.

Da es sich um universal paarbare Lager handelt muss bei Verwendung von Distanzhülsen exakt die gleiche Länge in der Produktion eingehalten werden. Um eine exakt gleiche Länge der innen- und Aussenhülse zu garantieren, werden die Distanzhülsen überschliffen.

Die Lager werden für eine bessere Steifigkeit unter Last in der "O-Anordnung" angeordnet.

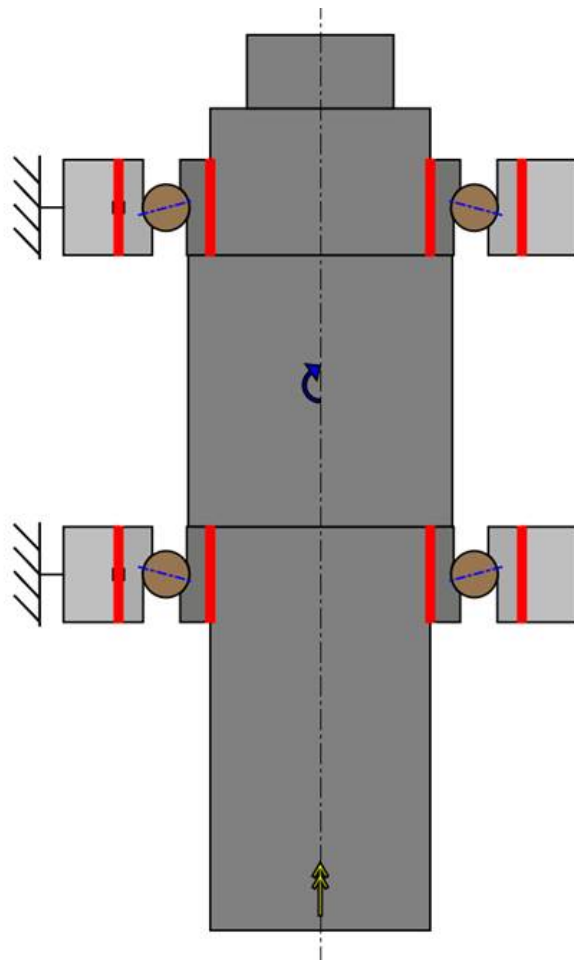


Abb. 43 Spindellager Paarung

8.4.2 Einbaukonzept der Neuauslegung

In der unterstehenden Darstellung ist dargestellt, wie die Lagerung der Spindel neu angeordnet wird. Zwischen beiden Speziallager ist eine Innen- und Aussenhülse verbaut. Die beiden Lager werden zwecks zwei Präzisionsmutter an der Spindel arretiert. Das Anziehdrehmoment der Präzisionsmutter der Spindel beträgt maximal 12 Nm. Am Grundkörper wird für das untere Loslager eine Präzisionsmutter aussen in Kombination mit einer Feder verbaut. Die Feder sollte eine Kraft von ca. 200N aufbringen. Um Verunreinigung im Lager zu vermeiden, wird oberhalb ein Radialwellendichtring verbaut.

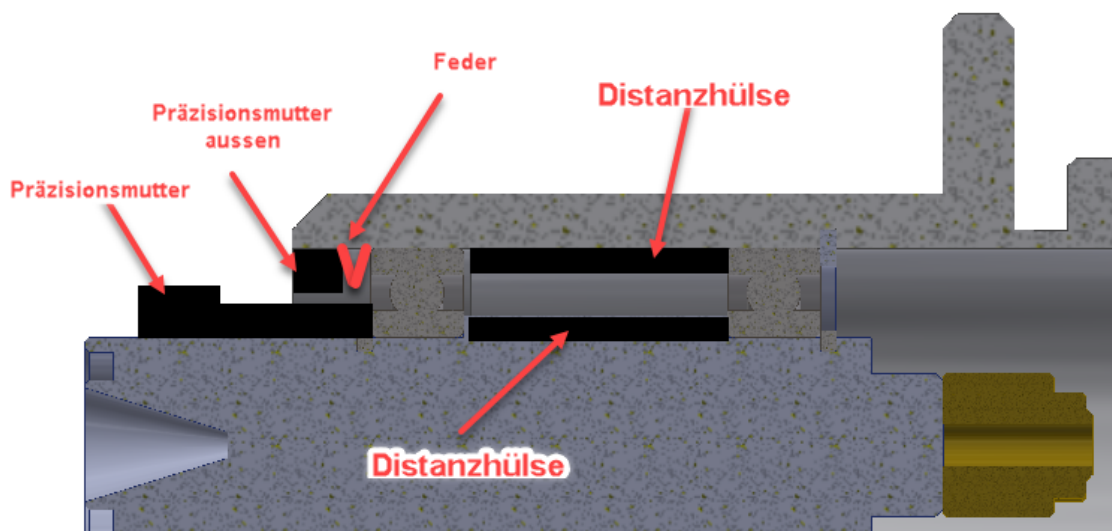


Abb. 44 Einbaukonzept Neuauslegung

Formgenauigkeit der Fertigung:

Da diese Lagerung hochpräzise ist, müssen die Lagersitze am Grundkörper und der Spindel eine hohe Genauigkeit aufweisen. Wenn sich beispielsweise der Lagersitz nicht in der Winkligkeitstoleranz befindet, wird das Lager vorgespannt und durch diese Einwirkung im schlimmsten Fall zerstört.

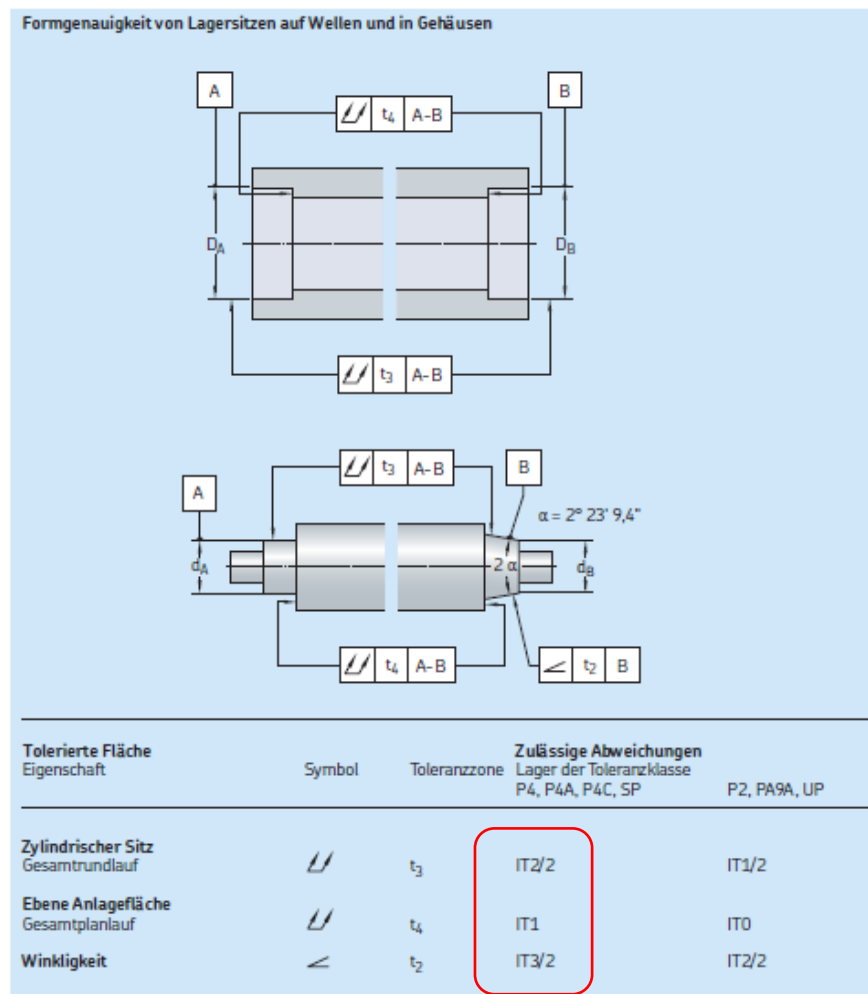


Abb. 45 Formgenauigkeit der Fertigung

Toleranzwerte der Lagersitzflächen:

In der Tabelle sind die Toleranzen für die Fertigung der Spindel und der Bohrung am Grundkörper dargestellt.

Spindel: 30js5 9 μ m -4 μ m + 5 μ m (29.996mm - 30.005mm)

Bohrung: 55JS4 8 μ m -4 μ m + 4 μ m (54.996mm - 55.004mm)

Werte der ISO-Toleranzklassen							
Nennmaß		Zahlenwerte der Grundtoleranzen					
über	bis	IT0 max.	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5
mm		μ m					
-	3	0,5	0,8	1,2	2	3	4
3	6	0,6	1	1,5	2,5	4	5
6	10	0,6	1	1,5	2,5	4	6
10	18	0,8	1,2	2	3	5	8
18	30	1	1,5	2,5	4	6	9
30	50	1	1,5	2,5	4	7	11
50	80	1,2	2	3	5	8	13
80	120	1,5	2,5	4	6	10	15
120	180	2	3,5	5	8	12	18
180	250	3	4,5	7	10	14	20
250	315	4	6	8	12	16	23
315	400	5	7	9	13	18	25
400	500	6	8	10	15	20	27
500	630	-	9	11	16	22	32
630	800	-	10	13	18	25	36
800	1 000	-	11	15	21	28	40

Abb. 46 ISO-Toleranzklassen

Rauheitswert der Lagersitzflächen:

Spindel: 0.2 μ m

Bohrung: 0.4 μ m

Richtwerte für die Rauheit der Lagersitzflächen					
Durchmesser des Lagersitzes		Empfohlener Mittenrauwert R_a für geschliffene Lagersitze			
über	bis	Wellen- Lager der Toleranzklasse P4, P4A, P4C, SP max.		Gehäusebohrung Lager der Toleranzklasse P4, P4A, P4C, SP max.	
		P2, PA9A, UP	P2, PA9A, UP	P2, PA9A, UP	P2, PA9A, UP
mm		μ m			
-	80	0,2	0,1	0,4	0,4
80	250	0,4	0,2	0,4	0,4
250	500	0,8	0,4	0,8	0,8
500	800	0,8	0,8	0,8	0,8
800	1 000	0,8	0,8	1,6	1,6

Abb. 47 Richtwerte Rauheit Lagersitzflächen

8.4.3 Neukonstruktion Werkzeughalter

In der untenstehenden Explosionsdarstellung ist der neukonstruierte Werkzeughalter zu sehen. Die Neukonstruktion beinhaltet komplett 13 Positionen.

Die Positionen:

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| 1. Obere Wellenabdichtung | 8. Schräglager unten |
| 2. Grundkörper | 9. Druckfeder |
| 3. Spannzangenaufnahme | 10. Äussere Anstellmutter |
| 4. Spindel | 11. Untere Wellendichtung |
| 5. Schräglager oben | 12. Anstellhülse |
| 6. Präzisionshülse innen | 13. Präzisionsmutter Spindel |
| 7. Präzisionshülse aussen | |

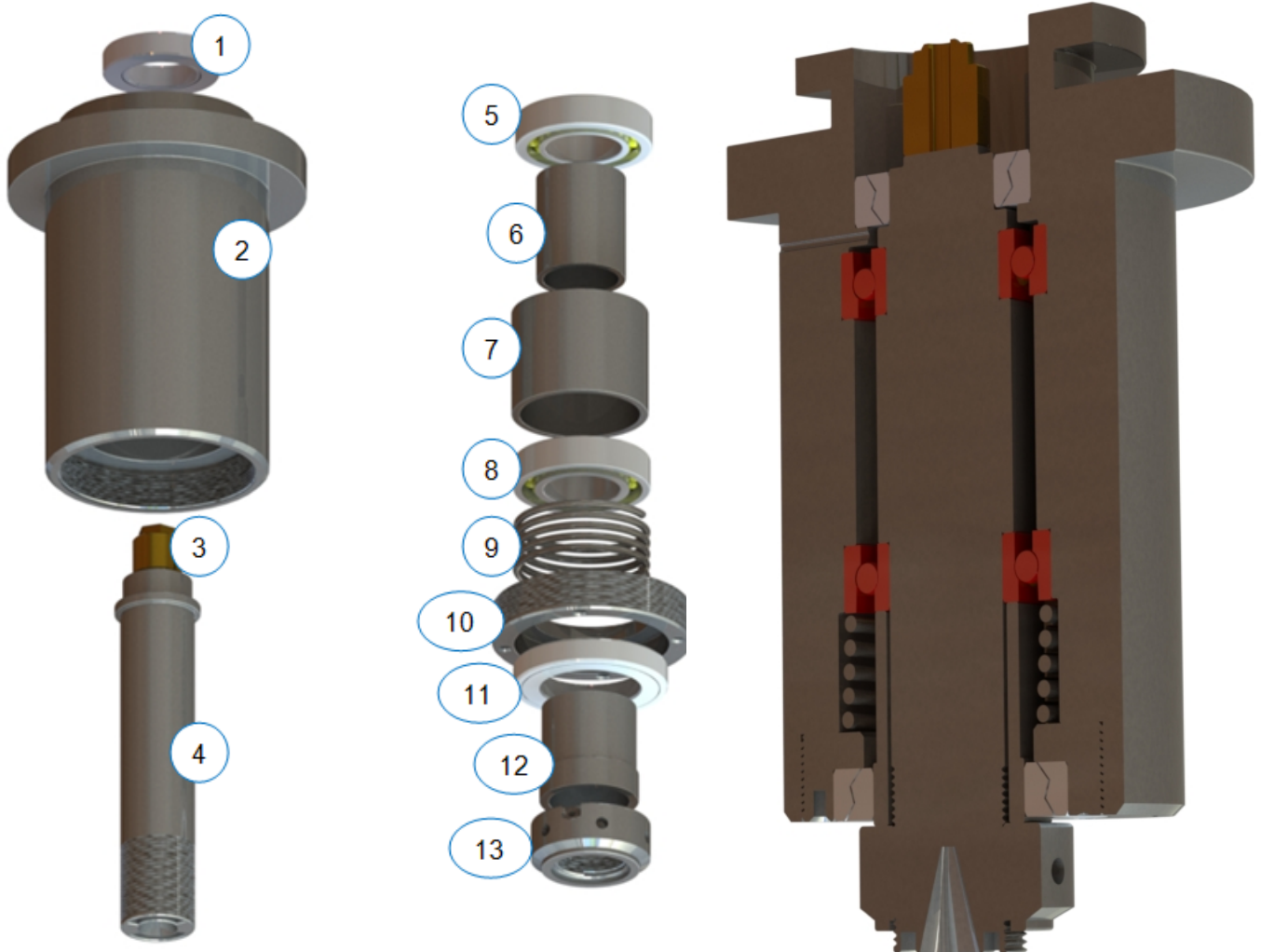


Abb. 48 Explosionsdarstellung Werkzeughalter Neuauslegung

8.4.4 Schnittansicht

In der unterstehenden Darstellung ist der zusammengebaute Werkzeughalter in der Schnittansicht dargestellt. Die verbauten Präzisionskugellager (Pos. 2) und (Pos. 3) werden nun je mit einer GMN Labyrinthdichtung (Pos. 1) und (Pos. 4) aus Kunststoff (POM) vor Verunreinigung geschützt. In der Bearbeitung mit Holz muss aufgrund von Feinstaub eine Abdichtung der Präzisionslagerung vorhanden sein. Die Auswahl der GMN Labyrinthdichtung wurde getroffen, um eine höhere Lebensdauer der Lagerung zu garantieren. Die Abdichtung zur Spindel ist berührungslos und geeignet für Drehzahlen bis 37'800 U/min.

Obere Abdichtung:

Die oberliegende Abdichtung (Pos. 1) wird von oben in die Spindel eingefahren. Sie kann bis ganz nach unten eingeschoben werden. Sie stellt ganz unten an einem Bord an.

Untere Abdichtung:

Die untere Abdichtung (Pos. 4) wird vor dem Einbau der Präzisionsmutter (Pos. 5) angebracht. Sie wird in der äusseren Anstellmutter (Pos. 6) verbaut. Die Dichtung befindet sich nun zwischen der stehenden äusseren Präzisionsmutter und der rotierenden Anstellhülse (Pos. 7) an der Spindel.

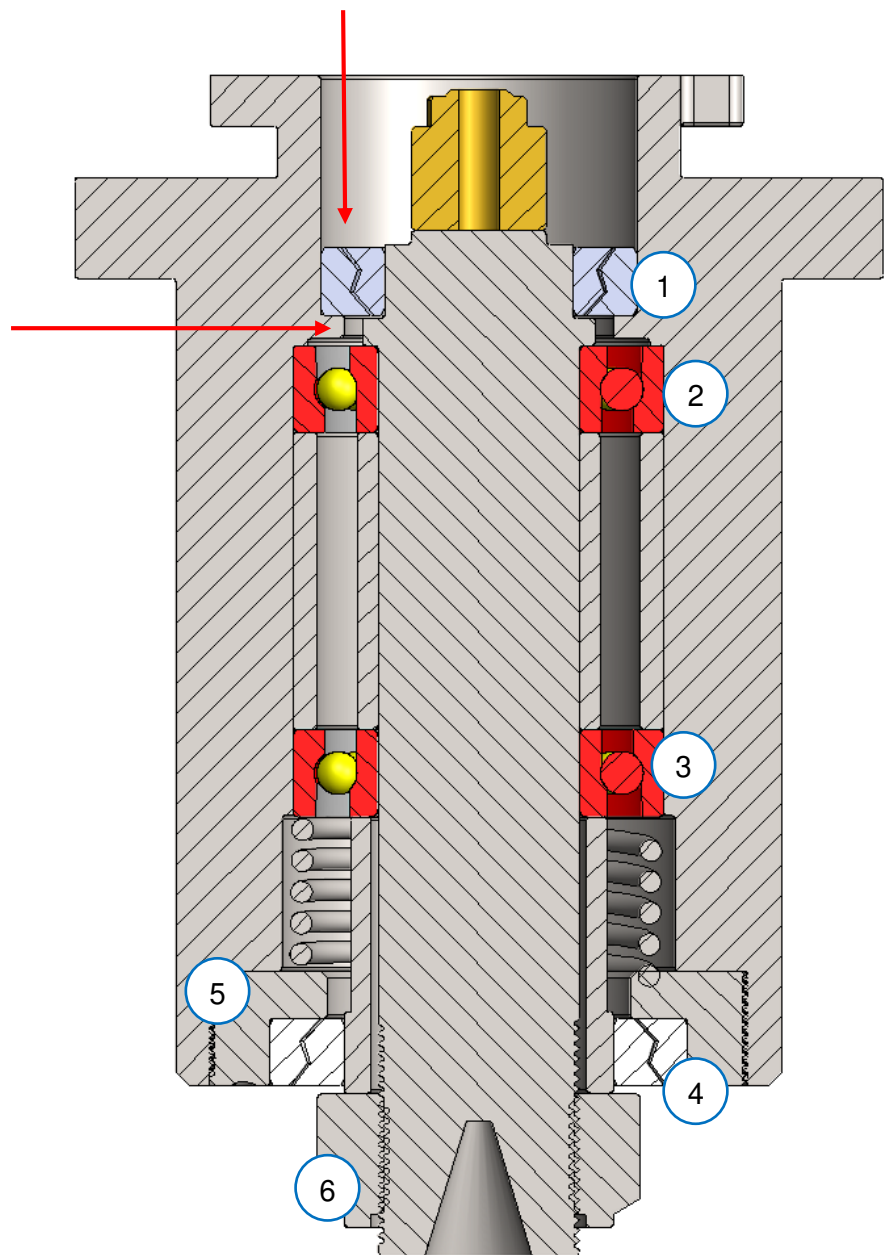


Abb. 49 Werkzeughalter Neuauslegung Schnittansicht 1

GMN Kunststoffabdichtung:

Die GMN Kunststoffabdichtung wurde ausgewählt aufgrund von folgenden Hauptkriterien:

- Eignung für hohe Drehzahlen
- Eignung gegen Staub
- Hohe Lebensdauer



	GMN Metall	GMN Kunststoff	GMN CF	Deckscheibe	Radialwellen-dichtring	schleifende Deckscheibe	Filzring	Stopfbuchse	Gleitring-dichtung
Eignung für hohe Drehzahlen	++	++	++	++	+-	+	--	-	++
Eignung bei Spritz-Beaufschlagung	++	++	++	-	++	++	++	+-	+-
Eignung gegen Staub	+	++	+	-	-	+	+	+-	+-
Eignung gegen Wasser	+-	++	++	+-	+	+-	++	++	++
Eignung gegen Chemikalien	-	++	++	-	+-	+-	+-	+	++
Eignung für Lebensmittelindustrie	--	++	++	-	+-	+-	-	+-	+
Eignung zur Abdichtung gegen Flüssigkeitspegel	--	--	--	--	+	+-	+-	+	++
Eignung zur Abdichtung von Druckunterschieden	--	--	--	--	+-	-	-	+	++
Eignung für den Einsatz bei hoher Umgebungstemperatur	++	-	++	+-	+	+	-	+	++
Energieeffizienz	++	++	++	++	+-	+	-	--	--
Lebensdauer	++	++	++	++	+-	++	-	--	+-
Wärmeabgabe an die Umgebungsstruktur im Betrieb	keine	keine	keine	keine	gering	gering	mittel	hoch	hoch
Anforderungen an die Anschlusssteile	gering	gering	gering	mittel	mittel	gering	mittel	hoch	hoch
Aufwand für Wartungsarbeiten im Betrieb	keine	keine	keine	keine	mittel	gering	gering	hoch	mittel

Abb. 50 GMN Kunststoffabdichtung

Befestigung der Präzisionslagerung:

Unterhalb ist eine Detailzeichnung vom unteren Teil des Werkzeughalters zu sehen. Es ist klar ersichtlich, wie die Präzisionslagerung auf der Spindel arretiert wird.

