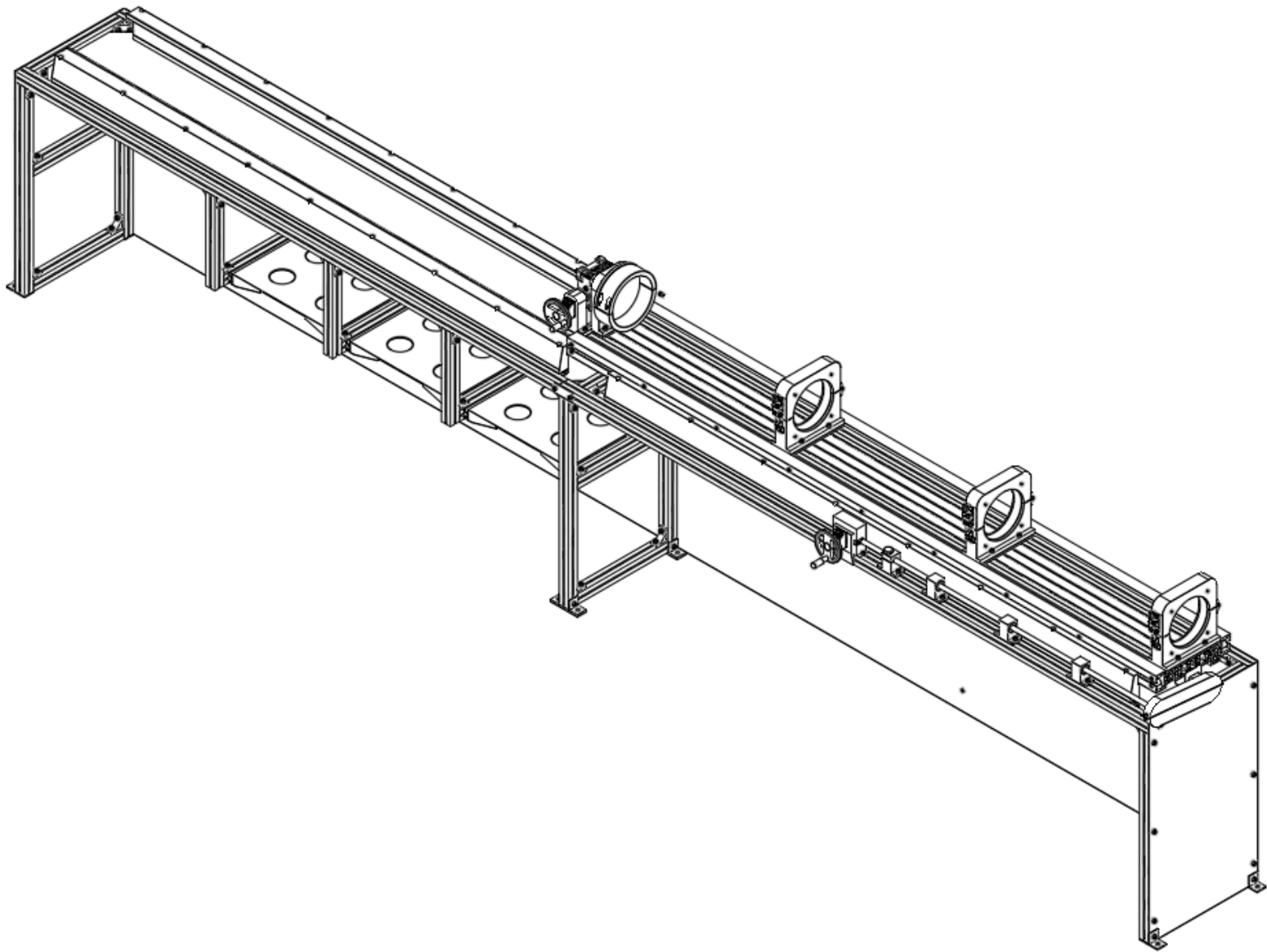


Diplomarbeit

Entwicklung Linear- und Drehantrieb für T-Drill TEC- 150



Diplomand: Lukas Bammert

Schule: TEKO Olten

Klasse: O-TMA-21-T-a

Ausbildung: Dipl. Maschinenbautechniker

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis.....	1
2	Management Summary.....	3
3	Kurzer beruflicher Lebenslauf	4
4	Qualifikationsprofil.....	6
4.1	Allgemeine Kompetenzen	6
4.2	Studienspezifische Kompetenzen	7
5	Projektinitialisierung	8
5.1	Pflichtenheft	8
5.1.1	Wie kam die Idee zustande	8
5.1.2	Ausgangslage	8
5.1.3	Anforderungsliste	10
5.2	Zielscheibe	12
6	Projektplanung.....	13
6.1	Vorgehensmodell	13
6.2	Projektstrukturplanung	14
6.3	Projektablaufplanung.....	15
6.4	Kommunikationsplanung	17
6.5	Risikoanalyse	18
7	Projektrealisierung	19
7.1	Analyse	19
7.1.1	T-Drill SEC-115.....	19
7.1.2	T-Drill S56 P.....	21
7.2	Kreativitätsmethode.....	23
7.3	Priorisierungsmethode	24
7.4	Variantenbildung	28
7.5	Morphologischer Kasten.....	28
7.5.1	Variante 1 (Zahnstangen)	29
7.5.2	Variante 2 (Schere).....	30
7.5.3	Variante 3 (Unterlagen).....	31
7.6	Evaluation der geeignetsten Variante.....	32
7.6.1	Kriterien für Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse	32
7.6.2	Präferenzmatrix.....	33
7.6.3	Nutzwertanalyse.....	34
7.6.4	Sensitivitätsanalyse.....	35
7.6.5	Resultat der Variantenevaluation	35
8	Ausarbeitung der Variante	36
8.1	Vorwort.....	36
8.1.1	Was ist eine Rohraushalsung.....	37

8.1.2	Was ist der Vorteil einer Rohraushalsung	37
8.1.3	Beispiel Aushalstabelle	38
8.2	Phasenplan	39
8.3	Berechnungen.....	40
8.3.1	Berechnungsplan	40
8.3.2	Berechnung der Bearbeitungskräfte.....	41
8.3.3	Rohrstatik.....	48
8.3.4	Überprüfung der gewählten Lageranzahl (Fixlager / Loslager):	51
8.3.5	Definierung der Systemrelevanten Normteilen.....	52
8.4	Konstruktion	60
8.4.1	Radialantrieb:.....	60
8.4.2	Linearantrieb:	66
8.4.3	Untergestell und Laufftisch.....	73
8.5	SWOT – Analyse.....	81
8.6	Risiko - Analyse.....	83
8.7	Kosten-Nutzen-Analyse.....	86
9	Projektabschluss	91
9.1	Projektüberwachung.....	91
9.2	Evaluation der Zielerreichung.....	94
9.3	Reflexion Weg zum Ziel	98
9.4	Lessons learnt.....	99
9.5	Ausblicke.....	99
10	Eigenständigkeitserklärung.....	100
11	Verzeichnisse	101
11.1	Abkürzungsverzeichnis.....	101
11.2	Abbildungsverzeichnis	101
11.3	Tabellenverzeichnis	102
11.4	Diagrammverzeichnis	103
11.5	Quellenverzeichnis	103
11.6	Formelverzeichnis.....	103
11.7	Literatur und Quellenverzeichnis zu Formeln	103
12	Anhang	104
12.1	Anhangsverzeichnis.....	104

2 Management Summary

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Thema der Entwicklung eines Radial- und Axialantriebes für die Rohraushalsmaschine T-Drill TEC 150.

Ausgangslage:

Aktuell werden alle Rohre manuell auf die Aushalsung vorbereitet. Das bedeutet, dass jede Aushalsung an der entsprechenden Position angezeichnet und die Maschine danach mit Augenmass ausgerichtet werden muss. Dies dauert für einen erfahrenen Bediener pro Aushalsung ca. 10 Minuten. Die vielen manuellen Schritte führen zu Lagefehlern und zu einer ineffizienten Nutzung der Arbeitszeit. Aus diesem Grund soll mit der neuen Applikation ein Zeitersparnis von 20% erzielt werden, ebenso wie auch eine Steigerung der Fertigungspräzision von 10%.

Vorgehen:

Es wurde zuerst eine detaillierte Marktanalyse erstellt, um zu erfassen welche Lösungen es bereits gibt, resp. welche Lösungen könnte man für das jetzige Problem ebenso anwenden. Im Anschluss wurden die gesammelten Ideen mittels Brainstorms gesammelt und mittels Priorisierungsmethode den Relevanzen zugeteilt. Aus den gesammelten Ideen wurde drei Varianten gebildet und mittels Präferenzmatrix und Nutzwert- und Sensitivitäts-Analyse bewertet, um die geeignetste Variante zu ermitteln. Bei der gewählten Variante wurden im Anschluss die wichtigsten Daten und Komponenten berechnet, um sie danach zu definieren. Nach der Berechnung folgte die 3D-Konstruktion, in welcher die Applikation im 3D-CAD modelliert und konstruiert wurde. Simultan dazu wurden noch diverse Analysen durchgeführt wie SWOT- und Risiko-Analyse.

Ergebnisse:

Die konstruierte Applikation erfüllte alle Muss- und Soll-Anforderungen, welche in der Anforderungsliste definiert wurden. Ausserdem wurde nach Rücksprache mit dem Werkstattchef, welcher der Hauptnutzer der Applikation ist, ersichtlich dass die Applikation genau den Anforderungen in der Werkstatt entsprechen. Die Steigerung der Fertigungspräzision von 10 % sowie die Zeitersparnis wird sicherlich erreicht. Das Fazit der Arbeit ist, dass, die entwickelte Applikation seinen Sinn und Zweck in der Praxis erfüllen wird und seinen Teil zur Prozessoptimierung beiträgt.

Ausblicke:

Es werden nach genauer Feldanalyse noch kleinere Anpassungen und Optimierungen vorgenommen. Nach diesem Schritt kann davon ausgegangen werden, dass die Applikation realisiert wird.

3 Kurzer beruflicher Lebenslauf



AUSBILDUNG

20.10.2021 -30.11.2024

Weiterbildung zum Dipl. Techniker HF
Maschinenbau an der TEKO in Olten

01.01.2017 – 31.07.2019

3. und 4. Lehrjahr als Polymechaniker bei der Firma VEBO
Genossenschaft, Breitenbach.
Erfolgreicher Abschluss als Polymechaniker EFZ Profil E

01.08.2015 – 1.01.2017

1. und 2. Lehrjahr als Polymechaniker bei der Firma VonRoll
Schweiz AG, Breitenbach

08.2012 – 31.07.2015

Sekundarschule E, KTW Breitenbach

BERUFLICHE LAUFBAHN

01.03.2023 -Heute

Projektleiter Rohr- und Anlagenbau
In Chemie, Pharma und Biochemie bei der Firma INRA Group
AG

01.06.2021 –28.02.2023

Angestellt in der Air-Jet Ag in Hölstein als CNC-Operator

01.8.2019 – 31.12.2019

Weiterbeschäftigung bei der Firma VEBO Genossenschaft,
Breitenbach als CNC- Operator

MILITÄRISCHE LAUFBAHN

01.07.2024	Beförderung zum Oberleutnant
21.05.2021 - Heute	Zugführer im LOG BAT 52/1
11.01.2021- 21.05.2021	Abverdienen als LOG Offizier in der Ih S 43 in Lyss
15.08.2020- 27.11.2020	Logistikoffiziersschule inkl. Beförderung zum Leutnant
22.06.2020 – 14.08.2020	Abverdienen als Wachtmeister in der Ih S 43 in Lyss
18.05.2020- 14.06.2020	Unteroffiziersschule in Thun inkl. Beförderung zum Wachtmeister
13.01.2020- 15.05.2020	Rekrutenschule als Waffenmechaniker in der Ih S 43 in Lyss

KENNTNISSE & FÄHIGKEITEN

Sprachkenntnisse

Deutsch Muttersprache
Englisch gute Kenntnisse in Wort und Schrift

Weiterbildungen

CAD 3D Kurs (Autodesk Inventor) an der Gewerblich-industriellen Berufsschule Liestal
Grund- und Aufbaukurs
(60 Lektionen)

4 Qualifikationsprofil

4.1 Allgemeine Kompetenzen

Menschen führen Prozess 1	<ul style="list-style-type: none"> • Führen von Projektteams von bis zu 20 Mitarbeitern. • Durchführen von Mitarbeitergesprächen. • Durchführen von Reflektionsgesprächen bezogen auf das Team im Projekt.
Entscheidungen fällen Prozess 2	<ul style="list-style-type: none"> • Projektkritische Entscheidungen treffen, welche das Projekt zum Erfolg führen. • Entscheidungen zum richtigen Einsatz des Personal oder Arbeitsmaterial. • Zeitkritische Entscheidungen treffen, welche zur Termineinhaltung dienen.
Projekte planen und leiten Prozess 3	<ul style="list-style-type: none"> • Grossprojekte im In- und Ausland durchführen. • Eigenständige Betreuung eines Rahmenvertrages mit einem namenhaften Pharmahersteller. • Terminliche Planung und Auslegung von Projekten. • Durchführen von Projektsitzungen mit dem Kunde wie auch Abspracherapporte.
Sich sprachlich verständigen Prozess 4	<ul style="list-style-type: none"> • Führen von Sitzungen auf Deutsch oder Englisch. • Verständigung mit Teammitgliedern mittels Fremdsprachen (Englisch, Französisch) • Proaktive Kommunikation mit Kunden und Lieferanten.
Wirkungsvoll präsentieren und kommunizieren Prozess 5	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführen von internen- und externen Sitzungen. • Verstehen wie man eine Präsentation leicht verständlich und interaktiv gestaltet. • Menschen verstehen und entscheiden, wie man die Kommunikation auslegen muss.
Geschäftsziele erreichen Prozess 7	<ul style="list-style-type: none"> • Gesetzte Geschäftsziele verfolgen und erreichen. • Mithilfe bei der Definierung von Geschäftszeilen. • Wirtschaftliche Auslegung der Projektprozesse.
Probleme analysieren und lösen Prozess 9	<ul style="list-style-type: none"> • Probleme frühzeitig erkennen und Massnahmen einleiten. • Erarbeiten und einsetzen der optimalen Lösungsstrategie. • Lösungsideen mittels Rücksprache mit Unterstellten finden und einsetzen.

4.2 Studienspezifische Kompetenzen

Produkte entwickeln (Prozess 11)	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellen eines Pflichtenhefts. • Technische Analyse der Ausgangslage • Entwickeln von marktreifen Bauteilen/ Baugruppen. • Auslegen und definieren von Sicherheitsmassnahmen.
Baugruppen und Maschinen konstruieren Prozess 12	<ul style="list-style-type: none"> • Konstruktionen mittels 3-D und 2-D Planung erstellen. • Durchführen von FEM-Berechnungen. • Auslegen technischer Bauteile mit Berücksichtigung der Beanspruchungen und Kosten. • Ermitteln der passenden Normteilen. • Herstellen von Produktdokumentationen nach Kundenstandard.
Produktion leiten (Prozess 13)	<ul style="list-style-type: none"> • Einsetzen von PPS-System, um die Produktion zu lenken. (PPS = Produktionsplanungs- und Steuerungssystem) • Überwachen von Terminen und Kosten. • Einhalten von Qualitätsvorgaben. • Leiten einer Produktionswerkstatt • Leiten von diversen Projekten

5 Projektinitialisierung

5.1 Pflichtenheft

5.1.1 Wie kam die Idee zustande

Die INRA-Group AG ist stets bestrebt ihre Prozesse und Qualitäten zu verbessern. Aufgrund der Prozessoptimierung soll nun die Bedienung des Aushalsgerätes vereinfacht und die gesamte Präzision des Aushalsens verbessert werden.

Aus diesem Gedanken ist die Idee zustande gekommen einen Linear- und Winkelantrieb zu implementieren, um es dem Bediener einfacher zu gestalten und vor allem die Masse in der X-Achse und C-Achse genau abfahren zu können dies aus einem Nullpunkt.

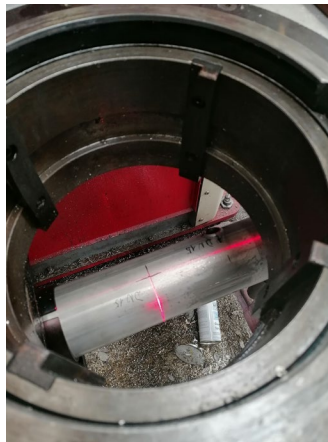


Abbildung 1 / Anzeichnen der Aushalsung

5.1.2 Ausgangslage

Aktuell müssen bei allen Rohrleitungen, welche eine Aushalsung bekommen, von Hand an der entsprechenden Position markiert werden. Im Anschluss werden sie in der Maschine mittels eines Lasers ausgerichtet und anschliessend bearbeitet. Ausserdem müssen die Spannschellen von Durchmesser zu Durchmesser gewechselt werden damit die Rohrleitung den Schneidkräften des Werkzeuges gegenhalten kann und auch damit die Position in Z-Richtung stimmt. Dieser ganze Prozess ist sehr zeitintensiv und bietet viel Potential für Fehler, welche die Qualität beeinträchtigen. Der Prozess für eine Aushalsung dauert für einen erfahrenen Bediener ca. 10 Minuten. Falls die Rohrleitung mehrere Aushalsungen hat, ist der Zeitaufwand in etwa gleich lange, obwohl die Maschine schon eingerichtet ist, da jede Aushalsung angezeichnet werden muss.



Abbildung 2 / T-Drill seitlich



Abbildung 3 / T-Drill von vorne



Abbildung 4 / Aushalsung T-Drill

5.1.3 Anforderungsliste

Geometrie:

Nr.	M/S/W	Anforderung	Wert	Einheit	Bemerkung
1.1	M	Höhe	85	cm	Vorgabe durch Bestand
1.2	M	Aushalsbarer Bereich	150	cm	75 cm aus der Rohrmitte
1.3	W	Länge	300	cm	
1.4	W	Breite	150	cm	
1.5	W	Gesamtgewicht	200	Kg	ohne Rohr

Nr. 1.1 wird vor der Arbeit noch genau ausgemessen. (Ist im aktuellen Zustand nicht möglich)

Mechanisch:

Nr.	M/S/W	Anforderung	Wert	Einheit	Bemerkung
2.1	M	Spannbare Rohrleitungslänge (Min)	2	m	ohne Flansche
2.2	M	Anbindung an T-Drill TEC-150	/	/	
2.3	M	Antrieb für X- Achse und C-Achse	/	/	
2.4	M	Spannkraft in X-Richtung muss halten	/	/	Ca 300 Nm
2.5	M	Spannkraft in C-Richtung muss halten	/	/	Ca 300 Nm
2.6	S	Genauigkeit des Winkelantriebes	1	°	
2.7	S	Spannbare Durchmesser	60.3 - 219.1	mm	DN 50 - DN 200
2.8	S	Maximaler Kraftaufwand für Bedienung der Antriebe	500	N	Handkraft eines Erwachsenen
2.9	S	Schutz gegen feste Fremdkörper	1	mm	Spähne
2.1	S	keine externen Energien	/	/	

Sicherheit:

Nr.	M/S/W	Anforderung	Wert	Einheit	Bemerkung
3.1	M	Kein Zugang zu beweglichen Bauteilen	/	/	
3.2	M	Arretierung aller Achsen	/	/	
3.2.1	M	Arretierung der Achsen von Hand	/	/	
3.3	W	Spritzschutz vor Späne und Öl	/	/	

Bedienung:

Nr.	M/S/W	Anforderung	Wert	Einheit	Bemerkung
4.1	M	Personal für die Bedienung	1	Pers	
4.2	M	Anzeige für Winkel	1	°	C-Achse
4.3	M	Anzeige für Längenmass	1	mm	X-Achse
4.4	W	Platz zum Verstauen der Werkzeuge	/	/	

Prozess:

Nr.	M/S/W	Anforderung	Wert	Einheit	Bemerkung
5.2	M	Steigerung der Fertigungspräzision	10	%	
5.1	S	Zeitersparnis	20	%	

Definierung der Bewertung:

M	Muss-Anforderung	Unverzichtbar
S	Soll-Anforderung	Wichtig, aber bei hohem Aufwand verzichtbar
W	Wunsch-Anforderung	schön zu haben, aber nicht essenziell

5.2 Zielscheibe

Richtziel: Erarbeitung und Entwicklung eines Linear- und Drehantriebes für eine TDrill TEC-150 Rohraushalsmaschine.

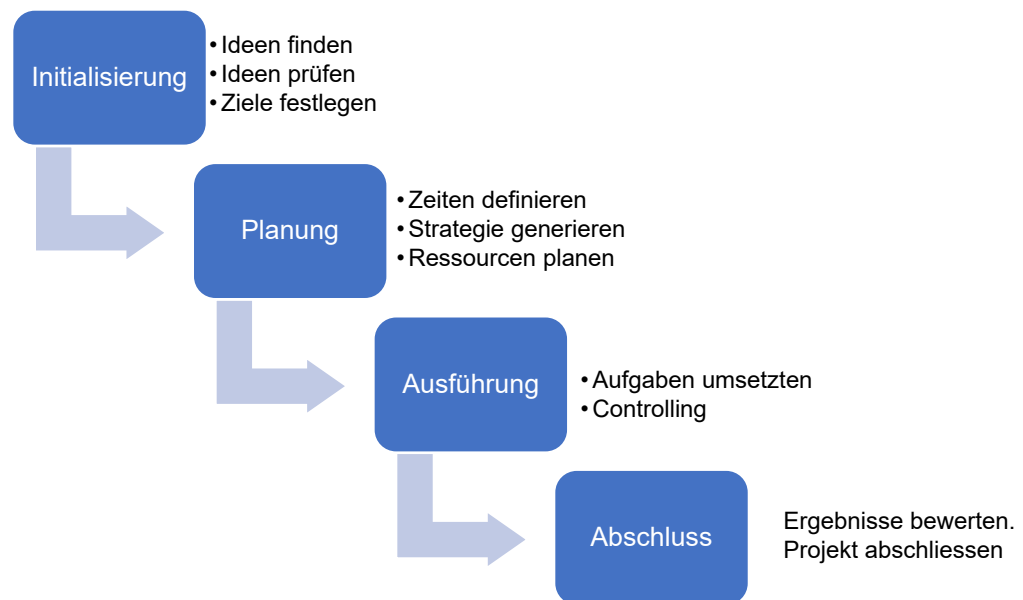
<ol style="list-style-type: none"> 1. Es sollen übliche Rohrlängen gespannt werden können. 2. Es müssen Rohre in gängigen Durchmessern gespannt werden können 3. Die Präzision in Winkelgebung und Längsmass muss verbessert sein. 4. Die neue Implementierung soll keine Energien benötigen. 5. Das „Maschinenbett“ muss am Einsatzort der T-Drill Tec 150 eingesetzt werden können. 6. Es soll eine Zeitersparnis erzielt werden. 7. Es soll eine erhöhte Präzision erzielt werden. 8. Die Maschine muss einfach zu reinigen sein. 8.1 Schutz vor Spänen. 9. Das Bedienen des Antriebes soll möglichst wenig Personal erfordern. 	<ul style="list-style-type: none"> – Kunde: ██████████ – Auftraggeber: TEKO Olten
<p>Endergebnisse</p> <p>Sinn und Zweck</p> <ul style="list-style-type: none"> – Verbesserung der Qualität (Wiederholbarkeit) – Einsparen von Prozesszeiten (Handling) – Optimierung der Bedienerfreundlichkeit (Handling) 	<p>Kunde</p> <p>Erfolgskriterien</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Es können Rohrleitungen mit einer Länge von 2 m (ohne Flansch) gespannt und bearbeitet werden. 2. Es können Rohrleitungen von DN 50 bis DN 200 gespannt werden. 3. Der Winkel kann in 1° Schritten eingestellt werden und das Längenmass auf 1 mm genau. 4. Alle Antriebe sind durch Kraft des Bedieners bedienbar. (max. 500N (50kg)) 5. Die maximalen Abmessungen des „Maschinenbettes“ sind l= 300cm, b=150cm und h=Vorgabe durch Maschine. 6. Es muss der Prozess so verbessert werden damit eine Zeitersparnis von 20% erzielt wird. 7. Es muss eine Steigerung der Fertigungspräzision von 10% erzielt werden. 8. Alle beweglichen Bauteile, welche kontakt mit Öl oder Spänen haben müssen, abgedeckt sein oder konstruktiv geschlossen konzipiert werden. 8.1 Konstruktiv vor Spänen mit einer Größe von min 1mm geschützt. 9. Der Antrieb muss von einem Mitarbeiter bedient werden können.

6 Projektplanung

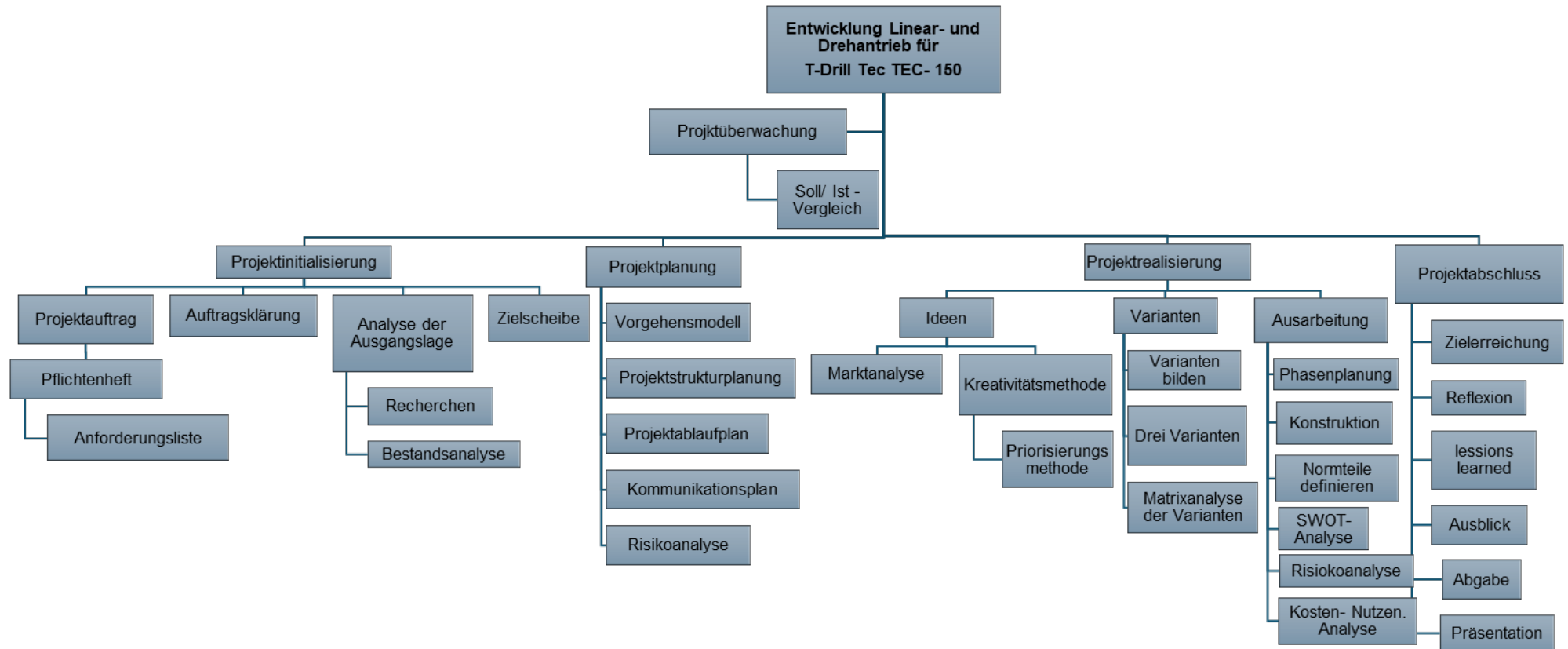
6.1 Vorgehensmodell

Ich habe mich für die Diplomarbeit für das 4-Phasen Vorgehensmodell entschieden (siehe unten).

Das 4-Phasen-Modell eignet sich für kleine und grosse Projekte und gewährleistet eine logische Trennung der Projektphasen. Ausserdem ist es das gängigste Vorgehensmodell da es logisch und intuitiv nachzuvollziehen ist.



6.2 Projektstrukturplanung

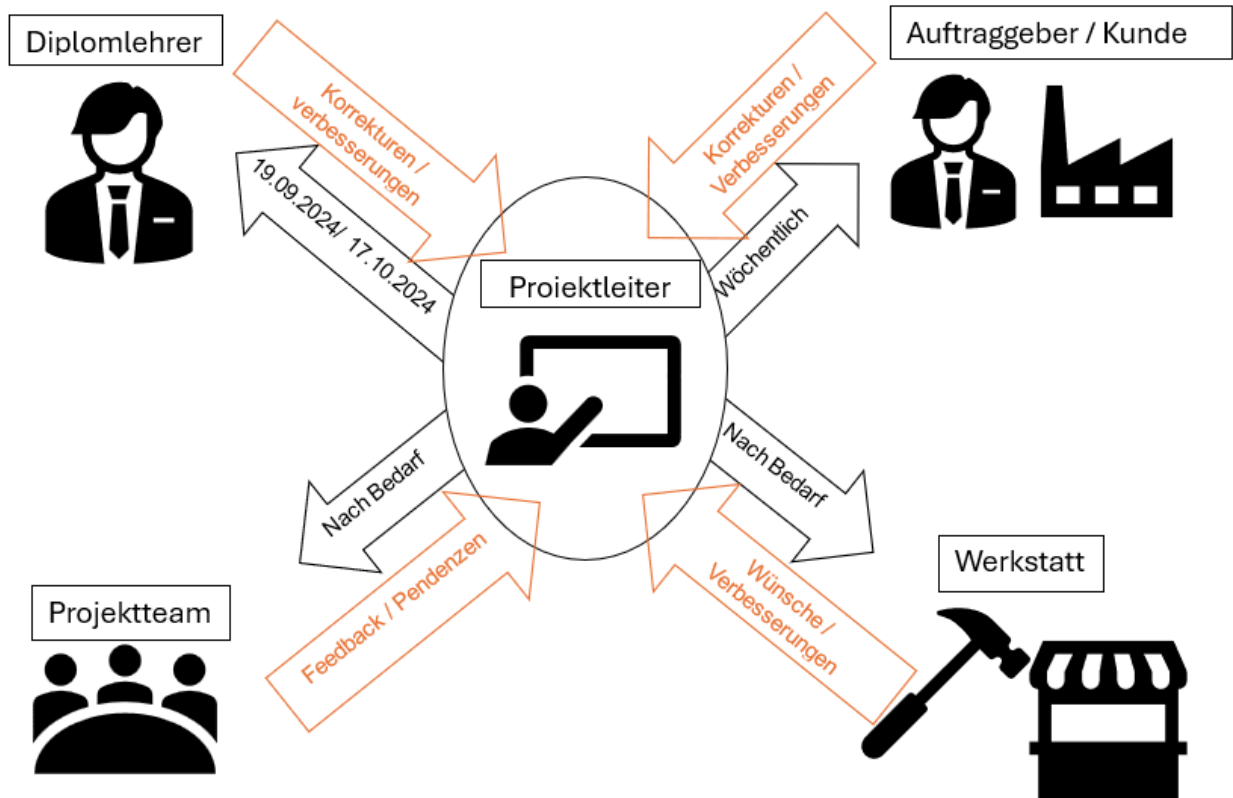


	Geschätzt: Stunden:
Termine vorab:	11
Refresher	2
Themeneingabe	4
Pflichtenheft	5
Vorzeigetermine	5
1	0.5
2	0.5
Reportings intern	4
1. Initialisierung	12
Pflichtenheft	6
Zielscheibe	2
Offene Punkteliste	4
2. Projektplanung	15
Vorgehensmodell	4
Projektstrukturplan	3
Projektablaufplan	6
Kommunikationsplan	1
Risikoanalyse	1
3. Realisierung	36
Analyse	5
Ideenfindung (Brainstorm)	7
Ideen priorisieren	2
Varianten bilden	8
Varianten evaluieren	6
Matrixen (Präferenz- Nutzwert und Sesitivitätsanalyse)	8
4. Ausarbeitung	108
Berechnungen	24
3D-Planung	64
Normteile deffinieren	6
Phasenplanung	3
SWOT- Analyse	3
Risiko- Analyse	3
Kosten-Nutzen- Analyse	5
5. Abschluss	20
Projektüberwachung	5
Evaluierung der Zielerreichung	3
Reflexion	6
Lessions Learned	3
Ausblicke	3
Dokumentieren	25
Management Summary	2
Dokumente zusammenfügen	10
Formatierung	5
Abgabe	/
Präsentation (Vorbereitung)	8
Total:	232

6.4 Kommunikationsplanung

Anspruchsgruppe	Themen/ Inhalte	Periodizität / Termine	Kanal/ Gefäss	Verantwortlich
Diplomlehrer	Reporting, Probleme	19.09.2024 / 17.10.2024	Teams	Projektleiter
Auftraggeber / Fachexperte	Aktueller Stand, Probleme, Produkte	Wöchentlich jeweils freitags	Teams/ E-Mail mündlich	Projektleiter
Projektteam	Nach Bedarf	Nach Bedarf	mündlich	Projektleiter
Kunde (Werkstatt)	Wünsche an Produkt, Verbesserungsvorschläge	Nach Bedarf	mündlich	Projektleiter

Grafische Darstellung:



6.5 Risikoanalyse

Risikotabelle					
Nr.	Risiko	Eintretenswahrscheinlichkeit (P)	schlimmstmögliche Auswirkung	Schadensmass (SM)	Massnahmen
1	Geschäftsprojekte welche neben der Diplomarbeit laufen benötigen mehr Aufwand als gedacht.	unwahrscheinlich (1)	Die Zeit neben den Projekten reicht nicht aus um die Diplomarbeit korrekt abzuschliessen.	gross (3)	Projekte und Komplikationen mit Projekten frühestmöglich erkennen und weiterleiten an Stv.
2	Krankheitsfall wären der Diplomarbeitszeit	gross (2)	Ausfall wären einer Woche (arbeiten an der DA nicht möglich)	wesentlich (2)	/
3	Verlust von relevanten Dateien für die DA (Produkte, Recherchen etc.)	unwahrscheinlich (1)	Dokumente müssen neu erarbeitet werden. Es entsteht ein wesentlicher Zeitverlust.	gross (3)	Dateien werden auf einem SharePoint sowie auf einem Hardware Devis (Festplatte) abgelegt. Alle Office Dateien werden als " selbst speichernd" generiert.
4	Vorkalkulation im Projektablaufplan	unwahrscheinlich (1)	Zeitliche Interferenz werden zu spät erkannt. Durch Zeitdruck kann die DA nicht in gewollter Qualität abgegeben werden.	gross (3)	Es wird täglich nach dem Arbeiten an der DA einen Soll - Ist-Abgleich mit dem Projektablaufplan gemacht.
5	Prüfungen im Unterricht welche neben der DA laufen.	ziemlich sicher (4)	Die benötigte Vorbereitungszeit übersteigt das kalkulierte und interferiert mit der DA. Durch fehlende Zeit entsteht Stress während der Ausführung der DA.	wesentlich (2)	Im Projektstrukturplan wurde der erste Monat der DA mit Reservezeit versehen. Dies um genügend Reserve zu haben um sich auf die schulischen Prüfungen vorbereiten zu können.
6	Ausgearbeitete Produkte sind nicht in der Praxis verwendbar.	unwahrscheinlich (1)	Die DA hat in der Praxis keinen Nutzen.	sehr gross (4)	Durch wöchentliche Rücksprachen mit dem "Kunden" sowie Absprachen mit der Werkstatt welche das Produkt schlussendlich benötigt wird dieses Risiko gänzlich vermieden.

Risiko Matrix

		Schadensmass (SM)			
		gering (1)	wesentlich (2)	gross (3)	sehr gross (4)
Eintretenswahrscheinlichkeit (P)	ziemlich sicher (4)		5		
	sehr gross (3)				
	gross (2)		2		
	unwahrscheinlich (1)			1, 3, 4	6

7 Projektrealisierung

7.1 Analyse

Die Marktanalyse gestaltet sich relativ einfach. Der Marktführer im Thema Aushalsmaschinen ist die Firma T-Drill. Sie bietet von kleinen Handaushalsmaschinen bis zu vollautomatischen Aushalsmaschinen bis einem Aushalsdurchmesser von bis zu 1000mm welche sogar schon vorbereitet kommen für eine Implementierung der Industrie 4.0.

Die Firma INRA-Group AG hat sich aus diesen Gründen auch für eine Maschine der Firma T-Drill entschieden. Deshalb beschränkt sich die Marktanalyse auch ausschliesslich auf die Firma T-Drill.

Was gibt es bereits für Lösungen?

7.1.1 T-Drill SEC-115

Die T-Drill SEC-115 ist eine vollautomatische Rohraushalsmaschine. Sie kann bis zu fünf Aushalswerkzeuge vollautomatisch wechseln. Ausserdem verfügt sie über einen gesteuerten Linear- und Drehantrieb. Es können Grundrohre mit einem Durchmesser von 33.7mm bis 273 mm gespannt werden und der Aushalsbereich liegt bei 17mm bis 114.3 mm. Die Programmierung erfolgt an einem Bedienpanel an welchem die Koordinaten der Aushalsungen programmiert werden. Eine direkte Implementierung der rohrlinienisometrien ist auch möglich, da die Maschine Industrie 4.0 geeignet ist.



Abbildung 5 / Detail 1 zu T-Drill SEC-115

Wie funktionieren der Antriebe?

Bei dieser Variante befindet sich der Drehantrieb (Abbildung 7) auf der linken Seite der Maschine. Die wird mittels eines Servomotors sichergestellt, welche über die Programmierung gesteuert wird. Die Befestigung des Rohres (Abbildung 8) wird mittels eines Exzenterstempels gewährleistet, welche das Rohr zwischen den zwei Befestigungspunkten einklemmt. Der Exzenterstempel wird von Hand betätigt.



Abbildung 6 / Detail 2 zu T-Drill SEC-115

Für die Belegung auf der Längsachse verfährt der ganze obere Maschinenteil, in welchem sich das entsprechende Werkzeug befindet wie auch das Werkzeugmagazin. Der ganze Maschinenkopf verfährt auf zwei Schwalbenschwanzschienen mittels einer Spindel und Laufmutter welche elektrisch angetrieben werden.

Das ganze Rohr wird bei jeder Aushalsung neu gespannt mittels zweier Spannbacken welche hydraulisch das Rohr klemmen. Dies ist nötig um während des Aushalsens das Rohr auf Position zu halten und Vibrationen, welche entstehen durch das plastische Umformen des Rohres nicht auf die Antriebe weiterzugeben.

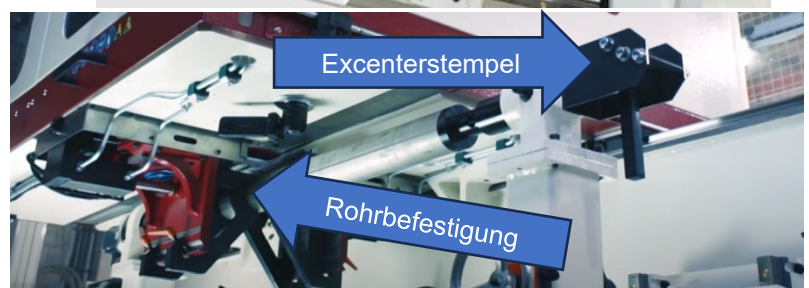


Abbildung 7 / Detail 4 zu T-Drill SEC-115

Anmerkung: Bei jeweils der ersten Aushalsung muss die Oberkantenhöhe auf das auszuhalsenden Rohres angepasst werden.

Pro:

1. Das Spannen des Rohres mittels Exzenterstempel ist in der Konstruktion sehr bequem und durch die Handbetätigung sehr einfach für den Bediener.
2. Die Bedienung mittels Programmierpanl ist einfach für das Fachpersonal. Ausserdem ist das Implementieren der Fertigungsisometrien ein eleganter Schritt für die Optimierung der Fertigung.
3. Alle Achsen sind elektronisch gesteuert. Die Längsachse sowie der Drehantrieb lesen mittels inkrementalem Wegmesssystem ihre Position ab und gewährleistet eine genaue Positionierung.
4. Es können bis zu fünf Werkzeuge im Magazin verstaut und automatisch ausgetauscht werden.

Kontra:

1. Durch den hohen Ausbaugrad der Technologie ist der Anschaffungspreis sehr hoch.
2. Es müssen Bedienerschulungen durchgeführt werden, um alle Aspekte der Maschine zu nutzen.
3. Die IT des Unternehmens muss auf dem Industriestandart 4.0 sein, um die Maschine voll nutzen zu können.
4. Die Maschine hat einen hohen Platzbedarf.

Fazit:

Die Funktionsweise und Aufbau der Rohralterung sowie die Befestigung mittels Excenterstempels wäre für mein Endprodukt implementierbar. Ausserdem ist die Idee des sich bewegenden Maschinenkopf hilfreich, allerdings müsste ich es umkonstruieren damit sich das Rohr bewegt und nicht die Maschine da in meinen Fall die Maschine fest im Boden verankert ist. Die restlichen Funktionen sind so nicht weiter für mein Produkt umsetzbar, da die Maschine gem. der Anforderungsliste ohne externe Energien wie Strom und Hydraulik arbeiten soll.

7.1.2 T-Drill S56 P

Die T-Drill S56 P ist ein vollautomatische Stanz- und Aushalsmaschine. Sie ist in der Lage, ohne einen Werkzeugwechsel die Rohre einwandig auszustanzen und im Anschluss Aushalsungen vorzunehmen. Dies ist vor allem bei dünnwandigen Rohren ein enormer Vorteil da eine Ausstanzung viel schneller ist als eine übliche Ausfräsung. Im Gegensatz zur T-Drill SEC-115 ist der Fräs- und Aushalskopf derselbe. Es handelt sich hierbei um ein Kombinationswerkzeug welches Handlingzeiten einspart. Mit der T-Drill S56 P können Rohrleitungen mit einem Grundrohrdurchmesser von 16mm bis 108 mm gespannt werden und von 12mm bis 58 mm ausgehals werden. Der Stanzbereich liegt bei 12mm bis 22.5mm. Bezüglich des Rohrleitungsmaterialies geht jeder gängigen Werkstoff im Bereich Rohrleitungsbau wie im Sanitärbereiche (Stahl, Edelstahl, Aluminium, Kupfer- Nickel Legierungen, Kupfer).



Abbildung 8 / Detail 1 zu T-Drill S56 P

Wie funktionieren der Antriebe?

Auch bei dieser Variante befindet sich der Winkelantrieb auf der linken Seite. Die Winkelgebung wird mittels eines Servomotores sichergestellt, welcher über die Programmierung gesteuert wird. Die Leitung wird mittels einer Spannbuchse am Aussendurchmesser per Hand gespannt. Auf der rechten Seite der Maschine wird das Rohr lediglich aufgelegt und nicht verspannt. Dies soll Zeit ersparen, allerdings erklärt dies auch weswegen der Aushalsbereich im Durchmesser kleiner ist als bei der T-Drill SEC-115.

Der Linearantrieb befindet sich bei dieser Version am Maschinenbett und bewegt das gesamte Rohr. Dies auch mittels Servomotor welcher durch drehen einer Spindel das Rohr in der Längsachse bewegt.



Abbildung 10 / Detail 2 zu T-Drill S56 P

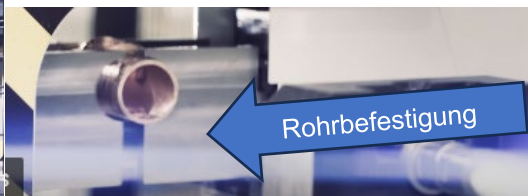


Abbildung 9 / Detail 3 zu T-Drill S56 P

Die Befestigung des Rohres während der Aushalsarbeit, oder in diesem Fall auch während dem Stanzen, wird mittels hydraulisch bewegten Spannbacken sichergestellt. Auch bei dieser Ausführung muss händisch die Rohrhöhe auf die Maschine eingestellt werden.

Pro:

1. Das Spannen durch die Spannbuchse ist sehr einfach und vorallem von Hand möglich, was den Prozess vereinfacht.
2. Es handelt sich um eine Kombinationsmaschine und ermöglicht wenig Handling und eine hohe Durchlaufzahl.
3. Programmierung mittels Programmierpanels (keine Isometrieimplementierung möglich)
4. Alle Achsen sind elektronisch gesteuert. Die Längsachse sowie der Drehantrieb lesen mittels Inkrementalem Wegmesssystem ihre Position ab. Dies gewährleistet eine genaue Positionierung.
5. Die Maschine verwendet Kombinationswerkzeuge, welche das Handling minimieren.
6. Die Maschine muss nicht mit der Firmen-IT vernetzt werden.

Kontra:

1. Es müssen Bedienerschulungen durchgeführt werden, um alle Aspekte der Maschine zu nutzen.
2. Hoher Platzbedarf
3. Die Maschine ist nur für kleinere Rohre geeignet.
4. Die Werkzeugkosten sind sehr hoch da man zwei verschiedene Verfahren gleichzeitig durchführen kann
5. Die Kombinationswerkzeuge sind sehr teuer in der Anschaffung.
6. Die Spanneinheit muss bei jedem Spannbereich des Rohrs gewechselt werden, da sie die Spannkraft am Aussendurchmesser ansetzt.

Fazit:

Auch hier bietet die Halterung des Rohrs einen guten Ansatz für mein Endprodukt. Bei dieser Variante ist ausserdem das Rohr auf seinem Schlitten in der Längsachse angetrieben, was auch in meinem Fall einsetzbar wäre.

Auswertung der Marktanalyse:

Die Marktanalyse zeigt klar auf, dass es auf dem Markt bereits voll ausgereifte Maschinen gibt, welche die Anforderungen erfüllen. Allerdings muss man berücksichtigen, dass die Anschaffung eines Antriebes einzeln nicht geht. Man müsste eine komplette neue Maschine anschaffen und dies natürlich zu einem entsprechend hohen Preis. Dies ist in meinem Fall nicht nötig, da die Grundmaschine bereits in unserem Bestand ist.

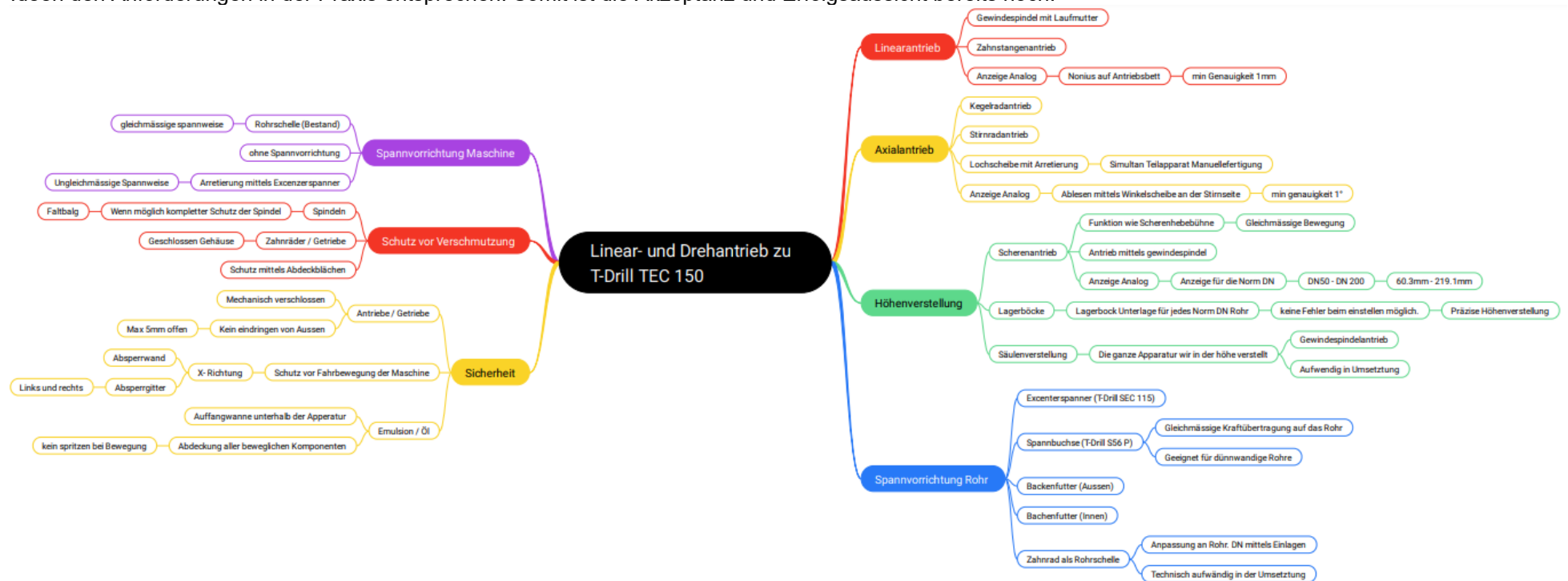
Die Analyse hat mir einige gute Lösungsansätze und Inspirationen zur Konstruktion gegeben. Dies vor allem in Bezug auf die Befestigung der Rohre wie auch der Höhenverstellung des ganzen Antriebes. Diese können nicht genau 1:1 implementiert werden, liefern aber eine Grundidee.

