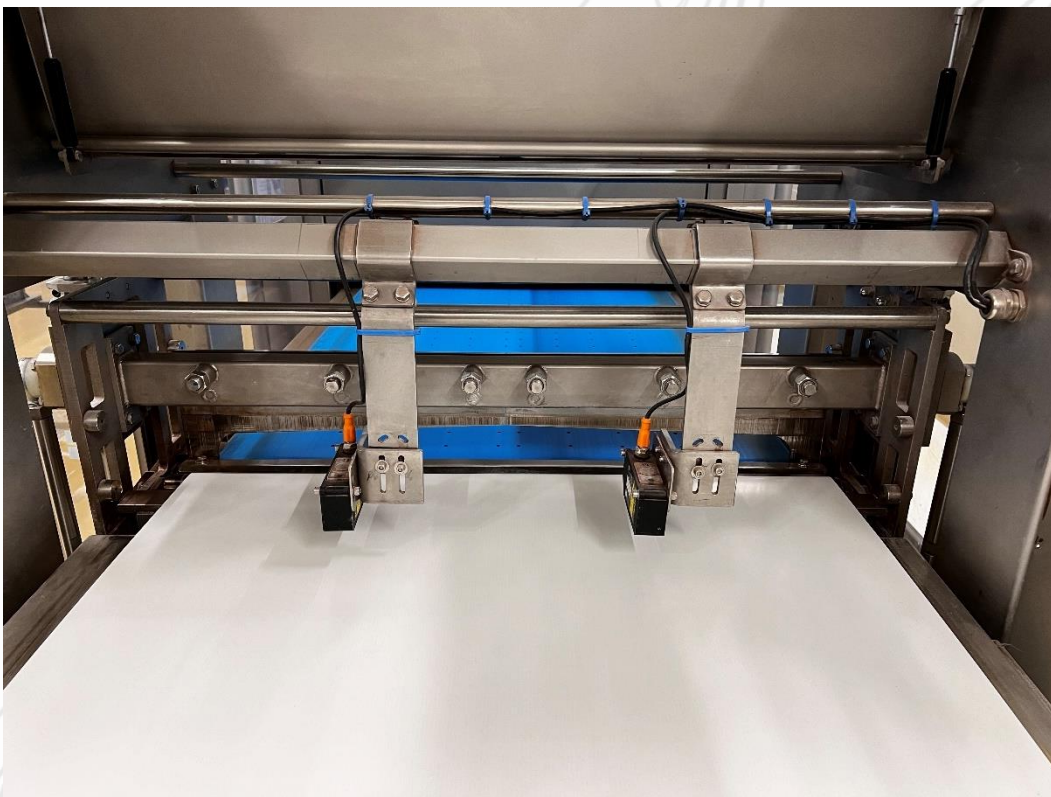


DOKUMENTATION DIPLOMARBEIT

REDUKTION VERSCHLEISS AN PAPIERMESSER

INNOVATIVE LÖSUNG ZUR MINIMIERUNG VON ABRIEB UND WARTUNGSKOSTEN



Diplomand:

Pascal Keller

Schule:

TEKO Olten

Klasse:

O-TMA-21Ta

Studienrichtung:

Maschinenbau

Jahr:

2024



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
1.1	Management Summary*	4
1.2	Lebenslauf.....	6
1.3	Qualifikationsprofil.....	7
2	Projekt-Initialisierung.....	9
2.1	Pflichtenheft	9
2.1.1	Kurzvorstellung Firma	9
2.1.2	Woraus entspringt das Bedürfnis für das Thema?	10
2.1.3	Marktforschung.....	10
2.1.4	Realisierung.....	10
2.1.5	Fachexperte	11
2.2	Überblick.....	12
2.2.1	Das System des Papiermessers.....	13
2.2.2	Die Blackbox – Darstellung des Systems Papiermesser	14
2.2.3	Funktionsweise und Problemstellung.....	15
2.3	Zielscheibe mit Richtziel.....	17
2.4	Anforderungsliste.....	18
2.5	Genehmigung Pflichtenheft.....	18
3	Projekt-Planung.....	19
3.1	Vorgehensmodell.....	19
3.2	Projektstrukturplan.....	19
3.3	Kommunikationsplanung.....	22
3.4	Risikoanalyse.....	23
3.5	Ergebnisse Risikoanalyse.....	24
4	Projekt-Realisierung.....	25
4.1	Analyse der Ausgangslage.....	25
4.1.1	Historie.....	25
4.1.2	Änderungen	25
4.1.3	2D- / 3D-Modell.....	26
4.1.4	Analyse Schleifspuren	28
4.1.5	Überprüfung der Federkraft – IST-Zustand	30
4.1.6	Schnittgeschwindigkeit.....	30
4.2	Recherche	31
4.2.1	Schnittwinkel	31
4.2.2	Kostenverlauf.....	32
4.2.3	Analyse anderer Schnitttypen.....	33



4.2.4	Mögliche Verschleissursachen.....	34
4.3	Kreativitätsmethode – Brainstorming.....	36
4.4	Mindmap aus dem Brainstorming.....	37
4.5	Priorisierung der möglichen Ursachen	38
4.5.1	Einfluss auf das Problem.....	38
4.5.2	Aufwand	39
4.5.3	Kosten	40
4.5.4	Auswertung der Priorisierung.....	41
4.6	Variantenbildung.....	42
4.7	Variante 0 - Sofortmassnahme.....	43
4.8	Variante 1 - Freiwinkel.....	44
4.9	Variante 2 - Anschlag	45
4.10	Variante 3 - Kunststoffbalken	46
4.11	Vergleichen der Varianten.....	47
4.11.1	Input von Ramseier-Werkzeugbau AG	47
4.11.2	Wahl der Bewertungskriterien.....	48
4.11.3	Präferenzmatrix.....	49
4.11.4	Nutzwertanalyse	50
4.11.5	Sensitivitätsanalyse.....	51
4.11.6	Fazit Vergleich der Varianten	52
4.12	Ausarbeitung der Variante 1 - Freiwinkel	53
4.12.1	Berechnung der Federkraft.....	53
4.12.2	Neue Feder-Gewindebolzen	56
4.12.3	Materialwahl	57
4.12.4	Ansatz von «hobeln» oder Stumpfwinkligem Schaber	59
4.12.5	Abrieb durch Reibung.....	60
4.12.6	Anpassung Schneiden-Geometrie	65
4.12.7	Anpassung 3-D Baugruppe	67
4.12.8	Aufwand Messerwechsel	68
4.13	Ergebnis der Ausarbeitung.....	69
4.14	Umsetzung Variante 0 – Sofortmassnahme.....	70
4.14.1	Vorbereitung	70
4.14.2	Umsetzung.....	70
4.14.3	Funktionstest.....	70
4.15	Phasenplan zur Umsetzung.....	72
4.16	Massnahmenplan.....	73
4.17	SWOT-Analyse.....	74
4.18	Risikoanalyse.....	75
4.19	Kosten-Nutzen-Analyse.....	77



5	Projekt-Abschluss.....	78
5.1	Projektüberwachung.....	78
5.2	Evaluation der Zielerreichung.....	81
5.2.1	Zielscheibe Auswertung.....	82
5.3	Reflexion Weg zum Ziel.....	83
5.4	Lessons learnt.....	84
5.5	Ausblick.....	85
5.6	Eigenständigkeitserklärung.....	86
5.7	Verzeichnisse.....	87
5.7.1	Abkürzungsverzeichnis.....	87
5.7.2	Stichwortverzeichnis.....	87
5.7.3	Formelzeichen.....	88
5.7.4	Griechische Buchstaben.....	88
5.7.5	Tabellenverzeichnis.....	89
5.7.6	Abbildungsverzeichnis.....	90
5.7.7	Literaturverzeichnis.....	91
5.7.8	Formelverzeichnis.....	91
5.7.9	Anhangsverzeichnis.....	92

1 Einleitung

1.1 Management Summary^{1*}

Ausgangslage

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit der Reduktion des Verschleisses an einem Papiermesser in einer Produktionslinie der [REDACTED]. Der hohe Verschleiss führt zu häufigen Wartungsarbeiten, erhöhten Kosten und potenziellen Qualitätsproblemen bei den [REDACTED]produkten. Ziel der Arbeit ist es, durch gezielte Massnahmen den Verschleiss und den daraus resultierenden Abrieb signifikant zu reduzieren.

Vorgehen

In der **Initialisierungsphase** wurde ein Pflichtenheft erstellt, welches die Anforderungen und Ziele des Projekts definiert. Es wurde eine Übersicht über die Situation an der Linie und über die das System Papiermesser geschaffen und grafisch dargestellt.

In der **Planungsphase** wurde ein detaillierter Projektplan, einschliesslich Zeitplan, Ressourcenplanung und Risikoanalyse entwickelt.

Während der **Realisierungsphase** wurde intensive Recherche zu der Historie des Messers und möglichen Ursachen betrieben. Die möglichen Ursachen sind dann in die Variantenvorschläge eingeflossen. Es wurde ausserdem eine Sofortmassnahme in die Wege geleitet und beschrieben.

Um das Projekt dann an der Linie zu implementieren, sind nach der **Abschlussphase** noch einige Schritte notwendig. Diese wurden in einem Massnahmenplan festgehalten. Es wurde eine Risikoanalyse und eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt, um das Risiko und die Wirtschaftlichkeit zu prüfen.

Ergebnisse

Die durchgeführten Massnahmen führten zu einer signifikanten Reduktion des Federdrucks von 230N auf 10N, was den Abrieb und den Verschleiss erheblich verringerte. Die Sofortmassnahme (Variante 0) zeigte vielversprechende Ergebnisse, die als Grundlage für die weitere Optimierung dienten. Die finale Lösung kombiniert Elemente der Varianten 1 und 3.

Ausblicke

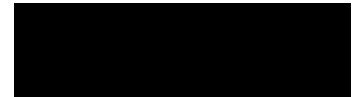
Mit dem Abschluss dieser Diplomarbeit beginnt die eigentliche Realisierung des Projekts. Die nächsten Schritte umfassen die vollständige Implementierung der finalen Lösung, weitere Tests zur Validierung der Ergebnisse und die Schulung des Personals. Langfristig wird erwartet, dass die Massnahmen zu einer deutlichen Reduktion der Wartungskosten und einer Verbesserung der Produktqualität führen.

¹ Management Summary wurde teilweise mit Hilfe von MS-Copilot erstellt

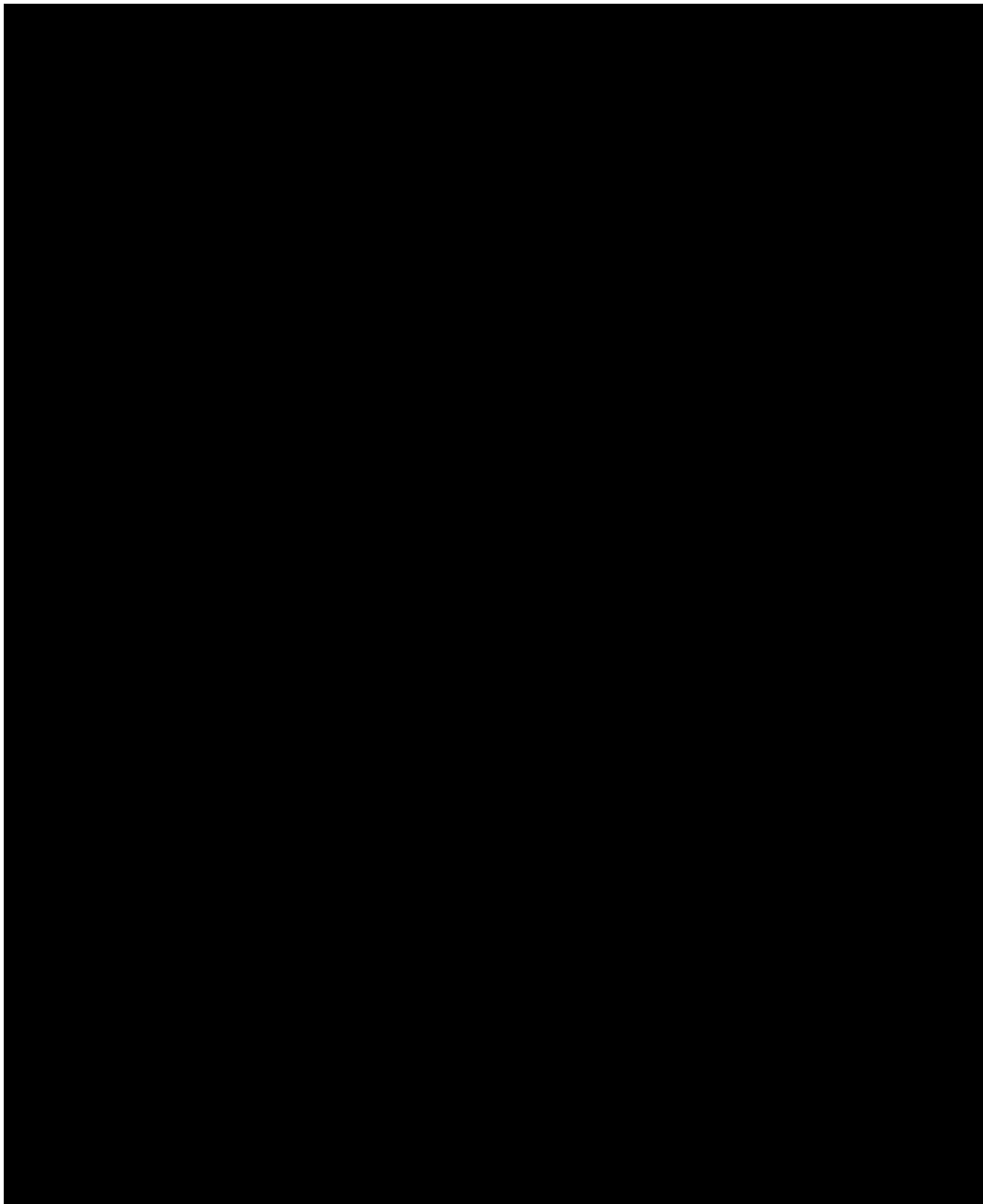


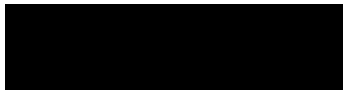
DANKSAGUNG

Ich bedanke mich bei den Personen, die mich während meiner Diplomarbeit begleitet und unterstützt haben. Meinem Diplomlehrer Antonio Foschini, welcher mich während der Diplomarbeit mit konstruktivem Feedback und motivierenden Worten durch die Diplomarbeit begleitet hat. Meinem Arbeitgeber [REDACTED], und ist besondere André, welcher mich während der Diplomarbeit sowie während meinem ganzen Studium unterstützt und den Rücken freigehalten hat. Ausserdem möchte ich mich bei Herr Daniel Jenny und Roland Wyss von der Firma Ramseier Werkzeugbau für die fachliche Unterstützung im Bereich der Messer- und Stanztechnik bedanken. Nicht zuletzt danke ich auch meiner Familie und meiner Partnerin Verena Peter, welche mich, während meinem ganzen Studium moralisch zur Seite gestanden haben.



1.2 Lebenslauf





1.3 Qualifikationsprofil

Kompetenzprofil Dipl. Techniker HF, Maschinenbau	
Allgemeine Kompetenzen	
Menschen führen Prozess 1	
Projekte planen und leiten Prozess 3	
Sich sprachlich verständigen Prozess 4	
Wirkungsvoll präsentieren und kommunizieren Prozess 5	
Umfeld berücksichtigen Prozess 8	
Probleme analysieren und lösen Prozess 9	
Sich persönlich weiter entwickeln Prozess 10	



Fachspezifische Kompetenzen

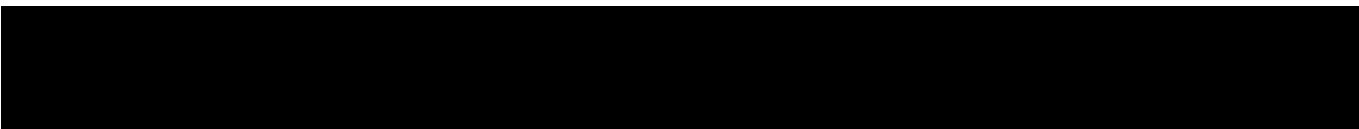
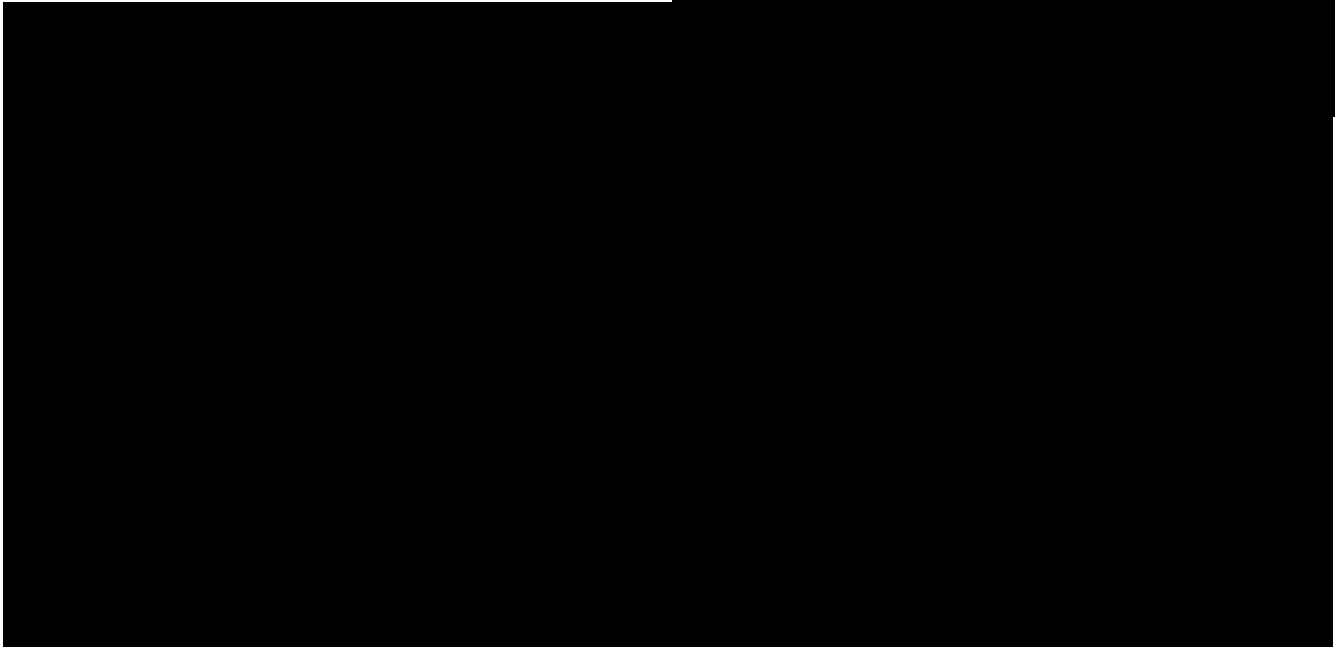
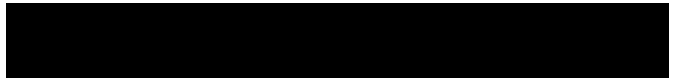
Produkte entwickeln Prozess 11	
Baugruppen und Maschinen konstruieren Prozess 12	
Anlagen betreiben und unterhalten Prozess 14	



2 Projekt-Initialisierung

2.1 Pflichtenheft

2.1.1 Kurzvorstellung Firma



2.1.2 Woraus entspringt das Bedürfnis für das Thema?

Der alte Leitspruch von [REDACTED] finde ich passend und motivierend. Wir sind schon gut, aber das können wir noch besser!

Eine Baugruppe, welche seit der Installation der Anlage im Jahr 2012 immer wieder Probleme macht, ist das Papiermesser an der Produktionslinie «F».³ Es wurde bereits einiges verbessert und führt nur noch selten zu Störungen während dem Betrieb. Allerdings ist die Baugruppe sehr wartungsintensiv und kann durch den Abrieb der Mechanik eine Gefahr für Verschmutzung im Bereich der Produkte darstellen.

Aus den genannten Gründen ist es unausweichlich kosteneffizient auf zuverlässigen Anlagen zu produzieren. Personelle und finanzielle Ressourcen müssen daher mit Bedacht eingesetzt werden.

Es gilt also die Funktionsweise genau zu analysieren, technische und nach Bedarf organisatorische Massnahmen zu treffen.

2.1.3 Marktforschung

Da es sich in meiner Diplomarbeit um ein Verbesserungsprojekt und nicht um eine Neuentwicklung handelt, werde ich keine umfangreiche Marktforschung betreiben. Durch den Auftraggeber ist explizit möglichst geringe Änderung der Anlage gewünscht. Einen komplett neuen Anlagenteil zu entwerfen oder eine Systemumstellung wie beispielsweise auf einen Laser oder Water-Jet sind nicht angedacht, weil dies mit hohen Investitionskosten und vielen unbekanntem Herausforderungen verbunden wäre.

Im Zuge der Recherche werde ich nach Fachliteratur, wissenschaftlichen Arbeiten zum Schnitt von Papier oder auch den Kontakt zum Anlagenhersteller oder Spezialisten suchen. Diese Informationen helfen mir dann gezielt bei der Analyse und bei der konstruktiven Anpassung.

In unserer Fabrik haben wir an anderen vergleichbaren Linien ebenfalls Papiermesser im Einsatz. Diese sind auf dem Rotations-Prinzip aufgebaut.



2.1.4 Realisierung

Der Auftraggeber möchte die Wartungsintensität sowie insbesondere den Verschleiss und den daraus entstandenen Abrieb minimieren. Er erteilt den Auftrag zur genaueren Analyse, da bisherige Massnahmen nicht den gewünschten Anforderungen gerecht geworden sind. Aktuell wird das Problem vom Verschleiss symptomatisch bekämpft, indem wöchentlich das Messer geschmiert und gereinigt wird. Dies bindet aber langfristig personelle Ressourcen und führt über die Jahre zu hohen Kosten für den Unterhalt des Papiermessers.

³ Linie F ist die Interne alphabetische Nummerierung und Bezeichnung



2.1.5 Fachexperte

Als Fachexperte und Auftraggeber in Vertretung der Firma  begleitet mich  durch diese Diplomarbeit. Die Tätigkeit als Leiter Instandhaltung und seine grosse Erfahrung im Bereich Mechanik bei Nestlé in Wangen bei Olten, qualifiziert ihn für die Funktion als Fachexperte.

KONTAKT

VOR- / NACHNAME		
BERUF		
ROLLE / FUNKTION		
ADRESSE		
E-MAIL		
TELEFON		

Tabelle 1 - Fachexperte



2.2 Überblick

Um die Funktion des Papiermessers besser einordnen zu können, ist es wichtig, die Grundfunktion der gesamten Linie zu verstehen und diese begrifflich zu trennen.

■■■■ wird geknetet (1), geformt, ausgestochen (3) und anschliessend auf einem ■■■■ papier positioniert (4). Das ■■■■ papier wird ab einer Rolle dem Prozess zugeführt und muss aus diesem Grund noch in die passende Länge geschnitten werden. Diese Funktion übernimmt das System Papiermesser, welches in dieser Diplomarbeit behandelt wird. Nach dem Schnitt wird noch eine visuelle Kontrolle durch ein Kamerasystem (5) durchgeführt. Nun wird ■■■■ noch aufgerollt und verpackt, gekühlt, und in Kartons verpackt. Nach dem palettieren der Kartons, sind unsere Produkte bereit für die Auslieferung zu den Kunden.

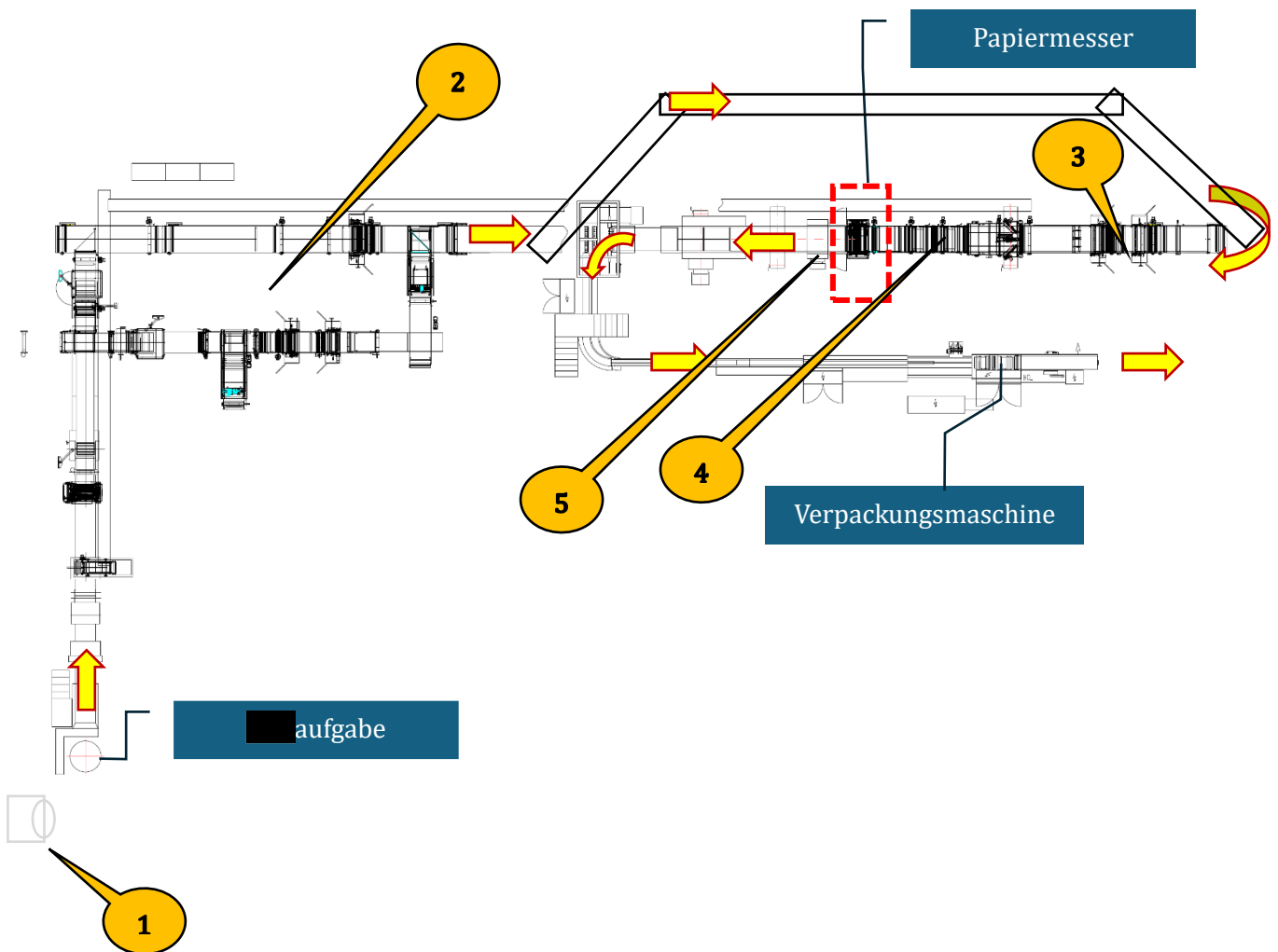
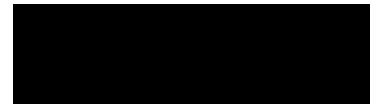


Abbildung 2- Übersicht Linie



2.2.1 Das System des Papiermessers

Nachdem wir im oberen Abschnitt die Linie und Anlage kennengelernt haben, ordnen wir das System des Papiermessers ein. Um die Darstellung übersichtlicher zu gestalten, ist die Unterteilung auf der System-Ebene auf die Vor- und Nachgeschalteten Anlagenteile beschränkt.

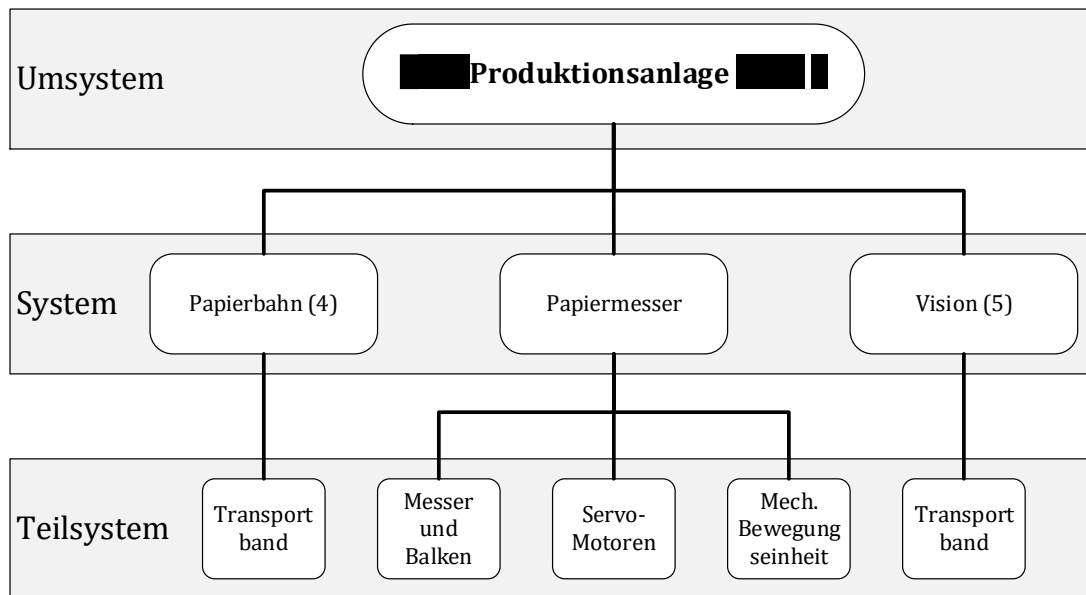


Abbildung 3 - Umsystem, System, Teilsystem

Im nächsten Abschnitt wird das System «Papiermesser» genauer betrachtet.



Abbildung 4- Übersicht Papiermesser



2.2.2 Die Blackbox – Darstellung des Systems Papiermesser

Um den Prozess während dem Schneidevorgang, dessen Energie und Materialfluss besser zu verstehen sind die wichtigsten Teilkomponenten, In- und Output in einer Blackbox dargestellt. In der folgenden Grafik ist der Fluss von links nach rechts dargestellt.

Die rote gestrichelte Linie stellt dabei die **Systemgrenze** dar. Sie trennt das System Papiermesser von dem vor- und nachgelagerten Anlagenteil. Im Wesentlichen führen wir im Produktionsprozess elektrische Energie sowie das Produkt auf dem Papier ab der Papierrolle zu.

Um den Schnitt durchzuführen, wird die elektrische Energie durch die Motoren in eine mechanische Rotationsenergie umgewandelt und über Exzenterkurbeln und Zahnriemen (nicht dargestellt) in eine mechanisch lineare Bewegung umgewandelt. Dabei wird die Schneide-Arbeit als eigentliches Prozessziel verrichtet. Der Grossteil wird als Wärme in die Umgebung abgegeben. Der **Abrieb**, welcher entsteht ist ebenfalls ein Output, welchen es nun zu minimieren gilt.

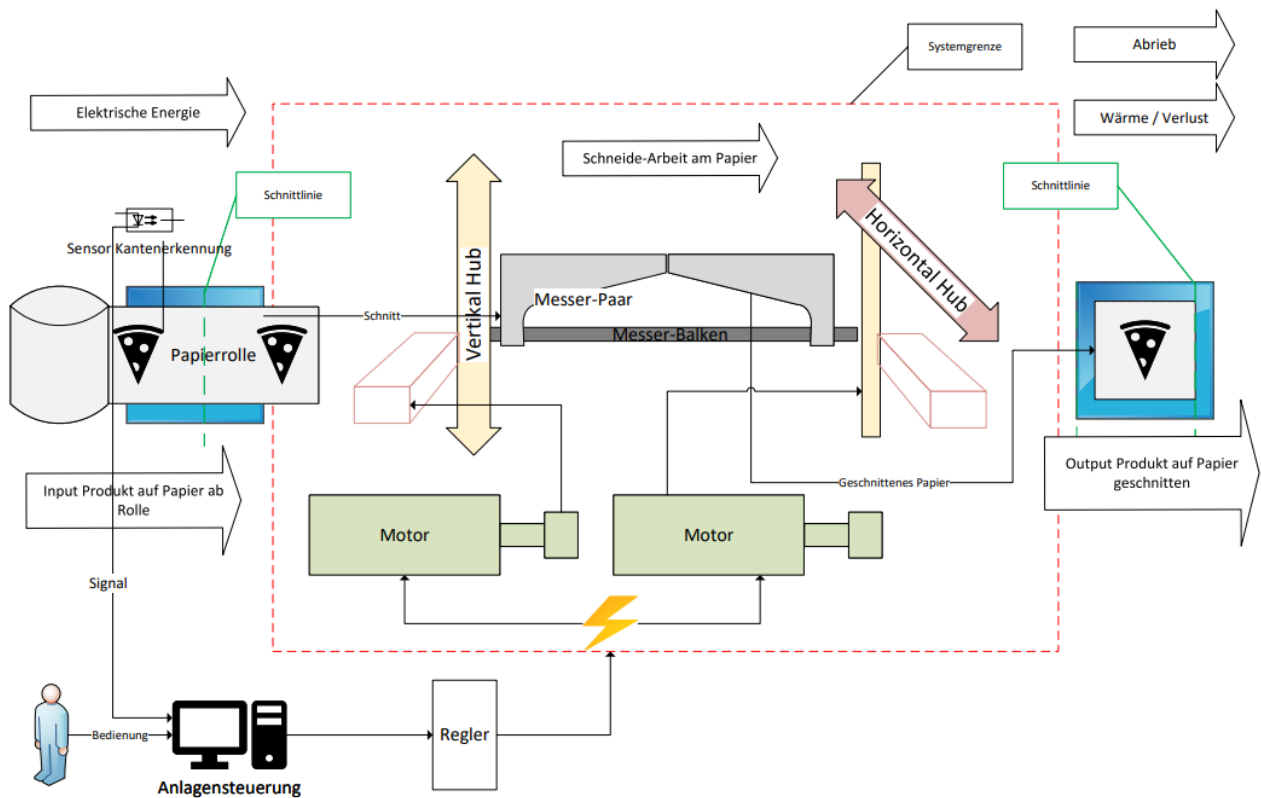


Abbildung 5 - Blackbox

2.2.3 Funktionsweise und Problemstellung

Das Papiermesser arbeitet auf dem Funktionsprinzip der Scherbewegung. Das obere Messer (OM) (1) ist in der Mitte in zwei Teile geteilt. Die Schnittkante verläuft zur Mitte hin nach oben, um einen punktuellen Schnittpunkt mit dem Messerbalken (UM) (2) zu bilden. Die Messer sind über sechs Feder (3), Gewindebuchsen und Stifte (4) vorgespannt.

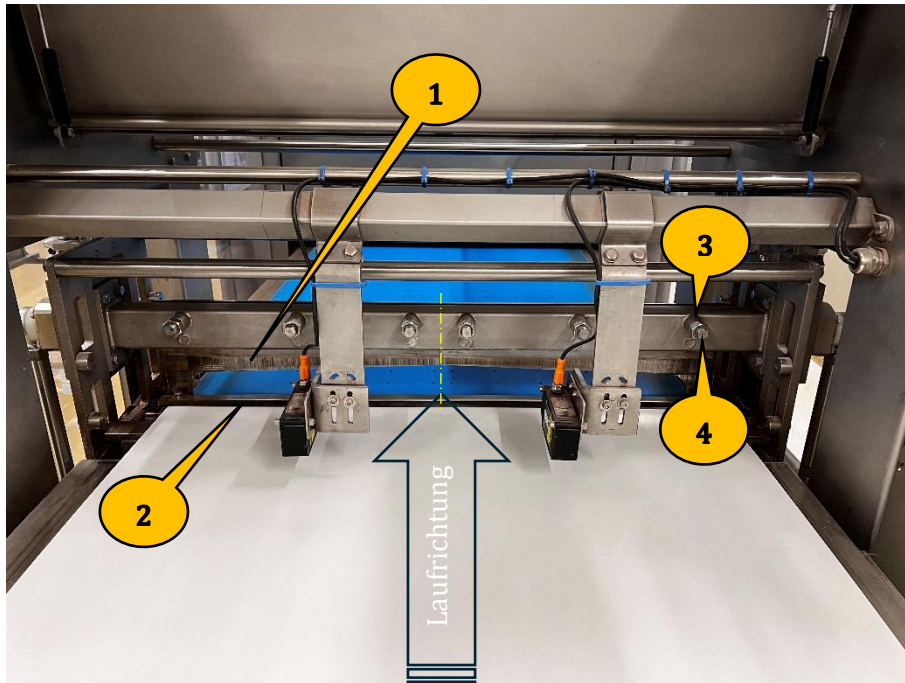


Abbildung 6 - Übersicht Papiermesser vorne

Die Vorspannkraft auf das Messer ergibt sich aktuell durch das Mass für die Voreinstellung sowie die Feinjustierung, bis das Papier auf der gesamten Breite geschnitten wird.

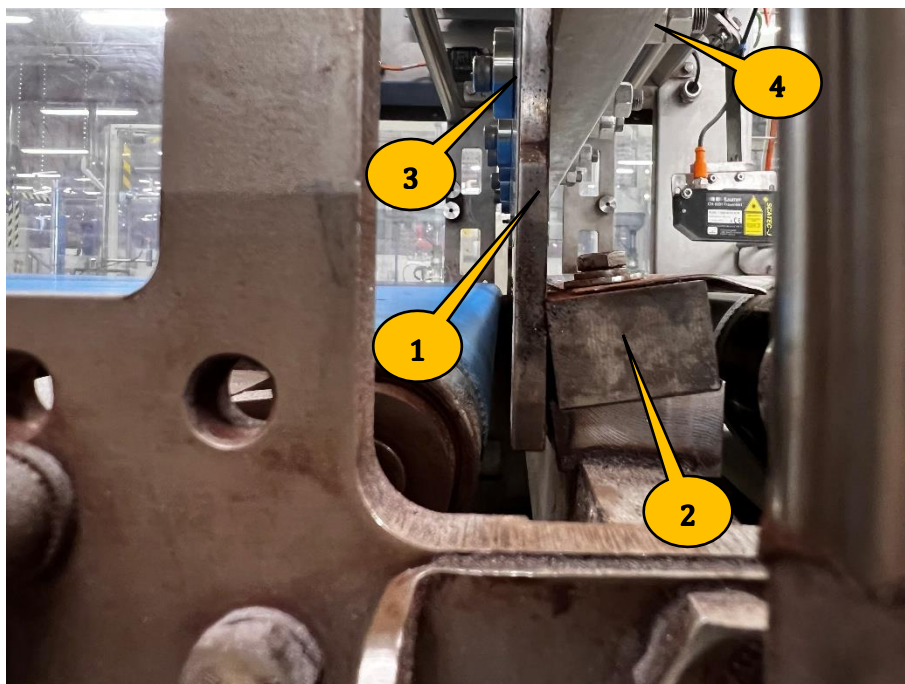


Abbildung 7 - Übersicht Papiermesser Seite links

Durch die Anpresskraft und die Reibung zwischen den Messern und dem Messerbalken entsteht der Abrieb. Es entstehen dadurch gut sichtbare Laufspuren im vertikalen Bewegungsbereich über die gesamte Messerbreite.

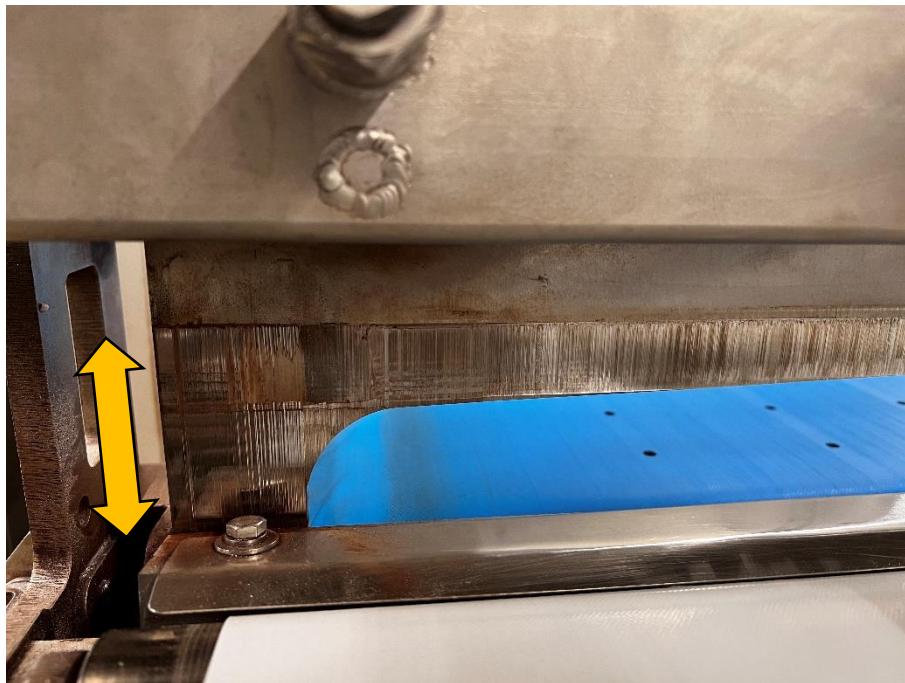


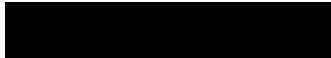
Abbildung 8 - Darstellung Hub OM

Aktuell wird im Wochenservice die Reibfläche geschmiert und gereinigt. Dies hat bis anhin eine Verbesserung hinsichtlich des Abriebs und Verunreinigung der Transportbänder gebracht. Es ist jedoch nicht als dauerhafte Lösung des Problems gedacht.



2.3 Zielscheibe mit Richtziel

1. Der Abrieb kann durch die Massnahmen glaubhaft reduziert werden.
(Durch die Funktionsweise wird immer ein Verschleiss und somit Abrieb der Schnittkanten vom Messer vorhanden sein.)
2. Die Baugruppe ist aktuell so konzipiert, dass die Messer fest an den Messerbalken gepresst werden, um das Papier zu schneiden.
3. Die jährlichen Wartungskosten dürfen den aktuellen Stand nicht überschreiten.
4. Bei Abschluss liegt ein Massnahmenplan vor
5. Die Ausarbeitung ist umsetzungs- bzw. bestellreif.



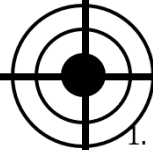
André Thiel

TEKO Olten, Antonio Foschini

Endergebnisse

Sinn und Zweck

- Ergebnisse aus der Analyse und konstruktive Anpassung des bestehenden Papiermessers, um den Verschleiss sowie die daraus resultierenden Verunreinigungen durch Abrieb nachhaltig zu eliminiert.
- Ausarbeitung einer Massnahmen-Liste für Schulungen, Erstellen von Arbeitsanweisungen, aktualisieren der Wartungspläne, etc.
- Der Abrieb, welcher bis anhin entsteht, ist in mehreren Hinsichten schlecht. Produktesicherheit (Abrieb kann auf dem Produkt landen), erhöhter Verschleiss – wartungsintensiv, Verschmutzung vom Transportband führt zu Fehlererkennung bei der optischen Teigkontrolle.



Kunde

Erfolgskriterien

1. In der Diplomarbeit sind Massnahmen ausgewiesen und begründet, welche zur Verschleissminderung verhelfen.
2. Die Konstruktion wird so angepasst, dass der Anpressdruck auf ein Minimum reduziert werden kann. Aktuell (geschätzt 225N), Ziel: 50N. Andernfalls muss die Kraft anderweitig aufgenommen werden.
3. Es liegt in der Dokumentation eine Kosten Gegenüberstellung vor und nach der Verbesserung vor.
4. Es liegen Massnahmen für konstruktive Anpassungen, Wartungspläne und Schulungen vor und sind dokumentiert.
5. Es liegen alle notwendigen Informationen und Dokumente wie beispielsweise Zeichnungen vor.

Tabelle 2 - Zielscheibe mit Richtziel

2.4 Anforderungsliste

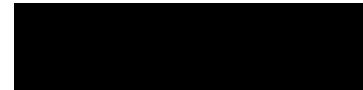
Die wichtigsten Anforderungen sind hier gruppiert aufgelistet.