Beschreibung:

Die Präzisionslagerung wird auf der Spindel (Pos. 4) mit einer Präzisionsmutter (Pos. 5) gesichert. Die Anstellung der Präzisionslagerung erfolgt anhand einer Anstellhülse (Pos. 3). Die Anstellhülse wird mit der Präzisionsmutter (Pos. 5) mit maximal 12Nm angestellt. Die Präzisionslager haben eine ab Hersteller eigene Vorspannung der Klasse "A" (50N).

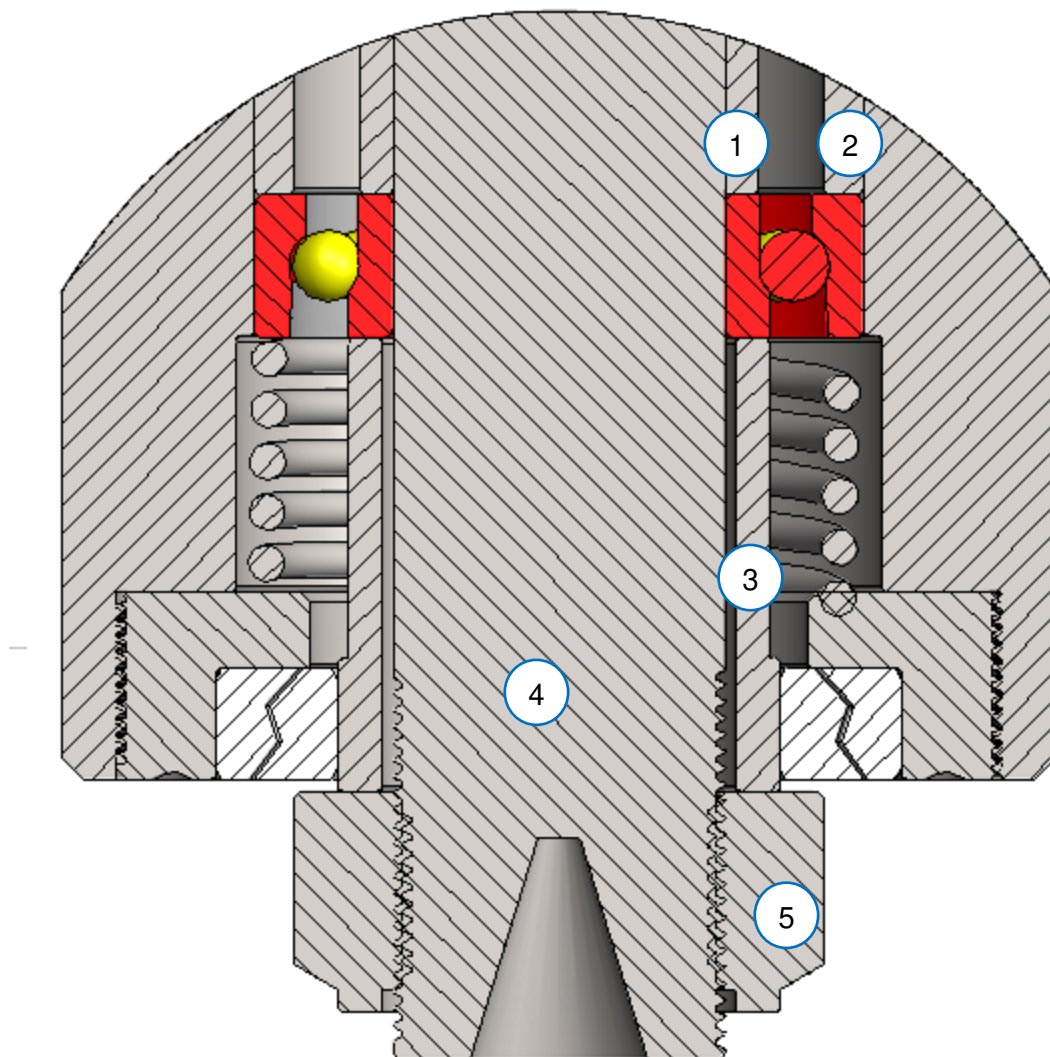


Abb. 51 Werkzeughalter Neuauslegung Schnittansicht 2

Axialweg der Spindel:

Der Axialweg des Werkzeughalters wird nun in der Neukonstruktion anhand einer Druckfeder ausgeglichen. Der Axialweg kann bei der Wärmeausdehnung oder Bearbeitung auftreten. Die Druckfeder (Pos. 1) drückt mit einer Vorspannkraft von 206N auf den Aussenring des untern Präzisionslagers. Der Aufbau des Zwischenraumes der Federung ist so konstruiert, dass die äussere Präzisionsmutter (Pos. 2) auf Anschlag angezogen werden muss. Die Feder hat bei diesem Abstand von 23.12mm eine Vorspannkraft von 206N. Dies muss bei hohen Drehzahlen so konstruiert werden.

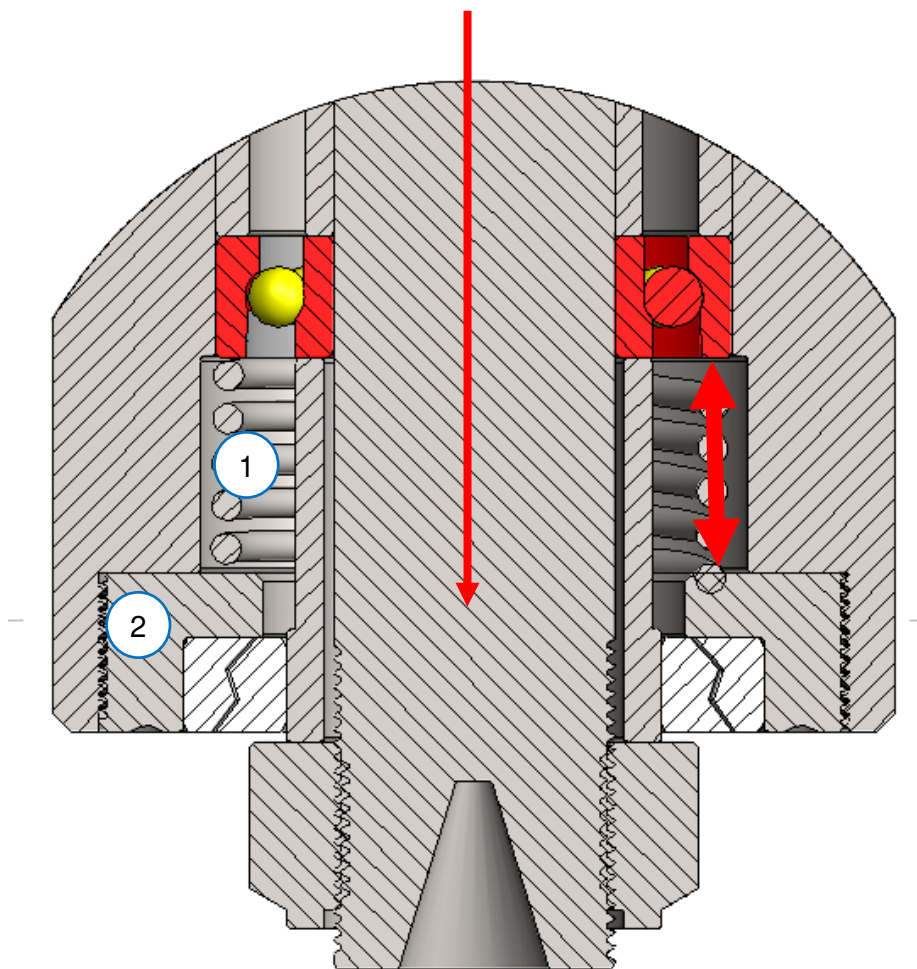


Abb. 52 Werkzeughalter Neuauslegung Schnittansicht 3

Schmierung:

Da in der Holzbearbeitung der Feinstaub sehr grosse Schäden verursachen kann und die Lebensdauer der Lagerung beeinflussen würde, wird hier eine Schmierleitung (Pos. 1) am Grundkörper verbaut. Der Zwischenraum zwischen der oberen Abdichtung und dem Präzisionslager wird mit einem Spezialfett gefüllt.

Als Fett wird hier ein Hochleistungs-Spezialwälzlagerfett angewendet. Hierzu wird an der Schmierleitung ein Schmiernippel für eine Fettpresse verbaut.

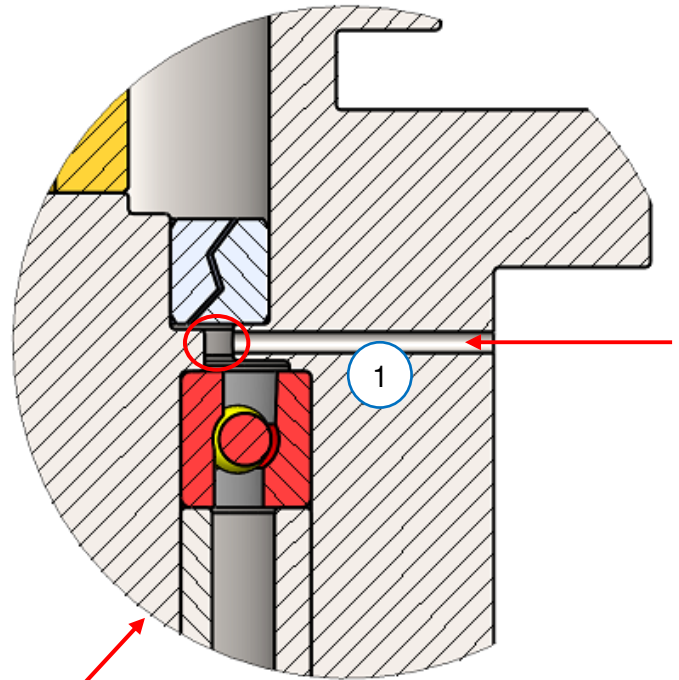


Abb. 53 Werkzeughalter Neuauslegung Detailansicht

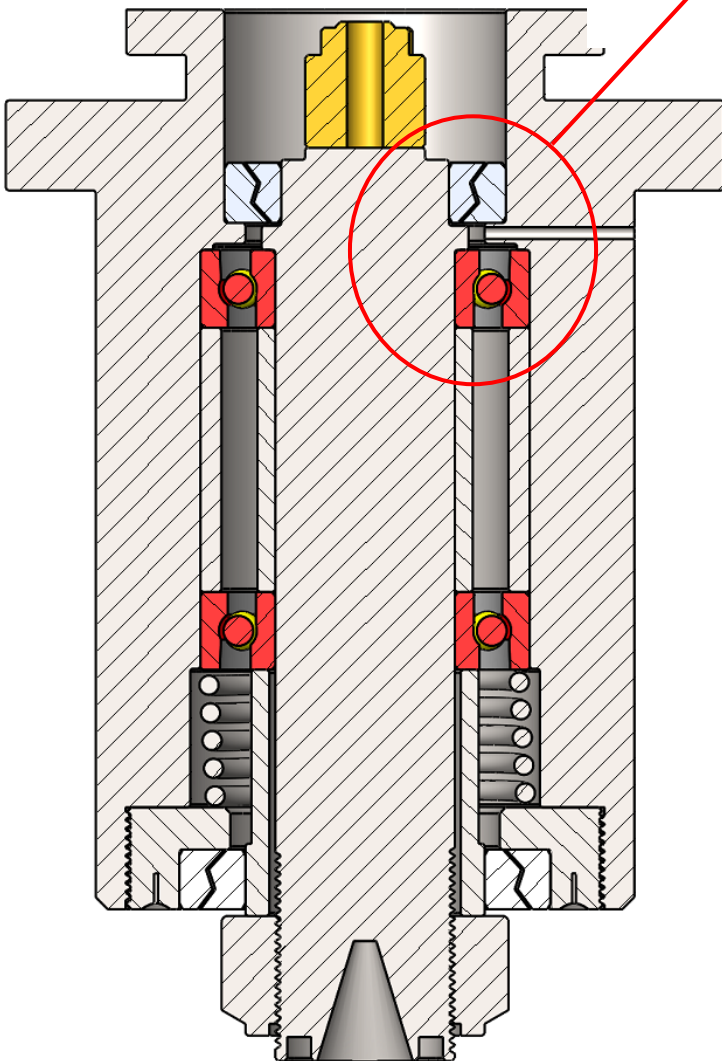


Abb. 54 Werkzeughalter Neuauslegung Schnittansicht 3

8.4.5 Werkzeugaustausch aus Spindel

Bei grosser Abnützung des Werkzeuges kann mittels eines Spezienschlüssels das Werkzeug ausgebaut und getauscht werden. Dieser Vorgang geschieht im ausgebauten Zustand des Werkzeughalters. Für diesen Vorgang wird dieser Spezienschlüssel (Pos. 2) und der Werkzeugschlüssel für das Lösen der Spannzange benötigt. In der unterstehenden Darstellung ist die oberliegende Spannzange (Pos. 1) an der Spindel zu sehen. Unterhalb des Werkzeughalters ist der Spezienschlüssel (Pos. 2) ersichtlich. Durch dieses Spezialwerkzeug kann die Spindel arretiert und die Spannzange der Spindel gelöst werden. Jetzt kann das abgenützte Werkzeug gewechselt werden. Es ist darauf zu achten, dass der Spezienschlüssel richtig im Kupplungsgegenstück an der Spindel sitzt, um Beschädigungen des Kupplungssystems zu vermeiden.

Das einzusetzende Werkzeug muss nur einmal neu ausgerichtet werden. Die Position in der Spannzange bleibt bis zum nächsten Lösen gleich.

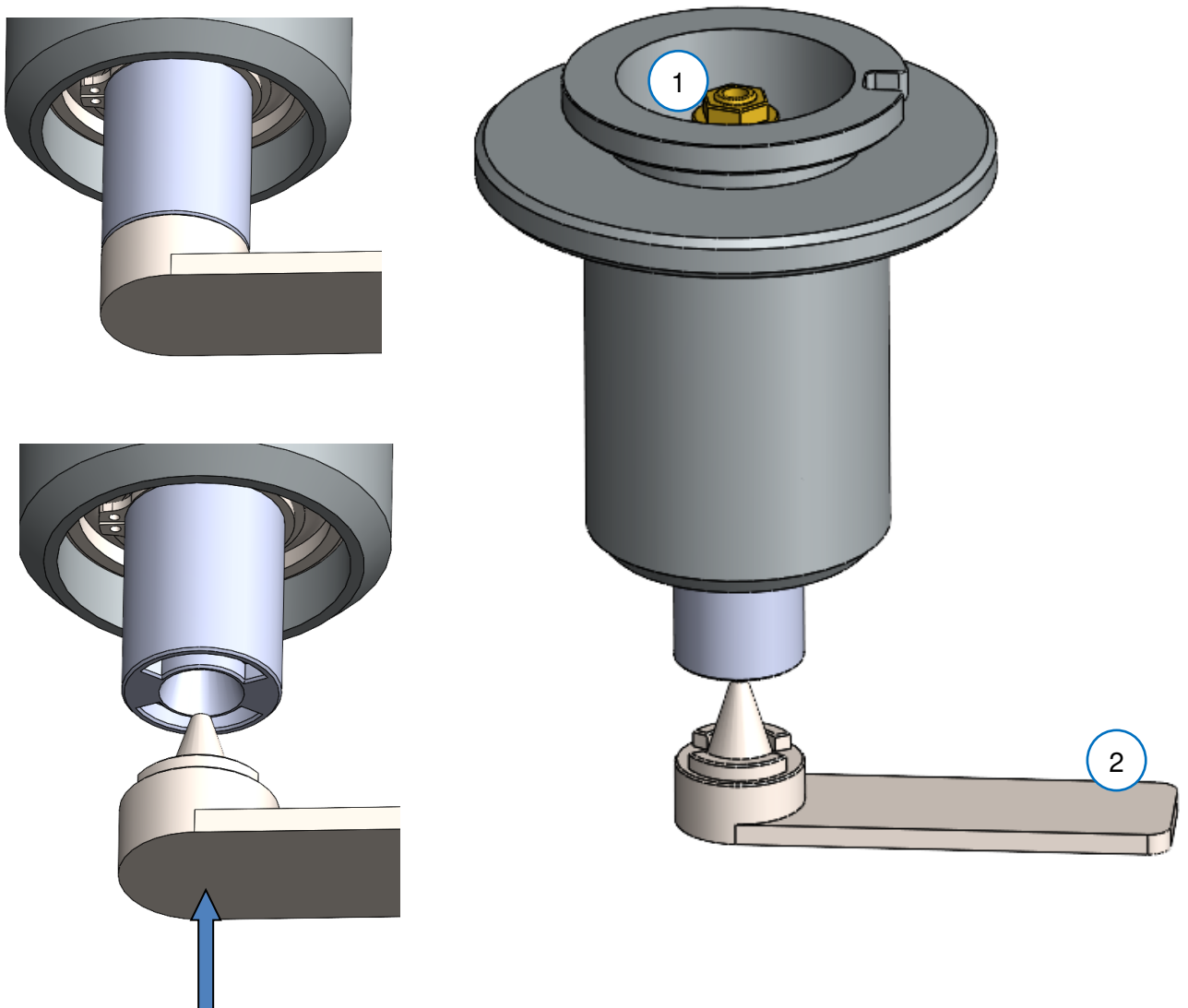


Abb. 55 Werkzeughalter und Spezienschlüssel

8.5 Baugruppe Maschinenverkleidung

Die komplette Antriebsmechanik darf während dem laufenden Betrieb nicht zugänglich sein. Dies dient der Unfallverhütung. Aus diesem Grund ist die komplette Maschine eingekleidet.