7.2 Kreativitätsmethode

Es wurde sich für die Mindmap Methode entschieden. Diese Methode ist besonders gut, um Lösungsideen und Ansätze zur Verbesserung an bereits bestehenden Apparaturen und Maschinen zu finden. Man nutzt die Kenntnisse und Wünsche der Bediener und ist somit in der Lage schon bereits genaue Verbesserungen zu erkennen. Ausserdem ist ein Mindmap ideal, um eine breite Fächerung der Lösungsansätze zu finden, da man eine grosse Zahl an Bedienern (Kunden) bei dieser Methode einbeziehen kann.

Ausserdem ist die Darstellung in den verschiedenen Schwerpunkten einfach zu erkennen und zu verstehen.

Dieses Mindmap wurde zusammen mit dem Werkstatteleiter und fünf Maschinenbedienern erstellt und besprochen. Somit kann man davon ausgehen, dass die Ideen den Anforderungen in der Praxis entsprechen. Somit ist die Akzeptanz und Erfolgsaussicht bereits hoch.



7.3 Priorisierungsmethode

Qualität (Präzision):

Die Aufgabe der ganzen Apparatur welche es zu entwickeln und planen gilt ist die Verbesserung der Bearbeitungspräzision. Das Ziel welche es zu erfüllen gibt ist gem. Anforderungsliste definiert. Die Fertigungspräzision soll um 10% gesteigert werden. Ausserdem muss der Linearantrieb auf 1 mm genau sein und der Drehantrieb auf 1°.

Effizienz:

Die Applikation soll schlussendlich in der Produktion täglich eingesetzt werden. Wie in jeder Produktion ist auch hier Zeit = Geld. Aus diesem Grund ist es nötig die Applikation effizient und möglichst simpel aufzubauen. Dies soll gem. Pflichtenheft eine Zeitersparnis von 20% einbringen.

Bedienerfreundlichkeit:

Wie bereits beim Punkt «Effizienz» erwähnt, soll die Applikation in der Produktion eingesetzt werden. Da es mehrere Bediener der T-Drill TEC-150 gibt, wird auch der Antrieb von mehreren Personen bedient. Um die Bedienung für alle einfach und verständlich zu gestalten, sollte das Einrichten, Bedienen und auch der Unterhalt möglichst intuitiv sein. Berücksichtigt wurden auch die Punkte der Sicherheit, da diese eine hohe Priorität haben bei einer Fertigungsmaschine. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass der Bediener dadurch keinen Mehraufwand hat.

Langlebigkeit (Robustheit):

Um die Zeitersparnis von definierten 20% einzuhalten, zählen natürlich auch wenig Unterhalt und eine stetige Einsatzbereitschaft der Applikation. Ausserdem muss berücksichtigt werden, dass die Maschine in einer Werkstatt eingesetzt wird, wo die Bedingungen für die Komponenten nicht ideal sind. Ausserdem hängt dies auch teilweise von Bediener ab.

Relevanz:

Um die Relevanz zu beurteilen wird beurteilt wie viel die jeweiligen Punkte dem Erfüllen des jeweiligen Ziels dienen. Je höher der Erfüllungsfaktor des jeweiligen Punktes, umso grösser ist die Relevanz.

- A. Hohe Relevanz
- B. Mittlere Relevanz
- C. Keine Relevanz

Anmerkung: Die ABC-Analyse wurde bereits in die im Brainstorm/Mindmap gegliederten Systeme aufgeteilt. Falls ein System zu den jeweiligen Kriterien nichts beiträgt, wurde dies nicht beachtet.

Auf die jeweiligen Punkte wird im nächsten Schritt der Variantenbildung im Detail eingegangen.

1. Qualität (Präzision):

⇒ **Linearantrieb:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Gewindespindel		
	Zahnstangenantrieb	
	Anzeige Analog	

⇒ **Winkelantrieb:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Kegelradantrieb		
Stirnradantrieb		
	Lochscheibe mit Arretierung	

	Anzeige Analog	
--	----------------	--

⇒ **Höhenverstellung:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Scherenantrieb		
Lagerböcke		
	Säulenverstellung	

⇒ **Spannvorrichtung Rohr:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Excenterspanner		
Spannbuchse		
	Backenfutter (Aussen)	
	Backenfutter (Innen)	
Zahnrad als Rohrschelle		

⇒ **Spannvorrichtung Maschine:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Rohrschelle		
	Ohne Spannvorrichtung	
Arretierung mit Excenterspanner		

2. Effizienz

⇒ **Linearantrieb:**

⇒ Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Gewindespindel		
Zahnstangenantrieb		
Anzeige Analog		

⇒ **Winkeltrieb:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Kegelradantrieb		
Stirnradantrieb		
	Lochscheibe mit Arretierung	
Anzeige Analog		

⇒ **Höhenverstellung:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
	Scherenantrieb	
Lagerböcke		
		Säulenverstellung

⇒ **Spannvorrichtung Rohr:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Excenterspanner		
Spannbuchse		
	Backenfutter (Aussen)	
	Backenfutter (Innen)	
	Zahnrad als Rohrschelle	

⇒ **Spannvorrichtung Maschine:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
	Rohrschelle	

Ohne Spannvorrichtung		
	Arretierung mittels Exzenterspanner	

3. Bedienerfreundlichkeit

⇒ **Höhenverstellung:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Scherenantrieb		
Lagerböcke		
	Säulenverstellung	

⇒ **Spannvorrichtung Rohr:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Exzenterspanner		
Spannbuchse		
	Backenfutter (Aussen)	
	Backenfutter (Innen)	
		Zahnrad als Rohrschelle

⇒ **Spannvorrichtung Maschine:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Rohrschelle		
Ohne Spannvorrichtung		
	Arretierung mittels Exzenterspanner	

⇒ **Schutz vor Verschmutzung:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Spindelschutz mit Faltpalg		
Geschlossene Gehäuse.		
	Schutz mittels Abdeckblächen	

⇒ **Sicherheit:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Antriebe/Getriebe geschlossen		
	Absperrwand	
	Absperrgitter	
Auffangwanne unterhalb der Apparatur		
Abdeckung aller beweglichen Teile		

4. Langlebigkeit (Robustheit)

⇒ **Linearantrieb:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
	Gewindespindel	
Zahnstangenantrieb		
Anzeige Analog		

⇒ **Winkelantrieb:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
	Kegelradantrieb	
	Stirnradantrieb	

Lochscheibe mit Arretierung		
Anzeige Analog		

 ⇒ **Höhenverstellung:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
	Scherenantrieb	
Lagerböcke		
		Säulenverstellung

 ⇒ **Spannvorrichtung Rohr:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Exzentranspanner		
Spannbuchse		
	Backenfutter (Aussen)	
	Backenfutter (Innen)	
		Zahnrad als Rohrschelle

Spannvorrichtung Maschine:

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
	Rohrschelle	
Ohne Spannvorrichtung		
	Arretierung mit Exzentranspanner	

 ⇒ **Schutz vor Verschmutzung:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Spindelschutz mit Faltbalg		
Geschlossene Gehäuse.		
	Schutz mittels Abdeckblächen	

 ⇒ **Sicherheit:**

Hohe Relevanz	Mittlere Relevanz	Keine Relevanz
Antriebe/Getriebe geschlossen		
		Absperrwand
		Absperrgitter
		Auffangwanne unterhalb der Apparatur
Abdeckung aller beweglichen Teile		

Auswertung:

Die ABC-Analyse zeigt bereits auf, welche Punkte bei den jeweiligen Kriterien in der Umsetzung zum Erfolg führen **könnten**. Es zeigt auch gewisse Punkte, welche eine sehr geringe Relevanz haben, wie zum Beispiel die Säulenverstellung des Antriebes.

Dies ist eine grobe Analyse und dient lediglich zur besseren Entwicklung der Varianten. Die Gewichtung muss allerdings im Anschluss bei der Variantenbewertung mit einbezogen werden.

7.4 Variantenbildung

7.5 Morphologischer Kasten

Für die optimale Variantenfindung habe ich mich für den morphologischen Kasten entschieden. Dieser ermöglicht mittels Punkten aus der Priorisierungsmethode Varianten zu bilden.

Kriterium	Ausprägung				
Linearantrieb	Gewindespindel mit Laufmutter	Zahnstangenantrieb			
Anzeige Längenmass	Analog (Nonius)				
Axialantrieb	Kegelradantrieb	Stirnradantrieb	Lochscheibe mit Arretierung		
Anzeige Winkel	Analog (Winkelscheibe)				
Höhervorstellung	Scherenantrieb	Lagerböcke (wechselbar)	Säulenverstellung		
Spannvorrichtung am Rohr	Excenterspanner	Spannbuchse	Backenfutter (Aussen)	Backenfutter (Innen)	Zahnrad als Rohrschelle
Spannvorrichtung an der Maschine	Rohrschelle	ohne Spannvorrichtung	Excenterspanner		



Bemerkung: Das Thema Sicherheit und der Schutz vor Verschmutzung wurde nicht im morphologischen Kasten berücksichtigt. Dies da alle Varianten die gleichen Sicherheitsvorschriften einhalten müssen.

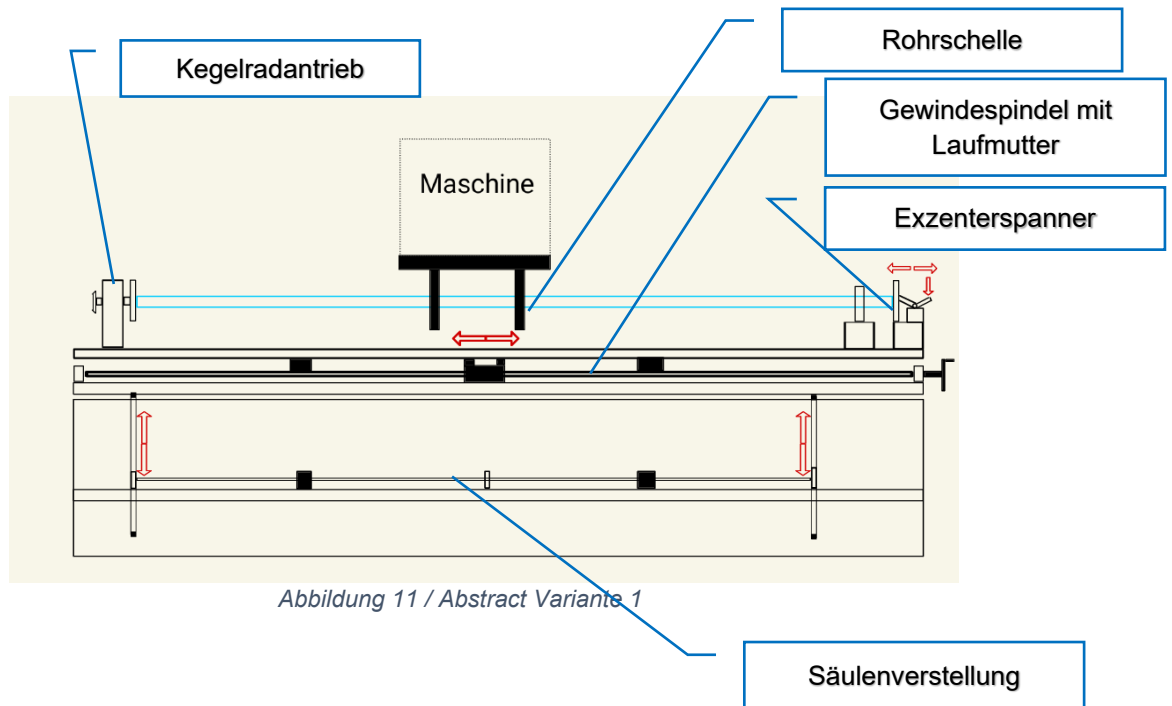
7.5.1 Variante 1 (Zahnstangen)

Der Antrieb wird mittels einer Trapezgewindespindel sichergestellt. Dies ist eine altbewährte Methode, welche bei vielen konventionellen Werkzeugmaschinen verwendet wird. Das Längenmass wird mittels eines Noniusskala analog ablesbar gemacht. Die radiale Bewegung soll durch einen Kegelradantrieb gewährleistet werden. Durch die Kegelräder mit einem Flankenwinkel von 45° kann sichergestellt werden, dass das Handrad von beiden Seiten (Vorderseite) bedient werden kann. Auch hier ist die Anzeige analog mittels Winkelscheibe an der Seite des Antriebes. Bezüglich der Höhenverstellung ist vorgesehen eine zwei Säulenverstellung zu implementieren. Diese kann die Höhe mittels Zahnstangen nach oben oder unten korrigieren, um bei jedem Rohrdurchmesser die gleiche Höhe zur Maschine zu gewährleisten. Die beiden Zahnstangen werden mittels einer Antriebswelle, auf welcher sich drei Stirnräder befinden, angetrieben. Zwei Stirnräder liegen auf den jeweiligen Zahnstangen auf um die Verstellung durch das Handrad zu ermöglichen.

Um die Rohrleitung während des Zerspanungsprozesses festzuhalten ist ein Exzentrerspanner vorgesehen. Dieser drückt das Rohr an eine feste Drehplatte, welche beim Drehen des Radialantriebes mit dreht. Um dieses System zu stützen sind an der Maschine zwei Rohrschellen montiert (Analog zu Bestand).

Zusammenfassung:

Kriterium	Ausprägung
Linearantrieb	Gewindespindel mit Laufmutter
Anzeige Längenmass	Analog (Nonius)
Axialantrieb	Kegelradantrieb
Anzeige Winkel	Analog (Winkelscheibe)
Höhenverstellung	Säulenverstellung
Spannvorrichtung am Rohr	Exzentrerspanner
Spannvorrichtung an der Maschine	Rohrschelle

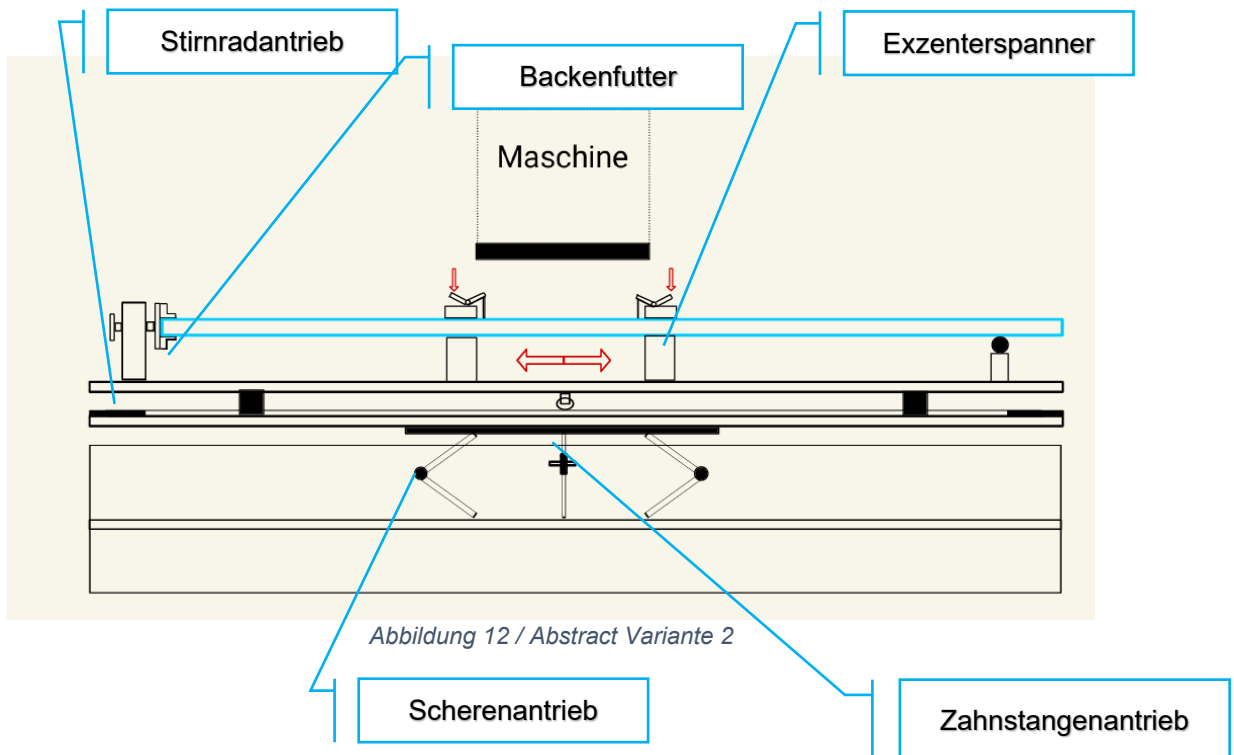


7.5.2 Variante 2 (Schere)

Der Linearantrieb ist durch eine Zahnstange ausgeführt. Dies ist eine einfache und effektive Umsetzung eines Linearantriebes. Wie bereits bei der Variante 1 ist die Anzeige für das Linear- und Radialmass analog ablesbar. Allerdings ist hier der Radialantrieb mittels Stirnräder vorgesehen. Die Funktionsweise ist identisch mit der ersten Variante allerdings befindet sich das Handrad seitlich der Applikation. Zur Höhenverstellung dient hier eine Scherenantrieb. Dies kann man sich vorstellen, wie bei einer Scherenhebebühne, welche in der Mitte mittels Gewindespindel in der Höhe verstellt werden kann. Dieses Prinzip bringt eine hohe Stabilität. Die Rohralterung ist analog einer konventionellen Drehmaschine mit einem Backenfutter, welches das Rohr von aussen spannt. Dies ermöglicht das variable Spannen von Rohren aller Durchmesser ohne das Wechseln des Backenfutters. Zusätzlich wird das Rohr an der Maschine mittels Excenterspanner gedrückt, um das Losdrehen definitiv zu verhindern.

Zusammenfassung:

Kriterium	Ausprägung
Linearantrieb	Zahnstangenantrieb
Anzeige Längenmass	Analog (Nonius)
Axialantrieb	Stirnantrieb
Anzeige Winkel	Analog (Winkelscheibe)
Höhenverstellung	Scherenantrieb
Spannvorrichtung am Rohr	Backenfutter (Aussen)
Spannvorrichtung an der Maschine	Excenterspanner



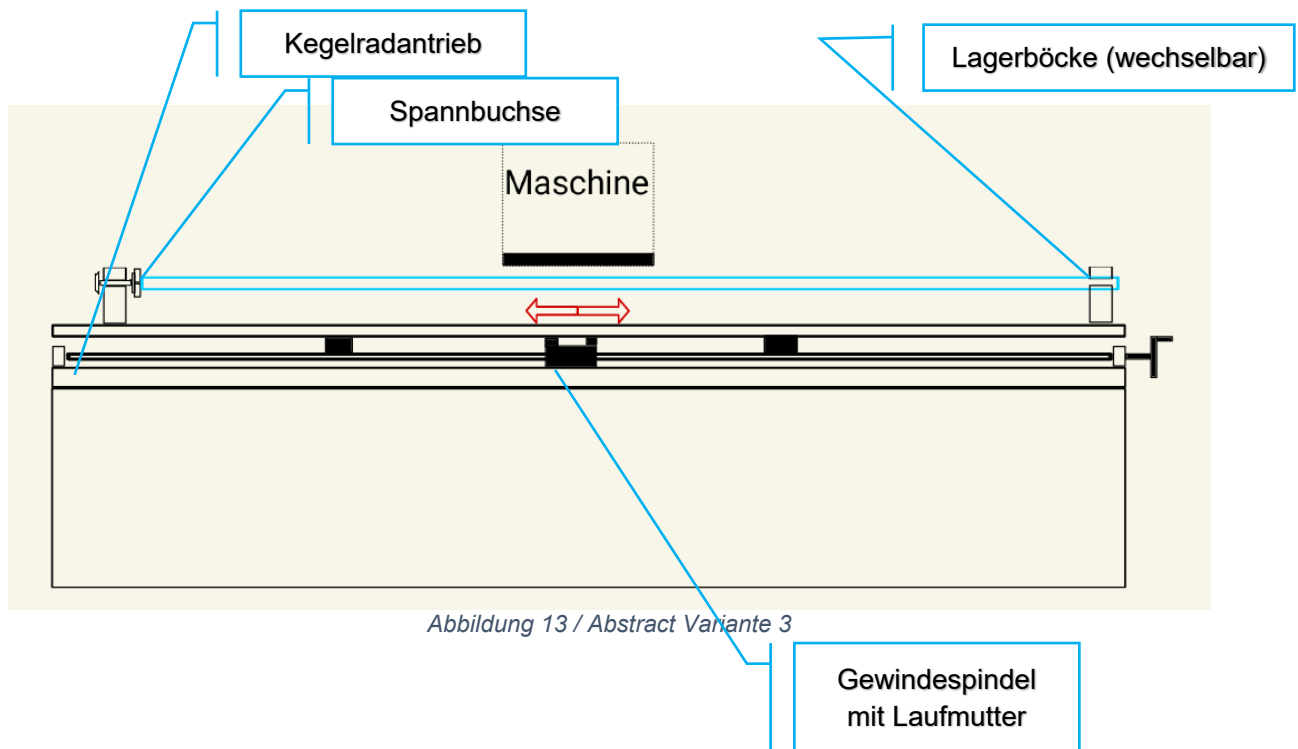
7.5.3 Variante 3 (Unterlagen)

Der Linear- und Radialantrieb ist identisch mit der Variante zwei. Die Höhenverstellung wird allerdings mittels wechselbaren Lagerböcken umgesetzt. Sie verfügt über wechselbare Unterlagen, welche für jeden Rohraussendurchmesser vorhanden sind und zwischen Maschinentisch und Lagerbock (Radialantrieb) gespannt werden. Dies gewährleistet, dass die Rohrhöhe steht, stimmt und das Rohr fest mit dem Maschinenbett verbunden ist.

Das Rohr wird mittels Spannbüchse gespannt. In der Praxis kann man sich dies vorstellen, wie eine Rohrschelle, welche das Rohr geklemmt. Da die Rohrleitung links und rechts radial gelagert ist muss keine zusätzliche Befestigung an der Maschine erfolgen.

Zusammenfassung:

Kriterium	Ausprägung
Linearantrieb	Gewindespindel mit Laufmutter
Anzeige Längenmass	Analog (Nonius)
Axialantrieb	Kegelradantrieb
Anzeige Winkel	Analog (Winkelscheibe)
Höhenverstellung	Lagerböcke (wechselbar)
Spannvorrichtung am Rohr	Spannbuchse
Spannvorrichtung an der Maschine	ohne Spannvorrichtung



7.6 Evaluation der geeignetsten Variante

7.6.1 Kriterien für Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse

Die Kriterien dienen dazu die Varianten zu bewerten. Es soll dazu dienen, in erster Linie eine faire Bewertung zu gewährleisten, um die beste Variante zu evaluieren in zweiter Linie, um nachzuvollziehen wie die Kriterien bewertet wurden.

Bedienerfreundlichkeit:

Die Applikation wird täglich in der Produktion verwendet. Aus diesem Grund ist es von sehr hoher Priorität das die Bedienung einfach und intuitiv ist. Ausserdem sollte sie in wenigen Schritten zum fertigen führen.

Variabilität:

In der Praxis wird mit vielen verschiedenen Rohrdurchmessern und Rohrlängen gearbeitet. Deshalb ist eine Maschine, welche eine hohe Variabilität aufweist, ein Vorteil. Es werden teilweise Rohrleitungen nach dem Biegen ausgehalst, dies ist gem. Pflichtenheft, keine Anforderung an diese Applikation, wäre jedoch ein klarer Vorteil.

Wiederholpräzision:

Zu den Kernaufgaben dieser Applikation zählt die Steigerung der Präzision. Aus diesem Grund muss diese beurteilt werden.

Gemässdem Pflichtenheft soll die Fertigungspräzision um 10% gesteigert werden.

Einrichtzeiten:

Wie bereits erwähnt wird die Maschine täglich bedient. Die Applikation muss aus diesem Grund Einrichtzeit optimiert sein und auf eine schnelle Bedienung ausgelegt werden.

Gemäss dem Pflichtenheft soll die Zeitersparnis bei 20% liegen.

Implementierung der Sicherheit:

Jede Fertigungsmaschine/Werkzeugmaschine muss gewisse vorgegebene Sicherheitsmassnahmen aufweisen. Diese in der „Richtlinie 2006/42/E“ des europäischen Parlamentes verfasst. Die Sicherheitsmassnahmen sind für dieses Projekt zu diesem Zeitpunkt noch nicht festgehalten. Es geht dabei um die Bewertung mit wie viel Aufwand diese implementiert werden können.

Bemerkung: Da diese Applikation nicht zum Verkauf bestimmt ist und deshalb keine CE-Kennzeichnung aufweisen muss, kann man die meisten Punkte umgehen mit der Durchführung einer nachweisbaren Bedienschulung.

Implementierung Schutz vor Verschmutzung:

Die Applikation steht in einer grossen, offenen Werkstatt, in welcher geschliffen und geschweisst wird. Deshalb müssen Vorkehrungen getroffen werden, um die Bauteile vor jeglicher Verschmutzung zu schützen. Auch hier sind die Massnahmen noch nicht definiert, es geht in erster Linie darum, wie einfach, respektive wie effektiv die Massnahmen implementiert werden können.

Umsetzbarkeit:

Dieses Kriterium soll beurteilen, wie gut die Applikation herstellbar ist. Die Applikation soll nach der DA in die Realität umgesetzt werden und muss deshalb fertigbar sein. Hierbei gilt der Grundsatz „Je einfacher, desto besser“. Ausserdem soll die Ersatzteilbeschaffung und Fertigung möglichst einfach sein.

Kosten (Umsetzung):

Wie erwähnt soll die Applikation nach der Diplomarbeit umgesetzt werden. Um den Return of Investment möglichst schnell zu erreichen ist eine kostengünstige Umsetzung anzustreben. Das ganze, ohne einen Verlust der Funktionen zu erledigen.

Aussehen:

Der Standort der Applikation ist zentral in der Werkstatt. Da unser Hauptkundenstamm sich in der Chemie und Parma Branche befindet sollte das Aussehen der Maschine diesen Branchen entsprechen.

7.6.2 Präferenzmatrix

Präferenzmatrix										
als wichtiger	Bedienerfreundlichkeit	Variabilität	Wiederholpräzision	Implementierung der Sicherheit	Implementierung Schutz vor Verschmutzung	Umsetzbarkeit	Kosten	Aussehen	Summe	%
Bedienerfreundlichkeit	1	0	1	1	0	1	1	5	18%	
Variabilität	0	1	0	0	1	0	0	2	7%	
Wiederholpräzision	1	1	1	0	0	1	1	5	18%	
Implementierung der Sicherheit	0	1	0	1	0	1	1	4	14%	
Implementierung Schutz vor Verschmutzung	0	0	1	0	1	0	0	2	7%	
Umsetzbarkeit	1	1	1	1	1	1	1	7	25%	
Kosten	0	1	0	0	1	0	0	2	7%	
Aussehen	0	0	0	0	0	0	1	1	4%	
								Prüfsumme	100%	

Bewertung 1 bedeutet im Beispiel Kriterium 1 ist wichtiger als Kriterium 2

Die Präferenzmatrix zeigt eindeutige Unterschiede in der Gewichtung der einzelnen Kriterien. Klar zu erkennen ist das die Kriterien zur Qualitätsverbesserung und der Bedienung eine hohe Anzahl der Prozente ausmacht. Kriterien wie Kosten und Aussehen schneiden im Gegensatz sehr niedrig ab. Das Ganze ist darauf zurückzuführen, dass die Applikation ein Einzelstück ist und nicht in Serienfertigung geht. Daher muss man davon ausgehen, dass die Kosten und das Aussehen eine sekundäre Rolle spielen. Die Maschine soll ausschliesslich des produktionstechnischen Aspektes verbessern und zielt deshalb auf die Erfüllung der benötigten Kriterien ab.

7.6.3 Nutzwertanalyse

Mit Hilfe der Gewichtung aus der Sensitivitätsanalyse wird nun eine Nutzwertanalyse erstellt. Es wird neu noch eine Bewertung der Kriterien hinzugefügt, welche beschreiben soll wie gut das Kriterium erfüllt wird. Dies wird für jede Variante erstellt um herauszufinden welche Variante sich am besten eignet.

Nutzwertanalyse							
	Gewichtung	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
Bedienerfreundlichkeit	18%	6	1.07	7	1.25	6	1.07
Variabilität	7%	4	0.29	4	0.29	7	0.50
Wiederholpräzision	18%	7	1.25	6	1.07	7	1.25
Implementierung der Sicherheit	14%	7	1.00	6	0.86	8	1.14
Implementierung Schutz vor Verschmutzung	7%	5	0.36	5	0.36	7	0.50
Umsetzbarkeit	25%	6	1.50	6	1.50	7	1.75
Kosten	7%	5	0.36	6	0.43	7	0.50
Aussehen	4%	6	0.21	6	0.21	7	0.25
	Summe		6.04		5.96		6.96

Bewertungszahl von 0 - 10

Bewertungszahl 0 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium nicht

Bewertungszahl 10 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium vollständig

Die Nutzwertanalyse zeigt klar auf das die Variante 3 am besten die gestellten Kriterien erfüllt. Die Varianten 1 und 2 liegen beinahe gleichauf, allerdings fast einen Punkt hinter Variante 3. Diese Analyse zeigt auch ca. die gleiche Gewichtung wie die Grobbeurteilung während der Variantenbildung aus dem morphologischen Kasten (siehe Seite 27).

7.6.4 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse dient zum Abschluss der Variantenfindung, um ganz klar die geeignetste Variante zu ermitteln. Sie soll aufzeigen welche Variante sich bewährt, falls eine Eingangs- oder Ausgangsgrösse sich anders verhält als angenommen.

Annahme:

Die Applikation soll auf neue Rohrdurchmesser angepasst werden, um den neuen Fertigungsaufträgen zu entsprechen. Ausserdem muss man auch betrachten was passiert, falls die aktuelle Maschine T-Drill TEC 150 ausfallen sollte oder ersetzt werden muss.

Betrachtung:

Die Applikation muss physisch angepasst werden, betrachtet werden der Aufwand und die Kosten bei einer Umbaumaassnahme der Applikation.

Nutzwertanalyse							
	Gewichtung	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
		Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
Bedienerfreundlichkeit	18%	7	1.25	8	1.43	7	1.25
Variabilität	7%	6	0.43	6	0.43	7	0.50
Wiederholpräzision	18%	7	1.25	6	1.07	7	1.25
Implementierung der Sicherheit	14%	7	1.00	6	0.86	8	1.14
Implementierung Schutz vor Verschmutzung	7%	5	0.36	5	0.36	7	0.50
Umsetzbarkeit	25%	7	1.75	7	1.75	6	1.50
Kosten	7%	7	0.50	8	0.57	7	0.50
Aussehen	4%	6	0.21	6	0.21	7	0.25
	Summe		6.75		6.68		6.89

Bewertungszahl von 0 - 10

Bewertungszahl 0 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium nicht

Bewertungszahl 10 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium vollständig

Man sieht die Änderung der Gewichtung (rote Felder) welche angepasst werden mussten, um der Annahme zu entsprechen. Grundsätzlich sind alle Varianten in der Lage angepasst zu werden. Aus diesem Grund sind alle drei Varianten bei der Auswertung fast gleichauf. Allerdings ist auch hier die Variante 3 die mit der höchsten Bewertung.

7.6.5 Resultat der Variantenevaluation

Die Variante drei ist nach den oben gestellten Kriterien die Erfolgversprechendste. Aus diesem Grund wird auch diese Variante ausgearbeitet.

Bemerkung: die gewählte Variante kann während der Ausarbeitung immer noch leicht angepasst werden, um den Kriterien noch besser zu entsprechen. Falls Änderungen vorgenommen werden, müsste welche grösser sind, müsste man allerdings die Analysen neu durchführen. Dies, um sicher zu gehen, dass eine andere Variante nicht doch besser wäre.

8 Ausarbeitung der Variante

8.1 Vorwort

Dieser Abschnitt dient zur allgemeinen Information, um die erarbeiteten Produkte und Analysen in ihrer Relevanz zu verstehen. Er soll grundlegendes Vorwissen liefern im Bereich des Rohrleitungsbaues. Spezifizierung der Fachbegriffe:

- Rohraushalsung = Aushalsung = Abzweigung
- RK = Rohrklasse = kundenspezifische Norm im Bereich Rohrleitungsbau
- T-Stück egal = T- Stück mit drei identisch grossen Abgängen
- Isometrie= Fertigungszeichnung von Rohrleitungen in der isometrischen Ansicht.
- DN = NW = Diameter Nominal = Rohrleitungsaussendurchmesser

DN-Tabelle:

NW	Zoll	Außen-Ø ISO mm	Außen-Ø ANSI mm	DIN 11850
6	1/8 "	10,2	10,5	-
8	1/4 "	13,5	13,72	-
10	3/8 "	17,2	17,15	12 x 1,5
15	1/2 "	21,3	21,34	18 x 1,5
20	3/4 "	26,9	26,67	22 x 1,5
25	1 "	33,7	33,40	28 x 1,5
32	1 1/4 "	42,4	42,16	34 x 1,5
40	1 1/2 "	48,3	48,26	40 x 1,5
50	2 "	60,3	60,33	52 x 1,5
65	2 1/2 "	76,1	73,03	70 x 2,0
80	3 "	88,9	88,90	85 x 2,0
90	3 1/2 "	101,6	101,60	-
100	4 "	114,3	114,30	104 x 2,0
125	5 "	139,7	141,30	129 x 2,0
150	6 "	168,3	168,28	154 x 2,0
175	7 "	193,7	-	-
200	8 "	219,1	219,08	204 x 2,0
250	10 "	273,0	273,05	254 x 2,0
300	12 "	323,9	323,85	-
350	14 "	355,6	355,60	-
400	16 "	406,4	406,40	-
450	18 "	457,2	457,20	-
500	20 "	508,0	508,00	-
600	24 "	609,6	609,60	-
700	28 "	711,2	711,20	-
800	32 "	812,8	812,80	-
900	36 "	914,4	914,40	-
1000	40 "	1016,0	1016,00	-

Abbildung 14 / Beispiel DN- Tabelle

8.1.1 Was ist eine Rohraushalsung

[Dieser Abschnitt wurde mit dem KI-Tool: Chat GPT von OpenAI geschrieben (13.09.2024). Dies, um zu zeigen das auch ein KI-Tool zu einer Nische im Maschinebaues technisch korrekte Inhalte erstellen kann.]

1. Vorbereitung

1. **Materialauswahl:** Es wird das geeignete Rohrmaterial (in der Regel aus Stahl oder einem anderen metallischen Material) ausgewählt, das den spezifischen Anforderungen des Projekts entspricht.
2. **Werkzeug und Ausrüstung:** Notwendige Werkzeuge wie Rohrbiegemaschinen, Schweissgeräte, spezielle Rohraushalswerkzeuge und Sicherheitsausrüstung werden bereitgestellt.

2. Markierung

1. **Position bestimmen:** Die genaue Position für die Ausbuchtung oder den Abzweig wird auf dem Rohr markiert. Dies erfolgt meist durch präzise Messungen und Markierungen, um die genaue Stelle für die Aushalsung zu identifizieren.
2. **Markierungen anbringen:** Um die Präzision zu gewährleisten, werden die Markierungen auf das Rohr übertragen, oft mit Hilfe von Schablonen oder speziellen Markierungswerkzeugen.

3. Lochung

1. **Vorbereitung des Loches:** Ein Loch wird an der markierten Stelle des Rohres gebohrt oder geschnitten. Die Grösse des Loches hängt von der Grösse des gewünschten Abzweigs ab.
2. **Kantenbearbeitung:** Die Kanten des Loches werden geglättet und entgratet, um scharfe Kanten zu entfernen, die die Integrität der Verbindung beeinträchtigen könnten.

4. Aushalsen

1. **Rohraushalswerkzeug ansetzen:** Ein spezielles Werkzeug, oft ein mechanisches oder hydraulisches Gerät, wird an der Stelle des Loches angebracht. Dieses Werkzeug hat eine Form, die das Rohrmaterial um das Loch herum gleichmässig aufweitet.
2. **Aufweiten des Rohres:** Das Werkzeug wird aktiviert, wodurch das Material des Rohres um das Loch herum gedehnt und aufgebogen wird. Dieser Prozess schafft eine Hülse oder eine Lippe, die sich nach aussen erstreckt.

Durch diesen detaillierten Prozess wird sichergestellt, dass die Rohraushalsung präzise, sicher und den technischen Anforderungen entsprechend durchgeführt wird.

8.1.2 Was ist der Vorteil einer Rohraushalsung

Durch das Aushalsen eines Rohrer ist es möglich eine T-Abzweigung zu erstellen, ohne das Schneiden und Einschweissen eines T-Stückes. Dies ist kosten- und zeitsparend. Ausserdem entsteht durch jede Schweissnaht eine Schwachstelle im Rohr durch Gefügeveränderungen im Material durch den Hitzeeintrag. Aus diesem Grund befindet sich in jeder Rohrklasse eine Aushalstabelle, bei welchen Durchmessern des Grundrohres welche Auszugsgrössen vorgenommen werden dürfen.

8.1.3 Beispiel Aushaltstabelle

In der Regel sind keine reduzierten T-Stücke, sondern Aushaltungen zu verwenden.

DN	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
10	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
15	T	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
20		T	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
25			T	A	A	A	A	A	A	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
32				T	A	A	A	A	A	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
40					T	A	A	A	A	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
50						T	A	A	A	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
65							T	A	A	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
80								T	A	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
100									T	A	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
125										T	A	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
150											T	A/K	A/K	A/K	A/K	A/K	K	K
200												T	K	K	K	K	K	K
250													T	K	K	K	K	K
300														T	K	K	K	K
350															T	K	K	K
400																T	K	K
450																	T	K
500																		T

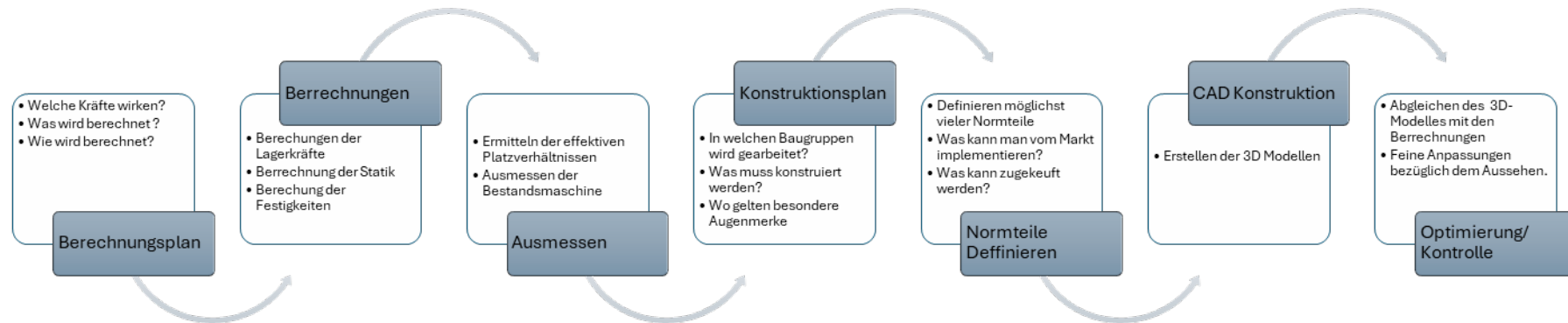
-  A = Aushaltung RT.226

 K = Kehlnaht RT.227
-  T = T-Stück egal RT.224

 R = Reduzierung (allgemein anwendbar)

Abbildung 15 / Beispiel Aushaltstabelle

8.2 Phasenplan



8.3 Berechnungen

8.3.1 Berechnungsplan

Definierung der Berechnungssysteme:

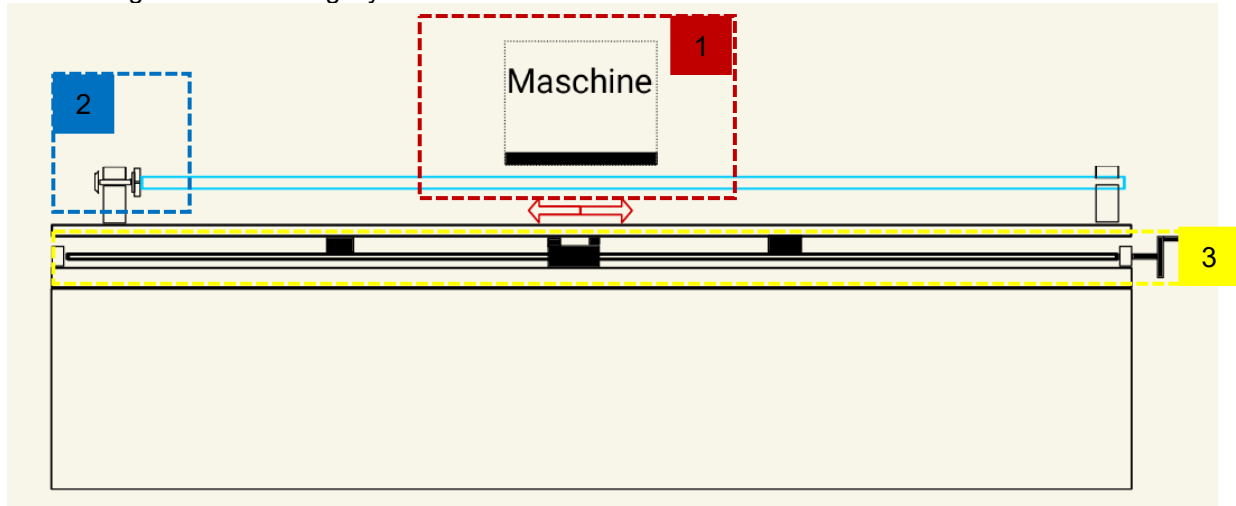


Abbildung 16 / Abstract Berechnungssystem

Teilsysteme:

1. Bearbeitungsprozess und Kräfte bei der mechanischen Bearbeitung.
2. Radialantrieb
3. Axialantrieb

Vorgehensmodell:

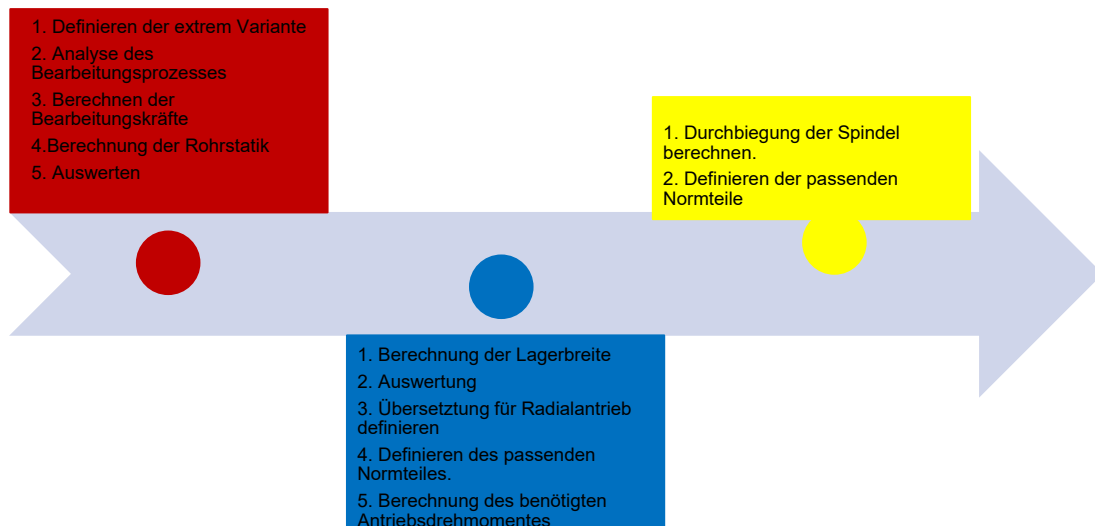


Abbildung 17 / Vorgehensmodell

Zur Erstellung des Modells dient die definierte Variante. Es muss eine Eingliederung in Teilsysteme erstellt werden. In diesem Fall gestaltet sich dies einfach, da die einfachste Einteilung die Antriebe darstellen. Im Anschluss muss analysiert werden, welche Ausgangswerte der bestehenden Maschine gegeben sind. Dies ist besonders wichtig da die Applikation ein Add-On darstellt, welches an die Bestandsmaschine anbindet und diese in keiner Hinsicht behindern soll.

Im Anschluss müssen die Komponenten berechnet werden welche neu hinzukommen und eine kritische Funktion aufweisen. In diesem Fall wie gesagt die Antriebe. Hierbei müssen alle Aspekte berechnet werden welche die Funktion, Präzision und Lebensdauer beeinflussen.

Alle übrigen Bauteile können, sofern es nötig ist nach eigenem Ermessen berechnet werden. Allerdings wird bei Normteilen meist die maximalen Belastungen gem. Katalog angegeben und machen somit eine Auslegung einfach.

8.3.2 Berechnung der Bearbeitungskräfte

Um zu gewährleisten das die Applikation den gängigen Beanspruchungen standhalten müssen gewisse Faktoren berechnet werden. Die Konstruktion folgt im Anschluss an die Berechnung, um die in den Berechnungen festgelegten Spezifikationen anzupassen.

Ausgangslage:

Um die Lagerkräfte zu berechnen und um zu gewährleisten, dass die Rohrhalterungen halten, muss ich diese mit den Bearbeitungskräften gegenrechnen. Wie man im Vorwort zum Abschnitt Realisierung entnehmen kann, wird das Rohr im ersten Schritt gefräst und im zweiten ausgezogen. Die Fräs-kräfte sind hierbei aber zu vernachlässigen, da das Ausziehen als umformendes Verfahren einen deutlich grösseren Kraftaufwand benötigt und deshalb auch eine Höhere Last auf die Rohrlager generiert. Aus diesem Grund muss die Kraft des Ausziehens als erstes berechnet werden.

Die Normen oder Standards werden jeweils vom Kunden in einer sogenannten Rohrklasse definiert. In einer Rohrklasse ist auch genau definiert mit welchem Grundrohrdurchmesser welche Aushal-durchmesser benutzt werden darf (siehe Grafik unten). Gem. Pflichtenheft wurde definiert, dass Rohr-leitungen bis DN 200 gespannt werden müssen. Dies resultiert aus den von Kunden definierten Rohr-lassen und der Tatsache, dass diese Masse zu 90% auch auf andere Rohrklassen passen.