Datum	Anforderung	
	Geometrie	
30.08.2024	Die Arbeit darf keine Projektierung eines neuen Anlagenteils sein.	F
30.08.2024	Die Technologie wird beibehalten	F
	Beanspruchung / Kräfte	
30.08.2024	Anpressdruck von Messer wird auf ca. 1/4 reduziert (50N).	M
	Eigenschaften	
30.08.2024	Das Papier wird zuverlässig geschnitten	F
30.08.2024	Abrieb wird reduziert.	F
30.08.2024	Im Falle eines Ausfalls, soll das neue Messer in unter 2h ersetzt werden können.	W
30.08.2024	Keine negative Auswirkungen auf Geräusentwicklung.	M
	Sicherheit	
30.08.2024	Änderungen bergen keine neuen oder zusätzlichen Risiken in Bezug auf die Personen-, Lebensmittel- und Anlagensicherheit.	F
	Herstellung	
30.08.2024	Fertigung bei neuem Messer durch unsere bevorzugten Lieferanten möglich.	W
30.08.2024	Verwendung von Normteilen wenn möglich.	W
30.08.2024	Messereinheit kann zukünftig nachgeschliffen werden.	W
	Instandhaltung	
30.08.2024	Wartungskosten werden reduziert.	F
30.08.2024	Kostengegenüberstellung voranden.	F
30.08.2024	Es ist kein Wochenservice mehr notwendig	M
F = Festforderung / M = Mindestanforderung / W = Wunsch		

Tabelle 3 - Anforderungsliste

2.5 Genehmigung Pflichtenheft

Die von allen Parteien Unterzeichnete Version des Pflichtenheftes, ist im Anhang als PDF angehängt.



3 Projekt-Planung

3.1 Vorgehensmodell

Im Maschinenbau ist es gängig, nach dem 4-Phasen Modell vorzugehen. Eine ausführliche Vorarbeit ist im Maschinenbau essenziell, weil dort oftmals Materialien und Dienstleistungen bestellt oder zur Verfügung gestellt werden müssen. Umso besser ein Projekt definiert und geplant wird, desto höher ist die Umsetzungsquote bis zum Abschluss. Das Projekt wird also in die Phasen Initialisierung, Planung, Realisierung und Abschluss unterteilt. Den Ablauf ist im folgenden Punkt in einem Mindmap dargestellt.

3.2 Projektstrukturplan

Der Projektstrukturplan bildet in einer groben Übersicht die einzelnen Arbeitspakete während den Projektphasen.

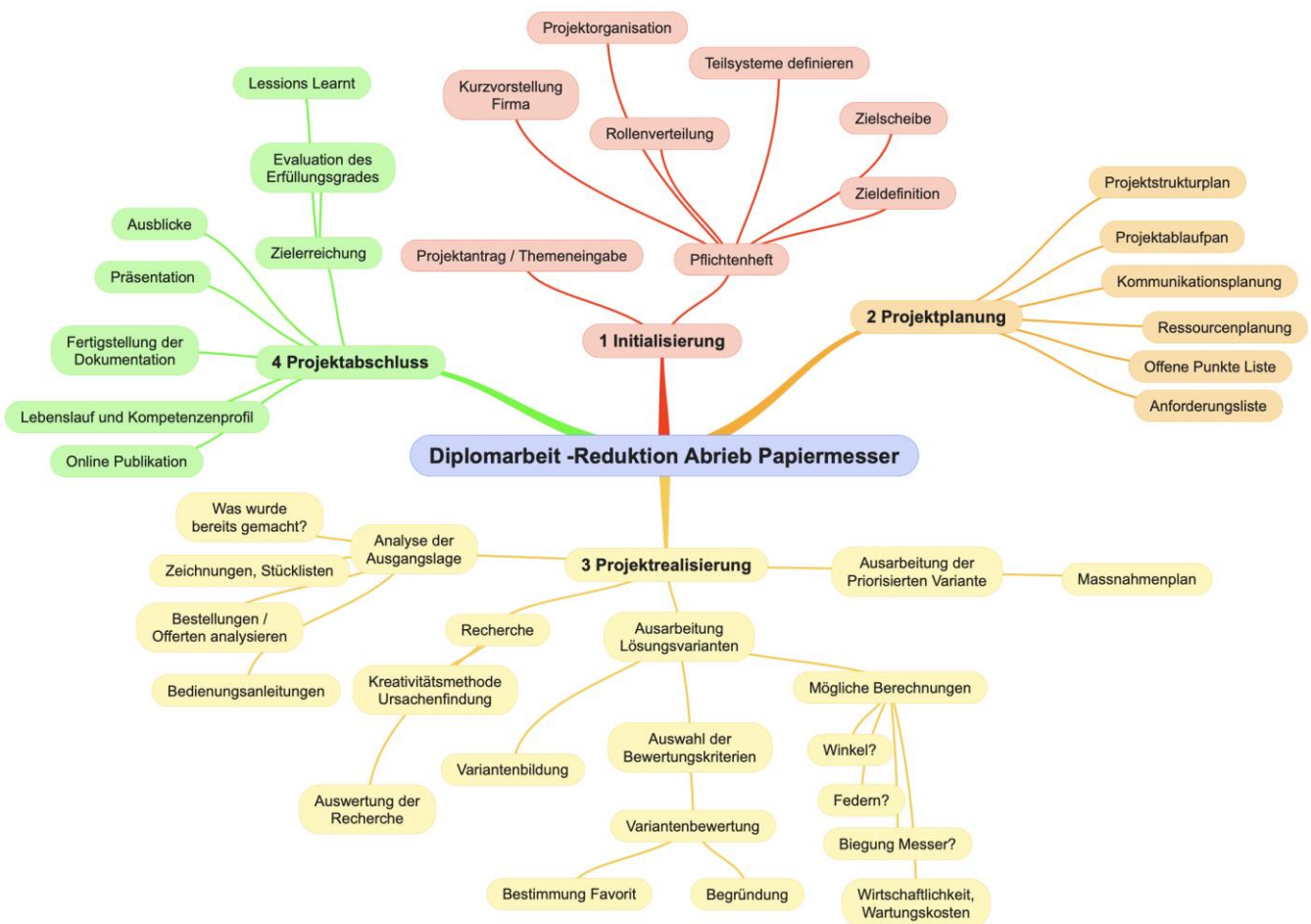


Abbildung 9 - Projektstrukturplan



3.3 Kommunikationsplanung

Anspruchsgruppe	Themen / Inhalte	Periodizität / Termine	Kanal / Gefäss	Verantwortung
Auftraggeber	Projektstatus, Realisierung, Bewertung Varianten, Ausarbeitung	Meilensteine, nach Bedarf	Statusbericht, E-Mail, Meeting	Projektleiter
Diplomlehrer	Projektstatus, Termine, Meilensteine	Wöchentlich, 16.09. & 14.10.	Statusbericht, E-Mail, online Meeting	Projektleiter
Lieferanten	Informationsbeschaffung, Offerten, Bestellung	Nach Bedarf	E-Mail, online meeting, Telefon	Projektleiter

Tabelle 6 - Kommunikationsplanung

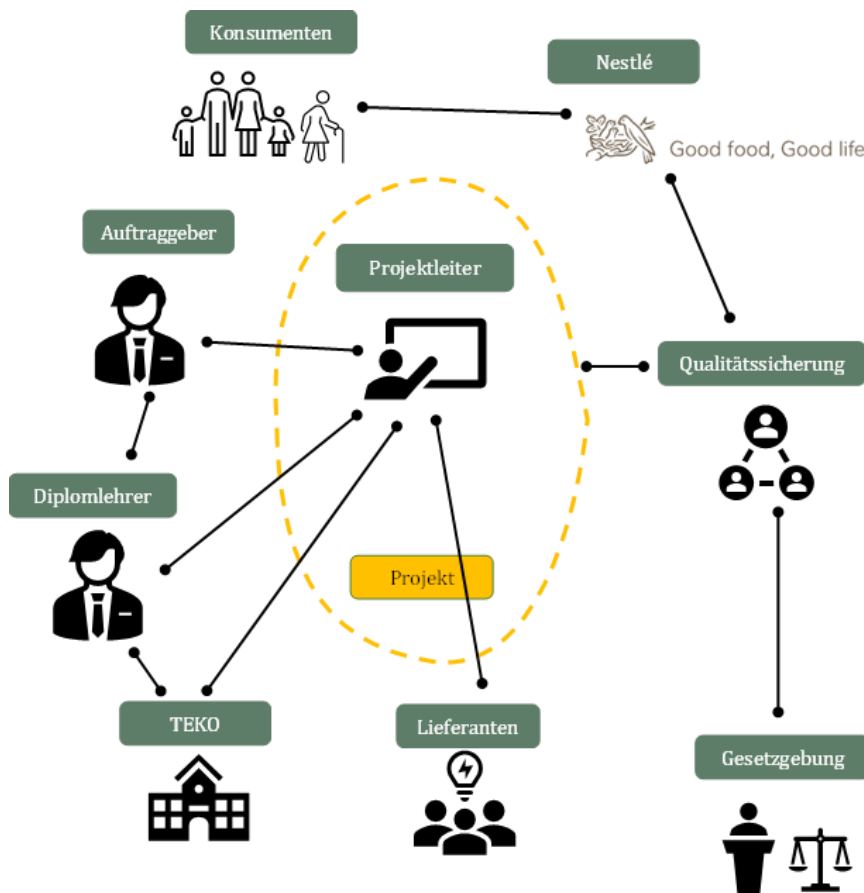
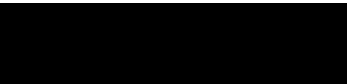


Abbildung 10 - Grafische Darstellung Kommunikationswege

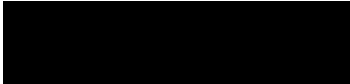


3.4 Risikoanalyse

Um möglichst früh im Projekt mögliche Risiken zu erkennen, wurde eine Risikoanalyse durchgeführt.

Risikotabelle					
Nr.	Risiko	Eintretenswahrscheinlichkeit (P)	schlimmstmögliche Auswirkung	Schadensmass (SM)	Massnahmen
1	Schwierigkeiten bei der Implementierung der Verbesserung.	unwahrscheinlich (1)	Verbesserung kann ohne Nachbesserung nicht montiert werden. Kommt zu zeitlichen Verzögerungen.	gering (1)	Bauteile in der Ausarbeitungsphase korrekt bemessen. Bei kritischen Stellen die Option für Einstellmöglichkeiten vorsehen.
2	Die Massnahmen der zur Reduktion von Abrieb funktioniert nicht wie gewünscht. Es kommt nach der Implementierung immer noch zu Starkem Abrieb.	unwahrscheinlich (1)	Projekt muss nachgearbeitet werden. Erhöhung der Projektkosten.	wesentlich (2)	Bei der Ausarbeitung der neuen Konstruktion beispielsweise auf Materialpaarung, Druck, Gleiteigenschaften achten. Plan B wie beispielsweise eine Nachrüstung von automatischer Schmierung.
3	Es werden bestehende durch neue Komponenten eingesetzt.	ziemlich sicher (4)	Ersatzteile sind nicht rechtzeitig am Lager. Es kommt zum Ausfall der gesamten Produktionslinie.	gross (3)	Vor der endgültigen Implementierung muss eine ausführliche Testphase stattfinden. Es ist von Vorteil, wenn schnell und einfach auf das bestehende System zurückgebaut werden kann. Zum Zeitpunkt der Implementierung müssen genügend Ersatzteile verfügbar sein.
4	Unerwartet Verzögerung bei der Umsetzung des Projektes.	gross (2)	Termine können nicht wie gewünscht eingehalten werden.	gering (1)	Erstellung eines realistischen Zeitplans mit Pufferzeiten und regelmässige Überwachung des Fortschritts.
5	Sicherheitsrisiken durch die neue Konstruktion, z.B. Erhöhung des Risikos für Schnittverletzungen.	gross (2)	Bedien- oder Instandhaltungspersonal schneidet sich an den Händen oder Armen.	sehr gross (4)	Durchführung von Sicherheitsanalysen und Implementierung von Schutzmassnahmen.
6	Mangelnde Schulung von Instandhalter und Bedienpersonal. Daraus resultiert die Gefahr für Personen- oder Sachschäden.	gross (2)	Es kommt bei der Wartung oder Reinigung zu Schnittverletzungen. Personenausfall.	sehr gross (4)	Ausarbeitung und Durchführung eines Schulungskonzepts auf die Änderung für Bedienung und Wartung.
7	Risiko von Budgetüberschreitung, Massnahmen werden zu teuer für Umsetzung.	gross (2)	Es kommt zu terminlicher Verschiebung der Implementierung, wenn das Projekt auf die neue Budgetperiode fällt.	gross (3)	Aufstellung einer Kostenübersicht und Überprüfung der Einhaltung.
8	Fehlende Unterstützung für die Umsetzung des Projektes durch das obere Management.	unwahrscheinlich (1)	Umsetzung des Projektes ist somit nicht möglich.	sehr gross (4)	Für die Akzeptanz muss der Auftraggeber und die anderen Anspruchsgruppen einbezogen werden. Die Lösung muss überzeugend ausgearbeitet und dargestellt werden.

Tabelle 7 - Risikoanalyse



3.5 Ergebnisse Risikoanalyse

Eine Änderung der Konstruktion birgt immer gewisse Risiken. Als Hauptrisiko, wurde insbesondere Punkt 3 «neue Komponenten», Punkt 5 «Verletzungsgefahr» und Punkt 6 «mangelnde Schulung» identifiziert.

Risiko Matrix

		Schadensmass (SM)			
		gering (1)	wesentlich (2)	gross (3)	sehr gross (4)
Eintrittswahrscheinlichkeit (P)	ziemlich sicher (4)			3	
	sehr gross (3)				
	gross (2)	4		7	5,6
	unwahrscheinlich (1)	1	2		8

Tabelle 8 - Risiko Matrix

(3)

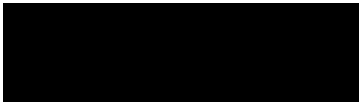
Es ist «ziemlich sicher», dass sich das Problem nicht durch organisatorische oder Einstellungen gelöst werden kann. Der Einsatz von neuen oder abgeänderten Komponenten muss vor der Implementierung an der Linie geplant werden. Es braucht eine Instruktion der Schichtmechaniker, wie sie sich im Falle einer Störung zu verhalten haben. Ausserdem ist es immer von Vorteil, wenn ein neues System in kurzer Zeit auf das alte System zurückgebaut werden kann. Ist dies nicht realistisch, muss dafür gesorgt sein, genügend Ersatzteile bei der Implementierung im Haus zu haben, um Stillstände der Produktionsanlage zu vermeiden. Es bedarf ausserdem einer intensiven Testphase.

(5)

Die Sicherheit von Personen, steht immer im Vordergrund. Da das Papiermesser sich hinter Sicherheitstüren befindet, beschränkt sich die Erhöhung der Gefahr durch Schnittverletzungen auf die Wartung. Dort wäre beispielsweise eine temporäre Schutzhülle denkbar, welche während der Wartung aufgesetzt wird.

(6)

Mangelnde Schulung und Instruktion ist eine Gefahr für die Personen-, Lebensmittel- und Anlagensicherheit. Es ist wichtig, dass bei der Konstruktion auf die Einfachheit und Bedienbarkeit geachtet wird.



4 Projekt-Realisierung

4.1 Analyse der Ausgangslage

Bei der Ersten Analyse hat sich gezeigt, dass über die Jahre bereits einiges an dem Papiermesser verändert wurde. Aufgrund mangelnder oder fehlender Dokumentation der Änderungen hat sich die Informationsbeschaffung als aufwändig erwiesen. In diesem Abschnitt sind die wesentlichen Ergebnisse aus der Analyse zusammengefasst.

4.1.1 Historie

Die Auswertung der historischen Änderungen der Aufträge in SAP, Unterlagen in Papierform und Dateien auf dem PC-Laufwerk wurde hier auf der Grafik im Zeitstrahl dargestellt. Auffällig war insbesondere, dass sich seit dem Zeitraum 2018 bis 2024 die Situation etwas beruhigt hat, was technische Änderungen angeht. Gemäss den Aufträgen zeichnete sich aber ein Bild, welches keine grosse Verbesserung in den Kosten oder der Häufigkeit der Interventionen⁴ an der Anlage widerspiegelt. Aktuell in den letzten 2 Jahren war die durchschnittliche Standzeit ungefähr 2-3 Monate. 2023 wurde durch den damaligen Teamleiter in Auftrag gegeben, das Vierkantrohr mit Einschweisschülens neu zu fertigen, um mit den Federn etwas mehr Spielraum zu haben. Dieser wurde gezeichnet, jedoch die Umsetzung gestoppt da keine Analyse vorhanden war. Die Masse kann ich für mein 3D Modell übernehmen.

4.1.2 Änderungen

Geändert wurden 2014 die Messer in Bezug auf die Materialien. Aus der Analyse ging heraus, dass damals Abrieb schon ein Problem war. Durch die entstandenen Rillen in den Obermessern (künftig mit OM. abgekürzt) konnte ausserdem das Papier mit der Ecke anhängen, was zu Störungen führte. Um die Kosten für die Messer zu minimieren, wurde damals der Schnittwinkel am OM. von 30° auf 0° geändert, mit dem Ziel, das OM. beidseitig verwenden zu können. In der Praxis erwies sich das Drehen aber nicht als sinnvoll, weshalb etwa ab 2019 das Messer bei jedem Wechsel ersetzt wird. Dazu gibt es allerdings keine explizite Anweisung und obliegt bislang dem ausführenden Mechaniker.

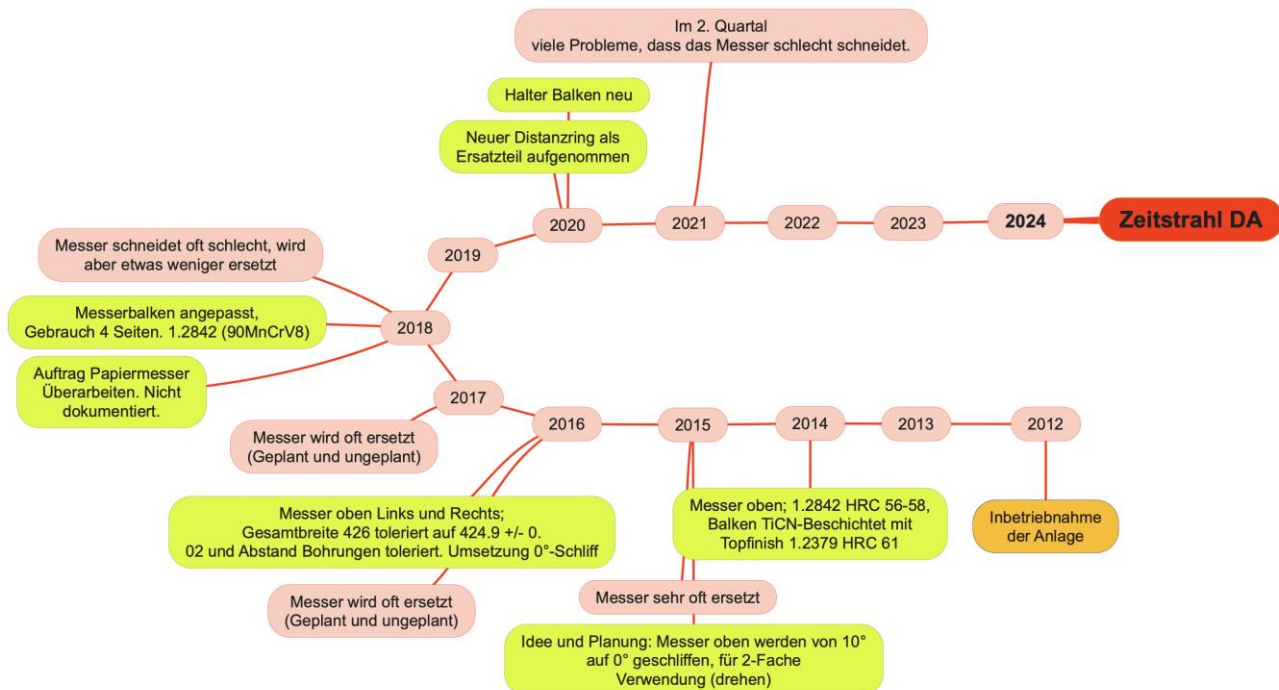


Abbildung 11 - Zeitstrahl

⁴ Stillstände ohne SAP-Arbeitsauftrag wurden nicht berücksichtigt

2018 wird das UM. angepasst, damit dies 4x eingesetzt werden kann. Aufgrund des Verschleisses an der Schnittkante, fehlt dann allerdings die Präzision der Positionierung in dem Halter. 2019 wurde erkannt, dass die Gelenklager bei den OM klemmen.

2020 Wurde ein neuer Halter konstruiert. Der Grund konnte nicht geklärt werden. Vermutlich war es ein 1:1 Ersatz, welcher nicht über den Anlagenhersteller bestellt wurde. Ausserdem wurden 2020 noch Distanzringe als Ersatzteile aufgenommen.

4.1.3 2D- / 3D-Modell

Für eine Betrachtung der Situation und spätere Konstruktionen in der Umsetzung der gewählten Variante wurde die Baugruppe (Teilsystem) der Anlage in 3D modelliert. Auffällig sind die unregelmässigen Schleifspuren und er erhöhte Verschleiss genau an der Schnittkante. Es ist durch den Verschleiss mit einem Spalt zu rechnen, welcher zwischen der Schnittkante am OM und UM entsteht.

In der Seitenansicht wird ersichtlich, dass in der aktuellen Situation die Anpresskraft durch die Druckfedern mit dem Eintauchen zunimmt. Dies wird durch das Mass (42.35mm ... 40.33mm) beim Federpaket oben sowie dem Winkel (91°...94°) vom Obermesser auf das Vierkantrohr verdeutlicht:

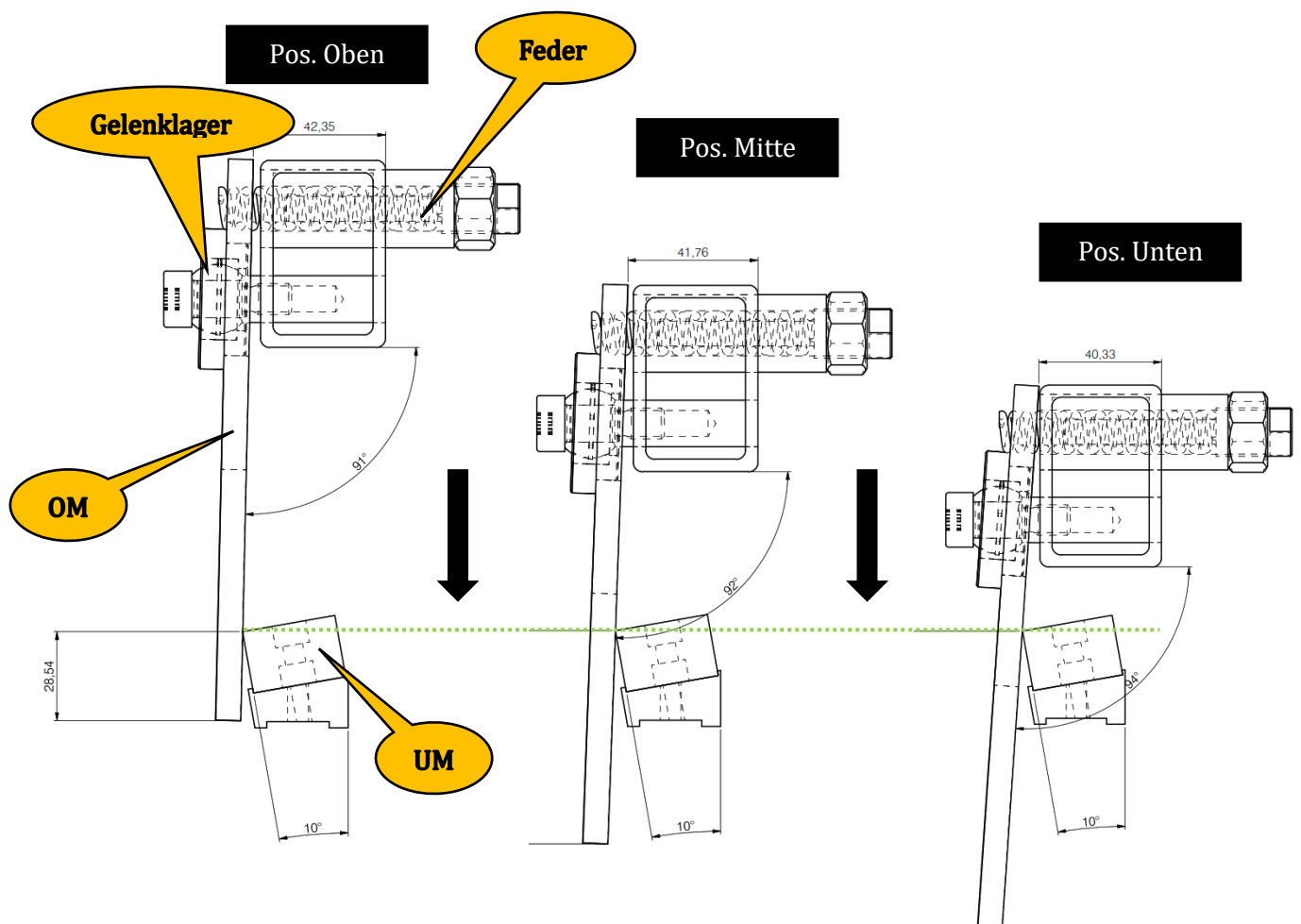


Abbildung 12 - Darstellung eintauchen Messer aktuell

Bei der Betrachtung der aktuellen Einstellung fällt auf, dass zumindest der Winkel vom OM zu UM orthogonal eingestellt werden muss. Somit ist eine gleichmässige Anpresskraft F_F vom Messer gewährleistet.

Daraus ergibt sich die Situation wie unten in Abbildung 13 dargestellt.

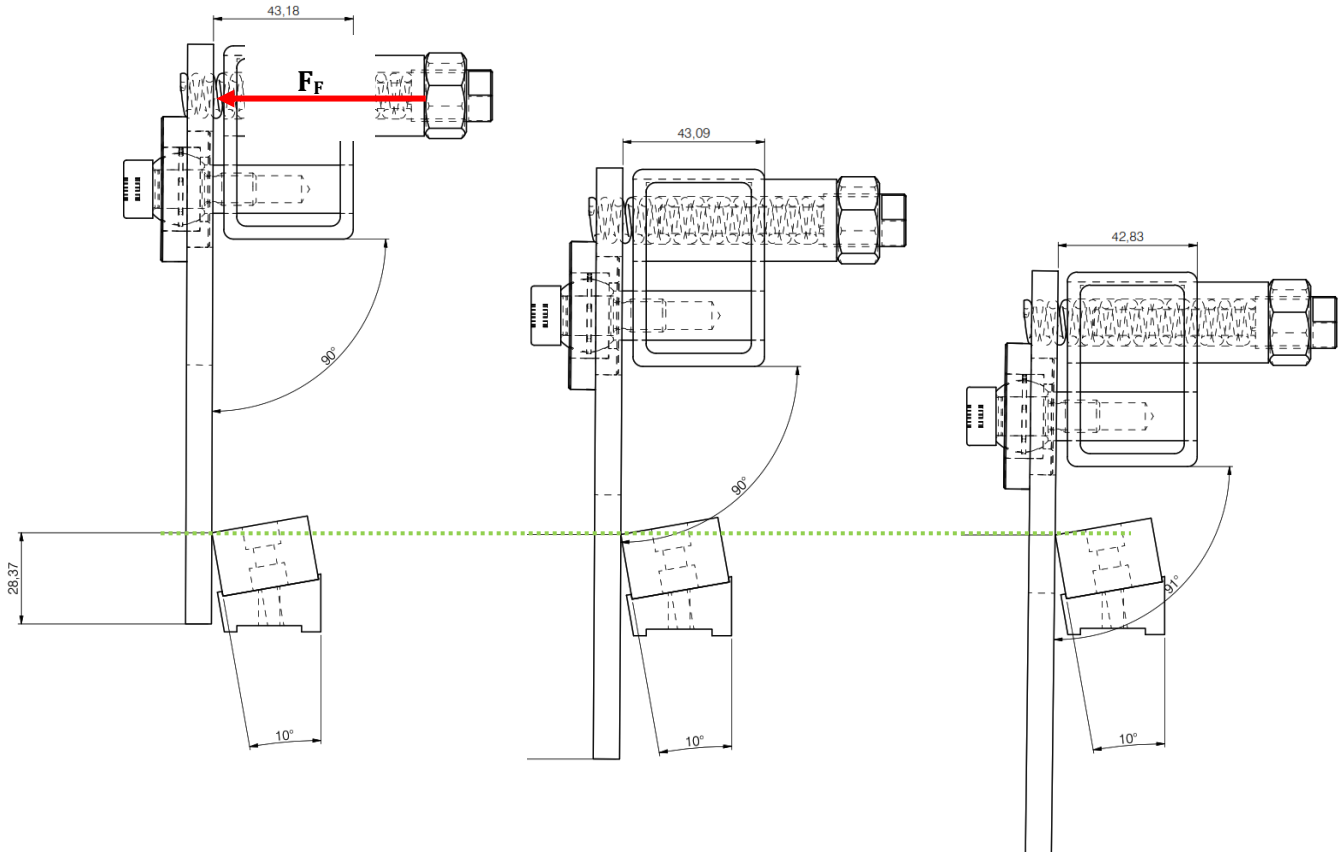


Abbildung 13 - Darstellung eintauchen Messer 90°

4.1.4 Analyse Schleifspuren

Ersichtlich ist dieses Phänomen anhand der Schleifspuren auf dem aktuell eingesetzten OM. Obwohl die Kraft oben zunimmt, sind die Abnutzungen oben geringer, was darauf zurückzuführen ist, dass sich die Kraft dort auf eine viel grössere Fläche verteilt (Flächenpressung) als in der ausgefahrenen Position. Gut erkennbar ist beim Radius **(1)** eine Schräge Fläche, die sich bis zum Punkt **(2)** abzeichnet.

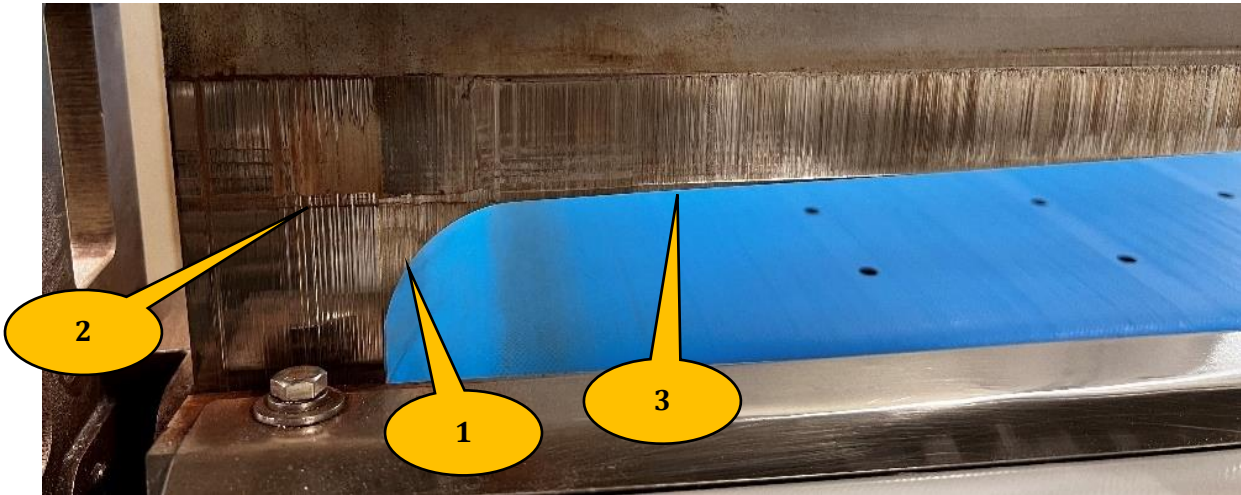


Abbildung 14 - Verschleisspuren

Es resultiert ein undefiniertes aufeinandertreffen der Schnittkanten von OM und UM. Dies hat zur Folge, dass sich dort eine weitere Phase **(3)** bildet und dort ein Spalt entstehen kann. Die schräge einbauweise des UM von 10° führt ebenfalls zu einer «schabenden» Kante, welche sich negativ auf den Verschleiss und den Abrieb auswirken kann. Von diesem Standpunkt her, wäre möglicherweise eine flach aufliegendes gleiten von OM und UM zu bevorzugen.

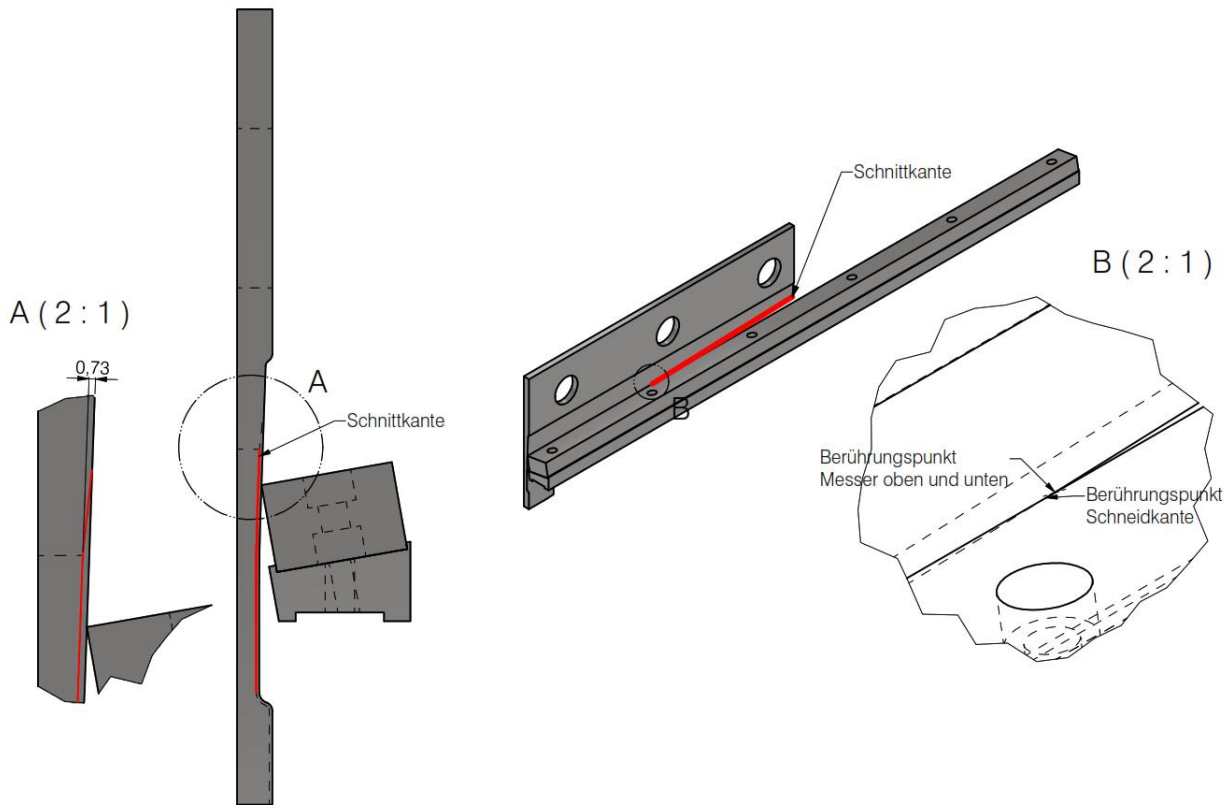


Abbildung 15 – Überzeichnete Darstellung Schnittkante

Zusammenfassend lässt sich aus der Analyse ableiten, dass die Anpresskraft und insbesondere der Einbauwinkel entscheidende Faktoren sind, um das Papier zuverlässig zu schneiden. Es lässt die Vermutung zu, dass die hohe Anpresskraft dazu genutzt wird, diesen Fehler auszugleichen. Die Identifikation weiterer möglichen Einflussfaktoren erfolgen später im Kapitel Kreativitätsmethode.

4.1.5 Überprüfung der Federkraft – IST-Zustand

Die Aktuelle Einstellung des Federdrucks wurde mit einer Federwaage gemessen. Der Wert ist nicht genau, aber dient als Anhaltspunkt für das weitere Vorgehen in der Ausarbeitung einer Lösung.

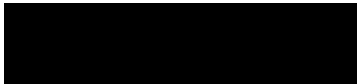


Abbildung 16 - Federwaage Messung Anpresskraft

Es konnte einseitig ein Wert von ca. 23Kg (rund 230N) abgelesen werden. Dies stützt die Schätzung von einem Anpressdruck von 225N, welche im Pflichtenheft eruiert wurde. Des Weiteren muss künftig beachtet werden, dass die Messer im aktuellen Zustand in der Mitte getrennt sind. Dies muss bei einem Messer, welches über die gesamte Schnittlänge verläuft, beachtet werden.

4.1.6 Schnittgeschwindigkeit

Die Geschwindigkeit kann über das Bedienpanel in [%] ausgewählt werden. Es ist aktuell nicht klar definiert, welche Geschwindigkeiten für einen optimalen Schneidevorgang gewählt werden muss. Aus der Erfahrung der Mechaniker hat sich ein Wert zwischen 50-70% als Richtwert erwiesen, wobei ein möglichst tiefer Wert erstrebenswert ist.



4.2 Recherche

4.2.1 Schnittwinkel

Als Literarische Grundlage für die Recherche diente die Dissertation⁵ über Papierschneidemaschinen. Die Übertragbarkeit muss jedoch differenziert betrachtet werden, da die Abhandlung für eine Papierschneidemaschine für mehrlagigen Schnitt, beispielsweise im Buchdruck, ausgelegt ist. *

Wie auf der folgenden Abbildung rechts ersichtlich ist, konnte eine Vermutung über das Fehlen eines **Freiwinkels** α_0 bei unserer Konstruktion bestätigen.

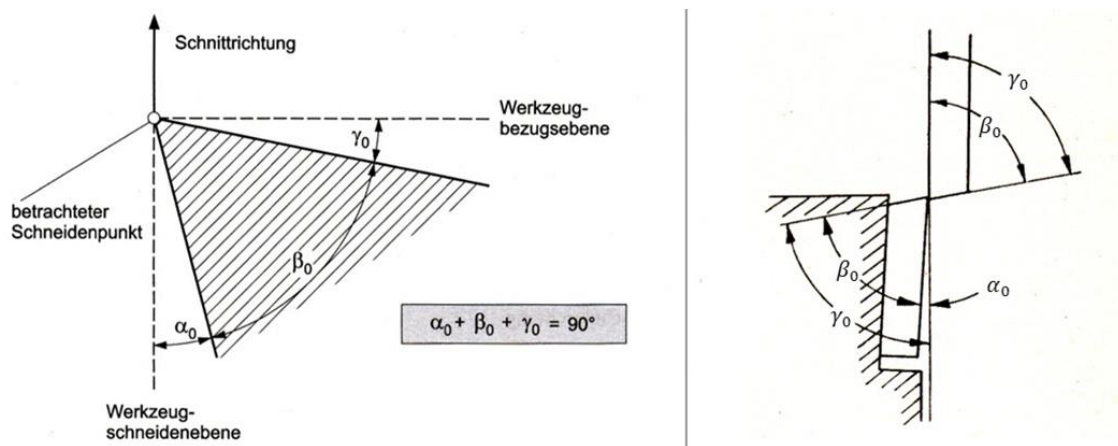


Abbildung 17- Winkel am Schneidkeil; links: Metallverarbeitung, rechts: Scherschneiden in der Papierverarbeitung

Zusätzlich zum Schnittwinkel, muss der Querschnittswinkel beachtet werden. Der Querschnittswinkel ermöglicht einen Punktschnitt vom Papier, vergleichbar mit einer handelsüblichen Handschere. Der optimale Winkel lässt sich nicht einfach eruieren, da sich bei der Vergrößerung des Winkels ebenfalls eine Querkraft F_q erhöht, welches zum Schieben des Papiers führen kann. Siehe Kräftedreieck.

Die Grenze wurde bei einem Versuch mit einer Handschere bei rund 30° ermittelt.

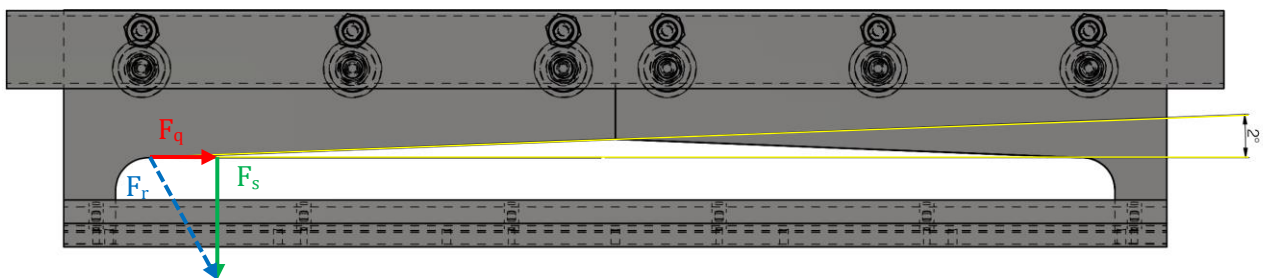
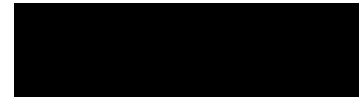


Abbildung 18 - Querschnittswinkel

⁵ Dissertation, Dipl.-Ing. Michael Desch, S.20

*Zusammengefasst mit Hilfe Microsoft Copilot



4.2.2 Kostenverlauf

Die Kosten der letzten Jahre seit 2013 für das Papiermesser wurden aus dem SAP exportiert und bereinigt. Es wurden nur die Aufträge ausgewertet, welche im Kontext von Störungen und Wartungen in direktem Bezug zum Papiermesser stehen, exklusive der Lineareinheit.

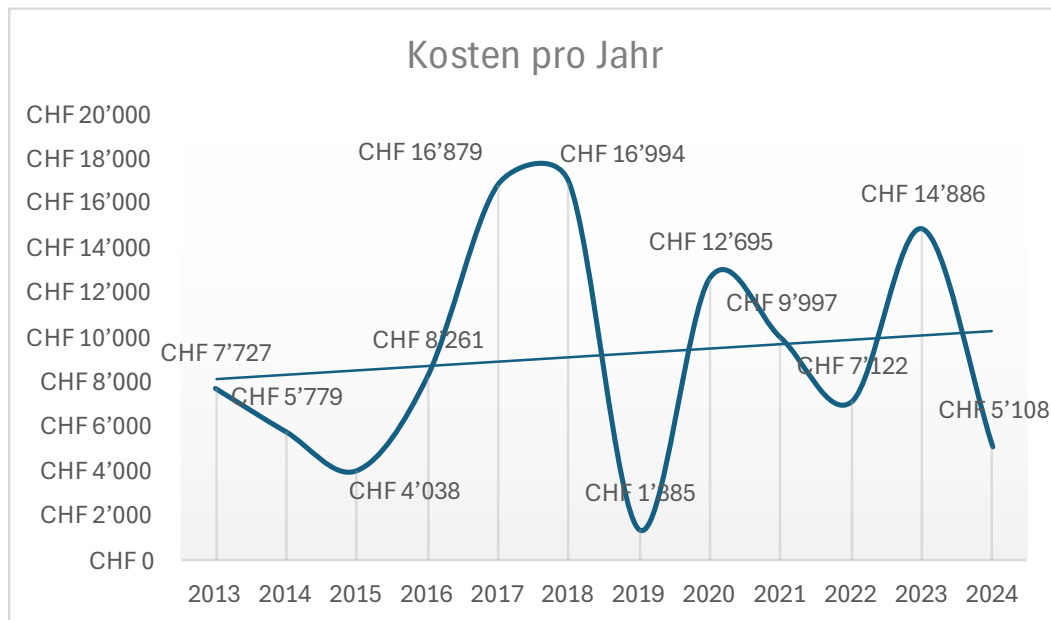
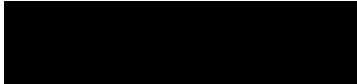


Abbildung 19 - Kostenverlauf

Aus der Auswertung geht hervor, dass im Mittel die Jahreskosten bei **CHF 9239.-** liegen. Über die Jahre gibt es teilweise starke Schwankungen, was darauf hindeutet, dass wenn es zu Problemen kommt, in der Folgezeit dann weniger Störungen auftreten. Dadurch kommt es zu einem schwingenden Verhalten, welches sich in den Kosten widerspiegelt. Auffällig ist auch, dass die Kostentendenz eher steigend ist. Dies kann teilweise mit der Erhöhung des internen Stundensatzes sowie die Teuerung der Ersatzteile erklärt werden.

Fazit Kostenverlauf

Für die Ausarbeitung der Varianten und die anschliessende Umsetzung gilt es darauf zu achten, dass durch geplante Instandhaltungsarbeiten dieses Schwingverhalten gedämpft werden kann, ohne dabei die Kosten und vor allem der Personalaufwand stark zu intensivieren.



4.2.3 Analyse anderer Schnitttypen

Es wurden für den Erkenntnisgewinn und für die grundlegende Funktion des Papier-Schnitts andere Systeme angeschaut, auch wenn diese so nicht umgesetzt werden. Eine Umsetzung ist wie im Pflichtenheft beschrieben ausdrücklich nicht erwünscht.

