Schweizerische
Fachschule

TEKO



Optimierung des Handlingsgeräts einer Käsepresse

Konstruktive Massnahmen zur Reduktion der Herstellungskosten, Vereinfachung der Montage und Optimierung der Servicefreundlichkeit

Diplomarbeit 2026

Nils Stocker

Dipl. Maschinenbautechniker HF, 2023

Privatklassifizierung

TEKO Schweizerische Fachschule

28.10.2026

Inhalt

1 Management Summary 4
2 Einleitung 6
2.1 Aufgabenstellung 6
2.2 Pflichtenheft 11
2.3 Zieldefinition 16
2.4 Soll Terminplan 19
2.5 Projektinitialisierung 20
2.5.1 Projektstart und Organisation 20
2.5.2 Konkretisierung des Projektumfangs 21
2.5.3 Projektgrundlagen 22
2.5.4 Start der Bearbeitung 22
3 Hauptteil 24
3.1 Ausgangslage und Analyse 24
3.1.1 Bestehende Konstruktion 24
3.1.2 Festgestellte Schwachstellen 28
3.1.3 Anforderungen an die Optimierung 30
3.2 Aufgabe eins 32
3.2.1 Vorgehensweise 32
3.2.2 Konzept eins 33
3.2.3 Konzept zwei 43
3.2.4 Konzept drei 52
3.2.5 Bewertung und Empfehlung 61
3.2.6 Befestigungsmittel 64
3.3 Aufgabe zwei 66
3.3.1 Vorgehensweise 66
3.3.2 Rollenpaket 67
3.3.3 Konzept eins 69
3.3.4 Konzept zwei 78
3.3.5 Bewertung und Empfehlung 88
3.4 Gesamtergebnis und Zielerreichung 90
3.4.1 Gesamtergebnis 90
3.4.2 Zielerreichung 90
4 Schlussteil 92

4.1 Reflexion der Arbeit....92
4.2 Soll- ist Terminplan....95
4.3 Fazit Arbeitsprozess....97
4.4 Lessons learnt....97
4.5 Persönliches Schlusswort....98
4.6 Verdankungen....98
4.7 Klassifizierung....98
4.8 Eigenständigkeits-Erklärung....99
5 Verzeichnisse....100
5.1 Abbildungsverzeichnis....100
5.2 Tabellenverzeichnis....101
5.3 Quellenverzeichnis....102
5.4 Deklaration zur Nutzung von Künstlicher Intelligenz....103
6 Anhang....104
6.1 Technischer Nachweis für Kalt Maschinenbau AG....104
6.2 Sitzungsprotokolle....125

1 Management Summary

Ausgangslage und Zielsetzung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden diverse Aspekte des Handlingsgeräts einer Käsepresse von der Firma Kalt Maschinenbau AG optimiert. Es handelt sich um eine Konzeptstudie, bei welcher Lösungsvorschläge zur Senkung der Herstellungskosten sowie zur Behandlung bekannter Probleme erarbeitet werden. Im Fokus ist die vertikale und horizontale Bewegung des Geräts und deren Baugruppen. Das Ziel der Arbeit ist es, das Handlingsgerät durch konstruktive Optimierungen, Standardisierung der Bauteile und Optimierung des Montage- und Serviceaufwands aufzuwerten.

Die Aufgabe ist es für die vertikale wie auch für die horizontale Bewegung und deren Bauteile verschiedene Konstruktionskonzepte zu entwickeln. Dabei soll die bestehende Konstruktion betrachtet werden und Bauteile, Fertigungsarbeiten und überdimensionierte Konstruktionselemente reduziert werden. Ebenfalls sollen die Konzepte dazu führen, dass das ganze Handlingsgerät Montage und Servicefreundlicher wird. In den Konzepten soll auch die Standardisierung der Bauteile und Modularisierung für alle Ausführungen der Kassettenpresse berücksichtigt werden. Abschliessend sollen die Konzepte auf ihren Nutzwert und ihre Wirtschaftlichkeit verglichen werden und dazu eine Empfehlung abgegeben werden.

Zusätzlich werden im Rahmen dieser Arbeit zwei weitere Nebenaufgaben bearbeitet. Einerseits handelt es sich dabei um die Befestigungsmittel von Schutzabdeckungen. Hierzu soll eine praktikablere Lösung gefunden werden, da die bestehende Lösung mit einem erhöhten Aufwand verbunden ist. Andererseits, soll das Rollenpaket, welches sehr viele Einzelteile aufweist, kostengünstiger und kompakter konzipiert werden.

Vorgehensweise

Zu Beginn wurde eine Analyse der bestehenden Konstruktion durchgeführt. Dabei wurde die Konstruktion auf Schwachstellen, Fertigungsbauteile, und Befestigungssysteme geprüft. Auch die Problemstellen welche von der Firma Kalt vorab mitgeteilt wurden, sind berücksichtigt worden. Anhand dieser Erkenntnisse wurden für beide Baugruppen diverse Lösungskonzepte erarbeitet. Diese wurden auf ihre Vor- und Nachteile, Herstellungskosten, technische Risiken, Montageaufwand und Serviceaufwand untersucht und bewertet.

Auch für die Befestigungsmittel wie das Rollenpaket wurden passende Lösungen untersucht. Anschliessend wurden die Konzepte strukturiert miteinander verglichen und bewertet. Dazu wurden für beide Baugruppen eine Nutzwertanalyse wie auch eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durgeführt. Anhand dieser Bewertung konnten die geeigneten Konzepte ermittelt werden und eine nachvollziehbare Empfehlung für die Firma Kalt Maschinenbau AG erarbeitet werden.

Im Verlauf des Projekts wurde noch eine Anpassung des Projektumfangs getätigt. Die zusätzliche Handhabungseinheit wurde bei diesem Projekt auf Grund einer Erweiterung des Umfangs bei der vertikalen Bewegung nicht weiter berücksichtigt.

Ergebnisse

Bei der vertikalen Bewegung wurde Konzept zwei als die beste Lösung festgestellt. Insbesondere sprach dafür, dass dieses Konzept das beste Gesamtpaket aus allen Bewertungskriterien aufweist. Dadurch wurde dieses Konzept für die Ausarbeitung des Entwicklungsprojekt der Firma Kalt Maschinenbau AG empfohlen.

Bei der horizontalen Bewegung wurde Konzept eins als bevorzugte Variante bestimmt. Durch den Vergleich ist erkennbar, dass dieses Konzept die Bewertungskriterien am besten erfüllt und daher die beste Grundlage für die Ausarbeitung darstellt.

Durch die erarbeiteten Lösungsansätze konnten konkrete Kostensenkungsmöglichkeiten, Verkürzungen des Montageaufwands und Verbesserungen der Servicefreundlichkeit erzielt werden. Diese Ergebnisse dienen als Grundlage für die Weiterentwicklung dieser Baugruppen.

Schlussfolgerung und weiteres Vorgehen

Mit dieser Arbeit wurde die Grundlage für das weitere Vorgehen definiert. Anhand der Analysen kann die konstruktive Ausarbeitung der Baugruppen durchgeführt werden. Daher wird empfohlen im nächsten Schritt mit der Konkretisierung der Dimensionen und konstruktiven Details zu starten. In einem weiteren Schritt wird empfohlen die Detail Konstruktion auszuarbeiten und diese mit FEM-Analysen zu prüfen. Somit ist die Grundlage gesetzt und die Firma Kalt Maschinebau AG kann die Zukünftige Optimierung des Handlingsgerät anhand der Empfehlungen erarbeiten.

2 Einleitung

2.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird das bestehende Handlingsgerät der Kassettenpresse der Kalt Maschinenbau AG untersucht. Das Handlingsgerät soll hinsichtlich Herstellungskosten, Montageaufwand, Wartungsfreundlichkeit und Standardisierung optimiert werden. Die bestehende Konstruktion weist verschiedene Probleme, aufwendige Fertigungs- und Montageprozesse und Verbesserungspotenzial bei der Einstellung und Wartung auf. Anhand dieser Erkenntnisse werden Lösungskonzepte entwickelt, welche miteinander verglichen werden und hinsichtlich ihrer technischen und wirtschaftlichen Vor- und Nachteile bewertet werden.

Maschine

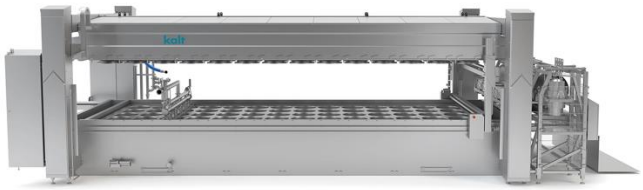


Abbildung 1:Käsepresssystem

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Das Entwicklungsprojekt ist für die Kassettenpresse, oder in Umgangssprache auch Käsepresse genannt, der Firma Kalt Maschinenbau AG. Die Kassettenpresse ist eine Maschine, welche die Käsemasse in die dafür bestimmten Formen presst. Dadurch entsteht anschliessend ein Käseblock. Das wird alles automatisch gemacht, sodass die Maschine nur mit dem Tank verbunden werden muss, in welchem sich die dafür vorgesehene Käsemasse befindet. Die Maschine ist besonders, weil sie mehrere Arbeitsschritte nacheinander durchführen kann.

Der Ablauf der verschiedenen Arbeitsschritte der Maschine ist wie folgt:

1. **Tank mit dem Abfüllmodul verbinden:** Als erstes muss der Tank, der die Käsemasse beinhaltet, mit dem Abfüllmodul verbunden werden.
2. **Portionieren:** Im nächsten Schritt startet man die Maschine und durch das sogenannte Handlingsgerät wird die Käsemasse in die vorgesehenen Kassetten / Formen abgefüllt. Die Portionierung wird automatisch von der Maschine übernommen. Natürlich kann man diesen Wert einstellen, sodass die Maschine genau weiss, welche Portionierung verlangt ist. Auch die Kassetten / Formen gibt es in verschiedenen Varianten und sie sind austauschbar, sodass mehrere Kassetten / Formen für eine Maschine gebraucht werden können.
3. **Pressen:** Nachdem alle Kassetten / Formen befüllt sind, fährt das Handligsgerät an den Rand der Maschine und der Deckel über den Kassetten / Formen geht zu. Danach wird jeder Käse einzeln, mit einem ausfahrbaren Zylinder, welcher vorne einen Pressteller hat, gepresst. Die Pressprogramme lassen sich auch hier wieder je nach Käsesorten einstellen. Die Presse ist klimatisiert sodass hochwertige Ergebnisse entstehen.
4. **Absäuern:** Beim Absäuern wird der Käsebruch durch die Milchsäurebakterien abgesäuert. Dabei wird Milchzucker (Laktose) zu Milchsäure umgewandelt. Dieses Prozedere passiert, wenn die Presse geschlossen ist.
5. **Ausformen:** Nach dem Pressen und Absäuern öffnet sich die Pressklappe wieder und das Handlingsgerät hebt die Kassetten stückweise mit einem Haken auf beiden Seiten aus der Vorrichtung. Danach fährt das Handligsgerät mit der Kassette zum Rüttler. Beim Rüttler wird die Kassette einmal gedreht und am Rüttler fixiert. Danach rüttelt der Rüttler die einzelnen Käseblöcke aus der Kassette. Die Käseblöcke sind danach bereit, weiterverarbeitet oder eingelagert zu werden. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Allgemeine Aufgabenstellung

Das Projekt umfasst vier übergeordnete Hauptaufgaben:

- Kostenoptimierung für das Handlingsgerät der Kassettenpresse
- Optimierungen im Servicefall
- Konzepte mit grober Kostenschätzung / Dimensionierung
- Modularisierung für zwei Grössen (schwer, leicht)

Die Hauptaufgaben beziehen sich auf drei unterschiedliche Teile des Handlingsgerät. Für jeden Teil sind zusätzlich definierte Unteraufgaben festgelegt, welche im Rahmen der Bearbeitung der Hauptaufgaben zu berücksichtigen und zu bearbeiten sind.

Aufgabe eins: Vertikale Bewegung

Am Handligsgerät ist ein Schlitten, welcher die vertikalen Bewegungen über eine Säule durchführt. An diesem Schlitten hängt zum einen das Abfüllmodel wie auch die Haken, welche die Kassetten aus den Vorrichtungen heben. Dieser Schlitten ist antriebseitig mit einem Motor bestückt, an welchem eine Antriebswelle verbaut ist. Durch diese Antriebswelle sind Antriebs- und Gegenantriebsseite verbunden. An der Säule ist ein Zahnprofil verbauen. Durch Zahnräder auf beiden Seiten kann der Schlitten vertikale Bewegungen durchführen. In diesem Schlitten sind Gleiter, welche die Gleitbewegung unterstützen und das Zahnstangenspiel ausrichten und einstellen lässt.



Abbildung 2: Baugruppe vertikale Bewegung (Eigenes Bild)

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Problemstellung: Der Schlitten, in der aktuellen Konstruktion, ist nicht nur aufwändig konzipiert, sondern auch teuer hergestellt. Die Arbeitsabläufe der Herstellung und Montage sind suboptimal, da viel gefräst und geschweisst werden muss, was relativ teuer ist. Zudem besteht der Schlitten aus vielen unterschiedlichen Einzelteilen, was zu sehr vielen Bestellungen führt. Ein weiteres Problem ergibt sich, da sich durch die Abnutzung der Gleiter im Laufe der Zeit Spiel zwischen Zahnstange und Zahnrad entwickelt, welches nachgestellt werden muss. Das Nachstellen ist aber erschwert, da es nur von einer Seite des Schlittens machbar ist und zudem kein Serviceloch besteht, bei welchem man das Eingestellte kontrollieren kann. Da diese Maschine im Lebensmittelbereich steht, haben Motoren und Zahnräder Abdeckungen. Es kam in Vergangenheit vor, dass die Befestigungsmittel dieser Abdeckungen verloren gegangen sind, da sie nicht fixiert waren oder man sie verlegt hat. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Neben den Hauptaufgaben müssen für diesen Teil des Handlingsgeräts diese Unteraufgaben miteinbezogen werden:

- Die Gleiter beidseitig einstellbar machen.
- Ausrichten / Einstellen des Zahnstangenantriebs beim Servicefall verbessern (Serviceloch).
- Unverlierbare Befestigungsmittel für Sicherheitsabdeckungen einkaufen oder einfach herstellbar.

Aufgabe zwei: Horizontale Bewegung

Um die horizontale Bewegung des Handlingsgerät durchzuführen, ist ein zweites Antriebssystem zu verbauen. Das Herz dieses System ist die Jochplatte, welche mit Rollenpaketen, Zahnrad, Riemenantrieb und dem Motor bestückt ist. Diese Jochplatte wird an die Säule montiert und durch eine Torsionswelle mit der anderen Seite des Handlingsgerät verbunden. Somit ergibt sich, dass die horizontale Bewegung nur von einer Seite angetrieben wird. An der Presse selbst ist eine Gleitschiene montiert, anhand welcher das Rollenpaket das gesamte Handlingsgerät hin und her gleiten kann. Angetrieben wird das gesamte Handlingsgerät mit einem Zahnrad, welches durch Riemen mit dem Motor verbunden ist. Unterhalb der Gleitschiene ist eine Zahnstange montiert, wodurch ein Zahnradantrieb entsteht. Dies ist auf beiden Seiten verbauen und somit dient die Torsionswelle lediglich zum Antrieb der Gegenantriebsseite.

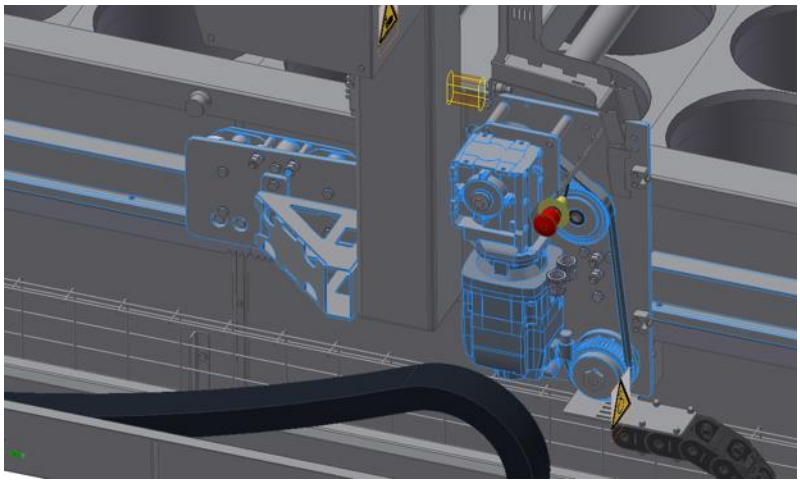


Abbildung 3: Baugruppe horizontale Bewegung (Eigenes Bild)

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Problemstellung: Das grösste Problem der horizontalen Bewegung ist, dass durch die Torsionswelle vor allem bei Richtungswechsel ein Verdreh-Winkel entsteht und dadurch die Gegenantriebsseite immer etwas Verzug aufweist. Dadurch ist der synchrone Gleichlauf nicht mehr vorhanden, was zu Problemen führt. Ein weiteres Problem ist das aufwendige Rollenpaket, welches aus sehr vielen Einzelteilen und einer aufwendigen Konstruktion mit erhöhtem Montageaufwand besteht. Das wirkt sich auch negativ auf den Servicefall aus, da ein sehr grosser Aufwand betrieben werden muss, um das Rollenpaket auszutauschen oder zu reparieren. Ebenfalls kommt dazu, dass die Gleitschiene, welche das Zahnrad trägt, auf die Länge betrachtet ein Verzug in der Tiefe der Schiene aufweist. Das führt dazu, dass die Einstellung des Zahnradspiels nicht präzise eingestellt werden kann, da der Verzug teils bis zu ein Zentimeter ist und dadurch die Zahnstange wie das Zahnrad erhöht abgenutzt wird. Kurz gesagt gibt es kein konstantes Referenzmass. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Neben den Hauptaufgaben müssen für diesen Teil des Handlingsgerät diese Unteraufgaben miteinbezogen werden:

- Vereinfachung und Standardisierung des Rollenpakets
- Synchroner Gleichlauf optimieren
- Schwerpunkt des Handlingsgerät untersuchen und Rollenanordnung optimieren

Aufgabe drei

Als dritte Teilaufgabe war ursprünglich die Optimierung des Handlingarms vorgesehen. Dabei sollten verschiedene Lösungsvarianten für die Aufnahme des Abfüllapparats sowie eine Vereinfachung der bestehenden Konstruktion untersucht werden. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Im Verlauf des Projekts wurde der Umfang von Aufgabe eins erweitert, indem ein zusätzliches Lösungskonzept für die vertikale Bewegung des Handlingsgeräts ausgearbeitet wurde. Aufgrund des dadurch gestiegenen Bearbeitungsaufwands wurde in Absprache mit dem Projektverantwortlichen und dem Diplomcoach entschieden, Aufgabe drei nicht weiterzuverfolgen. Die zusätzlich zur Verfügung stehende Bearbeitungszeit wurde somit für die vertiefte Untersuchung der ersten Teilaufgabe eingesetzt.

2.2 Pflichtenheft

Kostenoptimierung Handlingsgerät Konzepte

Ausgangslage/ Problemstellung

Das bestehende Handlingsgerät der Kassettenpresse verursacht hohe Herstell-, Montage- und Servicekosten aufgrund einer grossen Anzahl individueller Bauteile, hoher Justageaufwände sowie begrenzter Standardisierung.

Ziel dieser Konzeptstudie ist die Entwicklung von alternativen Lösungskonzepten, welche bei gleicher oder verbesserter Funktionalität die Herstellkosten, den Montageaufwand und den Serviceaufwand des Handlingsgerät reduzieren.

Ziel

1. **Kostenoptimierung für das Handlingsgerät der Kassettenpresse**: Reduktion von Herstellkosten durch die Überprüfung bestehender Bauteile, dem Einsatz von Einkaufsteilen und die Vereinfachung der Fertigungs- und Montagearbeiten.
2. **Optimierungen im Servicefall**: Vereinfachung von Wartungs- und Reparaturarbeiten, insbesondere durch einen einfacheren Teileaustausch und einer hohen Anzahl von Gleichteilen
3. **Konzepte mit grober Kostenschätzung / Dimensionierung:** Erarbeitung von Lösungsansätzen mit einer Dimensionierung, Kostenschätzung und ausführlicher Bewertung.
4. **Modularisierung für zwei Grössen:** Die Kassettenpresse gibt es in zwei verschiedenen Grössen zu kaufen. Einerseits die schwere Ausführung und andererseits in der leichten Ausführung. Das Ziel ist also jedes Konzept, mit den beinhalteten Bauteilen so zu gestalten, dass sie für beide Ausführungen dieser Maschine einzusetzen sind. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Technische und Funktionale Anforderungen

Funktionale Anforderungen

- Die bestehende Funktion des Handlingsgeräts muss erhalten bleiben
- Die optimierten Prozesse müssen zuverlässig funktionieren
- Der bestehende Produktionsablauf darf durch die Optimierung nicht negativ beeinflusst werden
- Die Bedienung der Maschine soll möglichst unverändert bleiben

Technische Anforderungen

- Bestehende Systeme sollen nach Möglichkeit weiterhin verwendet werden
- Die Optimierung muss mit der vorhandenen Maschine kompatibel sein
- Die vorhandene Steuerung/SPS soll unverändert bleiben
- Die Anpassungen müssen in die bestehende Maschinenstruktur integrierbar sein

Sicherheitsanforderungen

- Das bestehende Sicherheitskonzept darf durch die Optimierung nicht beeinträchtigt werden
- Sicherheitsfunktionen müssen auch nach der Anpassung vollständig erhalten bleiben

Hygieneanforderungen

- Alle Hygieneanforderungen müssen durch die Optimierungen erhalten bleiben
- Alle neuen Bauteile müssen diesen Hygieneanforderungen entsprechend konstruiert sein und kontrolliert werden

Kostenanforderungen

- Die Kosten für die Optimierung sollen möglichst gering gehalten werden (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Muss- und Kann-Anforderungen

Muss-Anforderungen

- Das bestehende Sicherheitskonzept muss erhalten bleiben
- Die Hygienevorschriften für den Lebensmittelbereich müssen eingehalten werden
- Die bestehende Funktion der Maschine darf nicht verändert werden
- Die Konzepte müssen mit der vorhandenen Maschine kompatibel sein
- Die beidseitige Einstellung der Gleiter / Rollen muss möglich sein

Kann-Anforderung

- Einsatz eines Rollsystems anstelle von Gleitern
- Anpassung der Anzahl der Gleiter beziehungsweise der Rollen
- Anpassung der Form des Schlittens und der Säule
- Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Auslegung der Motoren.

Zu Verfügung stehende Mittel

- Excel-Datei «Antriebsauslegung HG und Drehachse.xls»
- Excel-Datei «Übersicht Antriebe.xlsx» mit Abstufungen und maximale Momente
- 3D-Daten «Arta Karalis KP 103333 A» im STEP-Format
- 3D-Daten «HG Massingy 148934 / 148971, HG Elassona VPW 109228 A / 110158 A»
- Hygieneanforderungen für den Lebensmittelbereich

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Bewertungskriterien und erwartetes Projektergebnis

Die erarbeiteten Konzeptvarianten werden anhand dieser Bewertungskriterien bewertet. Die Gewichtung berücksichtigt deren Bedeutung für die wirtschaftliche und technische Beurteilung.

Bewertungskriterien

Tabelle 1: Bewertungskriterien und Gewichtung

Kriterium	Gewicht
Herstellkosten	30 %
Montage	20 %
Service	20 %
Technisches Risiko	15 %
Standardisierung	15 %

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Erwartetes Projektergebnis

Der Abschlussbericht soll mit einer nachvollziehbaren Empfehlung für Kalt Maschinenbau AG enden. Diese Empfehlung soll ausserdem die folgende Frage beantworten.

Welche Konzeptvariante bietet für Kalt den grössten wirtschaftlichen Nutzen hinsichtlich Herstellkosten, Montageaufwand, Servicekosten und Standardisierung?

Die Empfehlung soll mittels Nutzwertanalyse und Wirtschaftlichkeitsvergleich begründet werden.

Die Dokumentation der einzelnen Aufgaben umfasst folgende Inhalte:

Aufgabe eins: vertikale Bewegung

Es sollen drei Konzepte mit folgendem Inhalt erarbeitet werden:

- Funktionsbeschreibung
- Prinzip Konstruktion
- Vor- und Nachteile
- Risikobeurteilung
- Herstellkostenschätzung
- Montageaufwand
- Servicebewertung
- Technischer Nachweis (im Anhang ersichtlich)

Abschliessend soll eine Bewertung der Konzepte erstellt werden.

Ebenfalls soll ein Lösungsansatz zur Optimierung der Befestigungsmittel erarbeitet werden.

Aufgabe zwei: Horizontale Bewegung

Zuerst ist die Erarbeitung einer Lösungsvariante des Rollenpakets durchzuführen. Dieses Rollenpaket soll danach in zwei ausgearbeiteten Konzepten mit folgendem Inhalt eingesetzt werden:

- Funktionsbeschreibung
- Prinzip Skizze
- Vor- und Nachteile
- Risikobeurteilung
- Herstellkostenschätzung
- Montageaufwand
- Servicebewertung
- Technischer Nachweis (im Anhang ersichtlich)

Abschliessend soll eine Bewertung der Konzepte erstellt werden.

Aufgabe drei: Zusätzlicher Handlingsarm (ursprünglich geplant)

- Prinzip Skizze
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Servicebetrachtung
- Risikoanalyse

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Projektumfang und Abgrenzungen

Aufgabe eins: Vertikale Bewegung

- Idee suchen und grobe Kostenschätzung für drei Varianten zur Optimierung der Gleiter, Führung und des Schlittens der vertikalen Bewegung.
- Verbesserung der Ausrichtung und Einstellung des Zahnstangenantriebs während der Montage. Dazu soll ein Serviceloch integriert werden, welches zur Kontrolle des Zahnflankenspiels eingesetzt werden soll.
- Einsatz unverlierbarer Befestigungsmittel für Sicherheitsabdeckungen. Diese sollen Einkaufteile oder einfach herzustellen sein
- Zusätzliche Untersuchung eines weiteren Konzepts mit einem Rollensystem mit einstellbaren Rollen und Rundprofilen für Schlitten und Säule, einschliesslich grober Kostenschätzung.

Aufgabe zwei:

- Ideensuche und grobe Kostenschätzung für zwei Varianten zur horizontalen Bewegung des Handlingsgeräts, beispielsweise mit einem Rollensystem, Gelenkschwingen oder einer angepassten Antriebslösung.
- Verbesserung der Ausrichtung und Einstellung des Gleichlaufs während der Montage.
- Überprüfung der Schwerpunktlage bei eingesetzter Kassette sowie der Belastung der Laufrollen.

Aufgabe drei:

Die ursprünglich vorgesehene dritte Aufgabe wird aufgrund des zusätzlichen Aufwands bei Aufgabe eins nicht durchgeführt. Die Aufgabe umfasste ursprünglich:

- Variantenvergleich und grobe Kostenschätzung für zwei Lösungsvarianten eines zusätzlichen Handlingsarms zum Einschwemmen mit dem Abfüllapparat.
- Untersuchung einer festen Ausführung mit Ausnahme des Pressteils bei der Maschine Massingy.
- Untersuchung einer pneumatischen Hebevorrichtung für den Abfüllapparat bei der Maschine Elassona VPW.
- Vereinfachung der Aufnahme zwischen Handlingsarm und Abfüllapparat.

Der Verzicht auf diese Aufgabe wurde mit meinem Diplocoach Peter Müller besprochen und im zugehörigen Sitzungsprotokoll festgehalten.

Abgrenzung

- Die elektrischen Antriebslösungen mit Siemens-Servotechnik bleiben bestehen.
- Für die vertikale Bewegung sollen die bestehenden Gleiter und für die horizontale Bewegung die bestehenden Kunststoffrollen grundsätzlich beibehalten werden. Ein alternatives Rollenkonzept für die vertikale Bewegung wird dennoch untersucht.
- Als Antrieb für die vertikale Bewegung bleibt der Zahnstangenantrieb die Grundlage. Zahnriemen-, Flachriemen-, Spindel- und Kettenantriebe werden nicht untersucht.
- Die Hygieneanforderungen für den Lebensmittelbereich sind einzuhalten.
- Es sollen möglichst viele Gleichteile und standardisierte Einkaufsteile verwendet werden. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

2.3 Zieldefinition

Übergeordnetes Ziel

Das Hauptziel dieser Arbeit ist die technische und wirtschaftliche Optimierung des bestehenden Handlingsgerät der Kassettenpresse der Kalt Maschinenbau AG. Durch Erarbeitung und Bewertung von Lösungskonzepten auf die bestehenden Problemstellungen bezogen, sollen die Herstellkosten, der Montageaufwand und der Serviceaufwand reduziert werden. Durch Standardisierung von Bauteilen und Vereinfachen der Konstruktion soll dies erreicht werden. Dabei müssen die bestehenden Maschinenfunktionen, die Sicherheitsanforderungen und die Hygienevorschriften für den Lebensmittelbereich konsequent eingehalten werden.