Grafik Aushalstabelle aus RK:

		Abzweig																
		DN 15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500
Grundrohr	15	A ²⁾																
	20	A	A ²⁾															
	25	A	A	A ²⁾														
	32	A	A	A	A ²⁾													
	40	A	A	A	A	A ²⁾												
	50	A	A	A	A	A	A ²⁾											
	65	A	A	A	A	A	A	E ¹⁾²⁾										
	80	A	A	A	A	A	A	E ¹⁾	E ¹⁾²⁾									
	100	A	A	A	A	A	A	E ¹⁾	E ¹⁾	E ¹⁾²⁾								
	125	A	A	A	A	A	A	E ¹⁾	E ¹⁾	E ¹⁾	E ²⁾							
	150	A	A	A	A	A	A	E ¹⁾	E ¹⁾	E ¹⁾	E	E ²⁾						
	200	A	A	A	A	A	A	E ¹⁾	E ¹⁾	E ¹⁾	E	E	E ²⁾					
	250	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S	S	S	S				
	300	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S	S	S	S	S			
	350	E	E	E	E	E	E	E	E	E	S ³⁾	S	S	S	S	S		
	400	E	E	E	E	E	E	E	E	S ³⁾	S ³⁾	S	S	S	S	S	S	
500	E	E	E	E	E	E	E	S ³⁾	S ³⁾	S ³⁾	S	S	S	S	S	S	S	

Abbildung 18 / Abzweigtabelle aus RK

Um für die Berechnungen die maximalen Werte zu ermitteln, muss die Rohrnorm analysiert werden. Rohre gibt es generell nach drei Normen. Die Normen sind Reihe A nach Din, Reihe B nach ISO und Reihe C nach ASME. Welches Rohr verwendet wird hängt stets vom Kunden ab. Die gängigste Rohrart sind Leitungsrohre nach EN ISO 1127 (Reihe B) aus 1.4404 (X2CrNiMo17-12-2). Da überwiegend Rohre nach ISO verwendet werden, wird bei den Berechnungen auch nur dieses betrachten.

Grafik Rohrabmessungen nach Reihe B (ISO):

Abmessungen zu Rohren nach DIN 11866, Reihe B (ISO 1127)							
Rohr Standardlänge: 6 Meter							
Größen Nennweiten	ø AD	ø ID	S	Gewicht kg / m	Artikel-Nummer Metallblank	Artikel-Nummer Elektroliert	
nach DIN 11866, Reihe B							
ISO DN 8	13.5	10.3	1.6	0.477	258.135.103.MB	258.135.103	
ISO DN 10	17.2	14.0	1.6	0.626	258.172.140.MB	258.172.140	
ISO DN 15	21.3	18.1	1.6	0.790	258.213.181.MB	258.213.181	
ISO DN 20	26.9	23.7	1.6	1.015	258.269.237.MB	258.269.237	
ISO DN 25	33.7	29.7	2.0	1.589	258.337.297.MB	258.337.297	
ISO DN 32	42.4	38.4	2.0	2.026	258.424.384.MB	258.424.384	
ISO DN 40	48.3	44.3	2.0	2.322	258.483.443.MB	258.483.443	
ISO DN 50	60.3	56.3	2.0	2.923	258.603.560.MB	258.603.560	
ISO DN 65	76.1	72.1	2.0	3.715	258.761.721.MB	258.761.721	
ISO DN 80	88.9	84.3	2.3	4.993	258.889.843.MB	258.889.843	
ISO DN 100	114.3	109.7	2.3	6.458	258.114.109.MB	258.114.109	
ISO DN 150	168.3	163.1	2.6	10.800	258.168.163.MB	258.168.163	
ISO DN 200	219.1	213.9	2.6	14.112	258.219.213.MB	258.219.213	

The diagram shows a cross-section of a pipe. The outer diameter is labeled as øAD, the inner diameter as øID, and the wall thickness as s. The pipe is shown with a dashed centerline and hatched areas representing the pipe wall.

Abbildung 19 / Abmessungen Rohr nach DIN 11866 ISO

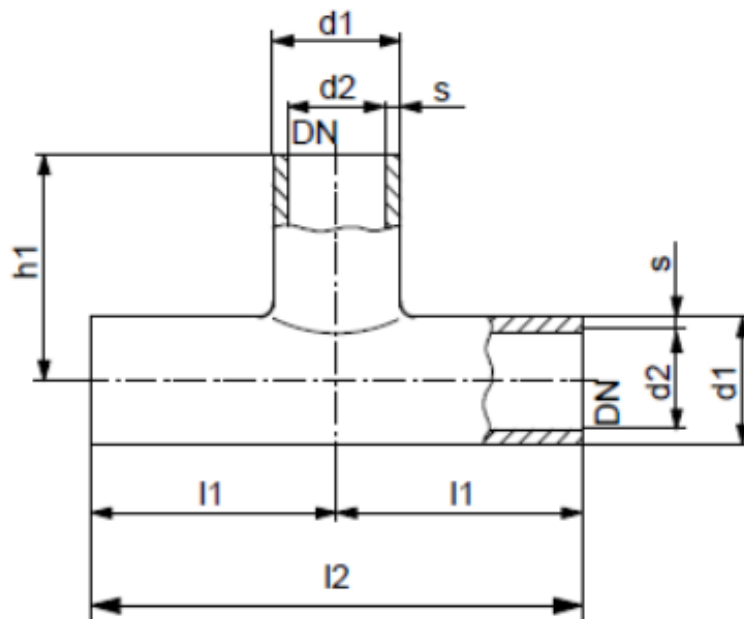
Um die ganzen Abmessungen zu definieren, muss nochmals ein Blick auf die Grafik < Grafik Aushalstabelle aus RK > geworfen werden. Man sieht, der maximale Grundrohr DN ist DN 200 und die maximal zulässige Aushalsgrösse ist DN 50.

Grössen Nennweiten	ø AD	ø ID	S	Gewicht kg / m	Artikel-Nummer Metallblank	Artikel-Nummer Elektropoliert
nach DIN 11866, Reihe B						
ISO DN 8	13.5	10.3	1.6	0.477	258.135.103.MB	258.135.103
ISO DN 10	17.2	14.0	1.6	0.626	258.172.140.MB	258.172.140
ISO DN 15	21.3	18.1	1.6	0.790	258.213.181.MB	258.213.181
ISO DN 20	26.9	23.7	1.6	1.015	258.269.237.MB	258.269.237
ISO DN 25	33.7	29.7	2.0	1.589	258.337.297.MB	258.337.297
ISO DN 32	42.4	38.4	2.0	2.026	258.424.384.MB	258.424.384
ISO DN 40	48.3	44.3	2.0	2.322	258.483.443.MB	258.483.443
ISO DN 50	60.3	56.3	2.0	2.923	258.603.560.MB	258.603.560
ISO DN 65	76.1	72.1	2.0	3.715	258.761.721.MB	258.761.721
ISO DN 80	88.9	84.3	2.3	4.993	258.889.843.MB	258.889.843
ISO DN 100	114.3	109.7	2.3	6.458	258.114.109.MB	258.114.109
ISO DN 150	168.3	163.1	2.6	10.800	258.168.163.MB	258.168.163
ISO DN 200	219.1	213.9	2.6	14.112	258.219.213.MB	258.219.213

Abbildung 20 / Rohrdurchmesser aus RK

Mittels dieser definierten Durchmessern und vor allem Wandstärken werden die Berechnungen erstellt. Die Wandstärke spielt in diesem Fall die wichtigste Rolle da es sich beim Aushalsen um eine umformende Bearbeitung handelt, bei welcher das Rohr umgebördelt wird. Aus diesem Grund hängt die Bearbeitungskraft hauptsächlich von der Wandstärke ab. Zu beachten gilt hier, dass die Wandstärke der Aushalsung vom Grundrohr abhängt und nicht aus der obigen Tabelle entnommen werden kann.

Um die Berechnungen zum Kragenziehen zu erstellen, wird auch die Höhe des Auszugs benötigt. Auch diese können aus der Rohrklasse entnommen werden. Zu beachten ist das die Höhe (h1) aus der Mitte des Grundrohres angegeben ist. Für die Berechnung wird die Kragenhöhe (hk) relevant. Diese ergibt sich bei: $h_1 - (d_1/2) = h_k$.



DN	d1	d2	s	l1	l2	h1	Max. zul. Druck in bar bei 150 °C	Gewicht ca. kg
6	10,2	7,0	1,6	30	60	30	25	0,05
8	13,5	10,3	1,6	32	64	32	25	0,07
10	17,2	14,0	1,6	34	68	34	25	0,09
15	21,3	18,1	1,6	36	72	36	25	0,12
(20)	26,9	23,7	1,6	55	110	55	25	0,16
25	33,7	29,7	2,0	60	120	60	25	0,29
(32)	42,4	38,4	2,0	65	130	65	25	0,42
40	48,3	44,3	2,0	65		65	25	0,51
50	60,3	56,3	2,0	90	180	90	25	0,72
65	76,1	72,1	2,0	110	220	110	16	1,03
80	88,9	84,3	2,3	130	260	130	16	2,02
100	114,3	109,7	2,3	160	320	160	12,5	3,11
125	139,7	134,5	2,6	200	400	200	12,5	-
150	168,3	163,1	2,6	250	500	250	10	-
200	219,1	213,9	2,6	300	600	300	7 ¹⁾	-

Abbildung 21 / Detail Abzweigungen aus RK

Werkzeug:

Das Werkzeug an der T-Drill TEC 150 ist zweilippig. Es dreht sich wären des Prozesses. Beim Kragenziehen wird üblicherweise ein Stempel, welcher aus Vollmaterial gefertigt ist, verwendet. Dies bringt eine glattere Oberfläche beim finalen Auszug und eine kleinere Belastung für das Werkzeug. Die Kraft ist allerdings die gleiche.



Abbildung 22 / Aushalswerkzeug

Prozess:

Der naheliegendste Prozess, welcher dem Aushalsverfahren gleichkommt, ist das Kragenziehen. Dabei wird der Auszug mittels eines Stempels ausgedrückt dies analog zum Tiefziehen. Wenn man den Prozess an der T-Drill TEC 150 genau anschaut, sieht man, dass das Werkzeug das Material nach oben zieht und nicht nach unten drückt wie beim Kragenziehen. Dies spielt allerdings zum ermittelt der Kraft keine Rolle, bis auf dass die Stempelkraft sich in die Richtung Z+ auswirkt.

Berechnungen:

Koordinatensystem:



Abbildung 23 / Koordinatensystem

Skizze:

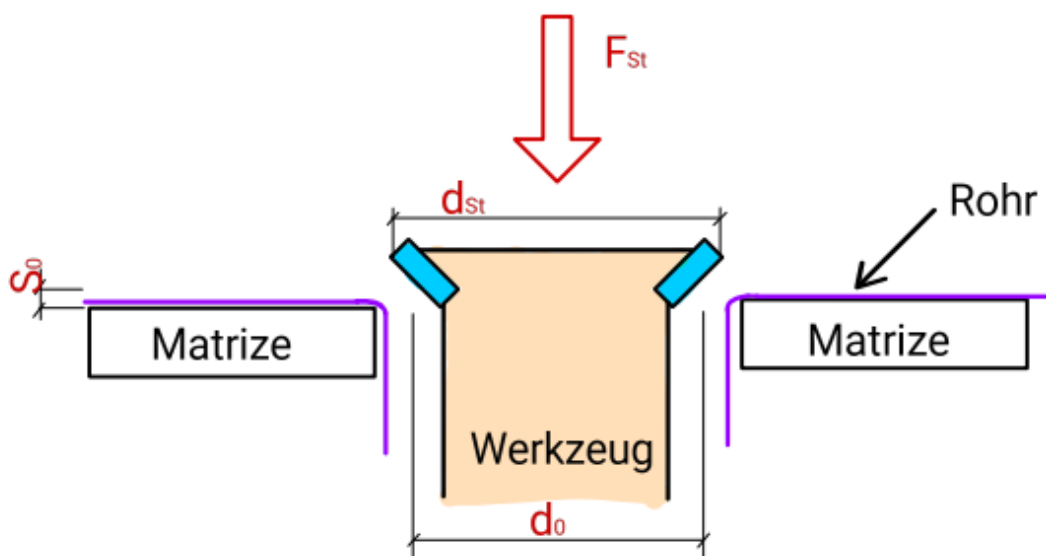


Abbildung 24 / Abstract Fertigungsprozess

Erklärung der Begriffe:

FSt = Stempelkraft [kN]

Ci = Stempelfaktor [/]

dSt = Stempeldurchmesser [mm]

s0 = Blechstärke [mm]

d0 = Vorlochdurchmesser [mm]

Rm = Zugfestigkeit [N/mm²]

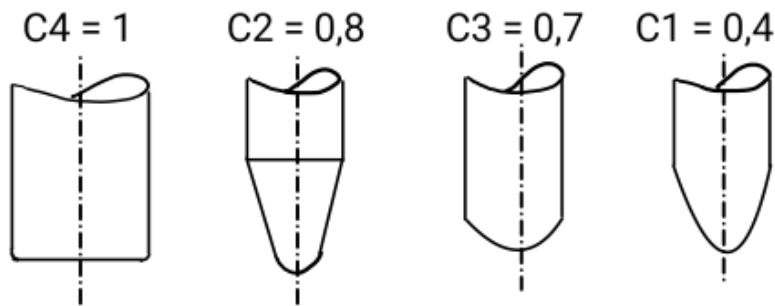
Formel für Berechnung der Stempelkraft:

$$FSt = Ci * [s0 * (dSt - d0) + 5.2 * s0^2] * \frac{Rm}{300}$$

Formel 1 / Stempelkraft

Ci:

Der Stempelfaktor hängt von der Geometrie des Werkzeugs ab. Dies gestaltet sich in diesem Fall schwierig, da es kein Vollstempel ist. Allerdings kann man durch die Drehbewegung das Werkzeug als ein Wollwerkzeug betrachten.



Die Variante C2 passt am besten zum bestehenden Werkzeug. Die Flankenwinkel der Aushalswerkzeuge liegt je nach Durchmesser bei 30° bis 45°. Beim Maximalfall, welcher es jetzt zu berechnen gilt, liegt der Winkel bei 45°.

$$C2 = 0.8$$

dSt:

$$dSt = d1 - (2 * s)$$

$$dSt = 60.3mm - (2 * 2.6mm)$$

$$dSt = 55.1 mm$$

DN	d1	d2	s	l1	l2	h1	Max. zul. Druck in bar bei 150 °C	Gewicht ca. kg
6	10,2	7,0	1,6	30	60	30	25	0,05
8	13,5	10,3	1,6	32	64	32	25	0,07
10	17,2	14,0	1,6	34	68	34	25	0,09
15	21,3	18,1	1,6	36	72	36	25	0,12
(20)	26,9	23,7	1,6	55	110	55	25	0,16
25	33,7	29,7	2,0	60	120	60	25	0,29
(32)	42,4	38,4	2,0	65	130	65	25	0,42
40	48,3	44,3	2,0	65		65	25	0,51
50	60,3	56,3	2,0	90	180	90	25	0,72
65	76,1	72,1	2,0	110	220	110	16	1,03
80	88,9	84,3	2,3	130	260	130	16	2,02
100	114,3	109,7	2,3	160	320	160	12,5	3,11
125	139,7	134,5	2,6	200	400	200	12,5	-
150	168,3	163,1	2,6	250	500	250	10	-
200	219,1	213,9	2,6	300	600	300	7 ¹⁾	-

Abbildung 25 / Detail Rohrdurchmesser DN50

S0:

$$S0 = 2.6\text{mm}$$

D0:

Für Rohraushalsungen mit dem gleichen Durchmesser wie das Grundrohr gilt:

$$hk = h1 - \left(\frac{d1}{2}\right)$$

Bei Aushalsungen mit einem reduzierten Abgang wird dieser möglichst klein gewählt. Er muss lediglich genügend Platz bieten, um eine saubere Schweissung zu gewährleisten. Dies ist in der Regel nicht genormt und auch nicht Bestandteil der Rohrklasse. Aus diesem Grund wird **hk = 10 mm** angenommen.

Um den Vorbohrdurchmesser zu berechnen gilt:

C = Konstante (C2 = 0.8) [/]

dM = Matrizendurchmesser [mm]

d0 = Vorlochdurchmesser [mm]

s0 = Blechstärke [mm]

$$d0 = \sqrt{\frac{c \cdot dM^2 - 4 \cdot (dM - s0) \cdot hk}{c}} \quad \text{hergeleitet aus } hk = C \cdot \frac{dM^2 - d0^2}{4 \cdot (dM - s0)}$$

Formel 2 / Vorbohrdurchmesser

$$d0 = 27.406 \text{ mm}$$

Rm:

In der Regel sind Rohrleitungen aus 1.4404 (X2CrNiMo17-12-2), aber auch aus 1.0308 (E 235 +C). Allerdings soll der höchste Belastungsfall ermittelt werden. Aus diesem Grund wird mit 1.4404 gerechnet.

Rm1.0308 = 480 N/mm²Rm1.4404 = 500 – 700 N/mm²Rm1.4404 > Rm1.0308

$$Rm1.4404 = 700 \text{ N/mm}^2$$

FSt:

$$FSt = Ci \cdot [s0 \cdot (dSt - d0) + 5.2 \cdot s0^2] \cdot \frac{Rm}{300}$$

$$FSt = 0.8 \cdot [2.6\text{mm} \cdot (55.1\text{mm} - 27.406\text{mm}) + 5.2 \cdot 2.6\text{mm}^2] \cdot \frac{700\text{N/mm}^2}{300}$$

$$FSt = 123.221 \text{ kN}$$

Die maximale Kraft welche die Lagerböcke in Richtung z+ halten müssen sind 73.94 kN. Da es sich allerdings um eine Werkzeugmaschine handelt muss ein Sicherheitsfaktor mit einbezogen werden. Aus diesem Grund wird ein Sicherheitsfaktor von s= 1.5 definiert.

$$FSts = 184.831 \text{ kN}$$

Berechnung der Kräfte in X- und Y- Richtung:

Um die Rohrleger korrekt zu berechnen, werden die Kräfte in X- und Y-Richtung benötigt. Die Kräfte sind aufgrund der Drehbewegung in beide Richtungen identisch. Durch das zweiklappige Werkzeug kann die Kraft FSts durch zwei geteilt werden.

Dies wird wie folgt berechnet:

α = Eingriffswinkel (°)

Fx, Fy = Kräfte in x und Y-Richtung (kN)

FSts = Stempelkraft mit Sicherheitsfaktor (N)

$$F_{x,y} = \sin(\alpha) * \frac{F_{Sts}}{2}$$

$$F_{x,y} = \sin(45^\circ) * \frac{184.831 \text{ kN}}{2}$$

$$F_{x,y} = 65.35 \text{ kN}$$

Alle benannten Formeln stammen von <https://4ming.de/de/forming-handbuch/kragenziehen>.
Der direkte Ursprung der Formeln der oben genannten Seite entnehmen.

Auswertung:

$$F_{Sts} = 184.831 \text{ kN} = F_z +$$

$$F_x = 65.35 \text{ kN}$$

$$F_y = 65.35 \text{ kN}$$

8.3.3 Rohrstatik

Gem. Pflichtenheft wurde definiert das der Aushalsbereich bei +/- 1.5m liegt. Dies bedeutet, dass im Moment die Rohrleger mit einem Abstand von 1.5m vorgesehen sind. Um zu entscheiden, ob dieser Abstand in Ordnung ist oder ob es noch zusätzliche Lager benötigt, muss die Durchbiegung des Rohrs in Richtung Z+ betrachtet werden. Dies kann mittels statischen Gleichgewichts ermittelt werden.

F = FSts = 184.831 kN

l = Gesamtlänge = 3000mm

I = Flächenträgheitsmoment 2.Grades (mm⁴)

E = Elastizitätsmodul = 210'000 N/mm²

Formel für Durchbiegung, sofern Rohr an **beiden Enden fixiert** ist.

$$f = \frac{F * l^3}{192 * E * I}$$

Formel 3 / Durchbiegung Grundrohr

$$f = \frac{184831.00 \text{ N} * 3000\text{mm}^3}{192 * 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 10362619.74 \text{ mm}^4}$$

$$f = 11.944 \text{ mm}$$

Berechnung Flächenträgheitsmoment 2. Grades:
(Formel: Decker S 29 Tab 3.2. ISBN :978-3-446-45029-5)

$$I = \frac{\pi}{64}(da^4 - di^4)$$

Formel 4 / Flächenträgheitsmoment 2. Grades Grundrohr

$$I = \frac{\pi}{64}(219.1\text{mm}^4 - 213.9\text{mm}^4)$$

$$\underline{I = 10362619.74\text{mm}^4}$$

Diagramme:
Maximalwerte laut Simulation:

Maximale Durchbiegung	$f_{\max} = -11.9 \text{ mm}$	bei x = 1500 mm
Maximale Neigung	$\alpha_{\max} = 0.0119 \text{ rad}$	bei x = 2250 mm
Maximales Biegemoment	$M_{b,\max} = 69311.6 \text{ Nm}$	bei x = 3000 mm
Maximale Biegespannung	$\sigma_{b,\max} = 732.7 \text{ N/mm}^2$	bei x = 3000 mm
Maximale Querkraft	$F_{q,\max} = 92415.5 \text{ N}$	bei x = 1500 mm
Maximale Scherspannung	$\tau_{y,\max} = 52.3 \text{ N/mm}^2$	bei x = 1500 mm
Maximale Vergleichsspannung (GEH)	$\sigma_{v,\max} = 738.3 \text{ N/mm}^2$	bei x = 3000 mm

Abbildung 26 / Maximalwerte Durchbiegung Grundrohr DN 200

Rechenmodell:

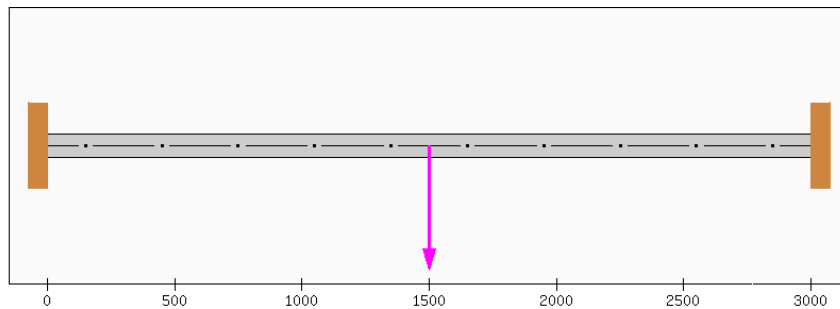


Abbildung 27 / Rechenmodell Durchbiegung Grundrohr

Durchbiegung f in mm:

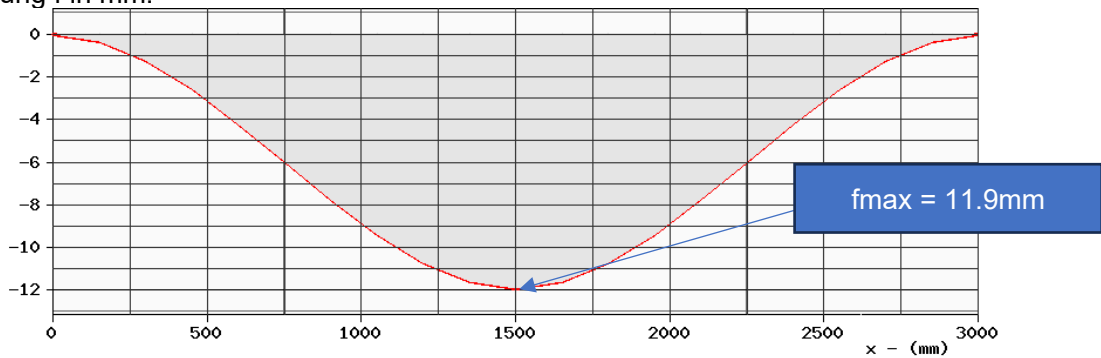


Abbildung 28 / Grafik Durchbiegung Grundrohr

Biegemoment Mb in mm:

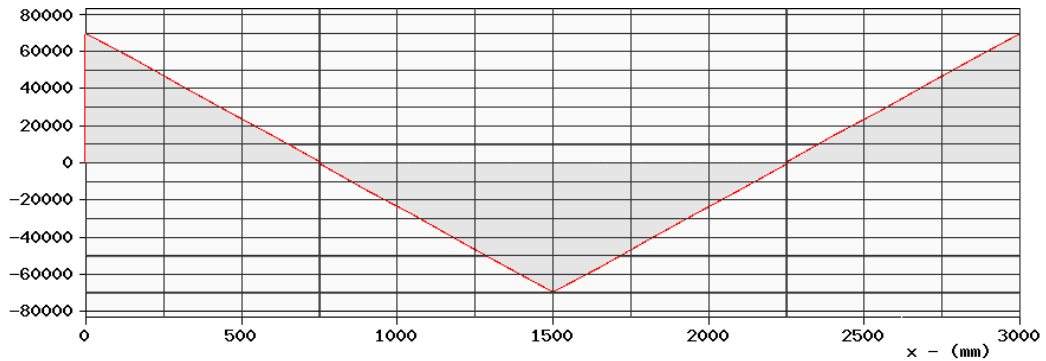


Abbildung 29 / Biegemoment Grundrohr

FEM:



Abbildung 30 / FEM Auswertung

Auswertung:

Im Maximum zieht es das Rohr um 11,9 mm in Richtung Z+. Diese 11,9 mm werden allerdings durch die T-Drill TEC150 kompensiert, da das Rohr von unten an der Maschine steht. Allerdings wäre die nachhaltigste Variante die Fixpunkte näher zu stellen oder weitere Auflagepunkte in der Konstruktion zu berücksichtigen.

Durch eine Änderung von 3000 mm auf 1500 mm Rohrlänge wäre man bereits bei einem f_{Max} von 1,49 mm. Das heisst es wäre sinnvoll jeweils von der Mitte aus nach 750 mm eine Stütze einzuplanen. Falls dies nicht machbar ist, müsste man an der Maschine fix zwei Gegehalteblöcke anbringen, welche der Kraft FSts entgegenhalten. Möglich wäre es auch, zwei freiverstellbare Rohrleger zu integrieren, welche je nach Rohrdurchmesser nach Belieben positioniert werden könnten.

8.3.4 Überprüfung der gewählten Lageranzahl (Fixlager / Loslager):

Um nachzuweisen das die definierte Lageranzahl insgesamt mehr Spannkraft aufweist als die Kraft in X-Richtung wird eine Gegenüberstellung erstellt. Es werden die Gesamtspannkkräfte des Rohres gegenüber der Kraft in X-Richtung gestellt. Hierbei müssen die gesamten Spannkkräfte grösser oder gleiche der Kraft F_x sein. Zu bemerken ist das die Kraft F_x bereits einen Sicherheitsfaktor von 1.5 ausweist aus diesem Grund dürften die Spannkkräfte auch gleich F_x sein.

F_x = Axiallast [N]

z_x = Anzahl Schrauben (Festlager) [/]

z_y = Anzahl Schnellspanner (Loslager) [/]

F_v = Vorspannkraft [N]

F_w = Haltekraft Schnellspanner [N]

μ = Haftreibungszahl [/]

$$F_x \leq ((z_x * F_v) + (z_y * F_w)) * \mu$$

Formel 5 / Benötigte Lagerfläche

F_x = 65350 N

μ = 0.5 (Stahl / Stahl (trocken))

(Europa Lehrmittel, Tabellenbusch, ISBN: 978-3-8085-1726-0, Kap. 2.4, S37)

F_v = 41.0 kN (M10/10.9Reibwert =0.16)

(Europa Lehrmittel, Tabellenbusch, ISBN: 978-3-8085-1726-0, Kap. 5.2, S223)

F_w = 3000N (gem. Datenblatt Spannverschluss im Anhang)

Z_x = 4 Stk. (gem. Konstruktion)

Z_y = 3 Stk. (gem. Konstruktion)

$$65350 \text{ N} \leq ((4 * 41000\text{N}) * (3 * 3000\text{N})) * 0.5$$

$$65350 \text{ N} \leq 86500 \text{ N}$$

Auswertung:

Die Summe aller Spannkkräfte gegenübergestellt der Kraft F_x ist genügend Gross. Dies bedeutet das die Sicherheit besteht, dass, das Rohr während der Bearbeitung an seiner Position bleibt und somit ohne weitere Bearbeitungen daran vorgenommen werden können.

Bemerkung:

Diese Berechnung wurde im Laufe der Konstruktion angepasst, um den Konstruierten Rohrlagern zu entsprechen. Zu Beginn wurde mit zwei Festlagern gerechnet welche je 4 mal M10/ 10.8 Schrauben aufweisen.

8.3.5 Definierung der Systemrelevanten Normteilen

Antriebe:

Gem. dem Pflichtenheft wurde festgelegt, dass die Antriebe mittels der Handkraft, welche im Schnitt 500 N beträgt, bewegt werden können. Ausserdem muss mittels der Übersetzung die zurückgelegte Distanz so eingestellt werden damit die Bedienung schnell und trotzdem präzise ist.

Radialantrieb:

Um den passenden Antrieb zu finden, muss folgendes berücksichtigt werden:

Übersetzungsverhältnis:

Das Übersetzungsverhältnis definiert wie viele Umdrehungen der Bediener an seinem Handrad vornehmen muss, um das Rohr eine bestimmte Distanz zu drehen. Da die Genauigkeit gem. Pflichtenheft bei 1° liegt sollte eine Untersetzung verwendet werden. Ideal wäre bei einer Umdrehung des Handrads 1° am Rohr. Allerdings ist die nicht effizient aus diesem Grund sollten min pro Umdrehung am Handrad 10° am Rohr angestrebt werden. Dieses Verhältnis hängt allerdings von den verfügbaren Normteilen ab.

Nach genauerem betrachten der Übersetzungsverhältnisse ist aufgefallen das bei Kegelradantrieben wie ursprünglich in der gewählten variante angestrebt keine so hohen Untersetzungen möglich sind. Es werden ausschliesslich Untersetzungen von 1:1 bis 6:1 angeboten.

Dies bedeutet das sich bei einer Umdrehung des Handrads das Rohr um 60°, was lediglich eine grobe Einstellung zulässt.

i = Übersetzungsverhältnis [/]

α_1 = Winkel am Rohr [°]

$$\alpha_1 = \frac{360}{i}$$

Formel 6 / Verdrehwinkel

$$\alpha_1 = \frac{360}{6}$$

$$\alpha_1 = 60^\circ$$

Aus diesem Grund muss die Variante angepasst werden im Bezug des axialen Antriebes. Ein Schneckenradgetriebe bietet sich für diesen Fall ideal an. Es können Über- Untersetzungen von bis zu 182/1 erzielt werden.

Gewählte Ausführung:
 Hersteller NOZAG AG
 Model: Schneckengetriebe Serie 56
 Produkt Nr.: 56 03 029/56 23 029
 Achsabstand: 50mm

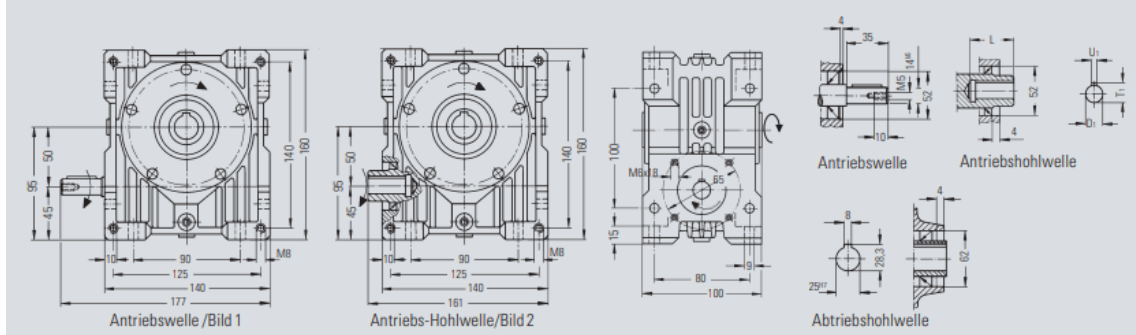


Abbildung 31 / Abmessungsgrafik NOZAG Schneckengetriebe

	Über- setzg.	Antriebsdrehzahl (n1) min ⁻¹																Wirkungs- Grad*
		T2max	125		250		500		750		1000		1500		3000			
	i		P1	T2	P1	T2	P1	T2	P1	T2	P1	T2	P1	T2	P1	T2	η	
56 03 007	6.75	280	0.22	86	0.37	76	0.61	65	0.80	59	0.98	55	1.29	50	2.10	44	0.90	
56 23 007/56 23 907	6.75	280	0.22	86	0.37	76	0.61	65	0.80	59	0.98	55	1.29	50	2.10	44	0.90	
56 03 009	9.00	190	0.16	84	0.27	74	0.46	65	0.61	59	0.74	55	1.00	50	1.61	42	0.88	
56 03 012	12.00	280	0.15	95	0.25	85	0.42	74	0.56	67	0.68	64	0.90	58	1.44	49	0.84	
56 03 015	14.00	260	0.14	97	0.24	88	0.39	77	0.51	70	0.62	66	0.82	60	1.30	50	0.82	
56 23 015/56 23 915	14.00	260	0.14	97	0.24	88	0.39	77	0.51	70	0.68	66	0.82	60	1.30	50	0.82	
56 03 020	19.00	180	0.11	94	0.17	85	0.30	76	0.40	70	0.48	65	0.63	60	0.97	50	0.79	
56 23 020/56 23 920	19.00	180	0.11	94	0.17	85	0.30	76	0.40	70	0.48	65	0.63	60	0.97	50	0.79	
56 03 029/56 23 029	29.00	250	0.09	104	0.17	97	0.28	88	0.36	82	0.43	77	0.56	71	0.84	60	0.69	
56 03 039/56 23 039	38.00	175	0.08	100	0.13	94	0.21	85	0.28	79	0.43	76	0.45	70	0.67	60	0.65	
56 03 051/56 23 051	52.00	110	0.07	102	0.11	96	0.19	91	0.23	84	0.28	79	0.37	74	0.55	64	0.60	
56 03 061	62.00	82	0.04	66	0.07	66	0.12	66	0.17	66	0.22	66	0.30	66	0.51	66	0.55	
56 23 061/56 23 961	62.00	82	0.04	66	0.07	66	0.12	66	0.17	66	0.22	66	0.30	66	0.51	66	0.55	
56 03 082/56 23 082	82.00	55	0.03	55	0.05	55	0.08	55	0.11	55	0.14	55	0.21	55	0.35	55	0.51	

Abbildung 32 / Detail 1 aus Produktkatalog Schneckengetriebe

	Bild	Übersetzung	selbsthemmend	D1 (G7)	L	U1	T1	kg
56 03 007	1	6.75	-					4.7
56 03 009	1	9.00	-					4.7
56 03 012	1	12.00	-					4.7
56 03 015	1	14.00	-					4.7
56 03 020	1	19.00	-					4.7
56 03 029	1	29.00	-					4.7
56 03 039	1	38.00	-					4.7
56 03 051	1	52.00	-					4.7
56 03 061	1	62.00	ja					4.7
56 03 082	1	82.00	ja					4.7
56 23 007	2	6.75	-	19	50	6	21.8	4.6
56 23 907	2	6.75	-	14	34	5	16.3	4.6
56 23 015	2	14.00	-	19	50	6	21.8	4.6
56 23 915	2	14.00	-	14	34	5	21.8	4.6
56 23 020	2	19.00	-	19	50	6	21.8	4.6
56 23 920	2	19.00	-	14	34	5	16.3	4.6
56 23 029	3	29.00	-	19	50	6	21.8	4.6
56 23 929	2	29.00	-	14	34	5	16.3	4.6
56 23 039	2	38.00	-	14	34	5	16.3	4.6
56 23 051	2	52.00	-	14	34	5	16.3	4.6
56 23 061	2	62.00	ja	14	34	5	16.3	4.6
56 23 961	2	62.00	ja	11	27	4	12.8	4.6
56 23 082	2	82.00	ja	11	27	4	12.8	4.6

Abbildung 33 / Detail 2 aus Produktkatalog Schneckengetriebe

Anbindung an Rohrbefestigung:
Produkt Nr.: 65 23 001

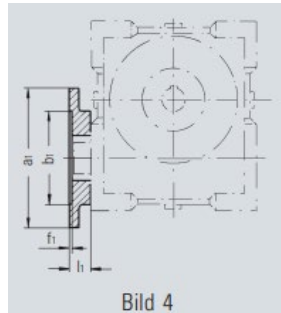


Abbildung 34 / Abmessungsgrafik Rohrbefestigung Schneckengetriebe

Bild	Antriebsflansch für	1)	a1	b1	f1	l1	e1	s1	kg	
65 23 001	3	Welle	–	–	–	–	–	–	0.5	
65 23 100	4	Hohlwelle	A 200	200	130	4.0	25	165	11	3.7
65 23 101	4	Hohlwelle	A 160	160	110	4.0	25	130	9	2.3
65 23 101	4	Hohlwelle	C 160	160	110	4.0	25	130	9	2.3
65 23 102	4	Hohlwelle	A 140	140	95	3.5	25	115	9	1.6
65 23 102	4	Hohlwelle	C 140	140	95	3.5	25	115	9	1.6

Abbildung 35 / Detail 3 aus Produktkatalog Schneckengetriebe

Anbindung an Handrad:
Produkt Nr.: 65 03 001

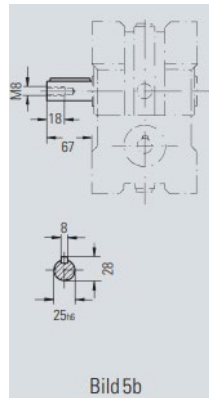


Abbildung 36 / Abmessungsgrafik Handradbefestigung

Bild	Bezeichnung	Modul		Zähne		b	d	d ₂	d _k	kg
		m	z	l ₃	z					
20 28 332	5a	Abtriebsritzelwelle geradzahnt	2	32	53	25	64.00	38	68.0	1.25
20 28 321	5a	Abtriebsritzelwelle geradzahnt	3	21	55	30	63.00	38	69.0	1.33
20 29 330	5a	Abtriebsritzelwelle schrägverz. li.	2	30	53	25	63.66	38	67.7	1.25
20 29 320	5a	Abtriebsritzelwelle schrägverz. li.	3	20	55	30	63.66	38	69.7	1.33
65 03 001	5b	Abtriebswelle einseitig kurz								0.60
65 03 200	6	Abtriebswelle beidseitig								0.80
65 03 100	7	Abtriebswelle einseitig lang								0.70
65 13 000	8	Abtriebsflansch für Folgegetriebe etc.								0.60

Abbildung 37 / Detail 4 aus Produktkatalog Schneckengetriebe

Berechnung des zu übertragenden Drehmoments:

Um zu bestätigen, dass das gewählte Getriebe passt, muss berechnet werden wie viel Drehmoment benötigt wird, um das Rohr zu drehen. Gem. Produktspezifikation kann der Antrieb ein Drehmoment von 250 Nm übertragen.

m = Rohrgewicht [kg/m]
 m_1 = Rohrgewicht pro Meter [kg/m]
 l = Rohrlänge [m]
 r = Kraftabstand [m]
 M = Drehmoment [Nm]

Berechnung des Rohrgewichtes:

$$m = l * m_1$$

Formel 7 / Rohrgewicht

$$m = 3m * 14.1kg/3$$

$$m = 42.3 kg$$

Benötigtes Drehmoment:

$$M = r * F$$

Formel 8 / Benötigtes Drehmoment

$$M = \frac{0.219mm}{2} * (42.3kg * \frac{9.81N}{s^2})$$

$$M = 45.438 Nm$$

Auswertung:

Das Drehmoment, welches benötigt wird, um das Rohr zu drehen kann ohne weiteres durch das Schneckengetriebe übertragen werden.

Axialantrieb:

In der gewählten Variante wurde ein Linierantrieb mittels Bewegungsschraube resp.einer Spindel festgelegt. Dies gewährleistet eine präzise und gleichmässige Bewegung.

Um die Trapezgewindespindel auszulegen ist es nötig die Gewindegrösse zu definieren. Um diese zu definieren ist es nötig die Durchbiegung durch das Eigengewicht zu berücksichtigen. Die maximale Durchbiegung erhalten wir so bald der Obertisch am linken oder rechten Lager ist. So haben wir einen Lagerabstand der Spindel von 3000mm.

Berechnung Durchbiegung der Spindel:

L = Spindellänge (zwischen den Lagerpunkten) [mm]
 m = Gewicht der Spindel [kg/m] 5.18 kg/m
 g = Fallbeschleunigung [9.81 m/s²]
 E = Elastizitätsmodul = 210'000 N/mm²
 I = Flächenträgheitsmoment 2.Grades [mm⁴]
 F = Kraft in Z- Richtung [N]
 d = Kerndurchmesser des Gewindes [mm]

$$f = \frac{F * l^3}{768 * E * I}$$

Formel 9 / Durchbiegung Spindel

$$f = \frac{50.82N * 3000mm^3}{768 * 210000N/mm * 19174.8mm^4}$$

$$f = 3.02 \text{ mm}$$

Berechnung der Kraft in Z- Richtung:

Es wird lediglich die Masse der Spindel verrechnet. Die Laufmutter bewegt sich mit dem Tisch mit und hat somit keine Auswirkung auf die Masse.

$$F = m * g$$

Formel 10 / Kraft in Z-Richtung

$$F = 5.18 \frac{kg}{m} * 9.81m/s^2$$

$$F = 50.82 \text{ N}$$

Berechnung Flächenträgheitsmoment 2. Grades:

Kerndurchmesser Trapezgewinde = 25mm

$$I = \frac{\pi * d^4}{64}$$

Formel 11 / Flächenträgheitsmoment 2. Grades Spindel

$$I = \frac{\pi * 25^4}{64}$$

$$I = 19174.8 \text{ mm}^4$$

Diagramme:

Maximalwerte gem.Simulation:

Maximale Durchbiegung	$f_{\max} = -3.09 \text{ mm}$	bei x = 1350 mm
Maximale Neigung	$\alpha_{\max} = -0.00345 \text{ rad}$	bei x = 0 mm
Maximales Biegemoment	$M_{b,\max} = 28.6 \text{ Nm}$	bei x = 3000 mm
Maximale Biegespannung	$\sigma_{b,\max} = 18.6 \text{ N/mm}^2$	bei x = 3000 mm
Maximale Querkraft	$F_{q,\max} = 34.9 \text{ N}$	bei x = 1500 mm
Maximale Scherspannung	$\tau_{y,\max} = 0.0711 \text{ N/mm}^2$	bei x = 1500 mm
Maximale Vergleichsspannung (GEH)	$\sigma_{v,\max} = 18.6 \text{ N/mm}^2$	bei x = 3000 mm

Rechenmodell:

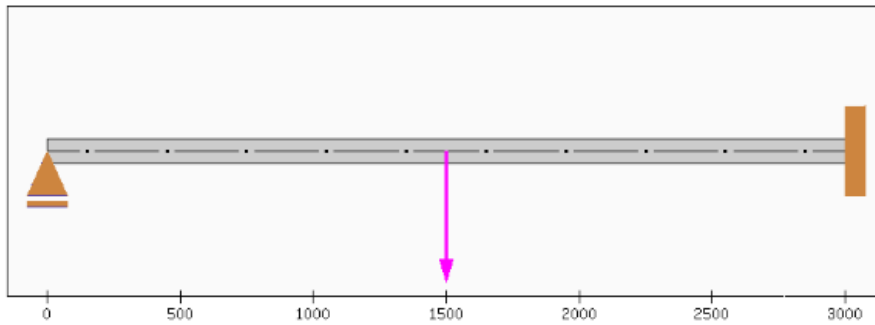


Abbildung 38 / Rechenmodell Durchbiegung Spindel

Durchbiegung f in mm:

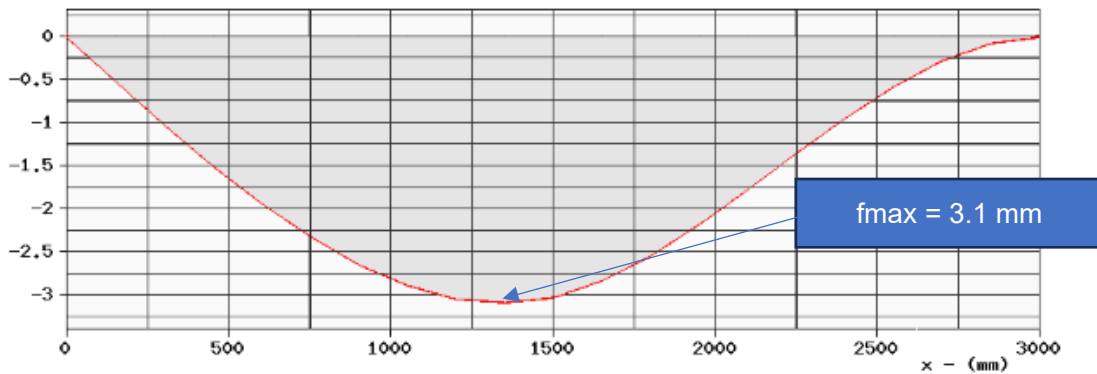


Abbildung 39 / Durchbiegung Spindel

Biegemoment M_b in mm:

Biegemoment M_b in Nm

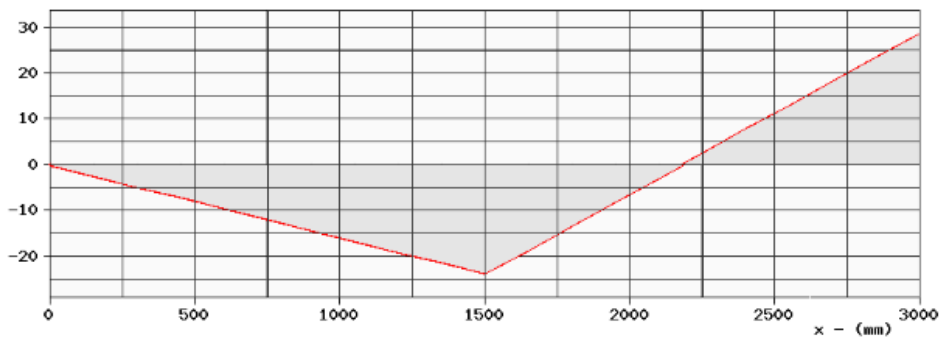


Abbildung 40 / Biegemoment Spindel

Bemerkung:

Üblicherweise wird bei der Auslegung der Spindel die Antriebskraft auch berechnet. Bei diesem System muss die Spindel lediglich die Gewichtskraft der zu bewegenden Komponenten berücksichtigen. Die Kraft F_g beträgt in diesem Fall bei schätzungsweise 914 N. Da dies sehr geringe Kräfte für eine Trapezspindel Tr32/6, sind wurde keine Antriebskräfte berechnet.

Auswertung:

Die Durchbiegung von ca. 3 mm ist zulässig, sowie das maximale Biegemoment von 28.6 Nm. Dies bedeutet eine Trapezspindel Tr 32*6 aus 1.4404 ist für diese Applikation geeignet.