Messer mit Schneidleiste

Es gibt die Möglichkeit das Papier zu schneiden, indem das Messer auf einen Balken drückt. Dabei sind ein scharfes Messer sowie eine nachgiebig stabile Unterlage notwendig. Das Messer taucht dabei auf eine fest definierte Tiefe in diese Schneidleiste ein, was dann zum Trennen des Materials führt.

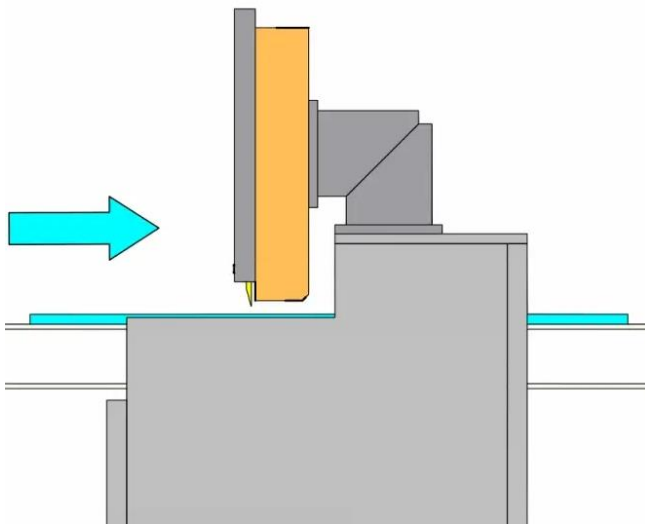


Abbildung 21 - Guillotinen Messer : Faruk Guney, <https://www.baucor.de/collections/guillotine-messer>

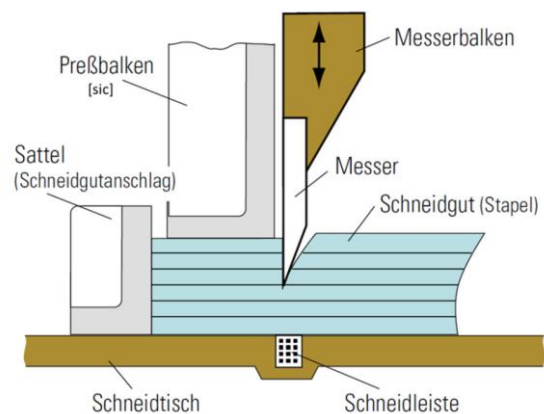


Abbildung 20 - Schneidleiste, Dissertation, Dipl.-Ing. Michael Desch, S.13

Rotationsmesser

An anderen Linien bei uns wird das Papier mittels einem Rotationsmesser geschnitten, welches sich auf einer Welle abrollt.

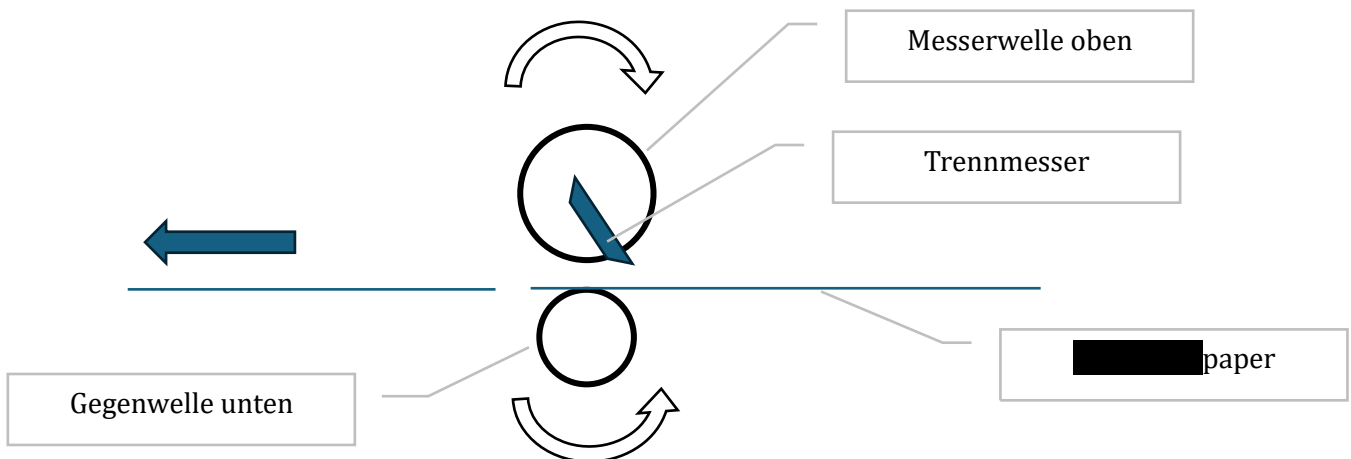


Abbildung 22 - Rotationsmesser

Des Weiteren gäbe es auch Lösungen mit Laufmesser, einer horizontal geführten Klinge wie bei einem Schneidplotter. **Die Erkenntnis aus diesem Teil der Recherche ist, dass zwar immer eine Gegenkraft erzeugt werden muss, welche das Papier unter Spannung hält. Diese muss gegenüber dem Messer jedoch nicht zwingend scharfkantig sein.**

4.2.4 Mögliche Verschleissursachen

Der folgende Zitat-Abschnitt beschreibt die Grundlagen der Verschleissursachen und mögliche Massnahmen.

Zitat Decker s.471-473:

«Verschleiss ist der fortschreitende Materialverlust an der Oberfläche eines festen Körpers (Grundkörper), hervorgerufen durch mechanische Ursachen, d. h. Kontakt- und Relativbewegung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Gegenkörpers. Grundlegende Verschleissmechanismen sind dabei:

Oberflächenzerrüttung: Die Beanspruchung durch Normal- und Tangentialspannungen in den Mikrokontakten erfolgt häufig periodisch, sodass es zu einer Schadensakkumulation mit Werkstoffermüdung kommt. Besonders gefährdet sind Hertz'sche Kontakte in Wälzlagern und Zahnflanken. Hier tritt dann die sog. Grübchenbildung (Pittings) auf, wobei die maximalen Spannungen unter der Oberfläche bestehen und so Materialteilchen heraus-sprengen.

Abrasion: Hier werden entweder durch den härteren Gegenkörper oder durch harte Fremdpartikel (z. B. Stahlabrieb im Öl, der in die Gleitlager eingeschwemmt wird) Furchen in den tribologisch beanspruchten Körper gezogen (Mikropflügen, wird Material abgespant, so nennt man dies Mikrospanen).

Adhäsion: Durch stoffliche Wechselwirkungen auf atomarer und molekularer Ebene entstehen bei tribologischer Beanspruchung aufgrund hoher lokaler Flächenpressungen Verletzungen der schützenden Oberflächenschichten. Es kommt zu Grenzflächenbindungen. Bei Metallen sind diese Grenzflächenbindungen Kaltverschweißungen. Durch die Relativbewegung der Kontaktpartner werden diese örtlichen Verschweißungen, die mitunter eine höhere Festigkeit als die Ausgangsmaterialien haben können, wieder auseinandergerissen. Es kommt zum adhäsiven Materialübertrag. Typisch sind die bekannten Kolbenfresser in Verbrennungsmotoren.

Tribochemische Reaktionen: Durch Reaktion der tribologisch beanspruchten Oberflächen mit dem Umgebungsmedium entstehen Reaktionsprodukte, die abgerieben werden. Da an den Kontaktstellen erhöhte Temperaturen entstehen und die Kontaktstellen mechanisch aktiviert sind, ist dort eine erhöhte Reaktionsfreudigkeit gegeben. Es bilden sich bei Metallen sog. Oxidinseln. Diese neigen zum spröden Ausbrechen.»

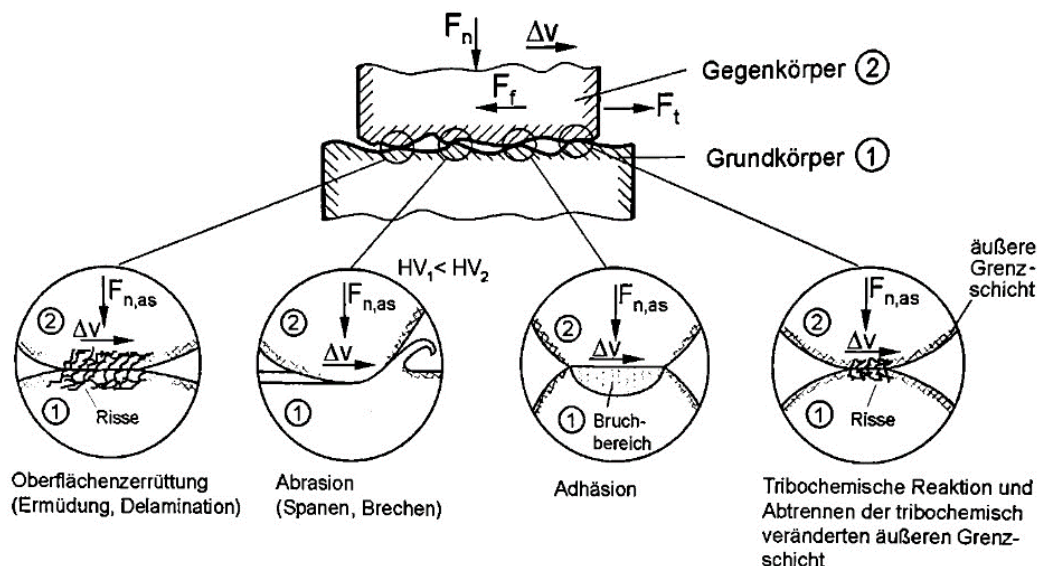


Abbildung 23 - Hauptverschleissmechanismen - Decker s.472

Massnahmen zur Verschleissverringering

«Diese Massnahmen müssen die Wirkung der genannten Hauptverschleissmechanismen verringern: Die **Oberflächenzerrüttung** kann durch harte und zähe Werkstoffe, durch sehr homogene Werkstoffe (wie 100Cr6 Wälzlagerstahl) und durch Druckeigenspannungen in der Oberfläche (durch Aufkohlen, Nitrieren und Carbonitrieren) vermindert werden.

Der Abrasion kann man durch:

harte Phasen (durch Carbide in zäher Matrix - z. B. Beschichtungen von Zylinderlaufbahnen - Nikasil, Galnikal),

durch eine mindestens 1,3-fach höhere Härte des angegriffenen Werkstoffs gegenüber der Härte des Gegenkontakts oder

durch zähes Material, wenn das angreifende Material härter ist als der Werkstoff; begeg-Die Adhäsion kann durch Schmierung, des Weiteren...

Kunststoff, Keramik/Keramik und Kunststoff/Keramik. Das mag vom Standpunkt der Tribologie aus richtig sein, aber die Paarung Metall/Metall (z. B. im Verbrennungsmotor: Reibstellen Kolben/Zylinder, Kurbelwelle/Gleitlager, Nockenwelle/Zylinderkopf usw.) ist in der Praxis unverzichtbar. Ferner wird empfohlen, bei metallischen Paarungen in Bezug auf die Gitter-Struktur keine kubisch-flächenzentrierten Metalle, sondern kubisch-raumzentrierte und hexagonale Metalle einzusetzen.

Tribochemische Reaktionen können:

durch formschlüssige anstelle kraftschlüssiger Verbindungen,

durch das Nichtverwenden von Metallen (konstruktiv oft schwierig),

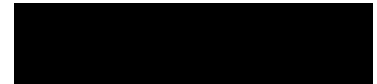
durch Zwischenstoffe und Umgebungsmedien ohne oxidierende Bestandteile...»

Fazit

Die Verschleissminderung durch Schmierung ist in unserem Fall nicht anwendbar, da es eines hohen Wartungsaufwandes bedürfte und oberhalb des Produktes keine automatisierte Schmiereinrichtung platziert werden könnte.

Entsprechende Stellen zum Thema Schmierung wurden oben aus dem Zitat der Übersichtshalber entfernt.

Aufgrund der Beschreibung im Zitat, wird bei unseren Reibpartnern eine **Verschleisskombination aus Oberflächenzerrüttung und Abrasion die Ursache sein**. Geeignete Massnahmen wie Änderung der Materialpaarung oder Härte, sind auf unsere Situation anwendbar.



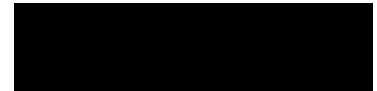
4.3 Kreativitätsmethode – Brainstorming

Um mögliche Ursachen zu finden, eignet sich das Brainstorming gut als Kreativitätsmethode. Die Regeln sind einfach und allgemein bekannt. In der folgenden Auflistung sind teilweise noch doppelte oder ähnliche Inputs vorhanden. Diese werden in der Priorisierung zusammengefasst.

Folgende Ideen wurden als mögliche Ursache für den Abrieb identifiziert:

<p>FEDERKRAFT ZU HOCH MESSER VERBIEGT SICH BEI MONTAGE SCHNEIDESPALT ZU GROSS KEINE SCHMIERUNG ABRIEB DURCH ZU HOHE REIBUNG EINSTELLMASS IST NICHT DEFINIERT / GEKENNZEICHNET MONTAGE IST NICHT WARTUNGSFREUNDLICH CHASSIS VERWINDET SICH CHASSIS ZU WENIG STEIF INSTANDSETZUNGEN SIND SCHLECHT VORBEREITET OBERMESSER HABEN FALSCHEN SCHNITTWINKEL MATERIAL OBERMESSER ZU DÜNN – VERBIEGT SICH MESSER HABEN SPANNUNG DURCH BEARBEITUNG INSTALLATIONSANWEISUNG IST MANGELHAFT MITARBEITER HALTEN SICH NICHT AN ANLEITUNG QUALITÄTSSCHWANKUNGEN BEI ERSATZTEILEN TEMPERATURENTWICKLUNG IN REIBFLÄCHEN</p>	<p>FALSCHES VORGEHEN BEI MONTAGE WINKEL VON GEGENMESSER FALSCH MONTAGE IST KOMPLIZIERT FALSCHER FEDER TYP FEDERN KLEMMEN IN BUCHSE BEWEGUNGSEINHEIT HAT SPIEL FEHLENDE PRÄZISION DER BEWEGUNGSEINHEIT STRESS WENN DAS MESSER WÄHREND STÖRUNG ERSETZT MANGELNDES WISSEN MECHANIKER MANGELNDE AUFMERKSAMKEIT OBERMESSER IN FALSCHEM WINKEL MONTIERT KEINE DEFINIERTEN VERSCHLEISSGRENZEN MATERIAL VON MESSER IST UNGEEIGNET MATERIALPAARUNG IST UNGEEIGNET KORROSION DURCH LUFTFEUCHTIGKEIT ABRASION DURCH MEHLSTAUB ERHÖHT</p>
---	---

Tabelle 9 Brainstorming



4.4 Mindmap aus dem Brainstorming

Um die Ideen für die mögliche Ursache besser einordnen zu können, wurden diese an die Kategorien der «Fishbone-Methode» geordnet. Die Visualisierung wurde für eine gute Übersicht in Form eines Mindmaps dargestellt, sortiert und zusammengefasst.

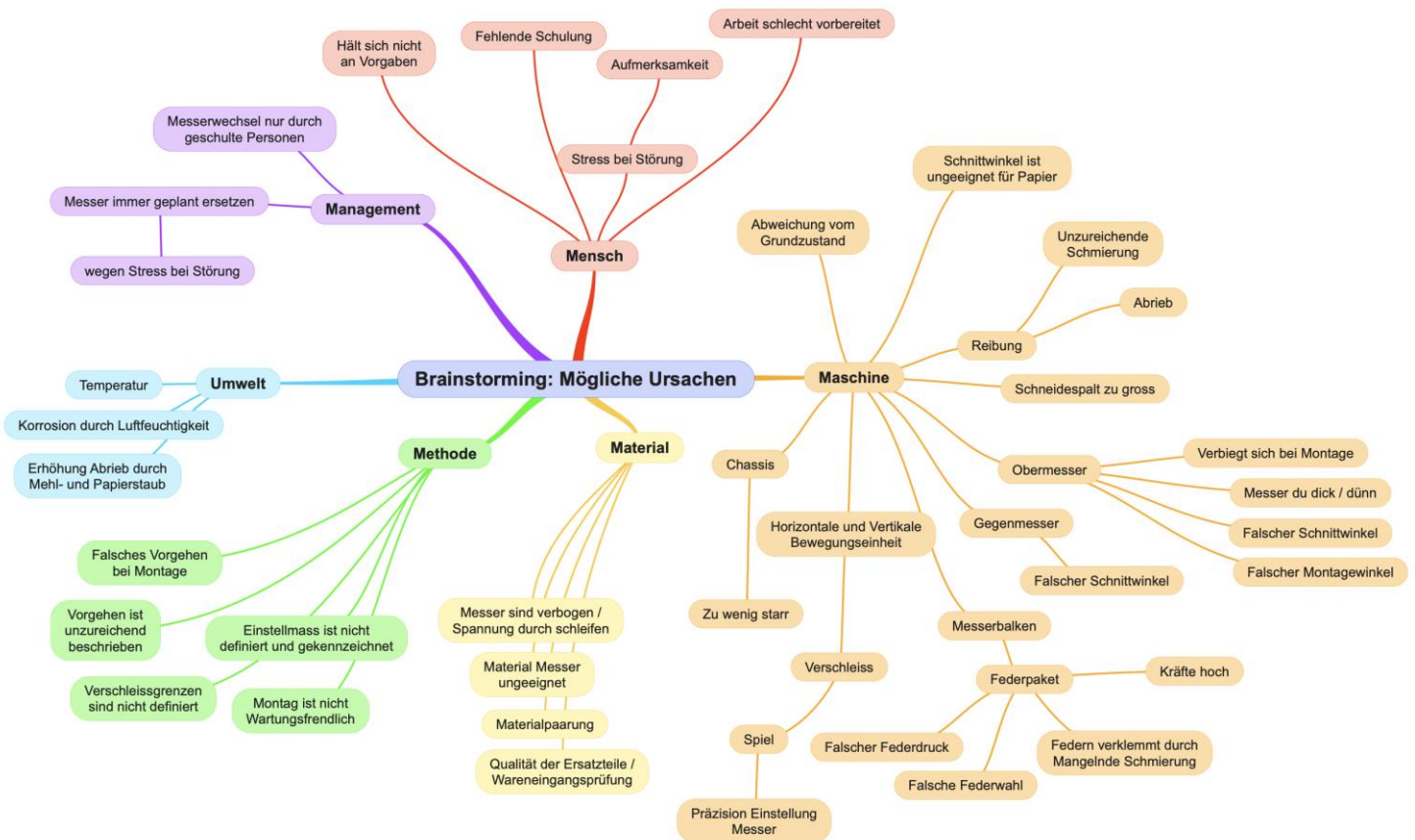


Abbildung 24 Mindmap - Mögliche Ursachen

4.5 Priorisierung der möglichen Ursachen

Mit dieser Bewertungsmethode lassen sich die gesammelten möglichen Einflüsse priorisieren und nach deren Relevanz sortieren. Kategorisiert nach Erfüllungsgrad werden die einzelnen Punkte bewertet und einsortiert. Den gewählten Kategorien, wird ausserdem eine Gewichtung zugeteilt. Das Ziel ist nach dieser Priorisierungsanalyse, die wichtigsten Punkte zu eruieren. Es wird also jede mögliche Ursache in jeder Kategorie bewertet und die Gewichtung summiert. Umso kleiner der Wert, desto relevanter für die Problemlösung.

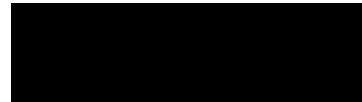
Die Kritischen Punkte sind massgebend für die Anschliessende Variantenbildung.

4.5.1 Einfluss auf das Problem

Wie gross ist der Einfluss auf den Verschleiss und den Abrieb am Papiermesser?

Hoher Einfluss (0)	Mittlerer Einfluss (5)	Geringer Einfluss (10)
Federkraft zu hoch	Keine Schmierung	Einstellmass ist nicht definiert / gekennzeichnet
Messer verbiegt sich bei Montage	Abrieb durch zu hohe Reibung	Montage ist nicht wartungsfreundlich
Obermesser haben falschen Schnittwinkel	Chassis verwindet sich	Temperaturentwicklung in Reibflächen
Mitarbeiter halten sich nicht an Anleitung	Instandsetzungen sind schlecht vorbereitet	Montage ist kompliziert
Schneidespalt zu gross	Material Obermesser zu dünn - verbiegt sich	Korrosion durch Luftfeuchtigkeit
Qualitätsschwankungen bei Ersatzteilen	Messer haben Spannung durch Bearbeitung	Abrasion durch Mehlstaub erhöht
Falsches Vorgehen bei Montage	Installationsanweisung ist mangelhaft	
Winkel von Gegenmesser falsch	Federn klemmen in Buchse	
Falscher Federtyp	Bewegungseinheit hat Spiel	
Obermesser in falschem Winkel montiert	Fehlende Präzision der Bewegungseinheit	
Material von Messer ist ungeeignet	Stress wenn das Messer während Störung ersetzt wird.	
Materialpaarung ist ungeeignet	Mangelndes Wissen Mechaniker	
	Mangelnde Aufmerksamkeit	
	Keine definierten Verschleissgrenzen	

Tabelle 10 - Einfluss auf das Problem

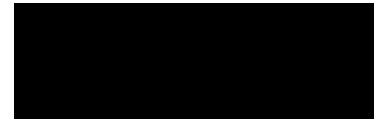


4.5.2 Aufwand

Wie aufwändig und realisierbar ist eine mögliche Anpassung / Änderung?

Hoher Aufwand (3)	Mittlerer Aufwand (2)	Geringer Aufwand (1)
Montage ist nicht wartungsfreundlich	Messer verbiegt sich bei Montage	Federkraft zu hoch
Chassis verwindet sich	Abrieb durch zu hohe Reibung	
Mitarbeiter halten sich nicht an Anleitung	Messer haben Spannung durch Bearbeitung	Keine Schmierung
Fehlende Präzision der Bewegungseinheit	Schneidespalt zu gross	Einstellmass ist nicht definiert / gekennzeichnet
Korrosion durch Luftfeuchtigkeit	Material Obermesser zu dünn - verbiegt	Instandsetzungen sind schlecht vorbereitet
Abrasion durch Mehlstaub erhöht	Temperaturentwicklung in Reibflächen	Obermesser haben falschen Schnittwinkel
	Falsches Vorgehen bei Montage	Installationsanweisung ist mangelhaft
	Winkel von Gegenmesser falsch	Qualitätsschwankungen bei Ersatzteilen
	Montage ist kompliziert	Falscher Federtyp
	Federn klemmen in Buchse	Stress wenn das Messer während Störung ersetzt
	Bewegungseinheit hat Spiel	Mangelndes Wissen Mechaniker
	Obermesser in falschem Winkel montiert	Mangelnde Aufmerksamkeit
	Keine definierten Verschleissgrenzen	Material von Messer ist ungeeignet
		Materialpaarung ist ungeeignet

Tabelle 11 - Aufwand



4.5.3 Kosten

Wie hoch wären die Änderungs-Kosten für das Projekt und den anschliessenden Betrieb?

Hohe Kosten (5)	Mittlere Kosten (3)	Geringe Kosten (1)
Fehlende Präzision der Bewegungseinheit	Messer verbiegt sich bei Montage	Federkraft zu hoch
Montage ist nicht wartungsfreundlich	Schneidespalt zu gross	Abrieb durch zu hohe Reibung
Chassis verwindet sich	Obermesser haben falschen Schnittwinkel	Einstellmass ist nicht definiert / gekennzeichnet
Winkel von Gegenmesser falsch	Messer haben Spannung durch Bearbeitung	Instandsetzungen sind schlecht vorbereitet
Korrosion durch Luftfeuchtigkeit	Material Obermesser zu dünn – verbiegt sich	Installationsanweisung ist mangelhaft
Abrasion durch Mehlstaub erhöht	Keine Schmierung	Mitarbeiter halten sich nicht an Anleitung
	Temperaturentwicklung in Reibflächen	Qualitätsschwankungen bei Ersatzteilen
	Montage ist kompliziert	Falsches Vorgehen bei Montage
	Federn klemmen in Buchse	Falscher Federtyp
	Bewegungseinheit hat Spiel	Stress wenn das Messer während Störung ersetzt
	Obermesser in falschem Winkel montiert	Mangelndes Wissen Mechaniker
	Keine definierten Verschleissgrenzen	Mangelnde Aufmerksamkeit
	Material von Messer ist ungeeignet	
	Materialpaarung ist ungeeignet	

Tabelle 12 - Kosten



4.5.4 Auswertung der Priorisierung

Die «mögliche Ursachen» mit einer Bewertung zwischen 2 und 5 (rot) werden anschliessend bei der Variantenbildung wegweisend für die Konstruktion sein. Operative und organisatorische Ursachen werden nach Möglichkeit berücksichtigt.

Mögliche Ursache	Bewertung	Massnahme Variantenbildung
Federkraft zu hoch	2	Anpassung Federbolzen
Qualitätsschwankungen bei Ersatzteilen	2	Operativ, Wareneingang
Falscher Federtyp	2	Neuer Federtyp
Falsches Vorgehen bei Montage	3	Operativ, Anleitung
Obermesser haben falschen Schnittwinkel	4	Spitzer Schnittwinkel
Mitarbeiter halten sich nicht an Anleitung	4	Operativ, Sensibilisierung
Material von Messer ist ungeeignet	4	Materialwahl prüfen
Materialpaarung ist ungeeignet	4	Anpassung OM / UM
Messer verbiegt sich bei Montage	5	Bei Montage auf Spannung achten
Schneidespalt zu gross	5	Freiwinkel an OM
Obermesser in falschem Winkel montiert	5	Freiwinkel durch schrägstellen
Instandsetzungen sind schlecht vorbereitet	7	
Installationsanweisung ist mangelhaft	7	
Stress wenn das Messer während Störung ersetzt wird.	7	
Mangelndes Wissen Mechaniker	7	
Mangelnde Aufmerksamkeit	7	
Abrieb durch zu hohe Reibung	8	
Winkel von Gegenmesser falsch	8	
Keine Schmierung	9	
Material Obermesser zu dünn - verbiegt sich	10	
Messer haben Spannung durch Bearbeitung	10	
Federn klemmen in Buchse	10	
Bewegungseinheit hat Spiel	10	
Keine definierten Verschleissgrenzen	10	
Einstellmass ist nicht definiert / gekennzeichnet	12	
Chassis verwindet sich	13	
Fehlende Präzision der Bewegungseinheit	13	
Temperaturentwicklung in Reibflächen	15	
Montage ist kompliziert	15	
Montage ist nicht wartungsfreundlich	18	
Korrosion durch Luftfeuchtigkeit	18	
Abrasion durch Mehlstaub erhöht	18	






















Tabelle 13 - Auswertung mögliche Ursache

4.6 Variantenbildung

Für die Bildung der Varianten, wurde ein Morphologischer-Kasten angewendet. Dies ist ein Tool zur kreativen Bildung von verschiedenen Varianten.

Als Einflussgrößen für die Kriterien und Ausprägungen sind die identifizierten «möglichen technischen Ursachen» aus der Priorisierungsmethode aufgeführt. Auf die operativen Einflüsse wird dann bei der Konzeptbildung geachtet. Die Ideen aus dem Morphologischen Kasten dienen zur Ideenfindung, und bilden aber möglicherweise nicht exakt die schlussendlichen Varianten ab.

Tabelle 14 - Morphologischer Kasten

	Ausprägung			
Messerform OM	Guillotinen Messer 	Freiwinkel an Schneide 	Schnittwinkel spitz (scharf) 	
UM Winkel 10° (Halter)	Wird beibehalten  	Wird geändert 		
Material	OM angepasst 	UM angepasst	OM und UM 	Kunststoff/ Keramik 
Winkel Montage OM	Messer wird schräg gestellt  	OM zu Hub ausgerichtet 		
Federdruck	Neuer Federtyp   	Bestehender Federtyp, Anpassung Halter	Anschlag für OM	
Anschlag für Begrenzung Federweg	Ohne Anschlag  	Mit Anschlag 		
	Variante 1 	Variante 2 	Variante 3 	

4.7 Variante 0 - Sofortmassnahme

Weil das Messer bald sein Lebensende erreicht, wurde entschieden eine Sofortmassnahme einzuplanen, um bereits erste Erkenntnisse einfließen zu lassen. Als Sofortmassnahme, wird empfohlen, die Druckfedern durch ein Federtyp mit Länge 64mm, anstatt 72mm einzusetzen. Dies ermöglicht eine Spannungsfreie Montage. Aktuell sind die Federn immer unter Spannung, sobald die Federbolzen montiert sind.

Ausserdem die OM und das UM ersetzen mit den Ersatzteilen aus dem Instandhaltungslager.

Der Schneidwinkel muss zu der Vertikalbewegung ausgerichtet werden.

Durch die Absprache mit dem Messer-Lieferanten von Ramseier-Werkzeugbau AG wurde dieser Vorschlag für die Sofortmassnahme ergänzt durch das Schleifen eines Schnittwinkels von 60° am OM sowie Verbesserung der Verschleissfestigkeit durch Oberflächenbehandlung oder Härtung nach der Empfehlung ihres Spezialisten. Ein Paar OM aus unserem Lager, wurden somit nach dem Besprechungstermin zur Nachbearbeitung mitgegeben.

Entsprechend meiner Annahme ist die Empfehlung ebenfalls von den Vertretern von Ramseier-Werkzeugbau AG, die Obermesser nicht zu trennen und aus einem Stück herzustellen. Es wird für die entsprechende Ausführung eine Offerte erstellt. Details der Besprechung ist im Protokoll vom 07.10.2024 im Anhang zu finden.

Nachtrag am 10.10.2024: Gemäss Herr Jenny kann die nachträgliche Härtung / Beschichtung nicht durchgeführt werden, da die OM vorgängig sekundär gehärtet⁶ sein müssten. Federn werden nach Vorschlag bestellt und uns für die Sofortmassnahme geliefert.

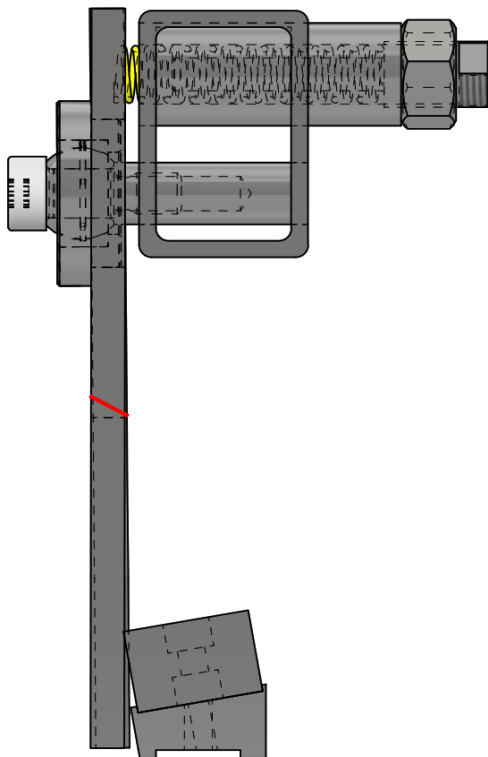
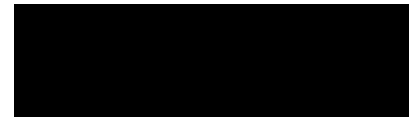


Abbildung 25 - Variante 0 - Sofortmassnahme

Kostenschätzung				
Geplante Komponenten Projekt				CHF
Messerbalken (UM)				805
Messer oben (OM)				550
Beschichtung und 30° schleifen	*nachtrag Termin Ramseier			1000
Federn Neu 6Stk.				100
Neue Federbolzen M16x1.5				700
Stumme:				3155
Geplanter Aufwand Projekt				Stunden
Hubrichtung und OM 0° eistellen		6		462
OM und UM ersetzen		2		154
Federn und Federbolzen montieren		1		77
Befestigung Centerlining		3		231
				0
				0
				0
				0
Summe:				924
Projekt:				<u>CHF 4'079.00</u>
Erwartete Wartungskosten / Jahr	Vorgang	Material:	Stunden	
Monatlich - Kontrolle			1	924
3 Monatlich	Messer nachstellen		2	616
Halbjährlich	Messer ersetzen	1355	4	3326
Jährlich	Federn	100		100
Material pro Jahr				
				28
Total Wartung:				<u>CHF 4'966.00</u>

Tabelle 15 – Kostenschätzung Variante 0

⁶ Sekundärhärtung 1070°C und 2 x 520°C anlassen



4.8 Variante 1 - Freiwinkel

Wie in der Analyse erkannt wurde, ist für einen Punktschnitt über die gesamte Breite, ein Freiwinkel essenziell. Dadurch wird verhindert, dass die gesamte eingetauchte Fläche an der Schnittkante vom UM reibt und dadurch Verschleiss und somit Abrieb entsteht.

Diese Variante löst dieses Problem, durch die angepasste Schneiden Geometrie. Um das Papier optimal zu schneiden, wird der Schnittwinkel auf 60° geschliffen. Beachtet werden muss auch die Schrägstellung vom UM von 10°.

Die Anpresskraft muss auf ein Minimum reduziert werden, deshalb wird ein neuer Typ Druckfedern eingesetzt. Dieser wird in der weiteren Ausarbeitung des Präferierten Variante bestimmt.

Für die Realisierung dieser Variante, bedarf es einer genauen Ausrichtung sowie Fixierung des Vierkant-Trägerrohrs, des OM und des UM.

Bei der Wartung reicht es dann die Einstellungen zu prüfen und das Messer kann dann einfach ersetzt und anschliessend die Andruckkraft über den Federdruck eingestellt werden, bis das Papier geschnitten wird.

Die Einstellung findet anschliessend rein über die Anpresskraft durch die Federvorspannung statt. Von der Messergeometrie ist diese von allen Varianten die aufwändigste, welche sich dann vermutlich auch im Preis widerspiegeln wird.

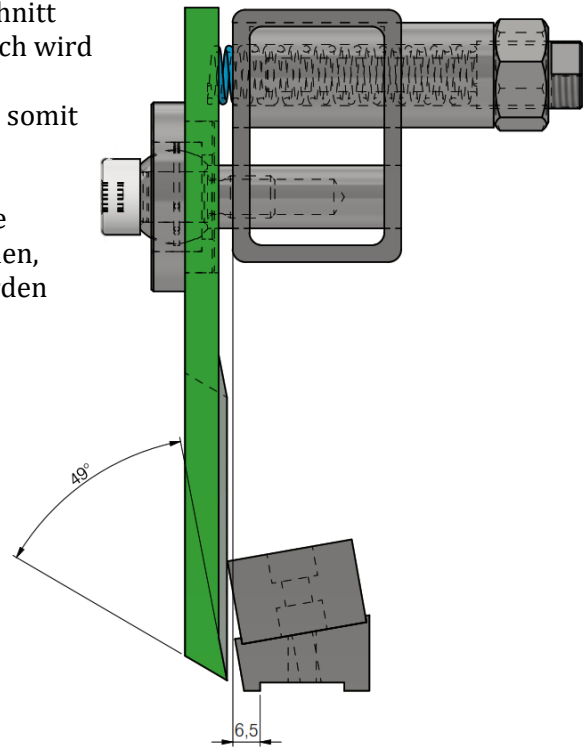


Abbildung 26 - Variante 1 Seitenansicht

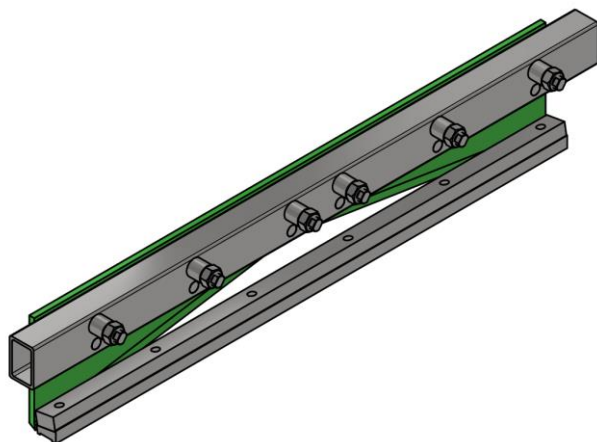


Abbildung 28 - Variante 1 Isometrie Ansicht

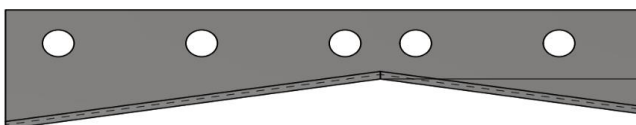
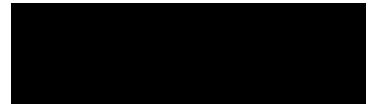


Abbildung 28 - Variante 1 Frontansicht

Kostenschätzung				
Geplante Komponenten Projekt				CHF
Messerbalken (UM)				805
Messer oben (OM)				2500
Federn Neu 6Stk.				100
Neue Federbolzen M16x1.5				700
			Summe:	4105
Geplanter Aufwand Projekt				Stunden
Hubrichtung und OM 0° einstellen		6		462
OM und UM ersetzen		2		154
Federn und Federbolzen montieren		1		77
Hub OM einstellen		2		154
Befestigung Centerlining		3		231
				0
				0
				0
			Summe:	1078
			Projekt:	CHF 5'183.00
Erwartete Wartungskosten / Jahr	Vorgang	Material:	Stunden	
Monatlich			0.5	462
3 Monatlich	Messer nachstellen		1	308
Halbjährlich			3	462
Jährlich	OM und Federn erse	3405	1	3482
Material pro Jahr				
			17	
			Total Wartung:	CHF 4'714.00

Tabelle 16 - Kostenschätzung Variante 1



4.9 Variante 2 - Anschlag

Diese Variante löst das Problem vom Freiwinkel, indem das Messer beim unteren Totpunkt in einem 2°-Winkel zu der vertikalen Hubbewegung stellt und sich zum oberen Totpunkt hin zu einem rechten Winkel verläuft. Ausserdem wird die Hüslenlänge (Gelb) für jede Position von links nach rechts so angepasst, dass das Messer schräg steht und geometrisch keine Wipp-Bewegung macht. Die geometrische Bestimmung der Hüslenlänge findet sich im Anhang Nummer 6. **Hinweis:** In Abbildung 28 ist das OM noch im 90° Winkel ausgerichtet. In der Realität wird dann aber die Schnittkante (Diagonale im Raum) 90° zu der Hubbewegung ausgerichtet sein und parallel zu der UM-Ebene verlaufen. Anpassung wird durchgeführt, sofern diese Variante realisiert wird.

Es wird ein anderer Federntyp (Blau) für eine geringere Anpresskraft eingesetzt. Zusätzlich zu den anderen Varianten, besitzt diese eine Stellschraube (Orange) mit Feingewinde. Somit kann die maximale Anstellposition exakt eingestellt werden. Es muss ein zusätzlicher Halter (Lila) am Vierkantrohr angeschweisst werden. Dies ist ein zusätzlicher Benefit zur Reduktion von Verschleiss und Abrieb.

Das UM sowie der Halter bleiben bestehen.

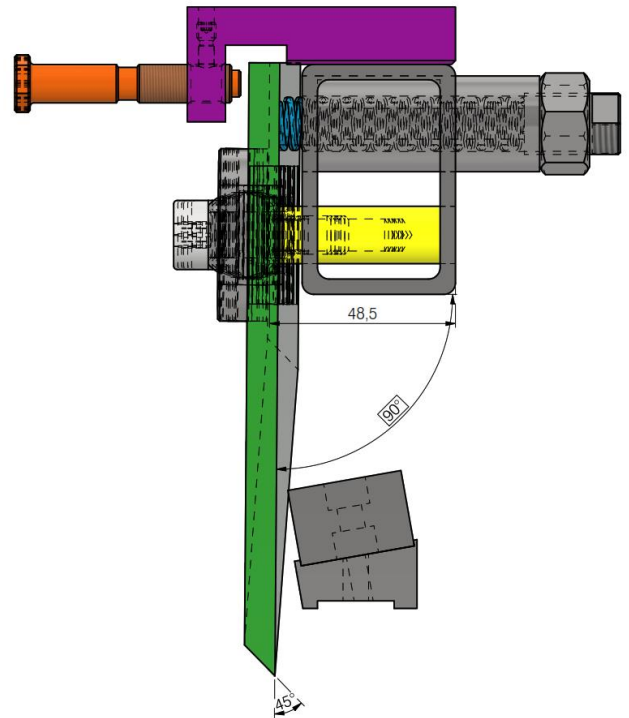


Abbildung 29 Variante 2 Seitenansicht

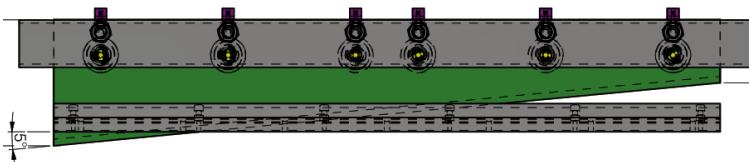


Abbildung 31 - Variante 2 Frontansicht

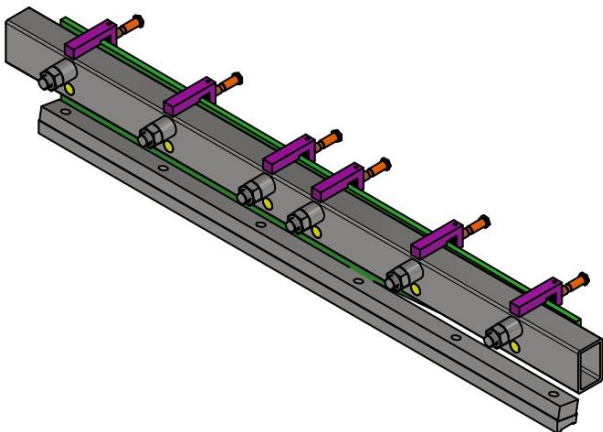
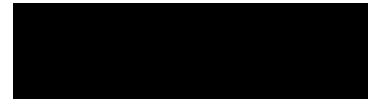


Abbildung 30 - Variante 2 Isometrie Ansicht

Kostenschätzung			
Geplante Komponenten Projekt			CHF
Messerbalken (UM)			805
Messer oben (OM)			1500
4-Kant Rohr mit Einschweissbolzen			5000
Federn Neu 6Stk.			100
Neue Federbolzen M16x1.5			700
Distanzhalter mit Feingewinde			2000
Stellschrauben			299
		Stumme:	10404
Geplanter Aufwand Projekt			Stunden
Hubrichtung und OM 2° einstellen	6		462
OM und UM ersetzen	2		154
Federn und Federbolzen montieren	1		77
Messer einstellen	8		616
Befestigung Centerlining	3		231
Balken ersetzen	3		231
			0
			0
		Summe:	1771
		Projekt:	CHF 12'175.00
Erwartete Wartungskosten / Jahr			
Monatlich		Vorgang	Material: Stunden
3 Monatlich		Messer nachstellen	0,5 462
Halbjährlich			4 1232
Jährlich		OM und Federn erse	1500 8 2116
Material pro Jahr			30
		Total Wartung:	CHF 3'810.00

Tabelle 17 - Kostenschätzung Variante 2



4.10 Variante 3 - Kunststoffbalken

Diese Variante beruht darauf, die Reibung durch Änderung der Materialpaarung zu reduzieren. Der Verschleiss findet hier hauptsächlich am UM statt (9).

Der Ersatz ist sehr einfach und erfordert nur einen geringen Zeitaufwand, da beim Wechsel keine spezifische Einstellung mehr nötig ist.

Das OM (**Grün**) wird nicht mehr in zwei Teile geteilt, sondern ist wie auch bei den anderen Varianten aus einem Stück. Dies erhöht die Präzision und verhindert Fehler beim Übergang der geteilten OM.

Das UM aus Kunststoff wird gerade zu der vertikalen Hubrichtung ausgerichtet, um die Flächenpressung zu mindern und der Verschleiss an der Kante zu verringern. Die Wahl des Kunststoffs muss in Bezug auf Lebensmittelkonformität, Gleit- sowie Festigkeits-Eigenschaften gewählt werden.

Vorabklärungen mit der internen Qualitätssicherung wurden schon getroffen und bestätigt. Muss aber vor der Implementierung und Übergang in die Produktionsphase noch validiert werden.

Da der Gegendruck bei Kunststoff geringer ist, wurde ein Schnittwinkel von 60° gewählt, um das Papier trotzdem zuverlässig zu schneiden.

Auf dem neuen Halter (Dunkelgelb) kann ausserdem das Führungsblech direkt montiert werden und es muss nicht mehr über eine UM-Schraube befestigt werden.

Der Anpressdruck wird durch die Wahl eines neuen Federtyps realisiert.