Die drei Seitenbleche (Pos. 1) bestehen aus 2mm dickem Stahlblech. Sie haben alle die gleichen Abmessungen und werden mit einer Stanzmaschine angefertigt. An den Ecken sind Abrundungen mit dem Radius 10mm.

Die Vordertür (Pos. 2) besteht ebenfalls aus 2mm dickem Stahlblech. Sie wird auf der linken Seite mit drei Stk. Scharnieren befestigt. Sie kann erst geöffnet werden, wenn der Türschuttschalter die Freigabe erteilt. An der Vordertür befindet sich zudem noch ein Türgriff.

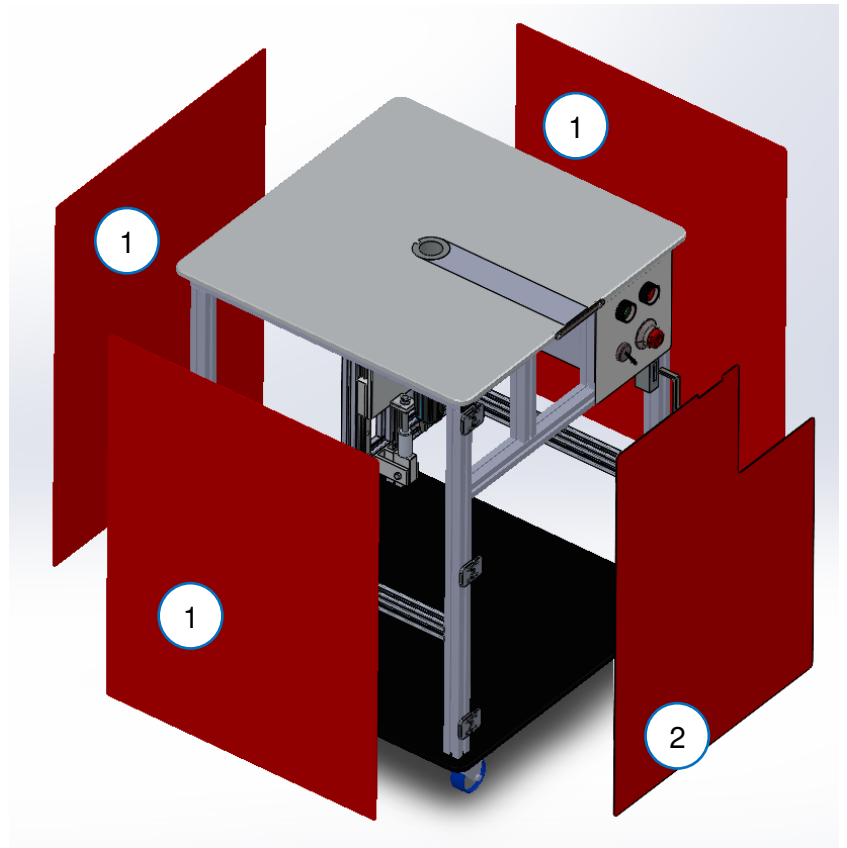


Abb. 56 Baugruppe Maschinenverkleidung

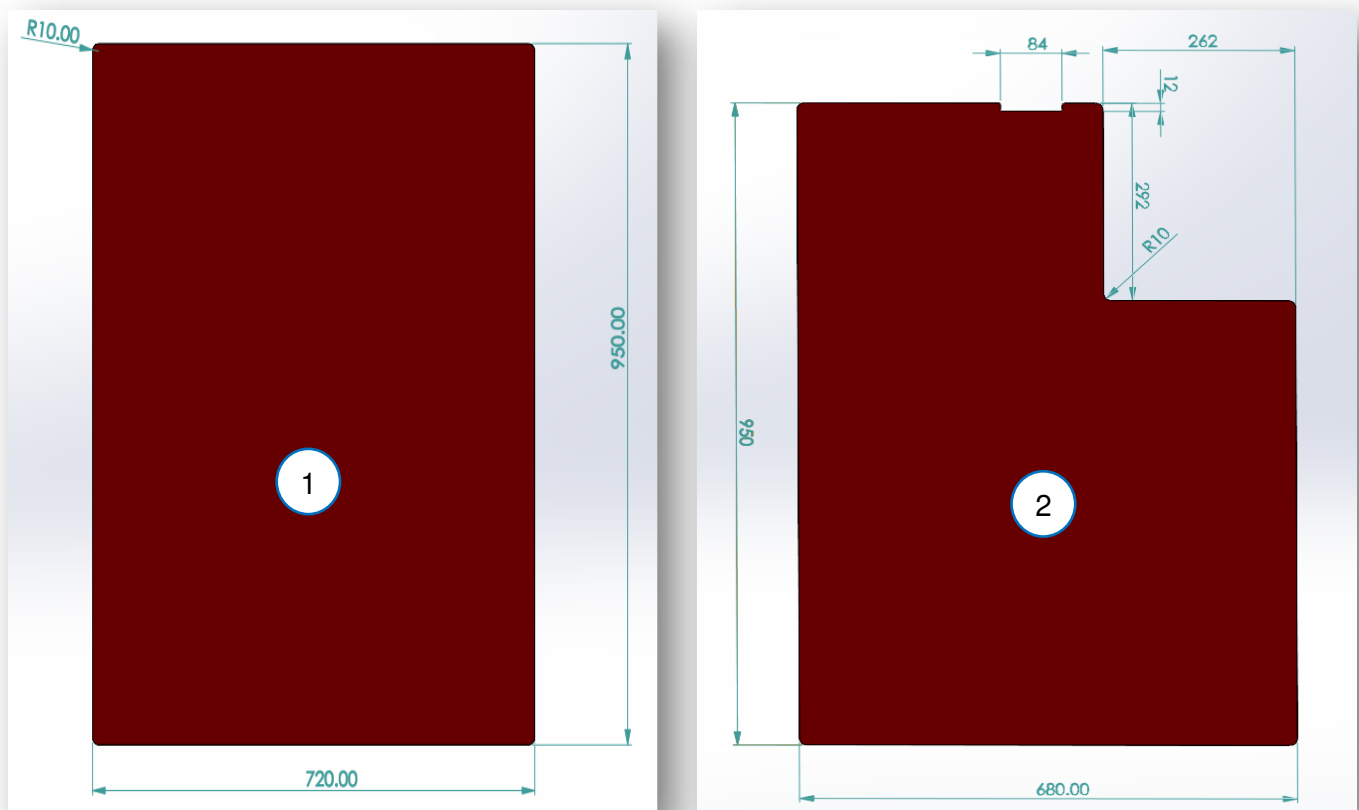


Abb. 57 Seitenblech und Vordertür

8.6 Baugruppe Bedieneinheit

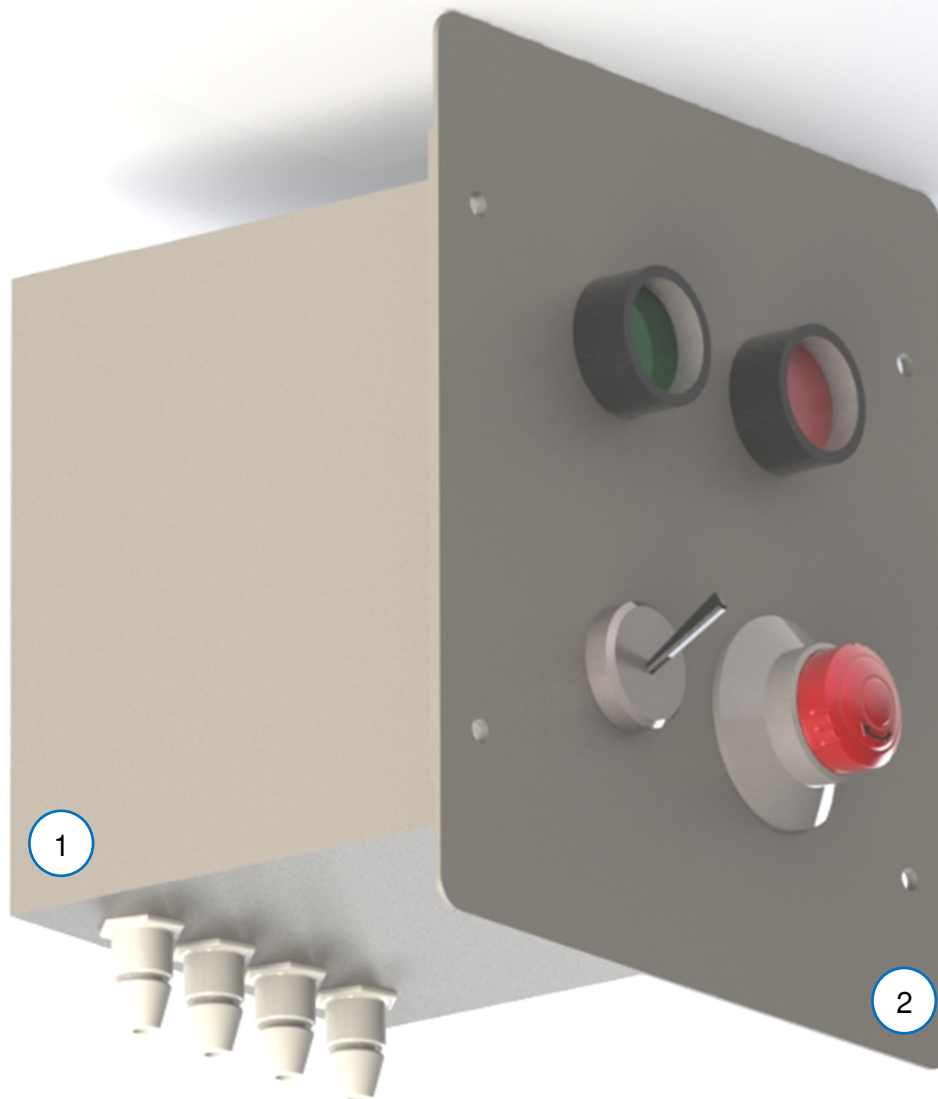


Abb. 58 Baugruppe Bedieneinheit

Die Bedieneinheit des Frästisches besteht aus einem Elektrokasten (Pos. 1) und einer Frontabdeckung (Pos. 2) mit den Bedienelementen. Der Elektrokasten beinhaltet die komplette Steuerung der elektronischen Bauteile. An der Frontabdeckung sind für eine einfache Bedienung der Maschine nur vier Elemente eingebaut (Ein-Taster, Aus-Taster, Pneumatikschalter, Not-Aus-Schalter).

Für die Elektrokabel des Türschuttschalters, des Rollenendschalters an der Zustellmechanik, des Druckschalters und der Spannungszuleitung sind vier Kabeldurchführungen unten am Elektrokasten verbaut.

Zusammenstellung der Komponenten:

Bedieneinheit		
Pos.	Anzahl	Bezeichnung
1	1	Elektrokasten
2	4	Kabeldurchführung
3	1	Frontabdeckung
4	1	Ein-Taster
5	1	Aus-Taster
6	1	Pneumatikschalter
7	1	Not-Aus-Schalter

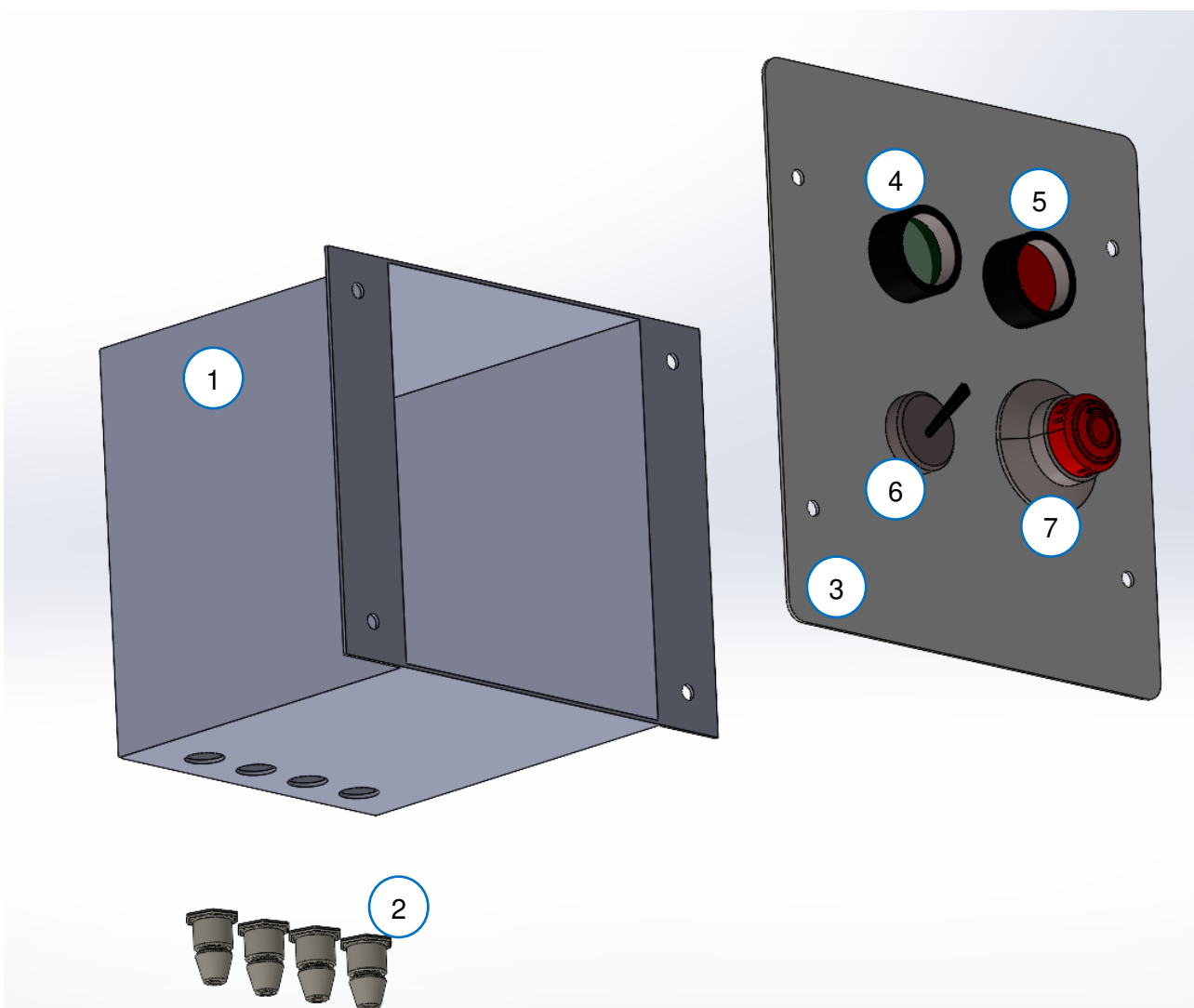


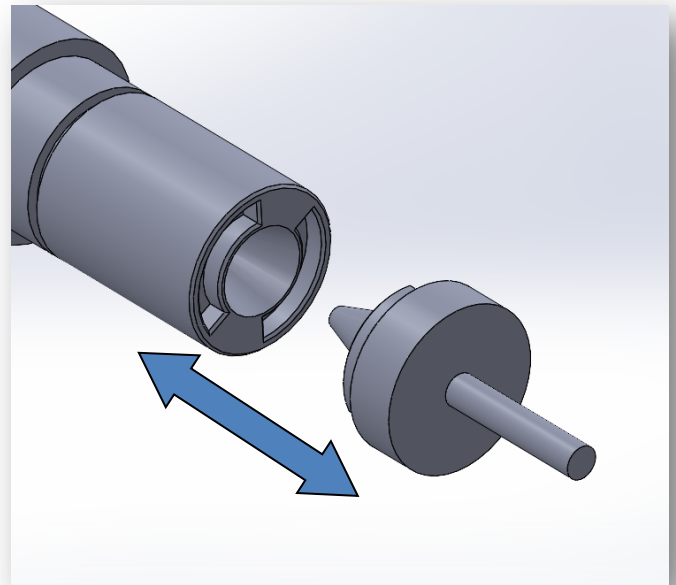
Abb. 59 Baugruppe Bedieneinheit Explosionsdarstellung

8.7 Baugruppe Kupplung

Nach mehreren Abklärungen mit einem Kupplungshersteller wurde mir klar, dass ein erhältliches Kupplungssystem für den Bereich 25000 U/min schwierig zu bekommen ist. Es wurde daraufhin selbst ein Kupplungssystem entworfen. Die Kraftübertragung ist mit diesem Kupplungssystem formschlüssig. Die (Pos. 1) wird in dem Spannzangensystem des Antriebmotors eingespannt und auf das Gegenstück an der Spindel (Pos. 2) eingestellt.

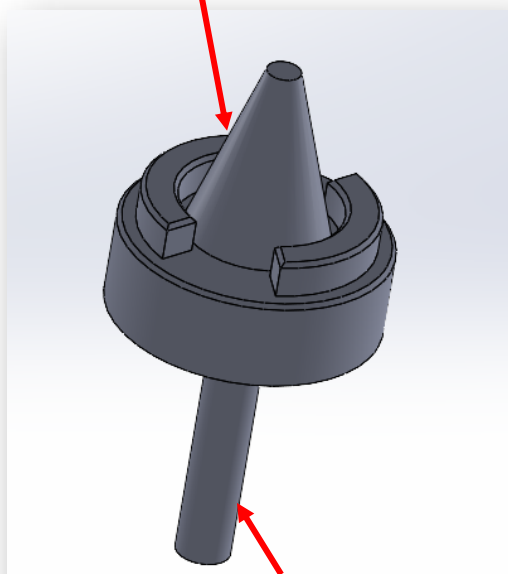
Beide Einheiten müssen sehr genau hergestellt werden. Die Teile werden nach der Herstellung randschichtgehärtet, um einen geringen Verschleiss zu garantieren.

Die beiden Einheiten zentrieren sich beim pneumatischen Zusammenfahren anhand des konischen Kegels auf (Pos. 1) und der konischen Bohrung an der (Pos. 2).