Teilziele

Zur Erreichung des übergeordneten Ziels werden folgende Teilziele verfolgt:

1. **Optimierung der vertikalen Bewegung**

Für die vertikale Bewegung des Handlingsgerät sollen drei Konzepte erstellt und technisch und wirtschaftlich bewertet werden. Dabei stehen die Vereinfachung der Konstruktion, die Verbesserung der Einstellbarkeit der Führung sowie die Reduktion von Herstell- und Montageaufwand im Vordergrund. Ebenfalls soll die Konstruktion servicefreundlicher gemacht werden. Zusätzlich wird die Einstellbarkeit des Zahnstangenantriebs wie auch die Befestigungen der Sicherheitsabdeckungen betrachtet.

2. **Optimierung der horizontalen Bewegung**

Für die horizontale Bewegung sollen zwei Lösungskonzepte erstellt werden. Das Ziel ist, den Gleichlauf des Handlingsgeräts zu verbessern und den Aufbau des Rollenpakets zu vereinfachen. Zudem sollen die Montage- und Servicefreundlichkeit sowie die Belastung der Laufrollen betrachtet werden.

3. **Modularisierung und Standardisierung**

Die erarbeiteten Konzepte sollen für die beiden Ausführungen des Handlingsgeräts (schwer und leicht) einsetzbar sein.

4. **Technische und wirtschaftliche Bewertung**

Die Konzepte werden anhand der vorgegebenen Bewertungskriterien bewertet und sowohl mit einer Wirtschaftlichkeitsanalyse wie auch mit einer Nutzwertanalyse belegt. Auf diesen Grundlagen wird eine nachvollziehbare Empfehlung für Kalt Maschinenbau AG erarbeitet.

Abgrenzung der Zielsetzung

Die Arbeit begrenzt sich auf die Entwicklung und Bewertung von Lösungskonzepten. Eine vollständig konstruierte Lösung der ausgewählten Konzepte ist nicht Teil dieser Arbeit. Die ursprünglich geplante Optimierung des zusätzliche Handlingsarms wird aufgrund einer Erweiterung des Bearbeitungsumfangs der vertikalen Bewegung nicht weiterverfolgt.

Projektziele und Zielgrössen

Herstellkosten

- Reduktion der Herstellkosten
- Reduktion der Anzahl Fertigungsteile
- Erhöhung des Anteils von Standard-Einkaufsteilen
- Vereinfachung der Schweisskonstruktionen

Montage

- Verkürzung der Montagezeit
- Reduktion von Justage arbeiten
- Verringerung der Abhängigkeit von individuellen Fertigungstoleranzen

Service

- Einfacher Austausch von Verschleissteilen
- Modulare Baugruppenstruktur
- Reduktion von Spezialteilen
- Verbesserung der Zugänglichkeit

Plattformstrategie

- Maximale Wiederverwendung identischer Bauteile
- Modulares Konzept für leichte Ausführung sowie schwere Ausführung

Qualität

- Verbesserung der geometrischen Genauigkeit
- Verbesserung des Gleichlaufs
- Reduktion von Spiel und Verschleiss
- Erhöhung der Langzeitstabilität

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

2.4 Soll Terminplan

Tabelle 2: Terminplan und Aufgaben

Aufgabe	**Tätigkeit**	**Stunden**	**Zu erledigen bis**
Themeneingabe	Thema für die Arbeit finden und eingeben	2h	21.6.2026
Format erstellen	Inhaltsverzeichnis, Titelblatt und Zeitplan erstellen	3h	21.7.2026
Einleitung	Die komplette Einleitung schreiben	8h	23.8.2026
Erste Sitzung mit Diplomcoach	Erste Sitzung mit dem Diplomcoach führen	1h	28.8.2026
Sitzungsprotokoll erstellen	Sitzungsprotokoll erstellen und von Diplomcoach bestätigen lassen	1h	29.8.2026
Bearbeitung Aufgabe eins	Bearbeitung und Fertigstellung der Aufgabe eins meines Projektes	58h	23.8.2026
Kompetenzprofil	Kompetenzprofil fertigstellen	3h	4.9.2026
Bearbeitung Aufgabe zwei	Bearbeitung und Fertigstellung der Aufgabe zwei meines Projektes	70	5.9.2026
Bearbeitung Aufgabe drei	Bearbeitung und Fertigstellung der Aufgabe dre meines Projektes	40h	13.9.2026
Dokumentation Hauptteil	Das Dokumentierte beim Hauptteil ausarbeiten, optimieren und fertigstellen	20h	4.10.2026

Aufgabe	Tätigkeit	Stunden	Zu erledigen bis
Schlussteil	Schlussteil bearbeiten und fertigstellen	10h	7.10.2026
Layout und Bilder	Alle Pläne, Bilder und Dokumente in die Arbeit einfügen und das Layout bearbeiten	8h	11.10.2026
Management Summary	Die Management Summary schreiben	3h	11.10.2026
Verzeichnisse ausarbeiten	Quellen- und Literaturverzeichnis ausarbeiten	5h	11.10.2026
Zweite Sitzung mit Diplomcoach	Zweite Sitzung mit dem Diplomcoach führen	1h	15.10.2026
Sitzungsprotokoll erstellen	Sitzungsprotokoll erstellen und von Diplomcoach bestätigen lassen	1h	18.10.2026
Arbeit korrigieren	Arbeit kontrollieren lassen und überarbeiten	8h	19.10.2026
Letzte Kontrolle	Letzte Kontrolle der Arbeit	3h	24.10.2026
Abgabe	Abgabe der Arbeit		25.10.2026
Präsentation	Präsentation erarbeiten und fertigstellen		1.11.2026

2.5 Projektinitialisierung

2.5.1 Projektstart und Organisation

Das Projekt wurde von der Firma Kalt Maschinenbau AG in Auftrag gegeben. Da ich zu diesem Zeitpunkt nach einer passenden Diplomarbeit gesucht habe und die Firma Kalt Maschinenbau AG die Partnerfirma meines Arbeitgebers ist, habe ich bei Kalt angefragt, ob sie ein geeignetes Projekt für eine solche Arbeit haben. Danach fand ein Treffen mit dem Abteilungsleiter des Entwicklungsteams statt, um das mögliche Projekt, wie auch die bestehende Maschine anzuschauen. Anlässlich dieser Sitzung haben wir den Umfang der

Arbeit besprochen und definiert, was die Ziele sind. Ebenfalls sind wir auf das erwartete Ergebnis und die Bearbeitungsmethoden eingegangen.

Dieses Projekt ist im Rahmen eines grossen Weiterentwicklungs-Projekts für die ganze Kassettenpresse entstanden. Um gleich mehrere Baugruppen miteinander weiterzuentwickeln, wurde das Projekt in mehrere Teilbereiche aufgeteilt. Meine Aufgabe ist es, die Baugruppe «Handlingsgerät» zu optimieren. Dabei ist das ganze Entwicklungsteam an diesem Projekt beteiligt, wie auch die Konstrukteure, welche diese Maschine ursprünglich konstruiert haben. Meine Ansprechperson ist der Teamleiter Pirmin Signer, welcher mich durch dieses Projekt begleitet.

Die Zusammenarbeit ist in erster Linie so zusammengesetzt, dass ich drei Wochen von meinem Arbeitgeber zur Verfügung gestellt bekommen habe, um bei der Firma Kalt zu arbeiten. Durch eine Standpunktsitzung, welche wir einmal pro Woche führten, hatte ich die Möglichkeit, mit Pirmin zu reden und allfällige Fragen zu stellen. Ebenfalls habe ich mehrere Sitzungen mit dem ursprünglichen Entwickler dieser Maschine geführt, um zu verstehen, wieso er damals diese Konstruktion so gemacht hat.

Zusätzlich habe ich auch noch den Konstrukteur-Teamleiter meiner eigenen Firma um eine neutrale Betrachtung meines Projektes gebeten. Dadurch konnte ich eine weitere Sichtweise eines erfahrenen Konstrukteurs einbeziehen.

2.5.2 Konkretisierung des Projektumfangs

Das Ziel der Arbeit wurde zu Beginn klar definiert. Die Arbeit soll eine Vereinfachung und vor allem eine Kostenoptimierung des bestehenden Handlingsgeräts der Kassettenpresse sein. Der Fokus wurde daher auf Herstellungskosten, Montage, Service, technisches Risiko und Standardisierung von Bauteilen gelegt.

Zu Beginn wurde das Projekt auf drei Teilaufgaben und eine Sonderaufgabe aufgeteilt.

- Der erste Punkt ist die vertikale Bewegung des Handlingsgeräts. Hier ist insbesondere der Schlitten gemeint, welcher die vertikale Bewegung ausführt. Dieser ist sehr kostenintensiv in der Herstellung und weisst technische Mängel auf. Auf diese klar definierten Punkte konnte ich im Rahmen dieser Arbeit eingehen.
- Ebenfalls ist zusätzlich eine Sonderaufgabe dazugekommen. Es soll ein neues Befestigungssystem für die Abdeckung der Getriebeplatte entwickelt werden. Das System soll gewährleisten, dass die verwendeten Schrauben unverlierbar sind. Dies ist so gewollt, da es im Servicefall öfter vorgekommen ist, dass diese Schrauben nach der Demontage verloren gegangen sind.

- Der zweite Punkt ist die horizontale Bewegung des Handlingsgerät. Hier sind sehr viele Sonderanfertigungen wie auch Bauteile, welche eine schlechte Wartbarkeit haben verbaut. Daher sollte ich im Rahmen dieser Arbeit Bauteile standardisieren und wartbar machen. Auch technische Mängel bei der Synchronisation der beiden Seiten wurden festgestellt. Auf diese sollte ich mich ebenfalls konzentrieren.
- Als dritter Punkt sollte der Handligarm betrachtet werden. Hierbei geht es um das Vereinfachen der bestehenden Konstruktion wie auch um eine bessere Positionierung des Handlingsarms.

Während der Arbeit gab es eine Änderung des Projektumfangs. Pirmin und ich haben gemeinsam beschlossen, dass ich bei der ersten Aufgabe statt nur zwei Konzepte noch ein weiteres Konzept mit einem anderen System ausarbeite. Daher ist der Umfang der ersten Aufgabe gestiegen und wir haben uns, nach Absprache mit meinem Diplomcoach, dazu entschieden, die dritte Aufgabe wegzulassen.

Die Anpassungen des Projektumfangs wurden daher aufgrund einer Erweiterung der ersten Aufgabe durchgeführt.

2.5.3 Projektgrundlagen

Zu Beginn des Projektes bekam ich eine ausführliche Einführung in den Auftrag. Zusätzlich wurden mir diverse Unterlagen zu Verfügung gestellt, welche mich bei der Bearbeitung unterstützen und die notwendigen Informationen liefern konnten.

- Excel Antriebsauslegung HG und Drehachse.xls
- Excel Übersicht Antriebe.xlsx mit Abstufung, max. Momente
- 3D-Daten Arta Karalis KP 103333 A im Step-Format
- 3D-Daten HG Massingy 148934 / 148971, HG Elassona VPW 109228 A / 110158 A
- Hygieneanforderung Lebensmittelbereich

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

2.5.4 Start der Bearbeitung

Nachdem wir die Aufgabestellung geklärt und die Ziele und den Umfang definiert hatten waren alle Bausteine gelegt, um das Projekt zu bearbeiten. Die Anforderungen an die Konzepte wie auch die zu bearbeitende Punkte wurden im Pflichtenheft festgelegt. Danach habe wir einen Zeitplan mit Stichdaten ausgearbeitet, welcher einzuhalten ist, um einen zeitlichen Rahmen wie auch einen Anhaltspunkt zu schaffen.

Im Verlauf der Projektinitialisierung wurde der Projektumfang angepasst und zusätzliche Konkretisierungen wie auch zusätzliche Ideen meinerseits in den Umfang integriert. Daher ist es zur Kürzung von Aufgabe drei gekommen.

Für die Bearbeitung standen mir alle Daten und Dokumente zur Verfügung. Die Zusammenarbeit wie auch Ansprechpersonen und sonstige Beteiligte wurden mir vorgestellt. Die Sitzungstermine wurden definiert und von mir dementsprechend geplant.

Damit war alles geschaffen, um mit dem Projekt zu starten.

3 Hauptteil

3.1 Ausgangslage und Analyse

In diesem Kapitel steht die Analyse der bestehenden Konstruktion im Vordergrund. Zudem werden die Probleme festgestellt und aufgelistet.

3.1.1 Bestehende Konstruktion

Nach dem Start der Arbeit, habe ich als erstes die alte Konstruktion genauer analysiert. Hierbei wurde vor allem die Konstruktion betrachtet und geprüft, wie der Aufbau ist, wie die Bauteile angefertigt werden, was in welcher Weise montiert ist und wie sinnvoll die Konstruktion ist. Dies habe ich zuerst für die vertikale Bewegung des Handlingsgeräts gemacht und später auch für die horizontale Bewegung.

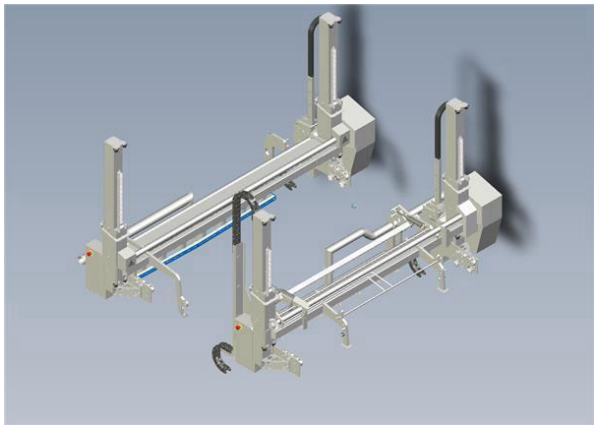


Abbildung 4: Komplettes Handlingsgerät in allen Ausführungen (Eigenes Bild)

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Vertikale Bewegung

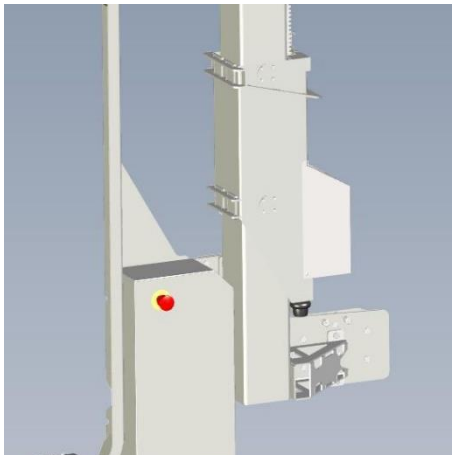


Abbildung 5: Schlitten auf der Gegenantriebsseite (Eigenes Bild)

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Bei der vertikalen Bewegung sind zwei Säulen an beiden Seiten der Maschine. Auf diesen Säulen gleitet ein Schlitten, welcher mit einem Zahnradantrieb hoch und runtergefahren wird. Es hat nur einen Motor, welcher durch eine Antriebswelle mit dem gegenüberliegenden Zahnrad verbunden ist. An der Säule ist eine fixierte Zahnstange, welche es ermöglicht, dass sich durch den Zahnradantrieb der Schlitten hoch und runter bewegen lässt. Somit ergibt sich eine Antriebsseite und eine nicht Antriebsseite. Der Motor ist auf einer Getriebeplatte, welche an den Schlitten geschweisst ist und somit ebenfalls hoch- und runterfährt. Damit das Zahnrad an die

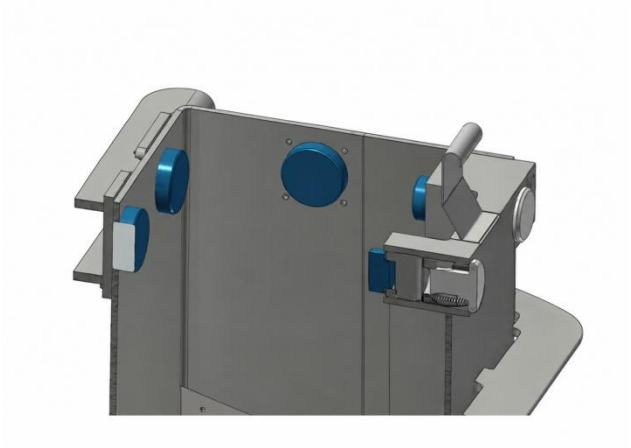


Abbildung 6: Schlitten von Innen (Eigenes Bild)

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Zahnstange gelangt hat es einen Ausschnitt im Schlitten, welcher genau auf das Zahnrad angepasst ist. Damit das Zahnradspiel auf die Zahnstange einstellbar ist, hat man innerhalb des Schlittens runde Kunststoffgleiter, welche einseitig zustellbar sind, um den Schlitten zu fixieren wie auch um das Zahnradspiel einzustellen. Es hat auf allen Seiten solche Gleiter, nur sind diese grösser und nicht verstellbar. Für die verstellbaren Gleiter hat es extra Vorrichtungen, welche jeweils zwei M30 Gewinde haben, um den Mechanismus zu verbauen. Der Mechanismus besteht aus einer Anstellschraube, einer Konterschraube und einem Verschlusstopfen, welcher das Loch abdeckt. Die Vorrichtungen sind massive Chromstahlprofile, welche selbst angefertigt sind.

- Was mir sofort aufgefallen ist, ist, dass sehr viele Sonderanfertigungen verbauen sind. Das heisst, dass es sehr viele selbst gefertigte Bauteile hat, die keine Einkaufteile sind. Wie das Grundkonstrukt des Schlittens, welches aus zwei U-Profil Schalen besteht, die zusammengeschweisst werden. Auch die Vorrichtung für die Gleiter sind selbst gefräst und daher sonderangefertigt für diesen Schlitten. Kleinere Elemente wie Abdeckbleche für die Gleiter sind ebenfalls selbst gefertigt.
- Mir wurde im Voraus gesagt, dass der Schlitten mit sehr viel Schweissarbeiten verbunden ist. Daher habe ich als zweites auf die geschweissten Teile geschaut. Dabei ist mir sehr schnell klar geworden, weshalb mir dieser Punkt gesagt wurde. Es hat sehr viele Bauteile, welche geschweisst sind. Zudem sind praktisch alle Sonderanfertigungen an den Schlitten geschweisst, was die ganze Sache sehr kostspielig macht. Es ist praktisch nichts verschraubt, daher ist auch im Schadenfall der Arbeitsaufwand sehr hoch.
- Als nächstes habe ich analysiert, wo überall gleiche Bauteile verbauen sind, weil dies auch ein wichtiger Punkt meiner Arbeit ist. Dabei fiel mir auf, dass mehrere Einzelteile verbauen sind und somit sehr wenig gleiche Bauteile montiert sind. Von zwölf Gleitern sind nur acht Gleiter gleich, weil die vier verstellbaren Gleiter kleiner sind. Es wurden auch drei verschiedene Abdeckbleche für die Gleiter verbauen, was bis auf die seitlichen Gleiter bei jeder Seite eine Sonderanfertigung bedeutet.

- Ich habe zudem darauf geachtet, wo potenziell gleiche Bauteile verbauen werden können und wo man gewisse Bauteile in der Stückzahl reduzieren kann, um trotzdem die Funktion zu gewährleisten. Hier habe ich speziell die Gleiter und die Abdeckbleche für die Gleiter betrachtet.
- Zudem fiel mir auf, dass der Schlitten noch zusätzlich verstrebt ist. Das ist so, weil der Schlitten aus zwei U-Profil Schalen gemacht wird und diese Konstruktion Mängel in der Festigkeit aufgezeigt hat. Somit musste das Ganze mit Verstrebungen verstärkt werden.
- Zuletzt fragte ich die Mechaniker von Kalt, wo sie Schwierigkeiten in der Montage wie auch im Servicefall haben. Dabei haben sie mir eine ganze Reihe von Verbesserungen und Ideen aufgezählt, wie man ihnen die Arbeit erleichtern könnte. Dabei sind Sachen wie Serviceloch für das Einstellen des Zahnstangenspiel oder Verbesserungen für die Zugänglichkeit des Schlittens empfohlen worden.

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Befestigungsmittel

Bei den Befestigungsmitteln wurde der Wunsch geäussert, ein neues System zu entwerfen. Aktuell sind alle Abdeckungen verschraubt. Die Schraube wird in selbstgefertigte kleine angeschweisste Klötze mit einem vorhandenen Gewinde verschraubt.

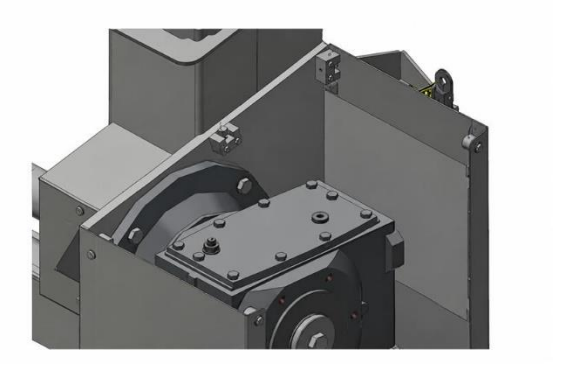


Abbildung 7: Aktueller Befestigungsmechanismus (Eigenes Bild)

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

- Beim Betrachten der Klötze fiel mir auf, dass diese sehr mühsam zu fertigen sind, da sie sehr klein sind.
- Dazu kommt, dass die Klötze angeschweisst sind, was oft zu Verzug führte.

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Horizontale Bewegung

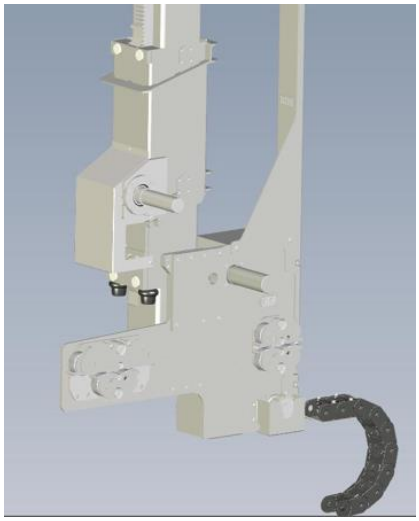


Abbildung 9: Jochplatte von innen (Eigenes Bild)

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Bei der horizontalen Bewegung wird das Handlingsgerät als Ganzes über der Kassette hin und her bewegt. Diese Bewegung wird ebenfalls mit einem Zahnradantrieb auf einer Gleitschiene bewegt. Die Gleitschiene ist ein U-Profil aus Chromstahl, welches noch eine zusätzliche Wand integriert hat, sodass im Inneren der Schiene eine Querführungsrolle geführt werden kann, damit das Handlingsgerät nicht verlaufen kann im Betrieb. Angetrieben werden beide Seiten über einen Motor, welche ebenfalls mit einer Antriebswelle verbunden sind. Somit hat man auch hier einen Antrieb- und nicht eine Antriebsseite. An der Säule ist die sogenannte Jochplatte, worauf die ganzen Rollenpakete wie auch der Motor und die Querführungsrollen montiert sind. Auf die Jochplatte werden vorne und hinten insgesamt fünf Rollenpakete montiert, welche auf und unter der Gleitschiene sind, damit sich das ganze Handlingsgerät in erster Linie bewegen kann und nicht kippt. Das Zahnrad, welches an die Jochplatte montiert wird, ist mit einer fix montierten Zahnstange verbunden. Die Zahnstange wird an die untere Fläche der Gleitschiene montiert.

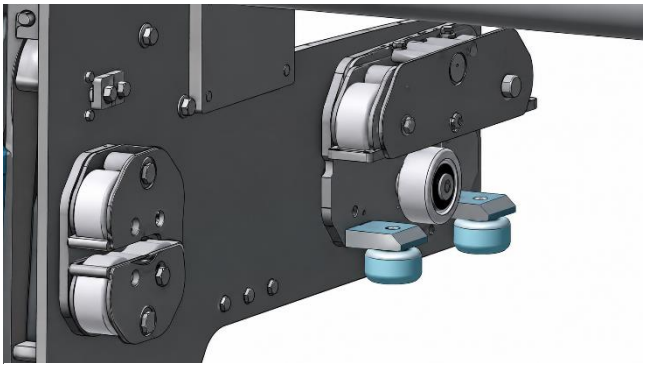


Abbildung 8: Rollenpaket montiert (Eigenes Bild)

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

- Als erstes habe ich die Konstruktion betrachtet und geschaut, ob und wo gleiche Teile verbauen sind. Dabei habe ich festgestellt, dass es hier weniger Sonderanfertigungen hat und mehr gleiche Teile verwendet wurden.
- Danach habe ich das Rollpaket genauer betrachtet, da mir gesagt wurde, dass dies aus sehr vielen Teilen besteht und vereinfacht werden soll. Dabei ist mir genau dies aufgefallen und ich habe geschaut, was es alles braucht, um so ein Rollpaket zu machen.
- Als nächstes habe ich analysiert, wo man potenzielle Bauteile einsparen oder wo man gewisse Bauteile auch mit einer Doppelfunktion ausstatten kann.

- Auch hier habe ich wieder Rücksprache mit den Mechanikern gehalten, um auf ihre Bedürfnisse eingehen zu können. Dabei sind auch mehrere Zugänglichkeitsverbesserungen wie auch Optimierungen für den Service vorgeschlagen worden.

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

3.1.2 Festgestellte Schwachstellen

Nachdem ich die Analyse durchgeführt habe, habe ich diese ausgewertet und als erstes alle Schwachstellen mit den vorgegebenen Problemen zusammengeführt, um einen Überblick zu verschaffen, worauf ich meine Optimierungen in der Konzeptausarbeitung beziehen muss.

Vertikale Bewegung

Technische Schwachstellen

- **Abnutzung der Gleiter:** Die Abnutzung der Gleiter ist ein sehr grosses Problem des Schlittens, weil sich dadurch ein Spiel zwischen Zahnstange und Zahnrad entwickelt. Durch das Hoch- und Runterfahren nutzen sich diese ab und müssen regelmässig ausgewechselt werden.
- **Einseitige Verstellbarkeit der Gleiter**: Da das angesprochene Zahnradspiel eingestellt werden muss, müssen die Gleiter einstellbar sein. Dies waren sie bis jetzt aber nur einseitig. Das bedeutet, dass nach Abnutzung der Gleiter, das Spiel zwischen Zahnstange und Zahnrad nur begrenzt einstellbar war.

Konstruktive Schwachstellen

- **Viele Sonderanfertigungen:** Die bestehende Konstruktion weist sehr viele Sonderanfertigungen auf. Das ist grundsätzlich nicht Schlechtes, aber wenn man sich auf den Punkt Kostenoptimierung bezieht, ist es ein Nachteil. Diese Teile mussten bisher alle selbst gefertigt werden, was sehr viel Zeit und damit verbundene Kosten mit sich bringt.
- **Wenig gleiche Teile:** Es sind sehr wenig gleiche Teile verbaut, was auch hier beim Thema Kostenoptimierung eine klare Schwachstelle ist. Da so viele Einzelteile verbaut sind, erreicht man keinen Mengenrabatt und muss alles einzeln einkaufen.
- **Grundkonstruktion des Schlittens:** Die Grundkonstruktion oder auch der Schlittenkorb, wie er genannt wird, bestand aktuell aus zwei U-Profilen, zusammengeschweisst und zudem noch verstrebt, damit die Festigkeit genügt. Das sehe ich als sehr grosse Schwachstelle, weil es sehr aufwendig ist und zudem auch nicht sehr schön aussieht.

