Antriebstrommellagerung eines Bandförderers

**Konstruktionsentwurf im Fach Konstruktionslehre 3**

des Studienganges Maschinenbau

an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Heidenheim an der Brenz

von

Hofmann, Tanja

Hopf, Marie

Langohr, Anika

Tiroch, Matthias

Abgabe: 28. November 2019

Bearbeitungszeitraum 9 Wochen

Matrikelnummern 3662013, 1790705, 3225750

Kurs TM 2018 KM

Ausbildungsfirma BSH, Bosch AS,

Inhaltsverzeichnis

[1 Einleitung 5](#_Toc22631236)

[1.1 Vorgehen 5](#_Toc22631237)

[1.2 Terminplan 5](#_Toc22631238)

[1.3 Anforderungsliste 5](#_Toc22631239)

[1.4 Morphologischer Kasten 6](#_Toc22631240)

[2 Welle 9](#_Toc22631241)

[2.1 Lageplan und Schnittgrößenverlauf der Kräfte 9](#_Toc22631242)

[2.2 Berechnung der Wellenquerschnitte und Auswahl des Werkstoffes 9](#_Toc22631243)

[2.2.1 Variante A - Schweißkonstruktion 10](#_Toc22631244)

[2.2.2 Variante B - Spannpressverband 10](#_Toc22631245)

[2.3 Wellendurchbiegung und Biegewinkel in den Lagerstellen 10](#_Toc22631246)

[2.4 Bewertung der Haltbarkeit unter statischer Belastung 10](#_Toc22631247)

[2.5 Bewertung der Haltbarkeit unter dynamischer Belastung 10](#_Toc22631248)

[2.5.1 Variante A - Schweißkonstruktion 10](#_Toc22631249)

[2.5.2 Variante B - Spannpressverband 10](#_Toc22631250)

[3 Trommel 11](#_Toc22631251)

[3.1 Auslegung der Verbindung Welle - Trommel 11](#_Toc22631252)

[3.1.1 Variante A – Schweißkonstruktion 11](#_Toc22631253)

[3.1.2 Variante B – Spannpressverband 12](#_Toc22631254)

[3.2 Abgewickelte Länge der Trommel 12](#_Toc22631255)

[4 Lager 13](#_Toc22631256)

[4.1 Berechnung der Lagerkräfte 13](#_Toc22631257)

[4.2 Auswahl der Lager 13](#_Toc22631258)

[4.3 Dynamische Tragzahlen und Lagerlebensdauer 13](#_Toc22631259)

[4.4 Schmierung der Lager und Abdichtung 13](#_Toc22631260)

[4.5 Kaufteildokumentation der Lager 13](#_Toc22631261)

[4.6 Schraubenberechnung des Deckels 13](#_Toc22631262)

[4.7 Lagerböcke 13](#_Toc22631263)

[4.7.1 Schraubenberechnung 13](#_Toc22631264)

[5 Antrieb 14](#_Toc22631265)

[5.1 Auswahl des Elektromotors 14](#_Toc22631266)

[5.2 Auslegung des Dreifach-Kettentriebes 14](#_Toc22631267)

[5.3 Auslegung der Keilwellenverbindung zwischen Welle und Kettenrad 24](#_Toc22631268)

[5.4 Axiale Fixierung des Kettenrades 25](#_Toc22631269)

[6 Alternative Bauform mit gedrehtem Antrieb 26](#_Toc22631270)

[6.1 Berechnung der Lagerkräfte 26](#_Toc22631271)

[6.2 Änderungen bzgl. der Lagerauswahl 26](#_Toc22631272)

[7 Montage- und Demontageanleitung 27](#_Toc22631273)

[8 Visualisierung 28](#_Toc22631274)

[8.1 Gesamtansicht 28](#_Toc22631275)

[8.2 Explosionsansicht 30](#_Toc22631276)

[9 Literaturverzeichnis 31](#_Toc22631277)