Konus am Aussenbereich

Konus am Innenbereich



8mm Aufnahme für die Spannzange

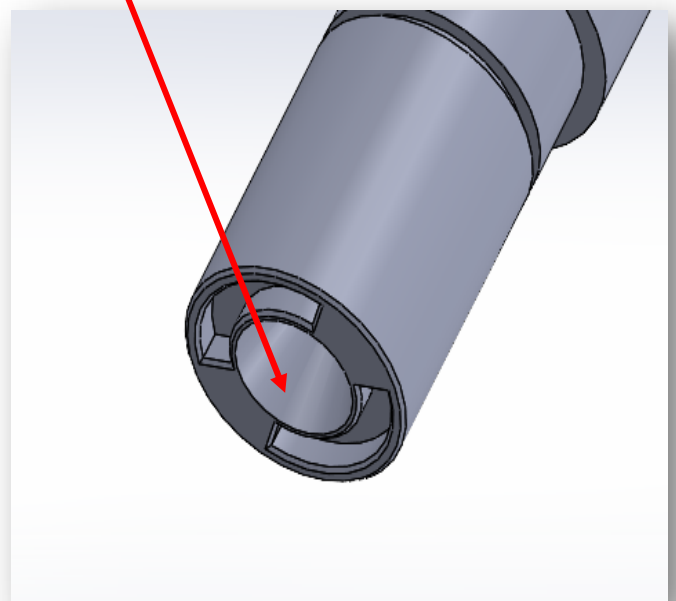


Abb. 60 Baugruppe Kupplung

9 Auswertung

9.1 Zusammenstellung der kompletten Baugruppe

Abmessungen:

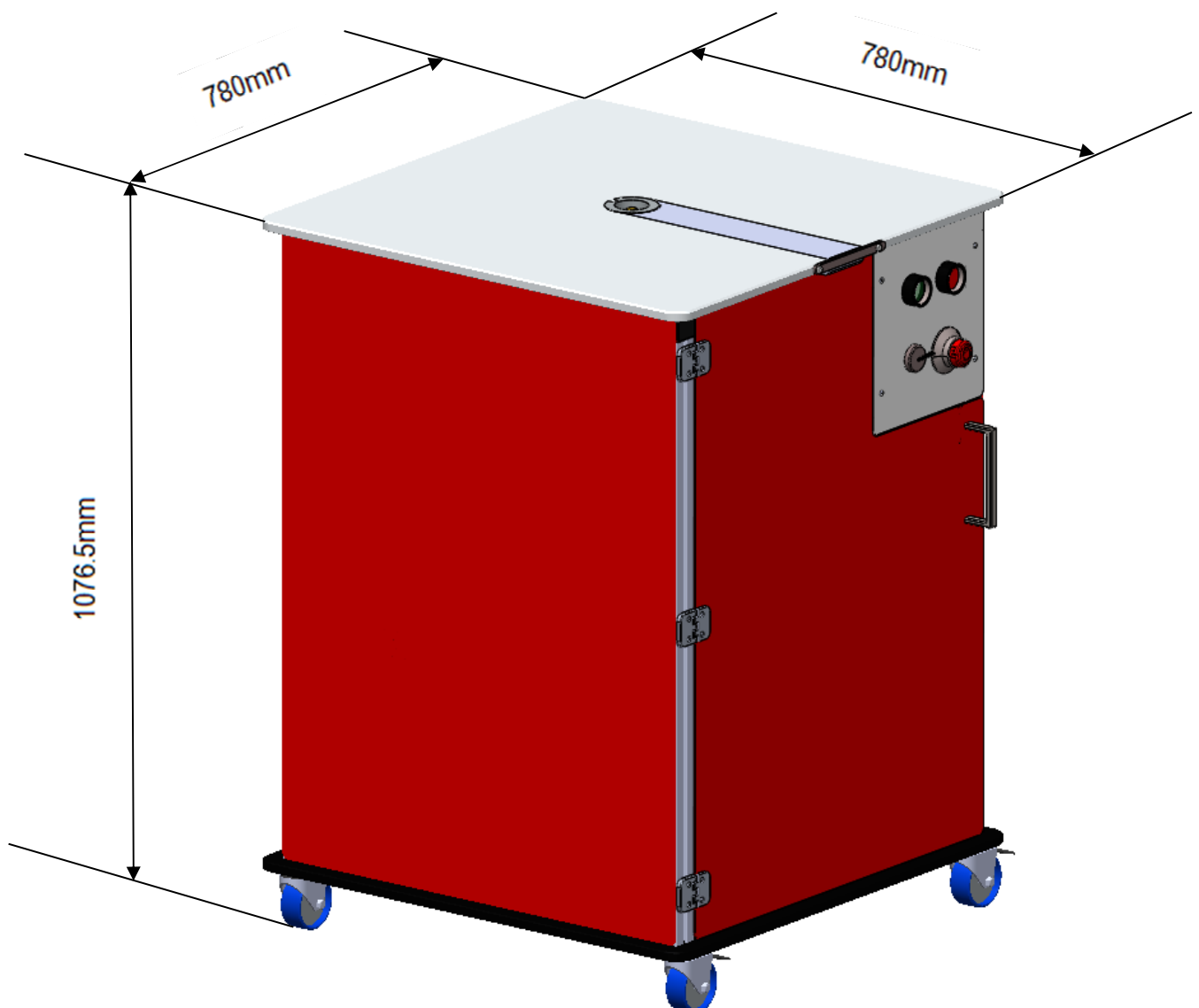


Abb. 61 Komplette Baugruppe Abmessung

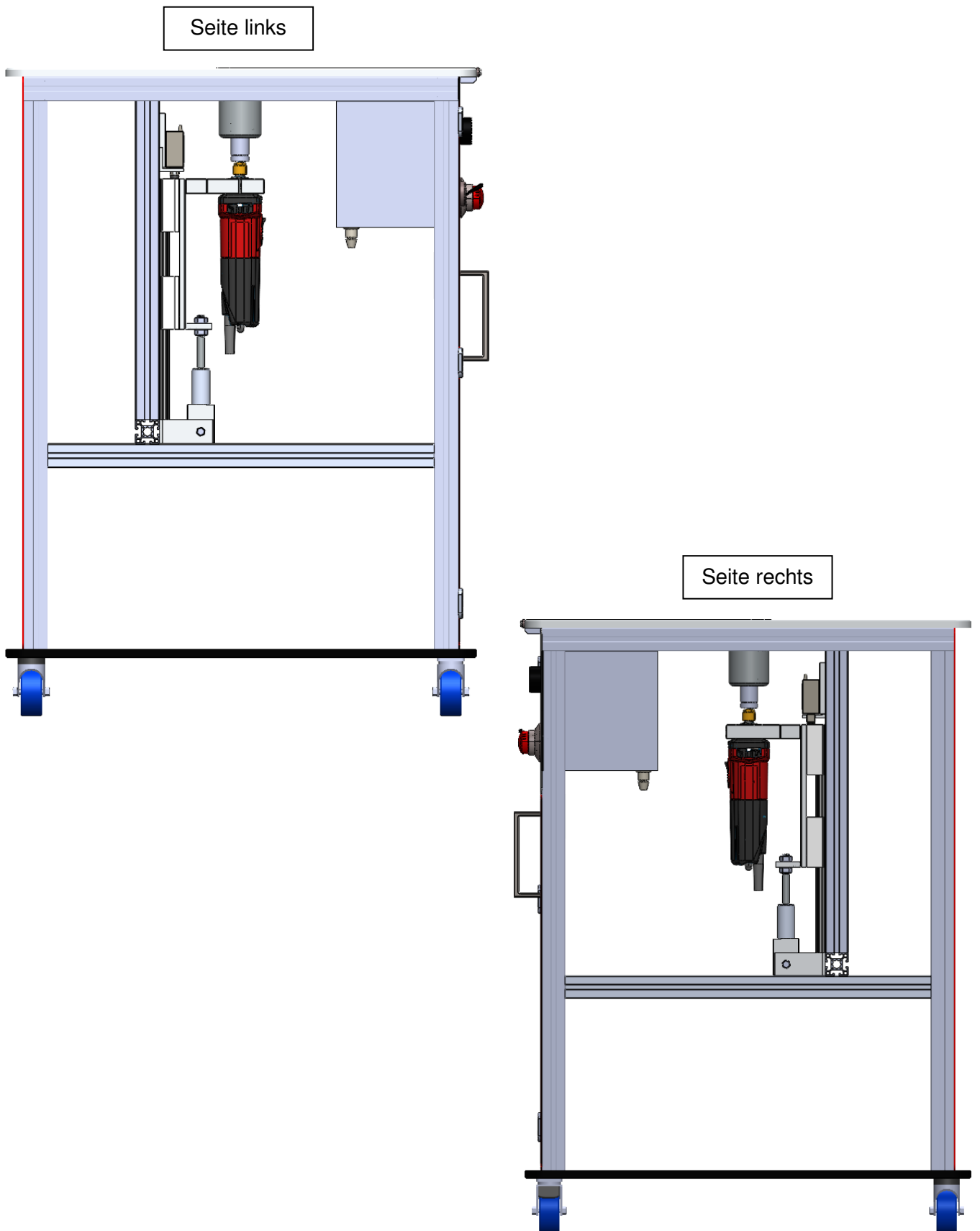


Abb. 62 Komplett Baugruppe Seitenansicht

9.2 Auswertung der Baugruppe

Durch ein strukturierten Planungsablauf konnte ein gutes Konzept einer Fräsmaschine erstellt werden. Der Kernpunkt der Baugruppe lag in der unter der Tischauflage liegenden Mechanik, wie auch in der Auslegung des Werkzeughalters. Die Baugruppe wurde mit möglichst vielen Normbauteilen konstruiert, um die Produktionskosten möglichst tief zu halten. Es ist mir gelungen, eine Baugruppe zu erstellen, welche so auch produziert werden könnte. Die Bedienung der Maschine ist sehr einfach gehalten und kann auch nach kurzer Einschulung von jedem Bediener bedient werden. Der Werkzeugaustausch geschieht ohne Werkzeuge und ist mit wenigen Handgriffen ausgeführt. Der Käufer der Maschine kann selber entscheiden, wie viele Werkzeughalter für seine Anwendung angeschafft werden sollen.

Die Maschinenverkleidung kann für eine grössere Wartung der Maschine einfach demontiert werden. Sie ist mit Nutensteine der Grösse M8 im Normprofil verschraubt. Somit ist die ganze Mechanik der Maschine von allen vier Seiten zugänglich. Die Auslegung des Werkzeughalters war nicht ganz einfach, da die Spindel mit sehr hohen Drehzahlen (bis 25'000 U/min) angewendet wird. Schlussendlich wurde der Werkzeughalter neuausgelegt mit einem anderen Aufbau und Speziallager. Der Aufbau des Werkzeughalters konnte in verschiedenen Darstellungen aufgezeigt werden und wurde auch klar umschrieben. Alle Bauteile sind gegen Korrosion geschützt. Die Seitenverkleidungen und Vordertür sind mit dem Pulverbeschichten behandelt. Die Tischauflage und Bodenplatte werden mit dem Eloxal-Verfahren behandelt. Die Ganze Baugruppe steht auf vier Stk. Maschinenrollen. Zwei starre Rollen und zwei Lenkrollen mit Bremsfunktion. Die Maschinenrollen haben pro Rolle eine Traglast von 100Kg. Die Maschine hat mit den gummierten Maschinenrollen einen festen Stand an Ort und Stelle.

Die Sicherheit bei der Anwendung der Maschine war ein Kernpunkt bei der Auslegung. Durch das definierte Sicherheitskonzept können rotierende Bauteile der Maschine nicht mehr im laufenden Betrieb erreicht werden und die Unfallgefahr wird somit eingegrenzt. Auch nach einem Ausfall der Spannungsquelle schaltet die Fräsmaschine nicht von selbst wieder ein. Das in der Spindel liegende Spannzangenaufnahmefutter ermöglicht dem Bediener verschiedenen Fräswerkzeuge mit verschiedenen Formen zu verwenden. Diese Spannzangen erhält man in verschiedenen Grössen.

Das zeitliche Auswechseln des Werkzeughalters konnte nicht klar gemessen werden, da die Maschine nicht gebaut wurde. Der Vorgang sollte jedoch nach Einschätzung mit (86s) unter den geforderten 120 Sekunden liegen.

Ich bin sehr zufrieden mit meiner Baugruppe und denke dies ist ein innovatives Konzept für eine Optimierung der Fräsmaschine in diesem Anwendungsbereich.

9.3 Austausch eines Werkzeuges

In der «Schritt für Schritt» Anleitung ist erklärt, wie der Werkzeughalter mit dem Werkzeug ausgebaut und mit dem neuen gewünschten Werkzeug getauscht werden kann. Es ist darauf zu achten, diesen Vorgang sorgfältig auszuführen, um Schäden an der Maschine zu vermeiden. Dieser Vorgang wird bei jedem Werkzeugwechselfaustausch vorgenommen.

Schritt 1

Schalten Sie den Antriebsmotor aus (Pos. 1).
Betätigen Sie den roten Not-Aus-Schalter (Pos. 2) an der Bedieneinheit (siehe roter Pfeil). Schalten Sie den Kipphebel (Pos. 3) für das Auskuppeln des Pneumatikzylinders nach unten.

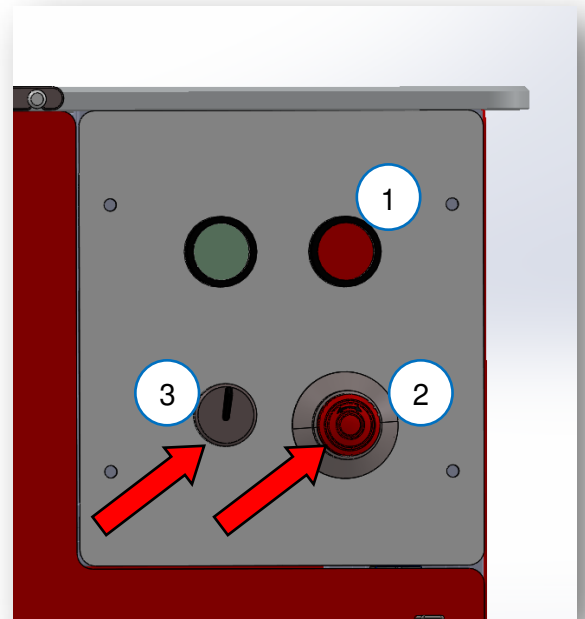


Abb. 63 Werkzeugaustausch 1

Schritt 2

Öffnen Sie nach Entriegelung des Sicherheitsschalters die Maschinentür.

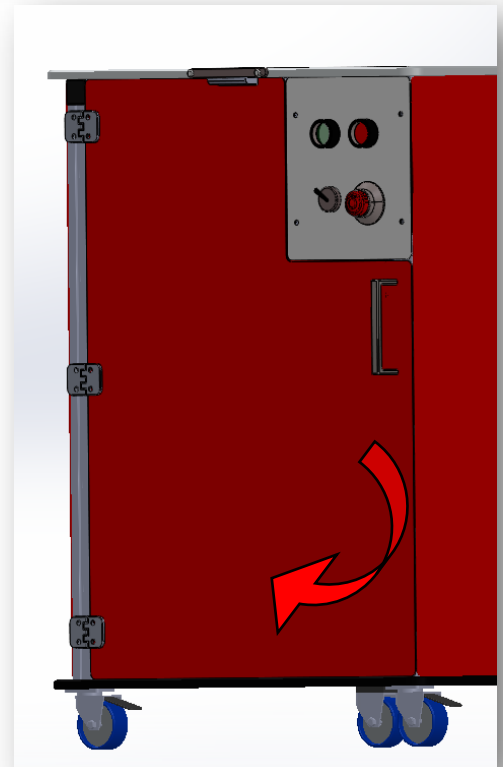


Abb. 64 Werkzeugaustausch 2

Schritt 3

Klappen Sie den Sicherheitsbügel auf die linke Seite.

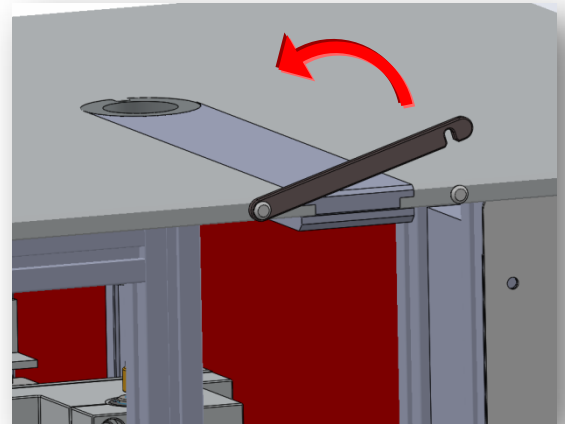


Abb. 65 Werkzeugaustausch 3

Schritt 4

Fahren Sie die Tischeinlage aus der Maschine.

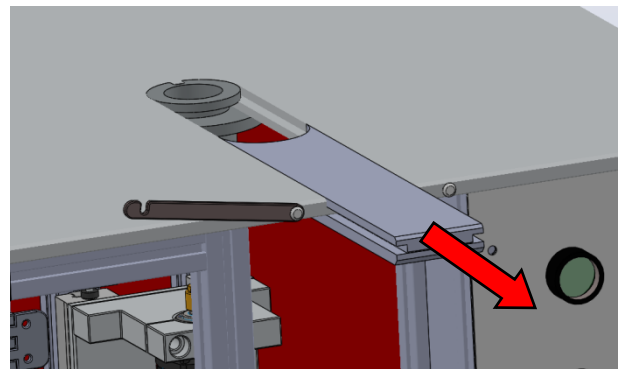


Abb. 66 Werkzeugaustausch 4

Schritt 5

Fahren Sie den Werkzeughalter aus.

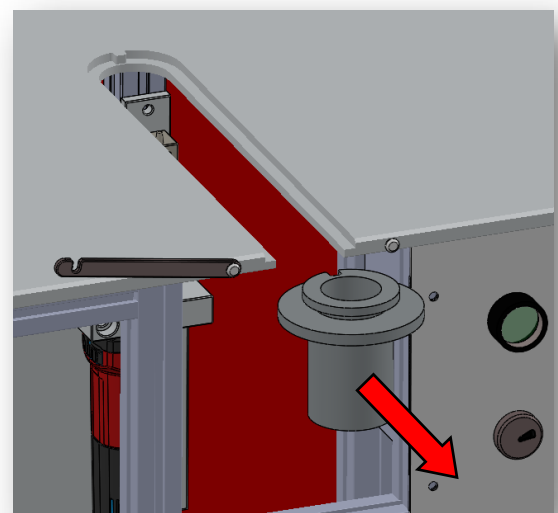


Abb. 67 Werkzeugaustausch 5

Schritt 6

Fahren Sie den Werkzeughalter mit dem gewünschten Werkzeug in die Maschine. Stellen Sie sicher, dass die Nut des Tisches und des Werkzeughalters sauber ist.

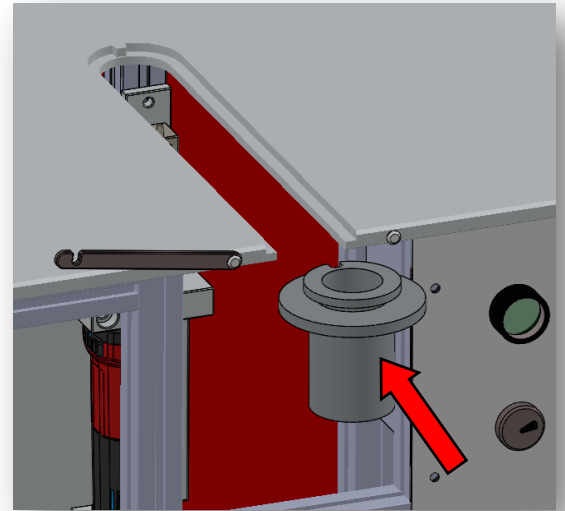


Abb. 68 Werkzeugaustausch 6

Schritt 7

Fahren Sie die Tischeinlage in die Maschine ein und prüfen Sie, ob die Tischeinlage ganz an der vordersten Position ist.

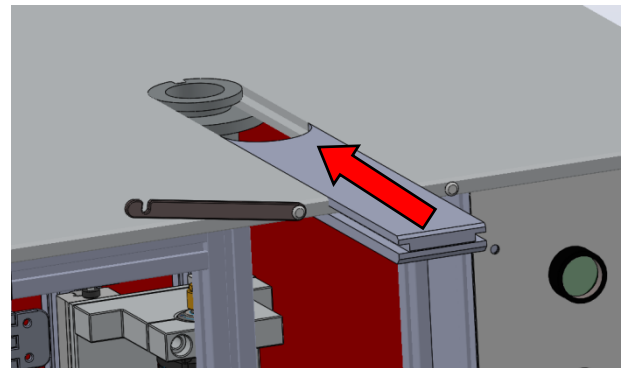


Abb. 69 Werkzeugaustausch 7

Schritt 8

Klappen Sie den Sicherheitsbügel wieder nach rechts in die Sicherungsposition. Der Sicherheitsbügel lässt sich nur schliessen, wenn die Tischeinlage und der Werkzeughalter in der richtigen Position ist.