- **Gleiter:** Die Gleiter sind ein weiteres Problem, da sie unterschiedliche Grössen haben und zudem noch mit einzelnen Abdeckblechen bestückt sind. Des Weiteren nutzen sie sich schnell ab und müssen regelmässig ausgetauscht werden.
- **Service und Montage**: Die bestehende Konstruktion ist sehr knapp berechnet und es fehlt an manchen Stellen an Platz und Öffnungen für die Montage und den Service.
- **Aufwendige Fertigungsarbeiten:** Die ganze Konstruktion ist mit sehr viel Fertigungsarbeiten verbunden, welche sehr viel Zeit und Geld kosten. Sei es Schweissen oder Fräsen, im Allgemeinen sind sehr viele Schritte nötig, um ans Ziel zu kommen. Ebenfalls wurde mir erklärt, dass die Reihenfolge der Fertigungsschritte wild durchmischt ist. Das heisst, dass immer nach dem Zusammenschweissen nochmals gefräst werden muss, was sehr umständlich ist, weil es nicht so einfach ist, den ganzen Schlitten in die Vorrichtung der Fräse zu stellen. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Befestigungsmittel

Problemstellung

- Es ist oft vorgekommen, das im Servicefall die Schrauben verloren gegangen sind, weil sie ganz weggenommen werden mussten.
- Ein weiterer Punkt sind die Kosten. Da die aktuelle Lösung selbst gefertigt und geschweisst ist, sind die Kosten für eine einfache Befestigung sehr hoch. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Horizontale Bewegung

Technische Schwachstellen

- **Gleichlauf:** Die ganze horizontale Bewegung wird durch einen einseitigen Motor über eine Antriebswelle angetrieben. Diese Antriebswelle weist einen Verdrehwinkel auf, was dazu führt, dass die Gegenantriebsseite vor allem bei Richtungswechsel einen Verzug aufweist. Das bedeutet einfach gesagt, dass die Gegenantriebsseite immer etwas nachläuft und nicht 100 % synchron ist. Der Verzug kann über die Zeit immer grösser werden und im schlimmsten Fall zu Beschädigungen der Gleitschiene wie auch der Wanne führen.

- **Referenzgeometrie:** Die Gleitschiene ist meistens um die 15 Meter lang und weist daher gewissen Ungleichmässigkeiten in der Geometrie auf. Da die Zahnstange unterhalb der Gleitschiene montiert wird ist das Einstellen des Zahnrades auf die Zahnstange schwierig. Dies ist so, weil über eine Länge von 15 Meter die Schiene etwas Verzug aufweist und daher das Tiefenmass der Schiene etwas ändern kann.
- **Querführung:** Die Querführungsrolle läuft im Inneren der Gleitschiene, welche durch die separate Wand geführt wird. Auch hier ist das Problem, dass diese Schiene Verzug aufweist und daher diese Querführungsrolle nicht immer schön an der Wand läuft. Somit kann es zum Verlaufen des Handlingsgeräts führen und Zahnstange wie Gleitschienen können Schäden aufweisen

Konstruktive Schwachstellen

- **Rollenpaket:** Das Rollenpaket besteht aus sehr vielen Bauteilen und ist sehr mühsam zu entfernen im Servicefall. Es werden immer zwei Rollen miteinander mit einem Lager und in einen Rahmen montiert. Dieser Rahmen wird mit einem Bolzen befestigt, so dass die Rollen fixiert sind. Zwei von diesen Doppelrollenrahmen werden schlussendlich in einem weiteren Rahmen zusammengeführt, wodurch ein Paket mit vier Rollen entsteht. Kurz gesagt ist diese Konstruktion viel zu kompliziert und zu teuer.
- **Anzahl Rollen:** Die Rollen sind oberhalb und innerhalb der Gleitschienen verteilt. Die oberen Rollen sind die Rollen, auf denen das ganze Handlingsgerät, steht und bewegt wird. Die unteren Rollen dienen nur dazu, damit das Handlingsgerät nicht kippen kann. Unten sind aber sehr viele Rollen montiert, was zu einer Überdefinition führt. Zusammengefasst heisst dies, es braucht nicht so viele Rollen.

(Kalt Maschinenbau AG, 2026)

3.1.3 Anforderungen an die Optimierung

Die Anforderungen an die Optimierungen wurden mir teils vorgegeben und teils habe ich selbst einige Aspekte ergänzt. Ich habe diese aufgeschrieben und sie projektübergreifend so angepasst, dass ich eine Art Checkliste hatte und bei jeder Idee mit diesen Listen abgleichen konnte, welche Ziele ich damit erreiche.

Vertikale Bewegung

- Anzahl der Sonderanfertigungen reduzieren
- Möglichst viele gleiche Teile verwenden
- Überdefinitionen vermindern
- Bauteile reduzieren
- Schweissarbeiten verringern
- Einstellbarkeit verbessern
- Montageaufwand verringern
- Servicelöcher integrieren
- Verschleiss minimieren

Befestigungsmittel

- Vereinfachung des Befestigungsmittels
- Einkaufsteil oder simple Konstruktion
- Schrauben sollen nicht mehr ganz herausgenommen werden müssen, um diese nicht zu verlieren.

Horizontale Bewegung

- Überdefinitionen vermindern
- Synchronisation gewährleisten
- Referenzgeometrie verbessern
- Anzahl der Sonderanfertigungen reduzieren
- Möglichst viele gleiche Teile verwenden
- Bauteile reduzieren
- Schweissarbeiten verringern
- Montageaufwand verringern
- Verschleiss minimieren

Hygieneanforderungen

Maschinen, welche zur Verarbeitung von Lebensmitteln angewendet werden, müssen die vorgeschriebenen Hygieneanforderungen einhalten. Die Konstruktionen müssen so ausgelegt sein, dass eine Verunreinigung der Lebensmittel verhindert wird. Zudem müssen relevante Maschinenbereiche ausreichend zugänglich sein, um die Reinigung durchzuführen. Dafür sind Oberflächenauslegung und Zugänglichkeit zu beachten. Beispielsweise darf es keine Flächen geben, auf welchen sich Wasser sammeln kann, dies heisst, es muss überall so konstruiert werden, dass das Wasser abfliessen kann. Ebenfalls sind Schrauben zu verwenden, in welchen sich kein Dreck oder sonstige Resten sammeln kann. Dies bedeutet, Inbusschrauben sowie Torxschrauben sind nicht zulässig. Die hygienischen Anforderungen an Lebensmittelmaschinen und deren Reinigung werden in der Norm EN 1672-2:2020 «Nahrungsmittelmaschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 2: Anforderungen an Hygiene und Reinigbarkeit» behandelt. Sie beschreiben die grundlegenden Anforderungen und Konstruktionsprinzipien für Lebensmittelmaschinen.

Da das Handlingsgerät respektiv der Schlitten und die Jochplatte nicht über, sondern neben dem Produkt sind, sind die Anforderungen grundsätzlich etwas weniger streng. Trotzdem habe ich die Vorgabe, die Konstruktionen so zu gestalten, dass sie zulässig sind für den Hygienebereich. Kurz gesagt habe ich meine Konstruktion nach diesen Normen ausgerichtet (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2005) (European Hygienic Engineering and Design Group, 2025)

3.2 Aufgabe eins

3.2.1 Vorgehensweise

Nachdem ich die Analyse durchgeführt habe und alle Schwachstellen und Anforderungen an die Optimierungen definiert hatte, konnte ich mit der eigentlichen Aufgabe starten. Ich habe begonnen, indem ich die bestehende Konstruktion in das costing24 Tool eingefügt habe, um festzustellen, was die teuersten Teile an der bestehenden Konstruktion sind. Nachdem ich alles aufgenommen habe, bin ich schrittweise vorgegangen und habe begonnen, alle meine Ideen zu skizzieren. Beim Skizzieren habe ich meiner Kreativität freien Lauf gelassen und hatte schlussendlich etwa zehn Skizzen mit Ideen. Im Anschluss habe ich alle Skizzen mit den Anforderungen an die Optimierungen verglichen, um zu sehen, welche Ideen in die engere Auswahl genommen werden und welche Ideen ich aussortieren kann. Während der Abgleichung mit den Anforderungen an die Optimierungen hat mich eine Sache länger beschäftigt. Und zwar das System mit den Gleitern. Das Problem ist, dass sich die Gleiter abnutzen durch die Reibung, die entsteht beim Hoch- und Runterfahren. Da ich dieses

Problem eingrenzen sollte kam mir die Idee, anstatt Gleiter ein Rollsystem zu verwenden. Da zu diesem Zeitpunkt in meinem Pflichtenheft noch stand, dass das Gleiter-System erhalten, bleiben soll, habe ich mich darauf mit meinem Vorgesetzten in Kontakt gesetzt und wir haben beschlossen, dass ich im Rahmen dieser Arbeit ein Konzept entwickeln darf, das mit Rollen konstruiert wird. Daher kam auch die Änderung des Arbeitsumfangs. Daraufhin habe ich erneut angefangen zu skizzieren, nur diesmal mit einem Rollsystem. Schlussendlich hatte ich drei Skizzen, welche ich in drei Konzepte ausarbeiten konnte, und habe deshalb als nächstes mit der Ausarbeitung der Konzepte begonnen.

3.2.2 Konzept eins

3.2.2.1 Gedankengang

Beim ersten Konzept habe ich eine sehr offene Konstruktion entwickelt. Mit offen meine ich, dass ich den ganzen Schlitten mit einer grossen Montageplatte und drei Verstrebungen ersetzen will. Das Ziel dahinter ist, möglichst viel Material zu sparen, wenig Schweissarbeiten zu haben, die teuren Teile zu reduzieren, beidseitige Einstellung der Gleiter zu garantieren, Servicelöcher zu integrieren und mit möglichst viel standardisierten Bauteilen zu arbeiten. Kurz gesagt habe ich die Konstruktion auf das Nötigste reduziert, um möglichst günstig und effektiv zu werden. Das Gleiter-System, Zahnstange, Zahnrad wie auch der Motor und die dazugehörige Getriebeplatte bleiben dabei unverändert. Die Anzahl der Gleiter habe ich ebenfalls reduziert wie auch die verschiedenen Grössen der Gleiter auf eine einheitliche Grösse geändert. Somit konnte ich im nächsten Schritt mit einem Funktionsbeschrieb beginnen.

3.2.2.2 Funktionsbeschrieb

Beim ersten Konzept wird eine Edelstahlplatte mit Verstrebungen versehen, welche auf die Säulen angepasst sind. Die Verstellung der Gleiter wird mit dem gleichen Mechanismus (Verstell-Mutter und Konter-Mutter) erhalten bleiben. Um diesen Mechanismus zu montieren werden runde Hülsen mit einem Innengewinde eingeschweisst, sodass gleich eingestellt werden kann wie bis jetzt. Die Platte ist 180 mm x 720 mm x 10 mm gross. Die Aussparung für den Querbalken wird mit einer Platte, welche diese Fräsung integriert hat, angeschweisst. Somit kann der Querbalken direkt auf diese Platte montiert werden. Bei den Verstrebungen sind drei Stück vorgesehen (oben, unten, Mitte) Bei den Verstrebungen oben und unten sind ebenfalls die runden Hülsen eingeschweisst, welche dazu dienen, dass der Schlitten beidseitig einstellbar ist. Bei der mittleren Verstrebung ist auf den Seiten jeweils ein Loch für den seitlichen Gleiter vorgesehen. Dieser bleibt fix und dient lediglich als Unterstützung für die Führung. Dadurch verringert sich die Gleiter Anzahl von zwölf auf zehn Gleiter und alle Gleiter werden zukünftig auch die gleiche Grösse haben (Ø27). Dadurch ist automatisch ein Loch für die Einstellung der Zahnstange vorhanden. Die Anschlagdämpfer, welche Stand jetzt auch am

Schlitten montiert sind, werden zukünftig an das Blech unterhalt des Schlittens montiert. Die Getriebeplatte der Walze und des Motors wird zukünftig an den Verstrebungen angeschweisst. Der Ausschnitt für das Zahnrad kommt ebenfalls in die Montageplatte. Fingerschutz wird wieder oben und unten angeschweisst. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Antriebsseite und Gegenantriebsseite

Die Montageplatte ist so ausgelegt, dass sie für beide Seiten gleich gefertigt werden kann. Durch einfaches Umdrehen der Platte hat man für beide Seiten die passenden Löcher und Ausschnitte. Die Getriebeplatten der Gegenantriebsseite bleibt unverändert, nur muss man da die Verschweissung neu an die Seite der Montageplatte und an die mittlere Verstrebung machen. Bei der Antriebsseite ist es etwas anders. Die Platte bleibt grundsätzlich auch gleich. Aber das Loch des Gleiters muss umpositioniert werden, da der Gleiter jetzt in der Mitte ist und nicht wie bisher unten. Verschweisst wird das Ganze ebenfalls über die Seite der Montageplatte und an der Verstrebung. Bei beiden Seiten bringt die Verschweissung zusätzliche Stabilität in die Konstruktion.

Modulares Konzept

Das oben beschriebene Konzept bildet ein Modulares Konzept, welches für beide Ausführungen gebraucht werden kann.

3.2.2.3 Prinzip Konstruktion

Nach dem ich Skizze, Funktionsbeschrieb und Ziel des Konzepts definiert habe, habe ich mit einer groben Prinzip-Konstruktion begonnen. Grundsätzlich hätte für die Aufgabe eine Prinzip-Skizze gereicht. Aber nach Absprache mit meinem Vorgesetzten haben wir uns dazu entschieden, für eine bessere Veranschaulichung eine grobe CAD-Konstruktion zu erstellen. Diese Konstruktion habe ich so gezeichnet wie im Funktionsbeschrieb beschrieben.

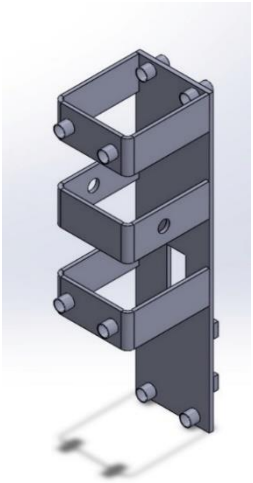


Abbildung 10: Konzept 1

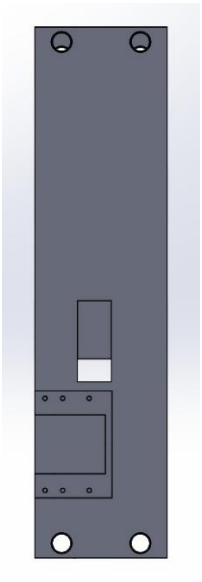


Abbildung 11: Konzept 1 vorne (Eigenes Bild)

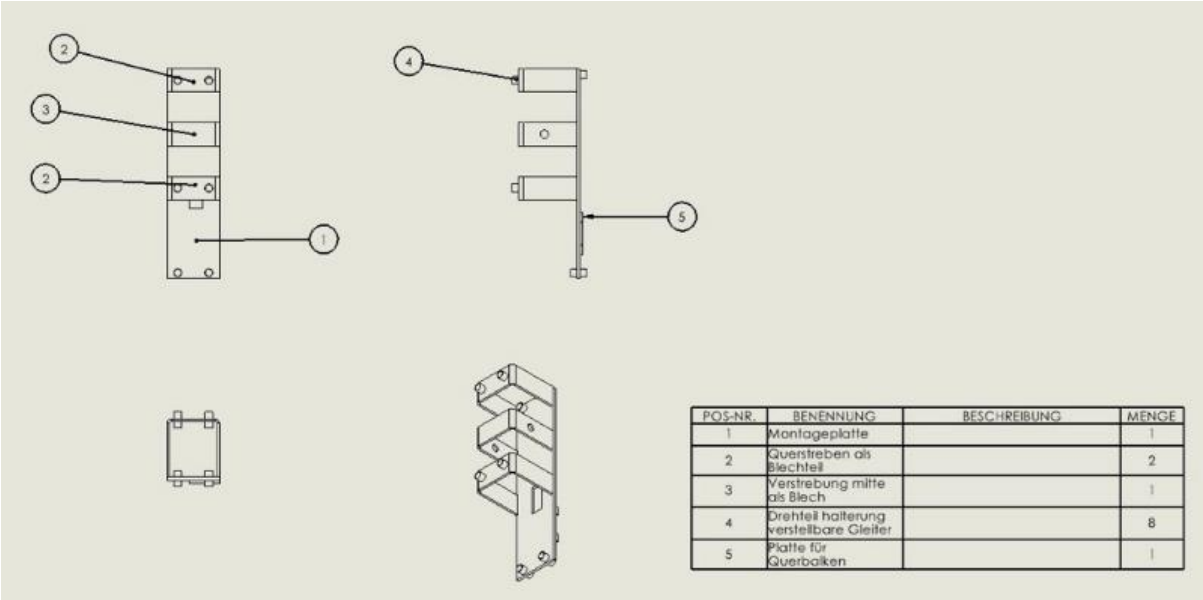


Abbildung 12: Zeichnung Konzept 1 (Eigenes Bild)

3.2.2.4 Vor-/ Nachteile

Nachdem die Konstruktion stand, habe ich die Vor- und Nachteile aufgeführt. Dies habe ich erst nach dem Erstellen der Konstruktion gemacht, um für die später folgenden Bewertung anhand dieser aufgeführten Punkte bewerten zu können, welches Konzept das geeignetste ist.

Tabelle 3: Vor- und Nachteile Konzept 1

Vorteile	**Nachteile**
Einfache Konstruktion	Geringere Festigkeit
Weniger Bauteile	Weniger verschlossen (Quetschgefahr)
Durch Laserschneiden billiger	Möglicher Schweissverzug
Einfache Montage und Wartung	Muss mit FEM geprüft werden
Kompakte Bauweise	
Alles einheitlich und gleich	

Einsparen von Arbeitszeit	
Vorteile	**Nachteile**
Weniger Material	
Serviceloch für Einstellung der Zahnstange	
Gleiter beidseitig einstellbar	
Alle Gleiter einheitlich	

3.2.2.5 Risikobeurteilung

Als nächstes habe ich die Risikobeurteilung erstellt. Hierbei habe ich kritisch die Konstruktion betrachtet, um allfällige Risiken in der Montage und im Betrieb festzustellen. Ebenfalls war die Risikobeurteilung in der späteren Bewertung und Empfehlung ein wichtiger Bewertungspunkt.

Tabelle 4: Risikoanalyse Konzept 1

Risiko	**Ursache**	**Bewertung**	**Massnahme**
Verzug der Montageplatte	Wärmeeintrag beim Schweissen der U-Verstrebungen	Hoch	Schweissvorrichtung und symmetrische Schweissfolge verwenden
Unzureichende Steifigkeit	Verformung der Montageplatte unter Last	Niedrig	Drei U-Verstrebungen als tragende Aussteifung auslegen
Massabweichung der Gleiter Bohrungen	Schweissverzug nach dem Lasern	Mittel	Referenzbohrungen nach dem Schweissen kontrollieren

Risiko	Ursache	Bewertung	Massnahme
Rissbildung an Schweissnähten	Wechselnde Belastung durch Vertikalbewegung	Mittel	Durchgehende Kehlnähte und Sichtprüfung der Schweissnähte
Montagefehler	Falsche Position der Verstrebungen	Niedrig	Schweisslehre bzw. Vorrichtung einsetzen
Hygienische Reinigung	Schmutzablagerungen an Schweissnähten	Mittel	Schweissnähte verschleifen und beizen/passivieren
Quetschgefahr	Einklemmen durch offene Konstruktion möglich	Mittel	Durch Absicherung von Lichtschranken ist dieser Bereich der Maschine nicht zugänglich.

Massnahmen zur Risikominderung

- Einsatz einer Schweissvorrichtung, um die Montageplatte während des Schweissens zu fixieren.
- U-Verstrebungen zunächst heften und anschliessend symmetrisch verschweissen, um Verzug zu minimieren.
- Kontrolle der Ebenheit sowie der Gleiter-Bohrungen nach dem Schweissen.
- Verwendung von Edelstahl 1.4301 bzw. 1.4404 und hygienische Nachbehandlung der Schweissnähte.
- Es sind Lichtschranken verbauen was dazu führt, dass man während dem Betrieb nicht an den Schlitten kommt.

Fazit

Die neue Konstruktion reduziert Fertigungskosten, Montageaufwand und zahlreiche Sonderanfertigungen und sonstige Bauteile, welche nicht mehr notwendig sind für die Funktion des Schlittens. Zudem ist die neue Konstruktion mit viel mehr standardisierten Bauteilen bestückt. Die Schweissarbeiten reduzieren sich auch die Getriebeplatte, die Querverstrebungsplatte, die Gleiter Hülsen und die Verstrebungen. Das Restrisiko wird nach Umsetzung der genannten Massnahmen als niedrig eingestuft

3.2.2.6 Herstellungskosten

Um den Kostenunterschied aufzuzeigen, habe ich im nächsten Schritt die Herstellungskosten aufgeführt. Die unveränderten Bauteile konnte ich dabei einfach von der vorhandenen Stückliste der Firma Kalt Maschinenbau AG übernehmen. Um eine präzise Berechnung der neu dazugekommenen Bauteile zu haben, habe ich auch hier das costing24 Tool benutzt. In diesem Tool kann man Material, Fertigungsprozess, Oberfläche wie auch Bauteilart, wie in meinem Fall jetzt beispielsweise ein Blechteil, definieren. Anhand dieser Informationen kann man Bauteil für Bauteil hochladen und das Tool kalkuliert die Beschaffungskosten. Dieses Tool habe ich von Kalt zu Verfügung gestellt bekommen und mir wurde explizit gesagt, dass ich die Kostenkalkulation damit durchführen soll. Die einkalkulierte Arbeitszeit für Schweissarbeiten und Montage habe ich anhand der bestehenden Angaben von Kalt abgeglichen und definiert. Somit habe ich die folgende Herstellungskostentabelle für einen kompletten Schlitten erstellt.

Tabelle 5: Herstellkosten Konzept 1

Bauteile	**Beschaffungsart**	**Kosten**
Montageplatte (Einkaufsteil)	Einkaufteil	CHF 80.-
Querverstrebungen unten und oben (Einkaufsteil) 2Stk	Einkaufteil	CHF 160.- (80 pro Stück)
Querverstrebung Mitte (Einkaufsteil)	Einkaufteil	CHF 80.-
Platte mit Ausschnitt für Querbalken	Einkaufteil	CHF 155.-
Getriebeplatte und Abdeckung	Einkaufteil	CHF 300.-

Bauteile	Beschaffungsart	Kosten
Halter Gleiter 8 Stk	Einkaufteil	CHF 400.-
Gleiter verstellbar 10 Stk	Einkaufteil	CHF 80.-
Anstellschraube 8 Stk	Einkaufteil	CHF 288.-
Konterschraube 8 Stk	Einkaufteil	CHF 280.-
Verschlusstopfen lang 8 Stk	Einkaufteil	CHF 88.-
Verschlussdeckel 2 Stk	Einkaufteil	CHF 22.-
Fingerschutzblech 2 Stk	Einkaufteil	CHF 24.81.-
Schweissarbeiten (4 h)	Einkaufteil	CHF 320.-
Arbeiten Montage (1 h)	Einkaufteil	CHF 80.-
Gesamtkosten Schlitten		CHF 2’358.-

(Kalt Maschinenbau AG, 2026) (Simus Systems, 2026)

3.2.2.7 Montageaufwand c

Um zu veranschaulichen, wie der Montageaufwand für das neue Konzept ist, habe ich die Arbeiten aufgeführt und bewertet. Somit erkennt man, welcher Aufwand für die Herstellung dieses Konzept nötig ist.

- Gelaserte Montageplatte ausrichten und fixieren.
- Gleiter Hülsen positionieren und in Montageplatte verschweissen.
- Blechverstrebungen positionieren und fixieren.
- Gleiter Hülsen in Verstrebungen verschweissen.
- Verstrebungen an Montageplatte verschweissen.

- Querverstrebungsplatte an Montageplatte schweissen.
- Getriebeplatte an Schlitten verschweissen.
- Schweissnähte reinigen bzw. entgraten.
- Einstellbare Gleiter, Abdeckungen, Motor und weitere Zukaufteile montieren.
- Funktions- und Masskontrolle durchführen.
- Montage auf Säule

Bewertung

Der Montageaufwand wird mittel eingestuft, da die Positionierung der geschweissten Teile Genauigkeit und Präzision erfordert und daher viel Zeit kostet. Die Schweissarbeiten sind geringer als zuvor aber beanspruchen doch noch den grössten Teil der Montagezeit. Die Endmontage mit der Montage der Gleiter, Motor und Querverstrebung wie auch die effektive Montage des Schlittens an die Säule sind dagegen eher gering im Zeitaufwand.

Fazit

Durch diese Konstruktion kann viel Zeit beim Schweissen und Fräsen gespart werden im Vergleich zur bestehenden Konstruktion. Zudem ist die Montage nach der Fertigung einfacher geworden, da die Gleiter viel zugänglicher sind als bisher. Durch die reduzierte Teilezahl und die vereinfachte Konstruktion kann der Fertigungs- und Montageaufwand voraussichtlich reduziert werden. Dadurch besteht Potenzial zur Einsparung von Montagezeit und Herstellungskosten.

3.2.2.8 Servicebewertung

Bei der Servicebewertung bin ich vor allem auf die von den Mechanikern bemängelten Schwachstellen eingegangen und habe sie zudem mit der bestehenden Konstruktion verglichen. Somit ist zu sehen, was sich im Vergleich verbessert hat.

Tabelle 6: Servicebewertung Konzept 1

Kriterium	**Bestehende Konstruktion**	**Neue Konstruktion**	**Bewertung**
Einstellung von Gleitern	Nur einseitig	Beidseitig verstellbar	Verbessert
Zugänglichkeit der Schrauben	Eingeschränkt	Gute Zugänglichkeit	Verbessert
Einstellung Zahnstangenspiel	Schwierig, da kaum Einsicht möglich ist.	Einsicht möglich	Verbessert
Ersatzteilhaltung	Viele Sonderteile	Eine Seitenplatte + Standardteile	Verbessert
Schweissreparaturen	Viele Schweissteile	Nur an U-Verstrebungen, Querverstrebungsplatte und Getriebe-Platte	Verbessert

Fazit

Durch die offene Konstruktion ist das gewünschte Serviceloch vorhanden, wodurch man einen besseren Einblick hat, um das Zahnstangenspiel einzustellen. Auch das beidseitige Einstellen der Gleiter ist jetzt möglich. Die ganze Konstruktion ist kompakter und einheitlicher, was für die Ersatzteile besser ist. Somit kann man sagen, dass im Servicefall die Arbeiten vereinfacht wurden und dadurch Arbeitszeit eingespart werden kann.

3.2.3 Konzept zwei

3.2.3.1 Gedankengang

Beim zweiten Konzept habe ich probiert, den Schlitten aus einem Vierkantprofil zu fertigen. Dafür musste ich zuerst prüfen, ob es Hersteller gibt, die solche grossen Vierkantprofile haben. Der Grundgedanke dahinter war, dass man dieses Rohr mir Laserschneiden bearbeiten kann, um alle nötigen Löcher und Ausschnitte zu integrieren. Somit könnte man sich viel Zeit, Aufwand und Kosten sparen. Mir war im Vorhinein bewusst, dass die Säule noch angepasst werden muss, da man ein sehr grosses Profil für die bestehende 150 x 150 x 5 mm Säule bräuchte. Da die Zahnstange noch auf die Säule kommt und die Gleiter noch einstellbar gemacht werden müssen war schnell klar, dass die Säule verkleinert werden muss. Um das Gleiter-System zu verbauen habe ich mir die bestehenden Gleiter-Flansche mal genauer angeschaut und habe mich dazu entschieden wieder solche Flanschen zu verwenden, einfach kleiner und kompakter. Getriebeplatte, Motor, Zahnstange und Zahnrad bleiben dabei unverändert.