Gewählte Ausführung der Spindel:

Hersteller NOZAG AG
 Model: Trapezgewindespindel rechts, 1.4404
 Produkt Nr.: Tr32/6- 3000
 Gewindelänge: 3000mm

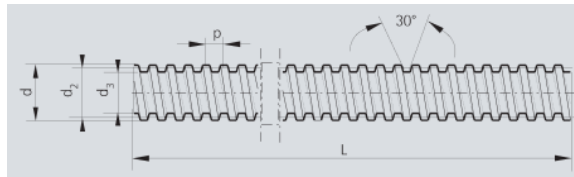


Abbildung 41 / Abmessungsgrafik Spindel NOZAG

Trapezgewindespindeln rechts / Broches à filetés trapézoïdal à droite / Trapezoid threaded screws right

d x p	L				d 3 min.	Gewicht / poids / Weight kg / m	Type No. / Part No. d x p x L
	1	2	3	4			
eingängig rechts / à un filet, à droite / One start right-handed thread							
10x2	500* / 1000				6.89	0.50	TR 10/2 /
10x3	500* / 1000*				5.84	0.45	TR 10/3 /
12x3	500* / 1000*				7.84	0.75	TR 12/3 /
14x4	500* / 1000* / 2000 / 3000				8.80	1.05	TR 14/4 /
16x4	500* / 1000* / 2000 / 3000				10.80	1.21	TR 16/4 /
18x4	500* / 1000* / 2000* / 3000				12.80	1.58	TR 18/4 /
20x4	500* / 1000* / 2000* / 3000				14.80	2.00	TR 20/4 /
22x5	500 / 1000* / 2000* / 3000				15.50	2.23	TR 22/5 /
24x5	500* / 1000* / 2000* / 3000				17.50	2.72	TR 24/5 /
26x5	500 / 1000* / 2000* / 3000				19.50	3.26	TR 26/5 /
28x5	500 / 1000* / 2000* / 3000*				21.50	3.85	TR 28/5 /
30x6	500* / 1000* / 2000* / 3000				21.90	4.50	TR 30/6 /
32x6	500 / 1000 / 2000 / 3000*				23.90	5.18	TR 32/6 /
36x6	500 / 1000* / 2000* / 3000				27.90	6.71	TR 36/6 /
40x7	500* / 1000* / 2000* / 3000*				30.50	8.00	TR 40/7 /
44x7	500 / 1000* / 2000 / 3000				34.50	9.87	TR 44/7 /
48x8	500 / 1000 / 2000 / 3000				37.30	11.95	TR 48/8 /
50x8	500 / 1000* / 2000 / 3000				39.30	13.05	TR 50/8 /
60x9	500 / 1000 / 2000 / 3000				48.15	17.98	TR 60/9 /

* auch rostfrei erhältlich mit Endung RF /z.B. TR16/4/1000RF)
 * également disponibles en INOX dont la référence se termine par «RF» (ex.: TR16/4/1000RF)
 * Also available in stainless steel add «RF» to the end of the part No. (For example TR16/4/1000RF)

Abbildung 42 / Detail aus Produktkatalog Gewindespindeln

Gewählte Ausführung der Laufmutter:

Hersteller NOZAG AG
 Model: Trapezgewindemutter rechts, Bronze RG7
 Produkt Nr.: BFR 32/6

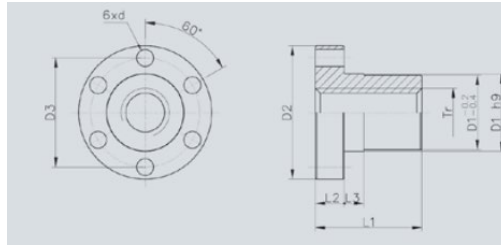


Abbildung 43 / Abmessungsgrafik Laufmutter NOZAG

rechts / droite / right	links / gauche / left	D ₁	D ₂	D ₃	d		L ₁	L ₂	L ₃
BFR 10/2	BFL 10/2	25	42	34	5	M 4	25	10	6
BFR 10/3	BFL 10/3	25	42	34	5	M 4	25	10	6
BFR 12/3	BFL 12/3	28	48	38	6	M 5	35	12	8
BFR 14/4	BFL 14/4	28	48	38	6	M 5	35	12	8
BFR 16/4	BFL 16/4	28	48	38	6	M 5	35	12	8
BFR 18/4	BFL 18/4	28	48	38	6	M 5	35	12	8
BFR 20/4	BFL 20/4	32	55	45	7	M 6	44	12	8
BFR 22/5	BFL 22/5	32	55	45	7	M 6	44	12	8
BFR 24/5	BFL 24/5	32	55	45	7	M 6	44	12	8
BFR 26/5	BFL 26/5	38	62	50	7	M 6	46	14	8
BFR 28/5	BFL 28/5	38	62	50	7	M 6	46	14	8
BFR 30/6	BFL 30/6	38	62	50	7	M 6	46	14	8
BFR 32/6	BFL 32/6	45	70	58	7	M 6	54	16	10
BFR 36/6	BFL 36/6	45	70	58	7	M 6	54	16	10
BFR 40/7	BFL 40/7	63	95	78	9	M 8	66	16	12
BFR 44/7	BFL 44/7	63	95	78	9	M 8	66	16	12
BFR 48/8	BFL 48/8	72	110	90	11	M 10	75	18	14
BFR 50/8	BFL 50/8	72	110	90	11	M 10	75	18	14
BFR 60/9	BFL 60/9	88	130	110	13	M 12	90	20	16

Abbildung 44 / Detail aus Produktkatalog Gewindespindeln

8.4 Konstruktion

Vorgehen:

Die Konstruktion wurde in Unterbaugruppen realisiert. Dies garantiert, dass die Baugruppe in sich übersichtlich bleibt sowie die Funktion unabhängig sichergestellt wird. Für die Erstellung der Baugruppen müssen in erster Linie die Teilfunktionen betrachtet werden. In diesem Fall gestalten sich die Teilfunktionen in Radialantrieb, Linearantrieb und dem Untergestell der Applikation. Durch diese Unterteilung sind alle Funktionen der gesamten Applikation abgedeckt.

Grafik:

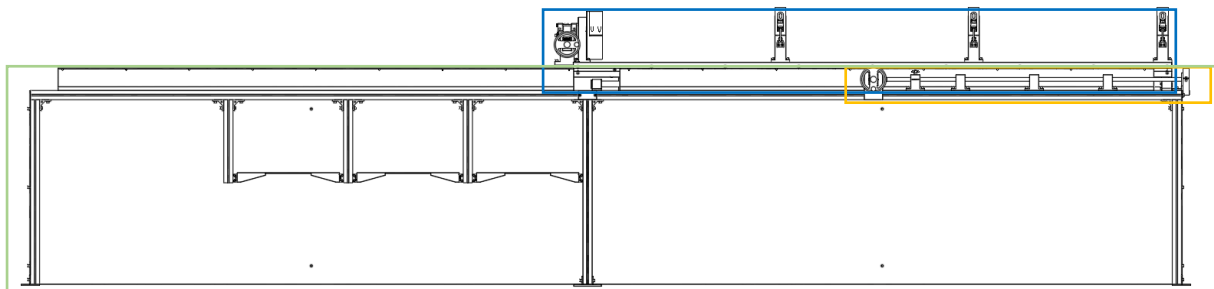


Abbildung 45 / Abstract Teilsysteme

Baugruppe 1: Radialantrieb (Blau)

Baugruppe 2: Linearantrieb (Gelb)

Baugruppe 3: Untergestell (Grün)

8.4.1 Radialantrieb:

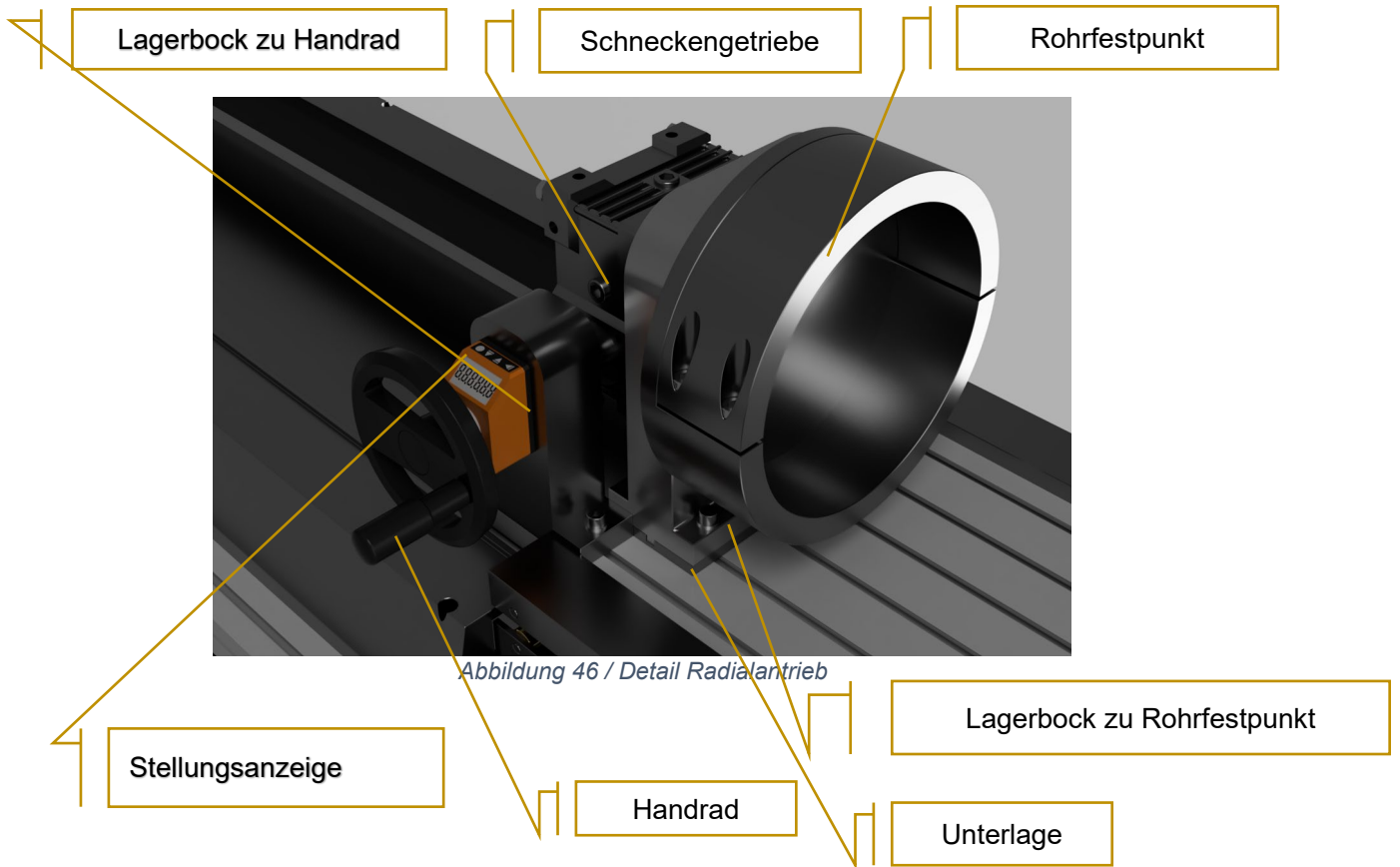
Der Radialantrieb setzt sich aus dem Schneckengetriebe (gem. Spezifikation bei den Berechnungen), dem Rohrfixpunkt, in welchem das Rohr am Aussendurchmesser gespannt wird und den Rohrlagern, welche der Stabilisation des Rohrs dienen. Durch diese Baugruppen ist die Funktionalität des Radialantriebes sichergestellt.

Vorgehen:

Lagerbefestigung:

1. Konstruktion der Rohrspannelemente
2. Konstruktion des Lagerbockes
3. Konstruktion der Unterlage für den Lagerbock.
4. Definierung des Gleitlagers, welche die Welle am Rohrspannelement lagert.
5. Implementierung der Lagersicherung
6. Implementierung des Schneckengetriebes
7. Konstruktion der Schneckenradbefestigung
8. Definierung der Winkelanzeige
9. Konstruktion des Lagerbockes für das Handrad
10. Definierung des passenden Handrades
11. Einfügen von Normschrauben
12. Zusammenfügen der Komponenten mittels Gelenken.

Beschriftung:



Funktionen:

Rohrfestpunkt:

Der Rohrfestpunkt wurde ausgelegt auf den grösst möglichen Rohrdurchmesser von 219.1 mm welcher DN 200 entspricht. Die Fixierung des Rohrs wird mittels der Klemmwirkung der oberen Halbschale auf das Rohr sichergestellt. Die Klemmkraft wird durch vier Zylinderschrauben ISO 4762-M10*35-10.9 gewährleistet.

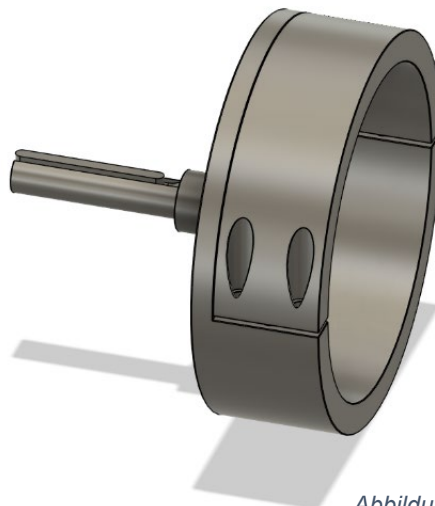


Abbildung 47 / Radialantrieb Rohrbefestigung

Lagerbock zwischen Rohrfestpunkt und Schneckengetriebe:

Der Lagerbock dient zur Stützung des Systems, der Unterbringung des Gleitlagers und der Befestigung des Schneckengetriebes. Implementiert wurde ein Gleitlager PBM 405040 m1g1 der Firma SKF. Das Gleitlager ist aus Bronze, welche eine hohe Lebenserwartung aufweist wie auch die Eigenschaft einer Selbstschmierung. Es wurde sich für ein Gleitlager entschieden da die Drehzahl sehr gering sowie ungleichmässig und die Belastung in z- Richtung hoch ist. Ein Rillenkugellager wäre aufgrund der Z-Belastung und der niedrigendrehzahl nicht geeignet. Die Positionierung ist durch eine Feder an der Unterseite der Lagerbockes zur Unterlage sichergestellt. Hier wurde eine Übergangspassung vorgesehen, welche sowohl eine einfache Montage und Demontage ermöglicht sowie eine hohe Lagergenauigkeit.

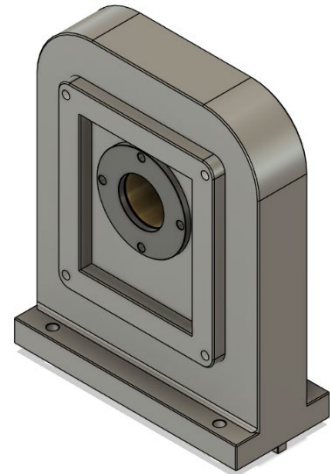


Abbildung 48 / Radialantrieb Lagerbock zu Schneckengetriebe

Unterlage zwischen Lagerbock und Laufftisch:

Die Unterlage dient dazu die Positionierung des gesamten Radialantriebes sicherzustellen wie auch der Anpassung der Höhe des gesamten Antriebes. Die Höhe muss insofern angepasst werden, um die Bearbeitung der Rohrdurchmesser von DN 50 bis DN200 zu gewährleisten. Um die Höhe anzupassen, muss jeweils die Unterlage mit der zum Rohrdurchmesser passenden Unterlage eingestellt werden. Das Wechseln erfordert einen verhältnismässig hohen Zeitaufwand stellt aber die Positionierung und die Präzision sicher, welche ein Hauptmerkmal der gesamten Applikation darstellt. Der Zeitaufwand kann allerdings minimiert werden in dem die Fertigungsplanung so angepasst wird damit die Rohre mit den gleichen Durchmessern jeweils hintereinander ausgehalst werden.

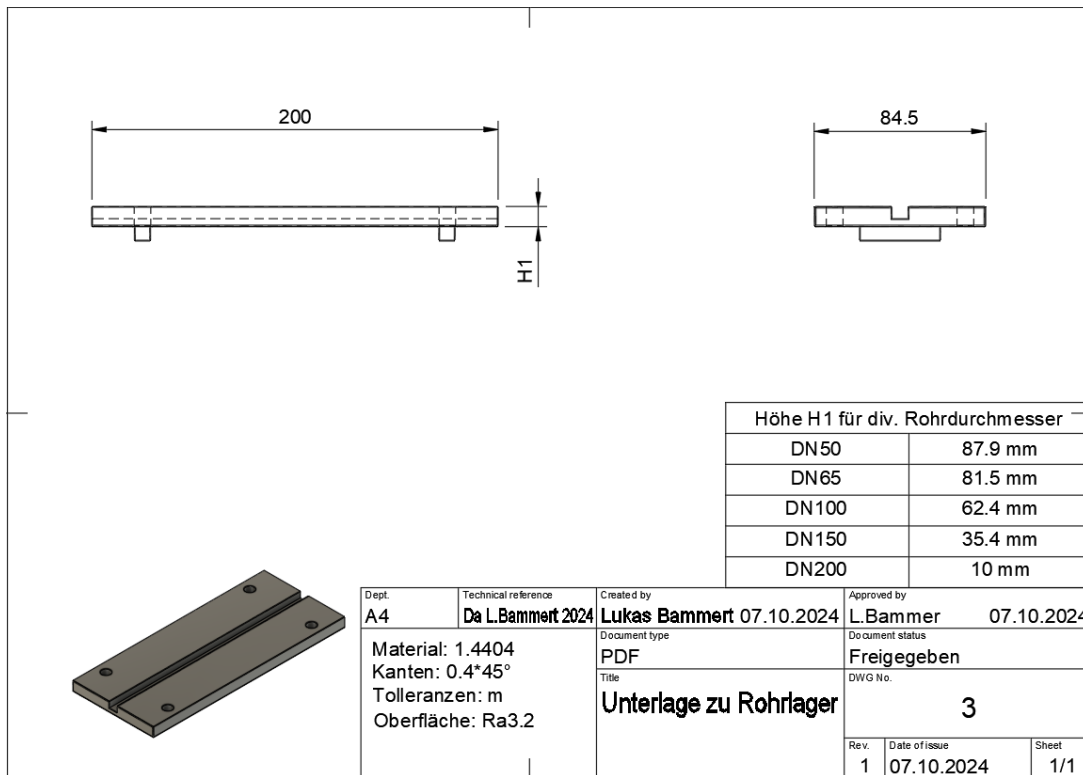


Abbildung 49 / Radialantrieb Unterlagen zu Lagerbock

Schneckengetriebe:

Wie bereits in der Berechnung definiert wurde ein Schneckengetriebe der Firma NOZAG verwendet. Durch das Schneckengetriebe kann die Feinpositionierung sichergestellt und die erforderliche Kraft zur drehung des Rohrs minimiert werden.

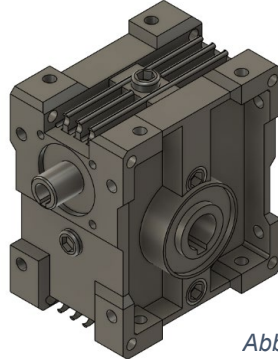


Abbildung 50 / Radialantrieb Schneckengetriebe

Lager zu Handrad:

Um das Schneckenrad mit dem Handrad zu verbinden wurde ein weiterer Lagerbock mit Verbindungswelle eingesetzt. Auch hier wurde ein Gleitlager aus Bronze eingesetzt. Ausserdem dient der Lagerbock als Drehmomentstütze für die Stellungsanzeige.

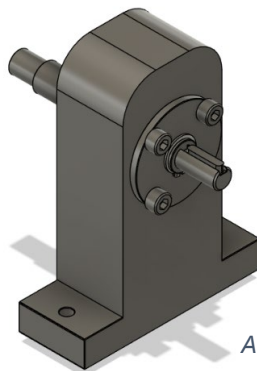


Abbildung 51 / Radialantrieb Lager zu Handrad

Stellungsanzeige:

Um die Präzision und die Bedienerfreundlichkeit zu gewährleisten, wurde eine digital Stellungsanzeige der Firma Eleas eingesetzt (Produkt gem. Datenblatt GN 9153 im Anhang). Diese Stellungsanzeige ist kostenintensiv da es zur Kalibrierung und Einstellung des Übersetzungsverhältnises eine Kontrolleinheit (gem. Datenblatt GN9150 im Anhang) benötigt. Allerdings kann nach der Kalibrierung bei den benötigten Positionen die Einheit genullt werden und die Winkelabweichung gem. Pflichtenheft von 1° ohne weiteres sichergestellt werden.



Abbildung 52 / Radialantrieb Stellungsanzeige

Handrad:

Als Handrad wurde ein standartmässiges Speichenhandrad der Firma Hanser (gem. Datenblatt GN 924 im Anhang) eingesetzt.



Abbildung 53 / Radialantrieb Handrad

Vorgehen:

1. Konstruktion des Grundkörpers des Rohrlagers
2. Konstruktion der Rollenlager
3. Konstruktion des Inlets
4. Definieren des Scharnieres
5. Definieren des Spannelementes
6. Einfügen der Schrauben
7. Zusammenfügen der Komponenten mittels Gelenken

Beschriftung:

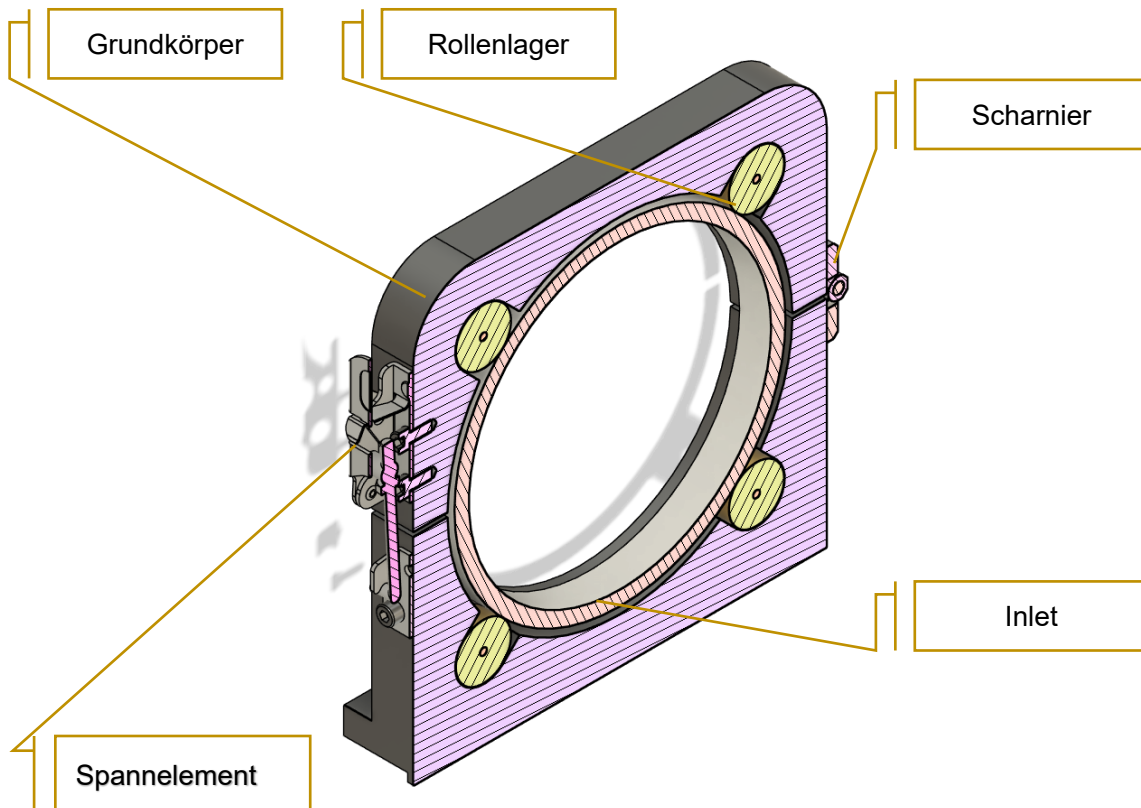


Abbildung 54 / Radialantrieb Grundkörper zu Rohrlager

Funktionen:

Grundkörper:

Der Grundkörper dient als Gehäuse für die Rollenlager. Ausserdem hat er die Funktion das Inlet auf Position zu halten damit es bei einer Belastung in X-Richtung nicht aus der Führung rutscht.

Rollenlager:

Um die Drehbewegung möglichst leicht für den Bediener zu gestalten ist das Rohr auf den Rollenlagern gelagert. Ausserdem halten sie das Rohr auf der richtigen Höhe. Der vorgesehene Lagerwerkstoff ist Kupfer (Cusn8P).

Inlet:

Das Inlett dient der Führung des Rohrs wie auch der Möglichkeit, den Durchmesser auf den jeweiligen Rohrdurchmesser anpassen zu können. Das Inlett wird auch bei der Rohrbefestigung verwendet. Das Inlett kann bei der Montage des Rohrs einfach über das Rohr auf die richtige Position gezogen werden. Auch hier ist eine Übergangspassung vorgesehen, um den Rundlauf möglichst genau zu gestalten. Die Inletts sind aus 1.4404 vorgesehen.

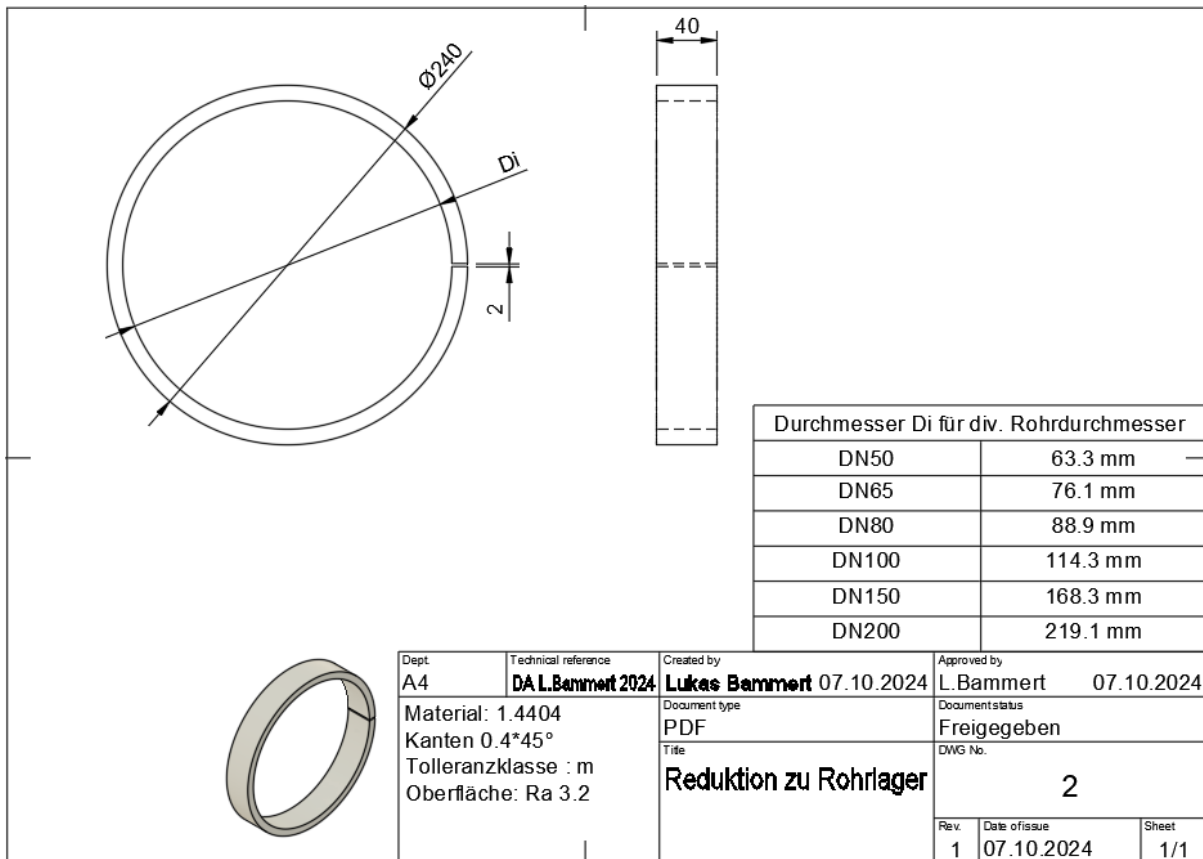


Abbildung 55 / Radialantrieb Grundkörper Inlett

Scharnier:

Als Scharnier wird ein Standardprodukt der Firma Hanser verwendet (gem. Datenblatt GN 237 im Anhang). Das Scharnier dient zur Position genauen Öffnung und Schliessung der oberen Halbschale.

Spannelement:

Um die Befestigung des Rohrs zeiteffizient zu gestalten wurde ein Spannverschluss angedacht. Ausserdem ist die Spannkraft stets konstant und kann beim Zusammenbauen der Applikation einmalig eingestellt werden. Der Spannverschluss ist auch hier von der Firma Hanser (gem. Datenblatt GN 761.1 im Anhang).

8.4.2 Linearantrieb:

Der Linearantrieb besteht aus einem Kegelgetriebe, welches die Bewegung am Handrad an die Kettenräder weitergibt. Die Kettenräder übertragen die Drehbewegung weiter an eine Trapezspindel, welche mit dem Lauffisch verbunden ist. Der Lauffisch ist mittels Rollenschienen an den Gleitschienen am Untergestell befestigt und gelagert. Die Arretierung wird durch ein Lagerbock mit Klemmfunktion sichergestellt.

Kegelgetriebe mit Antriebswelle:

Vorgehen:

Konstruktion der Antriebswelle

1. Konstruktion der Lagerböcke welche die Antriebswelle lagern
2. Definierung des Kegelradpaares
3. Konstruktion der Lagerung für die Kegelräder
4. Definierung Längenanzeige und Handrad und Stellungsanzeige
5. Konstruktion der Arretierung
6. Definierung des passenden Kettenrades
7. Konstruktion des Kettengehäuses
8. Konstruktion des Kegelradgehäuses
9. Konstruktion der Gewindespindeln und Spindellager
10. Konstruktion der Laufmutter mit Lager
11. Einfügen der Schrauben
12. Zusammenfügen der Komponenten mittels Gelenken

Beschriftung:

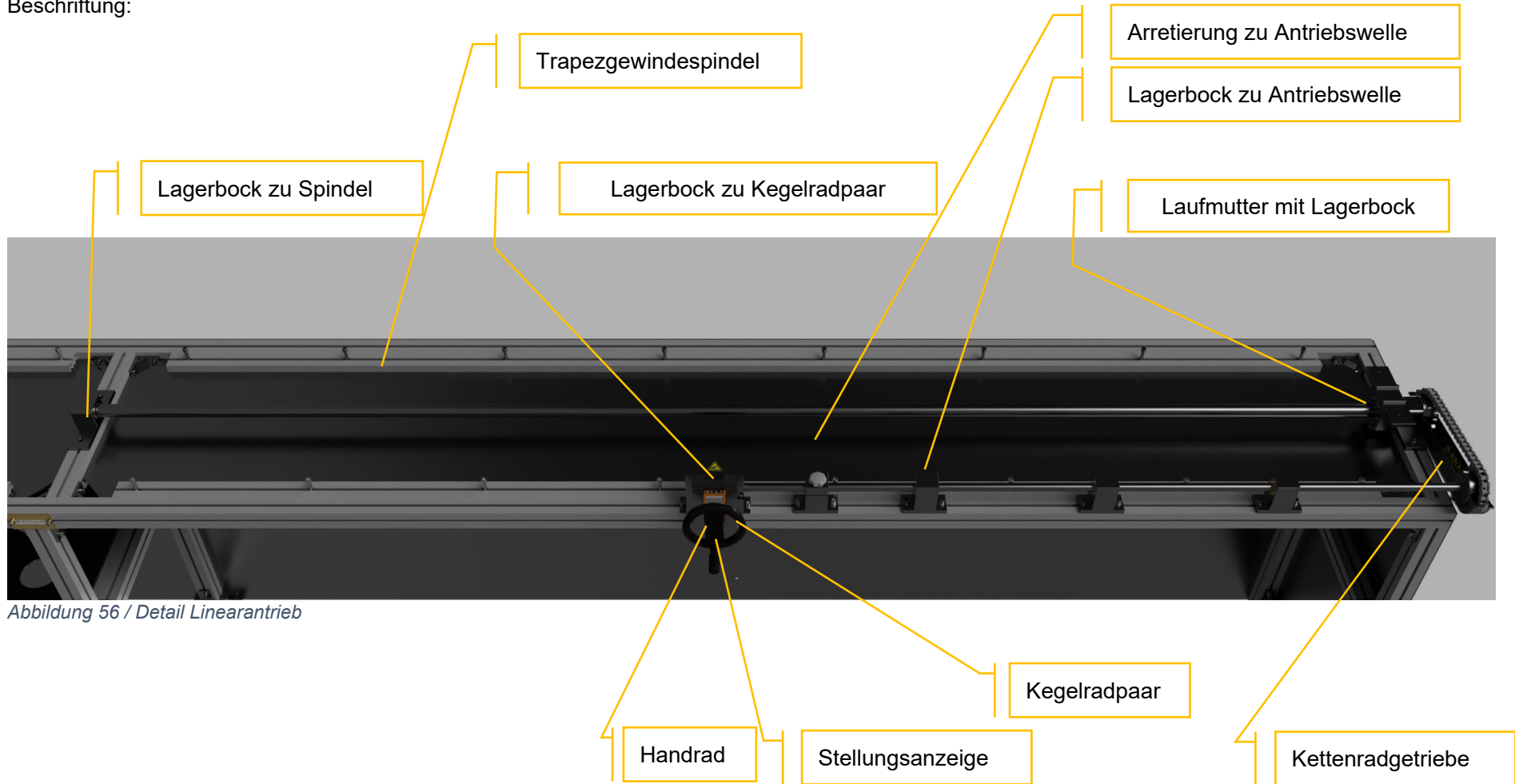


Abbildung 56 / Detail Linearantrieb

Funktionen:

Antriebswelle:

Die Antriebswelle dient zur Übertragung der Drehbewegung vom Kegelradpaar zum Kettenrad. In dieser

Position wird die Antriebswelle durch drei Lagerböcken gehalten wie einem Lagerbock mit der arretierfunktion. Die Anbindung an das Kegelrad wie an das Kettenrad sind mit einer Passfedernut versehen, um dem entsprechenden Drehmoment entgegenzuhalten.



Abbildung 57 / Linearantrieb Antriebswelle

Lagerböcke zu Antriebswelle:

Wie bereits erwähnt dienen die Lagerböcke dazu, die Antriebswelle in Z-Richtung auf der entsprechenden Höhe zu halten. Ausserdem haben sie die Funktion, der Durchbiegung der Welle entgegenzuhalten. Um die Reibung zu minimieren, wurden hier Gleitlager eingesetzt. Diese Gleitlager sind identisch zu den Gleitlagern im Lagerbock des Radialantriebes. Vorgesehen wurde «PBM 405040 m1g1» der Firma SKF.

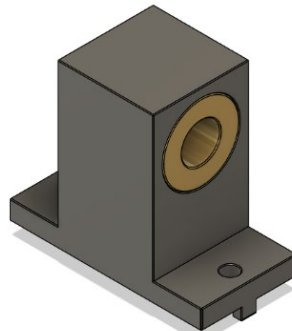


Abbildung 58 / Linearantrieb Lagerböcke zu Antriebswelle

Kegelradpaar:

Das Kegelradpaar überträgt die Drehbewegung des Handrades auf die Antriebswelle. Das Kegelrad wurde vorgesehen, um das Handrad möglichst bedienerfreundlich zu gestalten. Die Übersetzung wurden so gestaltet, dass die 3000mm Fahrweg möglichst angenehm verfahren werden können.

Eingesetzt wurde ein Kegelradpaar der Firma NOZAG AG. Verwendet wurde das Kegelradpaar 4150-5 (gem. Datenblatt Kegelräder S 91 im Anhang). Es handelt sich über eine geradeverzahnnte Variante aus Vergütungsstahl C45 mit einem Modul von 1.5. Dementsprechend ist das Übersetzungsverhältnis 1:5. Dadurch kann pro Umdrehung des Handrades eine Strecke von 30 mm ($P=6\text{mm}$ der Spindel) zurückgelegt werden, was eine genaue Einstellung sicherstellt.

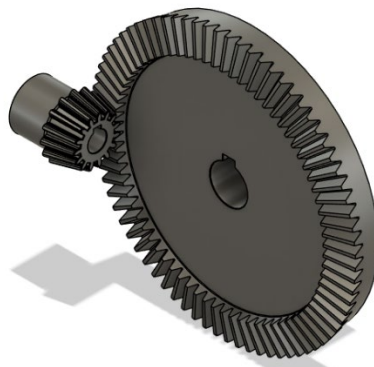


Abbildung 59 / Linearantrieb Kegelradpaar

Lagerbock zu Kegelpaar:

Die Lagerung dient zur Sicherstellung der Achsabstände der Kegelpaare zueinander, sowie zur Halterung der Handradwelle. Ausserdem dient sie als Drehmomentstütze der Stellungsanzeige. Auch hier ist das Ganze mit einem Gleitlager bestückt, welches die Handradwelle lagert. Das Gleitlager wurde aus Kupfer (Cusn8P) vorgesehen und entspricht keiner Norm.

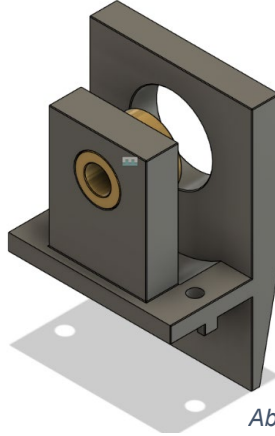


Abbildung 60 / Linearantrieb Lagerbock zu Kegelpaar

Stellungsanzeige:

Auch hier wurde aus Gründen der Einfachheit die gleiche Stellungsanzeige wie beim Radialantrieb eingesetzt. (Produkt gem. Datenblatt GN 9153 im Anhang).



Abbildung 61 / Linearantrieb Stellungsanzeige

Arretierung der Antriebswelle:

Um die Antriebswelle zu arretieren wurde ein geschlitzter Lagerbock eingesetzt, welcher mittels einer Sterngriffschraube geklemmt werden kann. Dies ist das einfachste Verfahren, um eine solche Arretierung in so einem Fall zu realisieren. Ausserdem ist dies sehr robust, im Feld und bedienerfreundlich.

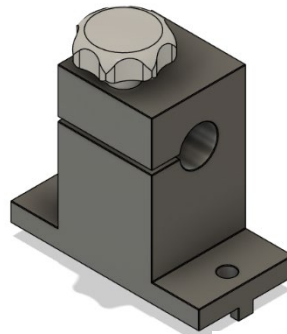


Abbildung 62 / Linearantrieb Arretierung

Kettenräder:

Um die Drehbewegung der Antriebswelle auf die Spindel weiterzuleiten, wurden Kettenräder eingesetzt. Dies wurde eingesetzt, um die Umleitung der Drehbewegung von 90° zu realisieren. Ausserdem ist es mit Kettenrädern möglich einen Versatz der Achsen in Y/Z-Richtung zu kompensieren. Eingesetzt wurde ein Kettenrad mit einfacher Ausführung aus rostfreiem Stahl (1.4301). Auch hier wurde ein Normteil der Firma NOZAG AG verwendet mit der Bestellnummer: 2110-19 (gem. Datenblatt Kettenräder im Anhang).

Das Kettenrad ist passend zu den Ketten nach europäischer Bauart nach ISO-R606/ DIN-8187. Die Norm der Kette gem. Vorgabe des Kettenrades ist die ISO 10B-1. (gem. Datenblatt Ketten im Anhang).

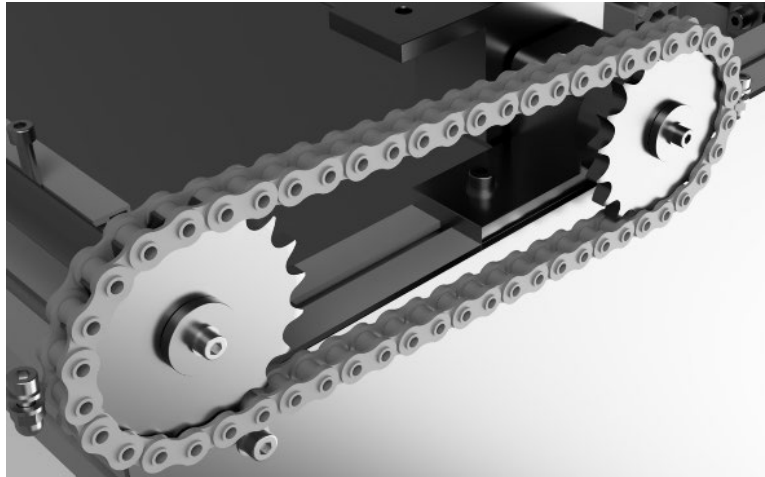


Abbildung 63 / Linearantrieb Kettenräder

Kettengehäuse:

Um die Kettenräder vor Verschmutzungen zu schützen wie auch das Eindringen des Bedieners von aussen zu verhindern wurde ein Gehäuse um die Kettenräder angebracht. Das Gehäuse ist in zwei Schalen geteilt, um die Montage zu erleichtern. Ausserdem ist es möglich so ein Gehäuse zu gestalten welches keine Öffnungen von mehr als 2 mm aufweist. Gestaltet wurde das Gehäuse aus 2mm Stahlblech (1.4403).

Die Befestigung wird durch eine Lasche realisiert, welche einfach am Untergestell montiert werden kann.

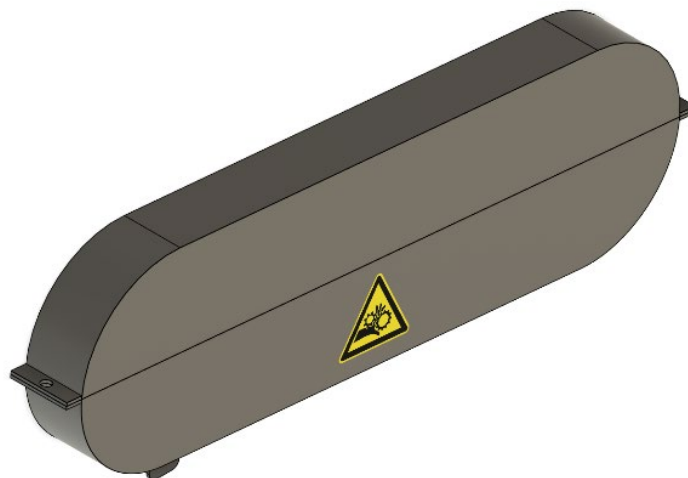


Abbildung 64 / Linearantrieb Kettengehäuse

Kegelradgehäuse:

Wie beim Kettenradgehäuse wurde auch dieses Gehäuse zum Schutz vor Verschmutzung angebracht wie auch das Einbringen des Bedieners zu verhindern. Das Gehäuse ist ebenfalls 2mm Stahlblech (1.4403). Befestigt wird das Ganze mittels zweier Laschen am Untergestell.

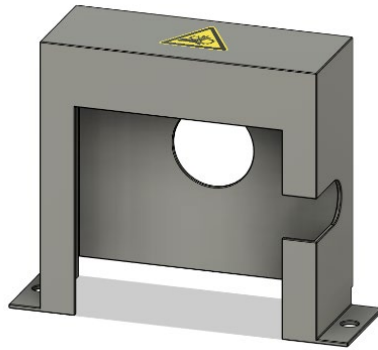


Abbildung 65 / Linearantrieb Kegelradgehäuse

Gewindespindel mit Lagern:

Um die Kraftübertragung auf den Lauftisch zu bringen, wurde gem. Variantenbildung und Berechnungen eine Gewindespindel vorgesehen. Verwendet wurde eine Trapezgewindespindel der Firma NOZAG AG mit der Bestellnummer Tr32/6-3000 rechts (gem. Datenblatt Trapezgewindespindeln im Anhang).

Um die Spindel links und rechts zu lagern, wurden jeweils ein Lagerbock mit Gleitlager eingesetzt. Die Firma NOZAG bietet ihre Gewindespindeln mit Vollwellen auf beiden Seiten an. Auf diesen Vollwellenstücken wurde jeweils die Spindel gelagert. Dies simultan durch Überprüfung in den Berechnungen bezüglich der Durchbiegung mit einem Lagerabstand von 3000mm.

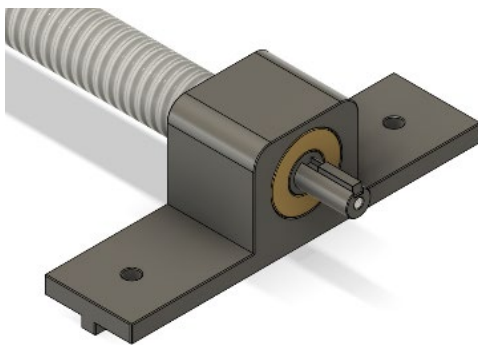


Abbildung 67 / Linearantrieb Lager rechts

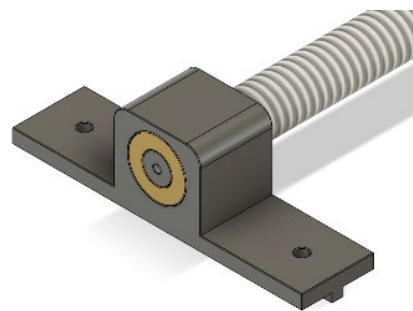


Abbildung 66 / Linearantrieb Lager links



Abbildung 68 / Linearantrieb Lager zu Spindel

Laufmutter mit Lager:

Um die Drehbewegung der Spindel in eine lineare Bewegung umzuwandeln, muss eine Laufmutter eingesetzt werden. Dies gestaltet sich in diesem Falle einfach, da die passende Laufmutter beim gleichen Lieferanten der Spindel direkt mit bestellt werden kann. Diese Laufmutter wurde auch bereits in den Berechnungen definiert als BFR 32/6 der NOZAG AG. (gem. Datenblatt Laufmuttern im Anhang). Bei der Definierung wurde die Variante mit Flansch gewählt, welche die Befestigung der Laufmutter am Lagerbock vereinfacht. Das Lager wird an der Unterseite des Laftisches verschraubt und mittels einer Feder positioniert. Die effektive Befestigung wird mittels zweier Zylinderschrauben ISO 4762-M8*20-10.9, welche in Nutzensteine geschraubt werden, sichergestellt.

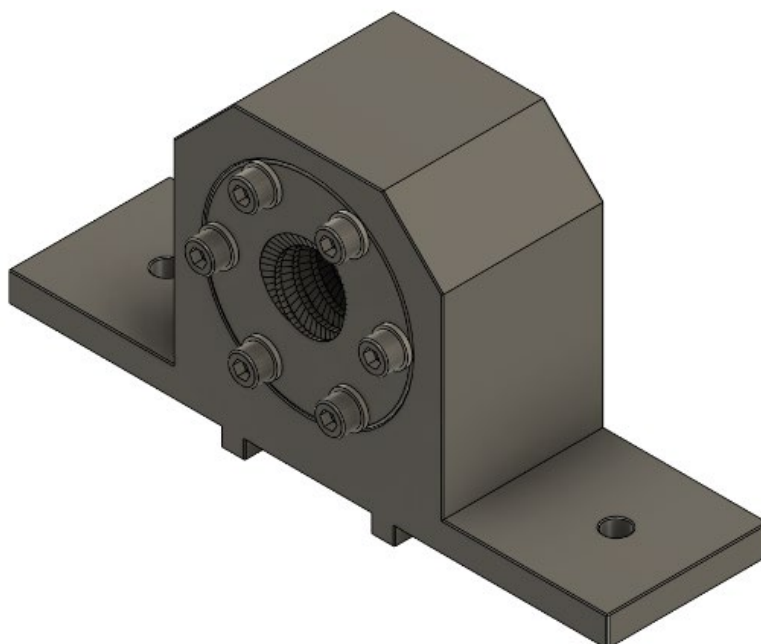


Abbildung 69 / Linearantrieb Laufmutter mit Lager

8.4.3 Untergestell und Lauftisch

Das Untergestell dient zur Abstützung aller Bauteile wie auch zur Führung des Laufschlittens. Auf der Oberseite des Gestelles wird mittels vier Laufschiene der Lauftisch gelagert. Ausserdem wird der Linearantrieb darauf befestigt. Auf der linken Seite befinden sich drei Schubladen, in welchen die aus-halsköpfe verstaut werden können, um den Platz ideal auszunutzen.