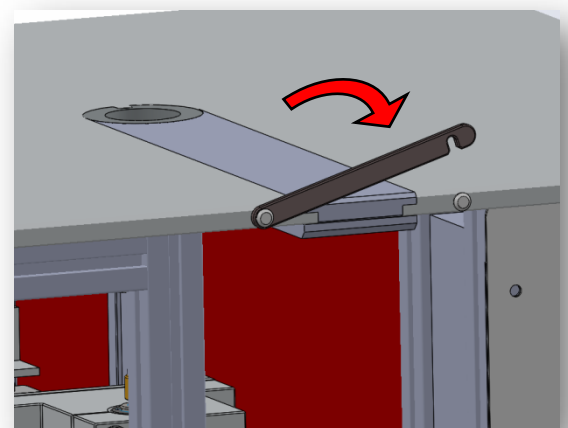


Abb. 70 Werkzeugaustausch 8

Schritt 9

Schliessen Sie die Maschinentüre. Die Maschinentür muss ganz am Anschlag geschlossen sein, so dass sich der Türschuttschalter schliessen kann.

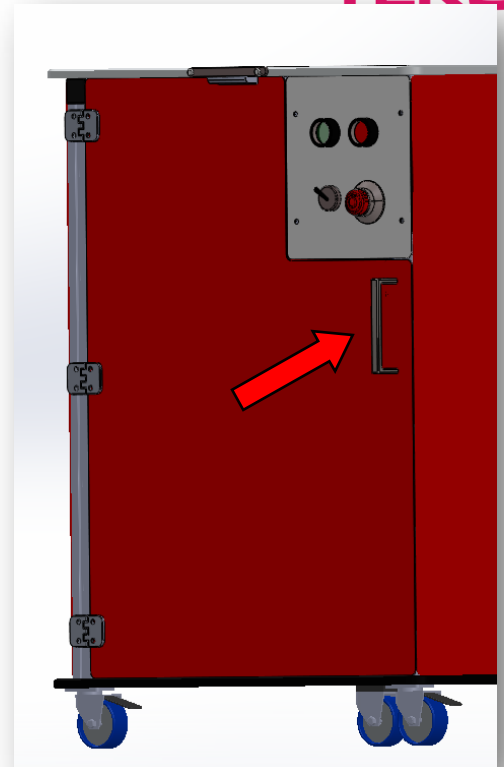


Abb. 71 Werkzeugaustausch 9

Schritt 10

Stellen Sie durch Betätigung des Kipphebels (Pos. 1) den Antriebsmotor dem Werkzeughalter zu. Prüfen Sie mit einem Kontrollgriff am Werkzeug, ob die Kupplung zwischen Antriebsmotor und Werkzeughalter eingerastet ist. Quittieren Sie den Not-Aus-Schalter (Pos. 2). Nur wenn das Werkzeug sich im eingekuppelten Zustand befindet, erhält die Maschine eine Freigabe und der Antriebsmotor kann mit dem Startknopf (Pos. 3) wieder gestartet werden

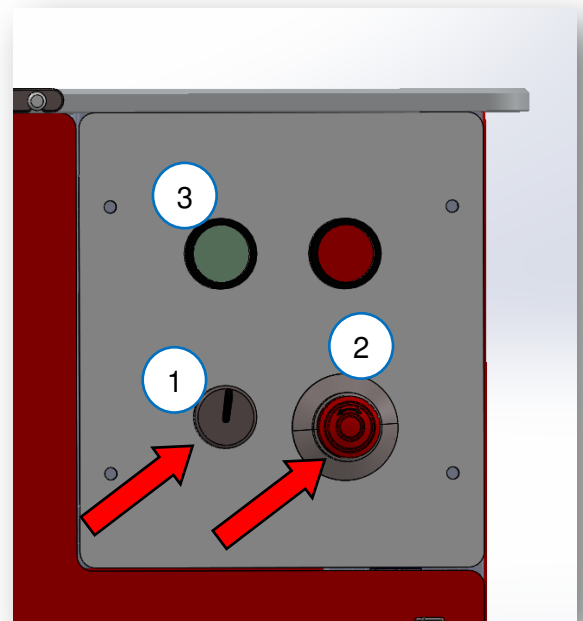


Abb. 72 Werkzeugaustausch 10

Werkzeugwechsel Zeitablaufeinschätzung:

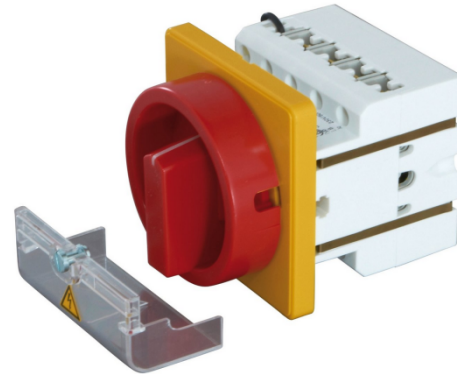
- | | | | |
|--------------|-----|-------------|-----|
| • Schritt 1: | 8s | Schritt 6: | 12s |
| • Schritt 2: | 7s | Schritt 7: | 10s |
| • Schritt 3: | 6s | Schritt 8: | 6s |
| • Schritt 4: | 10s | Schritt 9: | 7s |
| • Schritt 5: | 12s | Schritt 10: | 8s |

Tot. zeitlicher Aufwand des Werkzeugwechsels: **86s**

9.4 Elektronische Komponenten

Unterspannungsauslösungshauptschalter PFT

Dieser Maschinenhauptschalter der Firma "PFT" ist für den Gebrauch an Produktionsmaschinen geeignet. Der Hauptschalter kann mit einem Schloss gesichert werden. Bei Abfall der Stromquelle fällt der Hauptschalter in die Aus-Position. Dies schützt den Bediener oder Drittpersonen, dass beim Reaktivieren der Stromquelle die Maschine nicht wieder selbst einschaltet. Er ist für 230V 50Hz ausgelegt.



Zuleitungsstecker

Der sogenannte "Gummi Stecker" der Firma ABL SURSUM ist bis zu einer Stromstärke von 16A ausgelegt. Er ist sehr robust und hat eine gummierte Fassung. Er besitzt die Schutzart IP44.



Steuertransformator 230v/24V

Dieser Steuertransformator hat ein sehr gutes Einschaltverhalten. Er transformiert den Eingangsstrom von 230V auf 24V. Mit diesem Steuertransformator kann das Sicherheitsrelais angesteuert werden.



Sicherungsträger

Der Sicherungsträger der Firma "Schneider Electric" eignet sich gut für die Absicherung des 230V und des 24V Kreislaufes. Es können Sicherungen von 2A bis 25A der Baugrösse 10.3 x 38mm verwendet werden.



Abb. 73 Elektrische Komponenten 1

Sicherheitsrelais Pilz

Mit dem Sicherheitsrelais der Marke "Pilz" kann der Sicherheitskreislauf gesteuert werden. Es ist für den Betrieb von 24V DC geeignet.



Druckschalter

Dieser Druckschalter wird im Pneumatiksystem verbaut. Er kann von 1bar bis 10 bar eingestellt werden. Der Druckschalter schaltet den Kontakt bei Erreichen des eingestellten Druckes.



Not-Aus-Schalter

Der Not-Aus-Schalter der Firma "Schneider Electric" ist ausgestattet mit einem Öffner-Kontakt und kann somit den Sicherheitskreislauf bei Betätigung unterbrechen. Für eine Reaktivierung kann der rote Knauf gedreht werden.



Rollenstößel-Endschalter

Dieser Rollenendschalter der Firma "OMRON" besitzt je einen Öffner- und Schliesserkontakt. Sobald er betätigt wird, ist der Sicherheitskreislauf geschlossen und die Maschine erhält ein Freigabesignal. Verwendung an der Maschinentür und der Zustellmechanik.



Abb. 74 Elektrische Komponenten 2

Leistungsschütz

Der Leistungsschütz der Marke "MOELLER" eignet sich hervorragend mit seiner integrierten 24V Schaltspule für das Ansteuern des Antriebmotors.



Ein- und Ausschalttaster

Bei diesen Drucktaster der Marke "Eaton" kann frei gewählt werden, welches Schaltelement aufgesetzt werden soll. Dieser Taster kann auch als Ausschalttaster verwendet werden. Sobald alle Sicherheiten der Maschine erfüllt sind, erhält der Ein- und Ausschaltkreislauf Spannung und kann den Leistungsschütz ansteuern.



Antriebsmotor

Der Antriebsmotor Mafell FM 1000 eignet sich gut für die Anwendung im Fräsbereich. Er wird oft auf kleineren CNC Portalfräsmaschinen eingesetzt. Er enthält ein Leistungsregelsystem und kann stufenlos von 4000 U/min bis maximal 25000 U/min eingestellt werden. Er wird mit einer 230V Stromquelle betrieben. Die Fassung beträgt den Durchmesser 43mm. Mit 1.65 Kg ist er sehr leicht. Seine Nennleistung beträgt 1000W. Die Kupplung kann direkt im Spannzangensystem eingespannt werden.



Motorenschutz

Um bei einer Überlastung oder Blockieren des laufenden Motors keine Folgeschäden zu riskieren, wird ein Motorenschutzschalter verbaut. Am Motorenschutzschalter kann der Strom des Verbrauchers eingestellt werden. Bei Überlastung schaltet der Motorenschutz aus und kann nach einer gewissen Zeit wieder aktiviert werden. So kann der Antriebsmotor bei Überlastung nicht beschädigt werden. Der Einstellbereich liegt hier im Bereich 4A bis 6.3A.

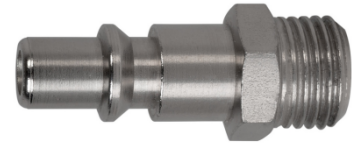


Abb. 75 Elektrische Komponenten 3

9.5 Pneumatische Komponenten

Druckluft Stecknippel

DN 5.5, Messing vernickelt, 1/4" Anschluss



Druckluft-Wartungseinheit

An dieser Druckluft-Wartungseinheit kann der Eingangsdruck auf den Betriebsdruck von 6 bar eingestellt werden. Um Wartungen oder Reparaturen auszuführen, kann der Druck einfach per Drehen am blauen Knauf unterbrochen werden. Das vorhandene Druckmanometer zeigt den eingestellten Druck an. Die zugeführte Druckluft wird durch ein Filtersystem gereinigt.



Kipphebel

Dieser Kipphebel kann auf ein manuell beziehbares Pneumatikventil gebaut werden.



Ventil

Der Grundkörper mit einem 3/2 Wegeventil schaltet den Pneumatikzylinder im Zusammenhang mit dem passenden Kipphebel.



Anschluss

Dieses Kupplungssystem der Marke "Festo" wird am Ventil und dem Pneumatikzylinder verbaut.



Abb. 76 Pneumatische Komponenten

9.6 Auswertung der Anforderungsliste

Die Anforderungen mit dem grünen Daumen wurden vollumfänglich erfüllt. Anforderungen mit den gelben Daumen konnten nicht zu 100% gemessen oder gewertet werden.

Einteilung	Nr.	Beschreibung	FF	WF	MF	Bewertung
Funktion	1	Der Werkzeughalter muss ohne Werkzeug wechselbar sein	■			👍
	2	Die Maschine muss anhand Rollen am Maschinengestell mobil sein		■		👍
	3	Das Werkzeug ist per Feineinstellung verstellbar		■		💡
	4	Die Kraftübertragung zwischen Antriebsmotor und Werkzeug ist formschlüssig		■		👍
	5	Die Zustellung für das Ein- und Auskuppeln des Antriebsmotores ist pneumatisch			■	👍
	6	Eine einfache Bedienung der Maschine ist nach einer Bedienerschulung möglich	■			👍
	7	Die Werkzeuge müssen bis 25'000 U/min verwendet werden können		■		👍
	8	Die Rollen am Maschinengestell müssen arretierbar sein		■		👍
	9	Die Umrüstzeit der Werkzeuge beträgt maximal 120 Sekunden	■			💡
	10	Der Antriebsmotor soll mit einem 230V Stromnetz betrieben werden können	■			👍
Sicherheit	11	Die Normen der EG-Maschinenrichtlinien (2006/42/EG) müssen eingehalten werden	■			👍
	12	Die zu herstellenden Bauteile müssen entgratet sein	■			💡
	13	Eine gut zugängliche Not-Aus-Funktion muss vorhanden sein	■			👍
Wartung	14	Der Antriebsmotor muss einfach mit handelsüblichem Werkzeug ausbaubar sein	■			👍
	15	Werkzeughalter müssen bei einem Lagerschaden demontierbar sein	■			👍
Design	16	Das Maschinengestell soll rot lackiert werden		■		👍
	17	Der Frästisch soll mit einem Oberflächenschutz gegen Korrosion behandelt werden			■	👍
Dimension	18	Der Frästisch hat eine maximale Abmessung von 80cm x 80cm	■			👍
	19	Die Maschinenhöhe beträgt maximal 120cm		■		👍
	20	Das Gewicht der kompletten Maschine beträgt maximal 120 Kg		■		👍
Kosten	21	Die Herstellungskosten dürfen maximal 16'000 CHF betragen	■			👍

Abb. 77 Auswertung der Anforderungsliste

9.7 Kostenzusammenstellung

In der unterstehenden Tabelle sind die Material- und Herstellungskosten dieses Konzepts aufgelistet. Die Herstellungskosten sind Erfahrungswerte aus der mechanischen Herstellung.

Die Kostenauflistung dient als Grobeinschätzung für eine mögliche Umsetzung dieses Projektes.

Grundgestell				
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Materialkosten	Herstellungskosten
1	2	Lenkrollen mit Doppelstopp	39.45	
2	2	Bockrollen	30	
3	1	Bodenplatte	120	460
4	4	Profil 40 x 40 x 910mm	76.44	
5	4	Profil 40 x 40 x 720mm	60.48	
6	2	Profil 40 x 40 x 640mm	26.88	
7	2	Profil 40 x 40 x 250mm	10.5	
8	2	Profil 40 x 40 x 180mm	7.56	
9	1	Abdeckkappe 40 x 40	0.2	
12	1	Türgriff	15	
Tot. Kosten			Fr.	846.51

Tischauflage				
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Materialkosten	Herstellungskosten
1	1	Tischauflage	120	340
2	1	Tischeinlage	50	180
3	1	Sicherung	10	35
4	2	Bolzen	10	70
Tot. Kosten			Fr.	815.00

Mechanik				
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Materialkosten	Herstellungskosten
1	2	Profil 40 x 40 x 580	24.36	
2	1	Profil 40 x 40 x 720	15.12	
3	1	Stopper	20	65
4	1	Endschalter-Halteplatte	20	55
5	1	Rollenendschalter	58.8	
6	1	Motoraufnahme	35	45
7	4	Führungsschuh	180	
8	1	Führungswagen-Platte	40	40
9	1	Pneumatikzylinder	63	
10	1	Befestigungsbolzen	5	30
11	1	Zylinder-Halter	20	45
12	2	Linearführung	230	
13	1	Kolbenstange Befestigung	25	70
14	2	Mutter M8	2	
Tot. Kosten			Fr.	1'088.28

Abb. 78 Kostenzusammenstellung 1

Bedieneinheit				
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Materialkosten	Herstellungskosten
1	1	Elektrokasten	40	140
2	4	Kabeldurchführung	25	
3	1	Frontabdeckung	30	65
			Tot. Kosten	Fr. 300.00

Elektronikteile				
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Materialkosten	Herstellungskosten
1	1	Unterspannungsauslösungshauptschalter	240	
2	1	Zuleitungsstecker	16	
3	1	Steuertransformator	260	
4	2	Sicherungsträger	45	
5	1	Sicherheitsrelais	284	
6	1	Druckschalter	67	
7	1	Not-Aus-Schalter	84	
8	1	Rollenstössel-Endschalter	136	
9	1	Leistungsschütz	165	
10	1	Ein-Taster	36	
11	1	Aus-Taster	36	
12	1	Antriebsmotor	310	
13	1	Motorenschutz	87	
14	1	Zuleitungskabel Pur-Pur	80	
15	1	Kleinteile/Verbrauchsmaterial	100	
16	1	Türsicherheitsschalter	140	
			Tot Kosten	Fr. 2'086.00

Pneumatikteile				
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Materialkosten	Herstellungskosten
1	1	Druckluft-Stecknippel	16	
2	1	Druckluft Wartungseinheit	367	
3	1	Kipphebel	34	
4	1	Ventil	57	
5	4	Anschluss	45	
6	1	Kleinteile/Verbrauchsmaterial	50	
			tot. Kosten	Fr. 569.00

Diverses				
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Materialkosten	Herstellungskosten
1	1	Oberflächenbehandlung		450
2	1	Aufbau der Maschine 4 Tage		2800
3	1	Lackieren der Seitenverkleidung		350
4	1	Einstellung und Abnahme		450
5	1	Konzeptumsetzung in der Konstruktion		2500
			tot. Kosten	Fr. 6'550.00

Abb. 79 Kostenzusammenstellung 2

Werkzeughalter				
Pos.	Anzahl	Bezeichnung	Materialkosten	Herstellungskosten
1	2	Wellenabdichtung	80	400
2	1	Grundkörper	60	450
3	2	Speziallager	800	
4	1	Spannhülse innen	60	60
5	1	Spannhülse aussen	70	60
6	1	Druckfeder	22	
7	1	Präzisionsmutter Spindel	135	
8	1	Präzisionsmutter Grundkörper	65	110
9	1	Anstellhülse	20	50
10	1	Spindel	50	180
11	1	Spannzangenaufnahme	67	
			tot. Kosten	Fr. 2'739.00

Tot. Kosten aller Einteilungen	Fr. 14'993.79
--------------------------------	---------------

Abb. 80 Kostenzusammenstellung 3

Fazit:

Die Auslegung der Kosten von 16'000 CHF wurde nicht erreicht. Der Preis für eine Herstellung und Aufbau der Maschine liegt bei rund 15'000 CHF.

Die Kostenaufstellung ist absolut unverbindlich und kann bei einer Herstellung der verschiedenen Positionen abweichen.

10 Sicherheitskonzept

Für einen sicheren Betrieb der Maschine richte ich mich nach den offiziellen Maschinenrichtlinien (2006/42/EG). Eine CE-Konformität ist hier nicht verlangt, da das Produkt nicht in der EU verkauft wird.

Mein Sicherheitskonzept umfasst im wichtigsten Punkt eine sichere Bedienung der Maschine für den Bediener wie auch für Drittpersonen.

Grundsätzliche Sicherheit:

- Der Betrieb der Maschine darf nur von geschultem Personal ausgeführt werden.
- Es ist sicherzustellen, dass die Maschine sicher am Platz steht und nicht umkippen kann.
- Bei Defekten an der Maschine ist der Betrieb untersagt.
- Es dürfen keine technischen Änderungen an der Maschine vorgenommen werden.
- Sicherheitseinrichtungen der Maschine dürfen nicht umgangen oder abgeändert werden.
- Montage- und Wartungsarbeiten an der Maschine dürfen nur im druck- und stromlosen Zustand ausgeführt werden.
- Bei öffentlicher Zugänglichkeit muss die Maschine gegen Einschalten gesperrt werden.
- Beim Betrieb der Maschine muss Schutzkleidung getragen werden.
- Der Betrieb der Maschine ist nur zulässig, bei einer Drittperson im gleichen Raum.