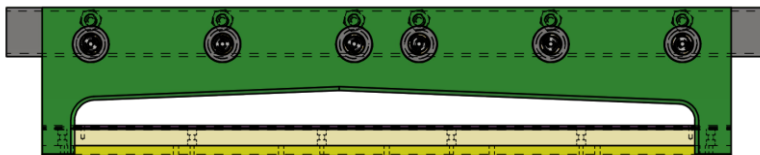


Abbildung 33 - Variante 3 Frontansicht

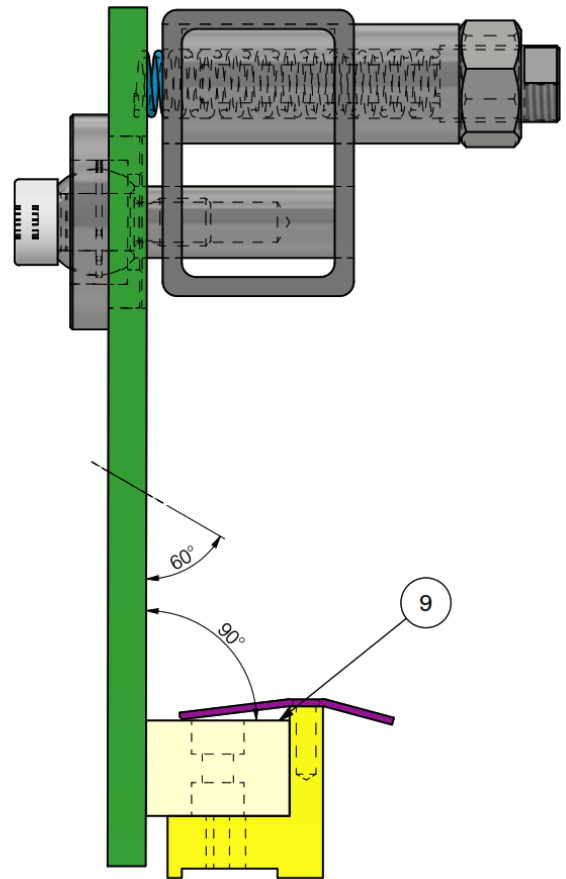
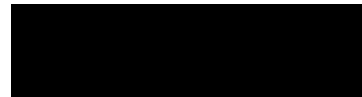


Abbildung 32 Variante 3 Seitenansicht

Kostenschätzung				
Geplante Komponenten Projekt			CHF	
Messerbalken (UM)			500	
Messer oben (OM)			1500	
Messerhalter			4500	
Federn Neu 6Stk.			100	
Neue Federbolzen M16x1.5			700	
Blech			250	
Summe:			7550	
Geplanter Aufwand Projekt			Stunden	
Hubrichtung und OM 0° einstellen		6	462	
OM und UM ersetzen		2	154	
Federn und Federbolzen montieren		1	77	
Halter Einbauen und ausrichten		3	231	
Befestigung Centerlining		3	231	
			0	
			0	
			0	
Summe:			1155	
Projekt:			CHF 8'705.00	
Erwartete Wartungskosten / Jahr	Vorgang	Material:	Stunden	
Monatlich			0.5	462
3 Monatlich	Messerbalken UM er	300	1	1508
Halbjährlich			3	462
Jährlich	OM und Federn erse	750	1	827
Material pro Jahr				17
Total Wartung:			CHF 3'259.00	

Tabelle 18 - Kostenschätzung Variante 3



4.11 Vergleichen der Varianten

	Variante 0 Sofortmassnahme	Variante 1 Freiwinkel	Variante 2 Anschlag	Variante 3 Kunststoffbalken
Kosten Projekt	CHF 4'079.00	CHF 5'183.00	CHF 12'175.00	CHF 8'705.00
Kosten / Wartung Jahr	CHF 4'966.00	CHF 4'714.00	CHF 3'810.00	CHF 3'259.00
Personalaufwand / Wartung Jahr	28	17	30	17

Tabelle 19 - Übersicht Varianten Kosten & Aufwand

Die Kosten sind für dieses Projekt weniger relevant als das Resultat, die Minderung von Verschleiss und somit auch des Abriebs. Trotzdem ist es notwendig die Kosten abzuschätzen und zu vergleichen. In diesem Bezug sind es dann vor allem die zukünftigen Servicekosten sowie der Personalaufwand welche interessant sind. Mehr dazu in der Wahl der Bewertungskriterien in Kapitel 4.11.2.
Die Variante 0 wird für die Vergleichbarkeit in der Bewertung mitberücksichtigt.

Die Bewertung fand zusammen mit dem Fachexperten André Thiel statt.

4.11.1 Input von Ramseier-Werkzeugbau AG

Ihre Empfehlung ist die Umsetzung der Variante 0 «Sofortmassnahme» mit der Ergänzung der Beschichtung sowie schleifen des Schneidwinkels, wie in der Variante 0 beschrieben.

Auszug aus dem Besprechungsprotokoll vom 07.10.2024:

Rückmeldung Variante 1:

Idee von Punktschnitt und Messerart von Ramseier-Seite her sinnvoll. => Verbesserungsvorschläge ihrerseits: Sie würden die Schneidkante in eine Schneidfläche umwandeln (ca. 3-5mm hoch). Ausserdem die Freifläche nur 0.2 bis 0.5mm freigestellt. (Schleifaufwand).

Rückmeldung Variante 2:

Grundsätzlich sehr positiv. Kritikpunkt analog Variante 1, dass sie den Freiwinkel eher über eine kleinere Fläche lösen würden.

Rückmeldung Variante 3:

Finden den Lösungsansatz gut mit Einsatz von Kunststoff oder Alternativwerkstoff zur Minderung der Reibung. Sie haben allerdings keine Erfahrung mit Kunststoffen und könnte dort auch keinen Support liefern. Wir sind dann übergegangen zu der Materialpaarung (Stahl) für die Reibungsoptimierung. (Siehe Abschnitt Sofortmassnahme).

4.11.2 Wahl der Bewertungskriterien

Um die Varianten miteinander vergleichen zu können, gilt es Vergleichskriterien auszuwählen, an denen dann die Varianten gemessen werden. Teilweise gibt es einen indirekten Einfluss der Kriterien, dort gilt es sich dann bei der Bewertung möglichst auf die Begründung des Kriteriums zu stützen.

Kriterium	Begründung
Kosten Projekt	Die Kosten sind bei jedem Projekt relevant. Es müssen die Varianten untereinander verglichen werden und kann neben dem Hauptziel doch einen Unterschied machen. Besonders wenn sich diese signifikant unterscheiden oder einen gewissen Schwellenwert übersteigen.
Kosten Wartung Zukunft	Interessant sind vor allem die Kosten, welche zukünftig jedes Jahr anfallen. Der Kosteneinfluss für die kommenden Jahre werden gerne bei dem Fokus auf das Projektbudget wenig beachtet oder gar vergessen. Wenn man langfristig denkt, kann plötzlich eine Variante trotz höherer Investitionskosten wieder attraktiv werden.
Geringes Risiko	Unter den Einflüssen aus der Risikoanalyse in Kapitel 3.4 wird bewertet, wie hoch das Risiko für das Scheitern des Projektes ist. Darin enthalten ist beispielsweise auch ein schneller Rückbau auf den jetzigen Stand bei Eintreten von Problemen. Je experimenteller eine Lösung oder Variante ist, desto höher ist auch das Risiko.
Umsetzungsdauer	Wie lange geht es, bis das Projekt komplett abgeschlossen ist.
Einfachheit Handhabung	Wie einfach lässt sich in Zukunft die Wartung durchführen. Braucht es viel Spezialwissen oder ist beispielsweise der Wechsel des OM oder UM durch einen Mechaniker einfach durchführbar.
Wenig neue Ersatzteile	Neue Ersatzteile bedeuten Kosten, da die Bestehenden entsorgt und neue angeschafft werden müssen. Die Aufnahme ist mit zusätzlichem Aufwand verbunden. Ausserdem sind Baugruppen möglichst einfach zu halten nach dem Ansatz; So viel wie nötig, so wenig wie möglich.
Kompatibilität zu Anlage bestehend	Müssen viele Bereiche der Baugruppe umgebaut oder ist das die Variante eine «Plug and Play» Lösung.
Aufwand für Umsetzung	Wie gross ist der Aufwand für die Umsetzung. Müssen viele Zeichnungen erstellt werden, was muss alles noch ausgemessen werden. Gilt es weitere Abklärungen in Bezug auf die Lebensmittelsicherheit oder neuen Lieferanten.
Komplexität Projekt	Wie Komplex ist die Variante in Bezug auf die Ausarbeitung, Implementierung an der Linie, Testphase und Übergang in die Produktion.
Erwartung Verschleisseliminierung	Wie hoch ist die Erwartung, unser primäres Problem vom Verschleiss bzw. Abrieb zu lösen.

Tabelle 20 - Wahl der Bewertungskriterien



4.11.3 Präferenzmatrix

In der Präferenzmatrix werden die einzelnen Bewertungskriterien gegenseitig als wichtig oder weniger wichtig gestellt. Als Ergebnis aus der Präferenzmatrix erhält dann jedes Kriterium eine Gewichtung in Prozent. Dieser Ansatz dient dazu, eine möglichst objektive Bewertung durchführen zu können.

Präferenzmatrix												
Die mit dieser Farbe hinterlegten Zellen werden automatisch berechnet												
als wichtiger	Kosten Projekt	Kosten Wartung Zukunft	Geringes Risiko	Umsetzungsdauer	Einfachheit Handhabung	Wenig neue Ersatzteile	Kompatibilität zu Anlage bestehend	Aufwand für Umsetzung	Komplexität Projekt	Erwartung Verschleisseliminierung	Summe	% (gerundet)
Kosten Projekt		0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2%
Kosten Wartung Zukunft	1		0	1	0	1	1	1	1	0	6	13%
Geringes Risiko	1	1		1	1	1	1	1	1	1	9	20%
Umsetzungsdauer	1	0	0		0	0	0	0	0	0	1	2%
Einfachheit Handhabung	1	1	0	1		1	1	1	1	0	7	16%
Wenig neue Ersatzteile	1	0	0	1	0		0	1	1	0	4	9%
Kompatibilität zu Anlage bestehend	1	0	0	1	0	1		1	1	0	5	11%
Aufwand für Umsetzung	0	0	0	1	0	0	0		0	0	1	2%
Komplexität Projekt	1	0	0	1	0	0	0	1		0	3	7%
Erwartung Verschleisseliminierung	1	1	0	1	1	1	1	1	1		8	18%
											Prüfsumme	100%

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

Tabelle 21 - Präferenzmatrix

Als Kriterien mit einer hohen Gewichtung, also mit einem hohen Einfluss wurden ein geringes Risiko, die Erwartung an die Verschleisseliminierung sowie eine einfache Handhabung erkannt.

Hingegen sind die Projektkosten sowie der Aufwand für die Umsetzung für uns weniger relevant.



4.11.4 Nutzwertanalyse

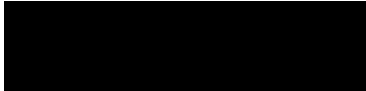
In der Nutzwertanalyse wurden die Varianten 0 (ausser Konkurrenz) und die Realisierungsvorschläge dann zu den Kriterien bewertet.

Die Methode dabei war, immer horizontal zu jedem Kriterium (linke Spalte) jeweils alle Varianten gegenüberzustellen und zu bewerten. Sobald die Einigkeit über die Bewertung geherrscht hat, wurde zum nächsten Kriterium übergegangen. Als Massstab für die Bewertung gilt jeweils für die in jeder Kategorie beste Auswahl eine hohe Punktezahl, wobei für die schlechteste eine niedrige Punktezahl vergeben wurden. Die Punktevergabe darf somit nur im Kontext des Vergleichs betrachtet werden und ist nicht aussagekräftig einer Benotung im klassischen Sinne.

Nutzwertanalyse									
	Gewichtung	Variante 0 Sofortmassnahme		Variante 1 Freiwinkel		Variante 2 Anschlag		Variante 3 Kunststoffbalken	
		Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
Kosten Projekt	2%	10	0.22	8	0.18	2	0.04	7	0.16
Kosten Wartung Zukunft	13%	1	0.13	8	1.07	8	1.07	10	1.33
Geringes Risiko	20%	10	2.00	7	1.40	5	1.00	1	0.20
Umsetzungsdauer	2%	10	0.22	7	0.16	2	0.04	3	0.07
Einfachheit Handhabung	16%	9	1.40	9	1.40	1	0.16	8	1.24
Wenig neue Ersatzteile	9%	8	0.71	8	0.71	1	0.09	3	0.27
Kompatibilität zu Anlage bestehend	11%	10	1.11	10	1.11	4	0.44	5	0.56
Aufwand für Umsetzung	2%	8	0.18	8	0.18	2	0.04	6	0.13
Komplexität Projekt	7%	8	0.53	7	0.47	2	0.13	8	0.53
Erwartung Verschleisseliminierung	18%	3	0.53	6	1.07	9	1.60	8	1.42
Summe			7.04		7.73		4.62		5.91

Bewertungszahl von 0 - 10
 Bewertungszahl 0 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium nicht
 Bewertungszahl 10 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium vollständig

Tabelle 22 - Nutzwertanalyse



4.11.5 Sensitivitätsanalyse

Um das Ergebnis zu validieren, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Bei der Sensitivitätsanalyse werden einzelne Kriterien wiederholt angeschaut und die Bewertung erneut diskutiert. Die betreffenden Punkte wurden gelb markiert.

Das Kriterium **Aufwand für Umsetzung** wurde angepasst in **Aufwand für Wartung**. In der Diskussion hat sich dieses Kriterium für uns als relevanter gezeigt. Dies hatte dann wiederum einen Einfluss auf die Gewichtung aller Kriterien.

Die Varianten wurden erneut untereinander verglichen.

Sensitivitätsanalyse									
	Gewichtung	Variante 0 Sofortmassnahme		Variante 1 Freiwinkel		Variante 2 Anschlag		Variante 3 Kunststoffbalken	
		Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
Kosten Projekt	0%	10	-	8	-	2	-	7	-
Kosten Wartung Zukunft	11%	1	0.11	3	0.33	8	0.89	10	1.11
Geringes Risiko	20%	8	1.60	5	1.00	3	0.60	1	0.20
Umsetzungsdauer	2%	10	0.22	7	0.16	2	0.04	3	0.07
Einfachheit Handhabung	16%	9	1.40	9	1.40	1	0.16	8	1.24
Wenig neue Ersatzteile	9%	7	0.62	7	0.62	3	0.27	4	0.36
Kompatibilität zu Anlage bestehend	11%	8	0.89	8	0.89	4	0.44	5	0.56
Aufwand für Wartung	7%	8	0.53	6	0.40	2	0.13	6	0.40
Komplexität Projekt	7%	8	0.53	7	0.47	2	0.13	8	0.53
Erwartung Verschleisseliminierung	18%	3	0.53	6	1.07	9	1.60	8	1.42
	Summe		6.44		6.33		4.27		5.89

Bewertungszahl von 0 - 10
 Bewertungszahl 0 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium nicht
 Bewertungszahl 10 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium vollständig

Tabelle 23 - Sensitivitätsanalyse

Zusammenfassung der Diskussionen zu der Variantenbewertung:

Die Variante 1 konnte aufgrund ihrer Einfachheit überzeugen. Allgemein ist sie sehr ausgeglichen und keine schwerwiegenden Nachteile.

Die Variante 2 «Anschlag» hat zwar die Möglichkeit durch die Anschläge präziser eigestellt werden zu können, dies birgt aber dann ein relativ grosses Risiko in der Wartung, dass es zu einer Kollision zwischen OM und UM kommt. Das Ablauf müsste sehr detailliert beschrieben werden.

Die Variante 3 konnte ebenfalls mit der Einfachheit punkten. Jedoch birgt die Ausführung mit Kunststoff aufgrund mangelnder Erfahrung ein grosses Risiko, dass das Konzept nicht so funktioniert, wie angedacht.



4.11.6 Fazit Vergleich der Varianten

Ausprägung der Varianten nach Kriterien

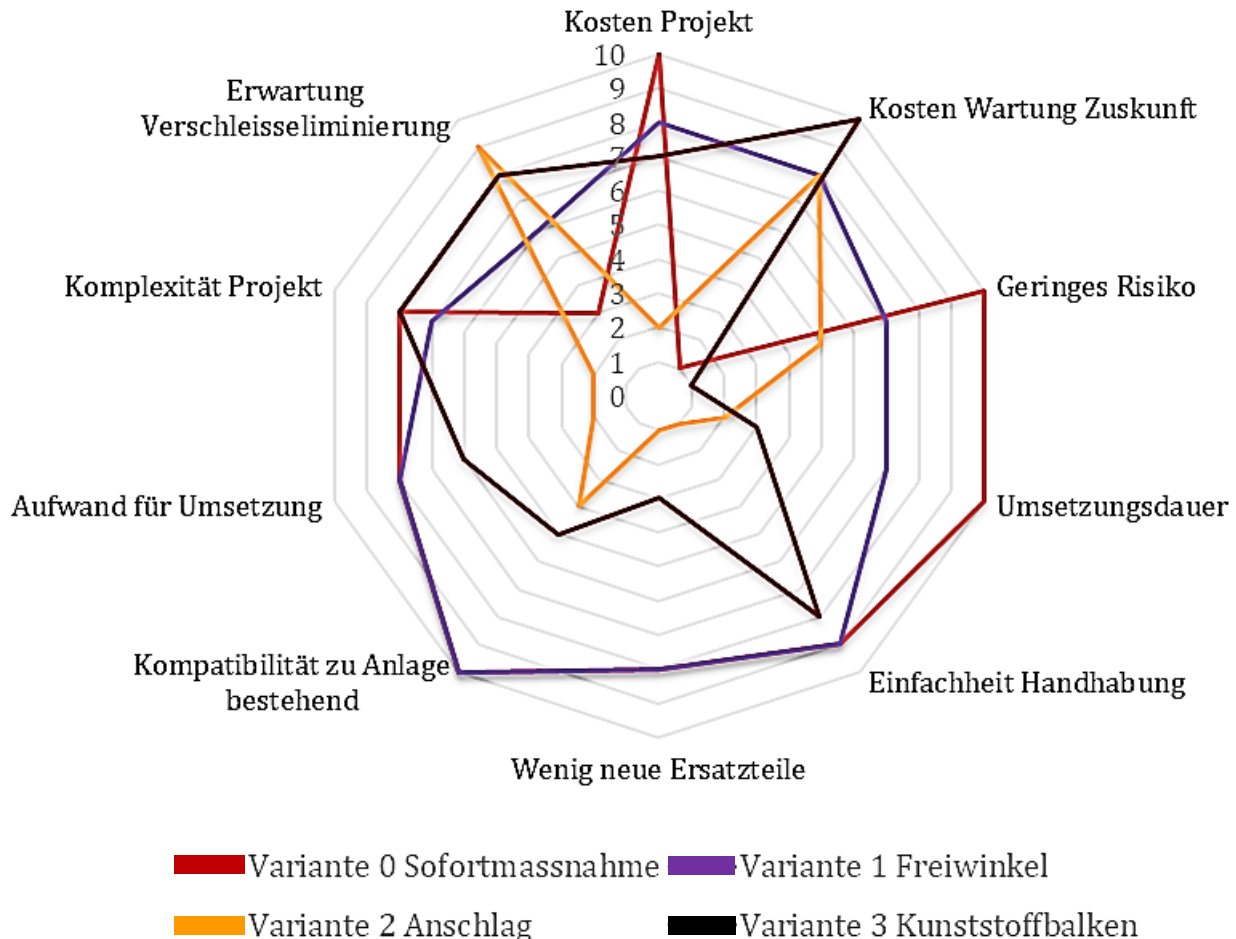


Abbildung 34 - Ausprägung Varianten nach Kriterien - Nutzwertanalyse

Nach ausführlicher Diskussion wurde entschieden, dass die Finale Variante eine Kombination aus der **Variante 1** und dem **Halter aus Variante 3** sein wird.

Als Material vom UM werden wir jedoch von dem Einsatz von Kunststoff abgesehen, da dies doch zu viele Risiken birgt. Es wird weiterhin ein UM aus Stahl eingesetzt. Der Grund für den Einsatz eines horizontal ausgerichteten Halters ist die schabende Wirkung durch das UM zu eliminieren. (Siehe Kapitel 4.12.4) und einen horizontalen Lauf vom Papier. Es resultiert also ein kleinerer Gesamtschnittwinkel zwischen den beiden Schneiden.

Um die freie Fläche beizubehalten und die Toleranzen in der Führung ausgleichen zu können, wird der Halter horizontal mit einem Winkel von ca. 0.5° ausgerichtet.

4.12 Ausarbeitung der Variante 1 - Freiwinkel

4.12.1 Berechnung der Federkraft

Dimensionierung der Feder IST Zustand-Soll mit Min Max Angabe

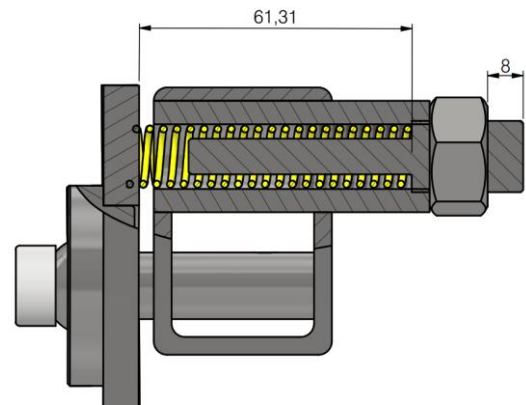
IST-Zustand:

Durch die Schrägstellung ergibt sich für den **Federweg s** eine minimale Belastung am oberen Totpunkt sowie die maximale Belastung am unteren Totpunkt (zusammengefahren).

Der Federbolzen ist so wie aktuell verbaut auf minimalem Druck eingestellt. Er könnte somit mit dem bestehenden Federtyp nur noch erhöht werden.

Die Aktuelle Feder ist also zu lang und hat eine minimale Einlenkung von 11mm.

Da zu diesem Federtyp die Angaben wie die Federrate fehlen, wird im folgenden Abschnitt die Federkraft unter den oben genannten Bedingungen berechnet.



$F_F = \frac{G}{8} \cdot \frac{d^4 \cdot s}{D^3 \cdot n}$	G	Schubmodul TB10-1 [N/mm ²]
	s	Federweg / Einlenkung [mm]
	d	Federdrahtdurchmesser [mm]
	F _F	Federkraft [N]
	D	mittlerer Windungsdurchmesser [mm]
	n	Anzahl der federnden Windungen [1]

Formel 1 - Roloff Matek Maschinenelemente, 25. Auflage, Formel (10.49)

$$F_F = \frac{78'000 \frac{N}{mm^2}}{8} \cdot \frac{(2.8mm)^4 \cdot 11mm}{(11.2mm)^3 \cdot 17}$$

$$\underline{F_F = 276 N}$$

Vorschlag neuer Federtyp⁷

Ramina - L1S leichte Belastung, blau
Werkstoff: Speziallegierung, ovaler Querschnitt

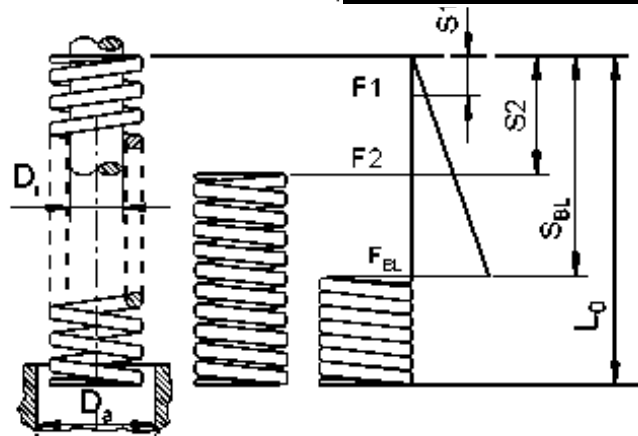


Abbildung 35 - Schaubild Federkenngrößen

Da Ø	Di Ø	Lo	a x b ovaler Draht	Federrate	Mittlere Lebensdauer 25% L ₀		maximale Belastung 50% L ₀		Einfederung auf Blocklänge	
					S1 [mm]	F1 [N]	S2 [mm]	F2 [N]	SBL [mm]	FBL [N]
13	7	64	2.4 x 1.3	9.1	16.0	146	32.0	291	39	355

Tabelle 24 - Federdaten aus Datenblatt

Die Feder unterscheidet sich gegenüber dem aktuellen Typ insbesondere in Bezug auf die Gesamtlänge **L₀** und der Federrate **R**.

Bei einer geschätzten Einlenkung **S** von 3mm errechnet sich die erreichte Federkraft wie folgt:

$F_F = R \cdot S$	F _F Federkraft [N] R Federrate [N/mm] S Einlenkung [mm]
-------------------	--

Formel 2- Roloff Matek Maschinenelemente, 25. Auflage, Formel (10.47)

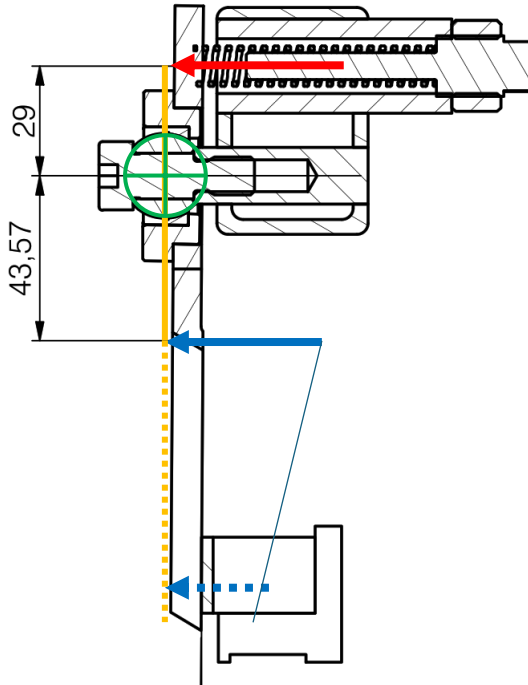
$$F_F = 9.2 \frac{N}{mm} \cdot 3 mm$$

$$F_F \approx 27.6N$$

⁷ Daten aus Datenblatt von https://ftp.ramseier-normteile.at/onlinekatalog_ch/372/
Hinweis: Farbe muss vor dem Einbau entfernt werden.

Hebelwirkung am Messer

Das Messer wirkt der Höhe nach wie ein Hebel. Das heisst je nach Eintauchtiefe ändert sich die Presskraft, da die Hebellänge variabel ist. Dies ist anhand der gepunkteten Linie im unteren Bild dargestellt.



Die **Federkraft** F_F drückt oben auf das **Messer**. Die Kraft wird über den **Drehpunkt** übertragen und es resultiert die Kraft F_R . Es wird die maximale Kraft für F_R die zusammengefahren Position berechnet.

In dieser vereinfachten Darstellung müsste die Federkraft mal der Anzahl Federn n_F gerechnet werden. In der Realität sind aber die Momente auf den Angriffspunkt zu errechnen. Dies macht man über die Momenten-Gleichung. Für dieses Modell rechnen wir mit einem konstanten Abstand der Feder zum jeweiligen Gelenkauge (Drehpunkt) und von da über die Diagonale zum Angriffspunkt der Reaktionskraft

$\sum M = 0$	F_{FA}	Federkraft aussen [N]
	F_{FM}	Federkraft mittig [N]
	F_{FI}	Federkraft innen [N]
	L_1	Abstand Messer/Punkt [m]
	L_{2A}	Abstand aussen [m]
	L_{2M}	Abstand mittig [m]
	L_{2I}	Abstand innen [m]

Formel 3 - Momenten Gleichung

$$F_R = 2 \cdot \left(\frac{F_{FA} \cdot L_1}{L_{2A}} + \frac{F_{FM} \cdot L_1}{L_{2M}} + \frac{F_{FI} \cdot L_1}{L_{2I}} \right)$$

$$F_R = 2 \cdot \left(\frac{27.6N \cdot 0.029m}{0.3679m} + \frac{27.6N \cdot 0.029m}{0.20767m} + \frac{27.6N \cdot 0.029m}{0.06101m} \right)$$

$$\underline{F_R = 38.3N}$$

Fazit Federkraft

In der Berechnung wurde die Reibung im Gelenkauge, der Federn nicht berücksichtigt. Dies würde sich noch zu Gunsten einer geringen Anpresskraft äussern. Für die IST-Situation (Kraft von 2x230N) wurde die Andruckkraft nicht berechnet, sondern mit einer Federzugwaage, einseitig und im ausgefahrenen Zustand, gemessen.

Somit ist die Reduktion der Anpresskraft auf die Schneidkante bewiesen. Siehe Kapitel 4.1.5.

4.12.2 Neue Feder-Gewindebolzen

Aufgrund der Änderung der Feder müssen neue Feder-Gewindebolzen hergestellt werden, da sich der Innendurchmesser von $D_i=8\text{mm}$ auf $D_i=7\text{mm}$ ändert. Einen Alternativtyp mit dem entsprechenden Federdimensionen konnte nicht gefunden werden.

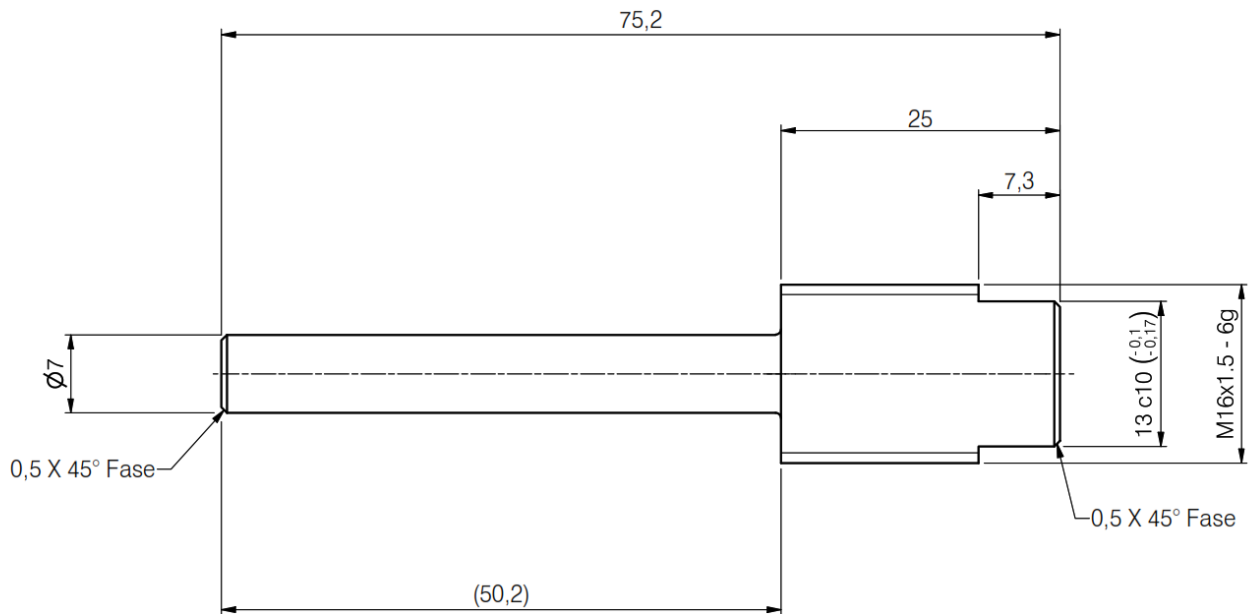
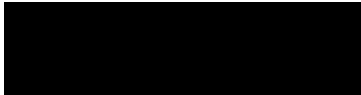


Abbildung 36 - Zeichnung Feder-Gewindebolzen



4.12.3 Materialwahl

Aktuell wird für das OM 90MnCrV8 und für das UM X153CrMoV12eingesetzt.

Für die Künftige Materialwahl unter Berücksichtigung durch die Recherche, Kapitel 4.2.4 wird empfohlen, für den angegriffenen Reibpartner eine mindestens 1.3-Fache härte einzusetzen. Nach Fortsetzung der Recherche in diesem Punkt hat es sich ergeben, dass diese Empfehlung eher für den unteren Bereich der Härte-Skala angesetzt ist. Rechnet man auf der Belastungsskala⁸ zurück, würde dies einem Wert von ca. 39 HRC entsprechen. Aufgrund der mangelnden Übertragbarkeit wird die Härte nicht reduziert und so belassen. Beide unten aufgeführten Stähle sind gemäss Empfehlung Decker mit kubisch-raumzentriertem Kristallgitter.

Die Funktion rechtfertigt von einer Materialwahl, welche im Lebensmittelbereich gängig ist, z.B. 1.4303 abzusehen, da diese für Messer weitgehend ungeeignet sind. Es findet keine direkte Produktberührung statt.

Aktuell:	Obermesser (OM)	Untermesser (UM)
Materialbezeichnung	90MnCrV8 (1.2842)	X153CrMoV12 (1.2379)
Arbeits Härte [HRC]	56 - 58	60 - 63
Beschichtung	-	TiCN Ultrafine Topfinish



Empfohlen neu:	Obermesser (OM)	Untermesser (UM)
Materialbezeichnung	X153CrMoV12 (1.2379)	90MnCrV8 (1.2842)
Arbeits Härte [HRC]	60 - 63	56 - 58
Beschichtung		TiCN Ultrafine Topfinish
Eigenschaften⁹	<p>Zerspanbarkeit: schlechtl, mäßig, gut, sehr gut</p> <p>Zähigkeit</p> <p>Verschleißfestigkeit</p> <p>Schweißbarkeit</p> <p>Korrosionsbeständigkeit</p> <p>Polierbarkeit</p> <p>Härtbarkeit</p> <p>Zugfestigkeit: 1.2379 (830-870), 1.2436 (700-750), Toolox44 (H40-1450), Toolox33 (830-980)</p> <p>Bruchdehnung: 1.2379 (13 bei 20°, 16 bei 30°), 1.2436</p> <p>Streckgrenze: 1.2379 (420), 1.2436, Toolox44 (1150)</p>	<p>Zerspanbarkeit: schlechtl, mäßig, gut, sehr gut</p> <p>Zähigkeit</p> <p>Verschleißfestigkeit</p> <p>Schweißbarkeit</p> <p>Korrosionsbeständigkeit</p> <p>Polierbarkeit: nicht üblich</p> <p>Härtbarkeit</p> <p>Zugfestigkeit: 1.2842 (740), 1.2510 (740), 1.2379 (830-870)</p> <p>Bruchdehnung: 1.2842</p> <p>Streckgrenze: 1.2842 (390-510), 1.2510 (390-510), 1.2379 (420)</p>

Tabelle 25 - Vergleich Materialwahl

⁸ <https://www.westyorkssteel.com/technical-information/hardness-conversion-chart/>

⁹ <https://www.stauberstahl.com/>



Fazit:

Die Materialwahl war damals korrekt getroffen worden, aber aufgrund der Eigenschaften falsch auf die Reibpartner verteilt. Für das OM ist es sinnvoller ein zäher und verschleissfester Werkstoff zu wählen. Dafür das UM als Reibpartner mit reduzierter Härte.

Die «TiCN Ultrafine Topfinish» ist weiterhin empfehlenswert, da es eine Verbesserung des Reibungskoeffizienten führt, was den Verschleiss zusätzlich reduziert. Eine zusätzliche Beschichtung des OM wäre denkbar. Es verliert aber somit die Option des Nachschleifens.



4.12.4 Ansatz von «hobeln» oder Stumpfwinkligem Schaber

Schaben ist ein traditionelles Verfahren zur Oberflächenbearbeitung.

Beim Schaben ist es wichtig, dass der Schaber nie tief in das Material eindringt. Daher müssen Frei- und Keilwinkel in Summe stets grösser als 90° sein. Dies wird durch einen negativen Spanwinkel erreicht, was bedeutet, dass der Schaber ständig gegenüber der Bearbeitungsoberfläche geneigt wird. ^{*10}

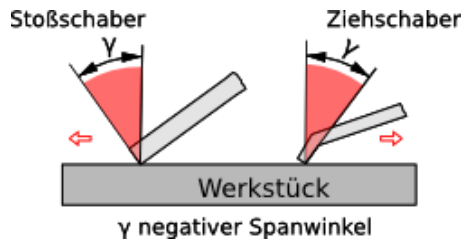


Abbildung 37 - Stossschaber Ziehschaber

So wie unser UM aktuell eingebaut ist, wirkt die Schnittkante auf der Fläche vom OM wie ein Stossschaber beim Eintauchen, wie ein Ziehschaber beim Hochfahren.

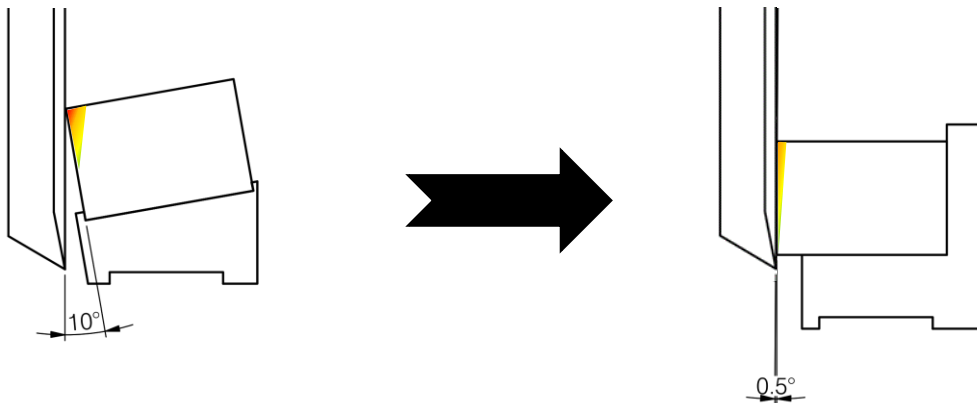
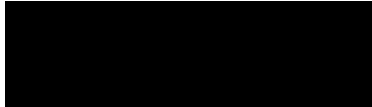


Abbildung 38 - Darstellung Verschleisszonen UM

Um den Effekt des «Schabens» zu minimieren, wird der Halter in einem Winkel von ca. 0.5° - 1° montiert, so dass trotzdem eine Freistellung des Schnittwinkels gewährleistet ist. Ausserdem gibt es somit einen Spielraum, um Toleranzen in den Führungen und durch die Einstellung zu kompensieren, ohne dass ein Spalt zwischen den Schneiden entsteht.

¹⁰ <https://www.fachwissen-technik.de/verfahren/schaben.html>
Zusammengefasst mit Hilfe von ChatGPT4



4.12.5 Abrieb durch Reibung

Da die Reibung flächenunabhängig ist, sind währe grundsätzlich die Neigung vom UM (aktuell 10°) nicht relevant.

Für die Ermittlung einer Grösse, um den Einfluss die in dieser Arbeit beschriebenen Massnahmen zu belegen, bedarf es einer anderen Möglichkeit. Der Folgende Abschnitt behandelt die Bestimmung des Verschleissvolumens nach Archard.¹¹

$V = k \cdot \frac{F_n \cdot s}{H}$	<p>V = Verschleissvolumen [m3] innerhalb einer bestimmten Zeit k= dimensionsloser Archard-Verschleisskoeffizient [-] F_n = Kontaktkraft [N] H = aktuelle Oberflächenmaterialhärte [Pa] s = Gleitweg [m] innerhalb einer bestimmten Zeit</p>
-------------------------------------	---

Formel 4 - Verschleissvolumen nach Archard, J. (1953).

Härte:

Gemäss Umrechnungstabelle nach ISO 18265 ab einer Härte von 57.8 HRC entspricht einer Zugfestigkeit von 2180 N/mm². Werte darüber sind nicht angegeben, wir rechnen somit mit dem Maximalwert weiter. Dieser entspricht umgerechnet für **H** = 2.18·10⁹ Pa.

Verschleisskoeffizient k gemäss experimenteller Ermittlung durch Archard und Hirst (1956) angegebene *Verschleisskoeffizienten* (*N = 0.4kp; v = 1.8 m/s*) Belastung *N = 400p* und Gleitgeschwindigkeit *v = 180cm/s*

Werkstoffpaarung	Verschleißrate 10 ¹⁰ W cm ³ /cm	mittlerer Fließdruck 10 ⁻⁶ p _m p/cm ²	Verschleißkoeffizient K —
—			
Weichstahl auf Weichstahl . . .	1570	18,6	7 · 10 ⁻³
Messing (60% Cu, 40% Zn) auf Werkzeugstahl	240	9,5	6 · 10 ⁻⁴
Teflon auf Werkzeugstahl	200	0,5	2,5 · 10 ⁻⁵
Messing (70% Cu, 30% Zn) auf Werkzeugstahl	100	6,8	1,7 · 10 ⁻⁴
Perspex auf Werkzeugstahl ..	14,5	2,0	7 · 10 ⁻⁶
gegossenes Bakelit auf Werk- zeugstahl	12,0	2,5	7,5 · 10 ⁻⁶
Silberstahl auf Werkzeugstahl	7,5	32	6 · 10 ⁻⁵
Werkzeugstahl auf Werkzeug- stahl	6,0	85	1,3 · 10 ⁻⁴
Stellit auf Werkzeugstahl	3,2	69	5,5 · 10 ⁻⁵
ferritischer Edelstahl auf Werkzeugstahl	2,7	25	1,7 · 10 ⁻⁵
laminiertes Bakelit auf Werk- zeugstahl	1,8	3,3	1,5 · 10 ⁻⁶
gesintertes Wolframkarbid auf Werkzeugstahl	0,9	18,3	4 · 10 ⁻⁶
gesintertes Wolframkarbid auf gesintertem Wolframkarbid	0,03	130	1 · 10 ⁻⁶
Polyäthylen auf Werkzeugstahl	0,3	0,17	1,3 · 10 ⁻⁷

Tabelle 26 - Tabelle Festkörpergleitreibung, Seite 7-8, Dr. Ing. Karl-Heinz Habig, P. D.-W.-P. (1972)

¹¹ Archard, J. (1953). *Contact and Rubbing of Flat Surface. Journal of Applied Physics; 24(8): 981–988.*

Gleitweg s

Der Hub beträgt 78mm pro halbe Umdrehung. Es werden pro Hub zwei Papierbahnen parallel geschnitten, welches die Taktzahl halbiert. Bei 114 Takten pro Minute mit einer mittleren Laufzeit von rund 3 Monaten à 5 Produktionstagen. Daraus lässt sich die Formel für S ableiten:

$$S = 0.074m \cdot 2 \cdot \frac{114 \text{ min}^{-1}}{2} \cdot \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{\text{d}} \cdot 5d * 15w$$

$$S = 911088 \text{ m (in 15 Wochen)}$$

Kraft F_n

Es wurde mit der Federwaage 230N gemessen. Diese ist aber nicht kalibriert und um das Ergebnis nicht nach oben zu verfälschen (systematischer Messfehler $\pm 5\%$). Zudem wurde die Federkraft erst während dem Betrieb noch erhöht. Wir rechnen wir mit $F_n=200N$.

Einsetzen:

$$V = k \cdot \frac{F_n \cdot s}{H}$$

$$V = 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{200 \cdot 911088}{2.18 \cdot 10^9}$$

$$V = 1.08662 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \approx 10.8662 \text{ mm}^3$$

Masse an Abrieb:

$m = \rho \cdot V$	m Masse [Kg] ρ (Rho) Dichte [Kg/m ³] V Volumen [m ³]
Dichte Stahl 90MnCrV8 ¹²	$\rho = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

Formel 5 - Berechnung Masse aus Dichte und Volumen

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 7850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 2.1732374 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$m = 0.170599 \text{ Kg} \approx 170.59\text{g}$$

¹² Datenblatt Stauberstahl.com

Reale Abweichung

Dieser Abschnitt des Kapitels 4.12.5 wurde nachträglich an die Umsetzung Variante 0 (Kapitel 4.14) durchgeführt. Da die Dokumentation nicht gänzlich chronologisch aufgebaut ist befindet sich dieser Abschnitt vor der Umsetzung der Sofortmassnahme.

Messaufbau

Waage: Modell Mettler Toledo, PB5001-S/FACT

Ziel

Bestimmung der Vergleich der Masse zwischen Obermesser verschlissen und neu.

Materialien

- Digitale oder mechanische Waage, Bereich 5g-5000g, Anzeige 0.1g, Genauigkeit 1g
- 2 Messer neu, 2 Messer verschlissen

Vorbereitung

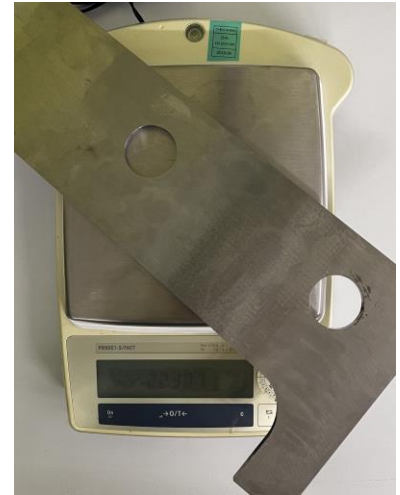
- Waage stabil auf dem Tisch angebracht und ausgerichtet.

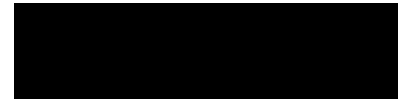
Durchführung

- Waage eingeschaltet, Tara (Null), Überprüfung der Waage mit Gewichtsstein.
- Messen aller vier Messer und notieren der Resultate.