Vorgehen:

1. Definierung der verwendeten Profile
2. Konstruktion des Gestells mittels der definierten Profile
3. Konstruktion der Bodenbefestigungen
4. Konstruktion des Schubladensystems
5. Konstruktion der Laufschiene (Untergestell und Lauftisch)
6. Konstruktion des Lauftisches
7. Konstruktion der diversen Abdeckbleche
8. Einfügen der Schrauben
9. Zusammenfügen der Komponenten mittels Gelenken

Beschriftung:

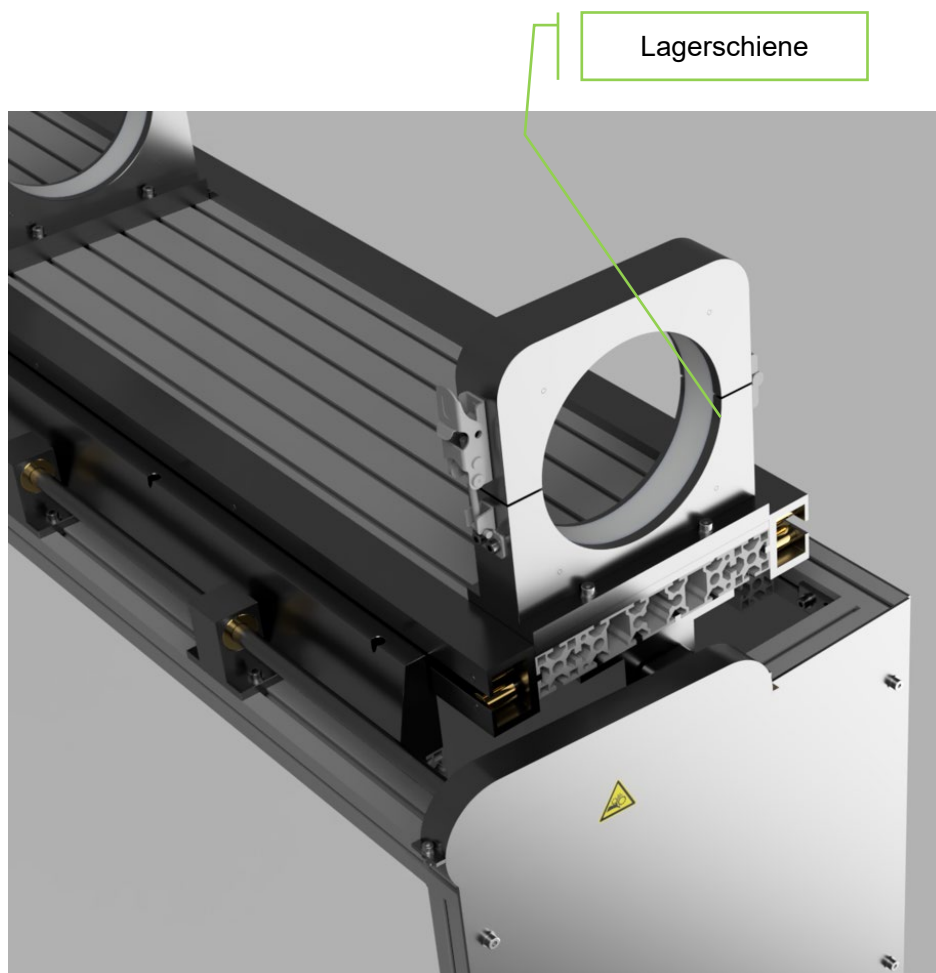
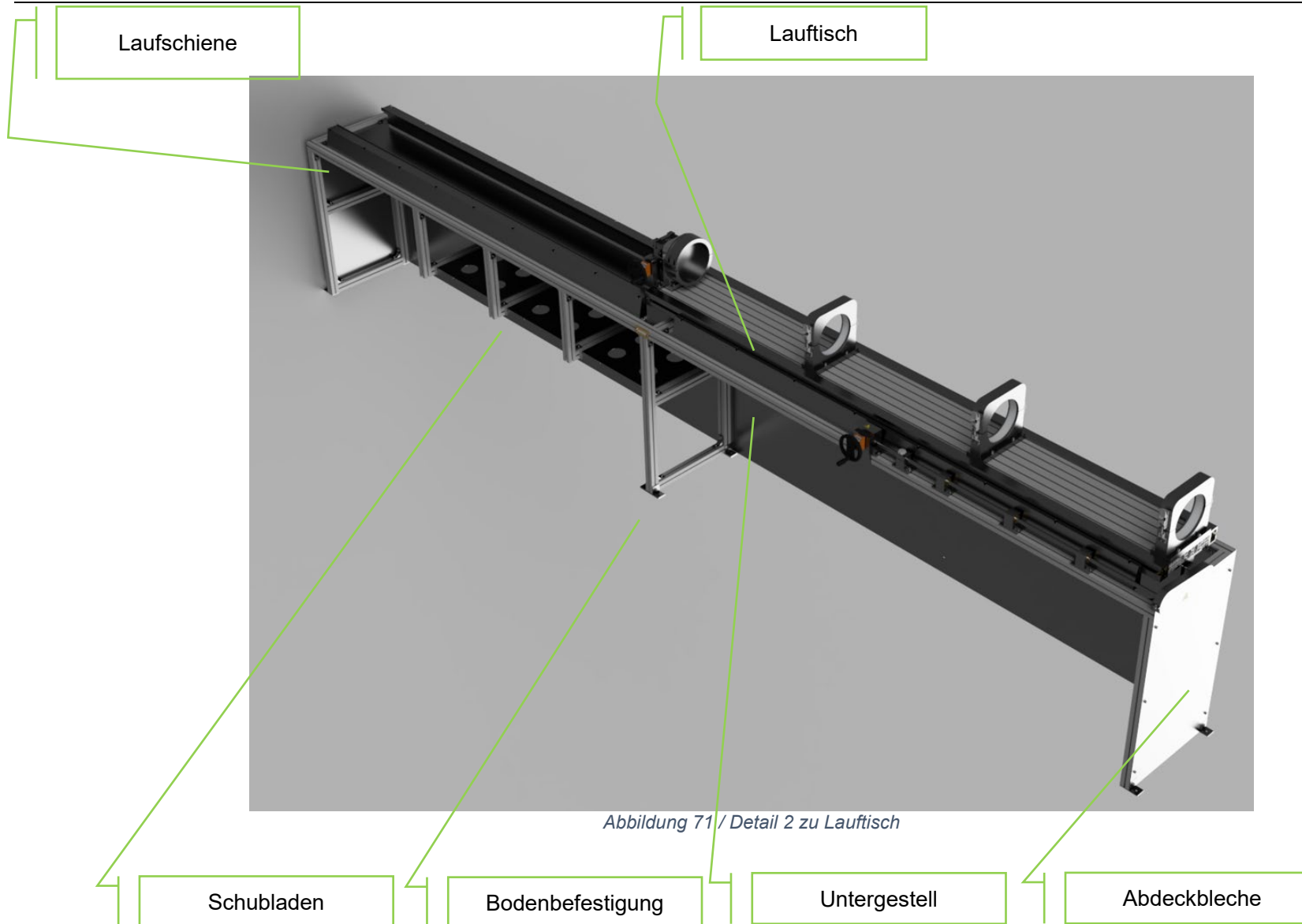


Abbildung 70 / Detail 1 zu Lauftisch



Funktionen:

Untergestell:

Das Untergestell dient zur Stützung des Systems und als Grundlage für die Montage der verschiedenen Baugruppen. Das gesamte Untergestell wurde aus einem Aluminiumprofil konstruiert. Diese Profile machen die Montage sehr variabel und kostengünstig. Ausserdem sind sie leichter als z.B. Quadrahrohre aus Stahl. Die maximale Traglast ist trotz des leichteren Gewichtes in etwa identisch.

Verwendet wurden Profile der Firma Kayna. Es handelt sich um das Profile Basic 50 – Grundprofil 50*50 (gem. Datenblatt Grundprofil 50*50 im Anhang). Ausserdem wurden zur Montage der Profile Montagewinkel 60*60*30 mit Gewindeansatz verwendet (gem. Datenblatt Montagewinkel im Anhang)

Das Untergestell wurde als letztes konstruiert, da es abhängig von allen andern Baugruppen ist. Es muss die Befestigung des Linearantriebes und gewährleisten die Führung des Lauftisches. Aus diesem Grund ist das Untergestell auch 6250 mm lang. Aufgrund der Definierung im Pflichtenheft, dass der Bearbeitungsbereich bei 3000mm liegen muss. Mit einer Bearbeitungslänge von 3000mm muss der Lineartisch auch den entsprechenden Verfahrensweg aufweisen. Die Höhe wurde der bestehenden Maschine angepasst.

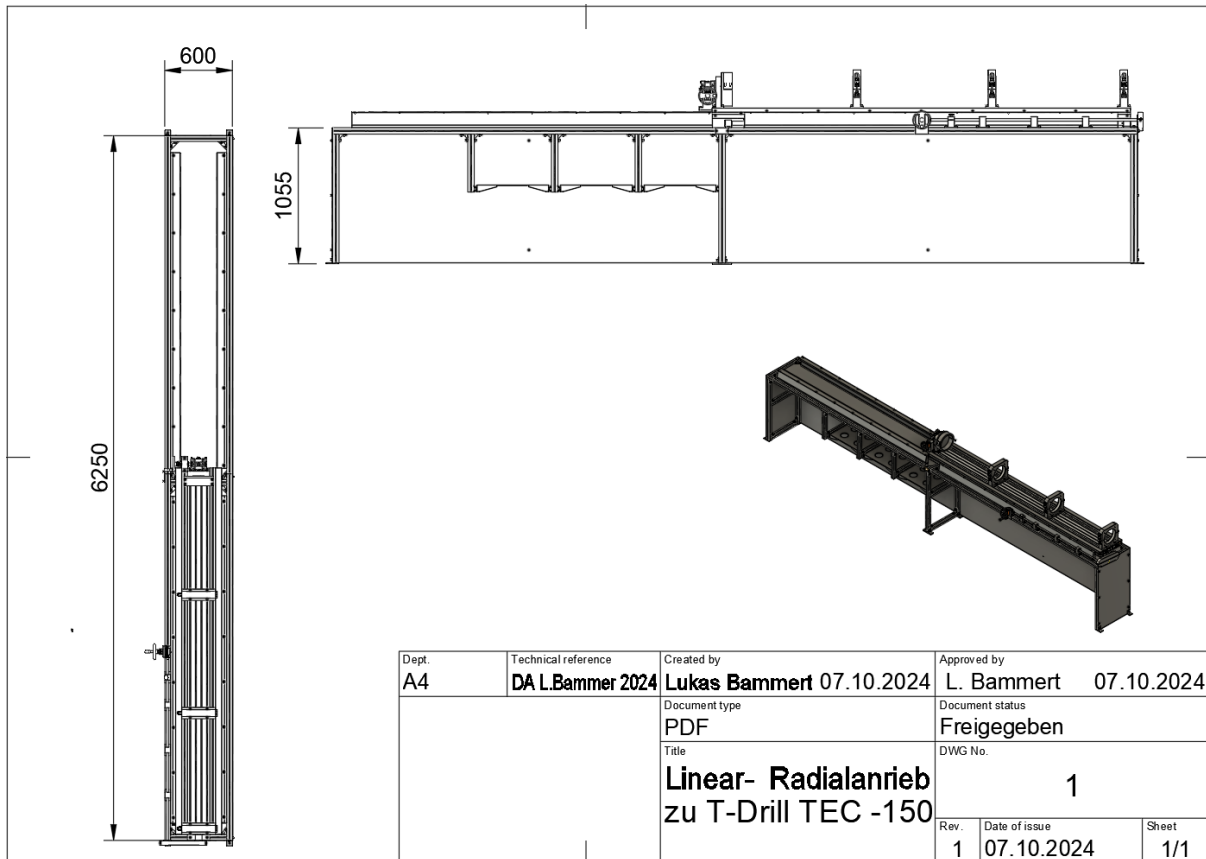


Abbildung 72 / Lauftisch Untergestell

Bodenbefestigung:

Die Bodenbefestigung dient zur Befestigung der gesamten Applikation mit dem Boden. Wie man in den Berechnungen sieht, ist die Kraft wären dem Aushalsen in Z-Richtung gross. Aus diesem Grund wurde ich für eine fixe Verschraubung mit dem Boden entschieden.

Durch die Verschraubung mit einer lösbaren Verbindung kann die Applikation jederzeit gelöst werden und verschoben werden. Hierzu können handelsübliche Einschlaganker mit M10 Gewinde verwendet werden. Wichtig ist hierbei lediglich die genaue erstmalige Positionierung, um die Ausrichtung der Achsen zu gewährleisten.

Falls die Applikation z.B an einem temporären Standort eingesetzt werden soll können am Profil auch arretierbare Rollen montiert werden. Es muss, jedoch immer die Bauhöhe beachtet werden.

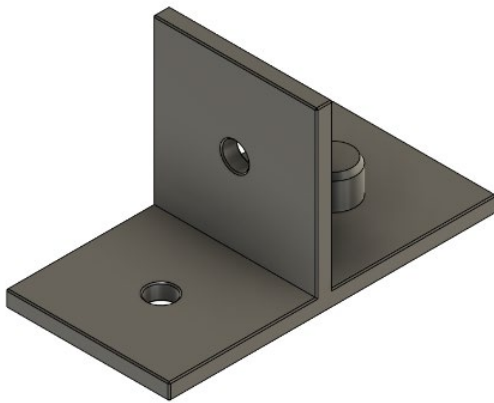


Abbildung 74 / Laftisch Befestigung links / rechts

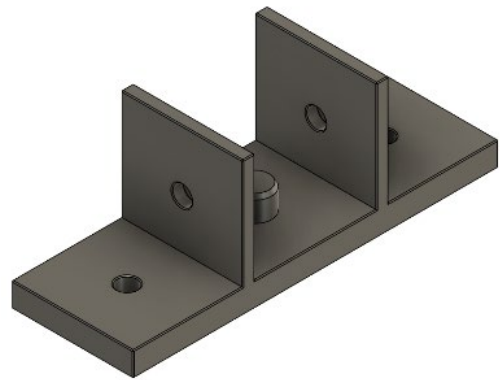


Abbildung 73 / Laftisch Befestigung mitte

Schubladensystem:

Um den Platz auszunutzen, welcher unter dem Untergestell entstanden ist, wurden drei Schubladen integriert. Diese Schubladen dienen zur Unterbringung der Werkzeugkopfe der Aushalsmaschine. Verwendet wurden Teleskopschienen der Firma Hanser (gem. Datenblatt GN2404 im Anhang).

Laftisch:

Um die Lagerschienen und den Radialantrieb zu verbinden, wurde eine Konstruktion wie das Untergestell aus Aluprofilen erstellt. Es setzt sich aus zwei Grundprofilen 50*50 und einem Grundprofil 200*50 zusammen.

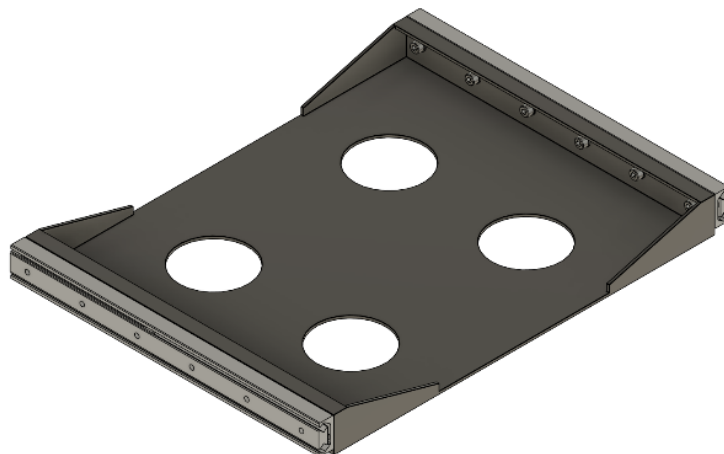


Abbildung 75 / Laftisch Schubladensystem

Laufschiene und Lagerschiene:

Um den Lauftisch zu lagern und ihn auf Position zu halten wurden eigene Komponenten konstruiert. Diese bestehen aus einer Laufschiene, welche fest mit dem Untergestell verschraubt ist und der Lagerschiene, welche am Lauftisch montiert wird.

Die Lagerschiene ist mit Rollen aus Messing (CuZn31Si1) gelagert. Diese befinden sich auf der Ober- und Unterseite, um die Kräfte auf Zug und Druck aufzunehmen.

Die Laufschiene dient zur Führung der Lager in X-Richtung.

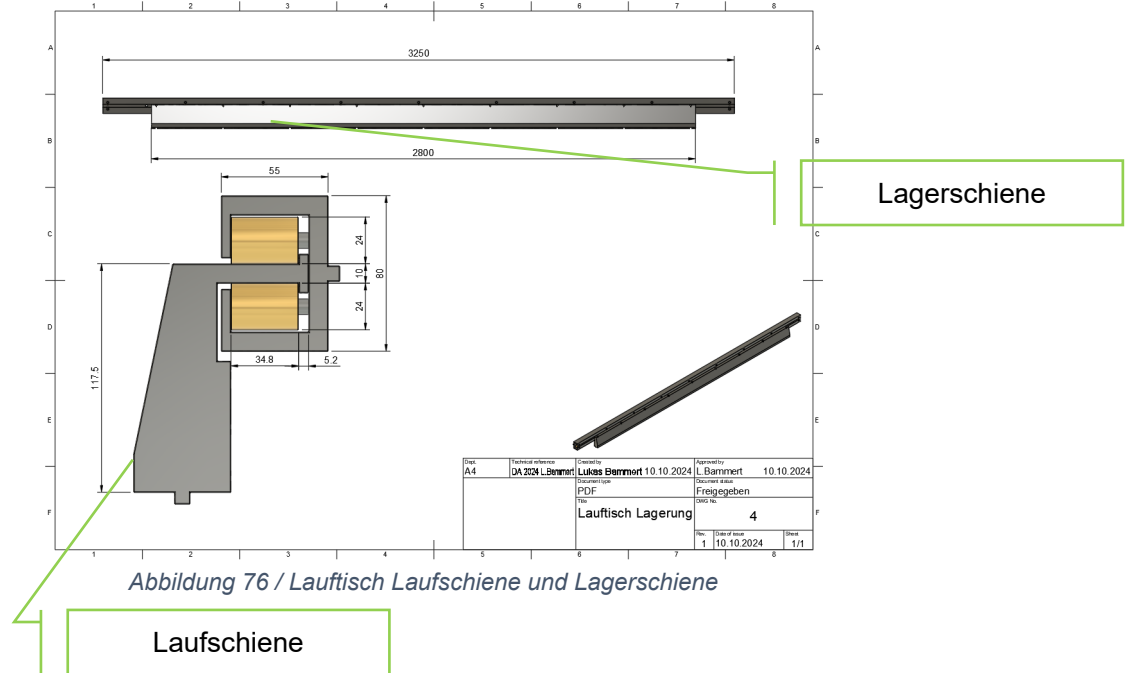


Abbildung 76 / Lauftisch Laufschiene und Lagerschiene

Abdeckungen:

Um den Bauteile- und Bedienschutz zu gewährleisten, wurde das Grundgestelle mit Blechen von 21mm Dicke verkleidet. Die Vorderseite wurde offengelassen, um dem Bediener eine angenehme Arbeitsposition zu ermöglichen. Das Grundgestell wurde auch von oben mit blechen verkleidet damit allfällige Verschmutzungen aufgefangen werden können.

Die Bleche dienen auch zur optischen Verbesserung des Erscheinungsbildes.

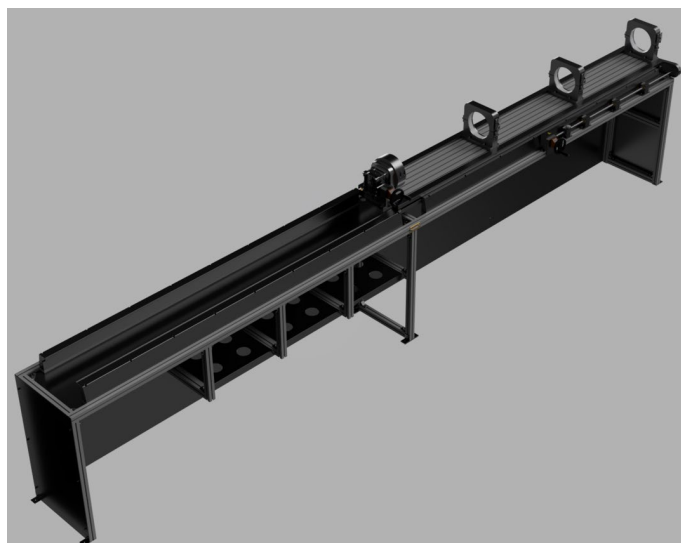


Abbildung 77 / Lauftisch Abdeckungen

Universelle Bauteile:

Schrauben:

Bei allen schrauben, egal welcher Art, wurde sich für metrische Schrauben entschieden A4-70. Es wurden generell rostfrei Schrauben gewählt, um die Langlebigkeit zu gewährleisten.

Nutensteine:

Um die diversen Baugruppen und Profile zu befestigen wurde einheitlich der gleiche Nutenstein verwendet.

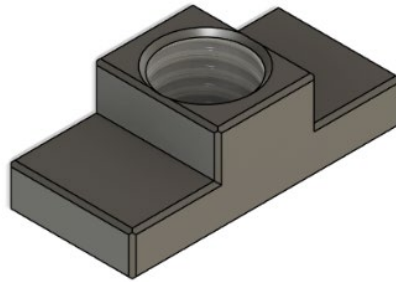


Abbildung 78 / Lauftisch Nutenstein

Auswertung der Konstruktion:

Die Konstruktion erfüllt alle mechanischen und technischen Eigenschaften, um ihre Funktion in der Praxis zu erfüllen. Ausserdem wurde bei der Konstruktion ein besonderes Augenmerk auf die Bedienerfreundlichkeit und Wartung gelegt. Es wurden auch, wo möglich, Komponenten verwendet, welche zugekauft werden müssen. Somit werden die Kosten minimiert und die Beschaffungszeit verkürzt. Man muss allerdings anmerken, dass einige Teile für die Applikation speziell angefertigt werden müssen. Diese Komponenten sind zum Teil sehr komplex und weisen grosse Abmessungen auf, welche die Beschaffung teuer gestaltet. Diese Bauteile sind allerdings notwendig, um die Anforderungen zu erfüllen.

Antriebe:

Die Antriebe wurden optimiert, um dem Bediener eine möglichst einfache Bedienung zu gewährleisten. Ausserdem soll er den Beanspruchungen während der Bearbeitung entgegenhalten. Alle Handräder, welche die Schnittstelle zum Bediener bilden, sind auf Hüftposition angeordnet. Die Übersetzungen zu den jeweiligen Antrieben sind so gewählt, dass die jeweiligen Masse einfach eingestellt und an einfach ablesbaren Anzeigen abgelesen werden können.

Lager:

Es wurden ausschliesslich Gleitlager gewählt, um einen wartungsarmen Betrieb zu gewährleisten. Die meisten Gleitlager sind identisch und somit alle beim gleichen Hersteller einfach zu beschaffen. Die einzigen Lager welche separat gefertigt werden müssen sind die Laufschiene und Lagerschiene. Diese sind dafür möglichst robust und simpel konstruiert.

Sicherheit:

Um die Sicherheit zu gewährleisten, wurden alle Getriebe mit offenen Komponenten mit einer Abdeckung versehen, um die Sicherheit des Bedieners zu verbessern. Ausserdem wurde auf allen Abdeckungen das Warnsignal (W024) nach DIN EN ISO 7010 angebracht, um vor der Gefahr zu warnen. Grundsätzlich entspricht die gesamte Applikation der Richtlinie <2006/42/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 17.05.2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16EG>. Damit wäre die CE-Konformität gewährleistet, sofern eine Bedienungsanleitung zur Bedienung verfasst werden würde.

Abmessungen:

Aufgrund der im Pflichtenheft definierten Arbeitsbereichs von 3000mm ist die Applikation mit 6250mm in der Länge sehr lange ausgefallen. Dies liess sich bei der Konstruktion nicht vermeiden. Allerdings ist dies in unserem Fall kein Problem, weil genügend Platz vorhanden ist. Die restlichen Abmessungen wie Breite und Höhe stellen kein Problem dar und sind so klein wie möglich gewählt worden. Der nicht verwendete Platz wird durch das Schubladensystem ausgenutzt und es wäre ohne Probleme möglich, einen handelsüblichen Werkzeugwagen im Untergestell zu verstauen.

Variabilität:

Die Applikation wurde mit dem Hintergedanken der Variabilität konstruiert. Es können mit kleinen Anpassungen (wie definiert) Rohre von DN50 – DN200 gespannt und bearbeitet werden. Die Rohrlagen können so positioniert werden, wie es gerade benötigt wird.

Aufgrund der verwendeten Aluprofile ist die ganze Applikation so einstellbar oder veränderbar wie gewünscht. Sie könnte sogar so weit angepasst werden, dass längere Rohrstücke bearbeitet werden könnten. Es müssen lediglich die Gewindespindeln durch eine längere ersetzt werden, die jeweiligen Profile verlängert werden.

Durch die Implementierung von Servomotoren und dem entsprechenden Wegmesssystem könnte der Prozess auch automatisiert werden.

Fertigung:

Alle Bauteile wurden so konstruiert, dass sie maschinell gefertigt werden könnten. Dies heisst, dass bei der Konstruktion darauf geachtet wurde, dass keine Spezialwerkzeuge verwendet werden müssen. Ausserdem muss auch die Werkzeugzugänglichkeit stets möglich ist.





Für die Fertigung müssten aus dem 3D-Model noch Fertigungszeichnungen erstellt werden. Die Generierung der Fertigungszeichnungen ist so Zeit intensiv, dass ich entschieden habe, dies nicht in dieser Arbeit zu inkludieren.

Fazit:

Die Konstruktion war nicht einfach, da es nicht viele Anhaltspunkte gibt. Allerdings wurde nach den Berechnungen und der ersten Definierung der Bauteile das Endprodukt immer klarer. Die Entscheidung die Konstruktion in Baugruppen nach Funktion zu gliedern war auch die Richtige. Es erleichterte die Ausarbeitung der Baugruppen wie auch die Konstruktion der anliegenden Baugruppen.

Die Definierung der Normteile resp. der Bauteile welche frei auf dem Markt erhältlich sind war sehr Zeitintensiv. Allerdings mit den drei Herstellern, welche in der Konstruktion verwendet wurden, nämlich Hanser, NOZAG und Kanya alle benötigten Teile abgedeckt werden.

8.5 SWOT – Analyse

 <p>Stärken (Strengths):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Applikation wurde mit den Bedienern entwickelt und entspricht den genauen Praxisanforderungen. - Das Prinzip des Antriebes ist einfach und deshalb einfach zu bedienen. - Es können viele Teile verwendet werden, welche bereits auf dem Markt existieren, deshalb ist die Ersatzteilbeschaffung einfach und günstig. - Die Applikation ist verschiebbar und kann einfach bei nichtgebrauch von der TEC-150 entfernt werden. - Der Aufbau der Applikation ist flexibel konstruiert und kann somit noch angepasst werden. 	 <p>Schwächen (Weakness):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es handelt sich um einen Prototyp resp. ein Einzelstück, deshalb wird der Einzelpreis hoch sein. - Die Applikation ist nur für die T-Drill TEC 150 anwendbar. - Die Applikation ist nicht automatisiert und funktioniert nur mit Bediener. - Keine Anbindung an Industrie 4.0 möglich. (mit jetziger Konstruktion)
 <p>Chancen (Opportunities):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Maschine kann leicht für neue Bedürfnisse angepasst werden. - Die Antriebe lassen sich einfach mit Servomotoren ersetzen und somit wäre eine Teilautomatisierung möglich. - Das Prinzip der Applikation lässt sich auf viele T-Drill Aushalsmaschinen anwenden. (Neuentwicklungen sind günstiger) - Die Maschine könnte mittels CE-Konformität zu einem verkaufbaren Produkt werden. - Falls die Fertigungsaufträge weiter steigen und eine zweite Aushalsmaschine angeschafft werden müsste, könnte man eine weitere Applikation einfach und kostengünstiger erstellen. 	 <p>Gefahren (Threads):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durch falsche Bedienung könnte es sehr schnell zu Defekten an der Applikation kommen. - Die Maschine könnte bei der Implementierung von Industrie 4.0 unbrauchbar werden. - Bei einer neuen Beschaffung der Aushalsmaschine muss die Applikation angepasst werden.

Massnahmen (Strategien):

S/O Strategie	Durch die einfache Konstruktion kann die Applikation auf andere Aushalsmaschinen angewendet werden. Dies eröffnet neue Chancen, da man davon ausgehen kann, dass die bestehende T-Drill TEC 150 in den kommenden Jahren ersetzt werden muss. Ausserdem könnte die Applikation einfach dupliziert werden. Dies wäre aufgrund der steigenden Fertigungsaufträge in Zukunft sicher von Nöten.
S/W Strategie	Durch die Verwendung vieler Teile, welche es auf dem Markt gibt, lassen sich die Kosten minimieren. Durch die flexible Konstruktion ist es möglich die Applikation auf andere Aushalsmaschinen anzuwenden, sofern Anpassungen vorgenommen werden.
S/T Strategie	Die Maschine wurde mit den Bedienern entwickelt, somit sollte die Bedienung intuitiv geschehen. Durch dies sollte sich eine falsche Bedienung minimieren lassen.
W/O Strategie	Durch den einfachen Aufbau welcher viel Raum für Änderungen bringt ist es jederzeit möglich die Anlage durch einen Mehraufwand an eine neue Maschine anzubinden. Die Maschine kann in einem gewissen Rahmen an steigende Prozessbedingungen angepasst werden.
W/T Strategie	Die Applikation muss sehr flexibel konstruiert werden, da es zum jetzigen Zeitpunkt nicht absehbar ist, ob in Zukunft eine neue Aushalsmaschine eingesetzt werden muss. Die Kosten für das Einzelstück können gemindert werden durch das Verwenden vieler Normteile resp. bestehende Teilen auf dem Markt. Durch eine Teilautomatisierung wäre es möglich die Applikation trotzdem an ein Industrie 4.0 System anzubinden. (Es können jederzeit Sensoren und Aktoren ergänzt werden)

Fazit:

Die SWOT-Analyse zeigt klar auf, dass für diese Applikation eines Radial- und Axialantriebes die Flexibilität eine sehr hohe Priorität hat. Es ist möglich mittels einer ausreichenden Flexibilität viele Schwächen und Gefahren zu beseitigen, ausserdem erschliessen sich ganz neue Möglichkeiten. Man könnte zum Beispiel mittels einer CE-Konformität die Applikation auf dem Markt vertreiben, sofern die Nachfrage vorhanden ist.

Ausserdem ist auch das Verwenden von Normteilen resp. Teilen, welche bereits auf dem Markt erwerblich sind, ein Muss. In erster Linie lassen sich so die Kosten für die erst Anfertigung senken, des Weiteren weiter lassen sich die Unterhaltskosten wie auch die Beschaffungszeit für Ersatzteile reduzieren. Dies ist in einem Unternehmen, welches auf die Produktmasse abzielt, sehr wichtig da jeder Stillstand Geld kostet.

Schon beim Beachten dieser zwei Punkte liessen sich fast alle Schwächen und Gefahren bannen. Somit wäre die Applikation für die nächsten 10 Jahre genug flexibel, um zuverlässig eingesetzt werden zu können.

8.6 Risiko - Analyse

In der Risikoanalyse wurden nur Risiken berücksichtigt welche vorhersehbar sind. In der Praxis gibt es viele ungewisse Faktoren ausserdem können sich die Anforderungen massiv verändern.

Die Risikoanalyse zeigt, dass die konstruierte Applikation gegen die meisten Risiken ohne grossen Arbeitsaufwand und Kosten abgesichert werden kann. Dies aufgrund der Konstruktion in unabhängigen Baugruppen wie auch der flexiblen Konstruktion des Untergestelles mittels Aluminiumprofilen.

Fazit: Die entwickelte Applikation kann den Risiken, welche zum aktuellen Zeitpunkt aufkommen standhalten.

Risiko Matrix

		Schadensmass (SM)			
		gering (1)	wesentlich (2)	gross (3)	sehr gross (4)
Eintrittswahrscheinlichkeit (P)	ziemlich sicher (4)				
	sehr gross (3)				
	gross (2)		1, 6	3, 4, 5	
	unwahrscheinlich (1)			2	

Risikotabelle					
Nr.	Risiko	Eintretenswahrscheinlichkeit (P)	schlimmstmögliche Auswirkung	Schadensmass (SM)	Ergriffene Massnahmen
1	Die T-Drill TEC 150 muss aufgrund eines schwerwiegenden Defektes durch eine neue Maschine ersetzt werden.	gross (2)	Die Applikation muss schwerwiegenden Anpassungen unterzogen werden.	wesentlich (2)	Die Applikation weist eine einfache Konstruktion des Untergestelles auf, um kostengünstig umfangreich angepasst zu werden.
2	Die Applikation soll nachträglich automatisiert werden und muss dementsprechend mit der Technik nachgerüstet werden.	unwahrscheinlich (1)	Die Antriebe müssen umgelegt werden, um die Anbindung von Servomotoren Platz zu machen. ausserdem muss Platz für die Wegmesssysteme geschaffen werden.	gross (3)	Die Applikation wurde in Baugruppen unterteilt. Dies ermöglicht die Anpassung in voneinander unabhängigen Baugruppen, welche das Anpassen vereinfacht. Allerdings geht es um so schwerwiegende Anpassungen das diese einen hohen Aufwand und Kosten mit sich bringen.
3	Die Aushalmschine soll an einem neuen Standort eingesetzt werden mit einem eingeschränkten Platzangebot.	gross (2)	Es müssen Anpassungen vorgenommen werden, welche den Platzbedarf minimieren.	gross (3)	Zum jetzigen Zeitpunkt wurden Rohre von 3000mm Länge vorgesehen und dementsprechend ist auch die Länge des Untergestelles. Der Platzbedarf kann leicht angepasst werden, dadurch verändert sich die Länge der Lauschiene und des Untergestelles. Dies wirkt sich jedoch direkt auf den Aushalsbereich aus.
4	Es kommen vermehrt Aufträge mit Rohrleitungen mit einem Durchmesser über DN200 und die Maschine muss dementsprechend auf die neuen Rohrdurchmesser angepasst werden.	gross (2)	Die Rohrlager wie auch der Radialantrieb müssen angepasst werden.	gross (3)	Dieses Risiko wurde bei der Konstruktion mit einbezogen, aus diesem Grund muss lediglich die Baugruppe des Radialantriebes angepasst werden. Die restlichen Baugruppen können belassen werden wie bis anhin. Allerdings müssen die Rohrlager wie der Radialantrieb neu konstruiert und gefertigt werden, was erhebliche Mehrkosten generiert.

5	Es wird eine weitere Aushalmaschine angeschafft, welche temporär auf einer Baustelle zu Vorfertigung eingesetzt wird. Es soll hierzu einen weiteren Antrieb gebaut werden, um auf der Baustelle eingesetzt zu werden.	gross (2)	Es muss eine weitere Applikation gebaut werden, was dementsprechend hohe Kosten mit sich bringt. Ausserdem müssen Anpassungen vorgenommen werden, um diese auf der Baustelle mobil zu bewegen.	gross (3)	Die Kosten werden aufgrund der wegfallenden Konstruktionskosten gesenkt. Ausserdem können aus Erfahrung der in der Werkstatt verwendeten Applikation ohne weitere Anpassungen vorgenommen werden, um auch die Kosten zu senken. Um die Mobilität für die Baustelle zu sichern können ohne weiteres Rollen montiert werden, welche das hin und her schieben vereinfacht, es muss aber weiterhin für die Aushalungen die Befestigung zum Boden gewährleistet werden.
6	Die Anschaffungskosten für die jetzige Konstruktion sind zu hoch.	gross (2)	Die Konstruktion muss angepasst werden, um ca. 2000 CHF einzusparen.	wesentlich (2)	Um die Kosten noch mehr zu optimieren können die Laufschiene vereinfacht werden, Um die Kosten für die CNC-Fertigung zu senken, könnte durch das Einsetzen von Grundprofilen 50*50 realisiert werden. Weiter können auch durch die Beschaffung der CNC-Teilen bei einem Lieferanten zu einem Mengenrabatt führen. Dies wurde bei der jetzigen Kostenschätzung noch nicht integriert da es sich wie erwähnt um eine grobe Schätzung handelt.

8.7 Kosten-Nutzen-Analyse

Um zu ermitteln, ob die Implementierung resp. Ausführung der Applikation sinnvoll ist, muss eine Kosten-Nutzenanalyse durchgeführt werden. Hierbei werden die Anschaffungskosten sowie jährlich wieder auftretende Kosten mit den Ersparnissen gegenübergestellt.

Kosten:

Um die Kosten ermitteln zu können müssen sämtliche Bauteile, welche benötigt werden, bepreist werden so auch die Kosten für die Entwicklung, Montage und die Unterhaltsarbeiten. Die Entwicklungskosten setzen sich aus einem Teil der Zeit zusammen, welche für die DA benötigt wurde. Allerdings können nicht alle Stunden übernommen werden da gewisse Schritte in der Praxis nicht nötig gewesen wären. Um die Entwicklungskosten zusammen zu fassen, wurden nach Schätzung 100 Arbeitsstunden eingesetzt welche mit einem Stundenlohn von 40 CHF/h gegengerechnet werden. Dies entspricht einem Preis für die Entwicklung von 4000Chf.

Für den Positionspreis der Montage der Applikation werden schätzungsweise 50 Stunden benötigt welche wieder mit einem Stundenansatz von 40 CHF/h gegengerechnet werden. Dies ergibt einen Positionspreis von 2000CHF.

Durch die robuste Bauweise können die geschätzten Unterhaltskosten im Jahr niedrig definiert werden. Es werden nach Abschätzungen, 20 h pro Jahr für Unterhaltsarbeiten benötigt, mit einem Stundensatz von 40Chf. Dies ergibt 800 CHF pro Jahr an Unterhaltskosten. Da für den Unterhalt auch dementsprechend Ersatzteile anfallen werden, wird dieser Position einen Preis von 500 CHF jährlich zugeteilt.

Um die Bauteilkosten zu ermitteln, wurde aus dem 3D-Model ein BOM (Bill of Materials) erstellt. Bei den Komponenten, die zugekauft werden könne wird der Katalogpreis verwendet. Für die teile, welche keiner Norm entsprechen wurden mit Rücksprachen einer Fertigungscenters Schätzpreise verwendet. Die Schätzpreise können vom effektiv abweichen, allerdings wurden grosszügige Preise verwendet. Zu bemerken ist dabei, dass ein Rabatt von 30% eingerechnet, wurde da der Katalogpreis verwendet wurde. Aus diesem Grund wird die Position der Beschaffungskosten auf 10'915.72 CHF geschätzt. (siehe BOM nächste Seite).

Ebene	Bauteilnummer	Bauteilname	Menge	Materialname	Stückpreis:	Preis pro Pos:
1.1		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 8.4 - A Edelstahl A2 Einfach	121	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 12.10
1.10	a01-1-02-02_500_0_11	Alu- Profil 50*50*3250mm	1	1.4404	CHF 107.58	CHF 107.58
1.11		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 16 Edelstahl A4-70 Einfach	1	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.54	CHF 1.54
1.12	a01-1-02-02_3000_0_11	Alu-Profil 450mm	2	1.4404	CHF 14.90	CHF 29.79
1.13		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 6.4 - A Edelstahl A2 Einfach	4	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 0.40
1.14		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 20 Edelstahl A4-70, Einfach	23	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.08	CHF 24.84
1.15		Linearantrieb Abdeckung Kettenräder	1	1.4404	CHF 238.00	CHF 238.00
1.16		Montagewinkel 60*60*30 mit Verdrehsicherung	51	1.4404	CHF 13.30	CHF 678.30
1.17		Alu-Profil 50*50*1000mm	6	1.4404	CHF 33.10	CHF 198.60
1.17.1	a01-1-02-02_1000_0_11	Alu-Profil 50*50*3250mm	1	1.4404	CHF 107.58	CHF 107.58
1.18		Untergestell Profil 50*50*2900mm	2	1.4404	CHF 95.99	CHF 191.98
1.19		Untergestell Laufschiene 2900mm	2	1.4404	CHF 726.00	CHF 1'452.00
1.19.1		Untergestell Laufschiene 2800mm	2	1.4404	CHF 726.00	CHF 1'452.00
1.2		Nutensteine	177	1.4404	CHF 5.30	CHF 938.10
1.20	GN 9153-1-OR	Lager links Position indicator GN 9153-1-OR	1	1.4404	CHF 397.70	CHF 397.70
1.21		Alu-Profil 50*50*2800mm	2	1.4404	CHF 92.68	CHF 185.36
1.22		Innensechskantschraube DIN 912 - M6 x 1 x 12 Edelstahl A4-70 Einfach	2	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 0.65	CHF 1.30
1.23	TR32/6/3000	Trapetgewindespindel	1	1.4404	CHF 164.56	CHF 164.56
1.23.2		Linearantrieb Sicherungsscheibe Lager links	1	1.4404	CHF 15.60	CHF 15.60
1.23.3		Linearantrieb Gleitlager Spindel	2	1.4404	CHF 43.20	CHF 86.40
1.23.4		Linearantrieb Zahnritzel Befestigung	1	1.4404	CHF 17.30	CHF 17.30
1.23.5		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 6.4 - A Edelstahl A2 Einfach	2	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 0.20
1.23.6		Linearantrieb Lagerböcke zu Spindel	2	1.4404	CHF 65.80	CHF 131.60
1.23.8		Innensechskantschraube DIN 912 - M6 x 1 x 16 Stahl 4.6 Einfach	2	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 0.69	CHF 1.38
1.24		Untergestell Bodenbefestigung	4	1.4404	CHF 43.60	CHF 174.40
1.25		Untergestell Profil 50*50*2800	2	1.4404	CHF 92.68	CHF 185.36
1.25.1	a01-1-02-02_2800_0_11	Alu-Profil 50*200 3250mm	1	1.4404	CHF 107.58	CHF 107.58
1.26		Trägerschiene	1	1.4404	CHF 780.00	CHF 780.00
1.26.1		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 40 Edelstahl A4-70, Einfach	4	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.93	CHF 7.72
1.26.10		Lager recht Lagerbock	3	1.4404	CHF 260.30	CHF 780.90
1.26.10.1		Lager rechts Zylinderstift	4	1.4404	CHF 1.50	CHF 6.00
1.26.10.2		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 16 Edelstahl A4-70, Einfach	4	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.26	CHF 5.04
1.26.10.4		Senkkopfschraube mit Innensechskant DIN 7991 - M8x16 Edelstahl A4-70 Einfach	4	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.20	CHF 4.80
1.26.10.5		Lager recht Reduktion	1	1.4404	CHF 26.50	CHF 26.50
1.26.10.6	GN 237-NI-60-60-A-GS	Lager rechts Scharnier	3	1.4404	CHF 15.40	CHF 46.20
1.26.12		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 8.4 - A Edelstahl A2, Einfach	4	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 0.40
1.26.13		Lager links Unterlage 10mm	1	1.4404	CHF 125.60	CHF 125.60
1.26.15.1		Lager links welle zu Handrad	1	1.4404	CHF 75.60	CHF 75.60
1.26.15.2		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 12 Edelstahl A4-70, Einfach	4	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.54	CHF 6.16
1.26.15.3	6276020	Wellensicherungsring	1	1.4404	CHF 0.30	CHF 0.30
1.26.15.4		Lager links Kandrad Passfeder	1	1.4404	CHF 5.00	CHF 5.00
1.26.15.5		Lager links Gleitlager Handrad	1	1.4404	CHF 43.20	CHF 43.20
1.26.15.6	GN 9153-1-OR	Lager links Position indicator	1	1.4404	CHF 351.30	CHF 351.30

Tabelle 1 / Kostenzusammenstellung Teil 1

1.26.15.7		Lager links Sicherungsscheibe Lager	1	1.4404	CHF 18.60	CHF 18.60
1.26.15.8		Lager links Handrad	1	1.4404	CHF 126.40	CHF 126.40
1.26.16		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 30 Edelstahl A4-70, Einfach	2	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.30	CHF 2.60
1.26.17.1	a01-1-02-02_3350_0_11	Alu-Profil 50*50*3350mm	1	1.4404	CHF 110.89	CHF 110.89
1.26.18	a01-1-02-02_3350_0_11	Alu-Profil 50*50*2900mm	1	1.4404	CHF 95.99	CHF 95.99
1.26.18.1	a01-1-02-02_3250_0_11	Alu-Profil 50*50*3250mm	1	1.4404	CHF 107.58	CHF 107.58
1.26.19.10		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 16 Edelstahl A4-70 Einfach	1	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.26	CHF 1.26
1.26.19.11		Lager links Rohrspanner Oberteil	1	1.4404	CHF 80.60	CHF 80.60
1.26.19.12		Lager links Rohrspanner	1	1.4404	CHF 254.70	CHF 254.70
1.26.19.13		Lager links Haltescheibe	1	1.4404	CHF 26.10	CHF 26.10
1.26.19.14		Lager links Lagerbock	1	1.4404	CHF 183.20	CHF 183.20
1.26.19.2		Lager links Gleitlager	1	1.4404	CHF 43.20	CHF 43.20
1.26.19.3		Sechskantmutter DIN 934 - M8 x 1.25 Edelstahl A2-70 Einfach	4	Edelstahl A2-70, Einfach	CHF 2.81	CHF 11.24
1.26.19.4		Lager links Gewindestift	4	1.4404	CHF 1.50	CHF 6.00
1.26.19.5		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 8.4 - A Edelstahl A2 Einfach	5	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 0.50
1.26.19.6		Innensechskantschraube DIN 912 - M6 x 1 x 16 Edelstahl A4-70 Einfach	4	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 0.69	CHF 2.76
1.26.19.7		Lager links Lagerbefestigung	1	1.4404	CHF 74.60	CHF 74.60
1.26.19.8.1	56_23_061	Schenkengetriebe a=50mm	1	1.4404	CHF 872.72	CHF 872.72
1.26.19.9		Innensechskantschraube DIN 912 - M10 x 1.5 x 35 Edelstahl A4-70 Einfach	4	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 2.75	CHF 11.00
1.26.2		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 20 Edelstahl A4-70 Einfach	16	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.30	CHF 20.80
1.26.4		Lager rechts Unterlage 10mm	3	1.4404	CHF 125.60	CHF 376.80
1.26.5		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 16 Edelstahl A4-70 Einfach	16	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.26	CHF 20.16
1.26.6		Lauffisch Lagerung	2	1.4404	CHF 460.00	CHF 920.00
1.26.6.1		Gleitlager zu Lauffisch Lagerung	18	1.4404	CHF 12.60	CHF 226.80
1.26.6.2		Zylinderstift zu Lauffisch Lagerung	18	1.4404	CHF 1.00	CHF 18.00
1.26.7		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 8.4 - A Edelstahl A2 Einfach	30	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 3.00
1.26.9		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 40 Edelstahl A4-70 Einfach	12	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 2.00	CHF 24.00
1.28		Linearantrieb Arretierung Linearantrieb	1	1.4404	CHF 56.20	CHF 56.20
1.28.1	GN 6336.5-A4P-40-M8-40	Star knob with Stainless Steel precision casting threaded bolt	1	1.4404	CHF 30.75	CHF 30.75
1.29		Mutter DIN 1587 - M6 Edelstahl A4-70 Einfach	2	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 0.13	CHF 0.26
1.3		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 20 Edelstahl A4-70 Einfach	122	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.08	CHF 131.76
1.30		Linarantrieb Antriebsstange zu Spindel	1	1.4404	CHF 64.80	CHF 64.80
1.30.1		Innensechskantschraube DIN 912 - M4 x 0.7 x 16 Edelstahl A4-70, Einfach	1	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 0.53	CHF 0.53
1.30.10		Linearantrieb Kegelradsicherung	1	1.4404	CHF 12.80	CHF 12.80
1.30.11		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 4.3 - A Edelstahl A2 Einfach	1	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 0.10
1.30.12		Innensechskantschraube DIN 912 - M6 x 1 x 12 Edelstahl A4-70 Einfach	1	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 0.65	CHF 0.65

Tabelle 2 / Kostenzusammenstellung Teil 2

1.30.3.1	10B-1- 5/8**3/8"	Kettenrad 10B-1 z=19	2	1.4404	CHF 10.19	CHF 20.38
1.30.4		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 6.4 - A Edelstahl A2 Einfach	1	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 0.10
1.30.5		Linearantrieb Gleitlager Spindel	3	Stahl	CHF 43.20	CHF 129.60
1.30.6		Linearantrieb Zahnritzel Befestigung	1	1.4404	CHF 12.50	CHF 12.50
1.30.7		Linearantrieb Lagerböcke zu Antriebsstange	3	1.4404	CHF 65.40	CHF 196.20
1.30.8		Linearantrieb Antrieb Passfeder	1	1.4404	CHF 5.00	CHF 5.00
1.31		Linearantrieb Sicherungsscheibe Lager links	1	1.4404	CHF 25.40	CHF 25.40
1.32		Linearantrieb Kette	1	1.4404	CHF 89.60	CHF 89.60
1.33		Untergestell Welle zu Handrad Kegelgetriebe	1	1.4404	CHF 49.30	CHF 49.30
1.34		Linearantrieb Lager für Kegelräder	1	1.4404	CHF 78.60	CHF 78.60
1.34.1		Linearantrieb Gleitlager Lager zu Kegelrad	1	1.4404	CHF 28.40	CHF 28.40
1.35		Untergestell Abdeckbleach hinten	1	1.4404	CHF 433.10	CHF 433.10
1.36		Untergestell Bodenbefestigung Mitte	2	1.4404	CHF 33.20	CHF 66.40
1.37.1		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 12 Edelstahl A4-70 Einfach	12	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 1.54	CHF 18.48
1.37.2		Unterlegscheibe DIN 433-1 - 8.4 - A Edelstahl A2 Einfach	12	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 1.20
1.37.3.2	GN 2404-43-450	Telescope-Linear motion bearing	6	1.4404	CHF 50.80	CHF 304.80
1.38		Untergestell Abdeckbleach links rechts	1	1.4404	CHF 175.00	CHF 175.00
1.39		Untergestell Abdeckbleach links oben	1	1.4404	CHF 175.00	CHF 175.00
1.40		Untergestell Plaquette Firmenlogo	1	1.4404	CHF 50.00	CHF 50.00
1.5		Innensechskantschraube DIN 912 - M8 x 1.25 x 40 Edelstahl A4-70 Einfach	32	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 2.00	CHF 64.00
1.6	a01-1-02-02_500_0_11	Alu- Profil 50*50 500mm	11	1.4404	CHF 16.55	CHF 182.05
1.7		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 8.4 - A Stahl 100 HV Einfach	22	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 2.20
1.8	a01-1-02-02_3250_0_11	Alu- Profil 50*50 3000mm	2	1.4404	CHF 99.30	CHF 198.60
1.9		Linearantrieb Lagerbock Laufmutter	1	1.4404	CHF 125.60	CHF 125.60
1.9.1		Innensechskantschraube DIN 912 - M6 x 1 x 12 Stahl 4.6 Einfach	6	Edelstahl A4-70, Einfach	CHF 0.65	CHF 3.90
1.9.2		Unterlegscheibe DIN 125-1 - 6.4 - A Edelstahl A2 Einfach	6	Edelstahl A2, Einfach	CHF 0.10	CHF 0.60
1.9.3	bfr_32_6	Linearantrieb Trapezgewinde-Muttern, Flanschmutter BF	1	1.4404	CHF 54.28	CHF 54.28

Summe: CHF 15'593.89
est. Rabatt CHF 10'915.72 30%
 Brutto CHF 10'031.55 MWST: 8.1%

Tabelle 3 / Kostenzusammenstellung Teil 3

Ertrag:

Der Ertrag der Applikation ist die Zeitersparnis. Gem. Pflichtenheft wurde eine Zeitersparnis von 20% als Ziel definiert. Nach Rücksprachen und Begutachtung mit dem Werkstattleiter sollte die Erreichung von 20% kein Problem sein, wir kamen sogar auf ein mögliches Ersparnis von bis zu 40%. Um die Analyse aber realistisch und sicher zu gestalten wurde mit 20% gerechnet. Somit kommt man bei einer durchschnittlichen Bearbeitungszeit von geschätzten 10min auf 2 min Ersparnis. Dies macht bei ca. 5000 Aushaltungen im Jahr eine Ersparnis von 166.6 Arbeitsstunden im Jahr aus. Der Stundensatz der Zeitersparnis wird mit 85 CHF/h gegengezeichnet, da dies der effektive Verrechnungssatz an den Kunden darstellt. Somit haben wir eine Ersparnis von 14'166.7 CHF im Jahr. In der Realität könnte wesentlich mehr Ertrag erzielt werden allerdings ist dies nicht abschätzbar deshalb wurde jeweils vom Minimum ausgegangen.