3.2.3.2 Funktion beschrieb

Beim zweiten Konzept wird ein 200 x 200 x 5 mm Vierkantprofil verwendet, welches man als Rohmaterial einkaufen kann. Dieses Profil wird dann durch lasern zugeschnitten und alle Ausschnitte werden ebenfalls gelasert. Da das 200 x 200 x 5 mm Profil nicht perfekt über das 150 x 150 x 5 mm Profil der Säule passt, weil sonst die Zahnstange zu nah am Schlitten ist, wird die Säule auf ein 120 x 120 x 6 mm Profil verkleinert. So passt das Vierkant- Profil perfekt drauf und sowohl die Säule wie auch das Vierkant Profil des Schlittens sind somit Einkaufsteile. Die Gleiter vorne werden mit zwei eingeschweissten Flanschplatten verstellbar gemacht. Die Flanschplatte vorne ist ähnlich wie die bisherige Flanschplatte nur ist sie angepasst auf die neue Säule. Die Gleiter hinten werden ebenfalls mit einer Flanschplatte versehen, welche neu ist aber einen simpleren Aufbau hat als die Flanschplatte vorne. Dadurch erreicht man, dass die Gleiter beidseitig einstellbar sind. Die Getriebeplatte bleibt gleich und wird wie zuvor ans Gehäuse geschweisst. Nun muss auf der Antriebsseite das Loch für den Gleiter umpositioniert werden, da der Gleiter jetzt mittig ist. Die Gleiter-Anzahl ändert sich auch, seitlich sind wie bei Konzept eins nur noch ein Gleiter pro Seite. Vorne sind vier verstellbare Gleiter und hinten ändert sich die Gleiter-Anzahl von vier auf zwei Gleiter aber diese zwei sind verstellbar. Die Gleiter haben zudem auch alle die gleiche Grösse (Ø 27 mm). Für den Querbalken wird eine Platte mit einem Ausschnitt angeschweisst. Auch ein Serviceloch wurde integriert, sodass das Zahnstangenspiel eingestellt werden kann. Die Abdeckung für dieses Serviceloch wird beim Punkt «Unverlierbare Befestigungsmittel» behandelt. Fingerschutz wird wie bisher oben und unten angeschweisst. (Kalt Maschinenbau AG, 2026) (Hans Kohler AG, 2026)

Modulares Konzept

Wie oben beschrieben bildet diese Konstruktion die Grundausführung für beide Ausführungen.

3.2.3.3 Prinzip Konstruktion

Auch für dieses Konzept habe ich zur besseren Veranschaulichung eine Prinzip-Konstruktion erstellt. Diesmal habe ich den Schlitten einmal von der anderen Seite aus gezeichnet, um zu zeigen, dass diese Schlitten genau gleich sind.

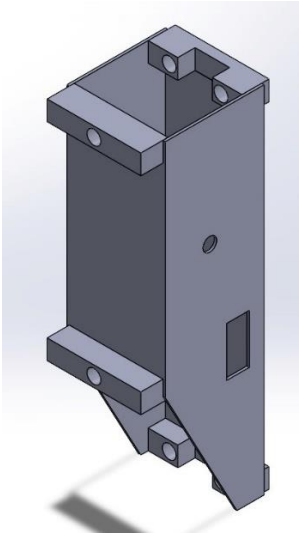


Abbildung 13: Konzept 2 (Eigenes Bild)

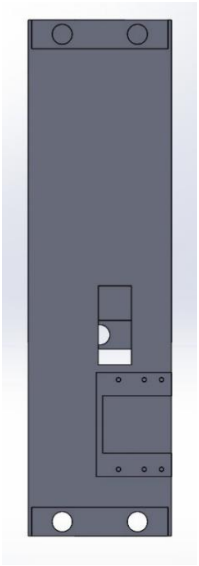
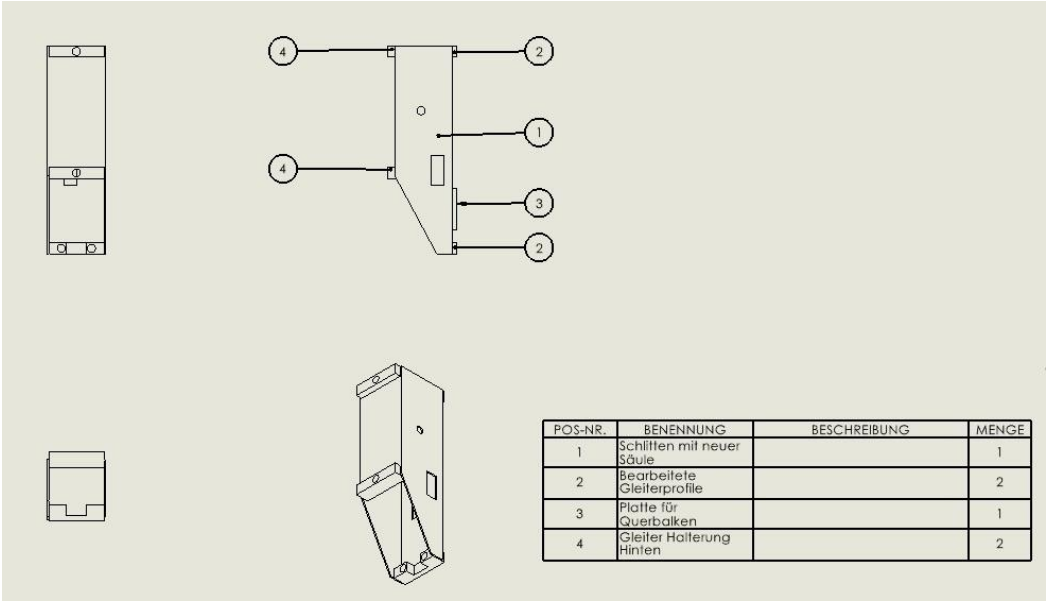


Abbildung 14: Konzept 2 vorne (Eigenes Bild)



POS-NR.	BENENNUNG	BESCHREIBUNG	MENGE
1	Schlitten mit neuer Säule		1
2	Bearbeitete Gleiterprofile		2
3	Platte für Querbalken		1
4	Gleiter Halterung Hinten		2

Abbildung 15: Zeichnung Konzept 2 (Eigenes Bild)

3.2.3.4 Vor- / Nachteile

Auch dieses Konzept habe ich kritisch betrachtet und für die spätere Bewertung eine Vor- und Nachteile Liste erstellt.

Tabelle 7: Vor - und Nachteile Konzept 2

Vorteile	Nachteile
Alles Einkaufteile	Zwei verschiedene Flansche
Weniger Frästeile	Seitliche grösserer Abstand zur Säule
Unkomplizierter Aufbau	Neue Säule muss auf Steifigkeit geprüft werden.
Durch Lasern billiger	
Einfache Montage und Wartung	
Alle Gleiter einheitlich	
Weniger Gleiter	
Serviceloch für Einstellung des Zahnstangenspiel	
Gute Festigkeit	
Weniger Schweissarbeiten	

3.2.3.5 Risikobeurteilung

Als Nächstes kommt die Risikobeurteilung, welche ich anhand einer kritischen Beurteilung der ganzen Konstruktion durchgeführt habe. Auch diese Beurteilung ist für die spätere Bewertung sehr entscheidend.

Tabelle 8: Risikoanalyse Konzept 2

Risiko	**Ursache**	**Bewertung**	**Massnahme**
Verminderte Steifigkeit der Säule	Reduktion auf 120 × 120 × 6 mm	Mittel	Tragfähigkeit und Durchbiegung im weiteren Entwicklungsverlauf überprüfen
Schweissverzug der Flanschplatten	Wärmeeintrag beim Verschweissen	Mittel	Flanschplatten in einer Schweisslehre positionieren und symmetrisch verschweissen
Führungsspiel verändert sich	Verschleiss der Gleiter	Niedrig	Beidseitig verstellbare Gleiter ermöglichen einfaches Nachstellen
Massabweichung des Schlittens	Verzug des Vierkantprofils nach dem Schweissen	Niedrig	Referenzflächen und Gleiter Positionen nach dem Schweissen kontrollieren
Montagefehler	Verwechslung der vorderen und hinteren Flanschplatten	Niedrig	Unterschiedliche Flanschgeometrie und eindeutige Kennzeichnung
Hygienische Reinigung	Schweissnähte und offene Profilenden	Mittel	Profilenden schliessen sowie Schweissnähte verschleifen und passivieren

Massnahmen zur Risikominderung

- Einsatz einer Schweissvorrichtung zur Positionierung der Flanschplatten.
- Symmetrische Schweissreihenfolge zur Reduktion des Wärmeeintrags.
- Kontrolle der Gleite-Positionen und Führungsmasse nach dem Schweissen.
- Hygienische Nachbearbeitung aller Schweissnähte (Verschleifen und Passivieren).
- Verwendung von Edelstahl 1.4301 bzw. 1.4404 für alle tragenden Bauteile.

Restrisiko und Fazit

Das Restrisiko ist nach Umsetzung der genannten Massnahmen mittel bis niedrig. Die grössten Risiken sind der Schweissverzug der Flanschplatte sowie die reduzierte Säulenabmessung. Durch das standardisierte Vierkantprofil, gelaserten Bauteilen und den beidseitig verstellbaren Gleitern ist das Konzept wirtschaftlicher und der Verschliess wird gesenkt.

3.2.3.6 Herstellungskosten

Für dieses Konzept habe ich für die unveränderten Bauteile ebenfalls die Stücklisten Angaben der Firma Kalt verwendet. Für die neuen Teile habe ich auch hier das costing24 Tool benutzt, womit ich alle Fertigungsmethoden, Material, Oberfläche und Bauteilart definieren konnte. Die Tabelle zeigt eine Kostenübersicht für einen ganzen Schlitten auf.

Tabelle 9: Herstellkosten Konzept 2

Bauteil/ Artikel	Beschaffungsart	Kosten
Flanschplatte hinten 2Stk (109.17 pro Stück)	Einkaufteil	CHF 220.-
Flanschplatte vorne 2Stk (128.46 pro Stück)	Einkaufteil	CHF 260.-
Grundkonstrukt Schlitten	Einkaufteil	CHF 370.-
Platte mit Ausschnitt für Querbalken	Einkaufteil	CHF 155.64
Fingerschutzblech 2Stk	Einkaufteil	CHF 24.81

Bauteil/ Artikel	Beschaffungsart	Kosten
Getriebeplatte und Abdeckung	Einkaufteil	CHF 300.-
Serviceloch Abdeckung	Einkaufteil	CHF 35.-
Gleiter verstellbar 8Stk	Einkaufteil	CHF 64.-
Anstellschraube 6Stk	Einkaufteil	CHF 216.-
Konterschraube 6Stk	Einkaufteil	CHF 210.-
Verschlusstopfen lang 6Stk	Einkaufteil	CHF 66.-
Verschlussdeckel 2Stk	Einkaufteil	CHF 22.-
Schweissarbeiten (2h)	Einkaufteil	CHF 160.-
Montage (1h)	Einkaufteil	CHF 80.-
Gesamtkosten Schlitten		CHF 2184.-

(Hans Kohler AG, 2026) (Simus Systems, 2026) (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

3.2.3.7 Montageaufwand

Um einen Vergleich zu haben, was der Montageaufwand des Konzepts im Vergleich zur bestehenden Konstruktion ist, habe ich gezielt die Arbeiten aufgelistet, um zu veranschaulichen, was sich ändert. Ebenfalls hilft es zu verstehen, welche Arbeiten das Konzept mit sich bringt.

- Gelasertes 200 × 200 × 5 mm Vierkantprofil zuschneiden und bearbeiten.
- Vordere und hintere Flanschplatten bearbeiten.
- Flanschplatten sowie Getriebeplatte ausrichten und verschweissen.
- Schweissnähte reinigen und entgraten.
- Verstellbare Gleiter, Motor und weitere Zukaufteile montieren.
- Funktions- und Masskontrolle durchführen.
- Montage des Schlittens auf der 120×120×6 Säule.
- Zahnstangenspiel einstellen.

Bewertung

Der Montageaufwand ist gering. Durch Laserschneiden, welches man auch extern machen lassen könnte, ist das Profil schnell und günstig bearbeitet. Auch die Flanschplatten sind einfach zu fertigen. Der grösste Aufwand liegt bei den Schweissarbeiten, da die Getriebeplatte und alle Flanschplatten angeschweisst werden müssen. Die effektive Montage fällt eher kurz aus da nur noch Gleiter, Motor und Zukaufsteile montiert werden müssen

Fazit

Durch den Einsatz eines Standardprofils und gelaserter Konturen kann der Fertigungs- und Montageaufwand reduziert werden. Die kompaktere Bauweise sowie die beidseitig verstellbaren Gleiter erleichtern die Endmontage und verkürzen den Einstellaufwand gegenüber der bisherigen Konstruktion.

3.2.3.8 Servicebewertung

Auch bei diesem Konzept habe ich mich auf die besagten Mängel, welche mir die Mechaniker mitgeteilt haben, fokussiert. Dazu habe ich das Konzept mit der bestehenden Konstruktion verglichen, um aufzuzeigen, was sich geändert hat.

Tabelle 10: Servicebewertung Konzept zwei

Kriterium	**Bestehende Konstruktion**	**Neue Konstruktion**	**Bewertung**
Einstellung der Gleiter	Nur einseitig	Beidseitig verstellbar	Verbessert
Zugänglichkeit der Schrauben	Eingeschränkt	Gute Zugänglichkeit	Verbessert
Einstellung Zahnstangenspiel	Schwierig, kaum Einsicht	Einsicht durch Serviceöffnung möglich	Verbessert
Ersatzteilhaltung	Viele Sonderteile	Standard-Vierkantprofil + wenige Sonderteile	Verbessert
Schweissreparaturen	Viele Schweissbaugruppen	Nur Flanschplatten und Getriebeplatte	Verbessert

Bewertung

Durch ein Serviceloch ist das Zahnstangenspiel ersichtlich und kann besser eingestellt werden. Durch die neue beidseitige Einstellbarkeit der Gleiter kann das Zahnstangenspiel zudem präziser eingestellt werden. Die Ersatzteilehaltung hat sich verbessert, da sehr viele Bauteile standardisiert sind und nicht mehr viele Einzelteile vorhanden sind. Auch Reparaturarbeiten sind eingegrenzt ,da sehr wenig geschweisste Teile vorhanden sind.

3.2.4 Konzept drei

3.2.4.1 Gedankengang

Dieses Konzept habe ich mit meinem Vorgesetzten genauer besprochen. Der Grundgedanke ist, dass das Konzept, anders als bei den anderen Konzepten, statt eines Gleiter-Systems ein Rollsystem beinhalten soll. Auf die Bitte meines Vorgesetzten, hier ein Rundprofil zu verwenden, habe ich probiert, dies umzusetzen. Somit ergab sich, dass die Säule ebenfalls auf ein Rundprofil umgewandelt werden muss. Für die Rollen habe ich Vorgaben erhalten und mögliche Vorschläge, welche ich verwenden soll. Was hier schwierig ist, ist die Getriebeplatte, weil sie nicht so gut verschweissbar ist wie bei den anderen Konzepten.

3.2.4.2 Funktionsbeschrieb

Das dritte Konzept ist etwas spezieller. Es wird nicht mit den Gleitern gemacht, sondern mit Rollen. Anstatt eines Vierkantprofils habe ich hier ein Rundprofil verwendet. Dadurch muss sowohl Schlitten als auch die Säule aus einem Rundprofil gemacht werden. Dazu gibt es für den Schlitten fertige Rohre, die man kaufen kann. Daher wird ein Rohr mit Durchmesser 200 mm und Wandstärke 5 mm verwendet, da es somit genug Platz für alle Bauteile hat. Für die Säule wird ein Hohlrundprofil verwenden, da die Festigkeit besser ist. Daher wird ein Ø 150 mm und Wandstärke 125 mm Profil verwendet. Somit kann die Zahnstange draufgeschweisst werden und es ist sind alle Abstände und Masse eingehalten und passen gut mit dem Schlitten überein. Es sind sechs Kunststoffrollen mit Kugellager, welche die Gleitbewegung unterstützen. Diese Rollen sind an einem kleinen Halter angeschraubt. Diese Halter werden an das Rundprofil angeschweisst. Durch Ausschnitte im Rundprofil können die Rollen an die Säule gelangen. Damit die Rollen einstellbar sind, ist zwischen Halter und Rolle ein Exzenter verbauen, welcher es erlaubt, die Rollen leicht zu verstellen. Um den Querbalken zu befestigen, wird eine Platte mit einer ausgefrästen Fläche angeschweisst, welche es erlaubt, den Querbalken zu montieren. Die Schwierigkeit liegt dabei darin, dass sich die Konstruktion im Betrieb verdrehen kann. Da die Schlitten sowohl mit einem Querbalken wie auch mit der Antriebswelle verbunden sind, sind die Schlitten schon gegen Verdrehung geschützt. Die Getriebeplatte bleibt unverändert und wird an das Rundprofil angeschweisst. Da die Platte gerade ist und der Schlitten rund werden an die Platte Stützen angeschweisst, welche ebenfalls auf den Schlitten geschweisst werden, damit die Getriebeplatte auch genug Festigkeit aufweist. Dafür wird ein 50 x 10 mm Vierkant Flachstahl verwenden (siehe Bilder Prinzip Skizze). (Hans Kohler AG, 2026) (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

Modulares Konzept

Das Rundprofil mit dem Rollsystem wird so angepasst, dass es für die schwere und leichte Ausführung identisch ist. Somit braucht man nicht viele Einzelteile und kann alles 1:1 gleich machen bei beiden Ausführungen.

3.2.4.3 Prinzip Konstruktion

Auch bei diesem Konzept habe ich eine Prinzip Konstruktion erstellt, um zu veranschaulichen, wie das Konzept genau aussieht.

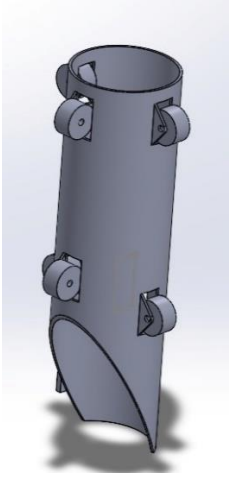


Abbildung 16: Konzept 3 (Eigenes Bild)

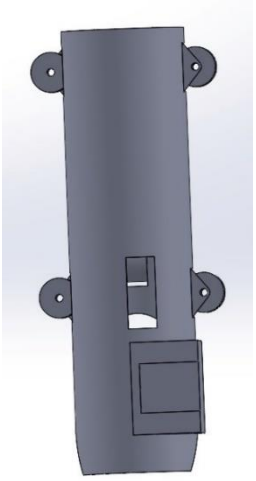


Abbildung 17: Konzept 3 vorne (Eigenes Bild)

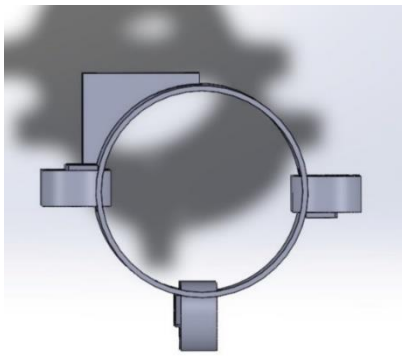
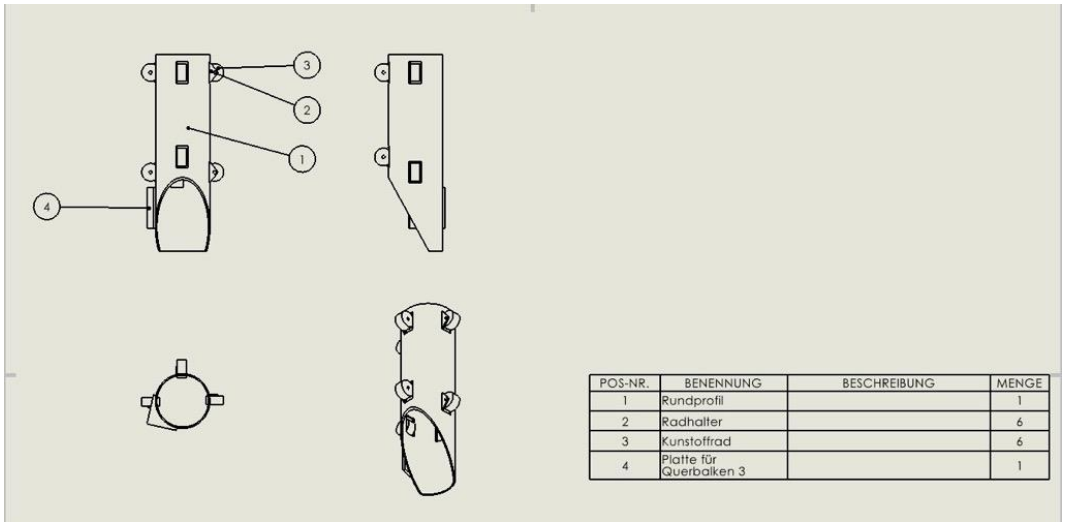


Abbildung 18: Konzept 3 oben (Eigenes Bild)



POS-NR.	BENENNUNG	BESCHREIBUNG	MENGE
1	Rundprofil		1
2	Radhalter		6
3	Kunstoffrad		6
4	Platte für Querbalken 3		1

Abbildung 19: Zeichnung Konzept 3 (Eigenes Bild)

Getriebeplatte

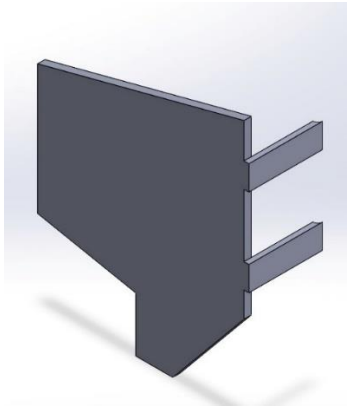


Abbildung 20: Umkonstruierte Getriebeplatte (Eigenes Bild)

3.2.4.4 Vor- Nachteile

Für die spätere Bewertung habe ich auch dieses Konzept kritisch beurteilt und alle Vor- und Nachteile beschrieben.

Tabelle 11: Vor- und Nachteile Konzept 3

Vorteile	**Nachteile**
Weniger Abrieb der Rollen	Fertigung der Teile
Geringere Zahnstangenspiel Entwicklung	Schweissarbeiten erschwert
Rundprofile können eingekauft werden	Serviceloch nicht möglich
Einfacher Austausch der Rollen	Getriebeplatte ist schwierig anzuschweissen
Einfaches Nachstellen der Rollen	
Wenig Schweissteile	
Reibung ist geringer	
Gute Festigkeit	
Wenig Bauteile	

3.2.4.5 Risikobeurteilung

Im nächsten Schritt habe ich die Risikobeurteilung erstellt. Diese ist ebenfalls entscheiden um aufzuzeigen, wo möglich Schwachstellen vorhanden sind. Diese wird für die spätere Bewertung ebenfalls wichtig.

Tabelle 12: Risikoanalyse Konzept 3

Risiko	**Ursache**	**Bewertung**	**Massnahme**
Führungsspiel zu gross	Verschleiss der Rollen	Mittel	Exzenter ermöglicht einfaches Nachstellen
Ungleichmässige Rollenbelastung	Falsche Exzentereinstellung	Mittel	Einstellvorgabe und Funktionskontrolle
Schweissverzug der Rollenhalter	Wärmeeintrag beim Verschweissen	Mittel	Schweisslehre und symmetrische Schweissfolge
Unzureichende Rundheit der Säule	Toleranzen des Rundprofils	Niedrig	Präzisionsrohr bzw. gezogenes Rundprofil verwenden
Lösen der Exzenter	Vibrationen im Betrieb	Mittel	Kontermutter oder Schraubensicherung verwenden
Hygienische Reinigung	Schmutz an Rollenhaltern	Niedrig	Geschlossene Rollenhalter und verschliffene Schweissnähte

Risiko	Ursache	Bewertung	Massnahme
Quetschgefahr	Reinfassen in den Schlitten	Niedrig	Geschlossen Konstruktion, Absicherung durch Lichtschranken

Massnahmen zur Risikominderung

- Rollenhalter in einer Schweissvorrichtung positionieren.
- Exzenter mit Kontermutter gegen Verdrehen sichern.
- Rundprofil mit geeigneter Masshaltigkeit als Standardrohmaterial wählen.
- Nach der Montage alle Rollen auf gleichmäßigen Anpressdruck einstellen.
- Schweissnähte hygienisch verschleifen und passivieren.
- Die Quetschgefahr ist niedrig, weil die Konstruktion verschlossen ist und die Maschine zusätzlich mit Lichtschranken ausgestattet ist.

Fazit

Durch das Rollsystem besitzt dieses Konzept das geringste Verschleissrisiko. Das grösste Risiko liegt in der Einstellung der Exzenter, welche sehr präzise und gleichmässig eingestellt werden. Der Schweissverzug ist wegen der erhöhten Schweissarbeiten ebenfalls ein Risiko und muss durch Masskontrollen kontrolliert werden. Durch Umsetzten der Massnahmen wird das Risiko als niedrig eingestuft.

3.2.4.6 Herstellungskosten

Auch hier habe ich alle bestehenden Bauteile von der bestehenden Stückliste von Kalt übernommen. Den Rest habe ich auch hier mit dem costig24 Tool erstellt. Die Einstellungen von Material, Fertigungsprozess, Oberfläche und Art des Bauteils habe ich auch hier präzis eingestellt. Somit ergab sich die Herstellkosten für einen kompletten Schlitten.

Tabelle 13: Herstellkosten Konzept 3

Bauteil/ Artikel	**Beschaffungsart**	**Kosten**
Radhalter 6Stk	Einkaufteil	CHF 220.- (36 pro Stk)
Platte für Querbalken	Einkaufteil	CHF 285.-
Bearbeitetes Rundprofil	Einkaufteil	CHF 1'852.-
Gummirollen mit Lager 6Stk	Einkaufteil	CHF 150.-
Exzenter 6 Stk	Einkaufteil	CHF 120.-
Getriebeplatte und Abdeckung	Einkaufteil	CHF 300.-
Stützen Getriebeplatte 2Stk	Einkaufteil	CHF 40.-
Fingerschutzblech 2Stk	Einkaufteil	CHF 24.81
Schweissarbeiten (3h)	Einkaufteil	CHF 240.-
Montage (2h)	Einkaufteil	CHF 160.-
Neue Säule (Hohlrundprofil)	*Einkaufteil*	CHF *1407.-*
Insgesamt (ohne Säule)		CHF **3'542.-**

(Simus Systems, 2026) (Hans Kohler AG, 2026) (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

3.2.4.7 Montageaufwand

Um einen Vergleich zu haben, was der Montageaufwand des Konzepts im Vergleich zur bestehenden Konstruktion ist, habe ich gezielt die Arbeiten aufgelistet, um zu veranschaulichen, was sich ändert. Ebenfalls hilft es zu verstehen, welche Arbeiten das Konzept mit sich bringt.

- Rundprofil auf Länge zuschneiden und sämtliche Ausschnitte lasern.
- Rollenhalter fertigen
- Getriebeplatte fertigen
- Querbalken Halterung fertigen
- Rollenhalter, Querbalken und Getriebeplatte ausrichten und am Rundprofil verschweissen.
- Schweissnähte reinigen bzw. entgraten.
- Führungsrollen mit Exzenterbolzen montieren.
- Sämtliche zukaufteile montieren
- Rollen auf das gewünschte Führungsspiel einstellen.
- Funktions- und Masskontrolle durchführen.
- Montage des Schlittens auf der Rundsäule.

Bewertung

Der Montageaufwand dieses Konzepts ist hoch. Es sind viele Schweiss, Fertigungs- und Montagearbeiten, welche durchgeführt werden müssen. Zusätzlich braucht die Einstellung der Rollen anhand des Exzenters gewissen Zeit, um ein gleichmässiges Aufliegen der Rollen an der Säule zu garantieren.

Fazit

Durch die Verwendung von Standard-Rundprofilen und Zukaufrollen kann die Fertigung vereinfacht werden. Der grösste Montageaufwand entsteht beim Schweissen, Fertigen und Ausrichten der Rollenhalter und beim Einstellen der Exzenter. Dafür entfällt später ein aufwendiges Nachstellen von Gleitführungen.

3.2.4.8 Servicebewertung

Im nächsten Schritt habe ich die Servicebewertung im Vergleich zur bestehenden Konstruktion durchgeführt. Diese zeigt auf, was verbessert wurde.

Tabelle 14: Servicebewertung Konzept 3

Kriterium	**Bestehende Konstruktion**	**Neue Konstruktion**	**Bewertung**
Einstellung der Führung	Gleiter nur einseitig	Rollen über Exzenter beidseitig einstellbar	Verbessert
Zugänglichkeit der Einstellpunkte	Eingeschränkt	Sehr gut zugänglich	Verbessert
Verschleiss der Führung	Gleitreibung	Rollende Führung mit geringerem Verschleiss	Verbessert
Ersatzteilhaltung	Viele Sonderteile	Standardrollen und Exzenter	Verbessert
Schweissreparaturen	Mehrere Schweissbaugruppen	Nur Rollenhalter, Querbalkenplatte	Verbessert

Fazit

Die Servicefreundlichkeit verbessert sich deutlich, da die Führungsrollen über Exzenter einfach nachgestellt oder ausgetauscht werden können. Durch die rollende Führung entsteht weniger Verschleiss als bei den bisherigen Gleitern, wodurch der Wartungsaufwand über die Lebensdauer reduziert wird. Zudem erleichtert die Verwendung von Standardrollen und Exzenterbolzen die Ersatzteilbeschaffung und verkürzt Servicezeiten.