Wiederholung

Messung wurde je Messer 3-mal wiederholt.





Ergebnisse

Messung	Neu links	Neu rechts	Verschleiss 1	Verschleiss 2
1	2230.7g	2231.4g	2200.9g	2197.8g
2	2230.7g	2231.4g	2200.9g	2197.8g
3	2230.7g	2231.4g	2200.9g	2197.8g
Schnitt Paar	4462.1g		4398.7g	
Abweichung	Referenz		-63.4g	

Tabelle 27 - Messtabelle Masse OM

Hinweis

Um ein genaues Resultat ermitteln zu können, wäre die Durchführung vor- und nach dem Einsatz im Betrieb desselben Messerpaars notwendig. Abweichungen innerhalb der Fertigungstoleranzen können so sich im Messergebnis widerspiegeln. Nicht berücksichtigt wurden ausserdem der geringe Verschleiss am UM, welcher schätzungsweise 10% vom Verschleiss am OM beträgt.

Auswertung Verschleiss IST-Situation:

Berechneter Wert: $M_{ber} = 170.60g$

Effektivwert: $M_{eff} = 63.4g$

Da sich unsere reale Anwendung vom Versuchsaufbau (Formelermittlung nach Archard) unterscheiden, kommt es zu der Abweichung. Für bessere Verschleissvorhersage wir im Folgeabschnitt deshalb ein Korrekturfaktor k_K eingeführt.

Prognose für Zukunft mit reduzierter Federkraft

Aufgrund der Auswertung der IST-Situation wird ein Korrekturfaktor k_K eingeführt.

Korrekturfaktor k_K :
$$K_k = \frac{M_{eff}}{M_{ber}} \approx \frac{63.4g}{170.6g} \approx 0.3716$$

Annahme: Die Federkraft wird wie im Pflichtenheft aufgeführt auf $\frac{1}{4}$ reduziert, somit mit einer Andruckkraft F_{n2} von 50N. Vermutlich kann die Kraft noch weiter reduziert werden.

Wir setzen also nochmals in die erweiterte Formel ein:

$$V_2 = k \cdot k_K \cdot \frac{F_{n2} \cdot s}{H}$$

$$V_2 = 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot 0.3716 \cdot \frac{38.3 \cdot 911088}{2.18 \cdot 10^9}$$

$$V_2 = 7.73253 \cdot 10^{-7} m^3$$

Dies entspricht nur einer Verschleiss-Masse von 6.07g.

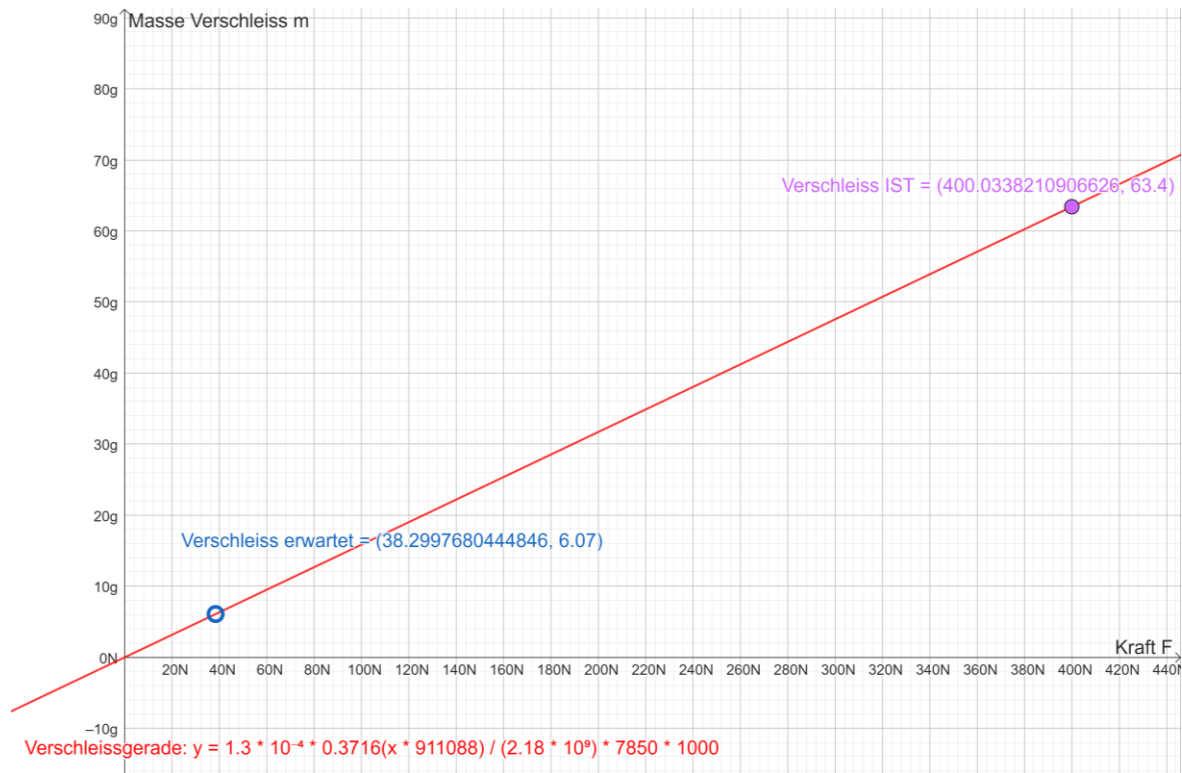


Abbildung 39 - Lineare Funktion verschleissverlauf Federkraft in [N] zu Verschleiss in [g]

Fazit Verschleissberechnung

Vermutlich ist das Verschleissverhalten und somit der Verschleisskoeffizient K nicht linear. Für die Ermittlung eines exakteren Ergebnisses bedarf es noch mehreren Datenpunkten. Für unsere Anwendung ist das Resultat jedoch ausreichend aussagekräftig.

Anhand der Verschleissfläche am neuen Messer V1 angepasst (Kapitel 4.12.6) mit 2155 mm³ ergibt dies etwa eine Laufdauer von rund 41 Wochen bis zum Erreichen der Verschleissgrenze.

4.12.6 Anpassung Schneiden-Geometrie

Wie bereits erwähnt wurde eine Anpassung der Schneide von Variante 1 durch die Vertreter von Ramseier-Werkzeugbau AG empfohlen. Dies ist auch sinnvoll hinsichtlich der Flächenpressung und die dadurch verhinderten Ausbrüche an der Schneide durch Oberflächenzerrüttung. Was sich ebenfalls geändert hat ist der Halter vom UM, welcher künftig mit einem kleinen Freiwinkel $\alpha_0 < 1^\circ$ auskommt.

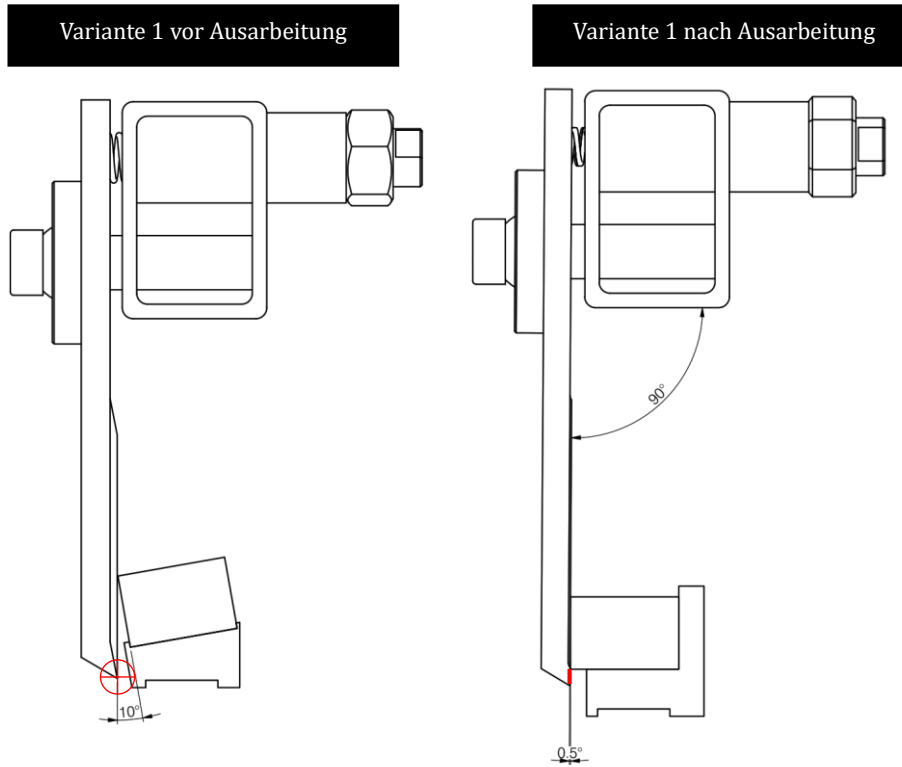


Abbildung 40 - Vergleich vorher / nachher



Die Freistellung wurde minimiert (orange Fläche), was sich in den Bearbeitungskosten für das Messer positiv widerspiegeln wird. Ausserdem wurde die Spitzenhöhe in der Mitte (91mm) angepasst, damit die Einstechtiefe in der Mitte mit dem Hub vom Messer übereinstimmt und am oberen Totpunkt noch auf dem UM aufliegt.

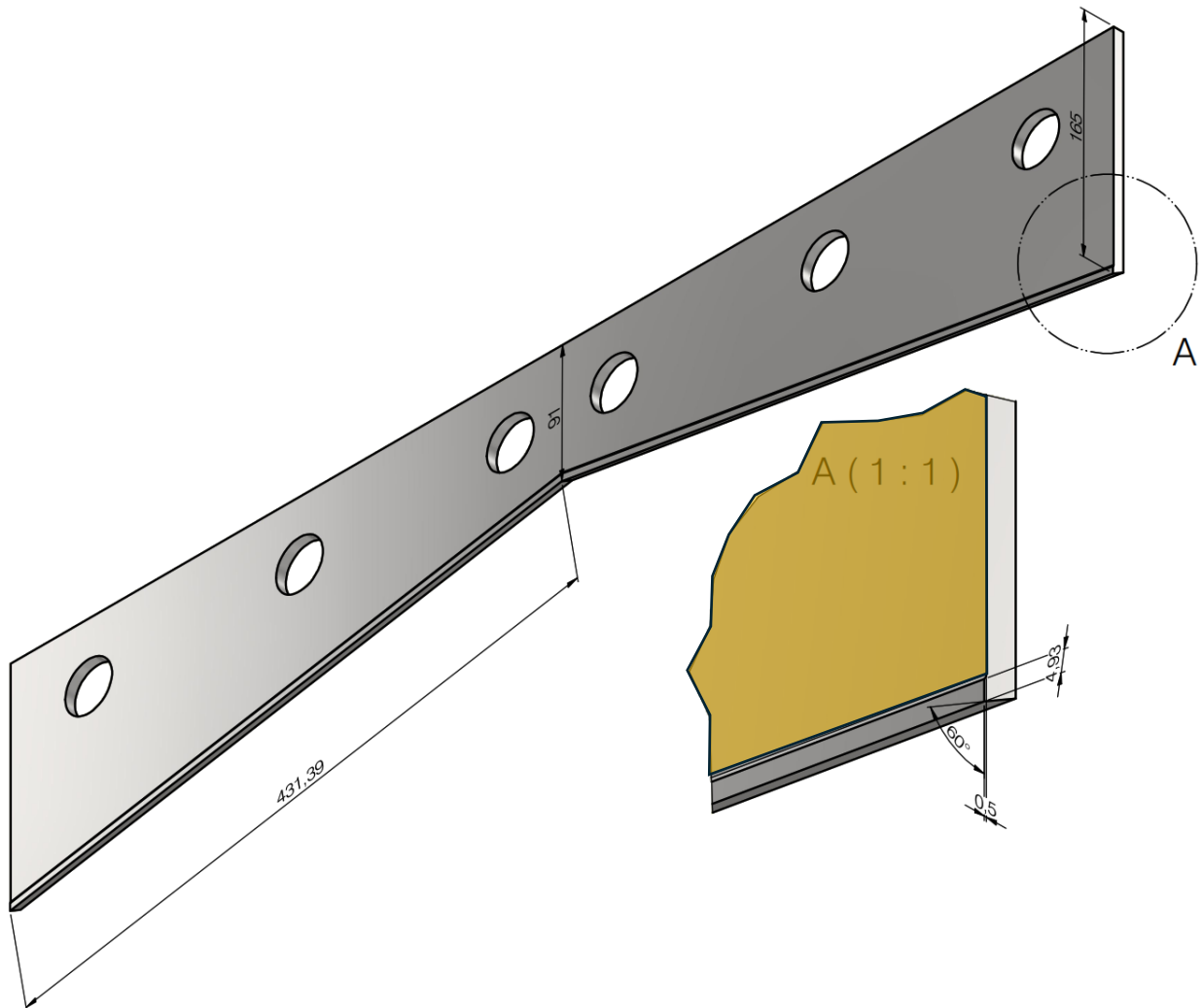


Abbildung 41 - Darstellung angepasste Schneiden-Geometrie

4.12.7 Anpassung 3-D Baugruppe

Das 3-D Modell wurde angepasst. Die Schneide hat jetzt eine Gleitfläche.

Es wurde nochmals geprüft, dass das Papier [REDACTED] ohne Kontakt zu dem Messer passieren kann.

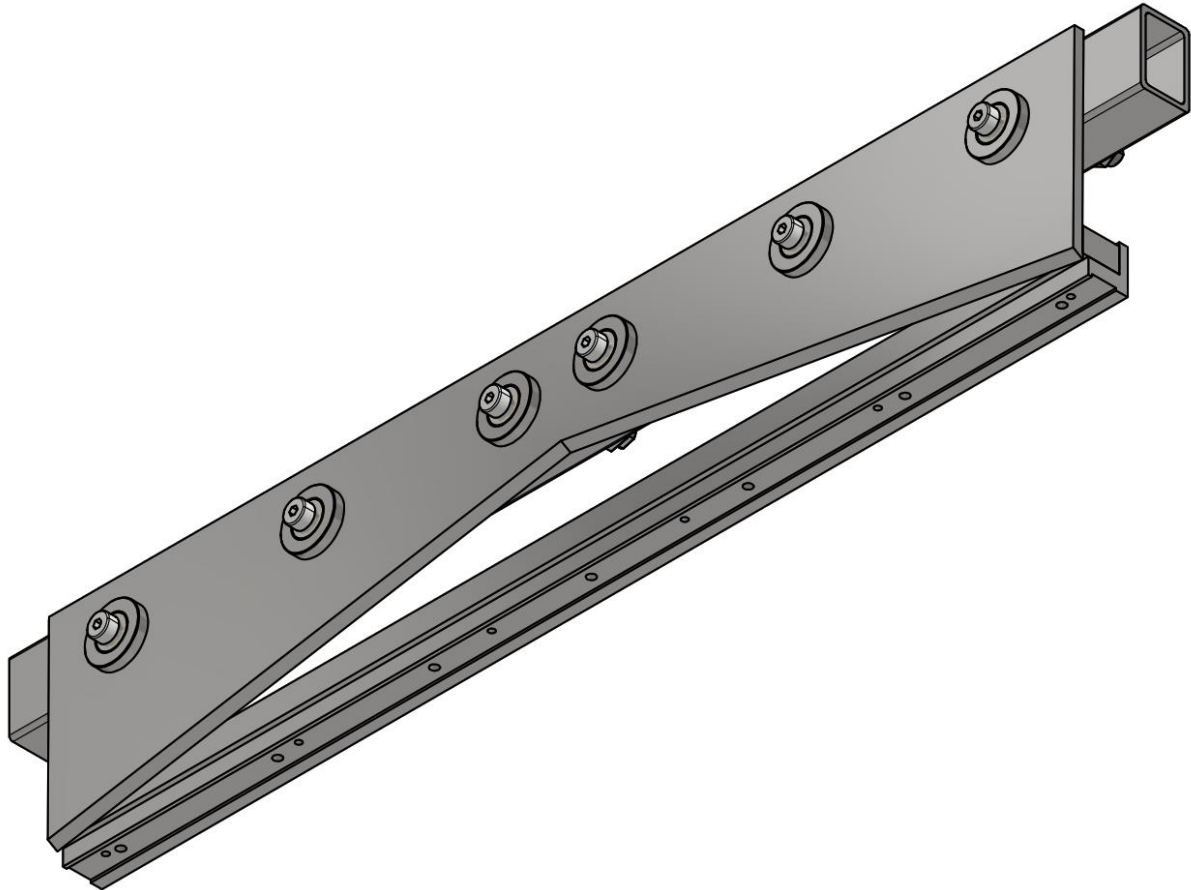
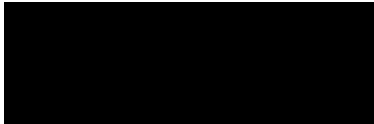


Abbildung 42 - Vorschau bild 3D auslaufseitig

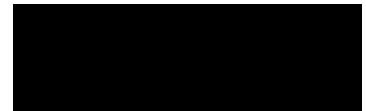


4.12.8 Aufwand Messerwechsel

Beschreibung des Vorgehens sowie ein Vergleich zum aktuellen Stand. Gemäss Pflichtenheft sollte der Wechsel unter zwei Stunden möglich sein. Folgende Schritte sind künftig nötig, um das Messer zu ersetzen:

Nr.	Vorgang	Zeitbedarf
1	Material, Arbeits- und Hilfsmittel vorbereiten nach Liste	10min
2	Anlage sichern, (LOTO)	5min
3	Alte Teile ausbauen	10min
4	Bereich reinigen	5min
5	Neues UM montieren	5min
6	Gelenklager ersetzen	10min
7	Neue(s) OM montieren	10min
8	Ausrichtung prüfen	5min
9	LOTO aufheben, Anlage einschalten und aufstarten lassen	5min
10	Einstellungen im Tippbetrieb prüfen	10min
11	Feinjustierung mit [REDACTED] papier	30min
TOTAL:		1h 45min

Tabelle 28 - Vorgangsliste Messerwechsel



4.13 Ergebnis der Ausarbeitung

Federn

Federn gemäss der Ausarbeitung und der Sofortmassnahme. Eine Feder in rostfreier Ausführung ist denkbar, muss aber neu validiert werden.

Messer

Die Messer werden gemäss der Empfehlung mit getauschten Materialien in Auftrag gegeben. Somit kann der Verschleiss auf das UM geleitet werden.

Halter Messer unten

Halter wird gemäss der Zeichnung hergestellt, um die schabende Wirkung zu eliminieren. Er wird aus demselben Material wie das UM hergestellt, jedoch keiner Wärmebehandlung unterzogen. Ein weiterer positiver Einfluss erzielt die gerade Einstellung des UM, weil sich der effektive Schneidewinkel (Summe Schnittwinkel von OM und UM) somit verkleinert, also weniger stumpf ist.

Faltblech

Das aktuelle Faltblech (Brücke zwischen Papierbahn und UM) ist stark verbogen und passt ausserdem nicht mehr zu dem neuen Halter. Eine Verbesserung ist, dass das Blech künftig direkt auf dem Halter befestigt werden kann.

Bestellliste			
Position	Bezeichnung	Anzahl	Preis [CHF]
Feder	Ramina - L1S13064 Da13, Di7.0, Lo64	6	100
Messer oben ¹³	OM-850x165x8, X153CrMoV12, 60 – 63 HRC	1	2500
Messer unten	UM-850x30x20, 90MnCrV8, 56 – 58 HRC	1	805
Halter Messer unten	Halter-850x32.5x36, 90MnCrV8, ca. 45 HRC	1	4500
Blech	Faltblech – 850x45.25x1.5	1	90
Gesamt			7995

Zeichnungen finden sich im Anhang der vorliegenden Dokumentation.

¹³ Für Zeichnung angepasst nach Erkenntnissen aus Kapitel 4.14 Umsetzung Variante 0

4.14 Umsetzung Variante 0 – Sofortmassnahme

4.14.1 Vorbereitung

Material	Arbeitsmittel, Werkzeuge	Hilfsmittel
1 Messer oben 60°	Messuhr	Desinfektionsmittel
1 Messer unten	Stativ	Reinigungstücher
6 Federn	Messplatte	Montagefett
6 Federbolzen	Ringgabelschlüssel 10, 13, 17,24	Lagerfett Bathan
6 Muttern M16x1.5	Schublehre	Fettpresse
	Tiefenmass	
	Metallmassstab 0,5 & 1m	

Tabelle 29 - Arbeitsvorbereitung Umsetzung Sofortmassnahme

4.14.2 Umsetzung

- ✓ IST-Aufnahme
- ✓ Einstellungen wie Federvorspannung und Position Messerhalter unten aufgenommen.
- ✓ Bei der IST-Aufnahme ist aufgefallen, dass die Einschweisschülens nicht wie nach Zeichnung alle gleich lang sind, sondern dass sie symmetrisch von aussen 6mm, In der Mitte 5.7mm nach innen 5.5mm verlaufen. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die Variantenwahl, denn diese Unebenheit müsse jeweils ausgeglichen werden. Dazu später mehr.
- ✓ Gesamter Bereich nach Demontage weitestgehend gereinigt. Abrieb löst sich teilweise sehr schlecht von den Komponenten (Flugrost).
- ✓ Neues Messer unten montiert.
- ✓ Neue Gelenklager in Zentrierbuchsen eingepresst. Gelenklager geschmiert.
- ✓ Neue Messer oben montiert und mit jeweils drei Gelenklager fixiert. Federeinheit montiert.
- ✓ Messuhr positioniert und auf null gestellt.
- ✓ Anlage eingeschaltet, in Tippbetrieb von in Vertikaler Richtung abgefahren und Messerhalter unten so eingestellt, dass die oberen Messer zur vertikalen Hubrichtung ausgerichtet sind.



Abbildung 43 - Messuhr

4.14.3 Funktionstest

- ✓ Federkraft so eingestellt, dass die Federn ca. 1-2mm vorgespannt sind.
- ✓ Im Tippbetrieb ersten Schnitt durchgeführt.
- ✓ Papier wurde teilweise geschnitten
- ✓ Genügend XXXXXXXXXX papier auf band gelegt und Anlage im Teilbetriebsmodus gestartet.
- ✓ Papier wurde auf der linken Seite durchgängig geschnitten, auf der rechten Seite nur leicht am Rand.
- ✓ Federvorspannung leicht erhöht. Hat keine Wirkung gezeigt.
- ✓ An Messerhalter dann beidseitig etwa 1mm in Richtung Auslauf gestellt.

- ✓ Dies sowie eine erneute Erhöhung der Federvorspannung war nicht Zielführend.
- ✓ Es ist aufgefallen, dass die Gelenkaugen in der Mitte sich negativ auf den Spalt auswirken. Als Vergleich: Die mittleren Gelenkaugen stören die Ausrichtung. Aus diesem Grund bei beiden OM das mittlere Gelenkauge entfernt.
- ✓ Nun die Messer so ausgerichtet, dass sie in der Mitte parallel zur Schneide verlaufen und nicht zueinander verdreht sind.
- ✓ Jetzt haben beide Messer sehr gut geschnitten.

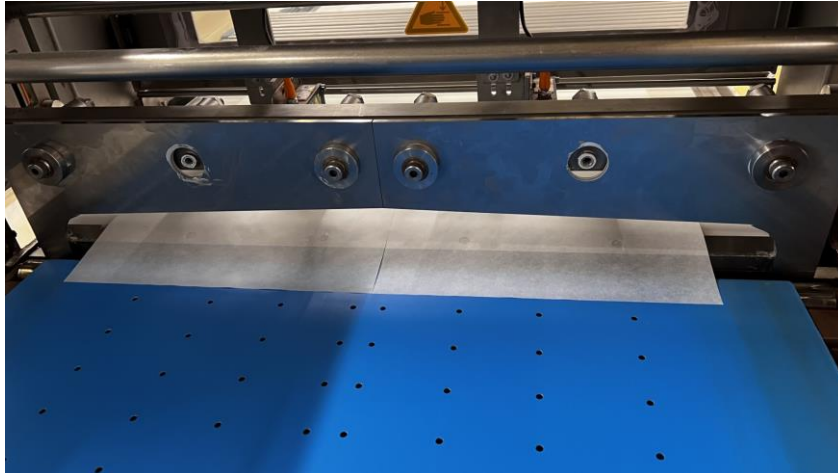


Abbildung 44 - Variante 0- Sofortmassnahme eingebaut

Fazit

Da während der Diplomarbeit die Zeichnung vom Vierkantrohr nicht überprüft werden konnte, muss die Ausgearbeitete Variante noch angepasst werden.

Die Variante wird wie geplant umgesetzt, jedoch jeweils nur mit zwei Gelenklager befestigt. Zeichnungen werden dementsprechend erstellt. Die Anpassung im 3D Modell sowie Änderung der Variantenausarbeitung bleibt so beibehalten.

Erfreulich war das Resultat aus dem Einbau der Sofortmassnahme. Die Andruckkraft konnte von rund 230N (Kapitel 4.1.5) auf 10N reduziert werden. (Abbildung 45). Nun muss sich diese Variante an der Linie beweisen und uns dann allfällige Daten für weitere Änderungen liefern, welche in die finale Variante einfließen können.

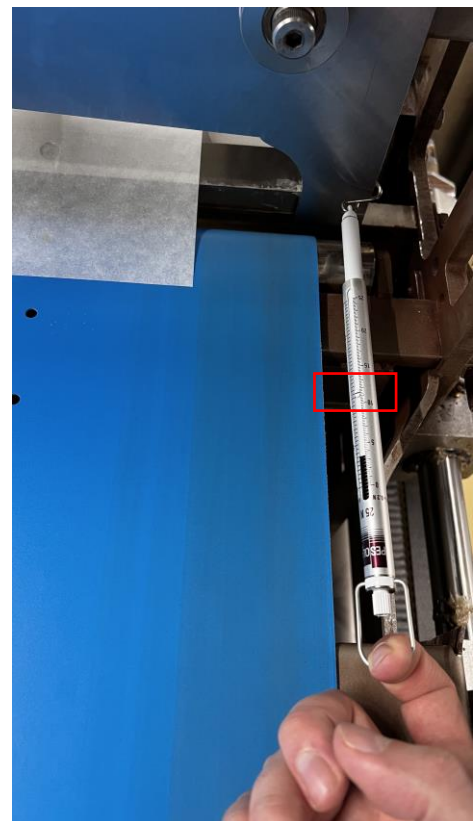
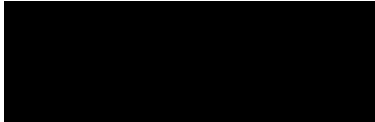


Abbildung 45 - Federwaage Variante 0



4.15 Phasenplan zur Umsetzung

Im Phasenplan werden die einzelnen Phasen erläutert, welche nun das Projekt bis zur Implementierung und Abnahme noch durchlaufen werden müssen.

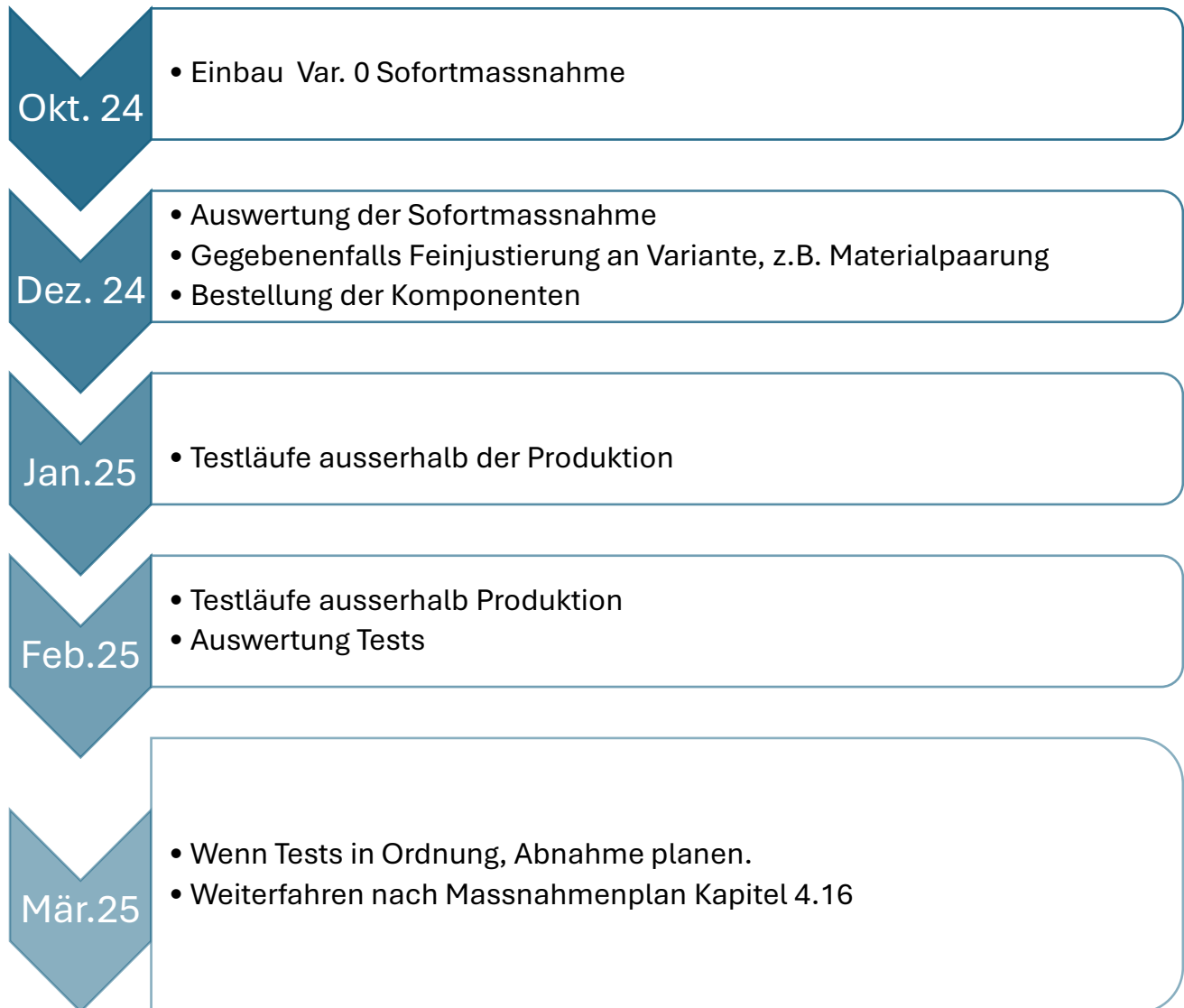


Tabelle 30 - Phasenplan zur Umsetzung

4.16 Massnahmenplan

Folgende Massnahmen sind nötig, den Abrieb dauerhaft zu reduzieren. Dabei sind Punkte aus der Risikoanalyse sowie Punkte die während der Diplomarbeit aufgefallen sind, eingeflossen.



Ersatzteile

- Offerten für alle Ersatzteile anfragen
- Wareneingangskontrolle mit Checkliste
- Erfassen neuer Artikel
- Löschen alter Artikel, Hinweis zu Änderung
- Ablegen der Fertigungszeichnung



Schulung

- Änderungsverzeichnis
- Sicherheitshinweise
- Vorgehensbeschrieb
- Verhalten bei Störungen mit Checkliste



Centerlining

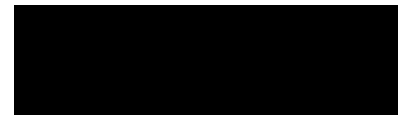
- Vierkantrohr verstimmen
- Messblatt mit Grundeinstellung von OM und UM, Federvorspannung
- Optimale Schnittgeschwindigkeit ermitteln und als Standard durchsetzen



Dokumentation

- Ablegen der Werkstattzeichnungen in Anlagenordner
- Ablegen CAD Dateien und auf Laufwerk
- Zusammenfassen dieser Diplomarbeit, gesammelte Informationen auf Laufwerk ablegen
- Fertigungszeichnungen in SAP pflegen
- Wartungspläne anpassen / anlegen

Tabelle 31 - Massnahmenplan



4.17 SWOT-Analyse

Die SWOT-Analyse wurde durchgeführt, um die Auswirkungen von Massnahmen dieser Diplomarbeiten zu bewerten. Dabei werden sowohl die positiven Effekte als auch die potenziellen Risiken und notwendigen Anpassungen berücksichtigt. *14





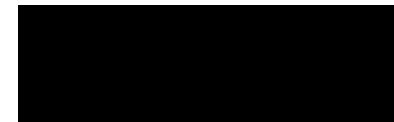
 <p style="text-align: center;">Stärken (Strengths):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit den Massnahmen kann der Abrieb nachweislich reduziert werden. • Künftig weniger Wartungsaufwand. • Geringerer Reinigungsaufwand für die Produktion. • Bei dem Messer Variante 1, kann die Verschleissgrenze besser definiert werden. Somit ist ein geplanter Ersatz besser möglich • Somit muss das Messer nicht im Störungsbetrieb ersetzt werden – weniger Fehler 	 <p style="text-align: center;">Schwächen (Weakness):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kosten für Projekt muss investiert werden. • Aufwand für Schulung und der Ersatzteilbewirtschaftung • Durch Unachtsamkeit beim ausmessen / weil Prüfung der Zeichnung von Vierkantrohr nicht möglich, ggf. erhöhter Aufwand für Umsetzung Variante 1. • Schulungskonzept muss angepasst werden, dass auch künftig neue MA geschult sind. • Alte Gewohnheiten der Mitarbeiter müssen geändert werden in Bezug auf das Papiermesser.
 <p style="text-align: center;">Chancen (Opportunities):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch Reduktion Abrieb, gibt es weniger Probleme bei der optischen Erkennung. • Kosten für Wartung werden reduziert. • Reduktion vom Abrieb ein grosser Pluspunkt für die Lebensmittelsicherheit. • Lautstärke wird reduziert. 	 <p style="text-align: center;">Gefahren (Threads):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch die schärfere Schneide erhöht sich die Gefahr auf Schnittverletzungen. Massnahme: Sensibilisierung der MA und Obligatorium von Schnittschutzhandschuhen und Montageschutz. • Gefahr, dass das Messer künftig nicht nach Anweisung / Instruktion ersetzt wird und es somit wieder zu Abrieb kommen kann, wenn die Einstellung nicht stimmt und einfach die Federvorspannkraft erhöht wird.

Tabelle 32 - SWOT-Analyse

¹⁴ Beschreibung zusammengefasst mit Hilfe von MS-Copilot



4.18 Risikoanalyse

Tabelle 33 - Risikoanalyse

Risikotabelle - Neu-Beurteilung					
Nr.	Risiko	Eintretenswahrscheinlichkeit (P)	schlimmstmögliche Auswirkung	Schadensmass (SM)	Risiko behoben oder weitere Massnahmen
1	Schwierigkeiten bei der Implementierung der Verbesserung.	unwahrscheinlich (1)	Verbesserung kann ohne Nachbesserung nicht montiert werden. Kommt zu Verzögerungen.	wesentlich (2)	Bauteile passen. Messer Variante 1 wird aussen mit jeweils nur 2 Gelenklager montiert. Sollte doch etwas nicht passen, wäre dies doch mit einem erheblichen Aufwand und Kosten verbunden. Deshalb SM von 1 auf 2.
2	Die Massnahmen der zur Reduktion von Abrieb funktioniert nicht wie gewünscht. Es kommt nach der Implementierung immer noch zu Starkem Abrieb.	unwahrscheinlich (1)	Projekt muss nachgearbeitet werden. Erhöhung der Projektkosten.	wesentlich (2)	Die ausgearbeitete Variante muss sich zwar in der Praxis noch beweisen, die Eintretenswahrscheinlichkeit bleibt aber auf «unwahrscheinlich», da die Massnahme ausreichend begründet wurden und die ersten Resultate aus der Sofortmassnahme dies bestätigen.
3	Es werden bestehende durch neue Komponenten eingesetzt.	ziemlich sicher (4)	Ersatzteile sind nicht rechtzeitig am Lager. Es kommt zum Ausfall der gesamten Produktionslinie.	gering (1)	Gemäss Phasenplan bleibt genug Zeit, für die Besorgung der Ersatzteile. SM von 3 auf 1.
4	Unerwartet Verzögerung bei der Umsetzung des Projektes.	unwahrscheinlich (1)	Termine können nicht wie gewünscht eingehalten werden.	gering (1)	Zeitplan konnte gut eingehalten werden. Eintretenswahrscheinlichkeit von 2 auf 1.
5	Sicherheitsrisiken durch die neue Konstruktion, z.B. Erhöhung des Risikos für Schnittverletzungen.	gross (2)	Bedien- oder Instandhaltungspersonal schneidet sich an den Händen oder Armen.	wesentlich (2)	Schutzmassnahmen wie Montageschutz und Massnahmen zur Benutzung von Schnittschutzhandschuhen reduzieren das Schadensausmass von 4 auf 2.
6	Mangelnde Schulung von Instandhalter und Bedienpersonal. Daraus resultiert die Gefahr für Personen- oder Sachschäden.	gross (2)	Es kommt bei der Wartung oder Reinigung zu Schnittverletzungen. Personenausfall. Oder zu einem Crash der Messer.	wesentlich (2)	Durch die geplante Montageanleitung und Arbeitsanweisung werden die Risiken für Mensch und Maschine wesentlich reduziert. Die Eintretenswahrscheinlichkeit bleibt bei gross, das Schadensausmass wird von sehr gross 4 auf wesentlich 2 neu bewertet.
7	Risiko von Budgetüberschreitung, Massnahmen werden zu teuer für Umsetzung.	gross (2)	Es kommt zu terminlicher Verschiebung der Implementierung, wenn das Projekt auf die neue Budgetperiode fällt.	gering (1)	Wie sich auch in der Kriterien Bewertung gezeigt hat, sind die Projektkosten nicht wesentlich. Deshalb Schadensausmass von 3 auf 1.
8	Fehlende Unterstützung für die Umsetzung des Projektes durch das obere Management.	unwahrscheinlich (1)	Umsetzung des Projektes ist somit nicht möglich.	gering (1)	Der Auftraggeber ist sehr zufrieden mit der Variante und mit den ersten Ergebnissen aus der Sofortmassnahme. Es wird umgesetzt.



Risiko Matrix

		Schadensmass (SM)			
		gering (1)	wesentlich (2)	gross (3)	sehr gross (4)
Eintrittswahrscheinlichkeit (P)	ziemlich sicher (4)				
	sehr gross (3)				
	gross (2)	7	5,6		
	unwahrscheinlich (1)	4, 8	1,2		3

Tabelle 34 - Risiko Matrix

Fazit

Die Massnahmen aus der ersten Risikoanalyse wurden während der Ausarbeitung beachtet und sind in die Konstruktion sowie Massnahmenplan eingeflossen. Zu dem jetzigen Stand konnte somit das Risiko neu bewertet werden. Durch das rechtzeitige Erkennen der Gefahren und Risiken konnten nun insbesondere das Schadensausmass bei den meisten Punkten reduziert werden.

4.19 Kosten-Nutzen-Analyse

Die Kosten für die Wartung sind eher konservativ gerechnet, denn mit dem neuen Messertyp kann auch das Messer schätzungsweise 3–4-mal nachgeschliffen werden. Dies würde die Kosten nochmals massiv senken, da der Anschaffungspreis für ein neues Messer doch in das Gewicht fällt.

Die Investitionen lohnen sich etwa ab einer Laufdauer von etwas mehr als einem Jahr. Die Einsparung der personellen Ressourcen, werden jedoch sofort nach der Realisierung eintreffen.

1. Projektkosten (Kosten)

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

Planungsaufwand Projekt Arbeitgeber ca.100h	CHF 7'700	einmalig
Sofortmassnahme Material und Umsetzung	CHF 1'000	einmalig
Halter UM neu analog Variante 3	CHF 2'500	einmalig
Schulung Mitarbeiter, Dokumentation, Ersatzteile	CHF 3'080	einmalig
Material Variante 1 Messer und Federn, Arbeit	CHF 4'714	jährlich

2. Bisherige Kosten (Nutzen)

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

Wochenservice à 0.5h	CHF 2'002	jährlich
Messerwechsel, Wartung und Material	CHF 9'239	jährlich

3. Kosten/Nutzen

-->nach wievielen Jahren rentiert eine Anschaffung?

	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7
Kosten	18994	23708	28422	33136	37850	42564	47278
Planungsaufwand Projekt Arbeitgeber ca.100h	7700	7700	7700	7700	7700	7700	7700
Sofortmassnahme Material und Umsetzung	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Halter UM neu analog Variante 3	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Schulung Mitarbeiter, Dokumentation, Ersatzteile	3080	3080	3080	3080	3080	3080	3080
Material Variante 1 Messer und Federn, Arbeit	4714	9428	14142	18856	23570	28284	32998
Nutzen	11241	22482	33723	44964	56205	67446	78687
Wochenservice à 0.5h	2002	4004	6006	8008	10010	12012	14014
Messerwechsel, Wartung und Material	9239	18478	27717	36956	46195	55434	64673
Kosten/Nutzen	-7753	-1226	5301	11828	18355	24882	31409

+ = Kosten überwiegen

- = Nutzen überwiegen ab diesem Zeitpunkt

(ROI = Return on Invest, ab diesem Zeitpunkt hat sich die Investition gelohnt)

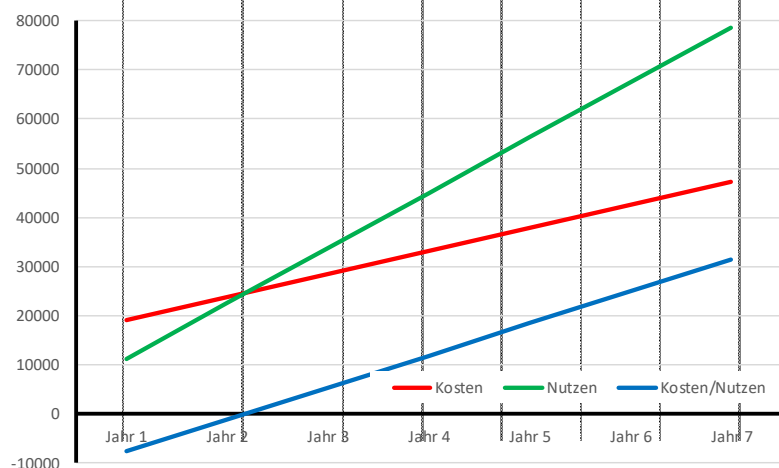
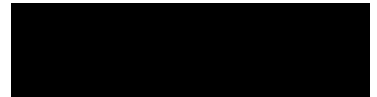


Abbildung 46- Kosten-Nutzen-Analyse



5 Projekt-Abschluss

5.1 Projektüberwachung

Der Projektstatus wurde laufend überprüft, dokumentiert und wöchentlich an die Anspruchsgruppen anhand Statusberichten verteilt.

Es wurde eine Offene-Punkte-Liste geführt, auf dem Projektplan in der dritten Zeile der IST-Aufwand eingetragen. Der tägliche Aufwand wurde zudem separat rapportiert.

Der Stundenrapport, die Statusberichte und Offene-Punkte-Liste sind im Anhang der vorliegenden Dokumentation zu finden.

Aufgrund des erhöhten Aufwands in der Recherchephase ist es zu einem geringfügigen Zeitverzug gekommen. Mit der Dokumentation wurde dafür früher als geplant gestartet. Dies ist auf dem Projektplan wie folgt ausgewiesen:

Legende:

Vor geplanter Zeitspanne
erledigt



Nach geplanter Zeitspanne
abgeschlossen

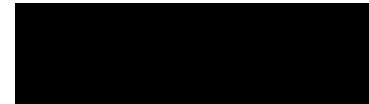


Im Zeitplan erledigt



Bei Einreichung wurden rund 16 Stunden mehr aufgewendet als anfangs geplant. Dies liegt innerhalb einer angemessenen Toleranz von 20%.

Nach Abgabe Diplomarbeit bleiben noch knapp 24 Planstunden für die Vorbereitung Präsentation und die Onlinepräsentation.



Vorgang	Dauer	KW	42							43							44							45							46								
Datum:		20.06	14.10	15.10	16.10	17.10	18.10	19.10	20.10	21.10	22.10	23.10	24.10	25.10	26.10	27.10	28.10	29.10	30.10	31.10	01.11	02.11	03.11	04.11	05.11	06.11	07.11	08.11	09.11	10.11	11.11	12.11	13.11	14.11	15.11	16.11	17.11		
Planstunden:	221	10	8				8	4	4			8		8	4			2	2		8	4	7																
Ist-Stunden:	213	10	8	6			8	7	7			5		8	4			2	2			2															8		
Ferien / Absenzen																																							
Vorzeige- / Abgabetermine			Vr																					DA	Abgabe													Präsentator	
Meilensteine			50%	50%																																			
Pendenzen																																							
Dokumentation	2																																						
Konkrete Ausarbeitung der Lösung	35																																						
Berechnung Federkraft, Typ																																							
Beweisführung Verschleiss/ Berechn.																																							
Dokumentation	20		v																																				
Gestaltung Titelblatt / Layout	2		v	v	v	v																																	
Inhaltsverzeichnis	1		v	v	v	v																																	
Abbildungsverzeichnis	3																																						
Korrektur / Inhalt	5																																						
Anhänge	2																																						
Binden	2																																						
4. Abschluss																																							
Soll- / Istvergleich	3																																						
Überarbeitung Dokumentation	5																																						
Lessions Learned	2																																						
Abgabe Dokumentation D.A.	1																																						
Kompetenzprofil, Lebenslauf	4																																						
Online Publikation																																							
Vorbereitung Präsentation																																							
Präsentation Diplomarbeit																																							

Tabelle 37- Zeitplan Teil 3

Die verlorene Zeit konnte wieder ausgeglichen werden. Der restlichen Arbeitspakete konnten innerhalb der geplanten Frist erledigt werden.