Analyse:

Die Analyse zeigt auf, dass sich die Implantierung der Applikation bereits nach einem Jahr auszahlen würde. Interessant ist auch, dass wir bereits nach 7 Jahren einen Ertrag von 64'752.00CHF erreichen. Dies ergibt auf eine geschätzte Lebenserwartung von bis zu 30 Jahren einen enormen Ertrag. Dies bedeutet, dass sich nach der Analyse die Implementierung sehr empfiehlt und Sinn machen würde.

1. Kosten verursachende Elemente sammeln

(d.h. Kosten, welche bei der Umsetzung der Lösung anfallen)

- Anschaffungskosten (Entwicklung, Beschaffung, Montage) CHF 16'915 einmalig
- Ersatzteile CHF 500 jährlich
- Wartung (50h * 85CHF/h) CHF 2'000 jährlich

2. Elemente, welche Nutzen bringen

(d.h. Kosten, welche bei der Umsetzung der Lösung nicht mehr anfallen)

- Zeitersparnis (20%) (5000 * 2 min/60) * 85Chf/h CHF 14'167 jährlich

3. Kosten/Nutzen

	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7
Kosten	CHF 19'415	CHF 21'915	CHF 24'415	CHF 26'915	CHF 29'415	CHF 31'915	CHF 34'415
Anschaffungskosten (Entwicklung, Beschaffung, Montage)	CHF 16'915	CHF 16'915	CHF 16'915	CHF 16'915	CHF 16'915	CHF 16'915	CHF 16'915
Ersatzteile	CHF 500	CHF 1'000	CHF 1'500	CHF 2'000	CHF 2'500	CHF 3'000	CHF 3'500
Wartung (50h * 85CHF/h)	CHF 2'000	CHF 4'000	CHF 6'000	CHF 8'000	CHF 10'000	CHF 12'000	CHF 14'000
Nutzen	CHF 14'167	CHF 28'333	CHF 42'500	CHF 56'667	CHF 70'834	CHF 85'000	CHF 99'167
Zeitersparnis (20%) (5000 * 2 min/60) * 85Chf/h	CHF 14'167	CHF 28'333	CHF 42'500	CHF 56'667	CHF 70'834	CHF 85'000	CHF 99'167

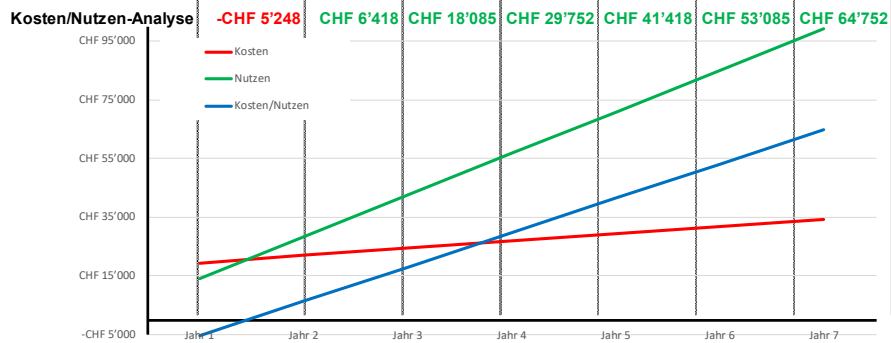


Abbildung 79 / Kosten-Nutzenanalyse

9 Projektabschluss

9.1 Projektüberwachung

Die Termine wurden während der Arbeit stets eingehalten. Dies war durch die genaue Ausarbeitung des Projektstrukturplanes zu Beginn der Arbeit möglich. Auch Zeitdruck kam eigentlich nicht vor was die Arbeit erleichterte.

Durch die stetige Terminüberwachung und Nachtragens der Projektstrukturplanes war der aktuelle Stand der Arbeit auch stets notiert und visualisiert. Dies vereinfachte die Kalkulation der noch benötigten Zeit für die Arbeit.

Für die nächste Arbeit werde ich die geschätzte Zeit, welche die jeweiligen Schritte benötigen im Projektstrukturplan integrieren, um alle Daten in einem Excel zu haben

Zeitüberwachung:

Die effektive Zeit wurde während der Arbeit mittels der unten dargestellten Tabelle verfolgt. Zu Beginn der Diplomarbeit wurde für alle Schritte einen ungefähren Zeitaufwand abgeschätzt, um den Projektablaufplan zu generieren. Somit war der Projektablaufplan bis zum Schluss der Arbeit nie zeitkritisch. Effektiv wurden 14 Arbeitsstunden mehr benötigt, um die Diplomarbeit zu erstellen. Dies ist auf den hohen Zeitaufwand für die Berechnungen zurückzuführen. Bei den restlichen Punkten wurden weniger oder genauso viele Stunden benötigt wie abgeschätzt.

	Geschätzt: Stunden:	Effektiv: Stunden:
Termine vorab:	11	16
Refreshher	2	2
Themeneingabe	4	6
Pflichtenheft	5	8
Vorzeigetermine	5	5
1	0.5	0.5
2	0.5	0.5
Reportings intern	4	4
1. Initialisierung	12	8.5
Pflichtenheft	6	5
Zielscheibe	2	1.5
Offene Punkteliste	4	2
2. Projektplanung	15	10.5
Vorgehensmodell	4	2
Projektstrukturplan	3	2
Projektablaufplan	6	5
Kommunikationsplan	1	0.5
Risikoanalyse	1	1
3. Realisierung	36	38.5
Analyse	5	5
Ideenfindung (Brainstorm)	7	7.5
Ideen priorisieren	2	2
Varianten bilden	8	9
Varianten evaluieren	6	7
Matrixen (Präferenz- Nutzwert und Sensitivitätsanalyse)	8	8
4. Ausarbeitung	108	127
Berechnungen	24	40
3D-Planung	64	67
Normteile definieren	6	8
Phasenplanung	3	3
SWOT- Analyse	3	2
Risiko- Analyse	3	2
Kosten-Nutzen- Analyse	5	5
5. Abschluss	20	10
Projektüberwachung	5	
Evaluierung der Zielerreichung	3	3
Reflexion	6	
Lessions Learned	3	4
Ausblicke	3	3
Dokumentieren	25	30.5
Management Summary	2	2
Dokumente zusammenfügen	10	12
Formatierung	5	8.5
Abgabe	/	/
Präsentation (Vorbereitung)	8	8
Total:	232	246

9.2 Evaluation der Zielerreichung

Geometrie:

Nr.	M/S/W	Anforderung	Wert	Einheit	Bemerkung
1.1	M	Höhe	85	cm	Vorgabe durch Bestand

Der Abstand von Rohrmitte zum Boden beträgt in der Konstruktion 1353.8mm. Dies entspricht genau dem gemessenen Mass am aktuellen Bestand. Weiter könnten dies, falls es Abweichungen geben sollte bei der Ebenheit des Bodens, mittels Unterlegen oder Anpassen der Alu-Profile noch genauer eingestellt werden

Erfüllt: Ja

1.2	M	Aushalsbarer Bereich	150	cm	75 cm aus der Rohrmitte
-----	---	----------------------	-----	----	-------------------------

Gem. Konstruktion beträgt der Aushalsbereich exakt 3000mm. Dies heisst, dass im Moment längere Rohrstöcke ausgehulst werden können als definiert wurde.

Erfüllt: Ja

1.3	W	Länge	300	cm	
-----	---	-------	-----	----	--

Die Länge beträgt aktuell 6250mm. Dies aufgrund des höheren Aushalsbereiches von 3000mm. Dementsprechend wurde die Anforderung nicht erfüllt, allerdings kann man sagen, da man das Kriterium 1.2 übertroffen hat ist dies ohne weiteres vertretbar.

Erfüllt: Nein (war nur eine Wunschanforderung)

1.4	W	Breite	150	cm	
-----	---	--------	-----	----	--

Die Breite beträgt aktuell 600mm. Dies ist unterhalb der Anforderung von 150cm und ist dementsprechend platzsparender konstruiert als definiert.

Erfüllt: Ja

1.5	W	Gesamtgewicht	200	Kg	ohne Rohr
-----	---	---------------	-----	----	-----------

Gem. der Auswertung des CAD-Programmes beträgt das Gesamtgewicht ca. 320Kg.

Erfüllt: Nein (war nur eine Wunschanforderung)

Mechanisch:

Nr.	M/S/W	Anforderung	Wert	Einheit	Bemerkung
2.1	M	Spannbare Rohrleitungslänge (Min)	2	m	ohne Flansche

Im Moment kann gem. Konstruktion das Rohr auf eine Länge von 3250mm gespannt werden. Allerdings könne bei korrekter Montage am Boden auch Rohre von 6000mm gespannt werden. Die Bearbeitung ist allerdings jeweils nur auf 3000mm möglich.

Erfüllt: Ja

2.2	M	Anbindung an T-Drill TEC-150	/	/	
-----	---	------------------------------	---	---	--

Die Gesamtkonstruktion zielt auf die T-Drill TEC 150 ab und ist somit exakt passen

Erfüllt: Ja

2.3	M	Antrieb für X- Achse und C-Achse	/	/	
-----	---	----------------------------------	---	---	--

Es wurde, wie im Kapitel « Konstruktion» beschrieben für beide Achsen einen Antrieb eingesetzt, welche auch gem. den Berechnungen in der Praxis funktionieren werden.

Erfüllt: Ja

2.4	M	Spannkraft in X-Richtung muss halten	/	/	Ca 300 Nm
-----	---	--------------------------------------	---	---	-----------

Das Rohr wird von vier Halterungen gleichzeitig gehalten. Durch diese zusammengerechnete Spannkraft kann ohne Weiteres der Kraft von 300 Nm entgegengehalten werden.

Erfüllt: Ja

2.5	M	Spannkraft in C-Richtung muss halten	/	/	Ca 300 Nm
-----	---	--------------------------------------	---	---	-----------

Primär wird das Rohr in C-Richtung auf der linken Seite durch den Radialantrieb gehalten. Hierbei wird mittels vier M10 Schrauben die Kraft auch die umschliessende Halterung übertragen. Durch die Haftreiben resp. Flächenpressung der Halterung kann auch hier ohne Weiteres den 300 Nm entgegengehalten werden.

Erfüllt: Ja

2.6	S	Genauigkeit des Winkelantriebes	1	°	
-----	---	---------------------------------	---	---	--

Durch das Schneckengetriebe, welche das Einstellen vereinfacht, und der digitalen Anzeige sowie den generell eng gewählten Toleranzen ist eine Genauigkeit von 1° ohne Weiteres machbar.

Erfüllt: Ja

2.7	S	Spannbare Durchmesser	60.3 - 219.1	mm	DN 50 - DN 200
-----	---	-----------------------	-----------------	----	----------------

Durch das Inlet und die Unterlagen, welche für den entsprechenden Rohrdurchmesser vorgesehen sind, können Rohre von DN 50 bis DN200 gespannt und bearbeitet werden.

Erfüllt: Ja

2.8	S	Maximaler Kraftaufwand für Bedienung der Antriebe	500	N	Handkraft eines Erwachsenen
-----	---	---	-----	---	-----------------------------

Durch die jeweiligen Getriebe und deren Untersetzungen ist es ohne weiteres möglich diese durch Handkraft zu bedienen.

Erfüllt: Ja

2.9	S	Schutz gegen feste Fremdkörper	1	mm	Spähne
-----	---	--------------------------------	---	----	--------

Alle Komponenten wurden so konstruiert, dass sie geschlossen sind. Weiter wurden auch alle Antriebe, welche offen sind, mit Schutzblechen versehen, um das Eindringen von Schmutz zu verhindern. Das Untergestell wurde von oben auch durch Blechen versehen, um die Fremdkörper von den Werkzeugschubladen und dem Boden fernzuhalten.

Erfüllt: Ja

2.10	S	Keine externen Energien	/	/	
------	---	-------------------------	---	---	--

Die gesamte Applikation ist energiefrei, bis auf die „Wegmesssysteme“ dafür werden handelsübliche Knopfzellen benötigt, was in der Praxis keine Beeinträchtigung ist.

Erfüllt: Ja

Sicherheit:

Nr.	M/S/W	Anforderung	Wert	Einheit	Bemerkung
3.1	M	Kein Zugang zu beweglichen Bauteilen	/	/	

Wie bereits im Punkt 2.9 erwähnt, wurden alle beweglichen Teile abgedeckt. Somit ist das Verletzungsrisko für den Bediener sehr klein. Dies gilt jedoch nur so, fern der Vorkehrungen gem. der Konstruktion montiert werden.

Erfüllt: Ja

3.2	M	Arretierung aller Achsen	/	/	
-----	---	--------------------------	---	---	--

Das Arretieren der X-Achse ist möglich durch die Arretierung an der Antriebswelle. Beim Radialantrieb ist dies nicht nötig, da das Schneckengetriebe selbsthemmend ist. Bei den übrigen Achsen ist die Arretierung nicht nötig, da diese durch die Lager gegeben sind.

Erfüllt: Ja

3.2.1	M	Arretierung der Achsen von Hand	/	/	
-------	---	---------------------------------	---	---	--

Die X-Achse ist von Hand arretierbar durch das Drehen der Sterngriffschraube.

Erfüllt: Ja

3.3	W	Spritzschutz vor Spähnen und Öl	/	/	
-----	---	---------------------------------	---	---	--

Wie bereits im Punkt 2.9 ist der Schutz vor Spähnen wie auch gegen Öl gewährleistet. Dies wird durch diverse Abdeckbleche sichergestellt. Anmerken muss man hier, dass die meisten Späne und auch das Öl sich im inneren des Rohres sammelt, somit sollte die Verschmutzung der Applikation kein grosses Problem darstellen.

Erfüllt: Ja

Bedienung:

Nr.	M/S/W	Anforderung	Wert	Einheit	Bemerkung
4.1	M	Personal für die Bedienung	1	Pers	

Die Position der Antriebsräder wurde auch so konstruiert, dass der Laufweg des Bediener so kurz wie möglich ist, um das Arbeiten zu erleichtern.

Erfüllt: Ja

4.2	M	Anzeige für Winkel	1	°	C-Achse
-----	---	--------------------	---	---	---------

Durch die Digitalanzeige ist das Anzeigen von Winkeln von 1° kein Problem. Es kann bis zu einer Genauigkeit von drei Nachkommstellen angezeigt werden.

Erfüllt: Ja

4.3	M	Anzeige für Längenmass	1	mm	X-Achse
-----	---	------------------------	---	----	---------

Analog zu Punkt 4.2.

Erfüllt: Ja

4.4	W	Platz zum Verstauen der Werkzeuge	/	/	
-----	---	-----------------------------------	---	---	--

In der Konstruktion wurden drei Schublade implementiert, um die Aushalsköpfe der Aushalsmaschine zu verstauen. Weiter kann auch ein handelsüblicher Werkzeugwagen an der linken Seite im Untergestell verstaut werden, um Werkzeuge jeglicher Art unterzubringen.

Erfüllt: Ja

Prozess:

5.2	M	Steigerung der Fertigungspräzision	10	%	
-----	---	------------------------------------	----	---	--

Nach Analyse des bisherigen Prozesses kann ohne Weiteres davon ausgegangen werden das die Steigerung der Genauigkeit von 10% durchaus realistisch ist. Dies wurde auch im Gespräch mit dem Werkstattleiter bestätigt.

Um einen definitiven Wert zu ermitteln, müsste nach einem Einsatz der Applikation von ca. 3 Monaten eine Auswertung erstellt werden. Dies ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich.

Erfüllt: Ja

5.1	S	Zeitersparnis	20	%	
-----	---	---------------	----	---	--

Wie bereits in der Kosten- Nutzenanalyse erwähnt, kann ohne Weiteres von einer Zeitersparnis von 20% ausgegangen werden. Auch dies wurde als realistisch angesehen von unserem Werkstattleiter.

Erfüllt: Ja

Fazit:

Es wurde bis auf die Punkte 1.3 und 1.5 alle Kriterien erfüllt oder übertroffen. Die nicht erfüllten Punkte waren Wunschanforderungen und ist dementsprechend nicht gravierend für den Einsatz in der Praxis. Viele Anforderungen wurden exakt erfüllt oder sogar übertroffen, wie der Punkt 1.2. Durch die Erweiterung des Aushalbereiches auf 3000mm kann die Zeitersparnisse wie auch die Präzision durch das Umspannen nochmals gesteigert werden.

Gemäss der Auswertung wird das Produkt in der Praxis funktionieren und seinen Sinn und Zwecke erfüllen.

9.3 Reflexion Weg zum Ziel

Zu Beginn der Arbeit:

Der Weg ins Ziel war geprägt durch das 4-Phasen Model. Dies gem. dem Vorgehensmodel am Anfang der Arbeit. Durch das vordefinierte Vorgehen wurde die ganze Arbeit hinsichtlich der Strukturierung und Überblick vereinfacht. Zur Strukturierung im Phasenmodel gehörte auch die Strukturierung der Dokumente in den entsprechenden Schritten was die Formatierung und das zusammenfügen der Arbeit erleichtert.

Zum Start der Arbeit wurde auch, wie im Abschnitt 9.1 ausgewertet, der Projektablaufplan erstellt, um das Phasenmodel in einen zeitlichen Ablauf einzuteilen. Dies hilft, vorab zeitliche Engpässe zu erkennen wie auch die Gewissheit zu haben das die Zeit ausreicht.

Während der Arbeit:

Durch die stetige Einhaltung der Phasenmodels unter Berücksichtigung des Phasenplanes, wurden die entsprechenden Produkte erarbeitet. Die Erarbeitung der ersten drei Phasen gestaltete sich einfach, da diese für die meisten Projekte identisch sind und wären der diversen Semesterarbeiten wären das Studiums schon zu genüge «trainiert» wurden.

Es wurden auch alle zwei Wochen interne Repordings durchgeführt mit dem Fachexperten, um Punkte zu besprechen wie z.B Stand der Arbeit, Ausblicke, Probleme oder Technische Anforderungen. Die Reportings sind wichtig, um das Projekt auf der richtigen Bahn zu halten wie und «Kunden» den Stand seines Produktes aufzuzeigen. Zusätzlich zu den Reportings wurden auch, sofern nötig, Rücksprachen mit den bedienern der Applikation Rücksprache gehalten. Dies half ungemein den Blick auf das wesentliche zu wahren.

Abschluss der Arbeit:

Zum Schluss der Arbeit müssen alle Dokumente, welche separat gem. Phasenmodel abgelegt wurden, zusammengefügt und formatiert werden. Dies war aufgrund der Formatierung, welche zu Beginn der Arbeit festgelegt wurde, und in jedem Dokument umgesetzt wurde entsprechend einfach.

Durch das zur Verfügung stellen einer bereits vordatierten Vorlage der TEKO wurde dien noch einmal vereinfacht.

Fazit:

Das «Gerüst» für die Arbeit bildete das Wissen und die erarbeiteten Produkte im Fach: Projektmanagement. Durch das einhalten und einsetzen dieser Kompetenzen musste lediglich der Inhalt, sprich das Produkt neu erfunden werden.

Durch das Fachwissen, welches man durch das Studium erarbeitet hat, ist der Grundstein zur Produktentwicklung schon gegeben. Es ging nur noch darum die Kompetenzen zu vereinen und korrekt anzuwenden.

Einsetzten was man gelernt hat und umsetzten, wie man es gelernt hat.

9.4 Lessons learnt

4 - Phasen Model:

Es vereinfacht die Unterteilung der Arbeitsschritte, um ein effizientes Vorgehen zu ermöglichen. Ausserdem ist es einfacher alle Unterschritte im Überblick zu halten. Hilfreich war auch, einen SharePoint zu erstellen, welcher in die vier Phasen unterteilt ist mit den jeweiligen Schritten. Somit konnte man sich durch jeden Schritt arbeiten und die jeweiligen Dokumente direkt ablegen.

Marktanalyse:

Für die nächste Arbeit nehme ich sicherlich mit das die Marktanalyse einen enorm wichtigen Teil der Ideenfindung darstellt. Durch eine gewissenhaft erstellte Analyse können bereits gute Ideen gesammelt werden und man spart enorm Zeit bei der gesamten Variantenbildung.

Variantenbildung:

Die Variantenbildung bildet den Grundstein der Ausarbeitung resp. des Endproduktes. In meiner Variantenbildung wurde am Radialantrieb ein Kegelradgetriebe eingesetzt. In den Berechnungen zeigte sich aber, dass ein Schneckengetriebe idealer wäre. Dies hat mir gezeigt, dass die Variantenbildung, egal wie detailliert sie erstellt wurde, immer noch angepasst werden kann und soll.

Teilsysteme:

Das Unterteilen der Apparatur in Teilsysteme, vor allem für die Konstruktion, war die richtige Entscheidung. Es ermöglichte unabhängige Baugruppen zu erstellen, um deren Funktionen im System selbst zu gewährleisten. Ausserdem ist es einfacher den Überblick zu behalten bei mehreren Baugruppen. Die Gliederung und Beschriftung der Einzelteile sind ist auch vereinfacht. Es macht ausserdem Sinn, in Teilsystemen zu konstruieren, um die Dateigrösse zu verkleinern. So kann man die Rendergeschwindigkeit beschleunigen.

9.5 Ausblicke

Durch die positive Auswertung der Konstruktion wie auch der Kosten- Nutzenanalyse, welche erfolgsversprechend ist, soll die Applikation in die Realität umgesetzt werden.

Dies bedeutet, dass nach der Diplomarbeitszeit die Konstruktion noch verfeinert wird, wie auch zu allen Komponenten die entsprechenden Fertigungszeichnungen erstellt werden. Dies war aufgrund des engen Zeitrahmens in den acht Wochen nicht realisierbar.

Mit den Fertigungszeichnungen werden genaue Angebote für die Fertigung eingeholt und nochmals eine detaillierte Kosten- Nutzenanalyse erstellt.

Sofern die Analyse erfolgsversprechend ist und die Geschäftsführung den Entwurf absegnet. Sollte die Applikation Mitte 2025 ihren Weg in die Werkstatt finden.

10 Eigenständigkeitserklärung

Die Die Verfasserinnen und Verfasser bestätigen mit ihrer Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde.

Die aus fremden Quellen (einschliesslich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Inhalte sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

Unterschriften:

03.11.2024

Lukas Bammert

DocuSigned by:
Lukas Bammert
5B859C5304B64E7...

11 Verzeichnisse

11.1 Abkürzungsverzeichnis

DA = Diplomarbeit

Rohraushaltung = Aushaltung = Abzweigung

RK = Rohrklasse = kundenspezifische Norm im bergreich Rohrleitungsbau

T-Stück egal = T- Stück mit drei identisch grossen Abgängen

Isometrie= Fertigungszeichnung von Rohrleitungen in der Isometrischen Ansicht.

DN = NW = Diameter Nominal = Rohrleitung Aussendurchmesser

11.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2 / Anzeichnen der Aushaltung	8
Abbildung 3 / T-Drill seitlich	
Abbildung 4 / T-Drill von vorne	9
Abbildung 5 / Aushaltung T-Drill	9
Abbildung 6 / Detail 1 zu T-Drill SEC-115.....	19
Abbildung 7 / Detail 2 zu T-Drill SEC-115.....	19
Abbildung 8 / Detail 4 zu T-Drill SEC-115.....	19
Abbildung 9 / Detail 1 zu T-Drill S56 P	21
Abbildung 10 / Detail 3 zu T-Drill S56 P	21
Abbildung 11 / Detail 2 zu T-Drill S56 P	21
Abbildung 12 / Abstract Variante 1	29
Abbildung 13 / Abstract Variante 2	30
Abbildung 14 / Abstract Variante 3	31
Abbildung 15 / Beispiel DN- Tabelle	36
Abbildung 16 / Beispiel Aushaltstabelle.....	38
Abbildung 17 / Abstract Berechnungssystem	40
Abbildung 18 / Vorgehensmodell.....	40
Abbildung 19 / Abzweigtabelle aus RK.....	41
Abbildung 20 / Abmessungen Rohr nach DIN 11866 ISO	42
Abbildung 21 / Rohrdurchmesser aus RK	43
Abbildung 22 / Detail Abzweigungen aus RK	44
Abbildung 23 / Aushalswerkzeug.....	44
Abbildung 24 / Koordinatensystem	45
Abbildung 25 / Abstract Fertigungsprozess	45
Abbildung 26 / Detail Rohrdurchmesser DN50	46
Abbildung 27 / Maximalwerte Durchbiegung Grundrohr	49
Abbildung 28 / Rechenmodell Durchbiegung Grundrohr	49
Abbildung 29 / Grafik Durchbiegung Grundrohr.....	49
Abbildung 30 / Biegemoment Grundrohr	50
Abbildung 31 / FEM Auswertung	50
Abbildung 32 / Abmessungsgrafik NOZAG Schneckengetriebe	53
Abbildung 33 / Detail 1 aus Produktkatalog Schneckengetriebe	53
Abbildung 34 Detail 2 aus Produktkatalog Schneckengetriebe	53
Abbildung 35 / Abmessungsgrafik Rohrbefestigung Schneckengetriebe	54
Abbildung 36 / Detail 3 aus Produktkatalog Schneckengetriebe	54
Abbildung 37 / Abmessungsgrafik Handradbefestigung	54
Abbildung 38 / Detail 4 aus Produktkatalog Schneckengetriebe	54
Abbildung 39 / Rechenmodell Durchbiegung Spindel.....	57
Abbildung 40 / Durchbiegung Spindel	57
Abbildung 41 / Biegemoment Spindel.....	57
Abbildung 42 / Abmessungsgrafik Spindel NOZAG.....	58

Abbildung 43 / Detail aus Produktkatalog Gewindespindeln	58
Abbildung 44 / Abmessungsgrafik Laufmutter NOZAG	59
Abbildung 45 / Detail aus Produktkatalog Gewindespindeln	59
Abbildung 46 / Abstract Teilsysteme	60
Abbildung 47 / Detail Radialantrieb	61
Abbildung 48 / Radialantrieb Rohrbefestigung	61
Abbildung 49 / Radialantrieb Lagerbock zu Schneckengetriebe.....	62
Abbildung 50 / Radialantrieb Unterlagen zu Lagerbock.....	62
Abbildung 51 / Radialantrieb Schneckengetriebe	63
Abbildung 52 / Radialantrieb Lager zu Handrad	63
Abbildung 53 / Radialantrieb Stellungsanzeige	63
Abbildung 54 / Radialantrieb Handrad.....	64
Abbildung 55 / Radialantrieb Grundkörper zu Rohrlager	64
Abbildung 56 / Radialantrieb Grundkörper Inlett.....	65
Abbildung 57 / Detail Linearantrieb.....	67
Abbildung 58 / Linearantrieb Antriebswelle	68
Abbildung 59 / Linearantrieb Lagerböcke zu Antriebswelle	68
Abbildung 60 / Linearantrieb Kegelpaar	68
Abbildung 61 / Linearantrieb Lagerbock zu Kegelpaar	69
Abbildung 62 / Linearantrieb Stellungsanzeige.....	69
Abbildung 63 / Linearantrieb Arretierung	69
Abbildung 64 / Linearantrieb Kettenräder	70
Abbildung 65 / Linearantrieb Kettengehäuse.....	70
Abbildung 66 / Linearantrieb Kegelpaargehäuse.....	71
Abbildung 67 / Linearantrieb Lager links	71
Abbildung 68 / Linearantrieb Lager rechts.....	71
Abbildung 69 / Linearantrieb Lager zu Spindel	71
Abbildung 70 / Linearantrieb Laufmutter mit Lager	72
Abbildung 71 / Detail 1 zu Lauffisch	73
Abbildung 72 / Detail 2 zu Lauffisch	74
Abbildung 73 / Lauffisch Untergestell	75
Abbildung 74 / Lauffisch Befestigung mitte.....	76
Abbildung 75 / Lauffisch Befestigung links / rechts.....	76
Abbildung 76 / Lauffisch Schubladensystem	76
Abbildung 77 / Lauffisch Laufschiene und Lagerschiene.....	77
Abbildung 78 / Lauffisch Abdeckungen	77
Abbildung 79 / Lauffisch Nutenstein	78
Abbildung 80 / Kosten-Nutzenanalyse.....	90

11.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 / Kostenzusammenstellung Teil 1	87
Tabelle 2 / Kostenzusammenstellung Teil 2	88
Tabelle 3 / Kostenzusammenstellung Teil 3	89

11.4 Diagrammverzeichnis

Abbildung 28 / Rechenmodell Durchbiegung Grundrohr	49
Abbildung 29 / Grafik Durchbiegung Grundrohr.....	49
Abbildung 30 / Biegemoment Grundrohr	50
Abbildung 31 / FEM Auswertung	50
Abbildung 39 / Rechenmodell Durchbiegung Spindel.....	57
Abbildung 40 / Durchbiegung Spindel	57
Abbildung 41 / Biegemoment Spindel.....	57

11.5 Quellenverzeichnis

<https://t-drill.com/s-56-pc-collaring-machine>
<https://www.youtube.com/watch?v=S0DSAIJN3nQ&t=36s>
 Von https://123stahl-shop.de/Masstabelle-Groessentabelle-_1213.html
https://www.schweizer-fn.de/berechnung/festigkeit/biegung/eingespannt/bieg_eingespannt.php
<https://www.inra-group.com>
<https://www.nozag.ch/customer/files/278/Schneckenantrieb-Serie-56.pdf> abgerufen
https://www.nozag.ch/customer/files/133/1Nozag_Trapezgewindespindel_Stahl-gerollt.pdf
<https://t-drill.com/de/sec-115/>
https://t-drill.com/wp-content/uploads/2022/04/SEC-115_sm-1024x768.png

11.6 Formelverzeichnis

Formel 1 / Stempelkraft	46
Formel 2 / Vorbohrdurchmesser	47
Formel 3 / Durchbiegung Grundrohr	48
Formel 4 / Flächenträgheitsmoment 2. Grades Grundrohr	49
Formel 5 / Benötigte Lagerfläche.....	51
Formel 6 / Verdrehwinkel.....	52
Formel 7 / Rohrgewicht	55
Formel 8 / Benötigtes Drehmoment.....	55
Formel 9 / Durchbiegung Spindel	56
Formel 10 / Kraft in Z-Richtung.....	56
Formel 11 / Flächenträgheitsmoment 2. Grades Spindel	56

11.7 Literatur und Quellenverzeichnis zu Formeln

Formel 1/ 2: <https://4ming.de>
 Formel 3: Formel: A.Böge S 52, Tab 5.12, ISBN 978-3-658-34151-0
 Formel 4: Formel: Decker S 29 Tab 3.2. ISBN :978-3-446-45029-5
 Formel 9: Formel: A.Böge S 52, Tab 5.12, ISBN 978-3-658-34151-0
 Formel 11: Formel: Decker S 29 Tab 3.2. ISBN :978-3-446-45029-5
 Allgemein: Tabellenbuch Metall, ISBN 978-3-8085-1726-0

(Die restlichen Formeln wurden selbst hergeleitet oder abgeleitet.)

12 Anhang

12.1 Anhangsverzeichnis

1. Datenblatt Kegelräder (NOZAG AG)	4 Seiten
2. Datenblatt Kettenräder (NOZAG AG)	4 Seiten
3. Datenblatt Ketten (NOZAG AG)	4 Seiten
4. Datenblatt Trapezgewindespindel (NOZAG AG)	4 Seiten
5. Datenblatt Trapezgewindemuttern (NOZAG AG)	4 Seiten
6. Datenblatt Gleitlager (SKF AG)	3 Seiten
7. Datenblatt Scharniere (Hanser AG)	1 Seite
8. Datenblatt Spannverschlüsse (Hanser AG)	2 Seiten
9. Datenblatt Speichenhandräder (Hanser AG)	1 Seite
10. Datenblatt Teleskop- Linearkugellager (Hanser AG)	1 Seite
11. Datenblatt Sterngriffschraube (Hanser AG)	1 Seite
12. Datenblatt Stellungsanzeiger (Hanser AG)	3 Seiten
13. Datenblatt Kontrolleinheit (Hanser AG)	3 Seiten
14. Datenblatt Grundprofil 50*50 Typ A01-1 (KANYA AG)	1 Seite
15. Datenblatt Montagewinkel (KANYA AG)	1 Seite



Kegelräder

Teilbereich – Programm Norm

Roues coniques

Extrait – Programme Standard

Bevel gears

Summary – Standard Program

Kegelräder Stahl gefräst geradeverzahnt
Roues coniques acier fraisée denture droite
Bevel gears steel milled straight toothed

Inhaltsverzeichnis / Sommaire / Table of content

Seite / Page / Page

3.1	Kegelräder Auslegung – Berechnung / Roues coniques conception – calcul / Bevel gears dimensioning – calculations	79
3.2	Kegelräder Stahl / Roues coniques acier / Bevel gears steel	87
3.3	Kegelräder Zinkdruckguss / Roues coniques alliage de zinc moulé sous pression / Bevel gears cast in zinc	95
3.4	Kegelräder Messing / Roues coniques laiton / Bevel gears brass	96
3.5	Kegelräder Kunststoff / Roues coniques plastique / Bevel gears plastic	97

Sortimentsübersicht / Gamme de produits / Productrange

Kegelräder / Roues coniques / Bevel gears



Modul / Module / Module	0.5	0.7	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
Stahl gefräst, nur paarweise, Übersetzung 1:1 – 1:5 Acier fraisée, uniquement par paire, Transmission 1:1 – 1:5 Steel milled, only in pairs, Gear ratio 1:1 – 1:5			■		■	■	■	■	■	■	■
Stahl gefräst, nur paarweise, Übersetzung 1:1 Acier fraisée, uniquement par paire, Transmission 1:1 Steel milled, only in pairs, Gear ratio 1:1					■	■	■	■	■	■	■
Stahl spiralverzahnt, Übersetzung 1:1 – 1:4 Acier denture hélicoïdale, Transmission 1:1 – 1:4 Steel spiral toothed, Gear ratio 1:1 – 1:4			■	■	■	■					
Zinkdruckguss Übersetzung 1:1 Alliage de zinc moulé sous pression Transmission 1:1 Cast in zinc Gear ratio 1:1			■		■	■	■	■	■	■	■
Messing Übersetzung 1:1 – 1:4 Laiton Transmission 1:1 – 1:4 Brass Gear ratio 1:1 – 1:4		■	■								
Kunststoff gefräst, Übersetzung 1:1 – 1:5 Plastique fraisée, Transmission 1:1 – 1:5 Plastic milled, Gear ratio 1:1 – 1:5			■		■						
Kunststoff gespritzt, Übersetzung 1:1 – 1:4 Plastique par injection, Transmission 1:1 – 1:4 Plastic injection, Gear ratio 1:1 – 1:4		■	■		■	■	■	■	■	■	■



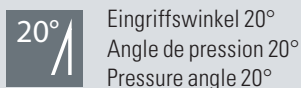
Geradverzahnt
Denture droite
Straight toothed



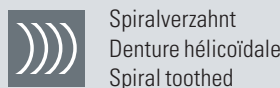
Schrägverzahnt
Denture oblique
Helical toothed



Bearbeitung / Einbaufertig
Usinage / prêt au montage
Machining / ready to install

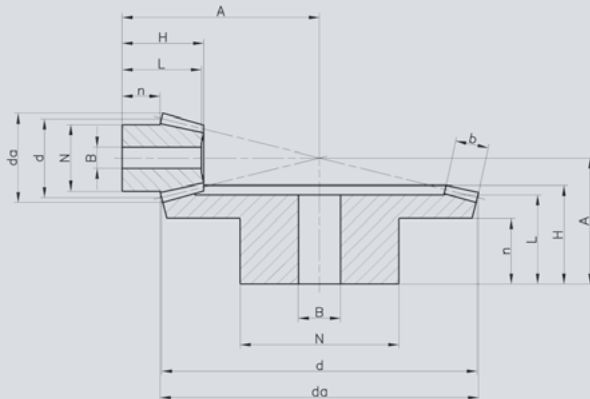


Eingriffswinkel 20°
Angle de pression 20°
Pressure angle 20°



Spiralverzahnt
Denture hélicoïdale
Spiral toothed

Stahl gefräst Acier fraisée Steel milled



bis Aussen-Ø 65 mm aus Stahl ETG100, über Aussen-Ø 65 mm aus Vergütungsstahl C45, 90° Achswinkel, Übersetzung 1:3.5 – 1:5

jusq'aux diam. extérieurs de 65 mm en acier ETG100 diamètres plus grands en acier à améliorer C45, angle de axe 90°, Transmission 1:3.5 – 1:5

up to Ø 65 mm made of high strength special steel ETG100, over Ø 65 mm made of heat-treatable steel C45, 90° shaft angle, Gear ratio 1:3.5 – 1:5

Übersetzung / Transmission / Gear ratio 1:3.5

Modul / Module / Module	z *	d	da	N	n	L	H	A	b	B-H7
1.0 4100-3.5	16	16	18.7	13.3	7.6	–	16.6	36	8.7	4
	56	56	56.3	30.3	10.0	15.0	16.7	22		8
1.5 4150-3.5	16	24	28.1	20.3	11.5	–	24.0	54	12.0	8
	56	84	84.5	45.3	25.0	32.0	34.8	43		14
2.0 4200-3.5	16	32	37.5	25.3	14.1	–	30.9	71	16.0	8
	56	112	112.6	55.3	25.0	34.0	31.7	48		16
2.5 4250-3.5	16	40	46.8	32.3	17.9	–	38.9	89	20.0	14
	56	140	140.8	60.3	30.0	40.5	44.4	58		20
3.0 4300-3.5	16	48	56.2	40.3	24.9	–	49.9	110	24.0	16
	56	168	169.0	80.3	35.0	48.0	52.7	69		25
3.5 4350-3.5	16	56	65.6	45.3	25.5	–	52.0	125	25.0	20
	56	196	197.1	80.3	35.0	49.0	55.1	75		25
4.0 4400-3.5	16	64	74.9	45.3	25.0	–	58.0	140	30.0	20
	56	224	225.3	90.3	35.0	52.0	59.7	82		30

Übersetzung / Transmission / Gear ratio 1:4

Modul / Module / Module	z *	d	da	N	n	L	H	A	b	B-H7
1.0 4100-4	15	15.0	17.8	13.3	7.7	–	17.2	38	9.3	4
	60	60.0	60.3	30.3	10.0	15	17.1	22		8
1.5 4150-4	15	22.5	26.7	20.3	11.7	–	23.0	57	11.0	8
	60	90.0	90.4	50.3	25.0	31	34.0	42		16
2.0 4200-4	15	30.0	35.6	25.3	14.4	–	31.0	75	16.0	8
	60	120.0	120.6	60.3	25.0	34	37.6	48		16
2.5 4250-4	15	37.5	44.5	32.3	18.4	–	38.1	94	19.0	14
	60	150.0	150.7	60.3	30.0	40	44.8	58		20
3.0 4300-4	15	45.0	53.3	40.3	24.5	–	48.1	115	23.0	16
	60	180.0	180.8	80.3	35.0	48	53.2	69		25
3.5 4350-4	15	52.5	62.2	45.3	25.1	–	52.1	131	26.0	20
	60	210.0	211.0	90.3	40.0	54	60.4	79		30
4.0 4400-4	15	60.0	71.1	50.3	23.0	–	55.1	145	30.0	20
	60	240.0	241.1	90.3	40.0	53	60.8	82		30

Übersetzung / Transmission / Gear ratio 1:5

Modul / Module / Module	z *	d	da	N	n	L	H	A	b	B-H7
1.0 4100-5	15	15.0	17.8	13.3	8.3	–	20.0	46	11.5	4
	75	75.0	75.2	40.3	10.0	15	17.1	22		8
1.5 4150-5	15	22.5	26.7	20.3	15.0	–	27.8	72	12.0	8
	75	112.5	112.8	50.3	20.0	30	33.7	42		16
2.0 4200-5	15	30.0	35.7	25.3	19.0	–	35.1	94	16.0	8
	75	150.0	150.4	60.3	25.0	35	38.9	50		20
2.5 4250-5	15	37.5	44.6	30.3	21.0	–	41.1	115	20.0	12
	75	187.5	188.1	80.3	25.0	36	42.2	56		25
3.0 4300-5	15	45.0	53.5	35.3	25.0	–	49.7	138	24.0	14
	75	225.0	225.7	90.3	30.0	43	49.4	66		30

* Zähnezahl / nombre de dents / Number of teeth

**Niederlassungen
Filiales
Subsidiaries**

Schweiz / Suisse / Switzerland

Nozag AG
Barzloostrasse 1
CH-8330 Pfäffikon/ZH

Telefon +41 (0)44 805 17 17
Fax +41 (0)44 805 17 18
Aussendienst Westschweiz
Telefon +41 (0)21 657 38 64

www.nozag.ch
info@nozag.ch

Deutschland / Allemagne / Germany

Nozag GmbH

Telefon +49 (0)6226 785 73 40
Fax +49 (0)6226 785 73 41

www.nozag.de
info@nozag.de

Frankreich / France / France

NOZAG SARL

Telefon +33 (0)3 87 09 91 35
Fax +33 (0)3 87 09 22 71

www.nozag.fr
info@nozag.fr

**Vertretungen
Representations
Representations**

Australien / Australie / Australia

Mechanical Components P/L
Telefon +61 (0)8 9291 0000
Fax +61 (0)8 9291 0066

www.mecco.com.au
mecco@arach.net.au

Finnland / Finlande / Finland

OY Mekanex AB
Telefon +358 (0)19 32 831
Fax +358 (0)19 383 803

www.mekanex.fi
info@mekanex.fi

Russland / Russie / Russia

ANTRIEB 000
Telefon 007-495 514-03-33
Fax 007-495 514-03-33

www.antrieb.ru
info@antrieb.ru

Belgien / Belgique / Belgium

Schiltz SA/NV
Telefon +32 (0)2 464 48 30
Fax +32 (0)2 464 48 39

www.schiltz-norms.be
norms@schiltz.be

Niederlande / Pays-Bas / Netherlands

Stamhuis Lineairtechniek B.V.
Telefon +31 (0)57 127 20 10
Fax +31 (0)57 127 29 90

www.stamhuislineair.nl
info@stamhuislineair.nl

Singapur / Singapour / Singapore

SM Component
Telefon +65 (0)6 569 11 10
Fax +65 (0)6 569 22 20

nozag@singnet.com.sg

Vansichen, Lineairtechniek bvba

Telefon +32 (0)1 137 79 63
Fax +32 (0)1 137 54 34

www.vansichen.be
info@vansichen.be

Technisch bureau Koppe bv

Telefon +31 (0)70 511 93 22
Fax +31 (0)70 517 63 36
www.koppeaandrijftechniek.nl
mail@koppe.nl