3.2.5 Bewertung und Empfehlung

Um eine Empfehlung der erarbeiteten Konzepte abzugeben, habe ich die Konzepte nach den vorgegebenen Erfolgskriterien bewertet. Ich habe einen Wirtschaftlichkeitsvergleich wie auch eine Nutzwertanalyse durchgeführt, um aufzuzeigen, wo welches Konzept ihre Stärken hat und welches Konzept als Gesamtpaket am besten abschneidet.

3.2.5.1 Wirtschaftlichkeitsvergleich

Tabelle 15: Wirtschaftlichkeitsanalyse Vertikale Bewegung

	Altes Konzept	**Konzept eins**	**Konzept zwei**	**Konzept drei**
Preis Insgesamt AS	CHF 4'337.33	Leicht CHF 2'358.-	Leicht: CHF 2184.-	CHF 3'542.-
Einsparung zum alten Konzept	Benchmark	CHF 1'979.33	CHF 2'152.33.-	CHF 795.33.-

3.2.5.2 Nutzwertanalyse

Bewertung erfolgt mit den Zahlen 1 - 4 (1 beste Bewertung, 4 schlechteste Bewertung). Die Gewichtung wurde nach der Bedeutung der Kriterien für die Wirtschaftlichkeit und Umsetzbarkeit der Konstruktion festgelegt. Je kleiner der Gesamtwert, desto besser die Gesamtbewertung

Tabelle 16: Nutzwertanalyse vertikale Bewegung

Kriterien	**Gewichtung**	**Altes Konzept**	**Konzept 1**	**Konzept 2**	**Konzept 3**
Kosten	30 %	4	2	1	3
Montage	20 %	4	2	1	3
Service	2 0%	4	2	1	3
Technisches Risiko	1 5%	1	4	2	3
Standardisierung	15 %	4	1	3	2
Sicherheitskonzept	-	*2*	*4*	*1*	*3*
Gesamtwert	100 %	3.55	2.15	1.45	2.85

Empfehlung

Meine Empfehlung bezieht sich nicht nur auf die Kosten, sondern ein Gesamtpaket aus allen Kriterien.

Konzept eins

Konzept eins zeichnet sich durch eine einfache und standardisierte Konstruktion aus. Die Anzahl der Bauteile wird reduziert und viele Komponenten können für Antriebs- und Gegenantriebsseite identisch verwendet werden. Zudem verbessert die offene Bauweise die Zugänglichkeit zur Einstellung des Zahnstangenspiels und erleichtert Servicearbeiten. Die Festigkeit der Konstruktion muss jedoch in der Detailentwicklung noch überprüft werden.

Sicherheitskonzept: Das Sicherheitskonzept des ersten Konzepts ist mangelhaft. Da alles sehr offen ist sind Quetschungen, einklemmen oder Reinfassen in den Schlitten möglich, was keine Sicherheit gewährt. Zudem kann sich auch Dreck besser ansammeln, was nicht den Hygienestandards entspricht.

Konzept zwei

Konzept zwei verwendet Standard-Vierkantprofile als Rohmaterial und lässt sich mit geringem Fertigungsaufwand durch Laserschneiden herstellen. Die beidseitig verstellbaren Gleiter sowie das integrierte Serviceloch erfüllen die Anforderungen der Aufgabenstellung. Insgesamt bietet dieses Konzept den ausgewogensten Kompromiss zwischen Kosten, Fertigung, Montage und Servicefreundlichkeit.

Sicherheitskonzept: Das Sicherheitskonzept des zweiten Konzepts ist gut. Alles ist verschlossen und man kann nirgendwo reinfassen oder sich einklemmen. Ebenfalls ist der Schlitten gegen Dreck und Verschmutzung geschützt.

Konzept drei

Das Rollenkonzept besitzt die geringste Reibung und das niedrigste Verschleissrisiko. Die Rollen können einfach nachgestellt und ausgetauscht werden. Dem gegenüber stehen jedoch deutlich höhere Herstellkosten sowie ein erhöhter Fertigungs- und Schweissaufwand. Zusätzlich wären konstruktive Anpassungen wie ein Verdrehschutz und eine Rollenabdeckung erforderlich.

Sicherheitskonzept: Das Sicherheitskonzept des dritten Konzeptes ist ebenfalls mangelhaft, weil die Rollen freistehen und man da die Finger einklemmen kann oder während der Bewegung reinfassen kann. Ebenfalls kann sich auch da Dreck ansammeln.

Schlussfolgerung

Nach dem Vergleich aller drei Varianten wird Konzept zwei als Vorzugskonzept empfohlen. Es erfüllt die Anforderungen der Aufgabenstellung am besten, da es eine beidseitige Einstellbarkeit der Führung, eine einfache Einstellung des Zahnstangenspiels, eine wirtschaftliche Fertigung mit Standardprofilen sowie eine gute Servicefreundlichkeit kombiniert. Damit bietet es den ausgewogensten Kompromiss zwischen technischer Funktion, Herstellkosten und Montageaufwand. Die Festigkeitsnachweise wurden im Rahmen der Konzeptstudie überschlägig durchgeführt. Eine detaillierte FEM-Analyse und die endgültige Auslegung der Schweissnähte sind Bestandteil der nachfolgenden Detailkonstruktion.

3.2.6 Befestigungsmittel

Da es bei dieser Aufgabe darum geht, eine alternative Befestigungsmethode herauszufinden, habe ich mit meinem Vorgesetzten abgemacht, dass ich für die Getriebeplattenabdeckung und für die neu entstandene Servicelochabdeckung eine Konstruktion erstelle. Zudem habe ich beim Bearbeiten der Aufgabe die Abdeckung für die Getriebeplatte etwas sinnvoller konstruiert, um für den Servicefall eine optimale einfache Lösung zu haben.

3.2.6.1 Grundgedanken

Um die bestehenden Befestigungsmittel einfacher und billiger zu machen, habe ich mich für ein Schlüsselloch Prinzip entschieden. Mit diesem Prinzip erreicht man, dass die Abdeckungen ganz weggenommen werden können aber ohne die Schrauben ganz lösen zu müssen. Dazu habe ich für folgende zwei Abdeckungen eine Lösung entwickelt.

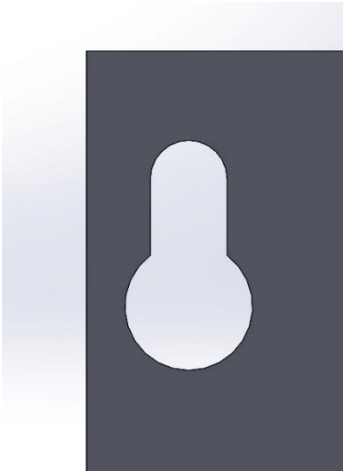


Abbildung 21: Schlüsselloch-System (Eigenes Bild)

3.2.6.2 Motorabdeckung

Bei der Motorabdeckung habe ich ein Blech konstruiert, welches den ganzen Motor abdeckt und als ein Stück weggenommen werden kann. An den Seiten sind jeweils die Schlüssellöcher vorhanden, was dazu führt, dass die Abdeckung ohne das Entfernen der Schrauben einfach weggenommen werden kann. Somit sind alle Schrauben am Motor erreichbar und es ist trotzdem eine komplette Abdeckung über den ganzen Motor vorhanden. Die Kosten liegen etwa bei CHF 150.-.

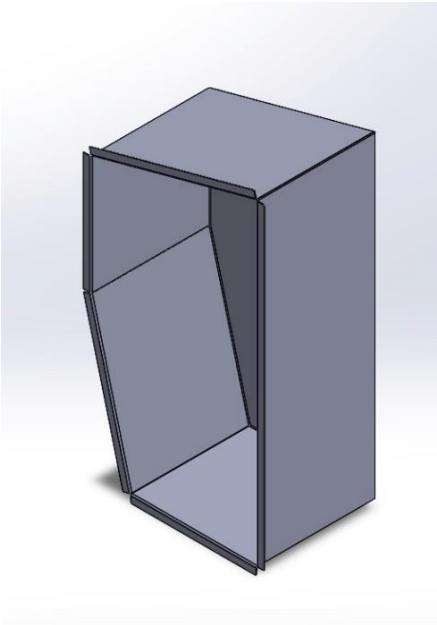


Abbildung 22: Neue Motorabdeckung (Eigenes Bild)

Bei der Skizze fehlen noch die Schlüssellöcher wie die Aussparungen für die Lüftung. Die Aussparungen für die Lüftung würde ich 1:1 von der alten Konstruktion übernehmen. Um die Dichte sicherzustellen habe ich mir überlegt, dass man mit blauen Kantenüberzügen aus Gummi arbeitet, welche man einfach über die Kante ziehen kann.

3.2.6.3 Servicelohabdeckung

Für die Servicelochabdeckung habe ich ein kleines Blech mit Schlüssellöchern vorgesehen, welches dann einfach durch Lösen der Schraube weggenommen werden kann. Somit kann das Zahnstangenspiel einfach kontrolliert werden. Die Kosten dieses Abdeckblechs liegen bei etwa CHF 35.-.



Abbildung 23: Serviceloch Abdeckung (Eigenes Bild)

3.3 Aufgabe zwei

3.3.1 Vorgehensweise

Nach der Analyse der bestehenden Konstruktion und dem Definieren der Anforderungen an die Optimierungen habe ich mit einer Ideensammlung begonnen. Da bei dieser Aufgabe mehrere grössere Baugruppen optimiert werden sollen, habe ich zuerst das Rollenpaket behandelt. Hier habe ich die alte Konstruktion nochmals genauer betrachtet und zu meinem Glück war bei der Kalt Maschinenbau AG zu dieser Zeit gleich eine Kassettenpresse im Aufbau und ich konnte das Rollpaket mit den Einzelteilen genauer anschauen. Zudem habe ich gleich mit den Mechanikern geredet und diese habe mir genauer vom Montageaufwand erzählt. Danach habe ich mit den gewonnenen Informationen angefangen, Skizzen zu erstellen. Mein Ziel war es, nur eine Lösung für das Rollpaket zu schaffen, welches ich für beide Konzepte verwende. Bevor ich die Skizzen aussortiert habe, habe ich mich mit dem Problem des Gleichlaufs beschäftigt. Hierzu hat mir im Vorfeld ein Mitarbeitender meiner Firma einen guten Tipp gegeben. Ein Kunde von Kalt hatte ebenfalls das Problem mit dem Gleichlauf und hat dann aus eigener Hand die Maschine etwas verändert. Statt einem Motor und einer Antriebswelle, welche beide Seiten antreibt, haben sie zwei Motoren verwendet und auf ein Master-Slave System umprogrammiert. Diese Idee habe ich so aufgenommen und grob skizziert, wie ich das erreichen kann. Für das zweite Konzept habe ich mich auf das

bestehende Antriebssystem entschieden. Um dies effizienter zu machen und das Problem des Gleichlaufs zu beheben, habe ich vor allem die Dimensionen der Welle angeschaut. Durch Berechnungen bin ich dann auf eine Lösung gekommen und habe mich dazu entschieden, diese als zweites Konzept auszuarbeiten. Als Letztes habe ich wie bei Aufgabe eins genauer geschaut, welche Bauteile überschüssig sind und was man einfaches Konstruieren kann, um die Kosten zu senken. Als ich alles aufgeschrieben hatte, habe ich mit der Ausarbeitung der Konzepte begonnen.

3.3.2 Rollenpaket

3.3.2.1 Grundgedanke

Der Grundgedanke des Rollenpakets ist, dass es so einfach wie möglich und mit möglichst wenig Bauteilen konstruiert wird. Zudem soll es standardisiert sein, das heisst, es sollen möglichst viele gleiche Bauteile verbauen sein. Um es noch mehr zu vereinfachen, sollen alle gefertigten Teile durch Einkaufsteile ersetzt werden. Auch im Servicefall soll das Rollenpaket leicht demontierbar sein. Um überdefinierte Rollen zu vermeiden, soll das Rollenpaket auf das Nötigste eingegrenzt werden, aber trotzdem ausreichend ausgelegt sein, um keine Schäden oder Funktionsmängel zu haben. Ebenfalls soll das Rollenpaket ähnlich aufgebaut sein, wie das alte Rollenpaket, nur vereinfacht.

3.3.2.2 Funktionsbeschrieb

Das neue Rollenpaket soll aus einem geschlossenen viereckigen 4 mm Edelstahl-Gehäuse bestehen, indem je zwei Laufrollen kompakt montiert werden. Die Befestigung des Rollenpakets an die Jochplatte soll über zwei Schrauben sichergestellt werden. Dafür hat es am Gehäuse vorne und hinten jeweils eine mit zwei Löchern, welche für zwei Ø 30 mm Distanzbolzen gedacht sind. Diese Distanzbolzen haben ein Ø 10.5 mm Loch in der Mitte, um die Schrauben einzuführen. In erster Linie als Verstärkung des Gehäuses und zusätzlich ein Schutz für das Gewinde der Schraube. Somit kann sich kein Dreck im Gewinde sammeln und die ganze Konstruktion entspricht den Hygieneanforderungen. Die Rollen werden mit je einer Stirnradachse mit den beiden Seiten des Gehäuses verbunden. Die Rollen, Lager und die Stirnradachse habe ich aus dem alten Prinzip übernommen. Somit erreicht man, dass das Rollenpaket sehr wenig Einzelteile hat, und als eine kompakte Einheit montiert und demontiert werden kann. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

3.3.2.3 Prinzip Konstruktion

Ich habe für das Rollenpaket-Prinzip Konstruktionen erstellt, um zu veranschaulichen, wie es später aussehen sollte. Auf den Bildern sieht man wie das Rollenpaket in Zukunft aussehen soll. Was aber noch fehlt ist die Ausrichtung der Rollen. Stand jetzt sind sie immer sehr nah zur Jochplatte ausgerichtet worden. Daher habe ich sie auch so konstruiert. Natürlich ist dies aber ein Punkt, welcher eingestellt werden kann.

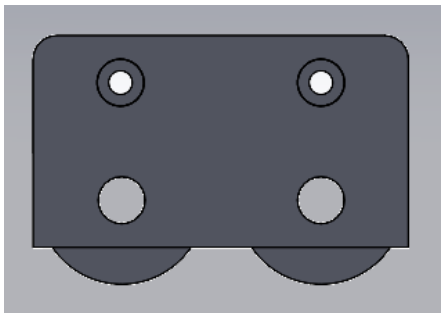


Abbildung 24: Neues Rollsystem (Eigenes Bild)

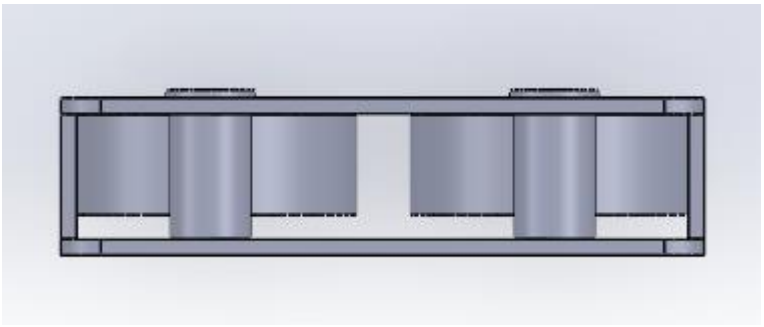


Abbildung 25: Rollsystem Draufsicht (Eigenes Bild)

3.3.2.4 Bewertung

Durch das neue Rollenpaket wird sehr viel Zeit bei der Fertigung der Einzelteile, Montage wie auch im Servicefall gespart. Durch die Vereinfachung der Konstruktion spart man somit viel Zeit und Kosten in Bezug auf das Rollenpaket. Die Auslegung reicht für den normalen Betrieb aus. Alle Bauteile sind Einkaufsteile und können nach Bedarf nachbestellt werden. Abschliessend kann man sagen, dass das neue Rollenpaket im Vergleich zum alten Rollenpaket effizienter, einfacher, zeitsparender und günstiger ist. Somit kann man sagen, dass das Ziel erreicht wurde.

Die Risikobeurteilung, die Herstellungskosten, der Montageaufwand und der Serviceaufwand werden in Konzept eins und zwei noch genauer erklärt.

3.3.3 Konzept eins

3.3.3.1 Grundgedanke

Beim ersten Konzept ist der Grundgedanke, dass ich mit zwei Motoren auf beiden Seiten arbeite. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, ein Master-Slave-System zu programmieren, wodurch der Gleichlauf der beiden Säulen garantiert ist. Zudem soll die Querführung optimiert werden. Die Gleitschiene soll ebenfalls umstrukturiert werden. Das heisst, sie wird vergrössert und die Zahnstange wird in die Schiene montiert. Somit dient das Zahnrad als Antrieb wie auch als Gegenrolle. Durch die Doppelfunktion des Zahnrades und die Erweiterung auf zwei Motoren sollen viele Bauteile wegfallen und somit die Kosten senken.

3.3.3.2 Funktionsbeschrieb

Beim ersten Konzept handelt es sich um ein Master-Slave-Antriebssystem für die horizontale Bewegung des Handlingsgeräts. Anstelle eines zentralen Antriebs mit Torsionswelle werden zwei SIMOTICS S-1FG1 Synchron-Servo-Getriebemotoren eingesetzt. Die Motoren sind elektrisch synchronisiert, wobei ein Motor als Master und der Zweite als Slave betrieben wird. Dadurch entfällt die mechanische Verbindung zwischen beiden Antriebsseiten und der Gleichlauf wird über die Servoregelung sichergestellt. Die Kraftübertragung erfolgt von jedem Getriebemotor über eine Passfederwelle aus Edelstahl 1.4404 (Ø 30 h6, Passfeder 8×7) direkt auf ein Stirnrad Modul 4 mit 20 Zähnen. Durch diese Anordnung entfallen die bisherige Torsionswelle, sämtliche Riemenscheiben sowie der Zahnriemen. Aufgrund des zweiten Servomotors ist zusätzlich ein weiterer Frequenzumrichter im Schaltschrank erforderlich. Zur Vereinfachung der Konstruktion wird die Zahnstange nicht mehr unter dem U-Profil befestigt, sondern seitlich innerhalb des U-Profils verschraubt. Dadurch befindet sich das Ritzel unterhalb der Zahnstange und übernimmt gleichzeitig die Funktion einer unteren Führungsrolle. Die bisherigen unteren Laufrollen können somit entfallen, wodurch die Teilezahl reduziert, und der Montageaufwand vereinfacht wird. Durch die neue Bauweise muss das U-Profil grösser gemacht werden. Dadurch wird das U-Profil neu 150 x 61 x 4 mm sein. Die Anzahl der oberen Führungsrollen bleibt unverändert. Zur Aufnahme der Seitenkräfte wird weiterhin eine Führungsrolle innerhalb der Gleitschiene eingesetzt. Als Gegenlager wird eine zweite Führungsrolle im Motorgehäuse montiert, welche über einen Ausschnitt in der Jochplatte geführt wird. Dadurch wird die seitliche Bewegung des Handlingsgeräts zuverlässig begrenzt und die Führung zusätzlich stabilisiert. (Kalt Maschinenbau AG, 2026) (Siemens, 2026) (Hans Kohler AG, 2026)

Rollenpaket

Das Rollenpaket wird zukünftig durch das oben aufgeführte Rollenpaket ersetzt. Die Anzahl der oberen Rollen bleibt unverändert. Das heisst es werden immer noch sechs Rollen verwendet was zu drei Rollenpaketen führt welche wie gehabt auf die Jochplatte montiert werden.

Einbauposition der Motoren

Aufgrund der direkten Montage des Getriebemotors auf der Ritzelwelle musste die Einbaulage neu definiert werden. Eine horizontale oder vertikale Anordnung ist aufgrund des verfügbaren Bauraums nicht möglich. Deshalb werden beide Motoren schräg nach oben montiert. Diese Einbauposition gewährleistet ausreichend Freiraum, verbessert die Zugänglichkeit für Montage- und Servicearbeiten und ermöglicht gleichzeitig die direkte Kraftübertragung auf das Stirnrad.

3.3.3.3 Prinzip Konstruktion

Um die Idee zu veranschaulichen habe ich auch hier Prinzip-Konstruktionen und für die Gleitschiene eine Prinzip -Skizze erstellt. Ebenfalls habe ich mit einer Skizze veranschaulicht, wie der Motor zukünftig montiert werden soll.

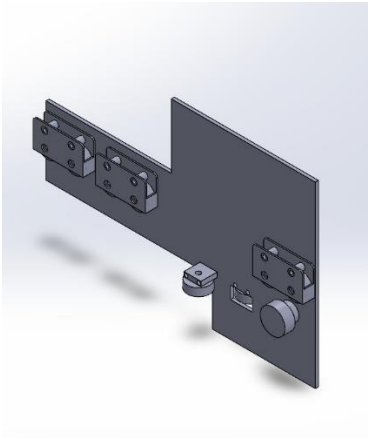


Abbildung 26: Neue Jochplatte (Eigenes Bild)

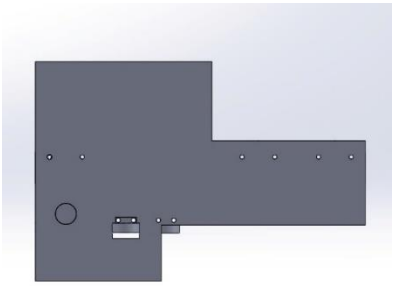


Abbildung 27: Neue Jochplatte hinten (Eigenes Bild)

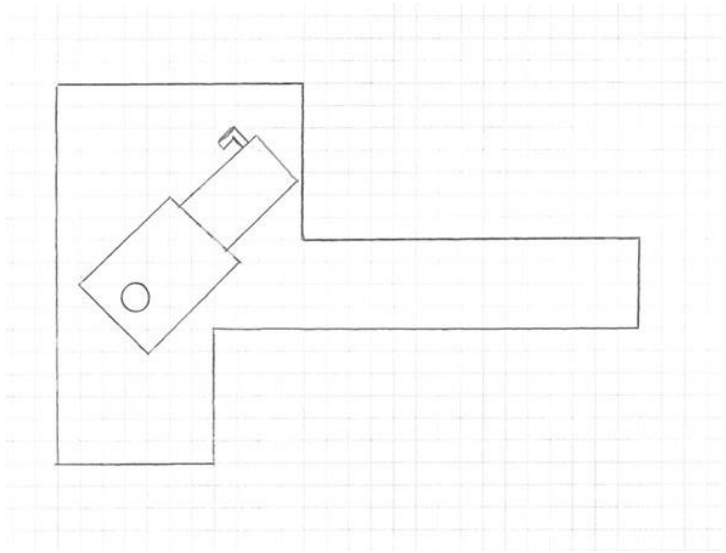


Abbildung 28: Einbauposition Motor (Eigenes Bild)

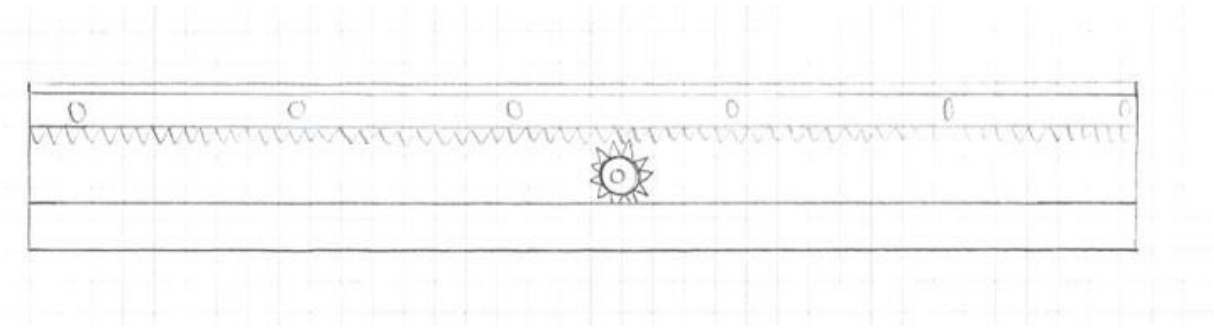


Abbildung 29: Einbauposition Zahnstange (Eigenes Bild)

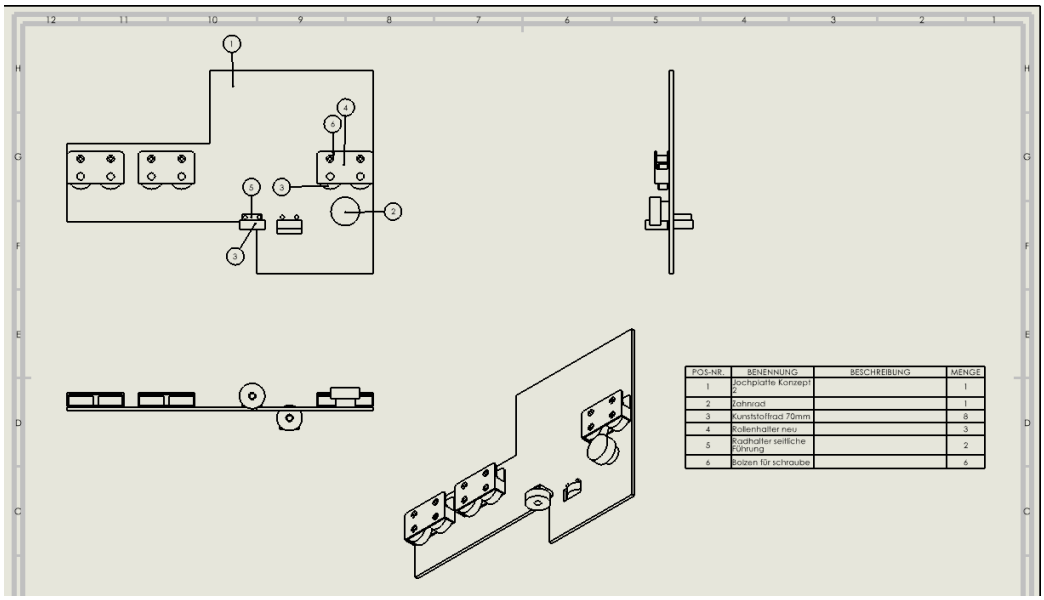


Abbildung 30: Zeichnung Jochplatte (Eigenes Bild)

3.3.3.4 Vor und Nachteile

Für die Vor- und Nachteile des Konzepts habe ich die Konstruktion kritisch betrachtet. Hier habe ich auch mit den Programmierern gesprochen, um herauszufinden, welche Vor- oder Nachteile die Programmierung mit sich bringt. Dieser Punkt ist wichtig für die spätere Bewertung.

Tabelle 17: Vor- und Nachteile Konzept 1

Vorteile	**Nachteile**
Wegfallen von Bauteilen	Mehr Motoren und FU’s benötigt
Synchronisation ist gegeben	Mehr Programmieraufwand
Einsparen von Rollen	
Doppelfunktion Zahnrad	
Querführung ist verstärkt	
Antriebswelle fällt weg	

Beide Seiten gleich	
Vorteile	**Nachteile**
Rollenpaket ist simpler aufgebaut	
Referenzmasse sind sinnvoller und genauer	

3.3.3.5 Risikobeurteilung

Um zu veranschaulichen, wo die Risiken des Konzeptes sind, habe ich eine Risikobeurteilung erstellt. Auch diese ist wichtig für die Bewertung.

Tabelle 18: Risikoanalyse Konzept 1

Risiko	**Ursache**	**Bewertung**	**Massnahmen**
Synchronisationsfehler der Motoren	Kommunikations- oder Parametrierfehler	Mittel	Master-Slave-Regelung mit Referenzfahrt
Ungleichmässige Lastverteilung	Unterschiedliche Drehmomente der Antriebe	Gering	Identische Servomotoren und gleiche Regler Parameter
Verschleiss von Ritzel und Zahnstange	Hohe Flächenpressung und Schmierung	Gering	Regelmässige Schmierung und Wartung
Verkantung des Handlingsgeräts	Fertigungstoleranzen oder Rollenverschleiss	Mittel	Einstellbare Führungsrollen und präzise Montage

Zusätzlicher Steuerungsaufwand	Zweiter Frequenzumrichter erforderlich	Niedrig	Standardisierte Siemens-Antriebstechnik verwenden

Fazit

Das grösste Risiko liegt in der Parametrierung der Antriebe. Dies muss sehr präzise durchgeführt werden und durch definierte Referenzfahrten eingestellt werden. Der mechanische Aufbau muss auch präzise sein vor allem die Ausrichtung der Querführung wie auch die Einstellung des Zahnstangenspiel zwischen Zahnstange und Zahnrad. Nach Umsetzung dieser Einstellungen ist das Risiko gering.