5.2 Evaluation der Zielerreichung



Datum	Anforderung	Erfüllt
	Geometrie	
30.08.2024	Die Arbeit darf keine Projektierung eines neuen Anlagenteils sein.	F
Zielerreichung	Es wurde bei der Arbeit sehr darauf geachtet, das Problem zu lösen indem möglichst nahe am Grunzustand zu bleiben. Es sind keine schwerwiegenden Änderungen vorgeschlagen.	Ja
30.08.2024	Die Technologie wird beibehalten	F
Zielerreichung	Die Technologie wurde beibehalten. An der Linear- / Hubbewegung muss nichts geändert werden.	Ja
	Beanspruchung / Kräfte	
30.08.2024	Anpressdruck von Messer wird auf ca. 1/4 reduziert (50N).	M
Zielerreichung	Die Ursache wurde erkannt und die Umsetzung mit der Variante 0 hat gezeigt, dass eine Reduktion vom Federdruck auf unter 50N realisierbar ist.	Ja
	Eigenschaften	
30.08.2024	Das Papier wird zuverlässig geschnitten	F
Zielerreichung	Durch die Anpassung des Schneidwinkels sowie des resultierenden Gesamtschneidwinkels OM und UM ist ein zuverlässiger Schnitt gewährleistet.	Ja
30.08.2024	Abrieb wird reduziert.	F
Zielerreichung	Durch die Berechnung konnte eine Evidenz für die Reduktion vom Abrieb erbracht werden.	Ja
30.08.2024	Im Falle eines Ausfalls, soll das neue Messer in unter 2h ersetzt werden können.	W
Zielerreichung	Der Ablauf wurde beschrieben. Ausser die Kontrolle des Winkels sind gegenüber heute keine zusätzlichen Arbeitsschritte notwendig.	Ja
30.08.2024	Keine negative Auswirkungen auf Geräuschentwicklung.	M
Zielerreichung	Die Geräuschentwicklung konnte reduziert werden. Es wurde keine dB Messung durchgeführt, aber es ist ein deutlicher Unterschied vorher zu Variante 0 zu hören.	Ja
	Sicherheit	
30.08.2024	Änderungen bergen keine neuen oder zusätzlichen Risiken in Bezug auf die Personen-, Lebensmittel- und Anlagensicherheit.	F
Zielerreichung	Durch die Änderung des Schnittwinkels wurde die Gefahr für Schnittverletzungen erhöht. Es gibt aber Massnahmen, wie das Risiko eliminiert werden kann. Hinsichtlich Lebensmittelsicherheit stellt die Änderung eine Verbesserung dar.	Ja
	Herstellung	
30.08.2024	Fertigung bei neuem Messer durch unsere bevorzugten Lieferanten möglich.	W
Zielerreichung	Erfolgt wie dokumentiert.	Ja
30.08.2024	Verwendung von Normteilen wenn möglich.	W
Zielerreichung	Da es sich um eine spezielle Konstruktion von Messer handelt, ist dieser Punkt ausser die Federn und Muttern nicht anwendbar.	n.A.
30.08.2024	Messereinheit kann zukünftig nachgeschliffen werden.	W
Zielerreichung	Nachschleifen wäre bei der ausgearbeiteten Variante möglich. Allerdings müsste dabei auf die TiCN-Beschichtung verzichtet werden.	Tw.
	Instandhaltung	
30.08.2024	Wartungskosten werden reduziert.	F
Zielerreichung	Gemäss Prognose werden die gesamtinstandhaltungskosten in etwa halbiert.	Ja
30.08.2024	Kostengegenüberstellung voranden.	F
Zielerreichung	Ist vorhanden.	Ja
30.08.2024	Es ist kein Wochenservice mehr notwendig	M
Zielerreichung	Ist nicht mehr notwendig.	Ja
F = Festforderung / M = Mindestanforderung / W = Wunsch		

Tabelle 38 - Evaluation der Zielerreichung



5.2.1 Zielscheibe Auswertung

In dieser Auswertung wird geprüft, ob alle Punkte wie auf der Zielformulierung erfüllt sind, oder ob es irgendwo Lücken und Handlungsbedarf gibt.

	→	Auswertung ↓
Endergebnisse	<ol style="list-style-type: none"> Der Abrieb kann durch die Massnahmen glaubhaft reduziert werden. (Durch die Funktionsweise wird immer ein Verschleiss und somit Abrieb der Schnittkanten vom Messer vorhanden sein.) Die Baugruppe ist aktuell so konzipiert, dass die Messer fest an den Messerbalken gepresst werden, um das Papier zu schneiden. Die jährlichen Wartungskosten dürfen den aktuellen Stand nicht überschreiten. Bei Abschluss liegt ein Massnahmenplan vor. Die Ausarbeitung ist umsetzungs- bzw. bestellreif. 	<ol style="list-style-type: none"> Nachweis wurde durch die Berechnung nach Archard erbracht. Beim Testlauf mit der Variante 0 hat sogar eine Reduktion von 230N auf rund 10N erzielt werden können. Die Kapitalrentabilität ist gemäss der Kosten-Nutzenanalyse und liegt einer Amortisation von rund 2 Jahren. Sofortige Einsparung an Personalressourcen sind gegeben.
Erfolgskriterien	<ol style="list-style-type: none"> In der Diplomarbeit sind Massnahmen ausgewiesen und begründet, welche zur Verschleissminderung verhelfen. Die Konstruktion wird so angepasst, dass der Anpressdruck auf ein Minimum reduziert werden kann. Aktuell (geschätzt 225N), Ziel: 50N. Andernfalls muss die Kraft anderweitig aufgenommen werden. Es liegt in der Dokumentation eine Kosten Gegenüberstellung vor und nach der Verbesserung vor. Es liegen Massnahmen für konstruktive Anpassungen, Wartungspläne und Schulungen vor und sind dokumentiert. Es liegen alle notwendigen Informationen und Dokumente wie beispielsweise Zeichnungen vor. 	<ol style="list-style-type: none"> Massnahmenplan ist vorhanden und deckt die Punkte für eine erfolgreiche Umsetzung und langfristige Aufrechterhaltung des neuen Standards ab. Zeichnungen für Bestellung sind im Anhang. Details zu der Ausarbeitung sind im Kapitel 4.12 zu finden.
Sinn und Zweck	<p>Ergebnisse aus der Analyse und konstruktive Anpassung des bestehenden Papiermessers, um den Verschleiss sowie die daraus resultierenden Verunreinigungen durch Abrieb nachhaltig zu eliminiert. Ausarbeitung einer Massnahmen-Liste für Schulungen, Erstellen von Arbeitsanweisungen, aktualisieren der Wartungspläne, etc.</p> <p>Der Abrieb, welcher bis anhin entsteht, ist in mehreren Hinsichten schlecht. Produktesicherheit (Abrieb kann auf dem Produkt landen), erhöhter Verschleiss – wartungsintensiv, Verschmutzung vom Transportband führt zu Fehlererkennung bei der optischen ██████ontrolle.</p>	<p>Sinn und Zweck dieser Arbeit ist erfüllt. Die Realisierung in der Praxis der Variante (nicht Teil der Diplomarbeit) wird dann schlussendlich zeigen, wie die Massnahmen zur Reduktion vom Verschleiss und des Wartungsaufwands sind. Der Teil, welcher diese Dokumentation betrifft, ist allumfassend erfüllt.</p>

Fazit Evaluation der Zielerreichung

Die Ziele wurden während der ganzen Arbeit immer wieder betrachtet und auch darauf hingearbeitet, diese zu erfüllen. Die Festforderungen durch den Auftraggeber konnten alle erreicht werden. Das Wunschziel, das OM nachschleifen zu können, kann nur ohne Beschichtung realisiert werden.

5.3 Reflexion Weg zum Ziel

Anfangs hatte ich Respekt vor dem Projekt, da ich wusste, dass bereits einiges am Messer geändert wurde. Dokumentationen sind teilweise unvollständig, was die Recherche erschwerte. Ausserdem ist es mir bis zum Schluss nicht gelungen, eine vergleichbare Referenzmaschine zu finden. Ich bin dann einfach in die Arbeit gestartet, wobei mir die Projekt-Aufbau-Struktur sehr weitergeholfen hat. Wie wir damals im Unterricht Projektmanagement gelernt haben: *«Wie isst man einen Elefanten? Stück für Stück.»*

Ich hatte während der ganzen Arbeit im Hinterkopf, dass sich damals der Konstrukteur bei dem Entwerfen der Baugruppe etwas überlegt hat, welche dann beispielsweise bei der Installation der Anlage nicht berücksichtigt wurde. Manchmal muss man wieder einen konstruktionstechnischen Schritt zurück gehen, um dann die Ausgangslage wieder neu beurteilen zu können.

Das Beweisen, weshalb es besser ist das UM mit weniger Neigung einzustellen, hat mir Kopfzerbrechen bereitet. Über den Ansatz das UM wie ein Drehmeissel zu behandeln und dabei die Auswirkungen auf die Schnittkraft berechnen zu können konnte nicht realisiert werden, da ich die Werte für diese Materialien nicht ermittelt konnte.

Da die Reibung flächenunabhängig ist, war eine Berechnung über den Reibungskoeffizienten nicht zielführend.

Ausserdem wusste ich nicht, ob die Formeln für die Schnittkraftberechnung am Drehmeissel ausserhalb der Anwendung gültig sind und auf meine Problemstellung angewendet werden könnte. Mit der Verschleissberechnung nach Archard bin ich auf eine vielversprechende Berechnung gestossen, um eine Verschleissprognose für die ausgearbeitete Variante zu machen und gemäss der Zielformulierung glaubhaft zu erläutern.

Bei der Verschleissberechnung habe ich viel Zeit für die Suche nach einer geeigneten Formel aufgewendet. Es war herausfordern die richtigen Parameter und Werte zu finden. Das Ergebnis hat mich doch überrascht, wie exakt die Verschleissberechnung die Realität widerspiegelt.

Auch die Arbeit am CAD hat mich vor neue Herausforderungen gestellt. Beispielsweise die Verbindung zwischen dem Kugelgelenk und dem Vierkantrohr war nicht einfach, dass das OM immer tangential das UM berührt. Ich hatte immer wieder Probleme, dass einzelne «Komponenten-Verbindungen» zu einer fehlerhaften Baugruppe führten oder sich dann das UM nicht mehr bewegt hat. Die Verwendung und Darstellung der Situation im CAD hat mir aber sehr viele Vorteile geboten. Auch als Gedankenstütze, um Ideen abzubilden oder für die Diskussion mit dem Fachexperten.



5.4 Lessons learnt

Rechercheaufwand lohnt sich:

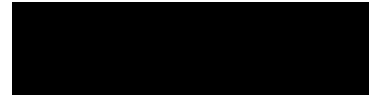
Für mich hat es sich wieder einmal mehr gezeigt, dass es sich lohnt am Anfang ausreichend Arbeit in die Planung und Recherche zu investieren. Oft will man gleich loslegen, was gerade im Maschinenbau hohe Folgekosten nach sich ziehen kann, oder plötzlich banale Dinge zum Vorschein kommen, welche man im Voraus verhindern hätte können.

Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser:

Es war etwas schade, dass die Zeichnung damals bei uns intern nicht korrekt erstellt wurde. Ich hätte das Risiko eingehen müssen, dass das «alte» Messer nach dem Ausmessen an der Linie nicht mehr schneidet und ich es dann ersetzen muss. Ich wollte aber das aktuelle Messer bis zum Termin mit Ramseier noch so mit dem Verschleiss und den Positionen eingebaut lassen, damit sie sich ein umfassendes Bild von der Situation machen können. Die Variante 1 kann aber doch bestehen bleiben und realisiert werden. An der ausgearbeiteten Funktion ändert diese Anpassung nichts.

Es war auch riskant den diesen Balken mit angepassten Massen zu ersetzen, ohne die Funktion vorgängig zu prüfen. Denn so hätte das die OM-UM-Kombination, wie es zu dies bis zum jetzigen Zeitpunkt eingebaut war, nicht mehr geschnitten. Dies wäre dann im Nachhinein auch nicht mehr nachvollziehbar gewesen. Für mich ziehe ich deshalb die Lehre daraus, Änderungen nicht leichtfertig in Auftrag zu geben und den Grund und den Einfluss der Konstruktion immer zu hinterfragen. Wenn dann doch Änderungen vorgenommen werden, diese lückenlos zu dokumentieren, dass diese auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollzogen werden können.

Für mich war es eine intensive, stressige, aber auch lehrreiche und herausfordernde Aufgabe das Problem vom Verschleiss am Papiermesser zu eliminieren. Der terminliche Fortschritt für den Stand der Dokumentation bis zum Abgabetermin in der Praxis mit der Arbeit nachzukommen, war teilweise schwierig in Einklang zu bringen.



5.5 Ausblick

Mit dem Abschluss dieser Diplomarbeit beginnt der Übergang in die eigentliche Realisierung des Projektes. Für das weitere Vorgehen wird das Resultat der Auswertung von der Sofortmassnahme massgebend sein.

Zusätzlich gibt es noch Optimierungsmöglichkeiten bei den Gelenklagern. Diese wurden in der Arbeit noch nicht behandelt. Es ist denkbar die Gelenklager durch eine Kunststoffalternative zu ersetzen. Dies würde den Vorteil bringen, dass die Gefahr von verklemmen der Gelenklager aufgrund von Verschmutzung und insbesondere Mangelschmierung geringer ist. Beispielsweise IGUS bietet dort beispielsweise eine Alternative für den Einsatz in der Lebensmittelindustrie.

Die Optimierung der Schnittgeschwindigkeit bringt eine zusätzliche Möglichkeit, den Verschleiss noch weiter eindämmen zu können.



5.6 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.

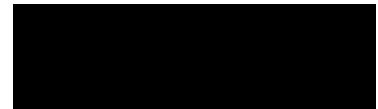
Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

Unterschriften:

04.10.2024, Olten

Pascal Keller

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'P. Keller', written over a light blue horizontal line.



5.7 Verzeichnisse

5.7.1 Abkürzungsverzeichnis

CAD	Computer-Aided Design
Ggf.	Gegebenenfalls
HRC	Einheit zur Messung der Härte, Härte-Rockwell
LOTO	Lock Out Tag Out, Anlagen energiefrei schalten und kennzeichnen
MA	Mitarbeiter
OM	oberes Messerpaar / Oberes Messer
P	Eintretenswahrscheinlichkeit
ROI	Return of Investment, wann sich die Investitionen auszahlen
SM	Schadensmass
TiCN	Beschichtungsart; Titan-Carbon-Nitrat
UM	unters Messer / Gegenmesser

5.7.2 Stichwortverzeichnis

Blackbox	Graphische Darstellung eines Systems mit Fokus auf In- und Output
Brainstorming	Kreativitätsmethode zur Ideenfindung
Centerlining	Markieren und aufrechterhalten optimaler Betriebsbedingungen
Continuous Excellence	Leitspruch für ständige Verbesserung
Fishbone	Analyse-Tool für strukturierte Ursachen und Lösungsfindung
Freiwinkel	Winkel an der Schneide, der verhindert, dass die Flächen reiben
Mindmap	Visualisierung von Ideen und deren Zusammenhängen
Morphologischer Kasten	Tool zur kreativen Bildung von verschiedenen Varianten
Nutzwertanalyse	Objektive Bewertungsmethode anhand gewichteter Kriterien
Orthogonal	Mindestens 2 Körper, die im rechten Winkel zueinanderstehen
Plug And Play	Einfaches einbauen und es funktioniert
Punktschnitt	Schneidetechnik, bei der beide Messer punktuell aufeinandertreffen
Sensitivitätsanalyse	Überprüfung der Robustheit der Nutzwertanalyse
SWOT-Analyse	Analyse von Stärken, Schwächen, Chancen, Gefahren
Totpunkt	Stillstandspunkt bei einer Kurbelwelle
Waterjet	Schneiden von Materialien mit einem Wasserstrahl

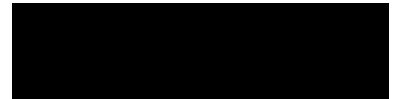


5.7.3 Formelzeichen

D	Durchmesser
d	Durchmesser
d	Tag
F _F	Federkraft
F _{FA}	Federkraft aussen
F _{FI}	Federkraft innen
F _{FM}	Federkraft mittig
F _q	Querkraft
F _R	Reaktionskraft
G	Schubmodul
h	Stunde
k _K	Korrekturfaktor
L ₁	Abstand Messer/Punkt
L _{2A}	Abstand aussen
L _{2I}	Abstand innen
L _{2M}	Abstand mittig
m	Masse
M	Moment, Kraft x Hebelarm
min	Minute
n	Anzahl
n _F	Anzahl Federn
V	Volumen
w	Woche

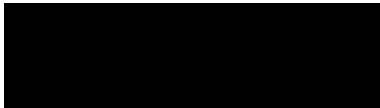
5.7.4 Griechische Buchstaben

ρ	Rho, Dichte
μ	My, Reibungskoeffizient
α_0	Alpha, Freiwinkel



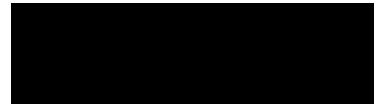
5.7.5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Fachexperte	11
Tabelle 2 - Zielscheibe mit Richtziel	17
Tabelle 3 - Anforderungsliste	18
Tabelle 4 - Projekt-Ablaufplan Teil 1	20
Tabelle 5 - Projekt-Ablaufplan Teil 2	21
Tabelle 6 - Kommunikationsplanung	22
Tabelle 7 - Risikoanalyse	23
Tabelle 8 - Risiko Matrix	24
Tabelle 9 Brainstorming	36
Tabelle 10 - Einfluss auf das Problem	38
Tabelle 11 - Aufwand	39
Tabelle 12 - Kosten.....	40
Tabelle 13 - Auswertung mögliche Ursache	41
Tabelle 14 - Morphologischer Kasten.....	42
Tabelle 15 - Kostenschätzung Variante 0.....	43
Tabelle 16 - Kostenschätzung Variante 1.....	44
Tabelle 17 - Kostenschätzung Variante 2.....	45
Tabelle 18 - Kostenschätzung Variante 3.....	46
Tabelle 19 - Übersicht Varianten Kosten & Aufwand.....	47
Tabelle 20 - Wahl der Bewertungskriterien	48
Tabelle 21 - Präferenzmatrix	49
Tabelle 22 - Nutzwertanalyse	50
Tabelle 23 - Sensitivitätsanalyse	51
Tabelle 24 - Federdaten aus Datenblatt.....	54
Tabelle 25 - Vergleich Materialwahl.....	57
Tabelle 26 - Tabelle Festkörpergleitreibung, Seite 7-8, Dr. Ing. Karl-Heinz Habig, P. D.-W.-P. (1972).....	60
Tabelle 27 - Messtabelle Masse OM.....	63
Tabelle 28 - Vorgangsliste Messerwechsel.....	68
Tabelle 29 - Arbeitsvorbereitung Umsetzung Sofortmassnahme.....	70
Tabelle 30 - Phasenplan zur Umsetzung.....	72
Tabelle 31 - Massnahmenplan.....	73
Tabelle 32 - SWOT-Analyse	74
Tabelle 33 - Risikoanalyse.....	75
Tabelle 34 - Risiko Matrix	76
Tabelle 35 - Zeitplan Teil 1.....	79
Tabelle 36 - Zeitplan Teil 2.....	79
Tabelle 37- Zeitplan Teil 3.....	80
Tabelle 38 - Evaluation der Zielerreichung.....	81



5.7.6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - [REDACTED]	9
Abbildung 2- Übersicht Linie.....	12
Abbildung 3 - Umsystem, System, Teilsystem	13
Abbildung 4- Übersicht Papiermesser.....	13
Abbildung 5 - Blackbox	14
Abbildung 6 - Übersicht Papiermesser vorne.....	15
Abbildung 7 - Übersicht Papiermesser Seite links.....	15
Abbildung 8 - Darstellung Hub OM	16
Abbildung 9 - Projektstrukturplan.....	19
Abbildung 10 - Grafische Darstellung Kommunikationswege	22
Abbildung 11 - Zeitstrahl.....	25
Abbildung 12 - Darstellung eintauchen Messer aktuell	26
Abbildung 13 - Darstellung eintauchen Messer 90°	27
Abbildung 14 - Verschleissspuren	28
Abbildung 15 - Überzeichnete Darstellung Schnittkante.....	29
Abbildung 16 - Federwaage Messung Anpresskraft.....	30
Abbildung 17- Winkel am Schneidkeil; links: Metallverarbeitung, rechts: Scherschneiden in	31
Abbildung 18 - Querschnittswinkel	31
Abbildung 19 - Kostenverlauf.....	32
Abbildung 20 - Schneidleiste, Dissertation, Dipl.-Ing. Michael Desch, S.13.....	33
Abbildung 21 - Guillotinen Messer : Faruk Guney, https://www.baucor.de/collections/guillotine-messer	33
Abbildung 22 - Rotationsmesser.....	33
Abbildung 23 - Hauptverschleissmechanismen - Decker s.472	34
Abbildung 24 Mindmap - Mögliche Ursachen.....	37
Abbildung 25 - Variante 0 - Sofortmassnahme	43
Abbildung 26 - Variante 1 Seitenansicht.....	44
Abbildung 28 - Variante 1 Isometrie Ansicht.....	44
Abbildung 28 - Variante 1 Frontansicht.....	44
Abbildung 29 Variante 2 Seitenansicht	45
Abbildung 30 - Variante 2 Isometrie Ansicht.....	45
Abbildung 31 - Variante 2 Frontansicht.....	45
Abbildung 32 Variante 3 Seitenansicht	46
Abbildung 33 - Variante 3 Frontansicht.....	46
Abbildung 34 - Ausprägung Varianten nach Kriterien - Nutzwertanalyse	52
Abbildung 35 - Schaubild Federkenngrössen	54
Abbildung 36 - Zeichnung Feder-Gewindebolzen.....	56
Abbildung 37 - Stossschaber Ziehschaber	59
Abbildung 38 - Darstellung Verschleisszonen UM.....	59
Abbildung 39 - Lineare Funktion verschleissverlauf Federkraft in [N] zu Verschleiss in [g]	64
Abbildung 40 - Vergleich vorher / nachher	65
Abbildung 41 - Darstellung angepasste Schneiden-Geometrie	66
Abbildung 42 - Vorschaubild 3D auslaufseitig	67
Abbildung 43 - Messuhr.....	70
Abbildung 44 - Variante 0- Sofortmassnahme eingebaut.....	71
Abbildung 45 - Federwaage Variante 0	71
Abbildung 46- Kosten-Nutzen-Analyse	77

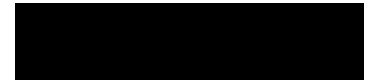


5.7.7 Literaturverzeichnis

- Archard, J. (1953). *Contact and Rubbing of Flat Surface*. Journal of Applied Physics; 24(8): 981–988.
- Böge, A. (2015). *Böge Formeln und Tabellen Maschinenbau*. Wolfenbüttel, Deutschland, Deutschland: Springer Verlag.
- Christian Stauber. (13. 10 2024). *stauberstahl*. Von <https://www.stauberstahl.com/> abgerufen
- Desch, D.-I. M. (2012). *Dissertation - Der Einfluss der Schneidlage auf den effektiven Keilwinkel*. Darmstadt: Dipl.-Ing. Michael Desch.
- Dr. Ing. Karl-Heinz Habig, P. D.-W.-P. (1972). *Festkörpergleitreibung und Verschleiss von Eisen, Kobalt, Kupfer, Silber, Magnesium und Aluminium in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch zwischen 760 und 2x10⁻⁷ Torr*. Berlin: Bundesanstalt für Materialprüfung BAM.
- Guney, F. (kein Datum). *baucor.de*. Von Carl Reuther Strasse 1, Geb. 372, 68305 Mannheim, Deutschland: <https://www.baucor.de/collections/guillotine-messer> abgerufen
- Karl-Heinz Decker, D.-I. K. (2018). *Decker - Maschinenelemente, Funktion, Gestaltung und Berechnung*. Berlin: Carl Hanser Verlag München.
- West Yorkshire Steel Ltd, UK. (13. 10 2024). *westyorkssteel.com*. Von <https://www.westyorkssteel.com/technical-information/hardness-conversion-chart/> abgerufen
- Wittel, H., Jannasch, D., Spura, C., & Vossiek, J. (2017). *Roloff/Matek Maschinenelemente - Normung, Berechnung, Gestaltung* (Bd. 23. Auflage). Reutlingen, Deutschland: Springer Vieweg.

5.7.8 Formelverzeichnis

Formel 1 - Roloff Matek Maschinenelemente, 25. Auflage, Formel (10.49)	53
Formel 2- Roloff Matek Maschinenelemente, 25. Auflage, Formel (10.47)	54
Formel 3 - Momenten Gleichung.....	55
Formel 4 - Verschleissvolumen nach Archard, J. (1953).	60
Formel 5 - Berechnung Masse aus Dichte und Volumen	61

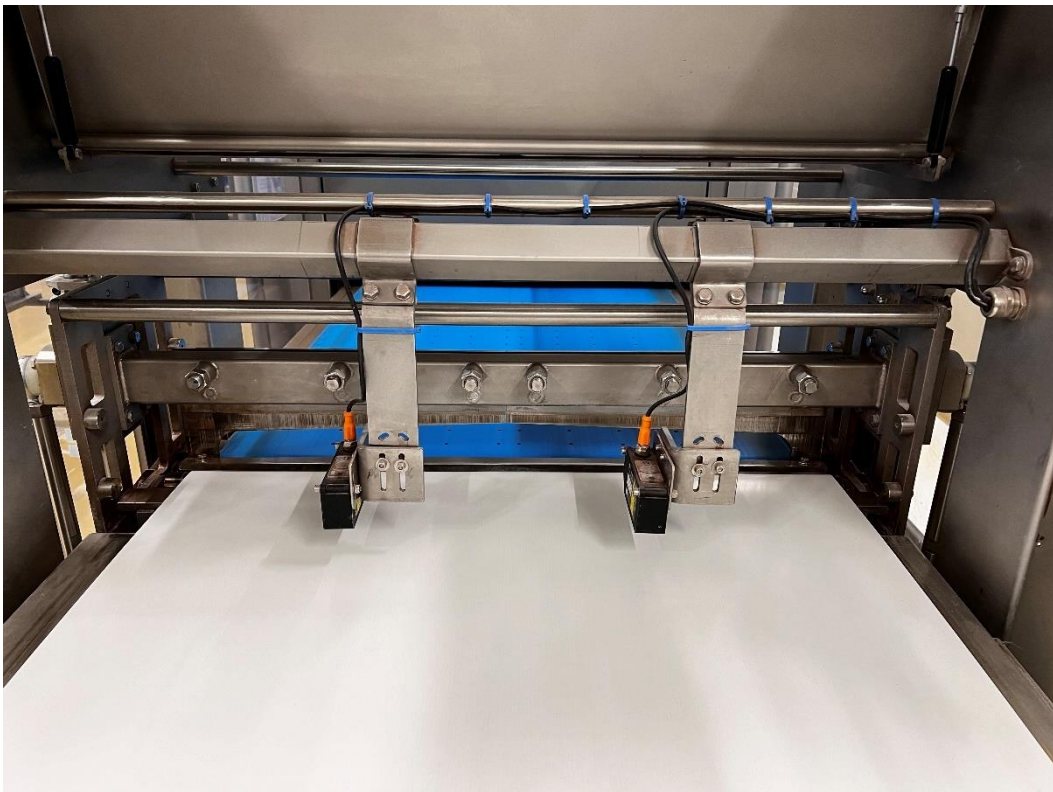


5.7.9 Anhangsverzeichnis

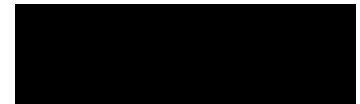
1.	Pflichtenheft signiert	12 Seiten
2.	Statusberichte KW35, KW37bis KW43	8 Seiten
3.	Besprechungsprotokolle	8 Seiten
4.	Projektmanagement: Zeitkontrolle, Offene-Punkte-Liste	2 Seiten
5.	Kostenschätzungen Varianten	4 Seiten
6.	Werkstattzeichnung OM, UM, Halter, Faltblech, Federbolzen, Gerade im Raum	6 Seiten
7.	Datenblätter	5 Seiten

Pflichtenheft zur Diplomarbeit

Reduktion Verschleiss an Papiermesser



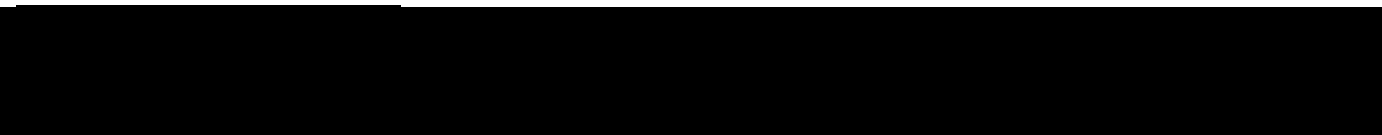
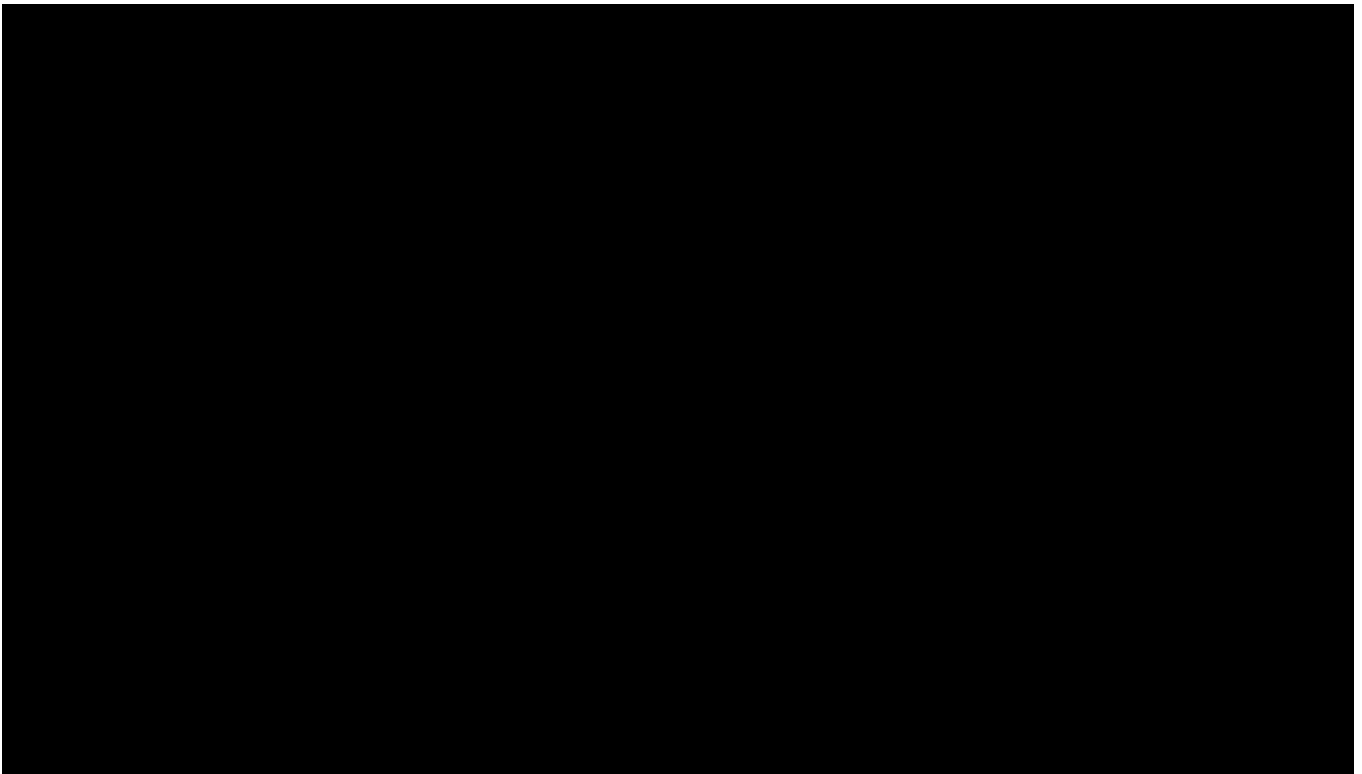
Pascal Keller
30.8.2024



Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
Kurzvorstellung Firma.....	1
Woraus entspringt das Bedürfnis für das Thema?.....	2
Marktforschung.....	2
Wie soll diese Arbeit realisiert werden?.....	2
Fachexperte.....	3
Inhalt.....	4
Überblick.....	4
Das System des Papiermessers.....	5
Die Blackbox – Darstellung des Systems Papiermesser.....	6
Funktionsweise und Problemstellung.....	7
Zielscheibe mit Richtziel.....	9
Anforderungsliste.....	10
Genehmigung Pflichtenheft.....	11

Einleitung



Woraus entspringt das Bedürfnis für das Thema?

Der alte Leitspruch von [REDACTED] finde ich passend und motivierend. Wir sind schon gut, aber das können wir noch besser!

Eine Baugruppe, welche seit der Installation der Anlage im Jahr 2012 immer wieder Probleme macht, ist das Papiermesser an der «Linie F». Es wurde bereits einiges verbessert und führt nur noch selten zu Störungen während dem Betrieb. Allerdings ist die Baugruppe sehr wartungsintensiv und kann durch den Abrieb der Mechanik eine Gefahr für Verschmutzung im Bereich der Produkte darstellen.

Aus den genannten Gründen ist es unausweichlich kosteneffizient auf zuverlässigen Anlagen zu produzieren. Personelle und finanzielle Ressourcen müssen daher mit Bedacht eingesetzt werden.

Es gilt also die Funktionsweise genau zu analysieren, technische und nach Bedarf organisatorische Massnahmen zu treffen.

Marktforschung

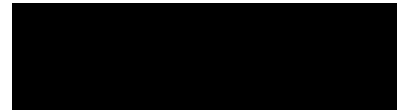
Da es sich in meiner Diplomarbeit um ein Verbesserungsprojekt und nicht um eine Neuentwicklung handelt, werde ich keine umfangreiche Marktforschung betreiben. Durch den Auftraggeber ist explizit möglichst geringe Änderung der Anlage gewünscht. Einen komplett neuen Anlagenteil zu entwerfen oder eine Systemumstellung wie beispielsweise auf einen Laser oder Water-Jet sind nicht angedacht.

Im Zuge der Fehlersuche werde ich nach Fachliteratur, wissenschaftlichen Arbeiten zum Schnitt von Papier oder auch den Kontakt zum Anlagenhersteller oder Spezialisten suchen. Diese Informationen helfen mir dann gezielt bei der Analyse und bei der konstruktiven Anpassung.

In unserer Fabrik haben wir an anderen vergleichbaren Linien ebenfalls Papiermesser im Einsatz. Diese sind auf dem Rotations-Prinzip aufgebaut.

Wie soll diese Arbeit realisiert werden?

Der Auftraggeber möchte die Wartungsintensität sowie insbesondere den Verschleiss und den daraus entstandenen Abrieb minimieren. Er erteilt den Auftrag zur genaueren Analyse, da bisherige Massnahmen nicht den gewünschten Anforderungen gerecht geworden sind. Aktuell wird das Problem vom Verschleiss symptomatisch bekämpft, indem wöchentlich das Messer geschmiert und gereinigt wird. Dies bindet aber langfristig personelle Ressourcen und führt über die Jahre zu hohen Kosten für den Unterhalt des Papiermessers.

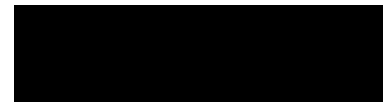


Fachexperte

Als Fachexperte und Auftraggeber in Vertretung der Firma [REDACTED] begleitet mich [REDACTED] durch diese Diplomarbeit. Die Tätigkeit als Leiter Instandhaltung und seine grosse Erfahrung im Bereich Mechanik bei [REDACTED] qualifiziert ihn für die Funktion als Fachexperte.

KONTAKT

VOR- / NACHNAME	
BERUF	
ROLLE / FUNKTION	
ADRESSE	
E-MAIL	
TELEFON	

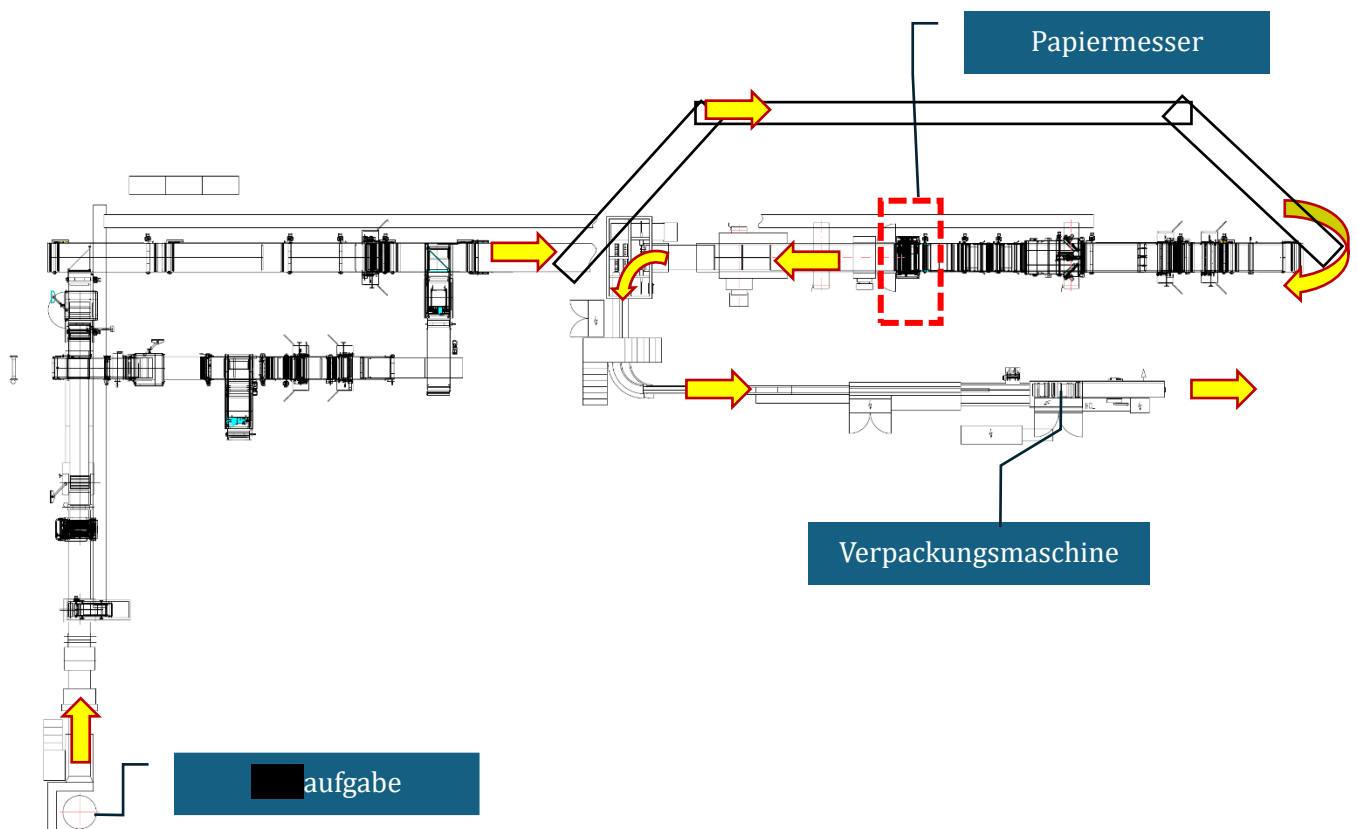


Inhalt

Überblick

Um die Funktion des Papiermessers besser einordnen zu können, ist es wichtig, die Grundfunktion der gesamten Linie zu verstehen und diese begrifflich zu trennen.

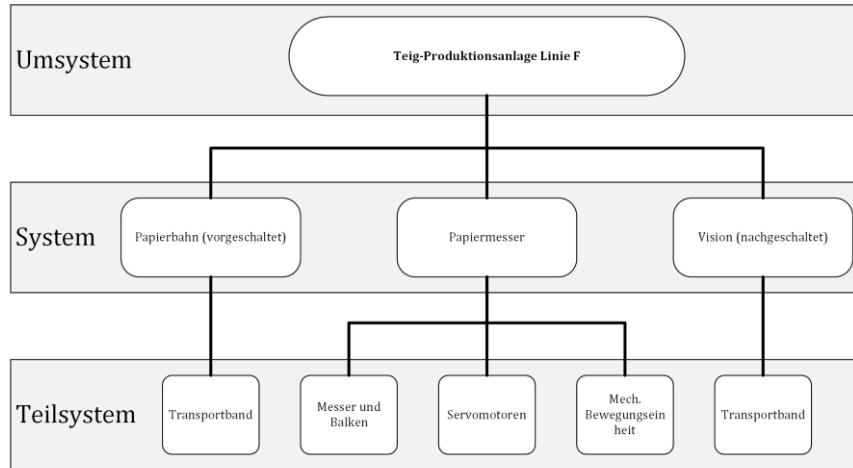
_____ und anschliessend auf einem _____ papier positioniert. Das _____ papier wird ab einer Rolle dem Prozess zugeführt und muss aus diesem Grund noch in die passende Länge geschnitten werden. Diese Funktion übernimmt das System Papiermesser, welches in dieser Diplomarbeit behandelt wird. Nach dem Schnitt wird noch eine visuelle Kontrolle durch ein Kamerasystem durchgeführt. Nun wird der _____ noch aufgerollt und verpackt, gekühlt, und in Kartons verpackt. Nach dem Palettieren der Kartons, sind unsere Produkte bereit für die Auslieferung zu den Kunden.





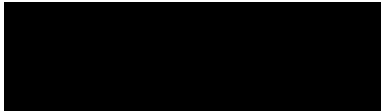
Das System des Papiermessers

Nachdem wir im oberen Abschnitt die Linie und Anlage kennengelernt haben, ordnen wir das System des Papiermessers ein. Um die Darstellung übersichtlicher zu gestalten, ist die Unterteilung auf der System-Ebene auf die Vor- und Nachgeschalteten Anlagenteile beschränkt.



Eine genauere Betrachtung des Umfeldes ist sinnvoll, um bei Neuentwicklungen sich nach dem Top-Down-System zu überlegen, was diese genau für Funktionen hat und man einen Überblick erlangt. Bei einer strukturierten Fehlersuche gehört es ebenfalls dazu, sich das gesamte Umsystem und dessen möglichen Einflüsse auf den Fehler oder die Störung zu betrachten.