Schweden / Suède / Sweden

Mekanex Maskin AB
Telefon +46 (0)8 705 96 60
Fax +46 (0)8 27 06 87

www.mekanex.se
info@mekanex.se

China / Chine / China

Shenzhen Zhongmai Technology Co.,Ltd
Telefon +86(755)3361 1195
Fax +86(755)3361 1196

www.zmgear.com
sales@zmgear.com

Norwegen / Norvège / Norway

Mekanex NUF
Telefon +47 213 151 10
Fax +47 213 151 11

www.mekanex.no
info@mekanex.no

Mölnåls Industriprodukter AB

Telefon +46 (0)31 86 89 00
Fax +46 (0)31 87 62 20

www.molndalsindustriprodukter.se
info@molndalsindustriprodukter.se

Estland / Estonie / Estonia

Oy Mekanex AB Eesti filiaal
Telefon +372 613 98 44
Fax +372 613 98 66

www.mekanex.ee
info@mekanex.ee

Österreich / Autriche / Austria

Spörk Antriebssysteme GmbH
Telefon +43 (2252) 711 10-0
Fax +43 (2252) 711 10-29

www.spoerk.at
info@spoerk.at

Spanien / Espagne / Spain

tracsa Transmisiones y Accionamientos, sl
Telefon +34 93 4246 261
Fax +34 93 4245 581

www.tracsa.com
tracsa@tracsa.com

Tschechien / Tchéquie / Czech Republic

T.E.A. TECHNIK s.r.o.
Telefon +42 (0)54 72 16 84 3
Fax +42 (0)54 72 16 84 2

www.teatechnik.cz
info@teatechnik.cz



Kettenräder

Teilbereich – Programm Norm

Roues à chaînes

Extrait – Programme Standard

Chain wheels

Summary – Standard Program

Kettenräder 10B-..., Stahl

Roues à chaînes 10B-..., acier

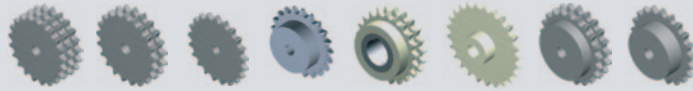
Chain wheels 10B-..., steel

9. Kettenräder / Roues à chaînes / Chain wheels

Inhaltsverzeichnis / Sommaire / Table of Content	Seite / Page / Page
9.1 Kettenräder Auslegung – Berechnung / Roues à chaînes conception – calcul / Chain wheels dimensioning – calculations	219
9.2 Kettenräder Stahl / Roues à chaînes acier / Chain wheels steel	223
9.3 Kettenräder rostfreier Stahl / Roues à chaînes acier inoxydable / Chain wheels stainless steel	247
9.4 Kettenräder Kunststoff gespritzt / Roues à chaînes plastique par injection / Chain wheels plastic injection	248
9.5 Kettenräder Kunststoff mit Stahlkern / Roues à chaînes plastique avec moyeu en acier / Chain wheels plastic with steel core	249

Sortimentsübersicht / Gamme de produits / Productrange

Kettenräder / Roues à chaînes / Chain wheels



	03	04	05	06	081	083	084	08	10	12	16	20	24
Stahl Acier Steel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rostfreier Stahl Acier inoxydable Stainless steel				■				■	■	■			
Kunststoff Plastique Plastic		■	■	■	■	■		■					



Rostfrei
Inoxydable
Stainless



Bearbeitung / Einbaufertig
Usinage / prêt au montage
Machining / ready to install

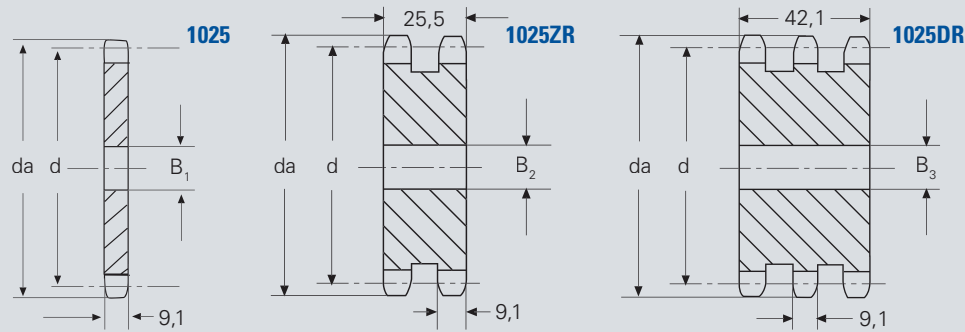
Kettenradscheiben 10B-..., Stahl Disques à chaîn 10B-..., acier Chain wheel plates 10B-..., steel

Ein-, zwei- und dreifach, aus Stahl, passend zu Ketten 10B-1, 10B-2 und 10B-3 ($\frac{5}{8}'' \times \frac{3}{8}''$ RØ 10.16 mm)

Simple, double et triple, en acier, correspondant aux chaînes 10B-1, 10B-2 et 10B-3 ($\frac{5}{8}'' \times \frac{3}{8}''$ RØ 10.16 mm)



Simplex, duplex and triplex, made of steel, compatible to chain 10B-1, 10B-2 and 10B-3 ($\frac{5}{8}'' \times \frac{3}{8}''$ RØ 10.16 mm)



Bestellbeispiel Exemple de commande ordering example	
Einfach Simple Simplex	1025
Zweifach Double Duplex	1025ZR
Dreifach Triple Triplex	1025DR
Zähnezahl nombre de dents number of teeth	10

z *	da	d	**Vorgebohrt Pré alésage predrilled B ₁	**Vorgebohrt Pré alésage predrilled B ₂	**Vorgebohrt Pré alésage predrilled B ₃
10	57	51.37	10	-	-
11	62	56.34	10	14	-
12	67	61.34	10	14	-
13	73	66.32	10	14	-
14	78	71.34	10	14	-
15	83	76.36	10	14	-
16	88	81.37	12	16	-
17	93	86.40	12	16	16
18	98	91.42	12	16	16
19	103	96.45	12	16	16
20	108	101.49	12	16	16
21	113	106.52	12	16	20
22	119	111.55	12	16	20
23	124	116.58	12	16	20
24	129	121.62	12	16	20
25	134	126.66	12	16	20
26	139	131.70	16	16	20
27	144	136.75	16	16	20
28	149	141.78	16	16	20
29	154	146.83	16	-	-
30	159	151.87	16	16	20
31	164	156.92	16	-	-
32	169	161.95	16	20	-
33	174	167.00	16	-	-
34	179	172.05	16	-	-
35	185	177.10	16	20	20
36	190	182.15	20	20	-
37	195	187.20	20	-	-
38	200	192.24	20	20	25
39	205	197.29	20	-	-
40	210	202.34	20	20	25
41	215	207.38	20	-	-

z *	da	d	**Vorgebohrt Pré alésage predrilled B ₁	**Vorgebohrt Pré alésage predrilled B ₂	**Vorgebohrt Pré alésage predrilled B ₃
42	220	212.43	20	-	-
43	225	217.48	20	-	-
44	230	222.53	20	-	-
45	235	227.58	20	20	25
46	240	232.63	20	-	-
47	245	237.68	20	-	-
48	250	242.73	20	25	-
49	255	247.78	20	-	-
50	260	252.83	20	25	25
52	271	262.93	20	-	-
54	281	273.03	20	25	-
55	286	278.08	20	-	-
56	291	283.13	25	-	-
57	296	288.18	25	25	25
58	301	293.23	25	-	-
60	311	303.33	25	25	25
62	321	313.43	25	-	-
64	331	323.53	25	-	-
65	336	328.58	25	-	-
68	352	343.74	25	-	-
70	362	353.84	25	25	-
72	372	363.94	25	-	-
75	387	379.09	25	-	-
76	392	384.15	25	25	30
80	412	404.36	25	30	-
85	437	429.62	30	-	-
90	463	454.88	30	-	-
95	488	480.14	30	30	-
100	513	505.40	30	-	-
114	584	576.13	30	-	-
120	614	606.45	30	-	-

* Zähnezahl / nombre de dents / Number of teeth

** Fertige Bohrung mindestens 1 mm grösser definieren / Prévoir l'alesage fini supérieur d'au moins 1 mm / Finished bore, to be defined at least 1 mm bigger

- = kein Lagerrad / pas standard / non standard

**Niederlassungen
Filiales
Subsidiaries**

Schweiz / Suisse / Switzerland

Nozag AG
Barzloostrasse 1
CH-8330 Pfäffikon/ZH

Telefon +41 (0)44 805 17 17
Fax +41 (0)44 805 17 18
Aussendienst Westschweiz
Telefon +41 (0)21 657 38 64

www.nozag.ch
info@nozag.ch

Deutschland / Allemagne / Germany

Nozag GmbH

Telefon +49 (0)6226 785 73 40
Fax +49 (0)6226 785 73 41

www.nozag.de
info@nozag.de

Frankreich / France / France
NOZAG SARL

Telefon +33 (0)3 87 09 91 35
Fax +33 (0)3 87 09 22 71

www.nozag.fr
info@nozag.fr

**Vertretungen
Representations
Representations**

Australien / Australie / Australia

Mechanical Components P/L
Telefon +61 (0)8 9291 0000
Fax +61 (0)8 9291 0066

www.mecco.com.au
mecco@arach.net.au

Finnland / Finlande / Finland

OY Mekanex AB
Telefon +358 (0)19 32 831
Fax +358 (0)19 383 803

www.mekanex.fi
info@mekanex.fi

Russland / Russie / Russia

ANTRIEB 000
Telefon 007-495 514-03-33
Fax 007-495 514-03-33

www.antrieb.ru
info@antrieb.ru

Belgien / Belgique / Belgium

Schiltz SA/NV
Telefon +32 (0)2 464 48 30
Fax +32 (0)2 464 48 39

www.schiltz-norms.be
norms@schiltz.be

Niederlande / Pays-Bas / Netherlands

Stamhuis Lineairtechniek B.V.
Telefon +31 (0)57 127 20 10
Fax +31 (0)57 127 29 90

www.stamhuislineair.nl
info@stamhuislineair.nl

Singapur / Singapour / Singapore

SM Component
Telefon +65 (0)6 569 11 10
Fax +65 (0)6 569 22 20

nozag@singnet.com.sg

Vansichen, Lineairtechniek bvba

Telefon +32 (0)1 137 79 63
Fax +32 (0)1 137 54 34

www.vansichen.be
info@vansichen.be

Technisch bureau Koppe bv

Telefon +31 (0)70 511 93 22
Fax +31 (0)70 517 63 36
www.koppeaandrijftechniek.nl
mail@koppe.nl

Schweden / Suède / Sweden

Mekanex Maskin AB
Telefon +46 (0)8 705 96 60
Fax +46 (0)8 27 06 87

www.mekanex.se
info@mekanex.se

China / Chine / China

Shenzhen Zhongmai Technology Co.,Ltd
Telefon +86(755)3361 1195
Fax +86(755)3361 1196

www.zmgear.com
sales@zmgear.com

Norwegen / Norvège / Norway

Mekanex NUF
Telefon +47 213 151 10
Fax +47 213 151 11

www.mekanex.no
info@mekanex.no

Mölnö Industriprodukter AB

Telefon +46 (0)31 86 89 00
Fax +46 (0)31 87 62 20

www.molndalsindustriprodukter.se
info@molndalsindustriprodukter.se

Estland / Estonie / Estonia

Oy Mekanex AB Eesti filiaal
Telefon +372 613 98 44
Fax +372 613 98 66

www.mekanex.ee
info@mekanex.ee

Österreich / Autriche / Austria

Spörk Antriebssysteme GmbH
Telefon +43 (2252) 711 10-0
Fax +43 (2252) 711 10-29

www.spoerk.at
info@spoerk.at

Spanien / Espagne / Spain

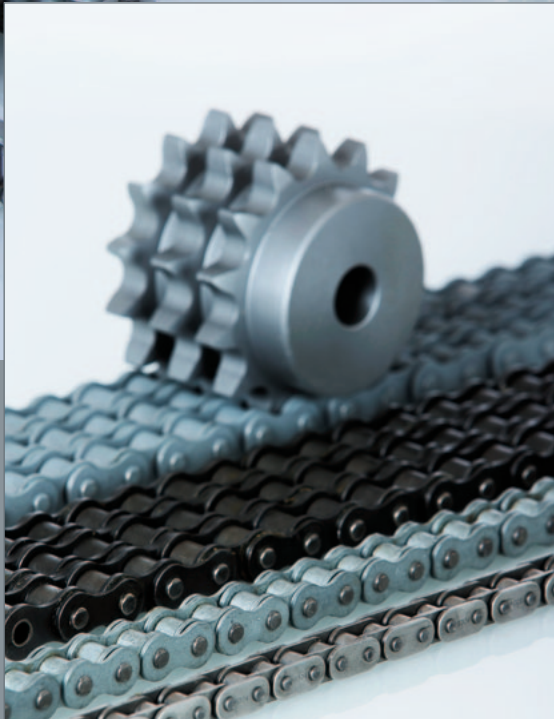
tracsa Transmisiones y Accionamientos, sl
Telefon +34 93 4246 261
Fax +34 93 4245 581

www.tracsa.com
tracsa@tracsa.com

Tschechien / Tchéquie / Czech Republic

T.E.A. TECHNIK s.r.o.
Telefon +42 (0)54 72 16 84 3
Fax +42 (0)54 72 16 84 2

www.teatechnik.cz
info@teatechnik.cz



Ketten
Teilbereich – Programm Norm

Chaînes
Extrait – Programme Standard

Chaines design
Summary – Standard Program

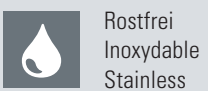
Präzisions Rollenkette Standard Kette
Chaînes à rouleaux de précision Chaîne norme
Precision roller chains Standard chain

9. Ketten / Chaînes / Chaines design

Inhaltsverzeichnis / Sommaire / Table of Content	Seite / Page / Page
8.1 Ketten Auslegung – Berechnung / Chaînes conception – calcul / Chaines dimensioning – calculations	173
8.2 Präzisions Rollenkette / Chaînes à rouleaux de précision / Precision Roller Chaines	199
8.3 Laschengelenkketten (Flyer) / Chaînes à mailles jointives / Leaf Chains (Flyer)	207
8.4 Mitnehmerlaschen und Bolzen / Plaque à attaches et axes / Attachments And Pins	209
8.5 Kettenkombinationen / Combinaisons de chaînes / Chain Combinations	211
8.6 Endglieder und Ankerbolzen / Maillons d'extrémités et axes de chape / End Connection Links And Fastening Pins	212
8.7 Kunststoff-Gleitschienen / Glissières en plastique / Plastic-Slide Rails	213
8.8 Ketten-Montagezubehör / Accessoires de montage pour chaînes / Chain Mounting Accessories	214
8.9 Ketten-Spannelemente / Eléments tendeurs de chaîne / Chain tensioners	215

Sortimentsübersicht / Gamme de produits / Productrange

Ketten / Chaînes / Chaines design	03	04	05	06	081	082	083	084	08	10	12	16	20	24	28	32	40	40	
Standard Kette Caîne norme Standard chain	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Delta HR® Delta HR® Delta HR®				■					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Delta® Titanium Delta® Titanium Delta® Titanium				■					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rostfrei Inoxydable Stainless steel			■	■	■		■		■	■	■	■							
Delta® Verte Delta® Verte Delta® Verte									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ANSI ANSI ANSI		■		■					■	■	■	■	■	■					
LL (Flyer) LL (Flyer) LL (Flyer)									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
LH (Flyer) LH (Flyer) LH (Flyer)									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Gleitschienen Glissières Slide Rails				■			■		■	■	■	■							



Rostfrei
Inoxydable
Stainless

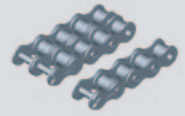


Europäische Bauform
Série européenne
European design



Amerikanische Bauform
Série américaine
American design

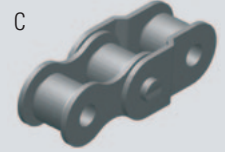
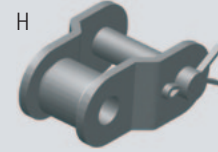
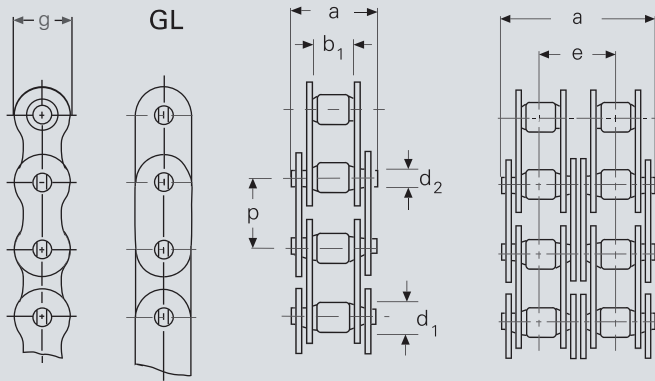
Standard Kette Chaîne norme Standard chain



Europäische Bauart nach
ISO-R606/DIN 8187

Série européenne, normes
ISO-R606/DIN 8187

European design according to
ISO-R606/DIN 8187



Nicht mit INOX-Rädern verwenden!
Ne pas utiliser avec les roues en acier inox!
Not to be used with Stainless steel wheels!

Ketten Chaînes Chain										Bruchkraft ²⁾ Charge de rupture ²⁾ Breaking load ²⁾		Verbindungsglieder Maillons de jonction Connecting links		
	ISO/DIN No.	p × b ₁	p mm	b ₁ mm	d ₁ mm	d ₂ mm	a mm	k mm	e mm	g mm	kN(mini)	A/B/E	H	C
Einfach-Rollenketten / Chaînes à rouleaux simples / Single strand roller chain														
03-1	5 × 2.5 mm	5.000	2.50	2.80	3.20	1.49	6.70	2.5	–	4.00	2.2	●	○	○
04-1	6 × 2.8 mm	6.000	2.80	3.00	4.00	1.85	6.70	2.9	–	5.00	3.0	●	○	○
05B-1	8 × 3.0 mm	8.000	3.00	3.00	5.00	2.31	8.60	1.2	–	7.11	5.0	●	○	○
06B-1*	³ / ₈ " × ⁷ / ₃₂ "	9.525	5.72	6.35	3.27	13.50	2.1	–	–	8.23	9.0	●	○	○
081	¹ / ₂ " × ¹ / ₈ "	12.700	3.30	7.75	3.66	9.80	1.5	–	–	10.05	8.2	●	○	○
083	¹ / ₂ " × ³ / ₁₆ "	12.700	4.90	7.75	4.09	12.90	1.5	–	–	10.05	12.0	●	○	○
084	¹ / ₂ " × ³ / ₁₆ "	12.700	4.90	7.75	4.09	14.80	1.5	–	–	11.00	16.0	●	○	○
08B-1**	¹ / ₂ " × ⁵ / ₁₆ "	12.700	7.75	8.51	4.45	16.60	1.5	–	–	11.80	18.0	●	○	○
10B-1**	⁵ / ₈ " × ³ / ₈ "	15.875	9.65	10.16	5.08	19.00	1.5	–	–	13.70	22.4	●	○	○
12B-1**	³ / ₄ " × ⁷ / ₁₆ "	19.050	11.68	12.07	5.72	22.30	1.5	–	–	16.13	29.0	●	○	○
16B-1**	1" × 17.0 mm	25.400	17.02	15.88	8.28	35.10	3.0	–	–	20.80	60.0	●	○	○
20B-1**	¹¹ / ₄ " × ³ / ₄ "	31.750	19.56	19.05	10.19	40.50	6.1	–	–	25.40	95.0	●	○	○
24B-1**	¹¹ / ₂ " × 1"	38.100	25.40	25.40	14.63	53.10	6.6	–	–	32.30	160.0	●	○	○
Duplex-Rollenketten / Chaînes à rouleaux doubles / Double strand roller chain														
05B-2	8 × 3.0 mm	8.000	3.00	5.00	2.31	14.30	1.2	5.60	7.11	7.8	●	○	○	○
06B-2	³ / ₈ " × ⁷ / ₃₂ "	9.525	5.72	6.35	3.27	23.80	2.1	10.24	8.23	16.9	●	○	○	○
08B-2**	¹ / ₂ " × ⁵ / ₁₆ "	12.700	7.75	8.51	4.45	30.60	1.5	13.92	11.80	32.0	●	○	○	○
10B-2**	⁵ / ₈ " × ³ / ₈ "	15.875	9.65	10.16	5.08	35.75	1.5	16.59	13.70	44.5	●	○	○	○
12B-2**	³ / ₄ " × ⁷ / ₁₆ "	19.050	11.68	12.07	5.72	41.80	1.5	19.46	16.13	57.8	●	○	○	○
16B-2**	1" × 17 mm	25.400	17.02	15.88	8.28	68.00	3.0	31.88	20.80	106.0	●	○	○	○
20B-2**	¹¹ / ₄ " × ³ / ₄ "	31.750	19.56	19.05	10.19	77.00	6.1	36.45	25.40	170.0	●	○	○	○
24B-2**	¹¹ / ₂ " × 1"	38.100	25.40	25.40	14.63	101.80	6.6	48.36	32.30	280.0	● (E ○)	○	○	○

● erhältlich / livrable / Available

○ nicht erhältlich / non livrable / Not available

* gerade Laschen / Plaques droites (GL) / Oval contour side plate

²⁾ Bei gekröpften Gliedern ist mit dem Faktor 0,8 der Bruchkraft zu rechnen. / Avec les maillons coude calculer seulement la charge de rupture avec le facteur 0,8. / In the case of offset links, only 0.8 of the tensile strength may be used for calculation.

** auch mit geraden Laschen lieferbar (GL) / Livrable aussi avec plaques droites (GL) / Also available with oval contour side plates

bis 12 B ist E-Glied mit Federverschluss, ab 16 B ist E-Glied mit Splint (geschraubt ist auch möglich) jusqu'à 12 B maillon E avec attache rapide en ressort à partir du 16 B maillon E riveté (vissé possible aussi) / Up to 12 B the connecting link E is spring clip type, from 16 B the connecting link E is cotter pin type (screw nut type is also available)

**Niederlassungen
Filiales
Subsidiaries**

Schweiz / Suisse / Switzerland

Nozag AG
Barzloostrasse 1
CH-8330 Pfäffikon/ZH

Telefon +41 (0)44 805 17 17
Fax +41 (0)44 805 17 18
Aussendienst Westschweiz
Telefon +41 (0)21 657 38 64

www.nozag.ch
info@nozag.ch

Deutschland / Allemagne / Germany

Nozag GmbH

Telefon +49 (0)6226 785 73 40
Fax +49 (0)6226 785 73 41

www.nozag.de
info@nozag.de

Frankreich / France / France
NOZAG SARL

Telefon +33 (0)3 87 09 91 35
Fax +33 (0)3 87 09 22 71

www.nozag.fr
info@nozag.fr

**Vertretungen
Representations
Representations**

Australien / Australie / Australia

Mechanical Components P/L
Telefon +61 (0)8 9291 0000
Fax +61 (0)8 9291 0066

www.mecco.com.au
mecco@arach.net.au

Finnland / Finlande / Finland

OY Mekanex AB
Telefon +358 (0)19 32 831
Fax +358 (0)19 383 803

www.mekanex.fi
info@mekanex.fi

Russland / Russie / Russia

ANTRIEB 000
Telefon 007-495 514-03-33
Fax 007-495 514-03-33

www.antrieb.ru
info@antrieb.ru

Belgien / Belgique / Belgium

Schiltz SA/NV
Telefon +32 (0)2 464 48 30
Fax +32 (0)2 464 48 39

www.schiltz-norms.be
norms@schiltz.be

Niederlande / Pays-Bas / Netherlands

Stamhuis Lineairtechniek B.V.
Telefon +31 (0)57 127 20 10
Fax +31 (0)57 127 29 90

www.stamhuislineair.nl
info@stamhuislineair.nl

Singapur / Singapour / Singapore

SM Component
Telefon +65 (0)6 569 11 10
Fax +65 (0)6 569 22 20

nozag@singnet.com.sg

Vansichen, Lineairtechniek bvba

Telefon +32 (0)1 137 79 63
Fax +32 (0)1 137 54 34

www.vansichen.be
info@vansichen.be

Technisch bureau Koppe bv

Telefon +31 (0)70 511 93 22
Fax +31 (0)70 517 63 36
www.koppeaandrijftechniek.nl
mail@koppe.nl

Schweden / Suède / Sweden

Mekanex Maskin AB
Telefon +46 (0)8 705 96 60
Fax +46 (0)8 27 06 87

www.mekanex.se
info@mekanex.se

China / Chine / China

Shenzhen Zhongmai Technology Co.,Ltd
Telefon +86(755)3361 1195
Fax +86(755)3361 1196

www.zmgear.com
sales@zmgear.com

Norwegen / Norvège / Norway

Mekanex NUF
Telefon +47 213 151 10
Fax +47 213 151 11

www.mekanex.no
info@mekanex.no

Mölnö Industriprodukter AB

Telefon +46 (0)31 86 89 00
Fax +46 (0)31 87 62 20

www.molndalsindustriprodukter.se
info@molndalsindustriprodukter.se

Estland / Estonie / Estonia

Oy Mekanex AB Eesti filiaal
Telefon +372 613 98 44
Fax +372 613 98 66

www.mekanex.ee
info@mekanex.ee

Österreich / Autriche / Austria

Spörk Antriebssysteme GmbH
Telefon +43 (2252) 711 10-0
Fax +43 (2252) 711 10-29

www.spoerk.at
info@spoerk.at

Spanien / Espagne / Spain

tracsa Transmisiones y Accionamientos, sl
Telefon +34 93 4246 261
Fax +34 93 4245 581

www.tracsa.com
tracsa@tracsa.com

Tschechien / Tchéquie / Czech Republic

T.E.A. TECHNIK s.r.o.
Telefon +42 (0)54 72 16 84 3
Fax +42 (0)54 72 16 84 2

www.teatechnik.cz
info@teatechnik.cz



Trapezgewindespindel
Teilbereich – Programm Norm

Broches à filetés trapézoïdal
Extrait – Programme Standard

Trapezoid threaded screws
Summary – Standard Program

Trapezgewindespindel Stahl gerollt rostfrei
Broches à filetés trapézoïdal acier roulage inoxydable
Trapezoid threaded screws steel rolled stainless

Inhaltsverzeichnis / Sommaire / Table of Content

Seite / Page / Page

6.1	Trapezgewindespindel Auslegung – Berechnung / Broches à filetés trapézoidal conception – calcul / Trapezoid threaded screws dimensioning – calculations	151
6.2	Trapezgewindespindel / Broches à filetés trapézoidal / Trapezoid threaded screws	159
6.3	Trapezgewindemuttern / Ecrous à filetage trapézoidal / Trapezoid threaded nuts	161

Sortimentsübersicht / Gamme de produits / Productrange

Trapezgewindespindel / Broches à filetés trapézoidal / Trapezoid threaded screws



	10×2	10×3	12×3	14×4	16×4	18×4	20×4	22×5	24×5	26×5	28×5	30×6	32×6	36×6	40×7	44×7	48×8	50×8	60×9	
Stahl gerollt Acier roulé Steel rolled	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rostfreier Stahl Acier inoxydable Stainless steel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Sortimentsübersicht / Gamme de produits / Productrange

Trapezgewindemuttern / Ecrous à filetage trapézoidal / Trapezoid threaded nuts



	10×2	10×3	12×3	14×4	16×4	18×4	20×4	22×5	24×5	26×5	28×5	30×6	32×6	36×6	40×7	44×7	48×8	50×8	60×9	
Stahl rund Acier rondes Steel round	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bronze rund Bronze rondes Bronze round	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kunststoff rund Plastique rondes Plastic round			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Stahl 6-Kt Acier six-pans Steel hexagonal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bronze mit Flansch Bronze avec bride Bronze with flange			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kunststoff mit Flansch Plastique avec bride Plastic with flange	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■								



Rostfrei
Inoxydable
Stainless



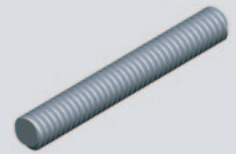
Bearbeitung / Einbaufertig
Usinage / prêt au montage
Machining / ready to install

Filetés trapézoidal / Trapezoid threaded screws

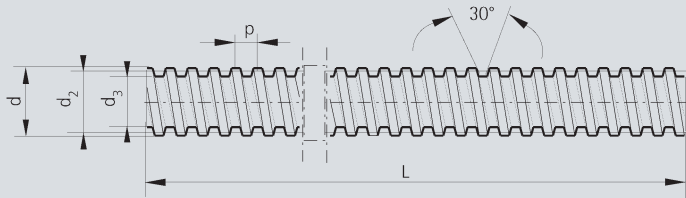
Stahl gerollt Acier roulage Steel rolled

aus Einsatzstahl C15, Gewinde gerollt, Qualität 7e (mittel) nach DIN 103, Steigungstoleranz (auf 300 mm) Länge ± 0,3 mm

en acier de cémentation C15, Filet par roulage, Qualité 7e (moyenne) selon DIN 103, Tolerance du pas (sur 300 mm) de long ± 0,3 mm



of case hardening steel C15, thread rolled, profile quality 7e (average) according to DIN 103, pitch tolerance (for 300 mm) length ± 0.3 mm



Trapezgewindespindeln rechts / Broches à filetés trapézoidal à droite / Trapezoid threaded screws right

d × p	L				d 3 min.	Gewicht / poids / Weight kg / m	Type No. / Part No. d × p × L
	1	2	3	4			
eingängig rechts / à un filet, à droite / One start right-handed thread							
10×2	500*	1000			6.89	0.50	TR 10/2 /
10×3	500*	1000*			5.84	0.45	TR 10/3 /
12×3	500*	1000*			7.84	0.75	TR 12/3 /
14×4	500*	1000*	2000/3000		8.80	1.05	TR 14/4 /
16×4	500*	1000*	2000/3000		10.80	1.21	TR 16/4 /
18×4	500*	1000*	2000*/3000		12.80	1.58	TR 18/4 /
20×4	500*	1000*	2000*/3000		14.80	2.00	TR 20/4 /
22×5	500/1000*	2000*/3000			15.50	2.23	TR 22/5 /
24×5	500*	1000*/2000*/3000			17.50	2.72	TR 24/5 /
26×5	500/1000*	2000*/3000			19.50	3.26	TR 26/5 /
28×5	500/1000*	2000*/3000*			21.50	3.85	TR 28/5 /
30×6	500*	1000*/2000*/3000			21.90	4.50	TR 30/6 /
32×6	500/1000/2000/3000*				23.90	5.18	TR 32/6 /
36×6	500/1000*/2000*/3000				27.90	6.71	TR 36/6 /
40×7	500*/1000*/2000*/3000*				30.50	8.00	TR 40/7 /
44×7	500/1000*/2000/3000				34.50	9.87	TR 44/7 /
48×8	500/1000/2000/3000				37.30	11.95	TR 48/8 /
50×8	500/1000*/2000/3000				39.30	13.05	TR 50/8 /
60×9	500/1000/2000/3000				48.15	17.98	TR 60/9 /

* auch rostfrei erhältlich mit Endung RF /z.B. TR16/4/1000RF)

* également disponibles en INOX dont la référence se termine par «RF» (ex.: TR16/4/1000RF)

* Also available in stainless steel add «RF» to the end of the part No. (For example TR16/4/1000RF)

Bestellbeispiel
Exemple de commande
ordering example

Dimension
Dimension
Dimension

Länge
Longueur
Length

TR 20/4 – 1000

i Auf Anfrage: Spezialanfertigungen geschliffen / gewirbelt, Sonderlängen rostfrei
Sur demande: usinages spéciaux par filière ou autre outil d'usinage, longueurs spécifiques, acier inox
Upon request: Machined / whirled screw threads, Custom lengths, Stainless steel

**Niederlassungen
Filiales
Subsidiaries**

Schweiz / Suisse / Switzerland

Nozag AG
Barzloostrasse 1
CH-8330 Pfäffikon/ZH

Telefon +41 (0)44 805 17 17
Fax +41 (0)44 805 17 18
Aussendienst Westschweiz
Telefon +41 (0)21 657 38 64

www.nozag.ch
info@nozag.ch

Deutschland / Allemagne / Germany

Nozag GmbH

Telefon +49 (0)6226 785 73 40
Fax +49 (0)6226 785 73 41

www.nozag.de
info@nozag.de

Frankreich / France / France

NOZAG SARL

Telefon +33 (0)3 87 09 91 35
Fax +33 (0)3 87 09 22 71

www.nozag.fr
info@nozag.fr

**Vertretungen
Representations
Representations**

Australien / Australie / Australia

Mechanical Components P/L
Telefon +61 (0)8 9291 0000
Fax +61 (0)8 9291 0066

www.mecco.com.au
mecco@arach.net.au

Finnland / Finlande / Finland

OY Mekanex AB
Telefon +358 (0)19 32 831
Fax +358 (0)19 383 803

www.mekanex.fi
info@mekanex.fi

Russland / Russie / Russia

ANTRIEB 000
Telefon 007-495 514-03-33
Fax 007-495 514-03-33

www.antrieb.ru
info@antrieb.ru

Belgien / Belgique / Belgium

Schiltz SA/NV
Telefon +32 (0)2 464 48 30
Fax +32 (0)2 464 48 39

www.schiltz-norms.be
norms@schiltz.be

Niederlande / Pays-Bas / Netherlands

Stamhuis Lineairtechniek B.V.
Telefon +31 (0)57 127 20 10
Fax +31 (0)57 127 29 90

www.stamhuislineair.nl
info@stamhuislineair.nl

Singapur / Singapour / Singapore

SM Component
Telefon +65 (0)6 569 11 10
Fax +65 (0)6 569 22 20

nozag@singnet.com.sg

Vansichen, Lineairtechniek bvba

Telefon +32 (0)1 137 79 63
Fax +32 (0)1 137 54 34

www.vansichen.be
info@vansichen.be

Technisch bureau Koppe bv

Telefon +31 (0)70 511 93 22
Fax +31 (0)70 517 63 36
www.koppeaandrijftechniek.nl
mail@koppe.nl

Schweden / Suède / Sweden

Mekanex Maskin AB
Telefon +46 (0)8 705 96 60
Fax +46 (0)8 27 06 87

www.mekanex.se
info@mekanex.se

China / Chine / China

Shenzhen Zhongmai Technology Co.,Ltd
Telefon +86(755)3361 1195
Fax +86(755)3361 1196

www.zmgear.com
sales@zmgear.com

Norwegen / Norvège / Norway

Mekanex NUF
Telefon +47 213 151 10
Fax +47 213 151 11

www.mekanex.no
info@mekanex.no

Mölnö Industriprodukter AB

Telefon +46 (0)31 86 89 00
Fax +46 (0)31 87 62 20

www.molndalsindustriprodukter.se
info@molndalsindustriprodukter.se

Estland / Estonie / Estonia

Oy Mekanex AB Eesti filiaal
Telefon +372 613 98 44
Fax +372 613 98 66

www.mekanex.ee
info@mekanex.ee

Österreich / Autriche / Austria

Spörk Antriebssysteme GmbH
Telefon +43 (2252) 711 10-0
Fax +43 (2252) 711 10-29

www.spoerk.at
info@spoerk.at

Spanien / Espagne / Spain

tracsa Transmisiones y Accionamientos, sl
Telefon +34 93 4246 261
Fax +34 93 4245 581

www.tracsa.com
tracsa@tracsa.com

Tschechien / Tchéquie / Czech Republic

T.E.A. TECHNIK s.r.o.
Telefon +42 (0)54 72 16 84 3
Fax +42 (0)54 72 16 84 2

www.teatechnik.cz
info@teatechnik.cz



Trapezgewindespindel
Teilbereich – Programm Norm

Broches à filetés trapézoïdal
Extrait – Programme Standard

Trapezoid threaded screws
Summary – Standard Program

Flanschmuttern BF aus Bronze
Bride-écrou BF en bronze
Flange nut BF of brass

Inhaltsverzeichnis / Sommaire / Table of Content

Seite / Page / Page

6.1	Trapezgewindespindel Auslegung – Berechnung / Broches à filetés trapézoīdal conception – calcul / Trapezoid threaded screws dimensioning – calculations	151
6.2	Trapezgewindespindel / Broches à filetés trapézoīdal / Trapezoid threaded screws	159
6.3	Trapezgewindemuttern / Ecrous à filetage trapézoīdal / Trapezoid threaded nuts	161

Sortimentsübersicht / Gamme de produits / Productrange

Trapezgewindespindel / Broches à filetés trapézoīdal / Trapezoid threaded screws



	10×2	10×3	12×3	14×4	16×4	18×4	20×4	22×5	24×5	26×5	28×5	30×6	32×6	36×6	40×7	44×7	48×8	50×8	60×9	
Stahl gerollt Acier roulé Steel rolled	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rostfreier Stahl Acier inoxydable Stainless steel	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Sortimentsübersicht / Gamme de produits / Productrange

Trapezgewindemuttern / Ecrous à filetage trapézoīdal / Trapezoid threaded nuts



	10×2	10×3	12×3	14×4	16×4	18×4	20×4	22×5	24×5	26×5	28×5	30×6	32×6	36×6	40×7	44×7	48×8	50×8	60×9	
Stahl rund Acier rondes Steel round	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bronze rund Bronze rondes Bronze round	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kunststoff rund Plastique rondes Plastic round			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Stahl 6-Kt Acier six-pans Steel hexagonal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bronze mit Flansch Bronze avec bride Bronze with flange			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Kunststoff mit Flansch Plastique avec bride Plastic with flange	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■								

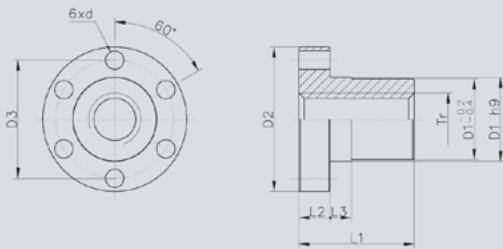
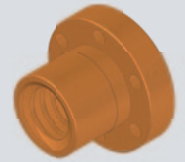


Rostfrei
Inoxydable
Stainless



Bearbeitung / Einbaufertig
Usinage / prêt au montage
Machining / ready to install

Flanschmutter BF aus Bronze Bride-écrou BF en bronze Flange nut BF of brass



Trapezgewinde: DIN 103, Qualität 7H

Max. Rundlauffehler: bis Tr 22 × 5 – 0,2 mm ab Tr 24 × 5 – 0,3 mm

Material: Bronze RG7

Filétage trapézoïdal: Qualité 7H suivant DIN 103

Faux-rond maxi: jusque Tr 22 × 5 – 0,2 mm à partir de Tr 24 × 5 – 0,3 mm

Matière: bronze RG7

Trapezoidal thread: DIN 103, profile quality 7H

Max. Eccentricity Up to Tr22 × 5 – 0.2 mm from Tr24 × 5 – 0.3 mm

Material: Bronze RG7

**Bestellbeispiel
Exemple de commande
ordering example**

Flanschmutter BF rechts Bride-écrou BF fileté à droite Flange nut right	Flanschmutter BF links Bride-écrou BF fileté à gauche Flange nut left
BFR 10/2	BFL 10/2

		für Schraube pour vis for screw size								
rechts / droite / right	links / gauche / left	D ₁	D ₂	D ₃	d		L ₁	L ₂	L ₃	
BFR 10/2	BFL 10/2	25	42	34	5	M 4	25	10	6	
BFR 10/3	BFL 10/3	25	42	34	5	M 4	25	10	6	
BFR 12/3	BFL 12/3	28	48	38	6	M 5	35	12	8	
BFR 14/4	BFL 14/4	28	48	38	6	M 5	35	12	8	
BFR 16/4	BFL 16/4	28	48	38	6	M 5	35	12	8	
BFR 18/4	BFL 18/4	28	48	38	6	M 5	35	12	8	
BFR 20/4	BFL 20/4	32	55	45	7	M 6	44	12	8	
BFR 22/5	BFL 22/5	32	55	45	7	M 6	44	12	8	
BFR 24/5	BFL 24/5	32	55	45	7	M 6	44	12	8	
BFR 26/5	BFL 26/5	38	62	50	7	M 6	46	14	8	
BFR 28/5	BFL 28/5	38	62	50	7	M 6	46	14	8	
BFR 30/6	BFL 30/6	38	62	50	7	M 6	46	14	8	
BFR 32/6	BFL 32/6	45	70	58	7	M 6	54	16	10	
BFR 36/6	BFL 36/6	45	70	58	7	M 6	54	16	10	
BFR 40/7	BFL 40/7	63	95	78	9	M 8	66	16	12	
BFR 44/7	BFL 44/7	63	95	78	9	M 8	66	16	12	
BFR 48/8	BFL 48/8	72	110	90	11	M 10	75	18	14	
BFR 50/8	BFL 50/8	72	110	90	11	M 10	75	18	14	
BFR 60/9	BFL 60/9	88	130	110	13	M 12	90	20	16	

**Niederlassungen
Filiales
Subsidiaries**

Schweiz / Suisse / Switzerland

Nozag AG
Barzloostrasse 1
CH-8330 Pfäffikon/ZH

Telefon +41 (0)44 805 17 17
Fax +41 (0)44 805 17 18
Aussendienst Westschweiz
Telefon +41 (0)21 657 38 64

www.nozag.ch
info@nozag.ch

Deutschland / Allemagne / Germany

Nozag GmbH

Telefon +49 (0)6226 785 73 40
Fax +49 (0)6226 785 73 41

www.nozag.de
info@nozag.de

Frankreich / France / France

NOZAG SARL

Telefon +33 (0)3 87 09 91 35
Fax +33 (0)3 87 09 22 71

www.nozag.fr
info@nozag.fr

**Vertretungen
Representations
Representations**

Australien / Australie / Australia

Mechanical Components P/L
Telefon +61 (0)8 9291 0000
Fax +61 (0)8 9291 0066

www.mecco.com.au
mecco@arach.net.au

Finnland / Finlande / Finland

OY Mekanex AB
Telefon +358 (0)19 32 831
Fax +358 (0)19 383 803

www.mekanex.fi
info@mekanex.fi

Russland / Russie / Russia

ANTRIEB 000
Telefon 007-495 514-03-33
Fax 007-495 514-03-33

www.antrieb.ru
info@antrieb.ru

Belgien / Belgique / Belgium

Schiltz SA/NV
Telefon +32 (0)2 464 48 30
Fax +32 (0)2 464 48 39

www.schiltz-norms.be
norms@schiltz.be

Niederlande / Pays-Bas / Netherlands

Stamhuis Lineairtechniek B.V.
Telefon +31 (0)57 127 20 10
Fax +31 (0)57 127 29 90

www.stamhuislineair.nl
info@stamhuislineair.nl

Singapur / Singapour / Singapore

SM Component
Telefon +65 (0)6 569 11 10
Fax +65 (0)6 569 22 20

nozag@singnet.com.sg

Vansichen, Lineairtechniek bvba

Telefon +32 (0)1 137 79 63
Fax +32 (0)1 137 54 34

www.vansichen.be
info@vansichen.be

Technisch bureau Koppe bv

Telefon +31 (0)70 511 93 22
Fax +31 (0)70 517 63 36
www.koppeaandrijftechniek.nl
mail@koppe.nl

Schweden / Suède / Sweden

Mekanex Maskin AB
Telefon +46 (0)8 705 96 60
Fax +46 (0)8 27 06 87

www.mekanex.se
info@mekanex.se

China / Chine / China

Shenzhen Zhongmai Technology Co.,Ltd
Telefon +86(755)3361 1195
Fax +86(755)3361 1196

www.zmgear.com
sales@zmgear.com

Norwegen / Norvège / Norway

Mekanex NUF
Telefon +47 213 151 10
Fax +47 213 151 11

www.mekanex.no
info@mekanex.no

Mölnåls Industriprodukter AB

Telefon +46 (0)31 86 89 00
Fax +46 (0)31 87 62 20

www.molndalsindustriprodukter.se
info@molndalsindustriprodukter.se

Estland / Estonie / Estonia

Oy Mekanex AB Eesti filiaal
Telefon +372 613 98 44
Fax +372 613 98 66

www.mekanex.ee
info@mekanex.ee

Österreich / Autriche / Austria

Spörk Antriebssysteme GmbH
Telefon +43 (2252) 711 10-0
Fax +43 (2252) 711 10-29

www.spoerk.at
info@spoerk.at

Spanien / Espagne / Spain

tracsa Transmisiones y Accionamientos, sl
Telefon +34 93 4246 261
Fax +34 93 4245 581

www.tracsa.com
tracsa@tracsa.com

Tschechien / Tchéquie / Czech Republic

T.E.A. TECHNIK s.r.o.
Telefon +42 (0)54 72 16 84 3
Fax +42 (0)54 72 16 84 2

www.teatechnik.cz
info@teatechnik.cz

PBM 405040 M1G1

Gerade Buchse aus Massivbronze

Gerade (zylindrische) SKF Buchsen aus Bronze sind für Schwenk-, Dreh- und Linearbewegungen ausgelegt und nehmen Radiallasten auf. Sie sind für ein breites Betriebsspektrum und schwierige Anwendungsumgebungen ausgelegt.

- Unempfindlich für verunreinigte Umgebungen
- Beständig gegen Stoßbelastungen und Schwingungen bei niedrigen Drehzahlen
- Keine hohen Anforderungen an die Wellenbearbeitung
- Gute Korrosionsfestigkeit

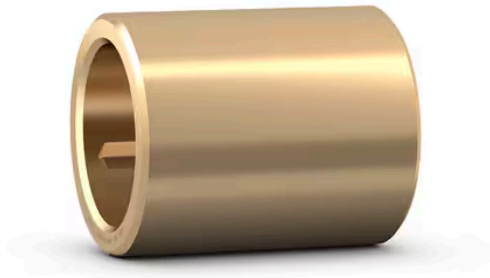


Image may differ from product. See technical specification for details.