3.3.3.6 Herstellkosten

Um die Kosten zu veranschaulichen habe ich eine Herstellkostentabelle erstellt. Bauteile, die ich von der alten Konstruktion übernommen habe, habe ich aus der Stückliste von Kalt übernommen. Den Rest habe ich mit dem costig24 Tool definiert.

Tabelle 19: Herstellkosten Konzept 1

Artikel/ Bauteil	**Beschaffungsart**	**Kosten**
Motor	Einkaufteil	CHF 2'000.- (muss angefragt werden)
Jochplatte	Einkaufteil	CHF 198.-
Querführungsrolle ø48 mm 2 Stk	Einkaufteil	CHF 12.-
Führungsrollenhalter 2 Stk	Einkaufteil	CHF 66.-
Wellensicherung	Einkaufteil	CHF 4.-
Gleitlager ø20/ ø23/ ø30x11 4 Stk	Einkaufteil	CHF 8.-

Lagerzapfen 2 Stk	Einkaufteil	CHF 46.-
Stirnrad m4/z20	Einkaufteil	CHF 117.-
Federkeil 8/7/40 2 Stk	Einkaufteil	CHF 8.-
Artikel/ Bauteil	**Beschaffungsart**	**Kosten**
Rikula ø30/ ø55x13	Einkaufteil	CHF 12.-
Lagerflansch Jochantrieb	Einkaufteil	CHF 3.-
Wellensicherung	Einkaufteil	CHF 11.-
Stirnradachse Ø30 h6 (Edelstahl 1.4404)	Einkaufteil	CHF 54.-
Rollenachse 6 Stk	Einkaufteil	CHF 30.-
Rolle ø68 hochlast 6Stk	Einkaufteil	CHF 24.-
Distanzblech 1 2Stk	Einkaufteil	CHF 12.-
Lagereinpresshülse 12 Stk	Einkaufteil	CHF 48.-
Rikula ø20/ ø42x12 12 Stk	Einkaufteil	CHF 48.-
Distanzhülse 6 Stk	Einkaufteil	CHF 6.-
Distanzbolzen ø20x39 6 Stk	Einkaufteil	CHF 240.-
Blech Radgehäuse 3 Stk	Einkaufteil	CHF 480.-
Führungsschiene 150 x 61 x 4mm	Einkaufteil	CHF 590.-

Zahnstange m4/1909.7	Einkaufteil	CHF 1'076.-

Artikel/ Bauteil	**Beschaffungsart**	**Kosten**
Montagearbeiten		CHF 400.-
Schweissarbeiten		CHF 960.-
Insgesamt		CHF 6'455.-

(Simus Systems, 2026) (Kalt Maschinenbau AG, 2026) (Hans Kohler AG, 2026) (Siemens, 2026)

3.3.3.7 Montageaufwand

Um zu veranschaulichen was für ein Montageaufwand entsteht, habe ich die Arbeiten aufgelistet und einen realistischen Stundensatz pro Baugruppe definiert.

- U-Profil 61×150 × 6 auf Länge zuschneiden.
- Zahnstange seitlich im U-Profil verschrauben und ausrichten.
- Motorhalter an der Jochplatte montieren und fluchtend positionieren.
- Zwei SIMOTICS S-1FG1 Servo-Getriebemotoren mit Passfederwellen und Stirnrädern montieren.
- Rollenpaket als vormontierte Baugruppe in die Jochplatte einsetzen und verschrauben.
- Führungsrollen einstellen und Zahneingriff kontrollieren.
- Elektrische Referenzfahrt durchführen und den Gleichlauf der beiden Motoren prüfen.

Stundensatz nach Baugruppen

Tabelle 20: Stundensatz des Montageaufwand Konzept 1

Baugruppe	Arbeiten	Stundensatz
Rollpaket	Montage	1 h (CHF 80.-)
Jochplatte	Montage	3 h (CHF 80.-)
Führungsschiene	Montage	1 h CHF (80.-)
Führungsschiene	Schweissen	12 h (CHF 960.-)

Bewertung

Der Montageaufwand ist gering. Die zeitlich grösste Arbeit entsteht bei der Ausrichtung der beiden Motoren. Das kann lange dauern und ist mit viel Justage arbeiten verbunden. Trotzdem ist gesamthaft der Montageaufwand gering

3.3.3.8 Servicebewertung

Bewertung der Servicefreundlichkeit des Master-Slave-Konzepts im Vergleich zur bestehenden Konstruktion.

Tabelle 21: Servicebewertung Konzept 1

Kriterium	Bestehende Konstruktion	Neue Konstruktion	Bewertung
Gleichlauf einstellen	Mechanisch über Torsionswelle	Elektronische Master-Slave-Synchronisierung	Verbessert
Austausch des Antriebs	Riemen und Torsionswelle demontieren	Einzelnen Servomotor direkt ersetzen	Verbessert

Ersatzteilhaltung	Riemen, Riemenscheiben und Sonderteile	Standard-Servomotoren und Stirnräder	Verbessert
Kriterium	**Bestehende Konstruktion**	**Neue Konstruktion**	**Bewertung**
Rollenpaket	Viele Einzelteile	Vormontierte Baugruppe	Verbessert
Querführung einstellen	2 Rollen in U-Profil	Eine Rolle in und einer Rolle ausserhalb des U-Profil	Verbessert

Fazit

Die Servicebewertung verbessert sich deutlich, da die Torsionswelle wie auch die ganzen Riemen und Riemenspanner entfallen. Durch das vereinfachte Rollenpaket ist der Austausch der Rollen sehr einfach und kann deutlich schneller durchgeführt werden. Ebenfalls wird durch die Verwendung von Standartbauteilen die Ersatzteilehaltung verbessert, was zu einem insgesamt wartungsfreundlichen Produkt führt.

3.3.4 Konzept zwei

3.3.4.1 Grundgedanke

Beim zweiten Konzept habe ich mir überlegt, das bestehende System mit einem einseitigen Antrieb und einer Torsionswelle zu überarbeiten. Die Grundidee des ersten Konzepts mit dem Rollenpaket wie auch mit dem Aufbau der Querführungsrolle, Zahnstange und der Doppelfunktion des Zahnrades wollte ich übernehmen. Kurzgesagt soll dieses Konzept ein Mix aus der bestehenden Konstruktion und Verbesserungen auf die Problemstellungen sein.

3.3.4.2 Funktionsbeschrieb

Beim zweiten Konzept wird die Synchronisation der horizontalen Bewegung mechanisch sichergestellt. Der bestehende Einmotoren-Antrieb bleibt erhalten, jedoch wird die Torsionswelle konstruktiv optimiert. Die aktuelle Hohlwelle mit den Abmessungen Ø 63 mm und Wandstärke 9 mm wird durch eine Hohlwelle Ø 70 mm mit Wandstärke 12.5 mm ersetzt. Durch die grössere Wandstärke erhöht sich die Torsionssteifigkeit der Welle, wodurch der Verdreh-Winkel reduziert und der Gleichlauf des Handlingsgerätes verbessert wird. Die

Anordnung der Zahnstange innerhalb des vergrössertem U-Profils 150 × 61 × 4 mm wird aus Konzept eins übernommen. Das Stirnrad übernimmt dabei neben der Kraftübertragung gleichzeitig die Funktion der unteren Gegenrolle. Dadurch können die bisherigen unteren Führungsrollen entfallen und die Teilezahl wird weiter reduziert. Ebenfalls wird das vereinfachte Rollenpaket aus Konzept eins übernommen. Die vormontierte Baugruppe ermöglicht eine kompakte Konstruktion sowie einen schnellen Austausch im Servicefall. Auch die zusätzliche Querführungsrolle wird wie bei Konzept eins übernommen. Der Motor die Einbauposition wie auch die ganze Riemen-Konstruktion bleibt somit unverändert. Nur die Position des Stirnrades wird wie bei Konzept eins umpositioniert. (Kalt Maschinenbau AG, 2026)

3.3.4.3 Prinzip Konstruktion

Auch hier habe ich zu optimalen Veranschaulichung eine Prinzip-Konstruktion erstellt.

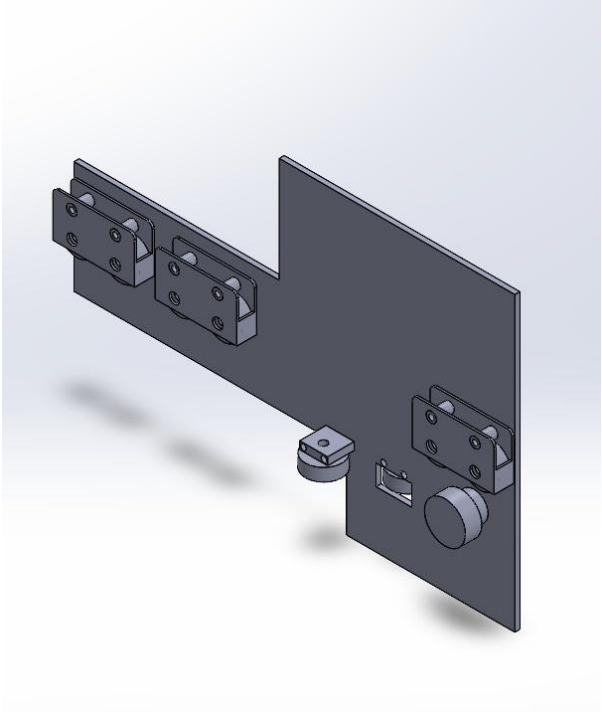


Abbildung 31: Neue Jochplatte (Eigenes Bild)

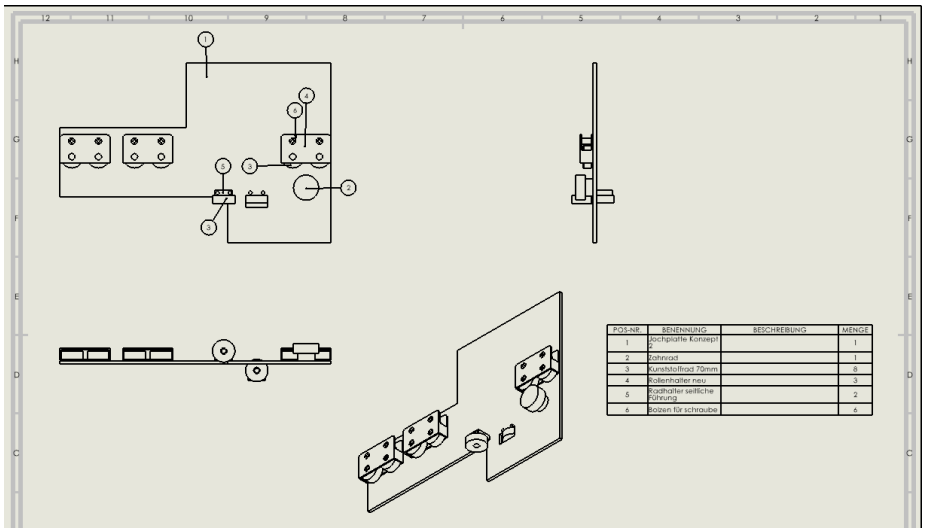


Abbildung 32: Zeichnung Jochplatte (Eigenes Bild)

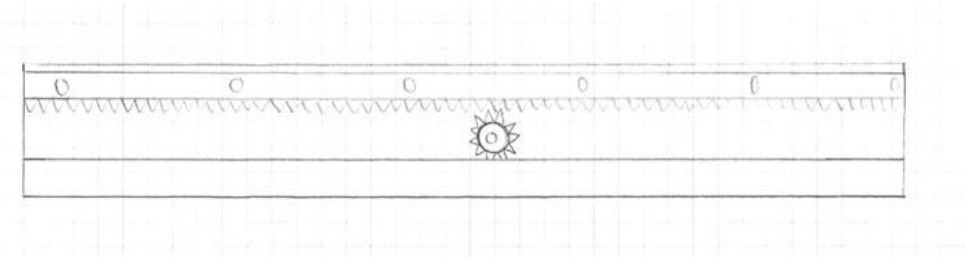


Abbildung 33: Zahnstange (Eigenes Bild)

3.3.4.4 Vor und Nachteile

Für die spätere Bewertung habe ich auch hier die Konstruktion kritisch betrachtet und die Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Tabelle 22: Vor- und Nachteile Konzept 2

Vorteile	**Nachteile**
Synchroner Gleichlauf verbessert	Synchronisation nicht zu 100% gegeben
Bauteile reduziert (siehe unten)	
Montageaufwand reduziert	
Doppelfunktion für Zahnrad	
Rollenpaket ist simpler aufgebaut	

Torsion der Antriebswelle verbessert	
Beide Seiten gleich	
Querführung verstärkt	

3.3.4.5 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung ist auch hier sehr wichtig, da sie aufzeigt, wo mögliche Risiken bestehen.

Tabelle 23: Risikoanalyse Konzept 2

Risiko	Ursache	Bewertung	Massnahme
Verdrehung der Torsionswelle	Hohe Beschleunigungs- und Lastmomente	Mittel	Torsionswelle Ø70 × 12.5 mm einsetzen und Festigkeitsnachweis durchführen
Fluchtungsfehler der Welle	Ungenaue Montage der Lager und Stirnräder	Hoch	Passungen und Montagelehre verwenden
Erhöhter Verschleiss am Stirnrad	Stirnrad übernimmt zusätzlich die Gegenrollenfunktion	Mittel	Gehärtetes Stirnrad und ausreichende Schmierung vorsehen
Verformung des U-Profils	Hohe Seitenkräfte während des Betriebs	Niedrig	U-Profil 150 × 61 × 4 mm auf Steifigkeit auslegen
Montagefehler Rollenpaket	Falsche Position der vormontierten Baugruppe	Niedrig	Zentrierte Befestigung und Funktionskontrolle durchführen

Massnahmen zur Risikominderung

- Verwendung einer steiferen Hohlwelle Ø 70 × 12.5 mm.
- Präzise Ausrichtung von Welle, Lagern und Stirnrädern.
- Verschleissfeste Verzahnung mit regelmässiger Schmierung.
- Kontrolle des Gleichlaufs und der Fluchtung nach der Montage.

Fazit

Das grösste Risiko liegt in der präzisen Ausrichtung der Torsionswelle. Durch die erhöhte Steifigkeit der Welle und eine saubere Montage kann der Gleichlauf zuverlässig sichergestellt werden.

3.3.4.6 Herstellungskosten

Auch hier habe ich Bauteile aus der bestehenden Konstruktion übernommen, welche ich auch der Stückliste von Kalt übernehmen konnte. Den Rest habe ich mit dem costig24 Tool definiert.

Tabelle 24: Herstellkosten Konzept 2

Artikel/ Bauteil	**Beschaffungsart**	**Kosten**
Servo-Getriebemotor	Einkaufteil	CHF 3'295.-
Jochplatte	Einkaufteil	CHF 198.-
Querführungsrolle ø48mm 2Stk	Einkaufteil	CHF 12.-
Führungsrollenhalter 2Stk	Einkaufteil	CHF 66.-
Wellensicherung	Einkaufteil	CHF 4.-
Gleitlager ø20/ ø23/ ø30x11 4Stk	Einkaufteil	CHF 8.-
Lagerzapfen 2Stk	Einkaufteil	CHF 46.-
Stirnrad m4/z20	Einkaufteil	CHF 117.-
Federkeil 8/7/40 2Stk	Einkaufteil	CHF 8.-
Rikula ø30/ ø55x13	Einkaufteil	CHF 12.-
Lagerflansch Jochantrieb	Einkaufteil	CHF 3.-

Artikel/ Bauteil	**Beschaffungsart**	**Kosten**
Wellensicherung	Einkaufteil	CHF 11.-
Stirnradachse Ø30 h6 (Edelstahl 1.4404)	Einkaufteil	CHF 54.-
Rollenachse 6Stk	Einkaufteil	CHF 30.-
Rolle ø68 hochlast 6Stk	Einkaufteil	CHF 24.-
Distanzblech 12Stk	Einkaufteil	CHF 12.-
Lagereinpresshülse 12Stk	Einkaufteil	CHF 48.-
Rikula ø20/ ø42x12 12Stk	Einkaufteil	CHF 48.-
Distanzhülse 6Stk	Einkaufteil	CHF 6.-
Distanzbolzen ø20x39 6Stk	Einkaufteil	CHF 240.-
Blech Radgehäuse 3Stk	Einkaufteil	CHF 480.-
Führungsschiene 150 x 61 x 4 mm	Einkaufteil	CHF 590.-
Zahnstange m4/1909.7	Einkaufteil	CHF 1'076.-
Antriebswelle	Einkaufteil	CHF 2’700.-
Zahnriemenrad	Einkaufteil	CHF 168.-
RIKULA ø15/ø35x11 2Stk	Einkaufteil	CHF 8.-

Artikel/ Bauteil	Beschaffungsart	Kosten
Riemenspannzapfen	Einkaufteil	CHF 47.-
Spannklotz	Einkaufteil	CHF 13.-
Zahnriemenrad 8M GT	Einkaufteil	CHF 105
Sicherungsdeckel	Einkaufteil	CHF 56.-
Montagearbeiten		CHF 400.-
Schweissarbeiten		CHF 960.-
Insgesamt		CHF 10’847

(Kalt Maschinenbau AG, 2026) (Simus Systems, 2026)

3.3.4.7 Montageaufwand

Auch hier habe ich den Montageaufwand mit einem realistischen Stundensatz pro Baugruppe aufgeführt, um zu zeigen, wo man wie viel Zeit braucht.

- U-Profil und Montageplatte ausrichten und verschweissen.
- Lager und Torsionswelle Ø 70 × 12,5 mm montieren.
- Stirnräder auf der Welle befestigen.
- Vormontiertes Rollenpaket an der Jochplatte verschrauben.
- Zahnstange montieren und Gleichlauf einstellen.
- Funktions- und Masskontrolle durchführen.

Stundensatz nach Baugruppen

Tabelle 25: Stundensatz des Montageaufwand Konzept 2

Baugruppe	Arbeiten	Stundensatz
Rollpaket	Montage	1 h (CHF 80.-)
Jochplatte	Montage	3 h (CHF 80.-)
Führungsschiene	Montage	1 h (CHF 80.-)
Führungsschiene	Schweissen	12 h (CHF 960.-)

Bewertung

Der Montageaufwand ist mittel. Durch den Wegfall der unteren Führungsrollen und des separaten Rollenpakets reduziert sich die Anzahl der Montageschritte. Die genaue Ausrichtung der Torsionswelle bleibt jedoch ein entscheidender Arbeitsschritt.

Fazit

Die vormontierte Baugruppe vereinfacht die Endmontage und verkürzt die Montagezeit gegenüber der bestehenden Konstruktion

3.3.4.8 Servicebewertung

Um die Servicefreundlichkeit zu bewerten habe ich einen Vergleich der bestehenden Konstruktion und des neuen Konzepts aufgestellt. Somit ist ersichtlich, was optimiert wurde auf den Service bezogen.

Tabelle 26: Servicebewertung Konzept 2

Kriterium	**Bestehende Konstruktion**	**Neue Konstruktion**	**Bewertung**
Gleichlauf	Torsionswelle Ø63 × 9 mm	Torsionswelle Ø70 ×12,5 mm	Verbessert
Antriebsspiel	Höherer Verdrehwinkel	Geringerer Verdrehwinkel	Verbessert
Führungsrollen	Untere Gegenrollen vorhanden	Stirnrad übernimmt Gegenrollenfunktion	Verbessert
Ersatzteilhaltung	Mehr Einzelteile	Vereinfachtes Rollenpaket	Verbessert
Austausch Baugruppe	Zeitaufwendig	Vormontierte Einheit	Verbessert

Fazit

Durch die steifere Torsionswelle und das vereinfachte Rollenpaket verbessert sich die Servicefreundlichkeit deutlich. Weniger Bauteile und die vormontierte Baugruppe ermöglichen einen schnelleren Austausch und reduzieren den Wartungsaufwand.

3.3.5 Bewertung und Empfehlung

Um eine genaue Bewertung abzugeben habe ich die Konzepte mit dem alten Konzept nach den Erfolgskriterien verglichen. Ebenfalls habe ich einen Kostenvergleich aufgestellt, welcher veranschaulicht, welches Konzept wie viel kostet und was die Differenzen zum bestehenden Konzept sind.

Tabelle 27: Wirtschaftlichkeitsanalyse horizontale Bewegung

	Altes Konzept	**Konzept eins**	**Konzept zwei**
Kosten	CHF 10'790.-	CHF 6’455.-	CHF 10’847
Unterschied	Benchmark	CHF -4’335	CHF +57.-

Tabelle 28: Nutzwertanalyse horizontale Bewegung

Kriterien	**Gewichtung**	**Altes Konzept**	**Konzept eins**	**Konzept zwei**
Kosten	30 %	2	1	3
Montage	20 %	3	2	1
Service	20 %	3	1	2
Technisches Risiko	15 %	1	2	3
Standardisierung	15 %	3	1	2
Gesamtwert	100 %	2.40	1.15	2.25

Empfehlung

Konzept eins: Master-Slave-Doppelantrieb

Das Konzept bietet einen sehr präzisen Gleichlauf, da beide Achsen durch zwei synchronisierte Servomotoren geregelt werden. Durch den Wegfall der Torsionswelle und des Zahnriemens wird der mechanische Antriebsstrang vereinfacht. Somit sind viel weniger Einzelbauteile vorhanden.

Konzept zwei: Einmotorenantrieb mit optimierter Torsionswelle

Dieses Konzept behält den bewährten Einmotorenantrieb bei und verbessert ihn konstruktiv durch eine steifere Torsionswelle (Ø 60 mm mit Wandstärke 5 mm). Durch das vereinfachte Rollpaket können auch mehrere Einzelteile eingespart werden. Die Kosten werden mit diesem Konzept nicht reduziert.

Empfehlung

Nach dem Vergleich der beiden Konzepte wird Konzept eins zur Weiterentwicklung empfohlen. Es erfüllt die definierten Problemstellungen am besten, da der Gleichlauf der beiden Handlingsgeräte durch zwei synchronisierte Servoantriebe sichergestellt wird.

Ein wesentlicher Vorteil ist der Wegfall sämtlicher Komponenten des bisherigen Riemenantriebs. Die Torsionswelle, der Zahnriemen, die Riemenscheiben sowie die dazugehörigen Lager- und Befestigungsteile werden vollständig ersetzt. Zusätzlich wird das Rollsystem konstruktiv vereinfacht, wodurch die Teilezahl und der Montageaufwand weiter reduziert werden.

Dadurch ist Konzept eins nicht nur funktional die bessere Lösung, sondern auch die wirtschaftlichste Variante, da Material-, Fertigungs- und Montagekosten eingespart werden.

3.4 Gesamtergebnis und Zielerreichung

3.4.1 Gesamtergebnis

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde verschiedene Konzepte zur Optimierung des Handlingsgerät der Kassettenpresse erstellt. Der Fokus bezog sich dabei auf die vertikale und horizontale Bewegung der Kassettenpresse. Zudem wurde Zusätze wie die Befestigungsmittel und das Rollenpaket bearbeitet. Das Ziel war die bestehende Lösung konstruktiv zu vereinfachen und somit die Herstellkosten zu senken wie auch die Montage- und Servicefreundlichkeit zu optimieren.

Dazu wurden Lösungsideen entwickelt, grob konstruiert und dimensioniert und die Herstellungskosten der möglichen Lösungen abgeschätzt. Anhand dieser Daten konnten für jedes Konzept Vor- und Nachteile, Risikobeurteilungen wie auch Montageaufwände und Servicebewertungen erstellt werden. Diese wurden anschliessend ausgewertet und mit einer nachvollziehbaren Bewertung und einer ausführlichen Empfehlung an die Firma Kalt Maschinenbau AG weitergegeben.

Diese Konzeptstudie bildet somit die Grundlage für die Weiterentwicklung und mögliche konstruktive Umsetzung der ausgewählten Lösungsvariante. Die Ergebnisse zeigen, wie die Ansätze zur Vereinfachung der Konstruktion aussehen könnten, und bilden daher einen Anhaltspunkt für folgende Entwicklungsschritte.

3.4.2 Zielerreichung

Zur Beurteilung der Konzeptstudie habe ich die anfangs definierten Ziele und Erfolgskriterien aufgelistet und mit dem erarbeiteten Ergebnis verglichen. Somit ist ersichtlich, ob die Ziele für diese Arbeit erreicht wurden. Die Bewertung bezieht sich auf den angepassten Projektumfang und berücksichtigt die im Rahmen der Konzeptstudie durchgeführten Untersuchungen.

Tabelle 29: Zielerreichung und Bewertung

Aufgabe / Ziel	**Geplantes Ziel**	**Ergebnis**	**Zielerreichung**
Optimierung vertikale Bewegung	Optimierung der Konstruktion, Standardisierung von Bauteilen und Reduktion von Kosten	Konzepte erarbeitet, dimensioniert und auf die Problemstellungen ausgelegt.	Erreicht
Optimierung horizontale Bewegung	Optimierung der Konstruktion, Standardisierung von Bauteilen und Reduktion von Kosten	Konzepte erarbeitet, dimensioniert und auf die Problemstellungen ausgelegt.	Teilweise erreicht (Konzept zwei war Kostentechnisch nicht billiger)
Modularisierung	Konzepte so auslegen, dass sie für alle Ausführungen der Kassettenpresse verwendet werden können.	Konzepte so ausgelegt, dass sie für beide Ausführungen nutzbar sind.	Erreicht
Technische und wirtschaftliche Bewertung	Technische Machbarkeit prüfen und wirtschaftlich Bewerten.	Dimensionierung, Herstellkosten, Montage- und Serviceaufwand zu jedem Konzept erstellt und verglichen. Wirtschaftliche Bewertung und Empfehlung abgegeben.	Erreicht
Zusätzliche Handhabungseinheit	Ursprünglich als separate Aufgabe vorgesehen	Im Projektverlauf nach Absprache mit Vorgesetzten und Diplomcoach nicht weiterverfolgt.	Nicht umgesetzt

4 Schlussteil

4.1 Reflexion der Arbeit

Somit kommen wir zu meiner Reflexion der gesamten Arbeit. Ich bin grundsätzlich sehr zufrieden mit dem Ergebnis der Arbeit. Trotzdem gibt es einige Punkte, die mir gut gelungen sind und einige Punkte, bei welchen ich mit Schwierigkeiten zu kämpfen hatte.

Erfolge

Problembehandlung: Ich bin besonders zufrieden mit der Behandlung der Probleme. Ich habe anfangs der Arbeit für mich beschlossen, dass ich vor allem das Problem der Maschine behandeln will. Wenn ich jetzt abschliessend die erarbeiteten Konzepte betrachte, finde ich, dass ich mit jedem Konzept die Probleme behandelt habe.

Kostensenkung: Das Ziel der Kostensenkung habe ich definitiv erreicht. Bei allen Konzepten, ausser Konzept zwei der horizontalen Bewegung, konnte ich die Kosten senken. Meist brauchte es nur kleine Anpassungen, welche zum Unterschied im Vergleich zur bestehenden Lösung geführt haben.

Montag- und Serviceaufwand: Das war ein Punkt, welcher mir sehr wichtig war, weil ich selbst sehr lange als Monteur oder Installateur gearbeitet habe und dadurch viele Berührungspunkt mit diesem Punkt hatte. Abschliessend kann ich sagen, dass ich den Montage- und Serviceaufwand verbessert habe und auch hierfür nur wenige Anpassungen machen musste.

Miteinbeziehen von Meinungen: Anfangs war für mich klar, dass ich zuerst die Maschine kennenlernen und verstehen musste, bevor ich anfangen konnte, Anpassungen zu machen. Dazu hatte ich viele Sitzungen und Besprechungen mit den ursprünglichen Entwicklern und Konstrukteuren der Maschine, wie auch mit den Mechanikern und Servicetechnikern. Diese haben mir ihre Meinungen und Einschätzungen mitgeteilt und ich habe mir diese zu Herzen genommen. In meinen Augen war es eine Chance, diese Meinungen miteinzubeziehen. Mir war aber klar, dass ich nicht alles berücksichtigen konnte, weil es doch viele Widersprüche gab. Trotzdem kann ich abschliessend sagen, dass ich die wichtigsten Sachen übernehmen und in meine Anpassungen einbauen konnte.