Anhang

1. Norelem, Technischer Hinweis für O-Ringe, S.5
2. COG, Das O-Ring 1x1 - Alles rund um die O-Ring-Dichtung S.13-25
3. COG, Elastomerdichtungen für höchste Anforderungen, S. 20
4. igus, Der Allround-Klassiker - Iglidur® G, S. 1-6
5. Kaiser & Waltermann, Rohrabschnitte, S.1-2
6. Spannkraftverlauf 5 bar
7. Prinzipskizze
8. Zusammenbauzeichnung
9. Einzelteilzeichnungen (Kolbenstange, Deckel, Finger, Führungsstange, Gehäuse, Gelenkteil, Kolben)
10. Stückliste
11. Montage- und Demontageanleitung
12. Datenblatt
13. Projektzeitplan
14. Aufgabenstellung
15. Team- Checkliste
16. Eigenständigkeitserklärung

# Einleitung

Bandförderer, umgangssprachlich auch Förderbänder genannt, übernehmen in Produktionsprozessen eine wichtige Rolle. Stetigförderer sorgen dafür, dass Roh- oder Fertigteile auch über weite Distanzen und in hoher Stückzahl zum nächsten Bearbeitungsschritt transportiert werden können. Eine zentrale Rolle nimmt die Antriebstrommel ein. Deshalb soll in der folgenden Arbeit eine Antriebstrommel mit Lagerung entwickelt werden, die speziell an die vorgegebenen Bedürfnisse angepasst ist.

Die Antriebstrommellagerung des Bandförderers wird auf der Basis exakter Auslegungsrechnungen konstruiert und mit gängigen Referenzwerten auf die Haltbarkeit bei dynamischer Belastung geprüft. Die Visualisierung der Antriebstrommellagerung ist einer ausführlichen CAD- Datei mit passender Stückliste zu entnehmen.

## Vorgehen

Nach dem folgenden Schema wurden die notwendigen Berechnungen sortiert und organisiert.

## Terminplan

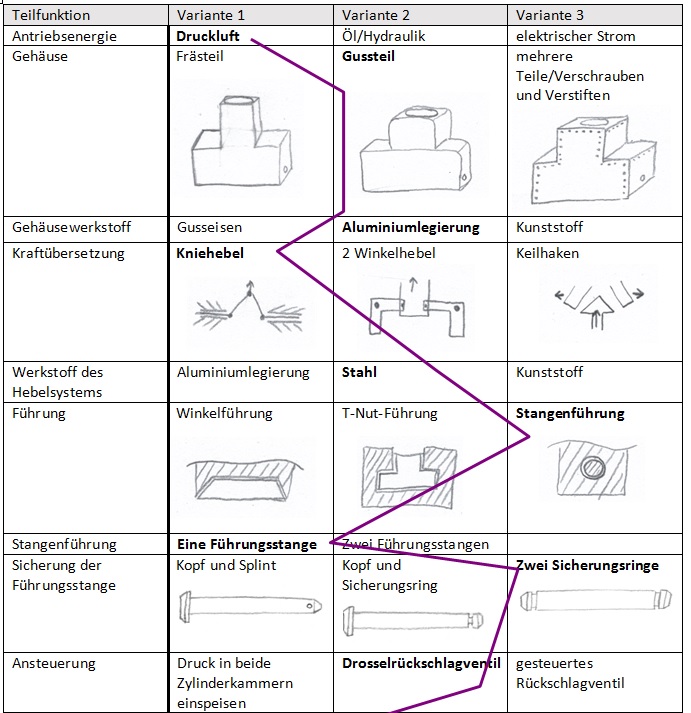
## Anforderungsliste

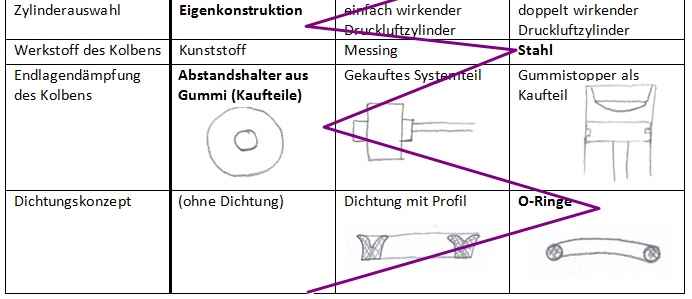
In der folgenden Anforderungsliste werden alle Forderungen und Wünsche an den Parallelgreifer zusammengestellt. Diese Zusammenstellung dient dazu, eine übersichtliche Darstellung der geforderten Randbedingungen zu bekommen.