Übersicht

Abmessungen

Bohrungsdurchmesser	40 mm
Außendurchmesser	50 mm
Breite	40 mm

Logistik

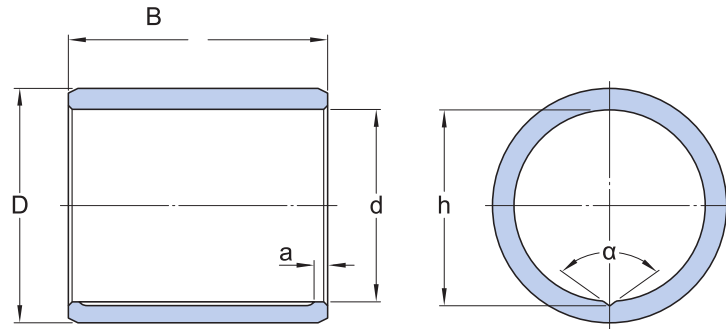
Nettogewicht Produkt	0.248 kg
eClass-Code	23-05-01-90
UNSPSC-Code	31171605

Eigenschaften

Bauform	Gerade
Werkstoff	Massivbronze
Nachschmierfunktion	Für

Technische Spezifikationen

Werkstoff	Massivbronze
Betriebstemperatur	min. -40 °C
Betriebstemperatur	max. 250 °C



Abmessungen

d	40 mm	Bohrungsdurchmesser
D	50 mm	Außendurchmesser
B	40 mm	Breite
a	3 mm	Abstand Stirnseite – axiale Schmiernut
h	41 mm	Abstand untere axiale Schmiernut – gegenüber Bohrungsdurchmesser
α	124 °	Öffnungswinkel axiale Schmiernut

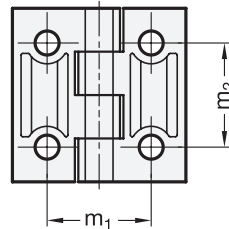
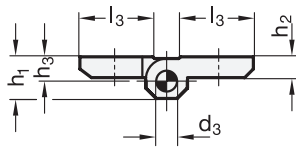
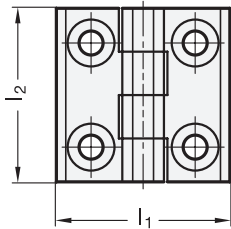
Passungsempfehlungen

Toleranz Welle	e7
Toleranz Gehäuse	H7

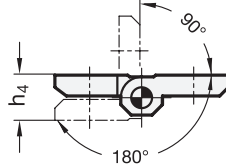
Berechnungsdaten

Spezifischer dynamischer Belastungsbeiwert	K	25 N/mm ²
Spezifischer statischer Belastungsbeiwert	K ₀	45 N/mm ²
Zulässige Gleitgeschwindigkeit	v	max. 0.5 m/s
Reibungszahl	μ	min. 0.08
Reibungszahl	μ	max. 0.15

Toleranzen und Lagerluft

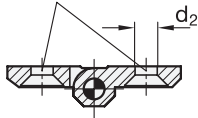


Schwenkbereich

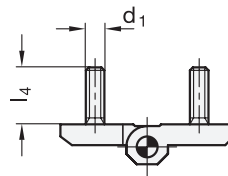


Form A

Bohrungen für Senkschraube DIN 7991



Form C



4 Form

- A 2x2 Bohrungen für Senkschrauben
- C 2x2 Gewindestifte

2 3

l ₁	l ₂	Werkstoff						d ₁	d ₂	d ₃	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄ +0,5	l ₃	l ₃	l ₃	l ₄		m ₁	m ₂
		Form A			Form C													ZD	NI, A4, AL		
30	30	ZD	NI	A4	AL	-	-	-	4,3	3	7,5	4	4,3	8,6	10,7	10,7	10,7	-	-	18	18
40	40	ZD	NI	A4	AL	ZD	NI	M 5	5,3	4	9	5	5,5	11	14	16	16	12	11	25	25
50	50	ZD	NI	A4	AL	ZD	NI	M 6	6,4	6	11,5	6	6,5	13	18,5	21	21	12	13	30	30
60	60	ZD	NI	A4	AL	ZD	NI	M 8	8,3	8	15	8	8,5	17	21,5	26	26	14	17	36	36

Ausführung

1 5

- Zink-Druckguss **ZD**
 - kunststoffbeschichtet
 - schwarz, RAL 9005, strukturmatt ● **SW**
 - silber, RAL 9006, strukturmatt ● **SR**
 - verchromt ● **CR**
- Edelstahl
 - 1.4308 **NI**
 - 1.4408 **A4**
 - matt gestraht **GS**
- Aluminium **AL**
 - eloxiert, naturfarben ● **EL**
- Stift
 - Edelstahl 1.4305 bei ZD
 - Edelstahl 1.4404 (A4) bei AL, NI und A4
- Gewindestift (Form C)
 - Edelstahl 1.4401 bei ZD
 - Edelstahl 1.4308 bei NI, „einstückig“ gegossen
- Angaben zur Belastbarkeit → Seite 2121
- Edelstahl-Eigenschaften → Seite 2166
- RoHS

Hinweis

Scharniere GN 237 zeichnen sich durch ihre kompakte und stabile Bauweise aus. Die unterschiedlichen Werkstoff- und Oberflächen-Ausführungen, in Kombination mit zwei Befestigungsformen, machen einen sehr spezifischen Einsatz möglich.

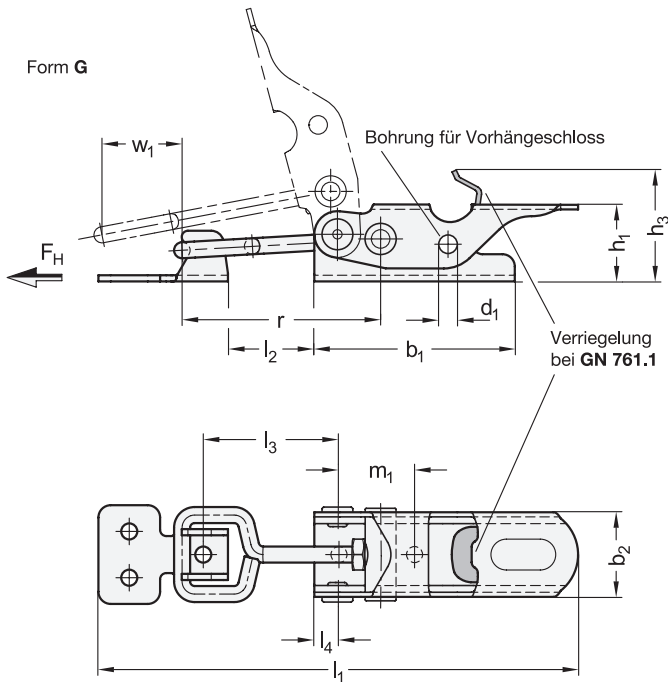
siehe auch...

- Zusammenstellung der Scharniere-Bauarten → Seite 1284 ff.
- Scharniere GN 337 (aushängbar) → Seite 1378
- Scharniere GN 235 (justierbar) → Seite 1374
- Scharniere GN 238 (justierbar) → Seite 1372
- Scharniere GN 237.1 (Kunststoff) → Seite 1296
- Gewindeplatten GN 2372 (Edelstahl) → Seite 1351
- Distanzplatten GN 2370 (Edelstahl) → Seite 1350
- Anschläge GN 2374 → Seite 1298

Bestellbeispiel

GN 237-ZD-60-60-A-SR

1	Werkstoff
2	l ₁
3	l ₂
4	Form
5	Oberfläche

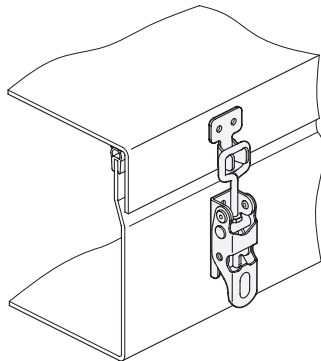


2 Form

G Zuganker mit Öse, mit Gegenhalter

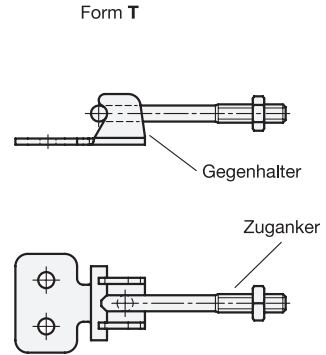
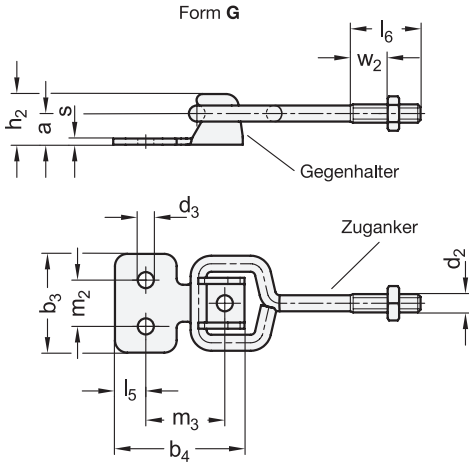
T Zuganker mit T-Stück, mit Gegenhalter

Anwendungsbeispiel



Größe	F _H in N Haltekraft	a	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	d ₁	d ₂	d ₃	h ₁	h ₂	h ₃
100	1000	8,3	52,5	21,5	24	29	5	M 5	4,2	18	13,3	25
200	2000	10	65	27,5	32	42	6	M 6	5,2	25	16,4	33
300	3000	12,7	81,5	31,5	38	52	8	M 8	6,2	32	20,7	41,5

Größe	l ₁	l ₂ min.	l ₃ min.	l ₄	l ₅	l ₆	m ₁	m ₂	m ₃	r ≈ bei w ₂ = 0	s	w ₁ Hub	w ₂ Verstellweg
100	117,5	22	34,5	6,5	5,5	20	20	13	17,5	51	1,5	12	7
200	155,5	28	44	8	10	25	24,5	15	24	64	2	14	11
300	189,5	33	54	11	12,5	30	30	20	29,5	79,5	2,5	18	12,5



Ausführung

- Stahl **ST**
- Edelstahl **NI**
- Edelstahl-Eigenschaften → Seite 2166
- RoHS

Hinweis

Spannverschlüsse GN 761 / GN 761.1 sind besonders für das schnelle Verschließen und Befestigen von Klappen, Behälterdeckeln und Kisten geeignet.

Wird der Betätigungshebel geschlossen, bewegt sich der Zuganker aufgrund der exzentrischen Anordnung der Ankerachse in Richtung des Gegenhalters. Am Ende des Hebelwegs hat die Ankerachse den Exzentertotpunkt überschritten und hält dadurch den Spannverschluss selbsttätig geschlossen.

Bei Spannverschlüssen GN 761.1 mit Verriegelung schnappt beim Schließen des Betätigungshebels ein Sicherungshaken am Grundkörper formschlüssig ein. So wird ein unbedachtes oder durch Vibrationen verursachtes Lösen aus der Spannstellung verhindert. Zum Öffnen wird der Sicherungshaken per Einhandbedienung entriegelt.

Die Zuganker der Spannverschlüsse sind entlang des Verstellwegs w_2 justierbar. Der Gegenhalter gehört zum Lieferumfang.

siehe auch...

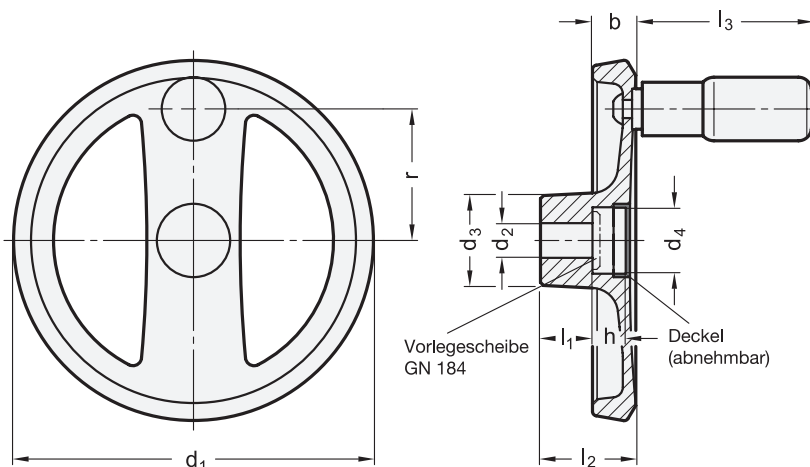
- Spannverschlüsse GN 831 → Seite 856
- Spannverschlüsse GN 831.1 / GN 831.2 → Seite 858

Bestellbeispiel (ohne Verriegelung)	1	Größe
	2	Form
	3	Werkstoff
GN 761-100-G-ST		

Bestellbeispiel (mit Verriegelung)	1	Größe
	2	Form
	3	Werkstoff
GN 761.1-200-T-NI		

1.1
1.2
1.3
1.4
2.1
2.2
2.3
2.4





2 Bohrungskennzeichen

- B** ohne Nabennut
- K** mit Nabennut DIN 6885-1 P9

4 Form

- A** ohne Griff
- R** mit drehbarem Griff

1 d_1	3 d_2 H7 Bohrung	d_3	d_4	b	h	l_1	$l_2 \approx$	$l_3 \approx$	r	\emptyset Zylindergriff GN 798.2	empfohlene Vorlegescheibe
125	12 14	31	23	15	11	18	33,5	61,5	45,5	22	GN 184-20
140	14 16	36	28,5	16,5	13	19	36,5	76,5	52	24	GN 184-25
160	14 16	36	28,5	18	14,5	20	39,5	76,5	61	24	GN 184-25
200	18 20	42	36	20,5	16	24	45,5	85	77,5	25	GN 184-32

Ausführung

Radkörper

- Aluminium-Druckguss
- Nabe bearbeitet
- Radkranz gedreht
- Rundlauf- und Planlaufabweichung < 0,4
- kunststoffbeschichtet

- schwarz, RAL 9005, strukturmatt **● SW**
- silber, RAL 9006, strukturmatt **● SR**

Deckel

Kunststoff, Polyamid (PA)
hellgrau

Drehbarer Zylindergriff GN 798.2

- Kunststoff, Polyamid (PA)
- schwarz, matt
- Achsteil Stahl
- verzinkt, blau passiviert

RoHS

Speichenhandräder GN 924 entsprechen den Ansprüchen eines modernen Designs.

Der abnehmbare Kunststoffdeckel verdeckt Befestigungselemente wie z. B. Vorlegescheiben, sowie vor- oder zurückstehende Wellen.

Hinweise **Seite**

GN 322 Speichenhandräder (Aluminium, Radkranz poliert) QVX

Technische Informationen

Passfedernuten DIN 6885-1	QVX
Querbohrungen GN 110	QVX
ISO-Passungen	QVX

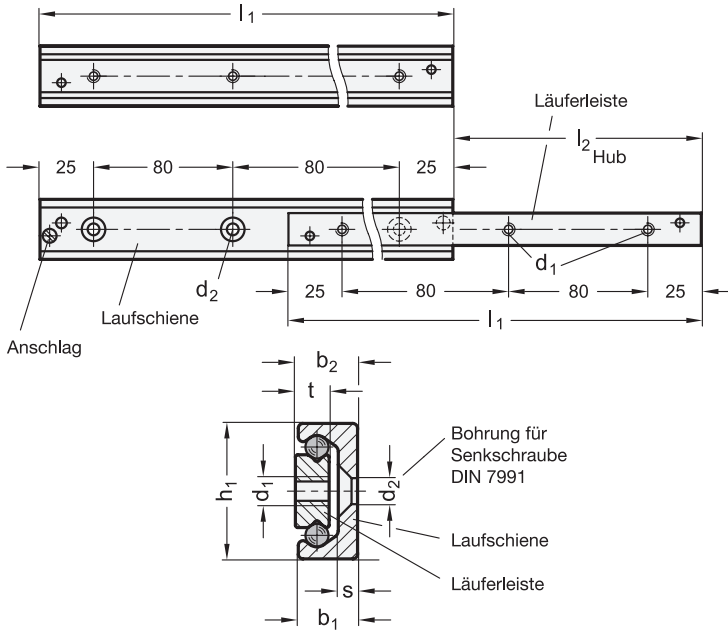
Zubehör

GN 184 Vorlegescheiben QVX

Bestellbeispiel

1 d_1
2 Bohrungskennzeichen
3 d_2
4 Form
5 Farbe

GN 924-125-K12-A-SR



1 2

h_1	$l_1 - l_2$ Länge - Hub						b_1	b_2	d_1	d_2	s	t
28	130 - 74	210 - 116	290 - 148	370 - 190	450 - 232	530 - 274	12,3	12,9	M 5	5,5	4	7
35	290 - 159	370 - 203	450 - 247	530 - 279	610 - 323	690 - 367	16,5	17	M 6	6,5	3,5	10
43	370 - 208	450 - 243	530 - 278	610 - 313	690 - 363	770 - 398	21	22	M 8	8,5	4,5	13,5

Ausführung

- Laufschiene / Läuferleiste
Vergütungsstahl
- verzinkt, blau passiviert
- Laufbahnen gehärtet
- Kugeln
Wälzlagerstahl, gehärtet
- Kugelkäfig
Stahl, verzinkt
- RoHS

Auf Anfrage

- andere Längen (basierend auf den Standardlängen im Rastermaß von 80 mm)
- Sonderlängen (andere Bohrungs-, Anfangs- und Endabstände)

Hinweis

Linear­kugellager GN 2404 mit teilweise außenliegendem Verfahrensweg werden z. B. zur Lagerung von Schubladen und Schiebetüren oder im Vorrichtungsbau für das Verfahren in linearer Richtung eingesetzt. Laufschiene und Läuferleiste sind gleich lang.

Der Verfahrensweg der Läuferleiste liegt dabei einseitig, und mit entfernter Anschlagschraube beidseitig etwas mehr als zur Hälfte außerhalb der Schiene. Somit wird ein Hub erreicht, der die halbe bzw. die komplette Schienenlänge leicht übersteigt.

Die Begrenzung des max. Verfahrenswegs sollte durch externe Elemente gewährleistet werden, die Anschläge der Schiene dienen zum Schutz gegen unbeabsichtigtes Ausziehen der Läuferleiste.

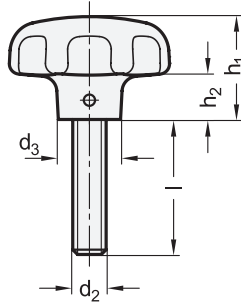
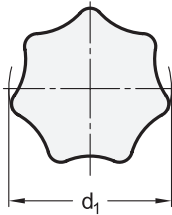
siehe auch...

- *Aufbau Linear­kugellager* → Seite 1906
- *Laufrollenführungen* → Seite 1918 ff.
- *Belastbarkeit von Teleskop-Linear­kugellagern* → Seite 1914 ff.

Bestellbeispiel

GN 2404-28-290

1 h_1
2 l_1



² d ₁	³ d ₂	⁴ Länge l								
40	M 8	20	25	30	40	-	14	25	12	
50	M 10	20	25	30	45	55	18	32	15	
63	M 12	30	40	50	-	-	20	40	19	

Ausführung

- Griff
Edelstahl-Feinguss 1.4408
poliert **A4P**
- Schraube
Edelstahl A4
- Die Schraube ist eingeschraubt und durch Querstift (Edelstahl, A4) gesichert.
- Edelstahl-Eigenschaften → Seite 2166
- RoHS

Hinweis

Sterngriffschrauben GN 6336.5 entsprechen den Abmessungen der DIN 6336 Form L, haben jedoch abweichend eine nicht schöpfende Geometrie, wodurch die Reinigung erleichtert und möglichen Ablagerungen entgegengewirkt wird.

Sie sind geeignet für ein Umfeld mit besonderen, hygienischen Anforderungen und, aufgrund des verwendeten Werkstoffs, für Einsatzfälle in stark korrosiven Umgebungen.

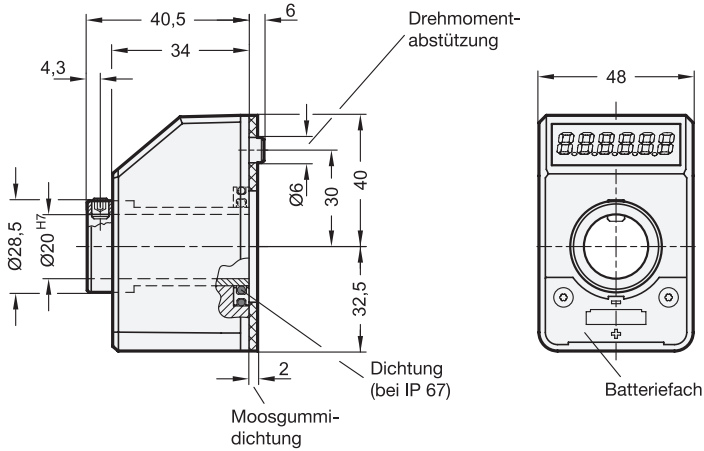
siehe auch...

- Sterngriffschrauben GN 6336.4 / GN 6336.5
(Kunststoff) → Seite 545 / 547
- Sterngriffschrauben GN 6336.4 / GN 6336.5
(Gusseisen / Edelstahl / Aluminium) → Seite 541
- Sterngriffschrauben GN 5334 / GN 5334.4 (Edelstahl) → Seite 575

Bestellbeispiel	1	Werkstoff
	2	d ₁
	3	d ₂
GN 6336.5-A4P-63-M12-40	4	Länge l

1.1
1.2
1.3
1.4
2.1
2.2
2.3
2.4

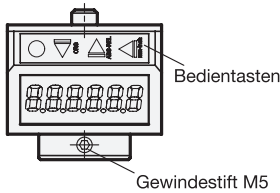




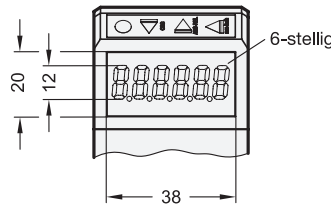
1 Kennziffer

- 1 Schutzart IP 65
- 2 Schutzart IP 67

Ansicht von oben



Ansicht auf das LCD-Display



Ausführung



- Gehäuse Kunststoff (Polyamid PA)
 - orange, RAL 2004
 - grau, RAL 7035
 - öl- und lösungsmittelbeständig

- **OR**
- **GR**

- LCD-Display 6-stellig und Sonderzeichen
- Hohlwelle Edelstahl 1.4301
- Dichtung O-Ring Gummi NBR (Perbunan) (nur bei Kennziffer 2)
- ISO-Passungen → Seite 2151
- Erläuterungen zu Schutzart IP → Seite 2153
- Kunststoff-Eigenschaften → Seite 2158
- Edelstahl-Eigenschaften → Seite 2166
- RoHS

Hinweis

Elektronische Stellungsanzeiger GN 9153 mit Funk-Datenübertragung eignen sich besonders bei häufigen Formatverstellungen und sind einfach und schnell zu montieren. Sie sind durch Funkfrequenz mit der Kontrolleinheit GN 9150 verbunden und bilden so ein kabelloses System zur schnellen Positionierung.

Kontrolleinheiten GN 9150 werden zur Funktion des Systems benötigt. Sie bilden die Schnittstelle zwischen Stellungsanzeiger und Maschinensteuerung. Über die Maschinensteuerung wird der Kontrolleinheit ein Soll-Positionsvalue vorgegeben und mittels Funk an die Stellungsanzeiger übertragen. Die Stellungsanzeiger melden wiederum ihren aktuellen Ist-Positionsvalue an die Kontrolleinheit zurück.

In Kombination mit der Maschinensteuerung kann so sichergestellt werden, dass bei einer falsch eingestellten Position am Stellungsanzeiger der Produktionszyklus nicht startet, wodurch Fehler im Produktionsablauf vermieden werden können.

siehe auch...

- Kontrolleinheiten GN 9150 → Seite 410
- weitere Erläuterungen zu Stellungsanzeigern → Seite 394
- Reduzierbuchsen GN 952.1 (für Stellungsanzeiger) → Seite 412
- Drehknöpfe GN 957 (für Stellungsanzeiger) → Seite 413
- Klemmplatten GN 9053.6 (für Stellungsanzeiger) → Seite QVX

Bestellbeispiel

GN 9153-2-OR

1 Kennziffer

2 Farbe



Elektrische und mechanische Eigenschaften	
Spannungsversorgung	Lithium Batterie CR2477, 3 V
Batterielebensdauer	3 Jahre
Anzeige	6-stelliges LCD-Display, 12 mm hoch mit Sonderzeichenunterstützung
Anzeige Werte	-199999; 999999
Anzahl der Kommastellen	programmierbar (siehe Betriebsanleitung)
Maßeinheiten	mm, inch oder Grad (programmierbar)
max. Drehzahl	300 / 600 / 1000 U/min (programmierbar, Standard 600 U/min)
Genauigkeit	10.000 Impulse / Umdrehung
Betriebstemperatur	0 °C ... 50 °C
Luftfeuchtigkeit	max. 95 % bei 25 °C (ohne Kondensation)
Störfestigkeit	entspricht der Richtlinie 2014/53/EU (RED)

Einstellbare Anzeigeoptionen

Ein Vorteil der elektronischen Positionsermittlung liegt in der Vielzahl der Anzeigeoptionen des Stellungsanzeigers. Mit den 4 Funktionstasten können folgende Einstellung vorgenommen werden:

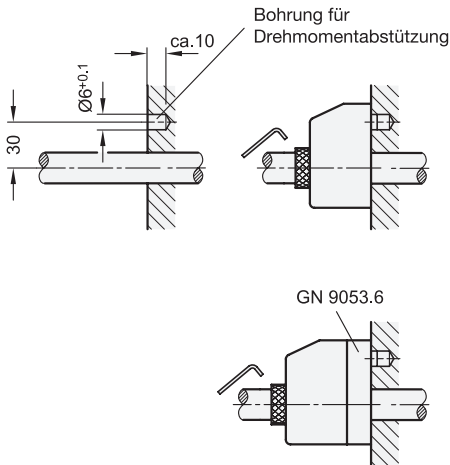
- Wahl von inkrementellem oder absolutem Mess-Modus
- Änderung der Maßeinheit (mm, Inch oder Grad)
- Zurücksetzung des Zählers bzw. Einstellung eines Offset-Wertes
- Änderung des Anzeigewertes nach einer Umdrehung
- Änderung der Auflösung, d. h. der Anzahl der angezeigten Dezimalstellen
- Änderung der Dreh- bzw. Zählrichtung
- Änderung der Display-Ausrichtung (in Abhängigkeit der Einbaulage)
- Einstellung der maximalen Drehgeschwindigkeit

Die verwendete Lithium-Batterie hat eine Lebensdauer von über 3 Jahren. Die Notwendigkeit eines Austausches der Batterie wird durch ein Symbol auf dem Display angezeigt. Der Austausch kann leicht, durch Entfernen der Frontabdeckung, durchgeführt werden.

Weitere wichtige Angaben und Hinweise beinhaltet die Betriebsanleitung für Stellungsanzeiger GN 9153. Sie ist jedem Stellungsanzeiger beigelegt und steht als Download auf www.ganternorm.com unter „Service“ zur Verfügung.

Montagehinweise

Die elektronischen Stellungsanzeiger GN 9153 mit Funk-Datenübertragung sind bezüglich der Montagemöglichkeit und dem äußeren Aufbau den mechanischen Stellungsanzeigern GN 953 (→ Seite QVX) sehr ähnlich und können diese normalerweise ersetzen (siehe hierzu „Erläuterungen zu Stellungsanzeiger“ → Seite QVX).



Vor der Montage des Stellungsanzeigers ist für die Drehmomentabstützung maschinenseitig eine Aufnahmebohrung nach nebenstehender Zeichnung anzubringen.

Mittels **Reduzierbuchsen GN 952.1** (→ Seite QVX), kann die Hohlwelle (mit Bohrung 14 H7) des Stellungsanzeigers an den Spindel-Durchmesser angepasst werden.

Soll reduziert und gleichzeitig ein Drehknopf angebaut werden, stehen **Drehknöpfe GN 957** (→ Seite QVX) zur Auswahl, die beide Funktionen in einem Element vereinen.

Die Befestigung des Stellungsanzeigers erfolgt über die Drehmomentabstützung und die Druckschraube in der Hohlwelle.

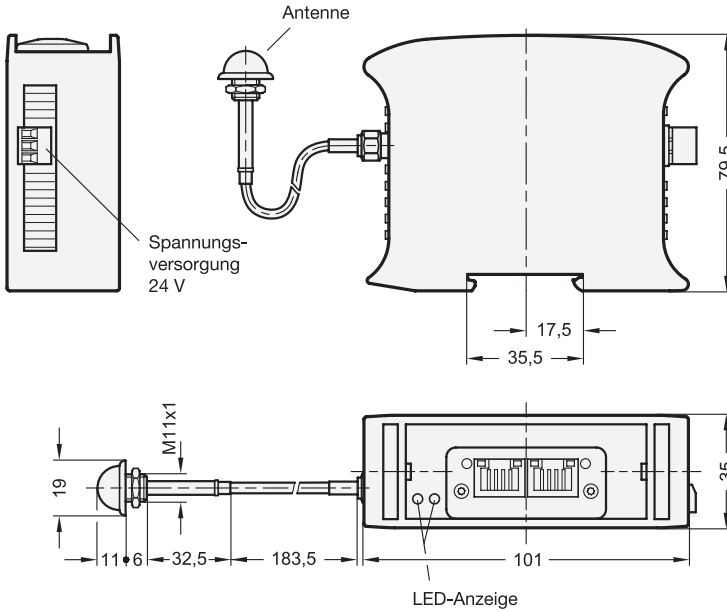
Mit **Klemmplatten GN 9053.6** (→ Seite QVX) können Spindeln nach dem Verstellen geklemmt und damit gesichert werden.

Sicherheitshinweise

Die Kommunikation zwischen Stellungsanzeigern und Kontrolleinheit erfolgt durch ein proprietäres ELES-Protokoll. Die Kontrolleinheit kann nur den Soll- und Ist-Positionswert der Stellungsanzeiger verarbeiten und an die Maschinensteuerung weitergeben. Über das Funknetz der Kontrolleinheit kann somit nicht direkt auf die Maschinensteuerung zugegriffen werden. Aus diesem Grund ist die Funkverbindung gegen Systemveränderungen oder Fremdeindringen geschützt.

Störungen oder Interferenzen von anderen gängigen Funknetzen wie z. B. WLAN, Bluetooth usw. beeinträchtigen die korrekte Funktionsweise des Systems nicht, können jedoch die Rückmeldezeit der Stellungsanzeiger an die Kontrolleinheit verlängern.

Die Platzierung der Kontrolleinheit direkt neben leistungsstarken Komponenten wie z. B. Motoren, Umrichter usw. sollte vermieden werden. Ist dies nicht möglich, sollte ein Sicherheitsabstand von mindestens 200 mm eingehalten werden.



1 Schnittstellen

- 1 Profinet
- 2 Modbus TCP
- 3 Ethernet/IP

Ausführung

- Kunststoff (Polycarbonat PC)
 - ABS verstärkt
 - selbstverlöschend
- *Kunststoff-Eigenschaften* → Seite 2158
- **RoHS**

Auf Anfrage

- Kontrolleinheit mit Schnittstelle: Profibus, RS485 oder RS232

Hinweis

Kontrolleinheiten GN 9150 sind für elektronische Stellungsanzeiger GN 9153 / GN 9154 mit Funk-Datenübertragung ausgelegt. Sie kommunizieren durch Funkfrequenz mit den Stellungsanzeigern und bilden so ein kabelloses System zur schnellen Positionierung.

Zur Funktion des Systems werden Stellungsanzeiger GN 9153 / GN 9154 benötigt. Kontrolleinheiten GN 9150 bilden dabei die Schnittstelle zwischen Stellungsanzeigern und Maschinensteuerung. Über die Maschinensteuerung wird der Kontrolleinheit ein Soll-Positionswert vorgegeben und mittels Funk an die Stellungsanzeiger übertragen. Die Stellungsanzeiger melden wiederum ihren aktuellen Ist-Positionswert an die Kontrolleinheit zurück.

In Kombination mit der Maschinensteuerung kann so sichergestellt werden, dass bei einer falsch eingestellten Position am Stellungsanzeiger der Produktionszyklus nicht startet, wodurch Fehler im Produktionsablauf vermieden werden können.

siehe auch...

- *Stellungsanzeiger GN 9153* → Seite 406
- *Stellungsanzeiger GN 9154* → Seite QVX
- *Funktionsbeschreibung* → Seite 408




Bestellbeispiel

GN 9150-1

1 Schnittstelle

1.1
1.2
1.3
1.4
2.1
2.2
2.3
2.4



Elektrische und mechanische Eigenschaften	
Spannungsversorgung	24 V DC
Stromaufnahme	50 mA
Frequenzbereich	2,4 GHz ... 2,48 GHz
Antennenanschluss	SMA Buchse Koaxialkabel RG 174/U
Schutzklasse	II
Verpolungsschutz	Ja
Betriebstemperatur	0 °C ... 50 °C
Luftfeuchtigkeit	max. 80 % (ohne Kondensation)
EMV	nach EN 61000-6-2; EN 61000-6-3
Befestigung	auf Hutschienen nach IEC 60715
BUS-Systeme	  
Einbindung Maschinensteuerung	mit Netzkabel RJ45

Sicherheitshinweise

Die Kommunikation zwischen Stellungsanzeigern und Kontrolleinheit erfolgt durch ein proprietäres ELESA-Protokoll. Die Kontrolleinheit kann nur den Soll- und Ist-Positionswert der Stellungsanzeiger verarbeiten und an die Maschinensteuerung weitergeben. Über das Funknetz der Kontrolleinheit kann somit nicht direkt auf die Maschinensteuerung zugegriffen werden. Aus diesem Grund ist die Funkverbindung gegen Systemveränderungen oder Fremdeindringen geschützt.

Störungen oder Interferenzen von anderen gängigen Funknetzen wie z. B. WLAN, Bluetooth usw. beeinträchtigen die korrekte Funktionsweise des Systems nicht, können jedoch die Rückmeldezeit der Stellungsanzeiger an die Kontrolleinheit verlängern.

Die Platzierung der Kontrolleinheit direkt neben leistungsstarken Komponenten wie z. B. Motoren, Umrichter usw. sollte vermieden werden. Ist dies nicht möglich, sollte ein Sicherheitsabstand von mindestens 200 mm eingehalten werden.

Weitere wichtige Angaben und Hinweise beinhaltet die Betriebsanleitung für Kontrolleinheiten GN 9150. Sie ist jeder Kontrolleinheit beigelegt und steht als Download auf www.hanser.ch unter „Service“ zur Verfügung.

Funktionsbeschreibung

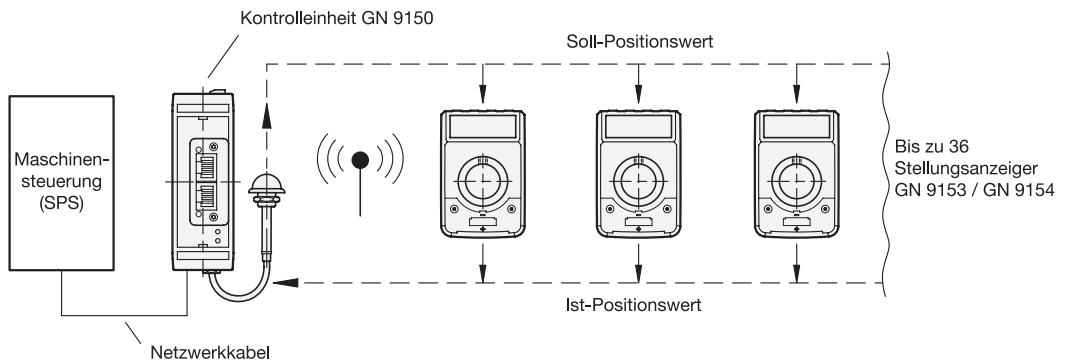
Zur Inbetriebnahme des kabellosen Systems sind folgende Komponenten notwendig:

- elektronische Stellungsanzeiger GN 9153 / GN 9154
- Kontrolleinheiten GN 9150

Jede Kontrolleinheit kann mit bis zu 36 Stellungsanzeigern gekoppelt werden. Der Anschluss an die Maschinensteuerung erfolgt mit einem Netzwerkkabel RJ45. Als Standard werden für die Kontrolleinheit folgende BUS-Systeme angeboten:

- Profinet
- Modbus TCP
- Ethernet / IP

Über die Maschinensteuerung kann die Kontrolleinheit den Stellungsanzeigern den gewünschten Soll-Positionswert vorgeben. Die Stellungsanzeiger melden dann per Funk ihren aktuellen Ist-Positionswert zurück.



Stimmen Soll- und Ist-Positionswert nicht überein, fängt das LCD-Display des Stellungsanzeigers an zu blinken. Der Maschineneinrichter muss dann den Stellungsanzeiger auf den richtigen Wert einstellen. Das LCD-Display zeigt an, um welchen Wert der Ist-Positionswert vom Soll-Positionswert abweicht und in welche Richtung gedreht werden muss. Es muss solange gedreht werden, bis auf dem Display der Wert 0 erscheint, d. h. Nullabweichung zwischen Ist- und Soll-Positionswert.

Beispiel: Der Ist-Positionswert des Stellungsanzeigers befindet sich auf 80 mm, der vorgegebene Soll-Positionswert liegt bei 100 mm, dann erscheint auf dem Display des Stellungsanzeigers die Differenz von 20 mm. Es muss dann solange in die entsprechende Richtung gedreht werden, bis auf dem Display der Wert 0 erscheint.

Die Kommunikation zwischen Stellungsanzeigern und Kontrolleinheit erfolgt durch ein proprietäres ELESA-Protokoll und verwendet den ISM SRD Frequenzbereich von 2,4 GHz – 2,48 GHz. Über das Funksignal werden die folgenden Daten kommuniziert:

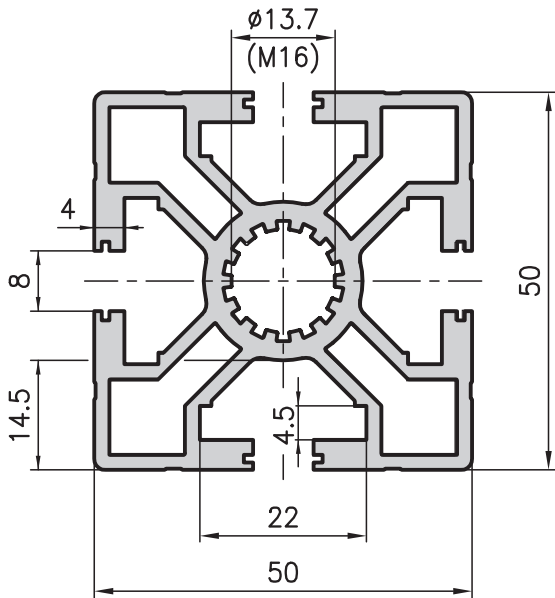
- Soll-Positionswert des Stellungsanzeigers
- Ist-Positionswert des Stellungsanzeigers
- Batteriewechsel notwendig

Die effektive Reichweite der Funkverbindung beträgt bis zu 30 Meter. Die Antenne der Kontrolleinheit muss sich dabei in freier und möglichst hoher Position befinden. Sie kann bei Bedarf auch verlängert werden.

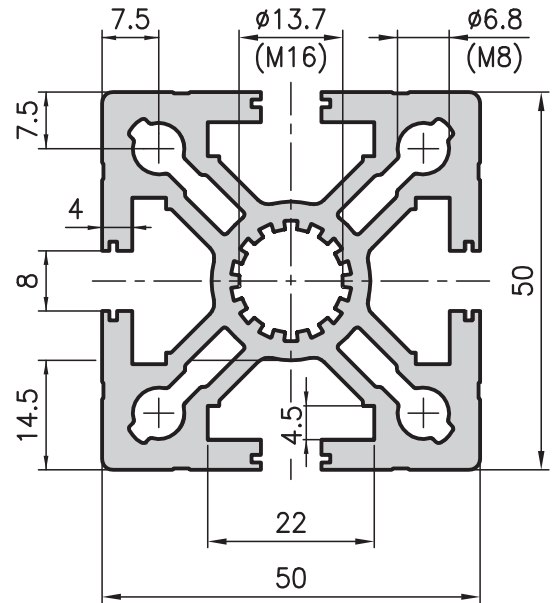
Die Rückmeldezeit über Funk eines Stellungsanzeigers zur Kontrolleinheit beträgt 1 Sekunde. Bei der Verwendung mehrerer Stellungsanzeiger sind diese in Reihe geschaltet, d. h. bei der maximalen Anzahl von 36 Stellungsanzeigern ergibt sich eine Rückmeldezeit von 36 Sekunden. Die Rückmeldezeit kann bei Bedarf verkürzt werden, was jedoch zu einer Reduzierung der Batterielebensdauer führt.

Profile Basis 50 mm

**Grundprofil 50x50
Typ A01-1**

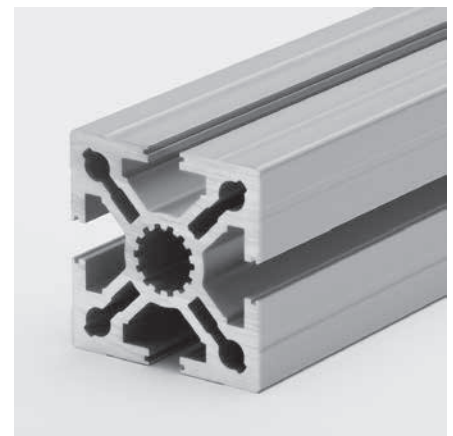
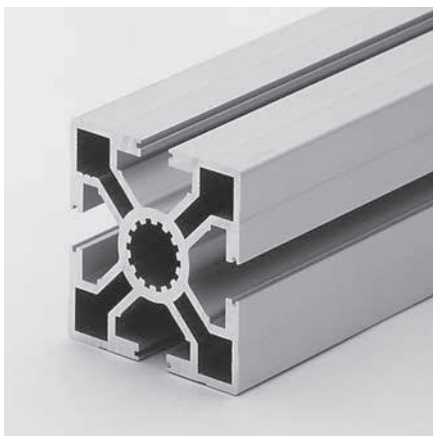


**Schwerprofil 50x50
Typ MA1-1**



Anwendung

Mit diesen beiden Profilen können dank den optimalen Gewichts- und Festigkeitsverhältnissen die meisten Konstruktionsaufgaben gelöst werden. Bohrungen für Gewindedirektschnitte sind ebenso nützlich wie die kleinen Führungsnuten zur Abdeckung der Profilöffnung mit Alu-Blechstreifen 0.8x10 Seite 159.



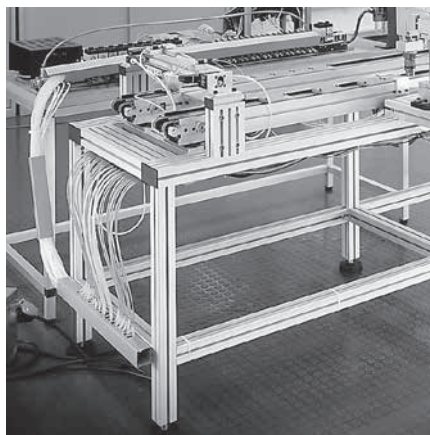
Technische Daten

$I_{x,y}$	=	20.88 cm ⁴
$W_{x,y}$	=	8.35 cm ³
Profilfläche	=	8.55 cm ²
Gewicht	=	2.3 kg/m

Bestellangaben

Bestellnummer

Grundprofil 50x50	
Lagerlänge 5000 mm	A01-1-00/5000
Lagerlänge 6000 mm	A01-1-01/6000
Grundprofil 50x50	
auf Länge zugeschnitten	A01-1-02-02/...
Grundprofil 50x50 roh	A01-1-R0/5000
auf Länge zugeschnitten	A01-1-R0-02-02/...



Zusätzliche Bearbeitungen Seiten 57-61

Technische Daten

$I_{x,y}$	=	29.37 cm ⁴
$W_{x,y}$	=	11.75 cm ³
Profilfläche	=	11.26 cm ²
Gewicht	=	3.1 kg/m

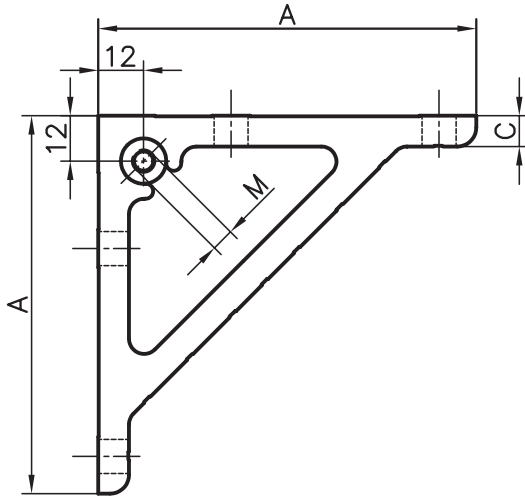
Bestellangaben

Bestellnummer

Schwerprofil 50x50	
Lagerlänge 5000 mm	MA1-1-00/5000
Lagerlänge 6000 mm	MA1-1-01/6000
Schwerprofil 50x50	
auf Länge zugeschnitten	MA1-1-02-02/...

Zusätzliche Bearbeitungen Seiten 57-61

Montagewinkel

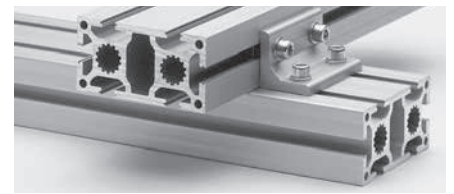
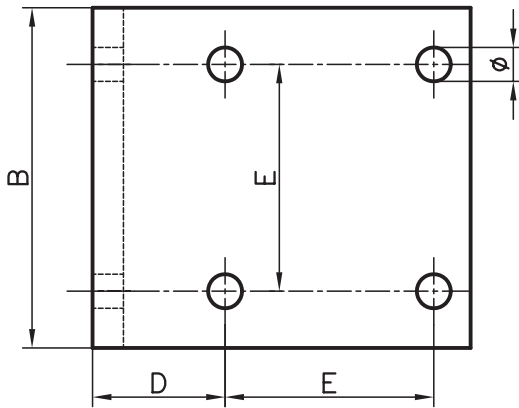
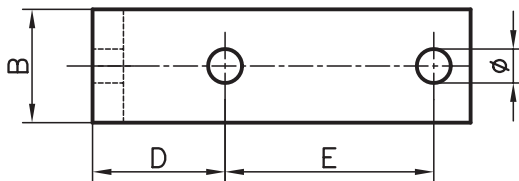
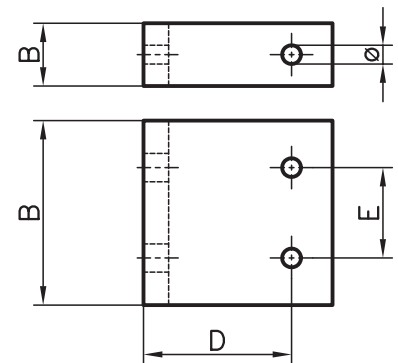
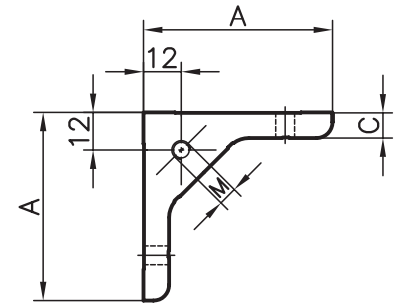


Anwendung

Der Montagewinkel ist ein reines Verbindungselement, das auch in Kombination mit dem PVS-Verbinder eingesetzt wird und in erster Linie als Verstärkung dient. Mit dem integrierten Gewindeinsatz kann es zusätzlich als Befestigungsmöglichkeit für Flächenelemente verwendet werden.

Ausführung

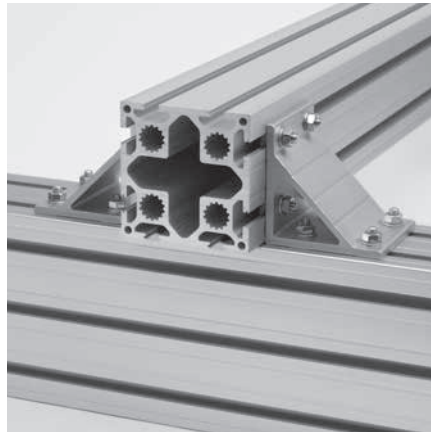
Aluminium, mattiert,
naturfarben eloxiert



Massangaben **Bestellnummer**

A	B	C	D	E	Ø	M*	
100	30	8	35	55	9	-	A30-30
100	30	8	25	50	9	-	A30-31
100	75	8	25	50	9	-	A30-32
100	30	8	35	55	9	M6	A30-40
100	20	8	35	55	6.5	-	B30-30
100	20	8	35	55	6.5	M6	B30-40
70	25	5	20	40	6.5	-	C30-30
70	65	5	20	40	6.5	-	C30-32

*Gewindeinsatz



Massangaben **Bestellnummer**

A	B	C	D	E	Ø	M*	
60	20	8	45	-	6.5	-	B30-12
60	20	8	45	-	6.5	M6	B30-22
60	30	8	45	-	9	-	A30-12
60	30	8	45	-	9	M6	A30-22
38	70	8	22.5	45	9	-	E30-02
38	30	8	22.5-25	-	9	-	AE30-00
38	30	8	25	-	9	-	A30-00
38	80	8	25	50	9	-	A30-02
31	20	6	20	-	6.5	-	C30-00
31	60	6	20	40	6.5	-	C30-02

*Gewinde