Vereinfachte Konstruktion: Ich bin vor allem mit diesem Punkt sehr zufrieden. Ich habe die Konstruktion deutlich vereinfacht und überdefinierte Baugruppen wie auch Systeme vereinfacht. Ich bin mit dem Gedankengang, dass ich als Automatiker mit wenig mechanischer Erfahrung diese Maschine aufbauen könnte, in die Arbeit gegangen.

Schwierigkeiten

Erfahrung: Eine meiner grössten Schwierigkeiten war meine mangelhafte Erfahrung bei Konzeptstudien. Klar ist, dass ich das gelernt habe aber leider noch nicht viel einsetzen konnte im beruflichen Alltag. Daher fiel es mir vor allem anfangs sehr schwer, Entscheidungen zu treffen und richtig in die Gänge zu kommen. Auch die Erfahrung mit der Maschine hat mir gefehlt, was ich ebenfalls anfangs spürbar gemerkt habe.

Fokus aufs Wesentliche: Ich hatte Schwierigkeiten. mich auf das Wesentliche zu fokussieren. Damit meine ich, dass ich anfangs viel zu sehr auf die Kosten geschaut habe und somit etwas den Faden verloren habe. Ich wollte alle Kostensenkungen in der Konstruktion finden, aber teilweise habe ich dann vergessen, dass der Arbeitsaufwand auch ein grosser Kostenpunkt ist. Daher musste ich teilweise die Kriterien etwas ausblenden und meine Kreativität etwas mehr einsetzen, um ans Ziel zu kommen.

Dimensionierung: Das ist ein Punkt welcher mir sehr zu schaffen gemacht hat. Die Dimensionierung der einzelnen Bauteile war schwierig für mich, da ich anfangs alles, was ich konstruiert habe, immer viel zu klein dimensioniert habe, weil ich die Bauteile so günstig wie möglich machen wollte. Mit der Zeit habe ich aber gemerkt, dass dies nicht immer der richtige Ansatz ist und teilweise ein grösser dimensioniertes Bauteil keinen grossen Kostenunterschied macht.

Umgang mit Druck: Anfangs hatte ich Probleme, mit dem Druck umzugehen. Ich dachte, ich muss die perfekte Lösung finden und wenn nur ein Kriterium nicht erfüllt wird, ist das ganze Konzept schlecht. Mit der Zeit aber habe ich gemerkt, dass dies in erster Linie eine Konzeptstudie ist und ich meiner Kreativität freien Lauf lassen kann und alle Ideen, die ich habe, auch wenn sie nicht allen Kriterien entsprachen, miteinbeziehen soll. Kurz gesagt habe ich mir einen viel zu hohen Druck gemacht.

Verbesserungen

Abschliessend habe ich einige Verbesserungen, welche ich beim nächsten Projekt umsetzten, will.

Messlatte nicht zu hoch setzen: Es ist wichtig, hohe Ansprüche zu haben aber sie müssen immer noch realistisch sein. Ich denke, dass ich teilweise zu viel wollte und Ideen verworfen habe, ohne sie genauer zu betrachten. Dies will ich jedenfalls beim nächsten Mal verbessern.

Schritt für Schritt bearbeiten: Ich muss beim nächsten Projekt koordinierter arbeiten. Das heisst, ich muss jede Aufgabe Schritt für Schritt bearbeiten. Teilweise wollte ich von Anfang an zu viel und habe überall ein wenig gemacht aber nichts richtig. Daher muss ich beim nächsten Mal mehr kleine Schritte machen und alles sorgfältiger ausarbeiten.

Kopf nicht verlieren: Bei anspruchsvollen Problemstellungen fiel es mit schwer, zeitnah eine geeignete Lösung zu finden. Dabei habe ich gelernt, Probleme systematisch anzugehen, verschiedene Lösungsansätze zu prüfen und allenfalls sogar Rückmeldungen von erfahrenen Mitarbeitern einzuholen.

4.2 Soll- ist Terminplan

Aufgabe	**Tätigkeit**	**Stunden Soll/ Ist**	**Zu erledigen bis**	**Erledigt am**
Themeneingabe	Thema für die Arbeit finden und eingeben	Soll: 2h Ist: 2h	21.6.2026	21.6.2026
Format erstellen	Inhaltsverzeichnis, Titelblatt und Zeitplan erstellen	Soll: 3h Ist: 3h	21.7.2026	21.7.2026
Einleitung	Die Komplette Einleitung schreiben	Soll: 8h Ist: 10h	23.8.2026	12.9.2026
Erste Sitzung mit Diplomcoach	Erste Sitzung mit dem Diplomcoach führen	Soll: 1h Ist: 1h	28.8.2026	28.8.2026
Sitzungsprotokoll erstellen	Sitzungsprotokoll erstellen und von Diplomcoach bestätigen lassen	Soll: 1h Ist: 1h	29.8.2026	29.8.2026
Bearbeitung Aufgabe 1	Bearbeitung und Fertigstellung der Aufgabe 1 meines Projektes	Soll: 58h Ist: 75h	30.8.2026	6.9.2026
Kompetenzprofil	Kompetenzprofil fertigstellen	Soll: 3h Ist: 4h	4.9.2026	10.10.2026
Bearbeitung Aufgabe 2	Bearbeitung und Fertigstellung der Aufgabe 2 meines Projektes	Soll: 70h Ist: 80h	13.9.2026	20.9.2026
Bearbeitung Aufgabe 3	Bearbeitung und Fertigstellung der Aufgabe 3 meines Projektes	Soll: 40h Ist: 0h	20.9.2026	Weggefallen
Dokumentation Hauptteil	Das Dokumentierte beim Hauptteil ausarbeiten, optimieren und fertigstellen	Soll: 20h Ist: 25h	4.10.2026	4.10.2026

Aufgabe	**Tätigkeit**	**Stunden Soll/ Ist**	**Zu erledigen bis**	**Erledigt am**
Schlussteil	Schlussteil bearbeiten und fertigstellen	Soll: 10h Ist: 12h	7.10.2026	10.10.2026
Layout und Bilder	Alle Pläne, Bilder und Dokumente in die Arbeit einfügen und das Layout bearbeiten	Soll: 8h Ist: 8h	11.10.2026	18.10.2026
Management Summary	Die Management Summary schreiben	Soll: 3h Ist: 3h	11.10.2026	11.10.2026
Zweite Sitzung mit Diplomcoach	Zweite Sitzung mit dem Diplomcoach führen	Soll: 1h Ist: 1h	15.10.2026	15.10.2026
Sitzungsprotokoll erstellen	Sitzungsprotokoll erstellen und von Diplomcoach bestätigen lassen	Soll:1h Ist: 1h	18.10.2026	18.10.2026
Verzeichnisse ausarbeiten	Quellen und Literaturverzeichnis ausarbeiten	Soll: 5h Ist: 6h	11.10.2026	18.10.2026
Arbeit Korrigieren	Arbeit kontrollieren lassen und Überarbeiten	Soll: 8h Ist: 12h	19.10.2026	19.10.2026
Letzte Kontrolle	Letzte Kontrolle der Arbeit	Soll: 3h Ist: 4h	24.10.2026	24.10.2025
Abgabe	Abgabe der Arbeit		25.10.2026	25.10.2026
Präsentation	Präsentation erarbeiten und fertigstellen		1.11.2026	

4.3 Fazit Arbeitsprozess

Der Arbeitsprozess verlief so weit gut. Ich habe bis auf die genannten Schwierigkeiten die Ziele des angepassten Projektumfangs erreicht und habe sogar noch zusätzliche Arbeiten einbauen können. Die ursprünglich geplante Optimierung des Handlingsarms wurde aufgrund des Aufwands bei der vertikalen Bewegung nicht durchgeführt. Dafür konnte ich die Teilaufgabe eins vertiefter bearbeiten und zusätzliche Lösungsansätze untersuchen. Ich war eher etwas hinter dem Zeitplan, da ich gewisse Arbeiten etwas unterschätzt habe. Daher würde ich rückblickend mehr Zeitreserve einplanen, um noch mehr Überdenkzeit zu haben. Teilweise habe ich etwas den Kopf verloren, aber konnte mich durch Unterstützung meiner Mitarbeitenden oder Hilfe von meinem Vorgesetzten wieder fangen und die Arbeit weiterführen. Ich finde den Terminplan, den ich mir anfangs gesetzt habe, trotzdem etwas zu knapp und ich würde mehr Zeit einrechnen, um einfach etwas mehr Zeit einzubauen. Trotzdem bin ich mit dem gesamten Verlauf der Arbeit sehr zufrieden und würde bis auf das Genannte vieles genauso machen. Ich fand es auch sehr grossartig, dass ich mit dieser Arbeit gefordert war und dass man mir sehr viele Freiheiten gelassen hat. Ebenfalls konnte ich auch meine Meinungen einbringen und wurde bei den unterschiedlichen Ansichten angehört. Auch die Zusatzarbeiten, die ich gemacht habe, durfte ich einbringen, was ich sehr schätze.

4.4 Lessons learnt

Ich habe während dieser Arbeit einiges gelernt, was mich auf meinem weiteren beruflichen Weg deutlich unterstützt. Ich konnte viel mitnehmen und finde, dass ich für zukünftige Projekte das richtige Werkzeug habe, um erfolgreich zu sein.

Es gibt nicht nur eine Lösung: Ich habe gelernt, dass es nicht immer eine perfekte Lösung gibt. Wenn man meine Konzepte anschaut, fällt schnell auf, dass alle unterschiedlich sind und alle ihre Stärken und Schwächen haben. Das ist ein wichtiger Satz, welchen ich für zukünftige Projekte mit mir tragen werde.

Mehr ist nicht immer gleich teurer: Ich habe gelernt, dass mehr Material oder grössere Konstruktionen nicht immer bedeuten, dass es teurer ist. Es sind sehr viele Faktoren, welche ausmachen, ob ein Produkt teuer ist oder nicht. Es ist nicht immer das Material oder die Grösse, sondern Arbeitsaufwand oder Verfahrenstechnik, welche den Preis ausmachen.

Alle Ideen miteinbeziehen: Ich weiss nun, dass nur, weil eine Idee nicht 100 % den Kriterien entspricht, sie nicht automatisch schlecht ist. Manchmal merkt man erst nach der Ausarbeitung der Idee, dass sie gut ist oder eben auch nicht so gut. Man sollte die Ideen nicht wegen einem Fehler gleich abschreiben.

Allgemeine Weiterentwicklung: Ich habe durch diese Arbeit mein Wissen festigen können. Ich habe gelernt, was es heisst, etwas weiterzuentwickeln und wie wenig es teilweise braucht, um ein komplett anderes Ergebnis zu erhalten. Auch meine Konstruktive Denkweise habe ich mit dieser Arbeit verbessert. Durch den Austausch mit erfahrenen Entwicklern habe ich zudem sehr viel dazugelernt.

4.5 Persönliches Schlusswort

Rückblickend bin ich sehr stolz auf die Arbeit, die ich geleistet habe. Ich bin sehr zufrieden mit dem Ergebnis und bin mir sicher, dass ich mit den erarbeiteten Konzepten gute Verbesserungen eingebracht habe. Ich denke, dass ich mit meiner neutralen Betrachtung der Maschine viele Dinge erkannt habe, welche die Mitarbeitenden von Kalt teilweise übersehen haben, weil diese Maschine schon länger so funktioniert. Zudem bin ich überzeugt, dass ich auch in 10 Jahren mit einem Lächeln auf diese Arbeit zurückblicken kann und dass sie mich auch dann noch mit Stolz erfüllt.

4.6 Verdankungen

In diesem Abschnitt möchte ich mich bei meinem Arbeitgeber der Staedler-Automation AG bedanken für die Unterstützung und Bemühungen, dass ich diese Arbeit während der Arbeitszeit machen durfte. Zudem will ich mich herzlich bei der Kalt Maschinenbau AG bedanken für die Chance, diese Arbeit für sie durchführen zu dürfen. Ich danke allen Beteiligten, welche mich als normalen Entwickler angesehen haben und sich die Zeit genommen haben, behilflich zu sein. Vor allem möchte ich mich bei meinem Vorgesetzten, Pirmin Signer, für die Unterstützung während dieser Arbeit bedanken. Er war stehts für mich da und hat meine Arbeit kritisch betrachtet und mir regelmässige Feedbacks gegeben. Es war stehts in seinem Interesse, dass ich zum einen eine gute Arbeit für Kalt mache, wie auch meinen Abschluss als Maschinenbautechniker HF erreiche. Dafür bin ich sehr dankbar und glücklich.

Ich möchte auch meinem Diplomcoach Peter Müller danken für die Unterstützung bei der Dokumentation und Hilfe bei Problemstellungen.

4.7 Klassifizierung

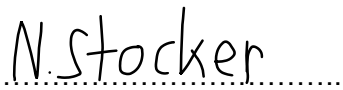
Meine Diplomarbeit ist privat und darf TEKO-Intern genutzt und nur nach schriftlicher Einwilligung mit Quellenangabe veröffentlicht werden

4.8 Eigenständigkeits-Erklärung

Ich, Nils Janis Stocker, erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit mit dem Titel "Optimierung des Handlingsgeräts einer Kassettenpresse" eigenständig und ohne unerlaubte Hilfe verfasst habe. Alle verwendeten Mittel wie Quellen, Büche und zur Verfügung gestellten Mittel wurden korrekt zitiert und im Quellenverzeichnis ersichtlich gemacht.

Ich versicherte, dass ich keine Teile dieser Arbeit in anderen Arbeiten verwendet habe und dass diese Arbeit nicht als Grundlage für den Abschluss einer Weiterbildung verwendet wurde.

Wil, 28.10.2026



Nils Stocker

5 Verzeichnisse

5.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:Käsepresssystem 6
Abbildung 2: Baugruppe vertikale Bewegung (Eigenes Bild) 8
Abbildung 3: Baugruppe horizontale Bewegung (Eigenes Bild) 9
Abbildung 4: Komplettes Handlingsgerät in allen Ausführungen (Eigenes Bild) 24
Abbildung 5: Schlitten auf der Gegenantriebsseite (Eigenes Bild) 24
Abbildung 6: Schlitten von Innen (Eigenes Bild) 25
Abbildung 7: Aktueller Befestigungsmechanismus (Eigenes Bild).....26
Abbildung 8: Rollenpaket montiert (Eigenes Bild).....27
Abbildung 9: Jochplatte von innen (Eigenes Bild).....27
Abbildung 10: Konzept 1 35
Abbildung 11: Konzept 1 vorne (Eigenes Bild).....35
Abbildung 12: Zeichnung Konzept 1 (Eigenes Bild) 36
Abbildung 13: Konzept 2 (Eigenes Bild).....44
Abbildung 14: Konzept 2 vorne (Eigenes Bild).....44
Abbildung 15: Zeichnung Konzept 2 (Eigenes Bild) 45
Abbildung 16: Konzept 3 (Eigenes Bild).....53
Abbildung 17: Konzept 3 vorne (Eigenes Bild).....53
Abbildung 18: Konzept 3 oben (Eigenes Bild).....54
Abbildung 19: Zeichnung Konzept 3 (Eigenes Bild) 54
Abbildung 20: Umkonstruierte Getriebeplatte (Eigenes Bild) 54
Abbildung 21: Schlüsselloch-System (Eigenes Bild).....64
Abbildung 22: Neue Motorabdeckung (Eigenes Bild).....65
Abbildung 23: Serviceloch Abdeckung (Eigenes Bild).....66
Abbildung 24: Neues Rollsystem (Eigenes Bild).....68
Abbildung 25: Rollsystem Draufsicht (Eigenes Bild) 68
Abbildung 26: Neue Jochplatte (Eigenes Bild).....70
Abbildung 27: Neue Jochplatte hinten (Eigenes Bild) 71
Abbildung 28: Einbauposition Motor (Eigenes Bild) 71
Abbildung 29: Einbauposition Zahnstange (Eigenes Bild).....71
Abbildung 30: Zeichnung Jochplatte (Eigenes Bild).....72
Abbildung 31: Neue Jochplatte (Eigenes Bild).....79
Abbildung 32: Zeichnung Jochplatte (Eigenes Bild).....80
Abbildung 33: Zahnstange (Eigenes Bild).....80

5.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertungskriterien und Gewichtung 13
Tabelle 2: Terminplan und Aufgaben 19
Tabelle 3: Vor- und Nachteile Konzept 1 36
Tabelle 4: Risikoanalyse Konzept 1 37
Tabelle 5: Herstellkosten Konzept 1 39
Tabelle 6: Servicebewertung Konzept 1 42
Tabelle 7: Vor - und Nachteile Konzept 2 46
Tabelle 8: Risikoanalyse Konzept 2 47
Tabelle 9: Herstellkosten Konzept 2 48
Tabelle 10: Servicebewertung Konzept 2 51
Tabelle 11: Vor- und Nachteile Konzept 3 55
Tabelle 12: Risikoanalyse Konzept 3 56
Tabelle 13: Herstellkosten Konzept 3 58
Tabelle 14: Servicebewertung Konzept 3 60
Tabelle 15: Wirtschaftlichkeitsanalyse Vertikale Bewegung 61
Tabelle 16: Nutzwertanalyse vertikale Bewegung 62
Tabelle 17: Vor- und Nachteile Konzept 1 72
Tabelle 18: Risikoanalyse Konzept 1 73
Tabelle 19: Herstellkosten Konzept 1 74
Tabelle 20: Stundensatz des Montageaufwand Konzept 1 77
Tabelle 21: Servicebewertung Konzept 1 77
Tabelle 22: Vor- und Nachteile Konzept 2 80
Tabelle 23: Risikoanalyse Konzept 2 82
Tabelle 24: Herstellkosten Konzept 2 83
Tabelle 25: Stundensatz des Montageaufwand Konzept 2 86
Tabelle 26: Servicebewertung Konzept 2 87
Tabelle 27: Wirtschaftlichkeitsanalyse horizontale Bewegung 88
Tabelle 28: Nutzwertanalyse horizontale Bewegung 88
Tabelle 29: Zielerreichung und Bewertung 91

5.3 Quellenverzeichnis

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2005). *Nahrungsmittelmaschinen Allgemeine Gestaltungsleitsätze Teil 2: Hygieneanforderungen; Deutsche Fassung EN 1672-2: 2005*. Berlin.

European Hygienic Engineering and Design Group. (2025). *EHEDG Guidelines*. Amsterdam.

Hans Kohler AG. (1. September 2026). *Kohler.ch*. Von Kohler.ch: https://kohler.ch/de abgerufen

Kalt Maschinenbau AG. (4. September 2026). Arbeitspaket HG Konzepte . Lütisburg, St.Gallen, Schweiz.

Kalt Maschinenbau AG. (10. Oktober 2026). HG Var. Wil, St.Gallen, Schweiz.

Kalt Maschinenbau AG. (22. August 2026). *Käsepresssysteme*. Abgerufen am 22. August 2026 von Käsepresssysteme: https://kalt-ag.ch/kaesepresssysteme/

Kalt Maschinenbau AG. (14. April 2026). Kostentalk HG Arta 135300. Lütisburg, St.Gallen, Schweiz.

Kalt Maschinenbau AG. (3. September 2026). Übersicht Antriebe. Lütisburge, St.Gallen, Schweiz.

Siemens. (1. September 2026). *Siemens.com*. Von Siemens.com: https://www.siemens.com/de-ch/products/simotics/servo-geared-motors/ abgerufen

Simus Systems. (4. September 2026). *Costing24.com*. Von Costing24.com: https://costing24.com/?language=de abgerufen

Alle Daten und Pläne, welche von Kalt Maschinenbau zu Verfügung gestellt wurden, sind intern und geschützt. Somit dürfen diese Daten nicht zur Einsicht freigegeben werden.

5.4 Deklaration zur Nutzung von Künstlicher Intelligenz

Bei der Erstellung dieser Diplomarbeit wurde KI-Tools als unterstützendes Hilfsmittel eingesetzt.

Die Nutzung von KI-Tools erfolgte in mehreren Bereichen. Die Tools wurde zur Unterstützung bei der Recherche und Informationsbeschaffung, bei der Strukturierung und Gestaltung von Tabellen sowie bei der Festlegung geeigneter Tabellenstrukturen und Spaltenaufteilungen verwendet. Zusätzlich wurde KI zur sprachlichen Überarbeitung einzelner Textpassagen und zur Verbesserung von Formulierungen eingesetzt.

Die inhaltliche Erarbeitung der Diplomarbeit erfolgte eigenständig. Die durch KI bereitgestellten Informationen, vorgeschlagenen Strukturen und Formulierungen wurden als Unterstützung für die eigene Arbeit genutzt. Die Verantwortung für die fachlichen Inhalte, die Überprüfung der Informationen und die finale Fassung dieser Diplomarbeit liegt beim Verfasser.

6 Anhang

6.1 Technischer Nachweis für Kalt Maschinenbau AG

Technischer Nachweis Konzept eins vertikale Bewegung

Gegeben

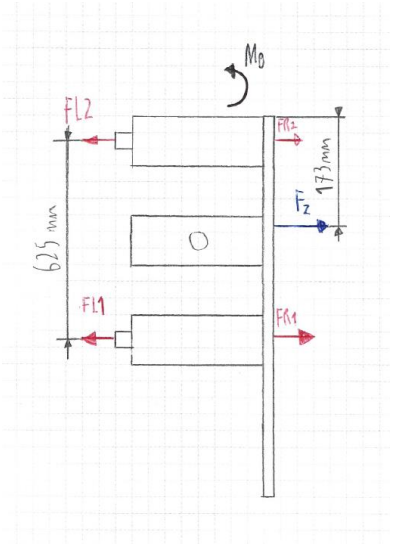
Parameter	Zeichen	Wert
Gesamtmasse	m	1160 kg
Tangentialkraft Zahnstange	Fz	18 070 N
Hebelarm Schwerpunkt	ls	173 mm
Abstand Führungen	lf	625 mm
Werkstoff	–	Edelstahl 1.4307

Die Werte stammen aus der bestehenden Antriebsauslegung und gelten für die Konzeptstudie.

Gesucht

- Biegemoment der Konstruktion
- Lagerkräfte der Gleiter
- Vergleichsspannung
- Sicherheitsfaktor
- Durchbiegung

Freikörperbild



Berechnung des Biegemoments

Die maximale Belastung entsteht durch die Tangentialkraft der Zahnstange.

Formel:

$$\boldsymbol{M_B = F_z \cdot l_s}$$

Einsetzen:

$$\boldsymbol{M_B = 18\,070 \cdot 173}$$

Ergebnis:

$$\boldsymbol{M_B = 3\,126\,110}\ \text{Nmm}$$

Lagerkräfte der Gleiter

Die Lagerkräfte ergeben sich aus der statischen Lastverteilung.

Gleiter	**Kraft**
FL2 (oben hinten)	12 846 N
FL1 (unten hinten)	6 269 N
FR2 (oben vorne)	4 496 N
FR1 (unten vorne)	2 194 N

Vergleichsspannung

Der Schlitten besteht aus einer 10 mm Montageplatte mit drei U-Verstrebungen (200 × 180 × 8 mm). Dadurch erhöht sich das Widerstandsmoment deutlich.

Für den vereinfachten Querschnitt ergibt sich:

$$I = 7.43 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Der Abstand der äussersten Faser beträgt:

$$c = 69.4 \text{ mm}$$

Daraus folgt das Widerstandsmoment:

$$W = \frac{I}{c} = 107\,100 \text{ mm}^3$$

Formel:

$$\sigma_v = \frac{M_B}{W}$$

Einsetzen:

$$\sigma_v = \frac{3\,126\,110}{107\,100}$$

Ergebnis:

$$\sigma_v = 29.2 \text{ N/mm}^2$$

Sicherheitsfaktor

Streckgrenze Edelstahl 1.4307:

$$R_{p0.2} = 190 \text{ N/mm}^2$$

Formel:

$$S = \frac{R_{p0.2}}{\sigma_v}$$

Einsetzen:

$$S = \frac{190}{29.2}$$

Ergebnis:

$$S = 6.5$$

Durchbiegung

Zur Beurteilung der Steifigkeit wird die maximale Verformung berechnet.

Formel:

$$f = \frac{F \cdot l^3}{3EI}$$

Gegeben:

Grösse	Wert
Elastizitätsmodul	200 000 N/mm²
Flächenträgheitsmoment	7,43 × 10⁶ mm⁴

Ergebnis:

$$f \approx 0.26 \text{ mm}$$

Beurteilung

Die Berechnung zeigt, dass die höchste Beanspruchung durch die Tangentialkraft der Zahnstange entsteht. Die drei angeschweissten U-Verstrebungen erhöhen die Biege- und Torsionssteifigkeit der Konstruktion erheblich. Mit einer Vergleichsspannung von 29,2 N/mm² liegt die Beanspruchung deutlich unter der Streckgrenze des Werkstoffs 1.4307. Der berechnete Sicherheitsfaktor von 6,5 sowie eine maximale Durchbiegung von 0,26 mm zeigen, dass die Konstruktion für die vorgesehene Belastung ausreichend steif und fest ausgelegt ist.

Technischer Nachweis Konzept zwei vertikale Bewegung

Gegeben

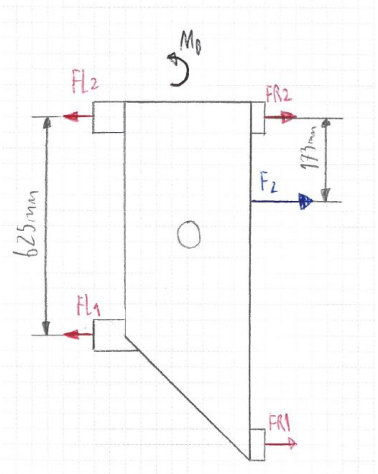
Parameter	Zeichen	Wert
Gesamtmasse	m	1160 kg
Tangentialkraft Zahnstange	Fz	18 070 N
Hebelarm Schwerpunkt	ls	173 mm
Abstand Führungen	lf	625 mm
Schlittenprofil	–	200 × 200 × 5 mm
Werkstoff	–	Edelstahl 1.4307

Die Belastungswerte wurden aus der bestehenden Antriebsauslegung übernommen und dienen als Grundlage der Konzeptstudie.

Gesucht

- Biegemoment der Konstruktion
- Lagerkräfte der Gleiter
- Vergleichsspannung
- Sicherheitsfaktor
- Durchbiegung

Freikörperbild



Berechnung des Biegemoments

Die maximale Belastung entsteht durch die Tangentialkraft der Zahnstange.

Formel:

$$M_B = F_z \cdot l_s$$

Einsetzen:

$$M_B = 18\,070 \cdot 173$$

Ergebnis:

$$M_B = 3\,126\,110 \text{ Nmm}$$

Lagerkräfte der Gleiter

Gleiter	Kraft
FL2 (oben hinten)	12 846 N
FL1 (unten hinten)	6 269 N
FR2 (oben vorne)	4 496 N
FR1 (unten vorne)	2 194 N

Vergleichsspannung

Das geschlossene 200 × 200 × 5 mm Vierkantprofil besitzt aufgrund seines Kastenquerschnitts ein hohes Widerstandsmoment und eignet sich deshalb gut zur Aufnahme von Biege- und Torsionsbelastungen.

Für den vereinfachten Querschnitt ergibt sich:

$$I = 14.9 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W = 149\,000 \text{ mm}^3$$

Formel

$$\sigma_v = \frac{M_B}{W}$$

Einsetzen:

$$\sigma_v = \frac{3\,126\,110}{149\,000}$$

Ergebnis:

$$\sigma_v = 21.0 \text{ N/mm}^2$$

Sicherheitsfaktor

Streckgrenze Edelstahl 1.4307:

$$R_{p0.2} = 190 \text{ N/mm}^2$$

Formel:

$$S = \frac{R_{p0.2}}{\sigma_v}$$

Einsetzen:

$$S = \frac{190}{21.0}$$

Ergebnis:

$$S = 9.0$$

Durchbiegung

Grösse	**Wert**
Elastizitätsmodul	200 000 N/mm²
Flächenträgheitsmoment	14,9 × 10⁶ mm⁴
Maximale Durchbiegung	≈ 0,13 mm

Beurteilung

Die Berechnung zeigt, dass das 200 × 200 × 5 mm Vierkantprofil die auftretenden Biegekräfte sicher aufnehmen kann. Durch den geschlossenen Kastenquerschnitt ergibt sich gegenüber einer offenen Konstruktion eine hohe Biege- und Torsionssteifigkeit. Mit einer Vergleichsspannung von 21,0 N/mm², einem Sicherheitsfaktor von 9,0 und einer maximalen Durchbiegung von 0,13 mm ist das Profil für die vorgesehene Belastung ausreichend dimensioniert.