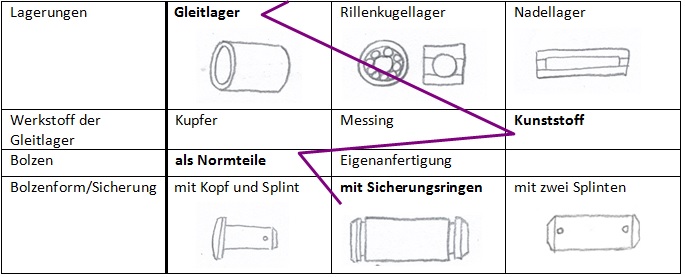


## Morphologischer Kasten

Da es eine Vielzahl an einzelnen Teilfunktionen und anschließenden Gesamtlösungsprinzipien gibt, wurde ein morphologischer Kasten erstellt. Ziel der Gegenüberstellung ist, die optimale Kombination der verschiedenen Varianten zu finden.







# Welle

## Kräfte und Momente auf die Welle

Die Kettenkraft kann ermittelt werden durch die Aufstellung eines Momentengleichgewichts in der Y-Z-Ebene:



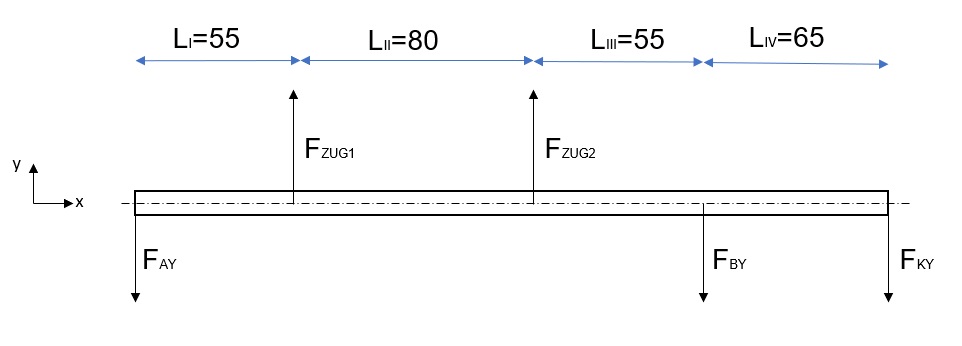
(

Das idealisierte Drehmoment beträgt:

Mit dem Kettenwinkel von 45° ergibt sich mit dem Satz des Pythagoras:

Lagerkräfte ohne Berücksichtigung der Gewichtskraft

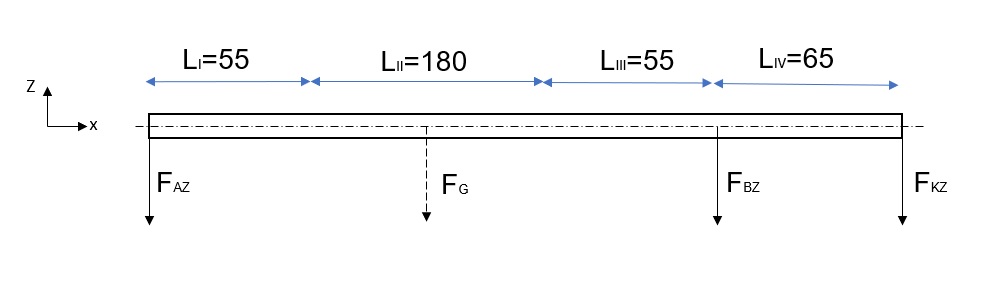
x-y-Ebene



Moment um Lager A gegen den Uhrzeigersinn:

↑

x-z-Ebene



Moment um Lager A im Uhrzeigersinn:

↑

Zusammenfassung der Lagerkräfte

## Lageplan und Schnittgrößenverlauf der Kräfte

## Berechnung der Wellenquerschnitte und Auswahl des Werkstoffes

Um einen Anhaltspunkt für weitere Berechnungen zu haben, wird der ungefähre Durchmesser der Welle durch Überschlagsrechnung ermittelt. Verwendet wurden die Formeln nach Steinhilper 4.3 und 4.6. Als Anwendungsfaktor KA ist der Wert 1,25 gewählt.