Äussere Sicherheit:

- Ausserhalb der Verkleidung der Maschine muss gut sichtbar das Gebotsschild Augen- und Gehör schützen aufgeklebt sein.
- Es ist ein Not-Aus-Schalter an der gut zugänglichen Bedieneinheit verbaut, der im Notfall betätigt werden kann.



Technische Sicherheit:

- Einen Werkzeugwechsel ist erst möglich bei Betätigen des Not-Aus-Schalters.
- Die Aussentür der Maschine ist mit einem Türschuttschalter gesichert. Dieser Schalter gibt erst eine Freigabe nach Betätigung des Not-Aus-Schalters. Nach Betätigung des Not-Aus-Schalters läuft eine Zeit ab, für das Auslaufen des Fräsmotors. Diese Zeit ist auf 10 Sekunden eingestellt.
- Nach dem Werkzeugwechsel muss die Antriebseinheit pneumatisch zugestellt werden. An der Antriebsmechanik befindet sich ein Rollenendschalter, der erst nach Betätigung eine Freigabe erteilt. Erst danach kann der Fräsmotor eingeschaltet werden. Es muss von Hand geprüft werden, ob das Kupplungssystem geschlossen ist.
- Der Hauptschalter der Maschine kann bei Wartungs- und Reparaturarbeiten gesichert werden.

- Der Hauptschalter hat einen Unterspannungsauslöser verbaut. Dies dient dazu, dass beim Wiedereinschalten nach einem Spannungsausfall der Maschine, die Spannungsquelle nicht automatisch einschaltet.
- Die beweglichen Bauteile der Maschine sind erst zugänglich, nach Öffnen der gesicherten Maschinentür.
- Im Pneumatiksystem ist ein Druckschalter verbaut, eine Freigabe ist erst vorhanden nach Erreichen von 4.5 Bar.

In der folgenden Blockkreisdarstellung ist zu sehen, welche Sicherheiten erfüllt werden müssen, für ein Einschalten des Antriebmotors.

Erfüllt sein muss:

- Türschuttschalter geschlossen?
- System im Druckzustand?
- Ist der Rollenendschalter der Mechanik betätigt?
- Ist der Not-Aus-Schalter in der Grundstellung?
- Hat das System eine Spannungsversorgung?

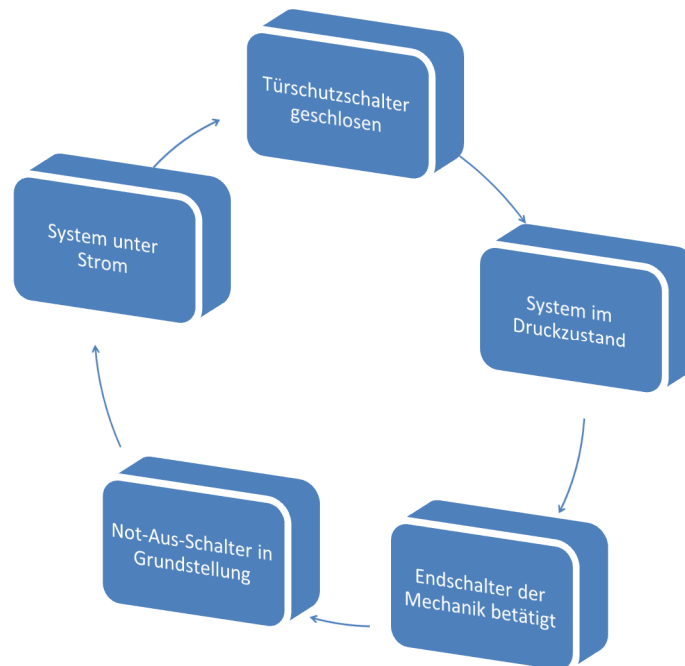


Abb. 81 Sicherheitskreislauf

Wichtig

Bei nicht Erfüllen eines oder mehreren dieser Punkte ist der Sicherheitskreislauf nicht geschlossen und die Maschine kann nicht eingeschalten werden.

11 Wartung und Pflege der Maschine

Die Maschine ist für einen sicheren Betrieb grundsätzlich sauber zu halten.

- Die Kohlenbürsten am Antriebsmotor müssen jährlich kontrolliert und allenfalls bei zu grossem Verschleiss ersetzt werden.
- Vor einsetzen eines Werkzeughalters muss die Kupplung auf Verschmutzung geprüft werden.
- Die Einführungsnut der Werkzeughalter muss sauber sein.
- Die Linearführungen sind 1x pro Woche zu reinigen.
- Die Linearführungen müssen 1x pro Jahr geschmiert werden.
- Der Rollenendschalter der Antriebsmechanik muss 1x pro Monat gereinigt werden.

Schmier- und Reinigungsempfehlung:

- | | |
|--|------------------------------|
| • Schmieren der Linearführung: | Motorex 190 EP Universalfett |
| • Reinigung der Linearführung: | Innotec Multispray 1000 |
| • Reinigung der Nutführung der Tischauflage: | Innotec Multispray 1000 |



Abb. 82 Schmiermittel

12 Behandlung der Bauteile

12.1 Pulverbeschichtung

Die Pulverbeschichtung ist eine Art das Bauteil gegen Korrosion zu schützen. Die Pulverbeschichtung kann in allen verschiedenen Farben angewendet werden. Die dazu benötigten Pulverlacke haben eine Körnung zwischen 1 und 100 Mikrometern. Es ist wichtig das Werkstück vor diesem Vorgang von Verunreinigungen, Schmutz und Rost zu befreien. Es können blanke Werkstücke, wie auch behandelte (verzinkte) Werkstücke pulverbeschichtet werden.

Die Werkstücke werden an ein Gehänge aufgehängt und fahren dann automatisch durch einen Ablauf. Stellen wie Gewinde werden mit temperaturbeständigen Gummizapfen abgedeckt und nach dem Vorgang wieder entfernt.

Vorgang:

1. Reinigung

Zuerst wird das Werkstück gereinigt. Dies geschieht durch eine Waschstrasse. Für die Reinigung wird meistens Wasser verwendet.

2. Trocknung

Nach der Reinigung wird das Werkstück wieder getrocknet. Dazu fährt das Gehänge durch einen Durchlauftrockner.

3. Statische Aufladung

Bei den heutigen Pulverlacken erfolgt die Auftragung des Pulvers elektrostatisch. Zuerst wird eine Pulverwolke erzeugt, dann ziehen sich die gleichnamigen Partikel an das Werkstück und setzen sich nieder. So wird garantiert, dass an jeder Stelle Pulver haftet. So können auch sehr schlecht zugängliche Stellen lackiert werden.

4. Auftragung

Die Pulverlacke werden mit einer Pulversprühpistole aufgetragen. Dies geschieht von Hand oder automatisiert in einem Durchlaufprozess.



Abb. 83 Pulversprühpistolen



Abb. 84 Automatiksprühpistole

5. Einbrennen

Nun kommt das Werkstück in einen Ofen. Die theoretischen Temperaturen der Pulverlacke liegen zwischen 110 und 250 Grad Celsius. Die Werkstücke bleiben jetzt bei einer Haltezeit von 5 bis 30min gehalten. Diese Zeit gibt an, wie lange der Lack eingebrennt wird. Diese Zeit hängt ausschliesslich vom Pulverlack ab. Die Aufwärmzeit ist abhängig von der Werkstückgrösse und Dicke des Materials.



Abb. 85 Pulverauftragung

Vorteile des Pulverbeschichtens:

- Kostengünstiger als Nasslackieren
- Extrem schlagfest
- Nachträgliches Bearbeiten möglich (Schleifen, Bohren...)
- Mechanisch belastbar (dynamisch, selten Risse)
- Witterungsbeständig
- Umweltfreundlich (Auftragung ohne Lösungsmittel)

Nachteile des Pulverbeschichtens:

- Substanz muss perfekt sein, kein Spachteln möglich
- Rostunterwanderung kann erst spät festgestellt werden
- Weniger Glanz als bei einer Nasslackierung
- Gummi, Kunststoffteile können nicht lackiert werden
- Mehrfarbige Beschichtungen nicht möglich

12.2 Eloxieren

Grundbeschreibung:

Das Eloxal-Verfahren wird in der Oberflächentechnik angewendet. Mit dem Eloxal-Verfahren wird eine Schutzschicht auf dem Aluminium durch anodische Oxidation erzeugt. Im Gegensatz zum Lackierauftragen wird hier nicht eine Schutzschicht aufgetragen, sondern es wird die oberste Metallschicht durch Umwandlung ein Oxid bzw. Hydroxid gebildet. Die Schutzschicht hat eine Dicke von 5 - 25 Mikrometer. Sie schützt solange keine Risse oder Lücken entstehen.

Das Aluminium ist nach diesem Eloxal-Verfahren chemisch beständig. Zudem erhöht sich die Härte der Oberfläche und die Reibungswerte reduzieren sich mit anderen Materialien.

Prinzip:

Auf dem Aluminium bildet sich in Verbindung mit Sauerstoff eine natürliche Oxidschicht. Durch eine elektrochemische Behandlung kann diese Schicht verstärkt werden. Das Aluminium wird in einem Elektrolyten mit Schwefelsäure oder Oxalsäure in einem Gleichstromkreislauf geschaltet. Jetzt entsteht aus dem wasserhaltigem Elektrolyten Sauerstoff. Durch die Gleichstromschaltung verbindet sich der Sauerstoff mit dem Aluminium. Werkstücke mit vielen Rundungen, wie auch komplexe Geometrien, bekommen durch das Eloxal-Verfahren eine gleichmässige Aluminiumoxidschicht.

Vorbehandlung:

Die zu behandelnden Werkstücke werden im ersten Schritt entfettet und gebeizt. Beim Beizvorgang mit Natronlauge erhält man eine gleichmässige Oberfläche. Im zweiten Schritt wird sauer mit Salpetersäure oder Flusssäure gebeizt. Durch lange Beizezeiten oder Beimischung von Fremdmaterialien erhält man ganz verschiedene optische Ergebnisse.

Eloxieren:

Nach der Vorbehandlung geht es weiter mit dem Eloxieren. Das Eloxieren geschieht meistens mit dem Gleichstromverfahren angewendet. Es kann aber auch mit Wechselstrom (WX-Verfahren) oder in gemischter Form angewendet werden.

Das Eloxal-Verfahren ist eine Elektrolyse. Das in der Säure enthaltene Oxonium wird durch die negative Elektrode in Wasserstoff und Wasser zerlegt. Der Wasserstoff wird somit frei.

Es werden 3 Arten unterschieden:

- Eintauchverfahren in ein Bad (ganz oder nur teilweise), Stromquelle am Werkstück
- Spritzverfahren, das Werkstück und eine bewegliche Düse wird an eine Stromquelle angeschlossen
- Durchlaufverfahren, die Werkstücke werden wie beim Eintauchverfahren durch ruhende Bäder gezogen

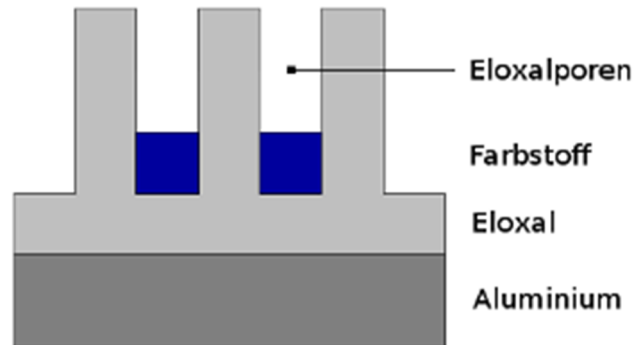


Abb. 86 Eloxieren 1

In der obenstehenden Abbildung ist der Aufbau des Grundmaterials im Zusammenhang mit dem Eloxal und den Poren zu sehen.

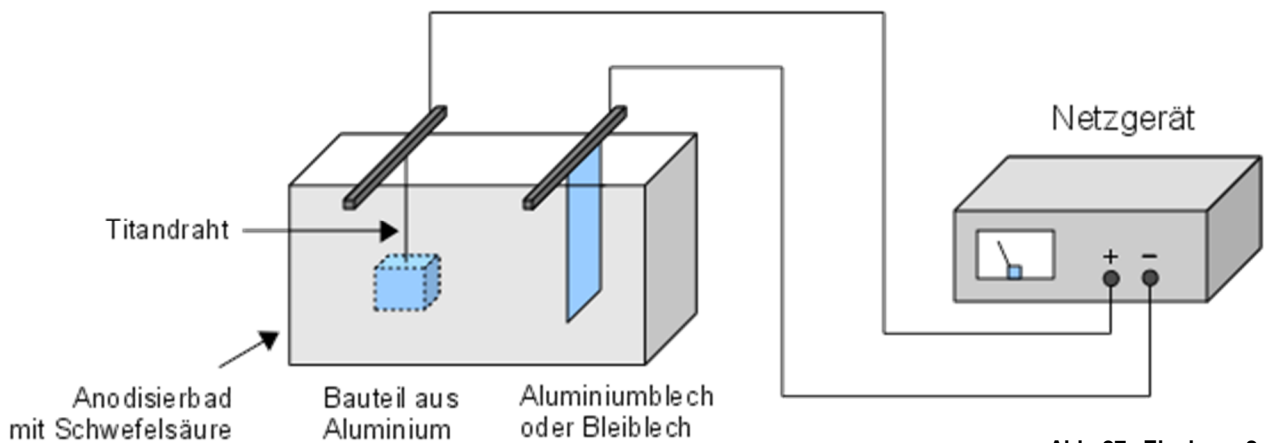


Abb. 87 Eloxieren 2

Hier ist der Grundaufbau des Verfahrens aufgezeigt. Die Werkstücke sind im Anodisierbad mit Schwefelsäure. Die Teile sind unter Spannung.

13 Schlusswort

In meiner Diplomarbeit hatte ich mehrere schwierige Herausforderungen. Ich konnte jedoch fast alle Projektziele erfüllen. Ich bin mit meiner Arbeit sehr zufrieden, da ich ein gesamtes Konzept einer Maschine entwickeln konnte und werde eventuell den Bau dieses Frästisches in einem weiteren Schritt in Angriff nehmen.

Ich konnte mich sehr intensiv in die Thematik CAD einarbeiten und werde dieses Wissen auch in Zukunft anwenden können. Die Ausarbeitung dieses Konzeptes hat mir sehr viel Spass gemacht, da Problemstellungen gelöst, ein vorhandenes Produkt optimiert wurde und der Bediener nicht auf eine gewisse Anzahl Werkzeuge beschränkt ist. Eine grosse Herausforderung war jedoch die Konstruktion des Werkzeughalters und der kompletten Mechanik der Zustellung. Ich denke jedoch, dass am Schluss ein geeignetes Konzept erstellt werden konnte.

14 Lessons learned

Ich habe in meiner Arbeit gelernt, dass die Planungsphase ein sehr wichtiger Teil der Arbeit ist. Ich konnte nach diesem Teil der Arbeit, in einem strukturierten Ablauf weiterarbeiten. Zudem habe ich gelernt, dass bei komplexen Baugruppen sehr oft eine Nachkonstruktion nötig ist. Durch diverse Änderungen an Baugruppen mussten sehr oft auch andere Baugruppen, welche im Zusammenhang stehen, abgeändert werden. Ich lernte auch über die ganze Arbeit hinweg, wie man strukturiert ein Konzept einer solchen Bearbeitungsmaschine erstellt, was die Kernpunkte, wie auch Kernprobleme sind.

Bei der Konstruktion des Werkzeughalters lernte ich im Bereich Hochgeschwindigkeitsanwendung, wie man eine Lagerung in diesem Bereich auslegt und wozu Speziallager zum Einsatz kommen. Ich konnte mir sehr viel Wissen in der Handhabung des CAD (Solidworks) aneignen. Das Einarbeiten in das CAD war ein sehr schwieriger Punkt in meiner Arbeit, den ich aber mit Erfolg bewältigen konnte.

15 Verdankungen

Ich möchte mich in aller Form bei allen Personen, welche mich bei der Ausarbeitung meiner Diplomarbeit unterstützt haben, bedanken.

Einen sehr grossen Dank möchte ich an Herr Rudolf Gautschi aussprechen. Er hat mich als Diplomlehrer sehr gut durch diese aufwendigen acht Wochen geleitet.

Ich bedanke mich auch bei der Schweizerischen Fachschule TEKO im Standort Luzern für die letzten drei Jahre während meiner Ausbildung zum Techniker im Bereich Maschinenbau. Mein Dank gilt auch allen Dozenten, welche ihr Fachwissen in Rahmen des Studiengangs an mich weitergegeben haben und welches ich dann in meiner Diplomarbeit anwenden durfte.

Auch möchte ich mich bei Herr Marcel Freiermuth der Firma Montalpina AG bedanken. Er half mir mit seiner langjährigen Erfahrung im Bereich Lagertechnik, ein Spindellagerungskonzept auszuarbeiten.

Ich bedanke mich auch der Firma Mafell AG, welche mir den Antriebsmotor als CAD Datei zur Verfügung gestellt hat.

16 Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich die Abschlussdokumentation selbstständig verfasst zu haben und keine anderen Angaben als die angegebenen Quellen benutzt zu haben. Die Berechnungen, Analysen und Darstellungen wurden selbstständig erfasst und ausgewertet.

Problemstellungen wurden selbstständig gelöst und von keiner Drittperson bewertet oder korrigiert. Die Berechnungen wurden mit den angegebenen Quellen im Dokument gelöst.

Dieses Semesterarbeit darf nur mit Genehmigung des Verfassers an Drittpersonen weitergegeben werden.