Technischer Nachweis Konzept 3 vertikale Bewegung

Gegeben:

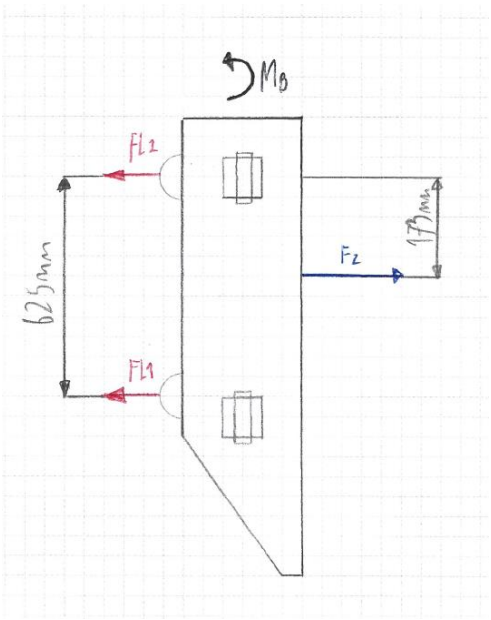
Parameter	Zeichen	Wert
Gesamtmasse	m	1160 kg
Tangentialkraft Zahnstange	Fz	18 070 N
Hebelarm Schwerpunkt	ls	173 mm
Rundrohr Schlitten	–	Ø200 × 5 mm
Hohlrundprofil Säule	–	Ø150 × 12,5 mm
Werkstoff	–	Edelstahl 1.4307

Die Belastungswerte stammen aus der bestehenden Antriebsauslegung und gelten für die Konzeptstudie.

Gesucht:

- Biegemoment
- Lagerkräfte
- Plausibilisierung des Rundprofils

Freikörperbild



Berechnung des Biegemoments

Die maximale Belastung entsteht durch die Tangentialkraft der Zahnstange.

Formel:

$$M_B = F_z \cdot l_s$$

Einsetzen:

$$M_B = 18\,070 \cdot 173$$

Ergebnis:

$$M_B = 3\,126\,110 \text{ Nmm}$$

Lagerkräfte

Rollenposition	**Kraft**
FL2 (oben hinten)	12 846 N
FL1 (unten hinten)	6 269 N

Die Lagerkräfte werden von den sechs Führungsrollen aufgenommen und dienen als Grundlage für den Belastungsnachweis der Rollen.

Vergleichsspannung

Das Rundrohr bildet den tragenden Grundkörper des Schlittens. Durch den geschlossenen Kreisquerschnitt besitzt es eine hohe Biege- und Torsionssteifigkeit.

Für das Rundrohr ergibt sich überschlägig:

$$W \approx 142\,000 \text{ mm}^3$$

Formel:

$$\sigma_v = \frac{M_B}{W}$$

Einsetzen:

$$\sigma_v = \frac{3\,126\,110}{142\,000}$$

Ergebnis:

$$\sigma_v \approx 22 \text{ N/mm}^2$$

Sicherheitsfaktor

Streckgrenze Edelstahl 1.4307:

$$R_{p0.2} = 190 \text{ N/mm}^2$$

Formel:

$$S = \frac{R_{p0.2}}{\sigma_v}$$

Einsetzen:

$$S = \frac{190}{22}$$

Ergebnis:

$$S \approx 8.6$$

Durchbiegung

Grösse	**Wert**
Elastizitätsmodul	200 000 N/mm²
Maximale Durchbiegung	≈ 0,14 mm

Beurteilung

Das Rundrohr Ø 200 × 5 mm bildet den tragenden Grundkörper des Schlittens. Durch den geschlossenen Kreisquerschnitt besitz die Konstruktion eine hohe Biege- und Torsionssteifigkeit. Die Vergleichsspannung von 22 MPa liegt unter der Streckgrenze des Werkstoffs 1.4307, wodurch ein Sicherheitsfaktor von 8,6 erreicht wird. Das Durchbiegen von 0,14mm zeigt, dass das Rundprofil für diese Konzeptstudie geeignet ist.

Reibungsnachweis

Ein wesentlicher Vorteil der Rollenführung ist die deutlich geringere Reibung gegenüber einer Gleitführung. Zur Plausibilisierung wird die Reibkraft beider Systeme verglichen.

Gegeben:

Parameter	Zeichen	Wert
Gesamte Lagerkraft	N	25 805 N
Reibungskoeffizient Gleiter (POM / Edelstahl)	μG	0,20
Reibungskoeffizient Rollenführung	μR	0,02

Berechnung Gleitführung

Formel:

$$F_R = \mu \cdot N$$

Einsetzen:

$$F_{RG} = 0.20 \cdot 25\,805$$

Ergebnis:

$$F_{RG} = 5\,161 \text{ N}$$

Berechnung Rollenführung

Formel:

$$F_R = \mu \cdot N$$

Einsetzen:

$$F_{RR} = 0.02 \cdot 25\,805$$

Ergebnis:

$$F_{RR} = 516 \text{ N}$$

Vergleich

Führungssystem	Reibkraft
Gleitführung	5 161 N
Rollenführung	516 N
Reibungsreduktion	≈ 90 %

Beurteilung

Durch die Rollenführung reduziert sich die theoretische Reibkraft um rund 90 %. Dadurch wird der Verschleiss geringer und die vertikale Bewegung ist leichtgängiger.

Belastungsnachweis der Führungsrollen

Da die Gleiter durch Rollen ersetzt werden, muss überprüft werden, ob die Rollen die auftretenden Kräfte aufnehmen können.

Gegeben

Parameter	Wert
Anzahl Führungsrollen	6
Rollendurchmesser	Ø30 mm
Maximale Lagerkraft	12 846 N

Massgebende Belastung

Die höchste Belastung tritt an der oberen hinteren Führungsrolle auf.

$$F_{max} = 12\,846 \text{ N}$$

Tragfähigkeitsnachweis

Für die Konzeptstudie wird eine Führungsrolle mit Kugellager verwendet. Die statische Tragfähigkeit muss mindestens der maximalen Rollenbelastung entsprechen.

Kriterium	Wert
Maximale Rollenbelastung	12,8 kN
Erforderliche Tragfähigkeit	≥ 13 kN
Empfohlene Auslegung	15–18 kN

Beurteilung

Die maximale Belastung einer einzelnen Führungsrolle beträgt 12,8 kN. Für die Umsetzung des Konzepts ist deshalb eine handelsübliche Führungsrolle mit einer statischen Tragfähigkeit von mindestens 13 kN erforderlich. Durch eine Auslegung auf 15–18 kN wird zusätzlich eine Sicherheitsreserve geschaffen.

Gesamtbeurteilung Konzept 3

Das Rollenkonzept stellt die technisch hochwertigste Führungsvariante dar. Gegenüber der bisherigen Gleitführung wird die Reibung um rund 90 % reduziert, wodurch Verschleiss und Wartungsaufwand deutlich verringert wird. Gleichzeitig zeigt der Belastungsnachweis, dass handelsübliche Führungsrollen mit entsprechender Tragfähigkeit die auftretenden Kräfte aufnehmen können. Das Rundrohr Ø 200 × 5 mm erfüllt zudem die Anforderungen an Steifigkeit und Festigkeit und eignet sich für die Konzeptstudie.

Technischer Nachweis Konzept 1 horizontale Bewegung

Antriebsauslegung Horizontalachse (Master–Slave)

Gegeben:

Parameter	Zeichen	Wert
Kassettengewicht	mk	360 kg
Leergewicht	mf	350 kg
Handlingsgerät	mhg	900 kg
Bewegte Masse	m	1610 kg
Reibwert Rollenführung	μ	0.04
Beschleunigung	a	1.0 m/s²
Ritzeldurchmesser	d	80 mm
Ritzelradius	r	40 mm

1. Reibkraft

$$F_R = m \cdot g \cdot \mu$$

Einsetzen:

$$F_R = 1610 \cdot 9.81 \cdot 0.04$$

Ergebnis:

$$F_R = 632\ N$$

2. Beschleunigungskraft

$$F_B = m \cdot a$$

Einsetzen:

$$F_B = 1610 \cdot 1.0$$

Ergebnis:

$$F_B = 1610\ N$$

3. Gesamte Antriebskraft

$$F_{ges} = F_R + F_B$$

Einsetzen:

$$F_{ges} = 632 + 1610$$

Ergebnis:

$$F_{ges} = 2242\ N$$

4. Kraft pro Motor (Master–Slave)

Da zwei Servomotoren synchron arbeiten, übernimmt jeder Motor 50 % der Last.

$$F_{Motor} = \frac{F_{ges}}{2}$$

Einsetzen:

$$F_{Motor} = \frac{2242}{2}$$

Ergebnis:

$$F_{Motor} = 1121\ N$$

5. Drehmoment pro Motor

$$M = F \cdot r$$

Einsetzen:

$$M = 1121 \cdot 0.04$$

Ergebnis:

$$M = 44.8\ Nm$$

Mit Sicherheitsreserve (Faktor 2):

$$M_{max} \approx 90\ Nm$$

6. Antriebsleistung

$$P = M \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Ergebnis:

Betriebszustand	**Leistung**
Nennleistung je Motor	0.79 kW
Dynamische Spitzenleistung	2.80 kW

Beurteilung

Für die horizontale Achse wird ein Master–Slave-Servoantrieb eingesetzt. Beide Motoren treiben jeweils eine Zahnstange an und werden elektronisch synchronisiert. Dadurch halbiert sich das erforderliche Drehmoment pro Motor auf rund 45 Nm, während für Beschleunigungsvorgänge ein Spitzendrehmoment von 90 Nm entsteht. Dadurch wird ein Verzug des Querbalkens vermieden und die Last gleichmässig auf beide Antriebe verteilt.

Überschlägiger Torsionsnachweis Rikula ø30/ ø55x13 (Passfederwelle Zahnrad-Motor)

Gegeben

- Spitzendrehmoment: 90 Nm
- Wellendurchmesser: 30 mm

Formel

$$\tau = \frac{16M}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 90\,000}{\pi \cdot 30^3}$$

Ergebnis

$$\tau = 16.98\ MPa \approx 17\ MPa$$

Beurteilung

Die maximale Torsionsspannung beträgt lediglich 17 MPa. Für eine Welle aus Edelstahl (1.4404) Ø 30 h6, liegt die zulässige Schubspannung deutlich höher (ca. 80–120 MPa), wodurch ein Sicherheitsfaktor von 4 erreicht wird. Die Welle ist somit für das berechnete Spitzendrehmoment von 90 Nm ausreichend dimensioniert.

Nachweis Zahnrad als Gegenrolle

Gegeben

Parameter	Zeichen	Wert
Biegemoment des Handlingsgeräts	M	3.13 kNm
Abstand obere Rollen – Ritzel	h	610 mm = 0.610 m

Gesucht

Abstützkraft des Antriebsritzels.

Berechnung

Das Kippmoment wird durch die oberen Laufrollen und das untere Ritzel aufgenommen.

$$F_R = \frac{M}{h}$$

Einsetzen:

$$F_R = \frac{3126}{0.610}$$

Ergebnis:

$$F_R = 5125\ N \approx 5.1\ kN$$

Beurteilung

Die Berechnung zeigt, dass das Antriebsritzel eine Abstützkraft von rund 5.1 kN aufnehmen muss. Da das Stirnrad Modul 4 sowie die Ø30-mm-Passfederwelle für deutlich höhere Kräfte ausgelegt sind, kann das Ritzel neben der Kraftübertragung gleichzeitig die Funktion der unteren Gegenrolle übernehmen.

Technischer Nachweis Konzept zwei horizontale Bewegung

Gegeben:

Parameter	Zeichen	Wert
Wellenlänge	L	3000 mm
Außendurchmesser Bestand	D_1	63 mm
Innendurchmesser Bestand	d_1	45 mm
Außendurchmesser Konzept	D_2	70 mm
Innendurchmesser Konzept	d_2	45 mm
Maximales Antriebsmoment	M	62 Nm
Schubmodul Edelstahl	G	77 000 N/mm²
Elastizitätsmodul Edelstahl	E	193 000 N/mm²

Lastannahme

Der Servo-Getriebemotor befindet sich auf der linken Seite der Antriebswelle. Dadurch wird das maximale Drehmoment von 62 Nm über die gesamte Wellenlänge von 3000 mm übertragen.

Polares Flächenträgheitsmoment

Für eine Hohlwelle gilt:

$$J = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

Bestand Ø63 × 9 mm

$$J_1 = \frac{\pi}{32}(63^4 - 45^4)$$

$$J_1 = 1{,}144 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Konzept Ø70 × 12,5 mm

$$J_2 = \frac{\pi}{32}(70^4 - 45^4)$$

$$J_2 = 1{,}955 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Verdreh Winkel

Formel:

$$\varphi = \frac{M \cdot L}{J \cdot G}$$

Bestand:

$$\varphi_1 = \frac{62000 \cdot 3000}{1{,}144 \times 10^6 \cdot 77000}$$

$$\varphi_1 = 0{,}121°$$

Konzept:

$$\varphi_2 = \frac{62000 \cdot 3000}{1{,}955 \times 10^6 \cdot 77000}$$

$$\varphi_2 = 0{,}071°$$

Vergleich Verdreh Winkel

Ausführung	Verdreh Winkel
Ø63 × 9 mm	0,121°
Ø70 × 12,5 mm	0,071°

Durchbiegung der Welle

Für den Vergleich der Schwingungssteifigkeit wird die Welle als beidseitig gelagert betrachtet. Die Durchbiegung wird infolge des Eigengewichts berechnet.

Flächenträgheitsmoment:

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$$

Ergebnisse

Ausführung	Flächenträgheitsmoment I	Durchbiegung
Ø63 × 9 mm	5,72 × 10^5 mm^4	1,14 mm
Ø70 × 12,5 mm	9,77 × 10^5 mm^4	0,99 mm

Gesamtvergleich

Eigenschaft	Bestand	Konzept
Außendurchmesser	63 mm	70 mm
Innendurchmesser	45 mm	45 mm
Polares Flächenträgheitsmoment	1,144 × 10^6 mm^4	1,955 × 10^6 mm^4
Verdrehwinkel	0,121°	0,071°
Durchbiegung	1,14 mm	0,99 mm

Bewertung

Durch die Vergrösserung des Aussendurchmessers von 63 mm auf 70 mm bei gleichem Innendurchmesser von 45 mm steigt die Torsionssteifigkeit der Hohlwelle um rund 71 %. Der Verdreh Winkel reduziert sich von 0,121° auf 0,071°, was einer Verringerung von 41 % entspricht. Gleichzeitig erhöht sich die Biegesteifigkeit, wodurch die Durchbiegung von 1,14 mm auf 0,99 mm sinkt. Die steifere Welle verbessert dadurch den mechanischen Gleichlauf und reduziert die Schwingungsanfälligkeit der Antriebswelle.

Sitzungsprotokoll 19.8.2026

1. Allgemeine Angaben

Punkt	Angaben
Projekt:	Sitzung mit Pirmin Signer
Sitzung Nr.:	1
Datum:	19.8.2026
Zeit:	10:00 – 11:00 Uhr
Ort:	Lütisburg SG
Protokollführer:	Nils Stocker
Teilnehmer:	Pirmin Signer, Nils Stocker

2. Besprechungspunkte

1. Aktueller Stand der Arbeit
2. Ideen Sammlung vertikale Bewegung
3. Pläne und Dokumente von Firma.
4. Umfangs Reduktion der Arbeit.

3. Besprechung und Ergebnisse

3.1 Aktueller Stand des Projekts

Der Aktuelle stand der Arbeit wurde aufgezeigt und besprochen. Auch der jetzige Zeitaufwand wurde angeschaut.

Ergebnis:
So wie bisher weitermachen.

3.2 Ideensammlung vertikale Bewegung

Alle bisherig erarbeiteten Skizzen wurden präsentiert und individuell besprochen.

Ergebnis:
Es konnten schon die ersten Ideen ausgeschlossen werden da diese nicht machbar

sind für Kalt. Zu den anderen Ideen wurden Sachen ergänzt und korrigiert. Es wurde die Freigabe für die Ausarbeitung erteilt bei Berücksichtigung der Ergänzungen.

3.3 Pläne und Dokumentationen von Firma

Es wurde besprochen, ob die zu verfügung gestellten Dokumentationen und Pläne ausreichen oder ob noch etwas fehlt welches ergänzt werden müssen.

Ergebnis:

Es werden die Hygieneanforderungen und das Login für das costing24 Tool ergänzt. Zudem wird noch eine Lieferantenliste ausgehändigt, welche zur Orientierung das Material und Bauteile suche, helfen soll.

3.4 Umfangsreduktion der Arbeit

Es wurde eine Umfangsanpassung vorgenommen, da eine Ergänzung der vertikalen Bewegung dazugekommen ist.

Ergebnis:

Zur vertikalen Bewegung soll ein drittes Konzept erstellt werden, das mit einem Rollensystem funktionieren soll. Auf Grund des höheren Arbeitsaufwandes und des begrenzten Zeitraumes wurde entschieden die dritte Aufgabe mit dem Handlingsarm wegzulassen und die vertikale und horizontale Bewegung zu priorisieren. Aber wen noch genug Zeit ist, kann die dritte Aufgabe trotzdem noch durchgeführt werden.

4. Aufgaben

Nr.	Aufgabe	Verantwortlich	Termin	Status
01	Sitzungsprotokoll erstellen	Nils Stocker	19.8.2026	Offen
02	Konzept Erarbeitung	Nils Stocker	6.9.2026	Offen
03	Hygieneanforerungen, Loging von costig24 und Lieferantenliste schicken	Pirmin Signer	20.8.2026	Offen
04	Arbeitsumfang mit Diplomcoach besprechen	Nils Stocker	28.8.2026	Offen

Protokoll erstellt von: Nils Stocker
Datum: 19.8.2026

Sitzungsprotokoll 26.8.2026

1. Allgemeine Angaben

Punkt	Angaben
Projekt:	Sitzung mit Pirmin Signer
Sitzung Nr.:	2
Datum:	26.8.2026
Zeit:	10:00 – 11:00 Uhr
Ort:	Lütisburg SG
Protokollführer:	Nils Stocker
Teilnehmer:	Pirmin Signer, Nils Stocker

2. Besprechungspunkte

- Aktueller Stand der Arbeit
- Ideen Sammlung horizontale Bewegung
- Unverlierbare Befestigungsmittel
- Aufbau der Konzeptanalyse

3. Besprechung und Ergebnisse

3.1 Aktueller Stand des Projekts

Der Aktuelle Stand der Arbeit wurde aufgezeigt und besprochen. Auch der jetzige Zeitaufwand wurde angeschaut.

Ergebnis:
So wie bisher weitermachen.

3.2 Ideensammlung horizontale Bewegung

Alle bisherig erarbeiteten Skizzen wurden präsentiert und individuell besprochen.

Ergebnis:

Die ersten Ideen wurden besprochen und es wurde auf die verschiedenen Baugruppen eingegangen. Im Vordergrund stand das Rollenpaket. Es wurde besprochen was möglich ist und welche Probleme das bestehende Rollpaket macht.

3.3 Unverlierbare Befestigungsmittel

Es wurde nochmals genau angeschaut, was diese unverlierbaren Befestigungsmittel erzielen soll und wo das Problem mit der aktuellen Lösung liegt.

Ergebnis:

Die Befestigungsmittel müssen entweder Einkaufsteile sein oder simpel konstruiert sein da die aktuelle Lösung mit einem erhöhten Fertigungsaufwand verbunden ist. Als hilfe wurde ein Buch mit möglichen Lösungsansätzen zu verfügung gestellt.

3.4 Aufbau der Konzeptanalyse

Es wurde die Formatierung, Umfang und die Vollständigkeit der, zum Zeitpunkt, erarbeiteten Konzepte der vertikalen Bewegung angeschaut. Dazu wurden Ergänzungen und Korrekturen gemacht.

Ergebnis:

Das erarbeitete wurde betrachtet und kontrolliert. Der Umfang ist passend und es wurde beschlossen noch einen Technischen Nachweis für die Konzepte zu machen und die Dimensionierungen und Konstruktionen zu belegen.

4. Aufgaben

Nr.	Aufgabe	Verantwortlich	Termin	Status
01	Sitzungsprotokoll erstellen	Nils Stocker	26.8.2026	Offen
02	Vertikale Bewegung fertig machen	Nils Stocker	6.9.2026	Offen
03	Unverlierbare Befestigungsmittel suchen	Nils Stocker	8.9.2026	Offen
03	Bearbeitung der zweiten Aufgabe	Nils Stocker	20.9.2026	Offen

Protokoll erstellt von: Nils Stocker

Datum: 26.8.2026

Sitzungsprotokoll 28.08.2026

1. Allgemeine Angaben

Punkt	Angaben
Projekt:	Diplomarbeitssitzung
Sitzung Nr.:	1
Datum:	28.08.2026
Zeit:	11:45 – 12:30 Uhr
Ort:	TEKO Glattbrugg
Protokollführer:	Nils Stocker
Teilnehmer:	Peter Müller, Nils Stocker

2. Besprechungspunkte

1. Aktueller Stand des Projekts
2. Definieren der Aufgaben im Pflichtenheft
3. Vollständigkeit des Pflichtenhefts
4. Änderungen oder Zusätze des Projekts
5. Zusätze und Änderungen Aufgabe 1
6. Zeitmanagement bezüglich Aufgabe 3

3. Besprechung und Ergebnisse

3.1 Aktueller Stand des Projekts

Der Aktuelle Stand der Arbeit wurde aufgezeigt und besprochen. Auch der jetzige Zeitaufwand wurde angeschaut.

Ergebnis:
So wie bisher weitermachen.

3.2 Definieren der Aufgaben im Pflichtenheft

Es wurde besprochen, wie ich die Aufgaben im Pflichtenheft definieren soll. Da ich schon in einem einzelnen Punkt vor dem Pflichtenheft erläutere, was die Aufgaben sind, will ich nichts doppelt machen.

Ergebnis:
Aufgaben im Pflichtenheft nur kurz erläutern und im Punkt Aufgabestellung tiefer darauf eingehen.

3.3 Vollständigkeit des Pflichtenhefts

Wir haben gemeinsam das Pflichtenheft angeschaut und bestimmt, welche Punkte noch ausführlicher aufgeschrieben werden müssen und was so schon passt.

Ergebnis:

Hygienemassnahmen und Modularisierung für schwere und leichte Ausführung der Maschine muss deutlicher erklärt werden.

3.4 Änderungen oder Zusätze des Projekts

Es sind Änderungen und Zusätze dazu gekommen und wir haben besprochen, wo diese dokumentiert werden müssen.

Ergebnis:

Die Änderungen und Zusätze sind im Pflichtenheft und bei Sitzungsprotokollen zu definieren, so dass es für den Experten nachvollziehbar ist, was gemacht wurde.

3.5 Zusätze und Änderungen Aufgabe 1

Bei Aufgabe 1 ist ein Zusatz dazugekommen. Es geht darum, dass zu den verlangten zwei Konzepten noch ein drittes Konzept erstellt werden soll. Dieses Konzept ist statt der Gleiter, wie bei den ersten zwei Konzepten, mit einer Rollenführung zu arbeiten.

Ergebnis:

Der Zusatz ist im Pflichtenheft und Sitzungsprotokoll zu definieren.

3.6 Zeitmanagement bezüglich Aufgabe 3

Da bei Aufgabe 1 mehrere Sachen dazugekommen sind muss ich die Aufgabe 3 aufgrund von zeitlichen Begrenzungen kürzen oder eventuell weglassen.

Ergebnis:

Die Entscheidung liegt bei mir. Ich muss es sauber im Pflichtenheft definieren und bei einem allfälligen Weglassen der Aufgabe dies in der Dokumentation aufschreiben.

4. Aufgaben

Nr.	Aufgabe	Verantwortlich	Termin	Status
01	Sitzungsprotokoll erstellen	Nils Stocker	29.08.2026	Offen
02	Sitzungsprotokoll Peter schicken	Nils Stocker	29.08.2026	Offen
03	Pflichtenheft vervollständigen	Nils Stocker	29.08.2026	Offen
04	Sitzungsprotokoll kontrollieren und unterschreiben.	Peter Müller	04.09.2026	Offen

Protokoll erstellt von: Nils Stocker
Datum: 29.08.2026

Nils Stocker

Peter Müller

Sitzungsprotokoll 15.10.2026

1. Allgemeine Angaben

Punkt	Angaben
Projekt:	Diplomarbeitssitzung
Sitzung Nr.:	2
Datum:	15.10.2026
Zeit:	12:00 – 13:00 Uhr
Ort:	Wil SG
Protokollführer:	Nils Stocker
Teilnehmer:	Peter Müller, Nils Stocker

2. Besprechungspunkte

1. Aktueller Stand der Arbeit
2. Allgemeine Betrachtung des Dokuments
3. Was kommt in den Anhang
4. Was kommt in welches Verzeichnis
5. Pläne und Dokumente von Firma
6. Umfang der Arbeit
7. Umgang mit KI

3. Besprechung und Ergebnisse

3.1 Aktueller Stand der Arbeit

Der aktuelle Stand der Arbeit wurde aufgezeigt und besprochen. Auch der jetzige Zeitaufwand wurde angeschaut.

Ergebnis:
So wie bisher weitermachen.

3.2 Allgemeine Betrachtung des Dokuments

Das Dokument wurde betrachtet und gezeigt, was bearbeitet wurde und wo noch allfällige Ergänzungen hingehören.

Ergebnis:
Das Dokument sieht grundlegend gut aus. Nur soll ich die technischen Nachweise in den Anhang packen.

3.3 Was kommt in den Anhang

Wir haben gemeinsam besprochen, welche Dokumente und Pläne in den Anhang gehören.

Ergebnis:

Alle Berechnungen wie auch alle Sitzungsprotokolle mit dem Diplomcoach wie auch diese von der Firma gehören in den Anhang.

3.4 Was kommt in welches Verzeichnis

Es wurde besprochen, welche Quellen und Angaben in welches Verzeichnis gehören.

Ergebnis:

Abbildungsverzeichnis sind alle Bilder, Literaturverzeichnis alle verwendeten Bücher, Tabellenverzeichnis muss erstellt werden, Quellen, welche von Webseiten sind, gehören ins Quellenverzeichnis. Interne Dokumente müssen aufgelistet werden.

3.5 Pläne und Dokumente von Firma

Es wurde besprochen, wie ich die internen Dokumente und Pläne der Firma, welche ich nicht freigeben darf, in das Quellenverzeichnis einbauen muss.

Ergebnis:

Interne Dokumente und Pläne müssen aufgelistet werden und mit einer Begründung, wieso ich diese nicht freigeben darf, in das Quellenverzeichnis eingebaut werden.

3.6 Umfang der Arbeit

Es wurde besprochen, ob der Umfang noch im Rahmen ist und wie viel ich schreiben darf.

Ergebnis:

Es müssen die Vorgaben der Schule, 12'000 Wörter, erreicht werden und alles was darüber ist, ist noch im Rahmen. Kurz gesagt, ich darf alles ins Detail aufschreiben.

3.7 Umgang mit KI

Es wurde besprochen, was ich alles mit KI machen darf. Der Fokus lag dabei auf der Korrektur der Arbeit und wie ich das im Dokument angeben muss.

Ergebnis:

Ich darf die Arbeit in einem KI-Tool auf Rechtschreibung korrigieren lassen und muss dies bei einem separaten Punkt, Bezug zu KI, aufschreiben.

4. Aufgaben

Nr.	Aufgabe	Verantwortlich	Termin	Status
01	Sitzungsprotokoll erstellen	Nils Stocker	18.10.2026	Offen
02	Sitzungsprotokoll Peter schicken	Nils Stocker	18.10.2026	Offen
03	Verzeichnisse vervollständigen	Nils Stocker	18.10.2026	Offen
04	Anhang ausarbeiten	Nils Stocker	18.10.2026	Offen
05	Interne Dokumente in der Arbeit definieren	Nils Stocker	18.20.2026	Offen
06	Sitzungsprotokoll kontrollieren und unterschreiben	Peter Müller	04.09.2026	Offen

Protokoll erstellt von: Nils Stocker
Datum: 18.10.2026

N. Stocker
.....

Nils Stocker

P. Müller
.....

Peter Müller