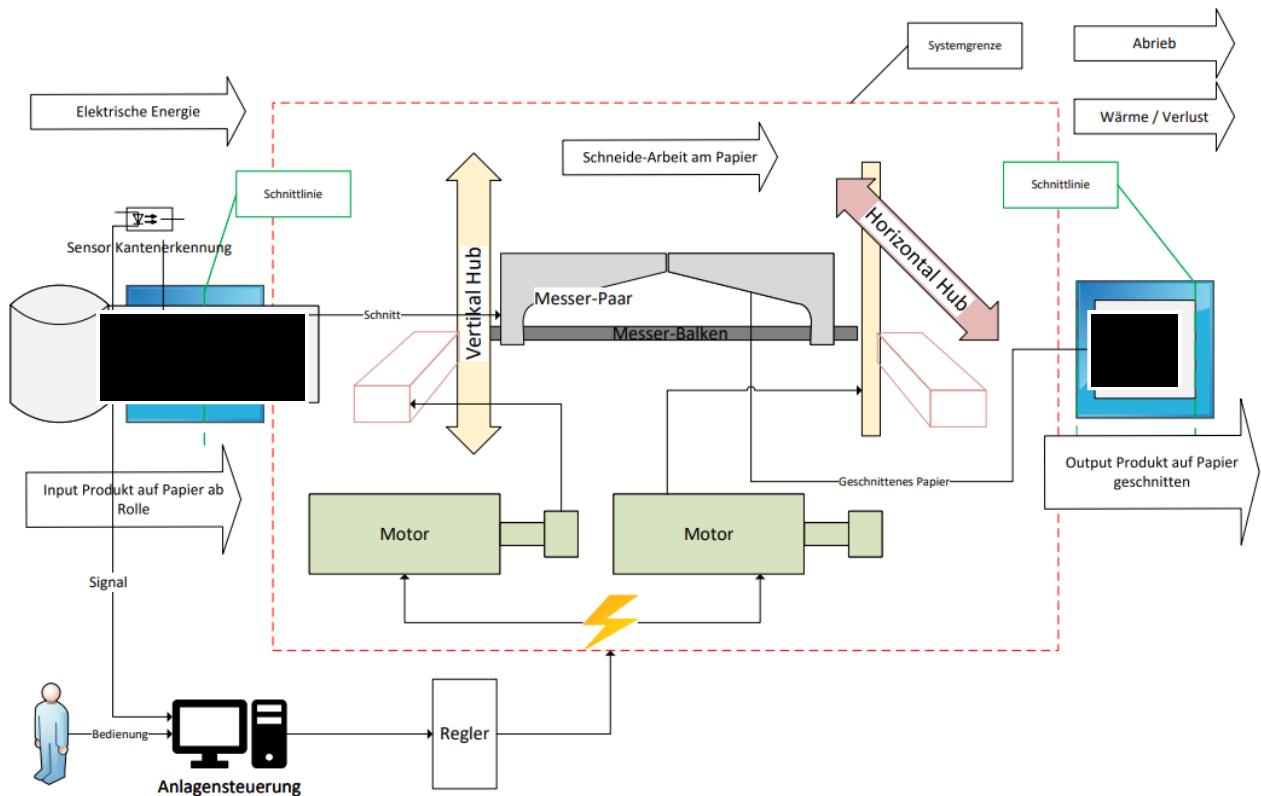


Die Blackbox – Darstellung des Systems Papiermesser

Um den Prozess während dem Schneidevorgang, dessen Energie und Materialfluss besser zu verstehen sind die wichtigsten Teilkomponenten, In- und Output in einer Blackbox dargestellt. In der folgenden Grafik ist der Fluss von links nach rechts dargestellt.

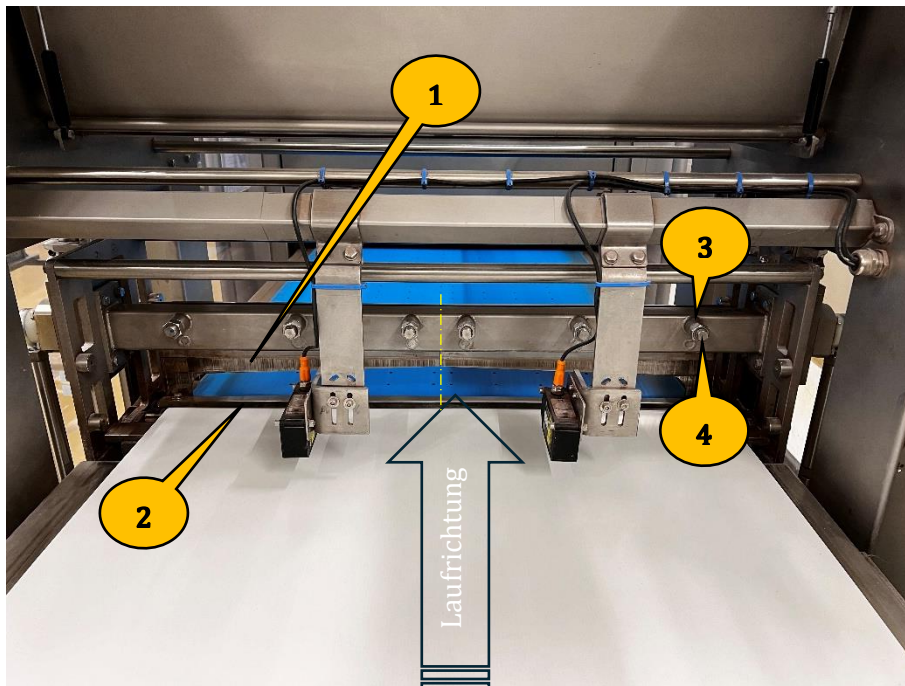
Die rote gestrichelte Linie stellt dabei die **Systemgrenze** dar. Sie trennt das System Papiermesser von dem vor- und nachgelagerten Anlagenteil. Im Wesentlichen führen wir im Produktionsprozess elektrische Energie sowie das Produkt auf dem Papier ab der Papierrolle zu.

Um den Schnitt durchzuführen, wird die elektrische Energie durch die Motoren in eine mechanische Rotationsenergie umgewandelt und über Exzenterkurbeln und Zahnriemen (nicht dargestellt) in eine mechanisch lineare Bewegung umgewandelt. Dabei wird die Schneide-Arbeit als eigentliches Prozessziel verrichtet. Der Grossteil wird als Wärme in die Umgebung abgegeben. Ein ebenfalls ungewollter Output, als Thema dieser Diplomarbeit ist der **Abrieb**.

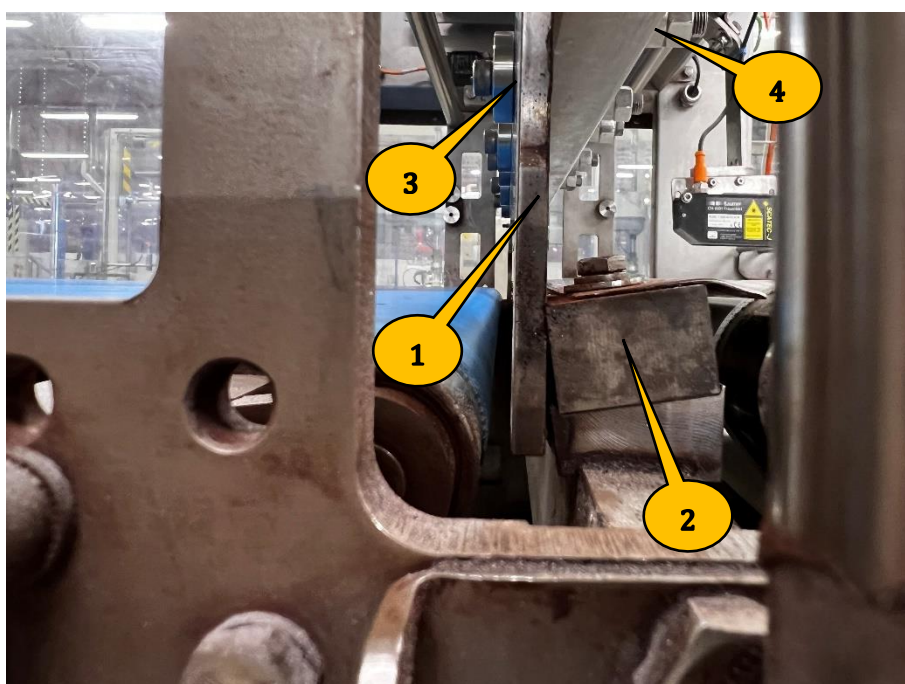


Funktionsweise und Problemstellung

Das Papiermesser arbeitet auf dem Funktionsprinzip der Scherbewegung. Das obere Messer (1) ist in der Mitte in zwei Teile geteilt. Die Schnittkante verläuft zur Mitte hin nach oben, um einen punktuellen Schnittpunkt mit dem Messerbalken (2) zu bilden. Die Messer sind über sechs Feder (3), Gewindebüchsen und Stifte (4) vorgespannt.

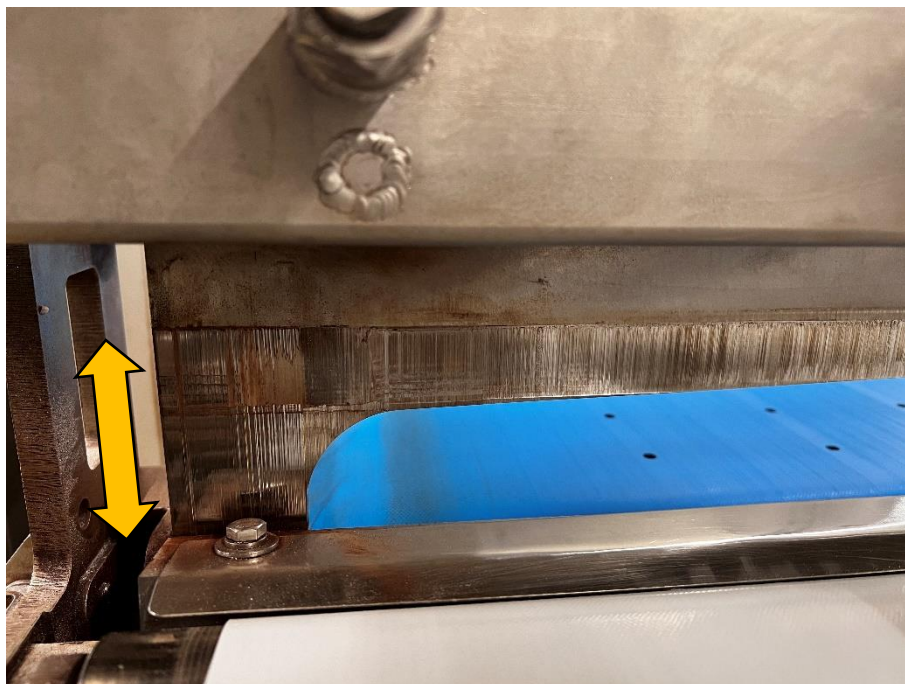


Die Vorspannkraft auf das Messer ergibt sich aktuell durch das Mass für die Voreinstellung sowie die Feinjustierung, bis das Papier auf der gesamten Breite geschnitten wird.

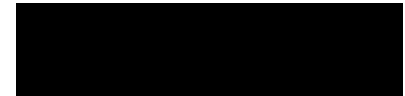




Durch die Anpresskraft und die Reibung zwischen den Messern und dem Messerbalken entsteht der Abrieb. Es entstehen dadurch gut sichtbare Laufspuren im vertikalen Bewegungsbereich über die gesamte Messerbreite.



Aktuell wird im Wochenservice die Reibfläche geschmiert und gereinigt. Dies hat bis anhin eine Verbesserung hinsichtlich des Abriebs und Verunreinigung der Transportbänder gebracht. Es ist jedoch nicht als dauerhafte Lösung des Problems gedacht.



Zielscheibe mit Richtziel

1. Der Abrieb kann durch die Massnahmen glaubhaft reduziert werden.
(Durch die Funktionsweise wird immer ein Verschleiss und somit Abrieb der Schnittkanten vom Messer vorhanden sein.)
2. Die Baugruppe ist aktuell so konzipiert, dass die Messer fest an den Messerbalken gepresst werden, um das Papier zu schneiden.
3. Die jährlichen Wartungskosten dürfen den aktuellen Stand nicht überschreiten.
4. Bei Abschluss liegt ein Massnahmenplan vor
5. Die Ausarbeitung ist umsetzungs- bzw. bestellreif.

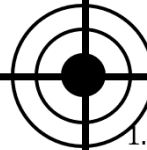


TEKO Olten, Antonio Foschini

Endergebnisse

Sinn und Zweck

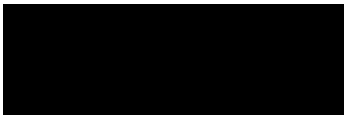
- Ergebnisse aus der Analyse und konstruktive Anpassung des bestehenden Papiermessers, um den Verschleiss sowie die daraus resultierenden Verunreinigungen durch Abrieb nachhaltig zu eliminiert.
- Ausarbeitung einer Massnahmen-Liste für Schulungen, Erstellen von Arbeitsanweisungen, aktualisieren der Wartungspläne, etc.
- Der Abrieb, welcher bis anhin entsteht, ist in mehreren Hinsichten schlecht. Produktesicherheit (Abrieb kann auf dem Produkt landen), erhöhter Verschleiss – wartungsintensiv, Verschmutzung vom Transportband führt zu Fehlererkennung bei der optischen Teigkontrolle.



Kunde

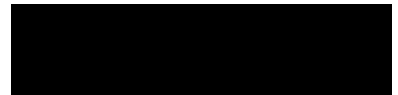
Erfolgskriterien

1. In der Diplomarbeit sind Massnahmen ausgewiesen und begründet, welche zur Verschleissminderung verhelfen.
2. Die Konstruktion wird so angepasst, dass der Anpressdruck auf ein Minimum reduziert werden kann. Aktuell (geschätzt 225N), Ziel: 50N. Andernfalls muss die Kraft anderweitig aufgenommen werden.
3. Es liegt in der Dokumentation eine Kosten Gegenüberstellung vor und nach der Verbesserung vor.
4. Es liegen Massnahmen für konstruktive Anpassungen, Wartungspläne und Schulungen vor und sind dokumentiert.
5. Es liegen alle notwendigen Informationen und Dokumente wie beispielsweise Zeichnungen vor.



Anforderungsliste

Datum	Anforderung	
	Geometrie	
30.08.2024	Die Arbeit darf keine Projektierung eines neuen Anlagenteils sein.	F
30.08.2024	Die Technologie wird beibehalten	F
	Beanspruchung / Kräfte	
30.08.2024	Anpressdruck von Messer wird auf ca. 1/4 reduziert (50N).	M
	Eigenschaften	
30.08.2024	Das Papier wird zuverlässig geschnitten	F
30.08.2024	Abrieb wird reduziert.	F
30.08.2024	Im Falle eines Ausfalls, soll das neue Messer in unter 2h ersetzt werden können.	W
30.08.2024	Keine negative Auswirkungen auf Geräuscentwicklung.	M
	Sicherheit	
30.08.2024	Änderungen bergen keine neuen oder zusätzlichen Risiken in Bezug auf die Personen-, Lebensmittel- und Anlagensicherheit.	F
	Herstellung	
30.08.2024	Fertigung bei neuem Messer durch unsere bevorzugten Lieferanten möglich.	W
30.08.2024	Verwendung von Normteilen wenn möglich.	W
30.08.2024	Messereinheit kann zukünftig nachgeschliffen werden.	W
	Instandhaltung	
30.08.2024	Wartungskosten werden reduziert.	F
30.08.2024	Kostengegenüberstellung voranden.	F
30.08.2024	Es ist kein Wochenservice mehr notwendig	M
F = Festforderung / M = Mindestanforderung / W = Wunsch		

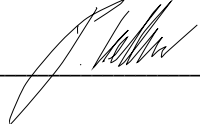


Genehmigung Pflichtenheft

Durch die Unterzeichnung dieses Dokuments erklären Sie, dass sie das Pflichtenheft gelesen, verstanden und akzeptiert haben. Sie bestätigen Ihre Bereitschaft, die darin beschriebenen Aufgaben und Verantwortlichkeiten zu übernehmen.

Unterschriften:


Pascal Keller, Diplomand

 Datum: 30.08.2024

André Thiel, Auftraggeber und Fachexperte

 Datum: 30.08.2024

Antonio Foschini, Diplomlehrer TEKO

 Datum: 30.08.2024
















Projektname:

Projekt - Reduktion Abrieb Papiermesser

Statusbericht:

KW 35 - 2024

Projektleiter Pascal Keller	Projektziele Ziel: Reduktion Abrieb an Papiermesser	Verteiler André Thiel Antonio Foschini
---	---	---

Gesamtbeurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
	  	  	  	  	  
Tendenz (für Folgemonat)	↑	↑	→	→	→

Aktueller Projektstand Projektantrag bewilligt Pflichtenheft erstellt und eingereicht	Was läuft gut? Bisher läuft alles gut. Was läuft nicht gut? (Massnahmen zur Verbesserung unten nennen) Aktuell keine Abweichungen / Probleme. Noch im ungewissen wohin die Projektarbeit führt. Deshalb "Projektklima auf gelb".
--	--

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Start Diplomarbeit Terminplanung, Projektablaufplan, anlegen Offene Punkteliste
--

Projektname:

Projekt - Reduktion Abrieb Papiermesser

Statusbericht:

KW 37 - 2024

Projektleiter Pascal Keller	Projektziele Ziel: Reduktion Abrieb an Papiermesser	Verteiler André Thiel Antonio Foschini
---	---	---

Gesamtbeurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
Tendenz (für Folgewoche)	➔	⬆	➔	➔	⬇

Aktueller Projektstand Erledigt: -Projektstrukturplan, Projektablaufplan, Ressourcenplan, Kommunikationsplanung, Risikoanalyse und Openpointeliste (OPL) sind erstellt. -Kompetenzprofil und Lebenslauf erstellt. In Arbeit: Ursachensuche und Recherche	Was läuft gut? Planungsphase ist merheitlich abgeschlossen. Was läuft nicht gut? (Massnahmen zur Verbesserung unten nennen) Die nächsten zwei Wochen muss ich die mir zur Verfügung stehende Zeit gut einplanen, da im Unterricht an der TEKO noch eine Prüfung ansteht und im Arbeitsumfeld viele Termine geplant sind.
--	---

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen IST-Aufnahme an der Anlage. Problematik könnte sein, dass das Ausmessen sich eher schwierig gestaltet ohne das Messer auszubauen. Recherche zur optimalen Schneidengeometrie

Projektname:

Projekt - Reduktion Abrieb Papiermesser

Statusbericht:

KW 38 - 2024

Projektleiter Pascal Keller	Projektziele Ziel: Reduktion Abrieb an Papiermesser	Verteiler André Thiel Antonio Foschini
---	---	---

Gesamtbeurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
Tendenz (für Folgewoche)	→	→	→	→	↑

Aktueller Projektstand

Aktuell in Recherche und Ursachensuche.
Wie war der Grundzustand, was wurde alles gemacht. Abweichungen vom Grundzustand, könnte auch teilweise ein Teil vom Problem sein. Recherche ist aufwändig, da alle Daten in SAP, Anlagenordnern und Laufwerken verteilt sind.

Wissen, welches nicht dokumentiert wurde ist nicht mehr zugänglich, da die Hauptaktöre welche schon am Papiermesser gearbeitet und Änderungen vorgenommen haben, nicht mehr bei uns beschäftigt sind.

Was läuft gut?

Bisher gut im Terminplan. Statusupdategespräch von Montag war Positiv.

Was läuft nicht gut? (Massnahmen zur Verbesserung unten nennen)

Diese Woche Ressourcenmangel aufgrund Prüfungsvorbereitung.

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen

Auswertung der Recherche, Dokumentation.
Ausarbeitung der

Projektname:

Projekt - Reduktion Abrieb Papiermesser

Statusbericht:

KW 39 - 2024

Projektleiter Pascal Keller	Projektziele Ziel: Reduktion Abrieb an Papiermesser	Verteiler André Thiel Antonio Foschini
---	---	---

Gesamtbeurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
Tendenz (für Folgewoche)	➔	➔	➔	➔	➔

Aktueller Projektstand Meilenstein Recherche und Ursachensuche abgeschlossen. Bin noch an der Dokumentation der Recherche und Ursachenanalyse. (leichter Zeitverzug) Dafür erste Skizzen für die Variantenbildung. Erkenntnis, dass der Schnittwinkel und Federvorspannkraft und ein Teil des Problems ist. Das Papier wird geschnitten, indem ja ein Punktschnitt von aussen nach innen stattfindet. Da die oberen Messer aber auf der Schnittseite gerade sind (die Schneide hat keinen Hinterschliff) drückt dann die gesamte Fläche gegen die untere Schnittkante. => Spalt	Was läuft gut? Ich habe durch die Recherche ein gutes Gefühl für das Messer und die Situation erlangt. Der grundlegende Gedanke wie der Schnitt sein muss und mögliche Ursachen für den Abrieb hilft mir jetzt neue Lösungsvorschläge zu machen. Ressourcen haben sich akutell etwas verbessert. Was läuft nicht gut? (Massnahmen zur Verbesserung unten nennen) Die Recherche und Ursachensuche hat viel Zeit in Anspruch genommen. Ich habe es aber als wichtig erachtet, die Historie des Papiermessers und was daran alles schon geändert wurde sowie den Grundzustand herauszufinden. Literatur und Onlinerecherche leider nicht sehr aufschlussreich.
---	--

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Variantenbildung. Erste Grobskizzen und Ideen gesammelt. Bewertung der Varianten mit dem Auftraggeber und einem Mechaniker. Dazu Termin mit Daniel Jenny, (Vertreter) von unserem bevorzugten Messerlieferanten "Ramseier-Werkzeugbau". Von diesem Termin erwarte ich die Fachliche expertiese von einem Messerexperten, über die Umsetzbarkeit von meinen Ideen. Es soll geklärt werden, ob beispielsweise die beiden oberen Messer künftig auch aus einem Stück gefertigt werden könnten oder ob dies neue Nachteile nach sich zieht.
















Projektname:

Projekt - Reduktion Abrieb Papiermesser

Statusbericht:

KW 40 - 2024

Projektleiter Pascal Keller	Projektziele Ziel: Reduktion Abrieb an Papiermesser	Verteiler André Thiel Antonio Foschini
---	---	---

Gesamtbeurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
	  	  	  	  	  
Tendenz (für Folgewoche)	➔	➔	➔	➔	➔

Aktueller Projektstand Dokumentation der Recherche und Ursachenanalyse aufgeholt. 3 Varianten als Vorschläge ausgearbeitet. Bewertung der Varianten vorbereitet, Morgen 07.10. Kommt Herr Jenny von der Firma Ramseier Werkzeugbau, um die Realisierbarkeit meiner Vorschläge zu beurteilen.	Was läuft gut? Konnte jetzt 3 Vorschläge inkl. Einer Empfehlung als Sofortmassnahme getroffen. Aktuell gut im Zeitplan. Was läuft nicht gut? (Massnahmen zur Verbesserung unten nennen) Aktuell keine Beanstandungen.
--	--

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Variantenbeurteilung, Nutzwert und Sensitivitätsanalyse. Dokumentation Ausarbeitung der gewählten Variante. Ausmessen an der Anlage, verbesserung 3D Modell wenn nötig.
















Projektname:

Projekt - Reduktion Abrieb Papiermesser

Statusbericht:

KW 41 - 2024

Projektleiter Pascal Keller	Projektziele Ziel: Reduktion Abrieb an Papiermesser	Verteiler André Thiel Antonio Foschini
---	---	---

Gesamtbeurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
	  	  	  	  	  
Tendenz (für Folgewoche)	➔	➔	➔	➔	➔

Aktueller Projektstand Varianten bewertet und dies dokumentiert. Material definiert. Variante 0 Sofortmassnahme ist eingeleitet.	Was läuft gut? Alle drei Varianten sind bei Auftraggeber gut angekommen. Dokumentation bin ich weiter als geplant, das vergrössert mein Zeitfenster für die Ausarbeitung der Variante. Was läuft nicht gut? (Massnahmen zur Verbesserung unten nennen) Habe etwas Probleme beim aufstellen Beweis, weshalb es sinnvoller ist das Untermesser gerade zu stellen anstatt im Winkel von 10°. Bin noch an einer Lösung suchen, um dies gestützt auf Festigkeitsnachweise / Reibung etc. zu beweisen. Dort habe ich relativ viel Zeit verloren.
---	---

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Status-Update am Montag 14.10.2024 Ausarbeitung der gewählten Variante. Ausmessen an der Anlage, verbesserung 3D Modell wenn nötig. Erstellen Werkstattzeichnungen, Massnahmenplan
--
















Projektname:

Projekt - Reduktion Abrieb Papiermesser

Statusbericht:

KW 42 - 2024

Projektleiter Pascal Keller	Projektziele Ziel: Reduktion Abrieb an Papiermesser	Verteiler André Thiel Antonio Foschini
---	---	---

Gesamtbeurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
	  	  	  	  	  
Tendenz (für Folgewoche)	➔	➔	➔	⬆	➔

Aktueller Projektstand Ausarbeitung abgeschlossen, ausser Umsetzung der Variante 0 - Sofortmassnahme. Diese wird noch umgesetzt und dokumentiert. Lösung	Was läuft gut? Wieder gut im Zeitplan. Was läuft nicht gut? (Massnahmen zur Verbesserung unten nennen) Aktuell keine Abweichungen.
---	---

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Umsetzung Sofortmassnahme, Dokumentation der DA. Kapitel Abschluss der DA.
















Projektname:

Projekt - Reduktion Abrieb Papiermesser

Statusbericht:

KW 43 - 2024

Projektleiter Pascal Keller	Projektziele Ziel: Reduktion Abrieb an Papiermesser	Verteiler André Thiel Antonio Foschini
---	---	---

Gesamtbeurteilung	Projektverlauf	Projektklima	Termine	Risiken	Ressourcen
	  	  	  	  	  
Tendenz (für Folgewoche)	→	→	→	→	→

Aktueller Projektstand Dokumentation noch Formatieren, Verzeichnisse aktualisieren, etc.	Was läuft gut? Dokumentation weitestgehend ausgearbeitet. Noch Überarbeitung Was läuft nicht gut? (Massnahmen zur Verbesserung unten nennen) Nach Umsetzung der Sofortmassnahme ist noch etwas aufgefallen. Ausgearbeitete Variante musste noch etwas angepasst werden. (In Bestellliste und Einzelteilzeichnung nachgeführt, 3D Modell für Doku nicht mehr angepasst.)
--	--

Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen Vorbereitung Präsentation und Online Auftritt



Besprechungsprotokoll

Datum der Besprechung: 16.09.2024
Zeit: 17:45
Dauer: 15 Minuten
Teilnehmer: Antonio Foschini, Pascal Keller

Begrüssung und Eröffnung

- Begrüssung durch Antonio Foschini
- Start der Präsentation

Hauptthemen

Projektstrukturplan:

- Vorstellung, nach 4-Phasen Modell

Projektablaufplan:

- Vorstellung Projektablaufplan durch Pascal Keller
- Terminplanung
- Zeitplanung im Projektablaufplan

Offenepunkte-Liste:

- Präsentation der Offenepunkte-Liste

Kommunikationsplanung:

- Präsentation der Kommunikationsplanung

Risikoanalyse

- Eingehen auf die wichtigsten Risikopunkte
- Oberflächliche Besprechung deren Massnahmen

Sonstiges

Frage von Antonio Foschini über Dokumentation.

Antwort Pascal Keller: Eigentlich füge ich die Teile der Dokumentation erst gegen Ende zusammen. Pascal Keller wird für den nächsten Termin eine Dokumentation bereitstellen.



Nächste Schritte

- Recherche; Hinweis P. Keller: Gestaltet sich schwierig, da schon viele verschiedene Personen sich dem Thema gewidmet haben, Grundzustand ist schwierig rauszufinden.
- Ursachensuche; Start mit der Realisierungsphase

Abschluss

Schlusswort durch Antonio Foschini:

Sieht so aus, als ob das Projekt bisher gut läuft. Bis anhin keine Bedenken und Beanstandungen.

Nächster Termin:

14.10.2024, 15:00 – 15:15

Pascal Keller



Besprechungsprotokoll

Datum der Besprechung: 07.10.2024
Zeit: 14:00
Dauer: 1.5h

Teilnehmer:

██████████ Pascal Keller
Reamseier Werkzeugbau: Daniel Jenny, Vertrieb und Projektleitung
Roland Wyss, Betriebsleiter

Begrüssung und Eröffnung

- Begrüssung durch Pascal Keller, Einweisung Sicherheit, Einkleiden Hygienezone
- Start Rundgang und Betrachtung vor Ort, da Linie kurz vor Start und eine Betrachtung bei stehender Anlage noch möglich.

Hauptthemen

Betrachtung vor Ort: Erneutes erläutern des Problems des Verschleisses bzw. Abriebs.
Erläuterung der Ausrichtung, meiner Erkenntnisse über die Schnittkante und den Verschleiss.
Genaue Betrachtung von Messer durch Herr Jenny & Wyss von Messer und Abrieb.

Wechsel in das Besprechungszimmer, da die Linie jetzt für die Produktion vorbereitet wird.

Vorstellung meiner Sofortmassnahme (Variante 0), dann Variante 1 -3.

Sofortmassnahme: Die Empfehlung seitens Ramseier deckt meine Recherche und Empfehlung, das OM auszurichten (0° zu Vertikalhub). Aus der Diskussion über Variante 3 «Kunststoff» haben wir dann ebenfalls nochmals über die Materialpaarung gesprochen. => Das OM sollte härter sein als das UM und zusätzlich zu meiner Sofortmassnahme noch den Winkel von 30° anschleifen sowie eine Beschichtung auf Empfehlung des Beschichtungsspezialisten ihrerseits. Ebenfalls wurde meine Annahme, von der zu hohen Anpresskraft der Federn bestätigt.

Rückmeldung Variante 1:

Idee von Punktschnitt und Messerart von Ramseier-Seite her sinnvoll. => Verbesserungsvorschläge ihrerseits: Sie würden die Schneidkante in eine Schneidfläche umwandeln (ca. 3-5mm hoch). Ausserdem die Freifläche nur 0.1 bis 0.2mm freigestellt. (Schleifaufwand).

Rückmeldung Variante 2:

Grundsätzlich sehr positiv. Kritikpunkt analog Variante 1, dass sie den Freiwinkel eher über eine kleinere Fläche lösen würden.

**Rückmeldung Variante 3:**

Finden den Lösungsansatz gut mit Einsatz von Kunststoff oder Alternativwerkstoff zur Minderung der Reibung. Sie haben allerdings keine Erfahrung mit Kunststoffen und könnte dort auch keinen Support liefern. Wir sind dann übergegangen zu der Materialpaarung (Stahl) für die Reibungsoptimierung. (Siehe Abschnitt Sofortmassnahme).

Zusammenfassend:

Empfehlung seitens Ramseier: Erst mit der Sofortmassnahme starten und dann einmal die Resultate begutachten. Wenn nötig weitere Schritte einleiten zu den anderen Varianten. Wir hatten noch 2 Paar OM an Lager, deshalb wurde gleich ein Paar mitgegeben.

- 1 Satz OM direkt mit zu Ramseier
- 30° Winkel wird geschliffen
- OM werden beschichtet
- OM aus einem Stück wurde als sinnvoll erachtet und wird offeriert (für Preisvorstellung, unabhängig von Variante)
-

Sonstiges

-

Nächste Schritte

- Nacharbeitung der Messer aus Lager durch Ramseier
- Schicken Dimension Federn durch Pascal Keller and Daniel Jenny
- Offerieren bestellen der Nacharbeit
- Einbau und Test nach Ausrichtung, mit nachgearbeiteten Messern und neuen Federn.

Abschluss

Verabschiedung durch Pascal Keller.

Nächster Termin:

Nach Rücksprache

Pascal Keller



Besprechungsprotokoll

Datum der Besprechung: 14.10.2024
Zeit: 15:00
Dauer: 15 Minuten
Teilnehmer: Antonio Foschini, Pascal Keller

Begrüssung und Eröffnung

- Begrüssung durch Antonio Foschini
- Start der Präsentation



Hauptthemen

Standortbestimmung der Ziele

	Geometrie		Stand
30.08.2024	Die Arbeit darf keine Projektierung eines neuen Anlagenteils sein.	F	Erfüllt
30.08.2024	Die Technologie wird beibehalten	F	Erfüllt
	Beanspruchung / Kräfte		
30.08.2024	Anpressdruck von Messer wird auf ca. 1/4 reduziert (50N).	M	In Abklärung / berechnung
	Eigenschaften		
30.08.2024	Das Papier wird zuverlässig geschnitten	F	Durch gewähltes Konzept gegeben
30.08.2024	Abrieb wird reduziert.	F	Durch gewähltes Konzept gegeben
30.08.2024	Im Falle eines Ausfalls, soll das neue Messer in unter 2h ersetzt werden können.	W	Muss noch begründet werden.
30.08.2024	Keine negativen Auswirkungen auf Geräuschentwicklung.	M	Eher Verbesserung zu erwarten
	Sicherheit		
30.08.2024	Änderungen bergen keine neuen oder zusätzlichen Risiken in Bezug auf die Personen-, Lebensmittel- und Anlagensicherheit.	F	Vorschlag Montageschutz gem. Risikoanalyse
	Herstellung		
30.08.2024	Fertigung bei neuem Messer durch unsere bevorzugten Lieferanten möglich.	W	Erfüllt
30.08.2024	Verwendung von Normteilen wenn möglich.	W	Nicht anwendbar
30.08.2024	Messereinheit kann zukünftig nachgeschliffen werden.	W	Möglich
	Instandhaltung		
30.08.2024	Wartungskosten werden reduziert.	F	Erwartet
30.08.2024	Kostengegenüberstellung vorhanden.	F	In Arbeit
30.08.2024	Es ist kein Wochenservice mehr notwendig	M	Erfüllt
F = Festforderung / M = Mindestanforderung / W = Wunsch			

Bemerkungen: Auf gutem Weg, die Ziele zu erreichen.



Aufbau und Struktur der Dokumentation

Präsentation der Dokumentation

Bemerkungen Antonio Foschini:

Sonstiges

Fragen Pascal:

Muss die Arbeit gebunden abgegeben werden oder digital als PDF? In Richtlinie nicht definiert:

7. Abgabe Diplomarbeit

Für die Abgabe der Dokumentation gelten die folgenden Vorgaben:

Diplomarbeit:

- 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an TEK0-Sekretariat
- 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an Diplomlehrer
- 1 Exemplar (gebunden im Format A4) an Diplomlehrer (sofern von ihm verlangt)

Der Dateiname für das pdf-Dokument muss wie folgt lauten: **DA_Jahr_Name_Vorname_Thema.pdf**

Für die Diplomarbeitspräsentation bringst du zusätzlich 1 gebundenes Exemplar für den neutralen Experten mit.

Antwort Antonio: Braucht nicht gebunden abgegeben zu werden. Jedoch 1 Exemplar zur Präsentation.

Probleme wie die Beweisaufstellung für die Reduktion von Abrieb. Es blieb aber zu wenig Zeit, dies noch zu besprechen. Werde noch weiter nach Lösungsansätzen suchen und sonst nach Rat / Unterstützung fragen.

Nächste Schritte

- Ausarbeitung der Variante und dessen Dokumentation
- Materialwahl und Begründung
-
- Anpassung 3D Modell
- Abschluss



Abschluss

Schlusswort durch Antonio Foschini:

Nächster Termin:

Pascal Keller

Zeitkontrolle

Datum	Was	Total	Zeitaufwand [h]
		Total	233
25.06.2024	Themeneingabe		10
23.08.2024	Pflichtenheft		8
24.08.2024	Pflichtenheft		5
26.08.2024	Pflichtenheft und Projektplan		8
30.08.2024	Besprechung mit André Thiel, Anpassungen, Abgabe		5
09.09.2024	Erstellung Projektstruktur- und Ablaufplan, Recherche		4
10.09.2024	Projektablaufplan, Offenepunktliste (OPL)		3
13.09.2024	Projektablaufplan, Ressourcenplan, Kommunikationsplan		8
14.09.2024	Risikoanalyse, Kompetenzprofil		4
15.09.2024	Risikoanalyse, Kompetenzprofil, Recherche		4
21.09.2024	Analyse der Ausgangslage, Recherche		6
22.09.2024	Recherche		2
26.09.2024	Dokumentation, Zeitstrahl, Datenrecherche SAP, 3D Modell		8
27.09.2024	Brainstorming und Sortieren, Dokumentieren		2
28.09.2024	Bewertung, Dokumentation, 3D Modell		6
29.09.2024	Priorisierungsmethode und Bewertung, Erste Skizzen		7
01.09.2024	3D Modell - Darstellung von Positionierung in 2D für Dokumentation, Doku		5
04.10.2024	Variantenbildung, Morphologischer Kasten, Bildung Variante 1-3 CAD		8
05.10.2024	Bildung Varianten 1-3		7
06.10.2024	Bildung Varianten 1-3, Vorbereitung Variantenbewertung, Präferenzmatrix		7
07.10.2024	Besuch Ramseier AG, Besprechung vorgehen, Variante 0, DOKU		8
08.10.2024	Präferenzmatrix, Nutzwertanalyse mit A.Thiel, Ausgiebige Diskussion, Zeichnung Federbolzen		4
09.10.2024	Diskussion, Sensitivitätsanalyse, Bestimmung Variante für Ausarbeitung		5
11.10.2024	Dokumentation der Bewertung, Recherche zu Reibung, Keilverhalten UM		8
12.10.2024	Recherche zu Reibung, Keilverhalten UM, Flächenpressung		5
13.10.2024	Vorbereitung Präsentation Statusupdate, Statusbericht		1
13.10.2024	Versuch Berechnungsweg zu finden, Ansatz "Schaben"		6
14.10.2024	Recherche zu Formeln, Berechnung Federdruck und Doku		8
15.10.2024	Berechnung Federkraft, Formeln, Doku der Berechnung, Doku allgemein.		6
18.10.2024	Konstruktion der gewählten Variante, Verschleissberechnung und Dokumentation		8
19.10.2024	Einbau Variante 0, Baugruppe ausrichten, testen		7
20.10.2024	Verschleissberechnung und Dokumentation, Evaluation der Zielerreichung		7
23.10.2024	Wirtschaftlichkeitsberechnung		5
25.10.2024	Reflexion, lessons learnt, Ausblicke, Doku allgemein Texte überarbeiten, Zeichnungen Bestellung		8
26.10.2024	Formatierung, Doku allg.		4
29.10.2024	Formatierung, Doku allg. PDF zusammenführen		2
30.10.2024	Verzeichnisse aktualisieren, Doku prüfen, roter Faden		2
02.11.2024	Schlussprüfung, Abgabe		2
Nach abgabe	Vorbereitung Präsentation und Online, Zeit geschätzt		20

Offene Punkte Liste

Gruppe	Aufgabe	Verantwortlicher	Erfasst	Erledigt bis	Abgeschlossen
Planung	Projektablaufplan erstellen	Pascal	09.09.2024	15.09.2024	13.09.2024
Planung	Offene Punktliste erstellen	Pascal	09.09.2024	15.09.2024	10.09.2024
Planung	Zeitkontrolle	Pascal	09.09.2024	15.09.2024	13.09.2024
Planung	Projektstrukturplan erstellen	Pascal	09.09.2024	15.09.2024	13.09.2024
Planung	Kommunikationsplanung	Pascal	09.09.2024	15.09.2024	13.09.2024
Planung	Risikoanalyse	Pascal	09.09.2024	15.09.2024	15.09.2024
Realisierung	Analyse der Ausgangslage	Pascal	09.09.2024	23.09.2024	21.09.2024
Realisierung	Recherche	Pascal	09.09.2024	25.09.2024	22.09.2023
Realisierung	Brainstorming durchführen	Pascal	13.09.2024	25.09.2024	27.09.2024
Realisierung	Ideen gruppieren	Pascal	13.09.2024	25.09.2024	27.09.2024
Realisierung	Ideen priorisieren	Pascal	13.09.2024	25.09.2024	27.09.2024
Realisierung	Termin mit Ramseier AG anfragen	Pascal	13.09.2024	27.09.2024	27.09.2024
Dokumentation	Dokumentation aufsetzen	Pascal	09.09.2024	28.09.2024	01.10.2024
Realisierung	3D Modell IST-Zustand	Pascal	13.09.2024	04.10.2024	01.04.2024
Realisierung	Variantenbildung	Pascal	26.09.2024	06.10.2024	05.10.2024
Realisierung	3D Modell Varianten	Pascal	02.10.2024	06.10.2024	06.10.2024
Realisierung	Variantenbewertung	Pascal	02.10.2024	07.10.2024	08.10.2024
Realisierung	Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse	Pascal	02.10.2024	07.10.2024	09.10.2024
Realisierung	Sensitivitätsanalyse	Pascal	02.10.2024	07.10.2024	09.10.2024
Realisierung	Kostenschätzung Varianten	Pascal	02.10.2024	07.10.2024	07.10.2024
Realisierung	Besprechung / Input Ramseier AG	Pascal	02.10.2024	07.10.2024	07.10.2024
Realisierung	Bestellung Federn für gewählte Var.	Pascal	07.10.2024	18.10.2024	15.10.2024
Realisierung	Konstruktion der gewählten Varianten	Pascal	02.10.2024	20.10.2024	18.10.2024
Realisierung	Berechnung Federkraft, Bestimmung Typ	Pascal	07.10.2024	20.10.2024	15.10.2024
Realisierung	Nachweis für Verschleisseliminierung	Pascal	07.10.2024	20.10.2024	20.10.2024
Realisierung	Berechnung Verschleiss	Pascal	07.10.2024	20.10.2024	18.10.2024
Dokumentation	Kompetenzprofil und CV	Pascal	09.09.2024	23.10.2024	15.09.2024
Realisierung	Einbau Variante 0 und testen	Pascal	07.10.2024	25.10.2024	19.10.2024
Realisierung	Werkstattzeichnungen anfertigen	Pascal	20.10.2024	30.10.2024	30.10.2024
Abschluss	Projektüberwachung	Pascal	20.10.2024	25.10.2024	25.10.2024
Abschluss	Refexion	Pascal	20.10.2024	28.10.2024	25.10.2024
Abschluss	Lessions Learnt	Pascal	20.10.2024	28.10.2024	25.10.2024
Abschluss	Ausblicke	Pascal	20.10.2024	28.10.2024	25.10.2024
Abschluss	Anhänge PDF zusammenführen	Pascal	20.10.2024	29.10.2024	29.10.2024

Legende :

Im Zeitplan
Leicher Zeitverzug
Grosser Verzug, Mass

Kostenschätzung Variante 0

Kostenschätzung				
Geplante Komponenten Projekt			CHF	
Messerbalken (UM)				805
Messer oben (OM)				550
Beschichtung und 30° schleifen	*nachtrag Termin Ramseier			1000
Federn Neu 6Stk.				100
Neue Federbolzen M16x1.5				700
			Stumme:	3155
Geplanter Aufwand Projekt			Stunden	
Hubrichtung und OM 0° eistellen			6	462
OM und UM ersetzen			2	154
Federn und Federbolzen montieren			1	77
Befestigung Centerlining			3	231
				0
				0
				0
				0
			Summe:	924
			Projekt:	<u>CHF 4'079.00</u>
Erwartete Wartungskosten / Jahr	Vorgang	Material:	Stunden	
Monatlich - Kontrolle			1	924
3 Monatlich	Messer nachstellen		2	616
Halbjährlich	Messer ersetzen	1355	4	3326
Jährlich	Federn	100		100
Material pro Jahr			28	
			Total Wartung:	<u>CHF 4'966.00</u>

Kostenschätzung Variante 1

Kostenschätzung				
Geplante Komponenten Projekt			CHF	
Messerbalken (UM)				805
Messer oben (OM)				2500
Federn Neu 6Stk.				100
Neue Federbolzen M16x1.5				700
			Stumme:	4105
Geplanter Aufwand Projekt			Stunden	
Hubrichtung und OM 0° eistellen		6		462
OM und UM ersetzen		2		154
Federn und Federbolzen montieren		1		77
Hub OM einstellen		2		154
Befestigung Centerlining		3		231
				0
				0
				0
			Summe:	1078
			Projekt:	<u>CHF 5'183.00</u>
Erwartete Wartungskosten / Jahr	Vorgang	Material:	Stunden	
Monatlich			0.5	462
3 Monatlich	Messer nachstellen		1	308
Halbjährlich			3	462
Jährlich	OM und Federn erset:	3405	1	3482
Material pro Jahr			17	
			Total Wartung:	<u>CHF 4'714.00</u>

Stundensatz:

77

Kostenschätzung Variante 2

Kostenschätzung				
Geplante Komponenten Projekt				CHF
Messerbalken (UM)				805
Messer oben (OM)				1500
4-Kant Rohr mit Einschweissbolzen				5000
Federn Neu 6Stk.				100
Neue Federbolzen M16x1.5				700
Distanzhalter mit Feingewinde				2000
Stellschrauben				299
			Stumme:	10404
Geplanter Aufwand Projekt				Stunden
Hubrichtung und OM 2° eistellen		6		462
OM und UM ersetzen		2		154
Federn und Federbolzen montieren		1		77
Messer einstellen		8		616
Befestigung Centerlining		3		231
Balken ersetzen		3		231
				0
				0
			Summe:	1771
			Projekt:	<u>CHF 12'175.00</u>
Erwartete Wartungskosten / Jahr	Vorgang	Material:	Stunden	
Monatlich			0.5	462
3 Monatlich	Messer nachstellen		4	1232
Halbjährlich				0
Jährlich	OM und Federn erset:	1500	8	2116
Material pro Jahr			30	
			Total Wartung:	<u>CHF 3'810.00</u>

Stundensatz:

77

Kostenschätzung Variante 3

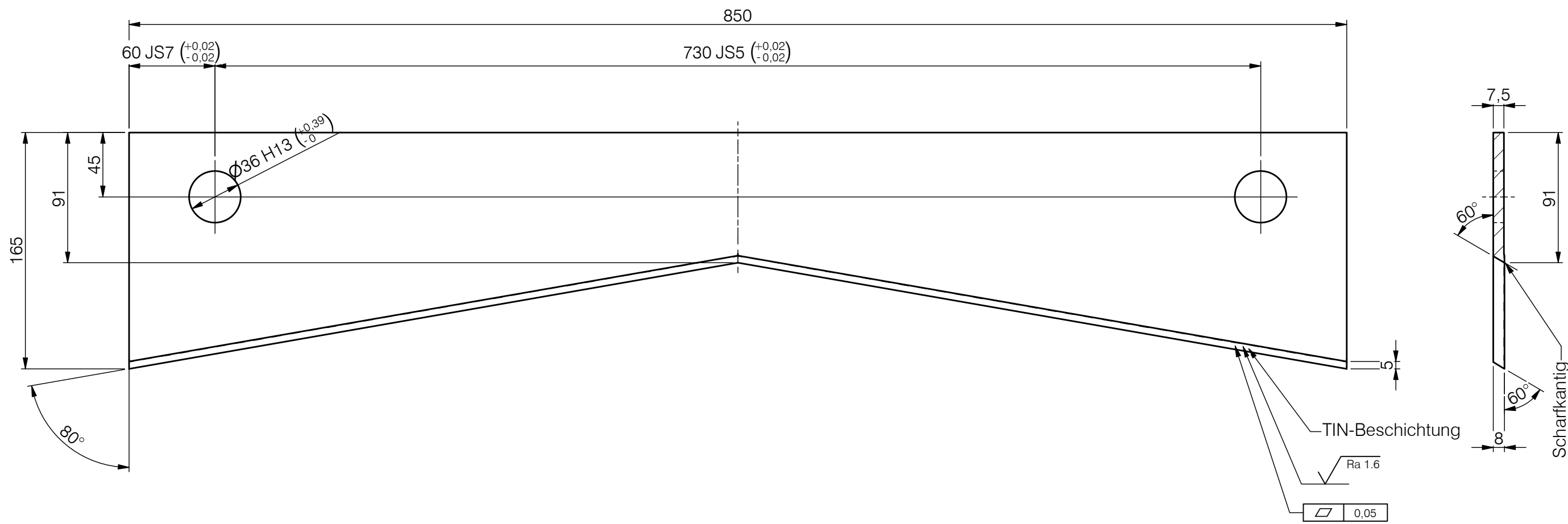
Kostenschätzung				
Geplante Komponenten Projekt				CHF
Messerbalken (UM)				500
Messer oben (OM)				1500
Messerhalter				4500
Federn Neu 6Stk.				100
Neue Federbolzen M16x1.5				700
Blech				250
			Stumme:	7550
Geplanter Aufwand Projekt				Stunden
Hubrichtung und OM 0° eistellen			6	462
OM und UM ersetzen			2	154
Federn und Federbolzen montieren			1	77
Halter Einbauen und ausrichten			3	231
Befestigung Centerlining			3	231
				0
				0
				0
			Summe:	1155
			Projekt:	<u>CHF 8'705.00</u>
Erwartete Wartungskosten / Jahr	Vorgang	Material:	Stunden	
Monatlich			0.5	462
3 Monatlich	Messerbalken UM ers	300	1	1508
Halbjährlich			3	462
Jährlich	OM und Federn erset:	750	1	827
Material pro Jahr			17	
			Total Wartung:	<u>CHF 3'259.00</u>

Stundensatz:

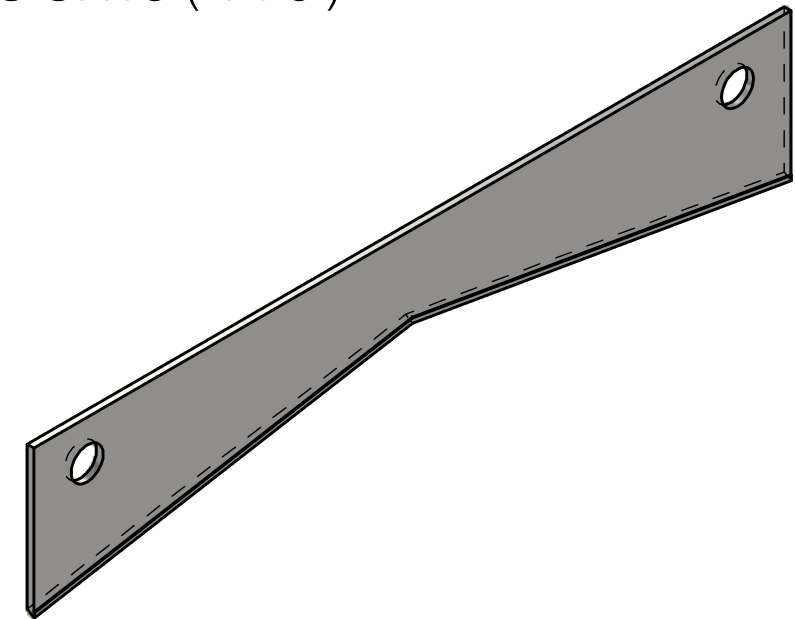
77

ANSICHT1 (1 : 3)

ANSICHT2 (1 : 3)



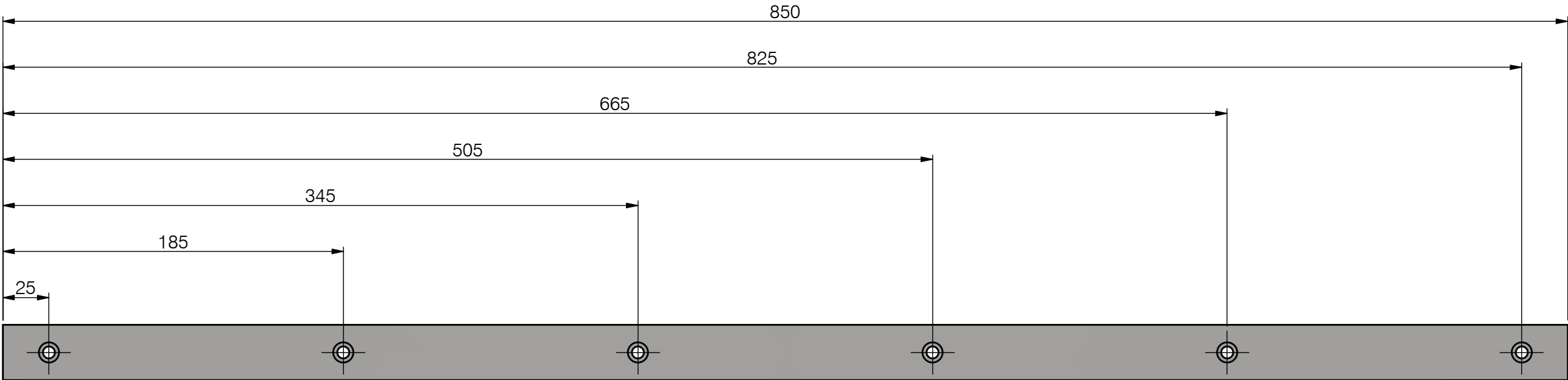
ANSICHT3 (1 : 6)



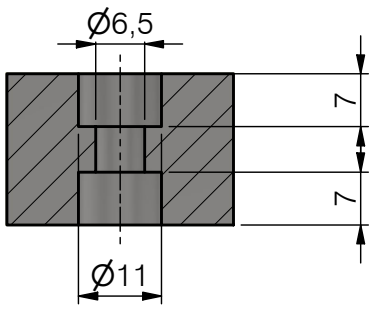
- Schleifzugabe ca. 0.8mm
- sekundär härten 1070°C
- Unter Graphitplatten
- 2x520°C anlassen
- 62HRC

Auftragsnummer / Projekt: 1105213238		AMM-Nr.	Maßstab 1 : 3	Anlage / AMM Floostruktur: 0019-QEG-LIF-WAL-PAPIERMESSE	
Erstellt: chkellerpa	Datum: 25.10.2024	Werkstoff, Halbzeug, Oberflächenveredlung X153CrMoV12 (1.2379)			
Allgemeintoleranzen ISO 2768 m		Gewicht: 6.100 kg			
		<small>Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten. Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Designeintragung vorbehalten.</small>		Zeichnungsnummer: OM-850x165x8	Version
				Blatt 1 / 1	

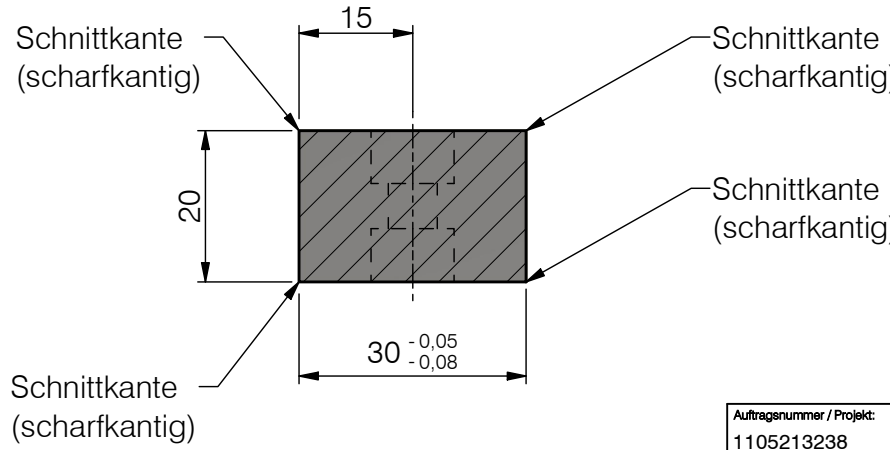
ANSICHT2 (1 : 2.5)



A-A (1:1)

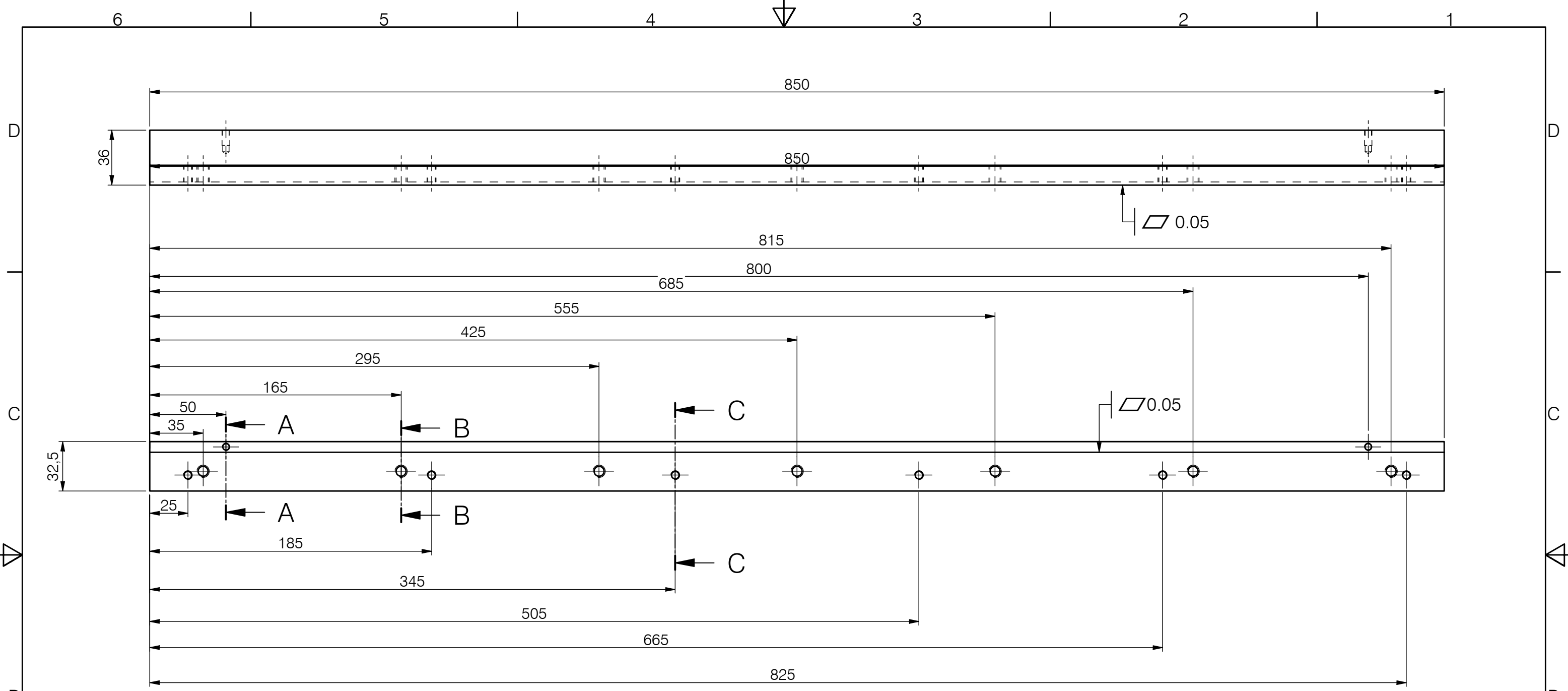


B-B (1:1)



-Schleifzugabe ca. 0.8mm
56-58HRC

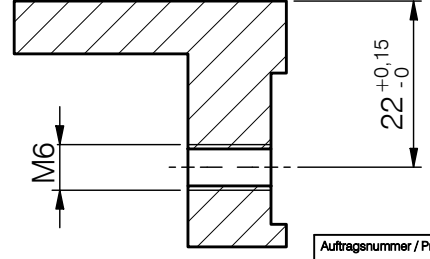
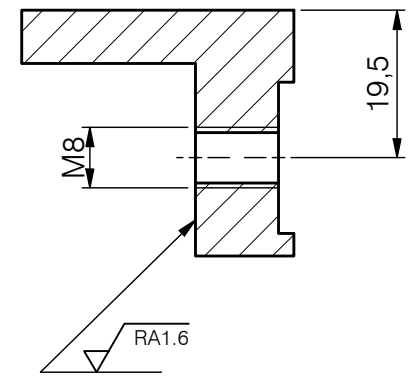
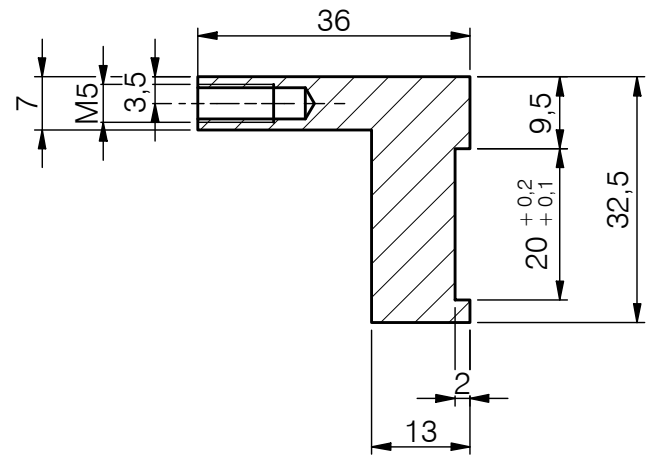
Auftragsnummer / Projekt: 1105213238		AMM-Nr.	Maßstab 1 : 2.5	Anlage / AMM Floostruktur: 0019-QEG-LIF-WAL-PAPIERMESSE	
Erstellt: chkellerpa	Datum: 25.10.2024	Werkstoff, Halbzeug, Oberflächenveredlung 90MnCrV8 (1.2842)			Version Blatt 1 / 1
Allgemeintoleranzen ISO 2768 m		Gewicht: 3.881 kg			
[Redacted]		Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten. Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Designeintragung vorbehalten.		Zeichnungsnummer: UM-850x30x20	
		Format A3			



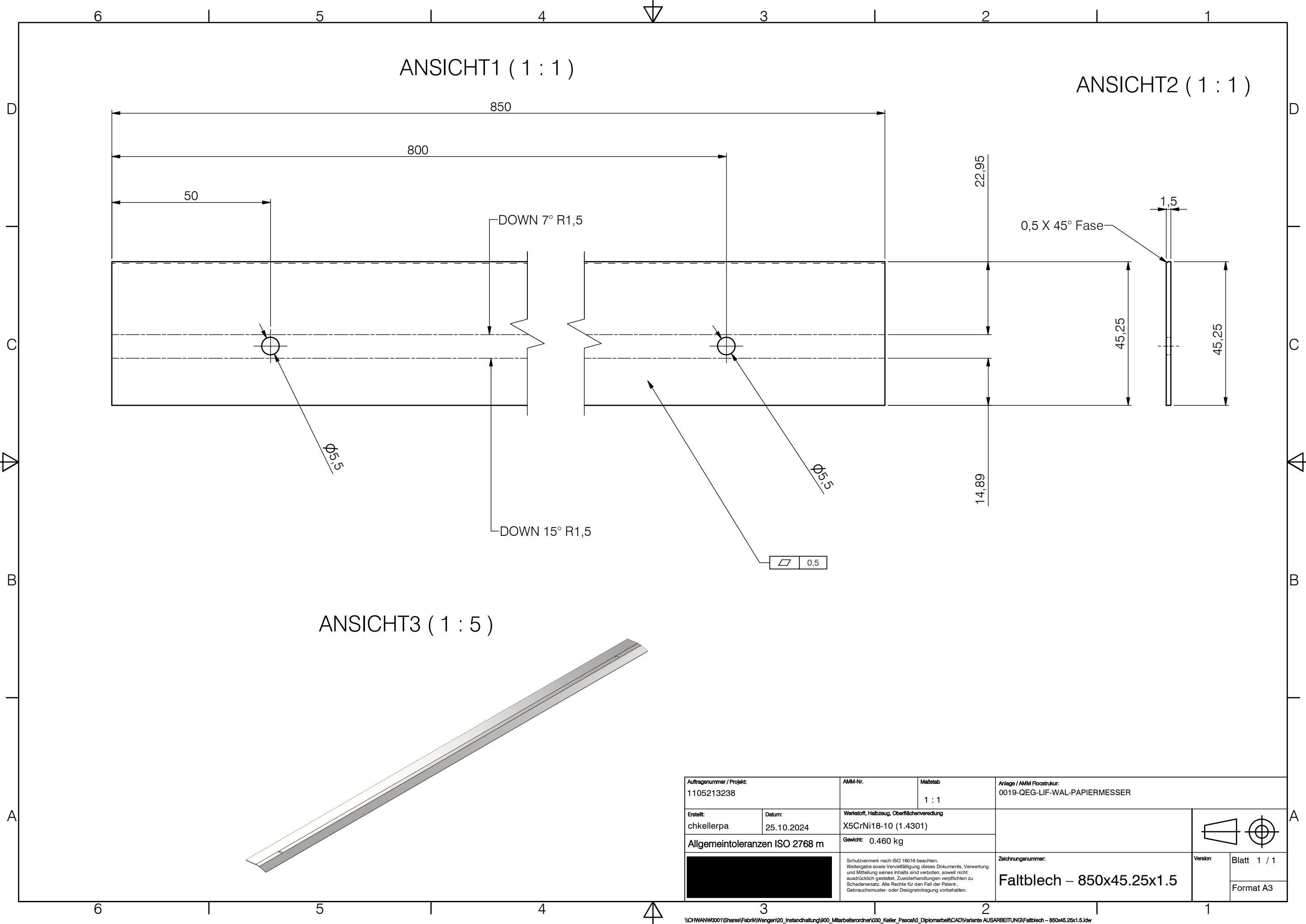
A-A (1:1)

B-B (1:1)

C-C (1:1)



Auftragsnummer / Projekt: 1105213238		AMM-Nr.	Maßstab 1 : 2.5	Anlage / AMM Floostruktur: 0019-QEG-LIF-WAL-PAPIERMESSE	
Erstellt: chkellerpa	Datum: 25.10.2024	Werkstoff, Halbzeug, Oberflächenveredlung 90MnCrV8 (1.2842)		Papiermesser F	
Allgemeintoleranzen ISO 2768 m		Gewicht: 3.661 kg		Halter zu Gegenmesser	
[Redacted]		Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten. Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Designeintragung vorbehalten.		Zeichnungsnummer: Halter-850x32.5x36	
				Version	Blatt 1 / 1
				Format A3	

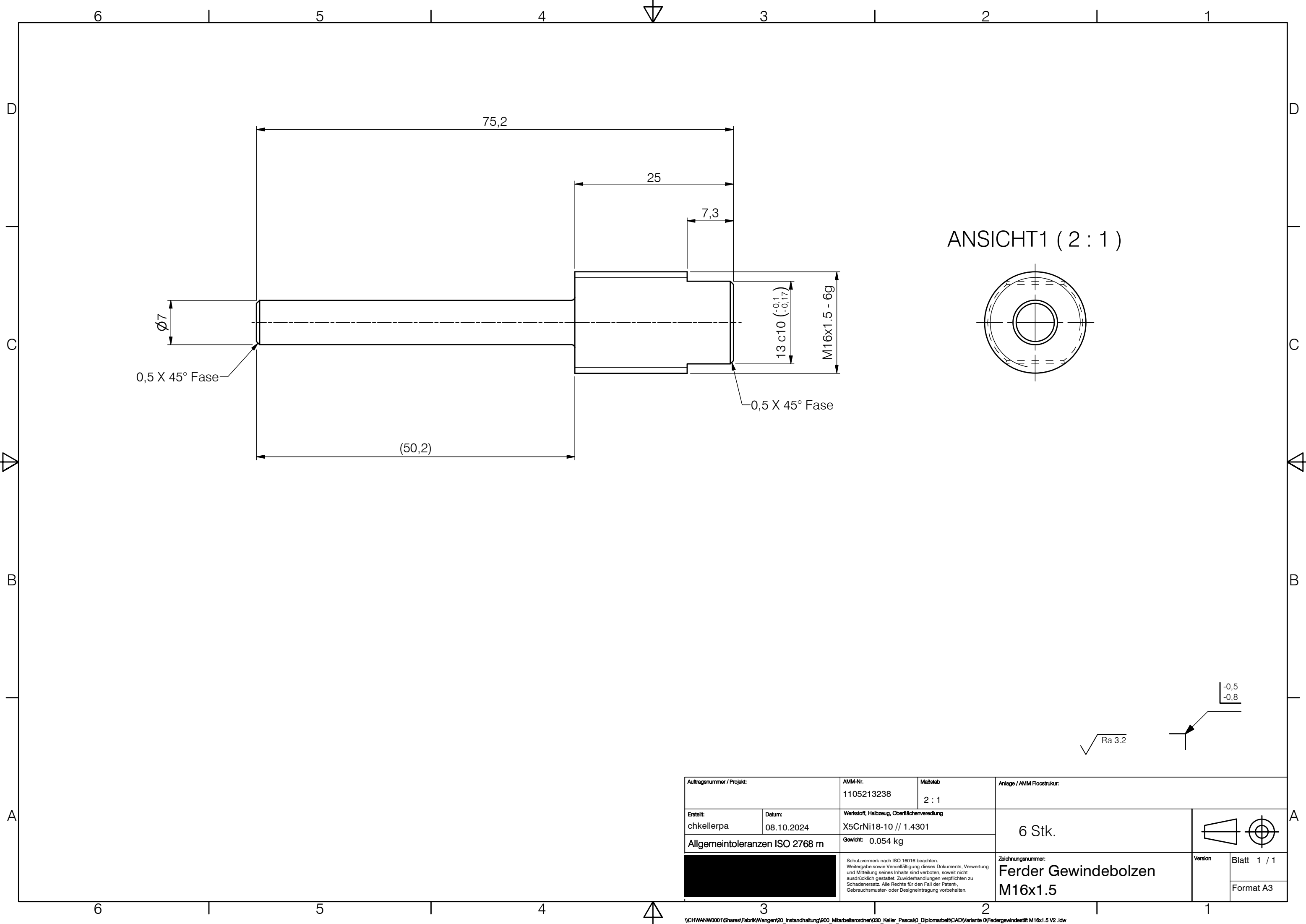


ANSICHT1 (1 : 1)

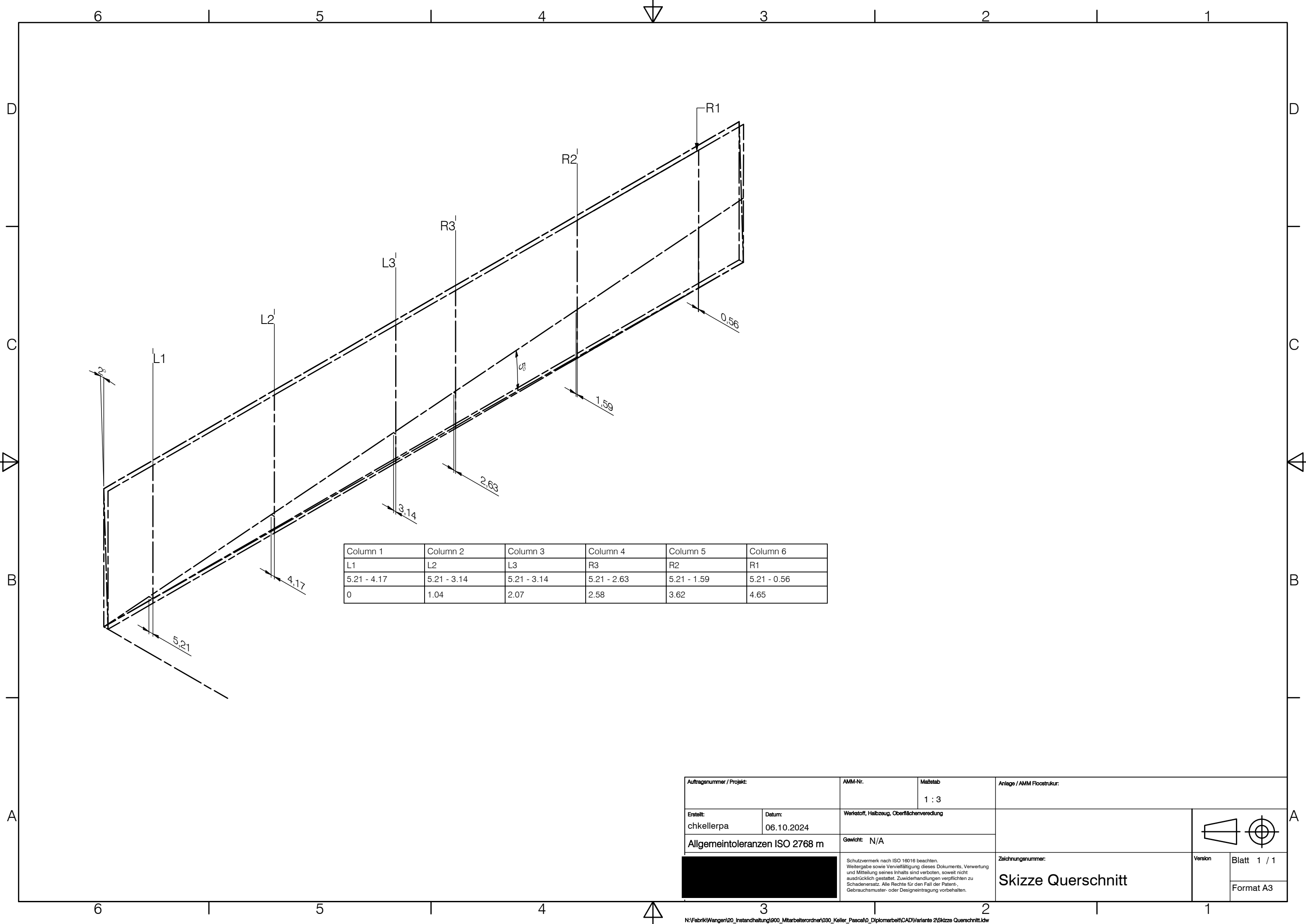
ANSICHT2 (1 : 1)

ANSICHT3 (1 : 5)

Auftragsnummer / Projekt: 1105213238		AMM-Nr.	Maßstab 1 : 1	Anlage / AMM Floostruktur: 0019-QEG-LIF-WAL-PAPIERMESSER	
Erstellt: chkellerpa	Datum: 25.10.2024	Werkstoff, Halbzeug, Oberflächenveredlung X5CrNi18-10 (1.4301)			
Allgemeintoleranzen ISO 2768 m		Gewicht: 0.460 kg			
		<small>Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten. Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Designeintragung vorbehalten.</small>		Zeichnungsnummer: Faltblech – 850x45.25x1.5	Version
				Format A3	



Auftragsnummer / Projekt:		AMM-Nr. 1105213238	Maßstab 2 : 1	Anlage / AMM Fließstruktur:	
Erstellt: chkellerpa	Datum: 08.10.2024	Werkstoff, Halbzeug, Oberflächenveredlung X5CrNi18-10 // 1.4301		6 Stk.	
Allgemeintoleranzen ISO 2768 m		Gewicht: 0.054 kg			
[Redacted]		Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten. Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Designeintragung vorbehalten.			
				Version	Blatt 1 / 1
				Format A3	



Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
L1	L2	L3	R3	R2	R1
5.21 - 4.17	5.21 - 3.14	5.21 - 3.14	5.21 - 2.63	5.21 - 1.59	5.21 - 0.56
0	1.04	2.07	2.58	3.62	4.65

Auftragsnummer / Projekt:		AMM-Nr.:	Maßstab: 1 : 3	Anlage / AMM Floostruktur:	
Erstellt: chkellerpa	Datum: 06.10.2024	Werkstoff, Halbzeug, Oberflächenveredlung			
Allgemeintoleranzen ISO 2768 m		Gewicht: N/A			
		<small>Schutzvermerk nach ISO 16016 beachten. Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Designeintragung vorbehalten.</small>		Zeichnungsnummer: Skizze Querschnitt	
				Version	Blatt 1 / 1

1.2842

90MnCrV8

VERWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

- Schnitt-, Stanz- und Schneidwerkzeuge
- kleine Scherenmesser
- Gewindewerkzeuge
- Gewindeschneidringe und -backen
- Vorrichtungen
- Schablonen
- Führungsleisten
- Matrizen
- Stempel und Lehren
- Holzbearbeitungswerkzeuge
- Einsätze
- Schieber
- Formen für die Kunststoffindustrie
- Messzeuge
- Konstruktionsteile
- Schnitt-, Stanz- und Prägewerkzeuge
- Maschinenmesser für die Metall-, Holz- und Papierindustrie
- Werkzeuge der Stanzertechnik

BESONDERHEITEN

- gute Maßhaltigkeit
- hohe Oberflächenhärte
- gute Durchhärtung
- gute Schneidhaltigkeit
- mittellegierter Ölhärter
- Nitrieren nicht üblich

Die beiden Werkstoffe 1.2510 und 1.2842 haben eine sehr ähnliche chemische Zusammensetzung und werden in der Regel in einem Atemzug genannt und verkauft. Beide Werkstoffe sind hinsichtlich ihrer Eigenschaften als gleichwertig anzusehen. Es gibt nahezu keine Bearbeitungsunterschiede und auch die Eigenschaften bei der Wärmebehandlungen sind annähernd identisch. Der Werkstoff 1.2842 wurde in Deutschland aus Wolfram- und Chrommangel als Ersatzwerkstoff für den 1.2510 entwickelt.

➔ **DATENBLATT WERKSTOFF 1.2510**

LIEFERUNG

Lieferhärte:	≤ 230 HB
Lieferzugfestigkeit:	740 N/mm ²
Lieferzustand	weichgeglüht

1.2842

90MnCrV8
AISI O2
O2 Stahl

1.2842 ONLINE KAUFEN

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG

		max.		min
C (Kohlenstoff)	0,95	1,05*	0,85	0,90*
Si (Silicium)	0,40	0,35*	0,10	0,15*
Mn (Mangan)	2,20	1,20*	1,80	1,0*
Cr (Chrom)	0,50	0,70*	0,20	0,50*
V (Vanadium)	0,20	0,15*	0,05	0,05*
P (Phosphor)	0,030	0,030*		
S (Schwefel)	0,030	0,030*		

* Werkstoff 1.2510

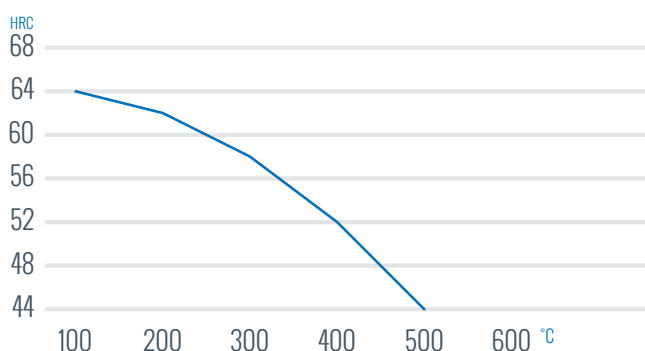
BEHANDLUNGSMÖGLICHKEITEN

weichglühen	680 - 720 °C	2-3 h Ofenabkühlung
spannungsarm glühen	600° - 650°C	1-3 h Ofenabkühlung
härten	790 - 820 °C	Öl, abschrecken
anlassen	vgl. Anlassschaubild	

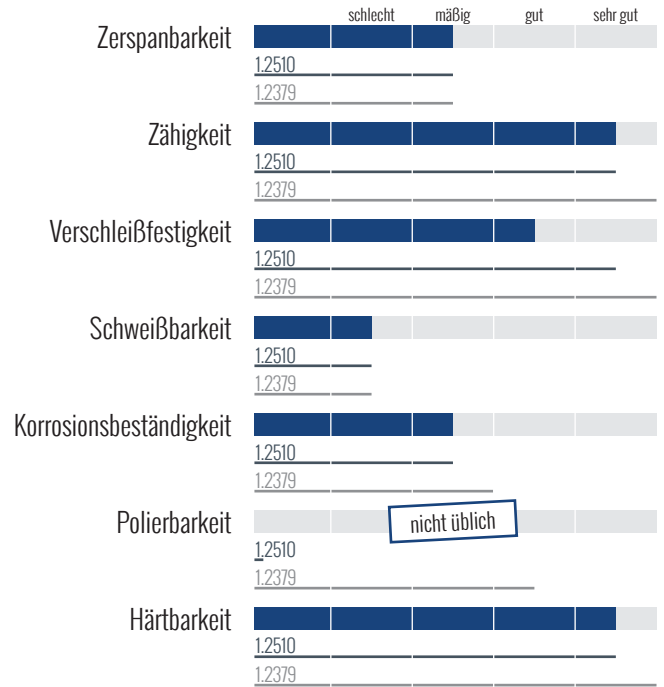
PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

Dichte	7,85 kg/dm ³
Wärmeleitfähigkeit (20°)	30 W/m · K
Elastizitätsmodul	210 kN/mm ²
spezifische Wärme	460 J/kg · K
spezifischer elektr. Widerstand	0,35 Ω·mm ² /m

ANLASSSCHAUBILD



WERKSTOFF-EIGENSCHAFTEN



Zugfestigkeit	1.2842	740
<small>R_m [N/mm²]</small>	1.2510	740
	1.2379	830 - 870
Bruchdehnung	1.2842	
<small>A₅ [%]</small>	1.2510	
	1.2379	
Streckgrenze	1.2842	390 - 510
<small>R_{p0,2} [N/mm²]</small>	1.2510	390 - 510
	1.2379	420

Richtwerte für die Härte bei 820 °C 2 mal angelassen

100 °C	64 ± 1HRC
200 °C	62 ± 1HRC
300 °C	58 ± 1HRC
400 °C	52 ± 1HRC
500 °C	44 ± 1HRC

Arbeitshärte HRC 63 - 65

Haftungsausschluss: Da die Werte je nach Verarbeitung variieren können, sind die genannten Werte lediglich Richtwerte und ohne Garantie.

Kaltarbeitsstahl, Werkzeugstahl

1.2379

X155CrVMo12-1 / X153CrVMoV12

VERWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

- Hochleistungsschneidwerkzeuge (Matrizen und Stempel)
- Fräser
- Räumnadeln
- Schnitt-, Stanz- und Schneidwerkzeuge
- Gewindewalz- und Rollwerkzeuge
- Holzbearbeitungswerkzeuge
- Maschinenmesser
- Kunststoffformen
- Messzeuge
- Werkzeuge der Stanzereitechnik
- Zieh-, Tief- und Fließpresswerkzeuge
- Presswerkzeuge für die keramische Industrie
- Kaltwalzen für Mehrrollengerüste
- Umform- und Biegewerkzeuge

BESONDERHEITEN

- ledeburitischer Hochleistungsschnittstahl
- in allen Abmessungen gute Durchhärtung gegeben
- hohe Druckfestigkeit
- zum Schneiden von harten und dicken Werkstoffen
- vielseitig einsetzbar: PVD und CVD beschichtbar
- nitrierbar
- gut erodierbar

LIEFERUNG

Lieferhärte:	≤ 250 HB
Lieferzugfestigkeit:	830 - 870 N/mm ²
Lieferzustand	weichgeglüht

1.2379

X155CrVMo12-1 / X153CrVMoV12
ca. AISI D2

1.2379 ONLINE KAUFEN

CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG

	max.	min.
C (Kohlenstoff)	1,60	1,45
Si (Silicium)	0,60	0,10
Mn (Mangan)	0,60	0,20
Cr (Chrom)	13,0	11,0
V (Vanadium)	1,00	0,70
Mo (Molybdän)	1,00	0,70
S (Schwefel)	0,030	
P (Phosphor)	0,030	

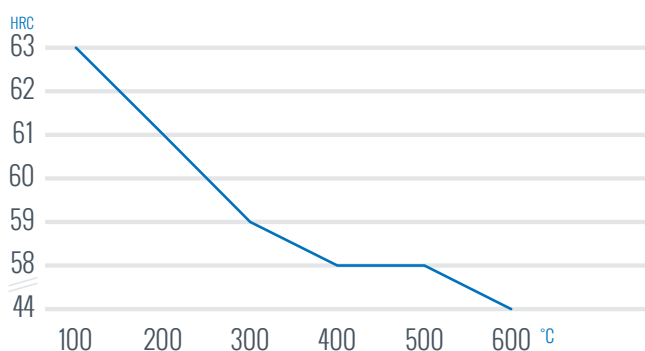
BEHANDLUNGSMÖGLICHKEITEN

weichglühen	830 - 850 °C	4-6 h Ofenabkühlung
spannungsarm glühen	600 - 650 °C	2-3 h Ofenabkühlung
härten	1000 - 1050 °C	Öl, Warmbad, Luft
anlassen	vgl. Anlassschaubild	

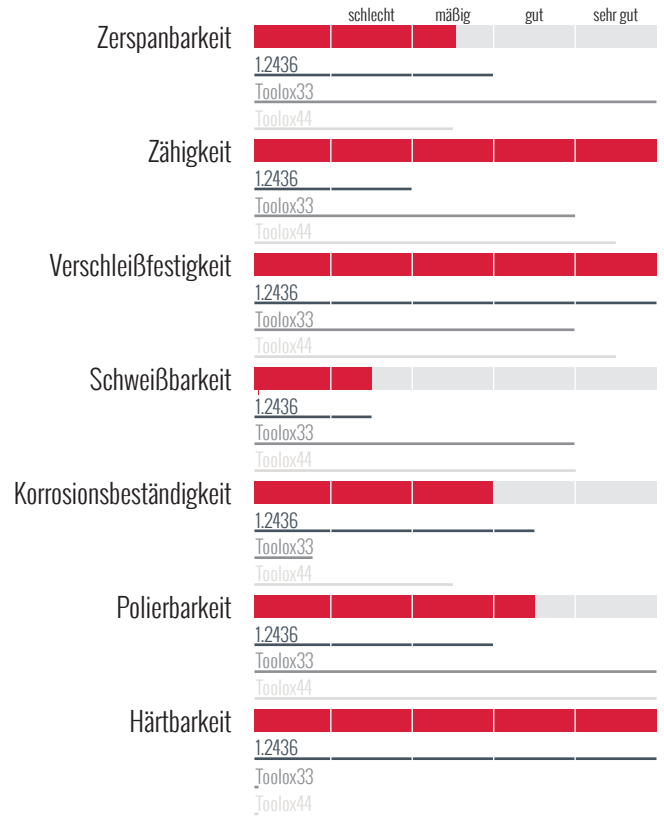
PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

Dichte	7,7 kg/dm ³
Wärmeleitfähigkeit (20°C)	17 W/m · K
Elastizitätsmodul	210 kN/mm ²
spezifische Wärme	460 J/kg · K
spezifischer elektr. Widerstand	0,65 Ω·mm ² /m

ANLASSSCHAUBILD



WERKSTOFF-EIGENSCHAFTEN



Zugfestigkeit	1.2379	830 - 870
R _m (N/mm ²)	1.2436	700 - 750
	Toolox44	1410 - 1450
	Toolox33	800 - 980
Bruchdehnung	1.2379	
A ₅ (%)	1.2436	13 bei 20°
	Toolox44	16 bei 20°
	Toolox33	
Streckgrenze	1.2379	420
R _{p0,2} (N/mm ²)	1.2436	1150
	Toolox44	850 - 700
	Toolox33	

Richtwerte für die Härte bei 1060 °C 2 mal angelassen

100 °C	63 ± 1HRC
200 °C	61 ± 1HRC
300 °C	59 ± 1HRC
400 °C	58 ± 1HRC
500 °C	58 ± 1HRC

Arbeitshärte HRC 60 - 63

Haftungsausschluss: Da die Werte je nach Verarbeitung variieren können, sind die genannten Werte lediglich Richtwerte und ohne Garantie.

Ramina - L1S
leichte Belastung, blau

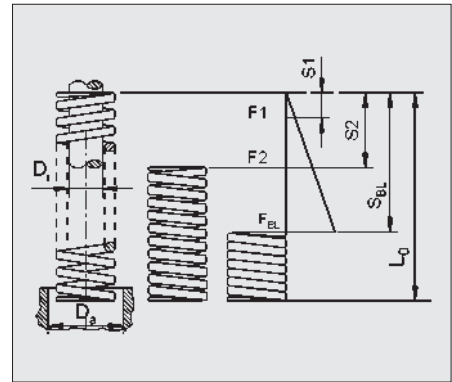
Ramina - L1S
charge légère, bleu

Werkstoff:
Speziallegierung,
ovaler Querschnitt

Matière:
alliage spécial
fil ovale

Bestellbeispiel:
Exemple de commande:

L1S 10 025
Da Lo



Artikelnummer No d'article	Da Ø	Di Ø	Lo	a x b ovaler Draht fil ovale	Federrate Taux	Mittlere Lebensdauer Durée moyenne 25% L ₀		maximale Belastung Charge maximale 50% L ₀		Einfederung auf Blocklänge Comprimé à bloc	
	mm	mm	mm	mm	N / mm	S1 (mm)	F1 (N)	S2 (mm)	F2 (N)	S _{BL} (mm)	F _{BL} (N)
L1S10025	10	4,5	25	1,7 x 1,0	9,8	6,3	61	12,5	123	14	137
L1S10032			32		8,4	8,0	67	16,0	134	19	160
L1S10038			38		6,7	9,5	64	19,0	127	23	154
L1S10044			44		6,0	11,0	66	22,0	132	27	162
L1S10051			51		4,9	12,8	62	25,5	125	32	157
L1S10064			64		4,2	16,0	67	32,0	134	40	168
L1S10076			76		3,2	19	61	38,0	122	49	157
L1S10305			305		1,1	76,3	84	152,5	168	202	222
L1S13025	13	7	25	2,4 x 1,3	17,5	6,3	109	12,5	219	15	263
L1S13032			32		16,1	8,0	129	16,0	258	18	290
L1S13038			38		13,3	9,5	126	19,0	253	23	306
L1S13044			44		11,9	11,0	131	22,0	262	27	321
L1S13051			51		11,2	12,8	143	25,5	286	31	347
L1S13064			64		9,1	16,0	146	32,0	291	39	355
L1S13076			76		7,0	19,0	133	38,0	266	48	336
L1S13089			89		5,3	22,3	118	44,5	236	57	302
L1S13305			305		1,4	76,3	107	152,5	214	176	246
L1S16025	16	8,5	25	3,2 x 1,5	22,8	6,3	143	12,5	285	11	251
L1S16032			32		22,4	8,0	179	16,0	358	16	358
L1S16038			38		18,9	9,5	180	19,0	359	21	397
L1S16044			44		16,8	11,0	185	22,0	370	25	420
L1S16051			51		15,4	12,8	196	25,5	393	29	447
L1S16064			64		10,5	16,0	168	32,0	336	37	389
L1S16076			76		9,8	19,0	186	38,0	372	47	461
L1S16089			89		8,4	22,3	187	44,5	374	55	462
L1S16102			102		7,7	25,5	196	51,0	393	65	501
L1S16305			305		2,5	76,3	191	152,5	381	198	495
L1S19025	19	10	25	4,1 x 1,9	54,6	6,3	341	12,5	683	14	764
L1S19032			32		44,8	8,0	358	16,0	717	18	806
L1S19038			38		35,0	9,5	333	19,0	665	22	770
L1S19044			44		30,8	11,0	339	22,0	678	25	770
L1S19051			51		25,2	12,8	321	25,5	643	30	756
L1S19064			64		21,0	16,0	336	32,0	672	37	777
L1S19076			76		16,8	19,0	319	38,0	638	45	756
L1S19089			89		14,0	22,3	312	44,5	623	53	742
L1S19102			102		12,6	25,5	321	51,0	643	61	769
L1S19115			115		11,2	28,8	322	57,5	644	69	773
L1S19127			127		9,8	31,8	311	63,5	622	77	755
L1S19139			139		8,4	34,8	292	69,5	584	85	714
L1S19152			152		7,0	38,0	266	76,0	532	93	651
L1S19305			305		4,2	76,3	320	152,5	641	187	785