Hitzkirch, 11.10.2021



Mark Meier

17 Anhang

17.1 Literaturverzeichnis

- Dossier TEKO Methodische Konstruktionslehre
- Dossier TEKO Konstruktionselemente
- Dossier TEKO Maschinenelemente
- GIECK Technische Formelsammlung
- EUROPA LEHRMITTEL Tabellenbuch Metall
- SWISSMEM/SNV Normen-Auszug
- Eigene Formelsammlung aus der Mathematik
- EUROPA LEHRMITTEL Formeln für Metallberufe

17.2 Quellenverzeichnis

- <https://www.skf.com/ch/de>
- <https://www.federnshop.com/de/>
- <https://www.gmn.de/>
- <https://www.festo.com/>
- <https://produkte.mafell.de/>
- <https://www.montalpina-shop.com/de/StartPage/>
- <https://www.kaiserkraft.ch/>
- <https://www.motedis.ch/shop/Aluprofile>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia>
- <https://motorex.com/de-ch>
- <https://www.techno-ag.ch/de/produkte/innotec.cfm>
- <https://www.solidworks.com/de>
- <http://www.gewinde-norm.de/metrisches-iso-gewinde-din-13.htm>
- <https://ch.rs-online.com/web/>
- <https://www.google.com/>
- <https://ruwi.de/>
- <https://www.suva.ch/>
- <https://www.mafell.de/>

17.3 Abbildungsverzeichnis

Abb.	Bezeichnung	Seitenzahl
1	Methodik Iperka	5
2	Abkürzungsverzeichnis	6
3	Verteiler	9
4	Anforderungsliste	11
5	Freigabe der Anforderungsliste	13
6	RUWI Tischfräse L	16
7	RUWI Tischauflage	17
8	RUWI Werkzeug/Einstellung	17
9	Mafell FM 1000	18
10	Technische Zeichnung Mafell FM 1000	18
11	Terminplanung 1/2	19
12	Terminplanung 2/2	20
13	Zeiteinteilung Kreisdiagramm	21
14	Mind-Map	22
15	Funktionsstruktur	23
16	Black Box	24
17	Teilfunktionen	25
18	Morphologie 1/2	27
19	Morphologie 2/2	28
20	Auswertung der Teilfunktionen	30
21	Gesamtbewertung der Teilfunktionen	31
22	Gesamtbewertung Kreisdiagramm	31
23	Lösungsvariante 1	33
24	Lösungsvariante 2	35
25	Lösungsvariante 3	37
26	Baugruppenansicht 1	40
27	Baugruppenansicht 2	40
28	Baugruppe Maschinengestell	41
29	Baugruppe Maschinengestell Komponenten	42
30	Tischauflage 1	43
31	Tischauflage 2	43

Abb.	Bezeichnung	Seitenzahl
32	Werkzeug-Sicherung	44
33	Baugruppe Tischauflage Komponenten	45
34	Baugruppe Antriebsmechanik Kernkomponenten	46
35	Baugruppe Antriebsmechanik Komponenten	47
36	Motoraufnahme	49
37	Pneumatikzylinder	49
38	Werkzeughalter 1 Explosionsdarstellung	50
39	Werkzeughalter 1 Schnittansicht 1	51
40	Werkzeughalter 1 Schnittansicht 2	52
41	Werkzeughalter 1 Schnittansicht 3	53
42	Werkzeughalter 1 Schnittansicht 4	54
43	Spindellager Paarung	56
44	Einbaukonzept Neuauslegung	57
45	Formgenauigkeit der Fertigung	58
46	ISO-Toleranzklassen	59
47	Richtwerte Rauheit Lagersitzflächen	59
48	Explosionsdarstellung Werkzeughalter Neuauslegung	60
49	Werkzeughalter Neuauslegung Schnittansicht 1	61
50	GMN Kunststoffabdichtung	62
51	Werkzeughalter Neuauslegung Schnittansicht 2	63
52	Werkzeughalter Neuauslegung Schnittansicht 3	64
53	Werkzeughalter Neuauslegung Detailansicht	65
54	Werkzeughalter Neuauslegung Schnittansicht 3	65
55	Werkzeughalter und Spezialschlüssel	66
56	Baugruppe Maschinenverkleidung	67
57	Seitenblech und Vordertür	67
58	Baugruppe Bedieneinheit	68
59	Baugruppe Bedieneinheit Explosionsdarstellung	69
60	Baugruppe Kupplung	70
61	Komplette Baugruppe Abmessung	71

Abb.	Bezeichnung	Seitenzahl
62	Komplette Baugruppe Seitenansicht	72
63	Werkzeugaustausch 1	74
64	Werkzeugaustausch 2	74
65	Werkzeugaustausch 3	75
66	Werkzeugaustausch 4	75
67	Werkzeugaustausch 5	75
68	Werkzeugaustausch 6	76
69	Werkzeugaustausch 7	76
70	Werkzeugaustausch 8	76
71	Werkzeugaustausch 9	77
72	Werkzeugaustausch 10	77
73	Elektrische Komponenten 1	78
74	Elektrische Komponenten 2	79
75	Elektrische Komponenten 3	80
76	Pneumatische Komponenten	81
77	Auswertung der Anforderungsliste	82
78	Kostenzusammenstellung 1	83
79	Kostenzusammenstellung 2	84
80	Kostenzusammenstellung 3	85
81	Sicherheitskreislauf	87
82	Schmiermittel	88
83	Pulversprühpistolen	89
84	Automatiksprühpistole	89
85	Pulverauftragung	90
86	Eloxieren 1	92
87	Eloxieren 2	92

17.4 Datenblatt Antriebsmotor

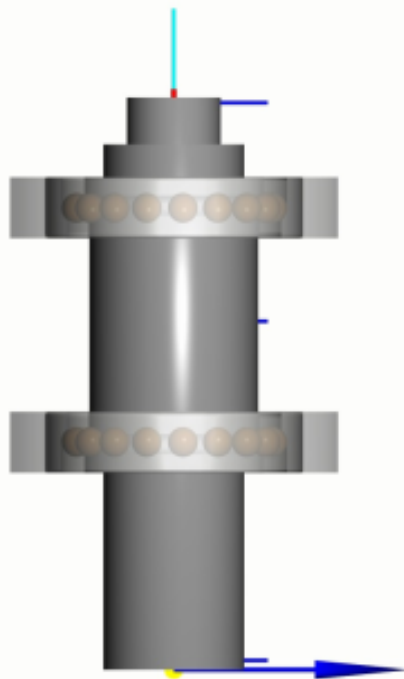
	FM 800	FM 1000	FM 1000 PV	FM 1000 PV-ER	FM 1000 WS	FM 1000 PV-WS	FM 1000 (120 V)
Betriebsspannung / V	230	230	230	230	230	230	120
Netzfrequenz / Hz	50	50	50	50	50	50	60
Aufnahmeleistung / W	800	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Nennstrom / A	4,0	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	8,3
Versorgungsspannung / V*	-	-	8 - 56	8 - 56	-	8 - 56	-
Steuerspannung zur Drehzahlvorgabe / V*	-	-	0 - 10	0 - 10	-	0 - 10	-
Ausgabe Restlaufzeit / V*	-	-	0 - 5	0 - 5	-	0 - 5	-
Stromaufnahme / mA*	-	-	3 - 5	3 - 5	-	3 - 5	-
Leerlaufdrehzahl / min ⁻¹	7000 - 25000	4000 - 25000	4000 - 25000	4000 - 25000	4000 - 25000	4000 - 25000	10000 - 25000
Werkzeugaufnahme mit Spannzange \varnothing / mm	6	8	8	8	8	8	6,35 (1/4")
Werkzeug-Schaft / mm	3 - 8	3 - 8	3 - 8	3 - 8	3 - 8	3 - 8	3 - 8
Fräser \varnothing , max. / mm	36	36	36	36	36	36	36
Schleifkörper \varnothing , max. / mm	40	40	40	40	40	40	40
Gewicht ohne Netzkabel / kg	1,6	1,6	1,6	1,6	2,8	2,8	1,6
Länge der Anschlussleitung / m	1	4	0,75 + 4	0,75 + 4	4	0,75 + 4	4
Abmessungen (B x L x H) / mm	73 x 254 x 79	73 x 254 x 79	73 x 254 x 79	73 x 254 x 79	92 x 280 x 85	92 x 280 x 85	73 x 254 x 79

17.5 Sim Pro Frässpindel



SKF SimPro Spindle

Lagerung Frässpindel





1. Abstract

General comments about bearing rating life:

For rating life results above 100.000 hours, other failure modes than those included in the current rating life models will dominate and limit the life of the bearing

For load cycle analysis the Combined bearing life is shown.

When life value shows '0' or 'N/A', then one (or more) mandatory check criteria are not fulfilled. See warning check tables.

For detailed information and assumptions concerning the fatigue life calculation methodology refer to the ISO standard. Individual bearing life can only be predicted statistically. Life calculations refer only to a bearing population and a given degree of reliability, i.e. 90%. Furthermore field failures are not generally caused by fatigue, but are more often caused by contamination, wear, misalignment and corrosion, or as a result of cage, lubrication or seal failure.

Grease L01 and L10 : For super precision bearings these are grease relubrication intervals as described in the SuPB catalogue. For standard catalogue bearings L01 represents the grease relubrication interval and L10 the grease life for capped bearings as described in Rolling bearings catalogue.

Bearing	Basic rating life (ISO 281) (L10) [h]	Modified reference rating life (ISO/TS 16281) (L10mr) [h]	Grease L01 life [h]	Grease L10 life [h]
A 1. 7006 CE	9400	> 200000	800	2200
A 2. 7006 CE	8700	> 200000	800	2200



2. Input

2.1. Bearing data

Bearing geometry

Bearing	Bearing designation	Bearing type	Bore diameter (d) [mm]	Outer diameter (D) [mm]	Bearing width (B) [mm]
A 1. 7006 CE	7006 CE	ACBB	30.000	55.000	13.000
A 2. 7006 CE	7006 CE	ACBB	30.000	55.000	13.000

Individual bearing product data

Bearing load rating

Bearing	Basic dynamic load rating (C) [kN]	Basic static load rating (C0) [kN]	Fatigue load limit (Pu) [kN]
A 1. 7006 CE	9.4	5.2	0.22
A 2. 7006 CE	9.4	5.2	0.22

Individual bearing product data

Bearing group data

Support group	Support group designation	Boundary type	Attainable Speed Grease [rpm]	Attainable Speed Oil-air [rpm]	Unmounted preload [N]	Spacer reduction IR [um]	Spacer reduction OR [um]
SupportGroupA	1x 7006 CEGA/ P4A (L) 1x 7006 CEGA/ P4A (R)	Locating	31200.00	48000.00	50	N/A	N/A

Attainable speed: Attainable speeds for groups including reduction factors for bearing sets. The attainable rotational speeds provided in this tables should be regarded as guideline values.

For bearing sets with spring or hydraulic preload these speeds are valid under light load ($P < 0,05 C$) when the group is lightly preloaded. In addition, good heat dissipation from the bearing arrangement is a prerequisite.

The values provided for grease lubrication are maximum values that can be attained with a good lubricating grease that has a low consistency and low viscosity.

Unmounted preload represents the preload value, set in the bearing during manufacturing i.e. before mounting. In case of hydraulic preload, the unmounted preload will be displayed as N/A. (not applicable)

Spacer reduction: Positive values indicate reduction in spacer length while negative values indicate increase in spacer length. If spacer is not selected in the model, the values are shown as N/A. For additional information contact the SKF application engineering service.

Bearing mounted preload

Bearing	Axial load in contact direction [N]
A 1. 7006 CE->ReACBB_1	104.09
A 2. 7006 CE->ReACBB_1	104.09

Preload at mounted condition

Evaluated at zero speed, no external loads, reference temperature of 20C

Including effect of bearing tolerances, shaft/housing tolerances, manufacturing clearance and bearing pre displacements

Hydraulic preload: In case of hydraulic preload, the values shown here are dependent on the hydraulic forces entered in the support group



2.2. Lubricant data

Lubricant data general

Lubricant	Lubricant type	Method etaC	Viscosity at 40 C [mm2/s]	Viscosity at 100 C [mm2/s]	With effective EP additives	With proven effective EP for etaC<0.2
Isolflex NBU 15	Grease	ISO 281 2007	21.00	4.50	Off	N/A

Oil-air lubrication recommendation

Bearing	Oil nozzle position [mm]	Oil flow rate [mm3/h]
A 1. 7006 CE		N/A
A 2. 7006 CE		N/A

Only applicable for oil air lubrication. 'N/A' for grease lubrication

2.3. Temperatures and interferences

Temperatures

Bearing	Shaft / Inner ring [C]	Outer ring / Housing [C]
A 1. 7006 CE	70	65
A 2. 7006 CE	70	65

Housing temperature is same as outer ring temperature.

Shaft temperature is same as the inner ring temperature.

Rotor temperature is assumed to be equal to the shaft temperature, if not specified separately. The reference temperature for all calculations is considered as 20C.

Shaft and housing fits (after mounting)

Objects	Interference [um]
Shaft system_1->Shaft->SupportGroup A_A 1. 7006 CE_IR	2.5
Shaft system_1->Shaft->SupportGroup A_A 2. 7006 CE_IR	2.5
A 1. 7006 CE->OR->Housing	-3.5
A 2. 7006 CE->OR->Housing	-3.5

Shaft/housing fits at IR/OR at mounting:

- Positive value: interference

- Negative value: clearance

Only geometrical effects are considered i.e Bearing IR/OR tolerances, shaft and housing

Shaft and housing fits (in operation)

Objects	Interference [um]
Shaft system_1->Shaft->SupportGroup A_A 1. 7006 CE_IR	0.3
Shaft system_1->Shaft->SupportGroup A_A 2. 7006 CE_IR	0.3
A 1. 7006 CE->OR->Housing	-3.5



A 2. 7006 CE->OR->Housing	-3.5
---------------------------	------

Shaft/housing fits at IR/OR at operation:

- Positive value: interference
- Negative value: clearance

Effects of fits of shaft and housing, tolerances of bearing rings, speed effects (centrifugal effects) and temperature of components is considered.

2.4. Tightening torque

Tightening torque

Torque	Inner ring locking procedure	Inner ring lock side	End plate/lock nut nominal thread diameter	End plate /lock nut tightening torque [Nm]
SupportGroup A->lighteningTorque	LockNut	Left	M30	12.09

The tightening torque does NOT influence the bearing preload. The input is only used for calculation of tightening torque based on SuPB catalogue guidelines.

2.5. External loads

Moments

Moment	Moment [Nm]			magnitude
	YZ	ZX	XY	
Moment_1	10.5	0	0	10.5

Shaft speed

Boundary	Rotation speed [rpm]
Rotation speed_1	25000



3. Results

3.1. Bearing loads and displacements

Bearing loads & max. pressure

Bearing	Bearing radial load [N]	Bearing axial load [N]	Max pressure (IR) [N/mm ²]	Max pressure (OR) [N/mm ²]
A 1. 7006 CE	169	222	1453	1328
A 2. 7006 CE	169	229	1463	1335

Forces are displayed in the actual local coordinate system

Bearing loads, displacement & misalignment

Bearing	Bearing load [N]			Bearing moment load [Nm]			Displacement [um]			Misalignment [min]			Total misalignment [min]
	X	Y	Z	YZ	ZX	XY	X	Y	Z	YZ	ZX	XY	
A 1. 7006 CE	0.00	169.26	221.57	1.02	0.00	0.00	0	2	-3	0	0	0	0
A 2. 7006 CE	0.00	169.26	229.47	1.02	0.00	0.00	0	2	-2	0	0	0	0

Bearing displacement and misalignment of inner ring relative to outer ring
The displacements and misalignments are displayed in the local coordinate system of the bearing

Bearing contact data

Bearing	RE	Load (IR) [N]	Load (OR) [N]	Angle (IR) [deg]	Angle (OR) [deg]	Def. (IR) [um]	Def. (OR) [um]
Shaft system_1- >SupportGroup A->A 1. 7006 CE->ReACBB_1	1	40	66	18.1	10.7	2	2
	2	48	74	17.7	11.3	2	3
	3	56	83	17.5	11.8	2	3
	4	63	89	17.3	12.1	2	3
	5	66	93	17.2	12.2	3	3
	6	65	92	17.2	12.1	3	3
	7	60	86	17.3	11.9	2	3
	8	52	79	17.6	11.5	2	3
	9	43	70	17.9	11.0	2	2
	10	36	63	18.3	10.4	2	2
	11	30	57	18.7	9.8	2	2
	12	27	54	19.0	9.4	1	2
	13	25	52	19.2	9.1	1	2
	14	24	51	19.2	9.0	1	2
	15	26	52	19.1	9.2	1	2
	16	28	55	18.9	9.6	1	2



	17	33	60	18.5	10.1	2	2
Shaft system_1-	1	41	68	18.1	10.9	2	2
>SupportGroup A->A 2.	2	49	76	17.7	11.4	2	3
7006 CE->ReACBB_1	3	58	84	17.5	11.9	2	3
	4	64	91	17.3	12.2	3	3
	5	67	94	17.2	12.3	3	3
	6	66	93	17.2	12.2	3	3
	7	61	88	17.4	12.0	2	3
	8	53	80	17.6	11.7	2	3
	9	45	72	17.9	11.2	2	2
	10	38	64	18.3	10.6	2	2
	11	32	59	18.6	10.0	2	2
	12	28	55	18.9	9.6	1	2
	13	26	53	19.1	9.3	1	2
	14	26	53	19.1	9.3	1	2
	15	27	54	19.0	9.4	1	2
	16	30	57	18.8	9.8	2	2
	17	35	61	18.5	10.3	2	2

- Position: angular position of rolling elements (from X-axis towards Y-axis)
- Load: rolling element contact loads
- Angle: the absolute contact angle
- Def: deformation of contacts



3.2. Shaft loads and displacements

Shaft loads and displacements

Interface	Position [mm]			Force [N]			Displacement [um]			Moment [Nm]		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	YZ	ZX	XY
intf_Force_1_1->InterfaceOutput	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.95	-4.75	0.00	0.00	0.00
intf_Moment_1_1->InterfaceOutput	0.00	0.00	74.30	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	39.86	10.50	0.00	0.00
intf_Rotation speed_1_1->InterfaceOutput	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.82	-3.55	0.00	0.00	0.00
intf_SupportGroupA_1->InterfaceOutput	0.00	0.00	48.50	0.00	-169.24	-221.94	0.00	1.71	24.35	-1.02	0.00	0.00
intf_SupportGroupA_2->InterfaceOutput	0.00	0.00	98.50	0.00	169.24	229.12	0.00	-1.63	54.41	-1.02	0.00	0.00
intf_Torque reaction_1_1->InterfaceOutput	0.00	0.00	120.88	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.13	67.83	0.00	0.00	0.00

3.3. Bearing life

General comments about bearing rating life:

For rating life results above 100.000 hours, other failure modes than those included in the current rating life models will dominate and limit the life of the bearing

For load cycle analysis the Combined bearing life is shown.

When life value shows '0' or 'N/A', then one (or more) mandatory check criteria are not fulfilled. See warning check tables.

For detailed information and assumptions concerning the fatigue life calculation methodology refer to the ISO standard. Individual bearing life can only be predicted statistically. Life calculations refer only to a bearing population and a given degree of reliability, i.e. 90%. Furthermore field failures are not generally caused by fatigue, but are more often caused by contamination, wear, misalignment and corrosion, or as a result of cage, lubrication or seal failure.

Grease L01 and L10 : For super precision bearings these are grease relubrication intervals as described in the SuPB catalogue. For standard catalogue bearings L01 represents the grease relubrication interval and L10 the grease life for capped bearings as described in Rolling bearings catalogue.

Bearing & grease life

Bearing	Basic rating life (ISO 281) (L10) [h]	Modified reference rating life (ISO/TS 16281) (L10mr) [h]	Grease L01 life [h]	Grease L10 life [h]



A 1. 7006 CE	9400	> 200000	800	2200
A 2. 7006 CE	8700	> 200000	800	2200

3.4. Bearing kinematics & Hoop stress

Bearing kinematics

Bearing	Difference in contact angle (max) [deg]	Spin to roll ratio (max, IR) [-]	Spin to roll ratio (max, OR) [-]	Bearing speed [rpm]	A [mm/min]	Bearing total misalignment [min]
A 1. 7006 CE	10.18	0.15	0.09	25000.00	1050675	0.22
A 2. 7006 CE	9.87	0.15	0.09	-25000.00	1050675	0.22

Bearing Kinematics

To avoid premature failure and noise the following safety limit must be checked in dynamic conditions:

- bearing misalignment (<2min ACBB/ <1min CRB)

-contact angle variation (<15)

-spin to roll ratio (<0.3)

The spin to roll ratio will be calculated as described in "Das Verhalten axial verspannter, schnell-drehende Schrägkugellager" by Udo Tuellmann.

BTW bearing has two row of rolling elements i.e BTW_Re_L and BTW_Re_R. The present table is configured to display both row values next to each other. The first element represents the right row value while the second element represents the left row value

Bearing Hoop stress

Bearing (IR or OR)	Maximum 2D hoop stress [N/mm ²]
Shaft system_1->SupportGroup A->A 1. 7006 CE->IR	18.7
Shaft system_1->SupportGroup A->A 1. 7006 CE->OR	2.2
Shaft system_1->SupportGroup A->A 2. 7006 CE->IR	18.7
Shaft system_1->SupportGroup A->A 2. 7006 CE->OR	2.2

Hoop stress to be < 150 N/mm²

3.5. Bearing frequencies

Bearing	Rotational frequency IR [hertz]	Rotational frequency OR [hertz]	Rotational frequency of RE set and cage [hertz]	Rolling element about its axis [hertz]	Over-rolling frequency of point on IR [hertz]	Over-rolling frequency of point on OR [hertz]	Over-rolling frequency of point on RE [hertz]
A 1. 7006 CE	416.67	0	177.73	1349.09	4061.86	3021.47	2698.18
A 2. 7006 CE	416.67	0	177.75	1349.12	4061.62	3021.72	2698.24

* BTW bearing has two row of rolling elements i.e BTW_Re_L and BTW_Re_R. The present table is configured to display both row values next to each other. The first element represents the right row value while the second element represents the left row value

Bearing stiffness

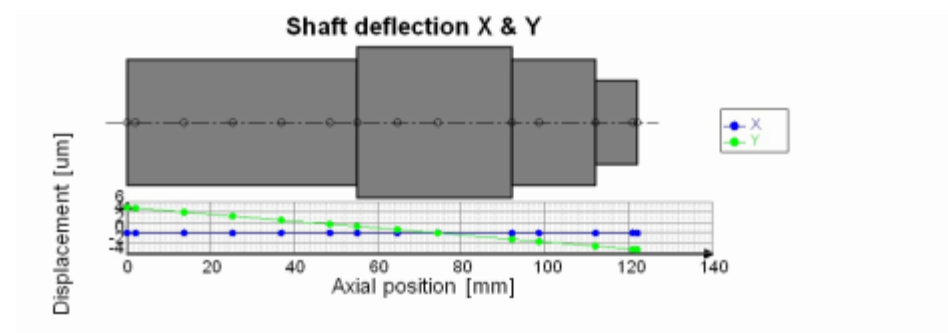
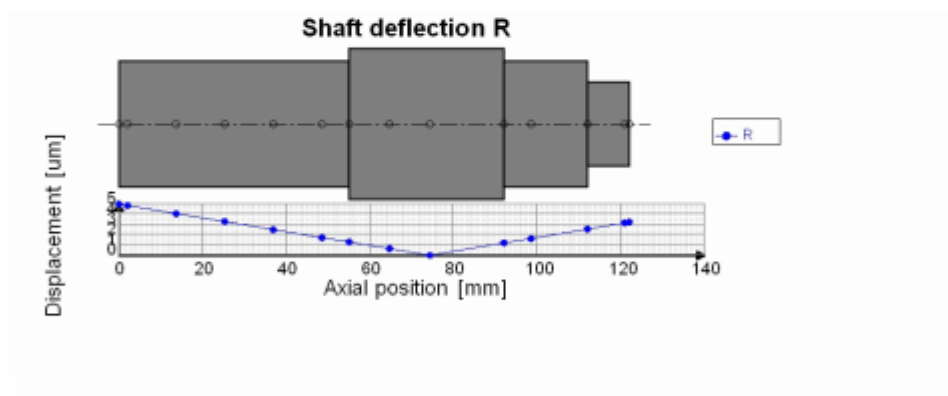
Bearing	Elements	Bearing stiffness
---------	----------	-------------------



bearing		coordinate				
		1: X [1/m]	2: Y [1/m]	3: Z [1/m]	4: YZ [1/rad]	5: XZ [1/rad]
A 1. 7006 CE	1: Fx [N]	8.18E07	0	0	0	-4.87E05
	2: Fy [N]	0	8.57E07	1.21E07	5.09E05	0
	3: Fz [N]	0	1.19E07	1.48E07	7.32E04	0
	4: Myz [Nm]	0	5.02E05	7.31E04	3.31E03	0
	5: Mxz [Nm]	-4.81E05	0	0	0	3.18E03
A 2. 7006 CE	1: Fx [N]	8.51E07	0	0	0	-5.07E05
	2: Fy [N]	0	8.84E07	1.20E07	5.26E05	0
	3: Fz [N]	0	1.18E07	1.53E07	7.27E04	0
	4: Myz [Nm]	0	5.19E05	7.27E04	3.42E03	0
	5: Mxz [Nm]	-5.01E05	0	0	0	3.31E03

Bearing stiffness is defined as the contact stiffness of the IR in relation to the CR, in the actual IR coordinate system. Please note that the stiffness is derived for constant displacement and not for constant load. Be aware that ring stiffness is not included in the bearing stiffness matrix (only contact stiffness is considered).

3.6. Charts



17.6 Datenblatt S7006/CE/P4A**SKF**

Generated from www.skf.com on 2021-09-16



7006 CE/P4A Angular contact ball bearings, super-precision

Angular contact ball bearings,
super-precision

Product details

[Tolerances,](#)

[P4A, P4B, P4, PA9A, P2, D design,](#)

[E design, B design,](#)

[direct oil-air lubrication](#)

Principles of bearing

[selection and application](#)

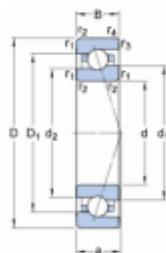
[Chamfer dimensions,](#)

[Seat tolerances for standard conditions,](#)

[shafts, housings, shafts, housings,](#)

[Initial grease fill](#)

Technical specification



DIMENSIONS

d	30 mm	Bore diameter
D	55 mm	Outside diameter
B	13 mm	Width
d ₁	38.2 mm	Shoulder diameter of inner ring (large side face)
d ₂	36.4 mm	Shoulder diameter of inner ring (small side face)
D ₁	45.81 mm	Shoulder diameter of outer ring (large side face)
r _{1,2}	min.1 mm	Chamfer dimension (large side face)
r _{3,4}	min.0.6 mm	Chamfer dimension (small side face)
a	12.2 mm	Distance from side face to pressure point

ABUTMENT DIMENSIONS

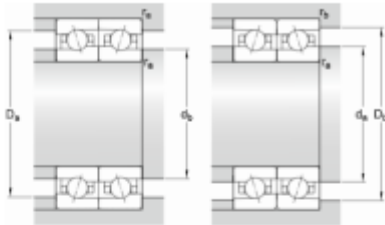
da	min.34.6 mm	Diameter of shaft abutment
----	-------------	----------------------------

SKF

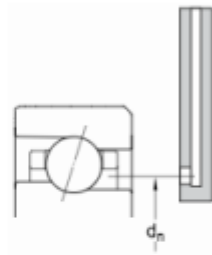
Page 1 of 5

SKF

Generated from www.skf.com on 2021-09-16



db	min.34.6 mm	Diameter of shaft abutment
Da	max.50.4 mm	Diameter of housing abutment
Db	max.50.8 mm	Diameter of housing abutment
ra	max.1 mm	Radius of fillet
rb	max.0.6 mm	Radius of fillet
dn	39.9 mm	Psition of oil nozzle



CALCULATION DATA

C	9.36 kN	Basic dynamic load rating
C ₀	5.2 kN	Basic static load rating
P _u	0.22 kN	Fatigue load limit
	39 000 r/min	Attainable speed for grease lubrication
	60 000 r/min	Attainable speed for oil-air lubrication
α	15 °	Contact angle
D _w	6.35 mm	Ball diameter
z	17	Number of balls
G _{ref}	1.7 cm	Reference grease quantity

PRELOAD AND STIFFNESS (BACK-TO-BACK, FACE-TO-FACE)

G _A	50 N	Preload class A
----------------	------	-----------------

SKF

Page 2 of 5

SKF

Generated from www.skf.com on 2021-09-16

	28 N/μm	Static axial stiffness, preload class A
G_B	150 N	Preload class B
	44 N/μm	Static axial stiffness, preload class B
G_C	300 N	Preload class C
	60 N/μm	Static axial stiffness, preload class C

CALCULATION FACTORS

f	1.05	Correction factor dependent on bearing series and size
f_1	1	Correction factor dependent on contact angle
f_{2A}	1	Correction factor, preload class A
f_{2B}	1.03	Correction factor, preload class B
f_{2C}	1.05	Correction factor, preload class C
f_{HC}	1	Correction factor for hybrid bearings
f_0	7.9	Calculation factor

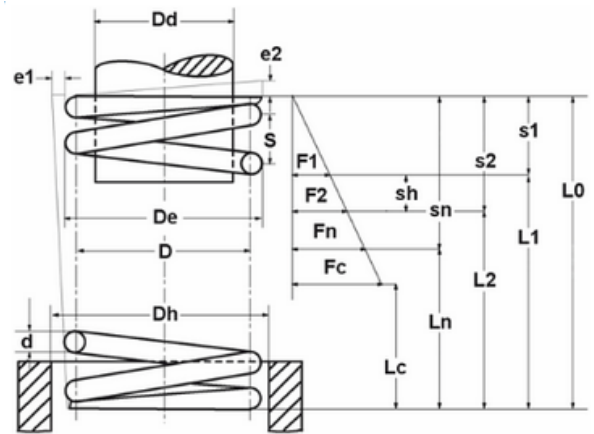
MASS

	0.11 kg	Mass
--	---------	------

SKF

Page 3 of 5

17.7 Datenblatt Druckfeder



Technische Daten

Formelzeichen	Wert	Einheit	Beschreibung
Material	EN 10270-1	-	Werkstoffart
Federenden	Angelegt und geschliffen	-	Federenden
F1		N	Kraft der Feder vorgespannt
L1		mm	Länge der Feder vorgespannt
s1		mm	Strecke der Feder vorgespannt
F2		N	Kraft der Feder gespannt
L2		mm	Länge der Feder gespannt
s2		mm	Strecke der Feder gespannt
d	3,2	mm	Drahtdurchmesser
Di		mm	Innerer Windungsdurchmesser
D	51,8	mm	Mittlerer Windungsdurchmesser
De	55	mm	Äußerer Windungsdurchmesser
Dd	47,1	mm	Dorndurchmesser
Dh	58,4	mm	Hülsendurchmesser
L0	117	mm	Ungespannte Länge der Feder
Lk		mm	Knicklänge
Fn	206,145	N	Höchstkraft der Feder
Ln	23,12	mm	Kleinste Länge der Feder
sn	93,88	mm	Größter Federweg bei statischer Belastung
Fndyn	200,089	N	Dynamische Höchstkraft
Lndyn	25,88	mm	Kleinste Länge dynamische Belastung
shdyn	37,07	mm	Größter Federweg dynamische Belastung
S	32,514	mm	Steigung der Federn
n	3,5	Stück	Anzahl der federnden Windungen
nt		Stück	Anzahl der Gesamtwindungen
R	2,196	N/mm	Federrate
Gewicht	56,9	g	Gewicht des Artikels
Fntol	15,02	N	(+/-) Toleranz für statische Höchstkraft
Fndtol	14,93	N	(+/-) Toleranz für dynamische Höchstkraft
Detol	1,1	mm	(+/-) Toleranz für Windungsdurchmesser
L0tol	5,43	mm	(+/-) Toleranz für ungespannte Länge der Feder
Preisgruppe	O	-	Preisgruppe für diesen Artikel
F1tol		N	(+/-) Toleranz Kraft der Feder vorgespannt
F2tol		N	(+/-) Toleranz Kraft der Feder gespannt

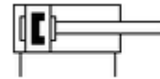
17.8 Datenblatt Pneumatikzylinder

Normzylinder DSNU-25-60-P-A

Teilenummer: 1908309

★ Kernprogramm

nach DIN ISO 6432 für Positionserkennung. Verschiedene Befestigungsmöglichkeiten, mit und ohne zusätzliche Befestigungselemente. Mit elastischen Dämpfungsringen in den Endlagen.

FESTO

Allgemeine Einsatzbedingungen

Datenblatt



Datenblatt

Merkmal	Wert
Versanddatum	→ anzeigen
Hub	60 mm
Kolben-Durchmesser	25 mm
Kolbenstangengewinde	M10x1,25
Dämpfung	P: elastische Dämpfungsringe/-platten beidseitig
Einbaulage	beliebig
Entspricht Norm	CETOP RP 52 P ISO 6432
Kolbenstangenende	Außengewinde
Konstruktiver Aufbau	Kolben Kolbenstange Zylinderrohr
Positionserkennung	für Näherungsschalter
Varianten	einseitige Kolbenstange
Betriebsdruck Mpa	0.1 ... 1 MPa
Betriebsdruck	1 ... 10 bar
Funktionsweise	doppeltwirkend
Betriebsmedium	Druckluft nach ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Hinweis zum Betriebs- und Steuermedium	Geölt Betrieb möglich (im weiteren Betrieb erforderlich)
Korrosionsbeständigkeitsklasse KBK	2 - mäßige Korrosionsbeanspruchung
Umgebungstemperatur	-20 ... 80 °C
Aufprallenergie in den Endlagen	0.3 J
Theoretische Kraft bei 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), Rücklauf	247.4 N
Theoretische Kraft bei 0,6 MPa (6 bar, 87 psi), Vorlauf	294.5 N
Bewegte Masse bei 0 mm Hub	71 g
Gewichtszuschlag pro 10 mm Hub	11 g
Grundgewicht bei 0 mm Hub	238 g
Zuschlag bewegte Masse pro 10 mm Hub	6 g
Befestigungsart	mit Zubehör
Pneumatischer Anschluss	G1/8
Werkstoffhinweis	RoHS konform
Werkstoff Deckel	Aluminium-Knetlegierung farblos eloxiert
Werkstoff Dichtungen	NBR TPE-U(PU)
Werkstoff Kolbenstange	hochlegierter Stahl rostfrei
Werkstoff Zylinderrohr	hochlegierter Stahl rostfrei

17.9 Datenblatt Labyrinthdichtung

GMN

Berührungslose Dichtungen

www.gmn.de

Labyrinthdichtung aus Kunststoff Bauform S

**S 40 X 62 X 10**

Artikelnummer 301567

Technische Daten

Werkstoff: Hochwertiges Polyoxymethylen (POM)

Innendurchmesser d: 40 mm

Außendurchmesser D: 62 mm

Einbaubreite B: 10 mm

Dichtspalt: Konisch

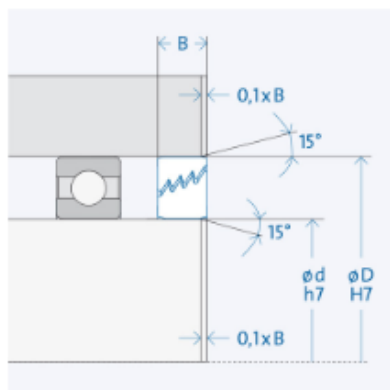
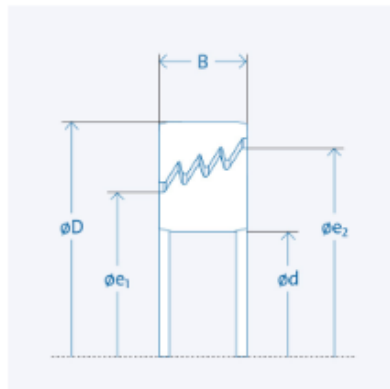
Axialspiel S_{ax}^* : 0.8 mmSpaltdurchmesser e_1 : 46 mmSpaltdurchmesser e_2 : 56 mm

Drehzahlgrenze: 22000 U/min

Gewicht: 0.0225 kg

Betriebstemperatur t: $-40^\circ - 60^\circ\text{C}$

*gesamte Beweglichkeit von einer Endposition zur Anderen

Der größere Spaltdurchmesser e_2 muss zur Seite der Beaufschlagung zeigen

Montage

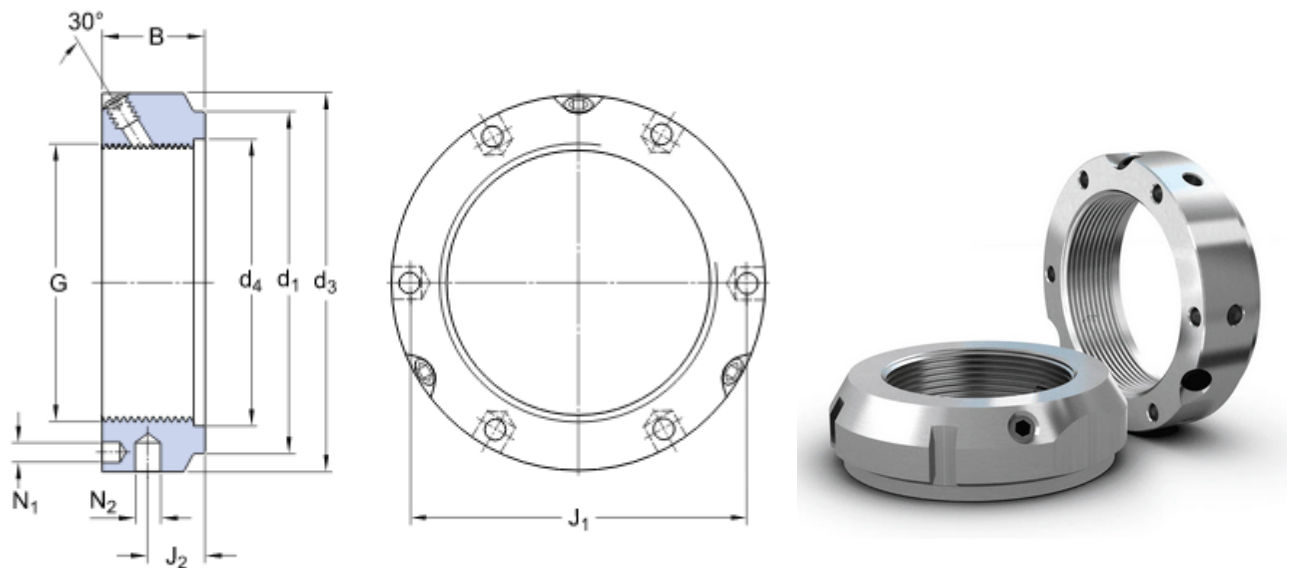
I: Länge (Anfasung von Welle und Gehäuse) in Abhängigkeit von Breite B: $I = 0,1 \times B$

Bauteiltoleranzen

Umgebungsstruktur (Anschlusssteile)

Gehäuse: H7 / Welle: h7

Oberflächengüte: $Rz \leq 16 \mu\text{m}$; $Ra \leq 3,2 \mu\text{m}$

17.10 Datenblatt Präzisionsmutter**ABMESSUNGEN**

G	M 30x1.5	Gewinde
d ₁	40 mm	Außendurchmesser Festlager-Stirnseite
B	20 mm	Breite
d ₃	48 mm	Außendurchmesser
d ₄	32 mm	Innendurchmesser Festlager-Stirnseite
J ₁	40.5 mm	Teilungsdurchmesser für verstellbaren Zweilochmutterndreher
J ₂	11 mm	Abstand zwischen Löchern für Hakenschlüssel mit Zapfen und Festlager-Stirnseite
N ₁	4.3 mm	Durchmesserlöcher für verstellbaren Zweilochmutterndreher
N ₂	5 mm	Durchmesserlöcher für Hakenschlüssel mit Zapfen

17.11 Datenblatt Lenkrollen



Technische Daten

Bauform	Lenkrolle mit Doppelstopp Lenkrolle
Lieferumfang	2 Lenkrollen, 2 Lenkrollen mit Doppelstopp
Radmaterial	Vollelastik
Felgenmaterial	Kunststoff
Gehäusematerial	Stahl
Befestigungsart	Platte
Radlagerung	Rollenlager
Temperaturbeständigkeit	-5 °C bis +60 °C
Schraublochdurchmesser	9 mm
Plattenmaß Bockrolle	105 x 85 mm
Plattenmaß Lenkrolle	105 x 85 mm
Schraublochabstand	80 x 60 mm
Gehäuseoberfläche	verzinkt
Shorehärte	70 A
Produkttyp	Transportrollen
Eigenschaft	bodenschonend spurlos geringer Abrieb geringer Rollwiderstand
Anlieferung	montiert

17.12 Technische Darstellungen