Der Werkstoff ist 42CrMo4, die Werkstoffdaten dafür stammen aus Decker Tabelle 1.8.

a) Nur Drehmoment/Torsion

b) Mit Biegung

🡪Anfangswelle Ø40mm

### Variante A - Schweißkonstruktion

### Variante B - Spannpressverband

## Wellendurchbiegung und Biegewinkel in den Lagerstellen

## Bewertung der Haltbarkeit unter statischer Belastung

## Bewertung der Haltbarkeit unter dynamischer Belastung

Smith-Diagramm

### Variante A - Schweißkonstruktion

### Variante B - Spannpressverband

# Trommel

## Auslegung der Verbindung Welle - Trommel

### Variante A – Schweißkonstruktion

Berechnung der vorliegenden Spannungen (=reine Torsion)

Zur Berechnung der vorhandenen Torsionsspannung wurde die untenstehende Formel aus dem Manuskript „Konstruktionslehre II“ von Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz (Stuttgart, 2010) entnommen. Die Formeln finden sich auf den Seiten 8-13 und 8-15.

Um einen Wert für die zulässige Torsionsspannung zu erhalten wurde die Tabelle 4.4 aus dem Manuskript „Maschinenelemente, Tabellen und Diagramme“ von Decker (20. Auflage, Hanser Verlag München, 2018) herangezogen. Um den „worst case“ anzunehmen wurde als Werkstoff S235 gewählt und die Bewertungsgruppe D.

Verwendet wird der Werkstoff 42CrMo4. Für ihn sind noch höhere Spannungen zulässig. Dies wird beim Vergleich der beiden Streckgrenzen deutlich:

Spannungsnachweis

* Die Schweißverbindung hält den vorhandenen Belastungen stand.

Die außenliegende Schweißnaht wird nicht separat berechnet. Die Spannungen sind dort ein Bruchteil der ohnehin kleinen Spannungen der inneren Naht. Dies liegt an der größeren Fläche der Naht bei gleichem Durchmesser.

### Variante B – Spannpressverband

## Abgewickelte Länge der Trommel

# Lager

## Berechnung der Lagerkräfte

## Auswahl der Lager

## Dynamische Tragzahlen und Lagerlebensdauer

## Schmierung der Lager und Abdichtung

## Kaufteildokumentation der Lager

## Schraubenberechnung des Deckels

## Lagerböcke

### Schraubenberechnung

# Antrieb

## Auswahl des Elektromotors

Motor von NORD Getriebebau, 85 U/min, 247Nm

## Auslegung des Dreifach-Kettentriebes

**Option 1 - mit Übersetzung mit 08B-Kette**

Motor von SEW, 89 U/min, 230Nm

Kettengröße nach DIN 8187: 08B

Berechnung nach Decker Gleichungen 25.13 bis 25.26 [1]

Übersetzung

🡪z1=40, z2=45 Mit dem Index „1“ wird das kleinere Rad gekennzeichnet, in diesem Fall das treibende Rad auf der Motorenwelle. Die Übersetzung wird nicht exakt die Drehzahl n=80 1/min an der Welle liefern. Die Drehzahl ist laut Anforderungsliste leicht variierbar.

🡪hinreichend nahe an der gewünschten Drehzahl von 80 1/min (Abweichung 1,1%)

Auswahl der Dreifach-Kettenräder

Antriebskettenrad:

Abtriebskettenrad:

Korrigierte Leistung

Mit f1 … Betriebsfaktor zur Berücksichtigung ungleichförmigen Betriebes nach Tab. 25.4, gewählt: f1=1,0, da gleichförmig stoßfreier Lauf für treibende und angetriebene Maschine gegeben ist

Mit f2 … Zähnezahlfaktor, der die Auswirkungen der Zähnezahl z1 des Kleinrades berücksichtigt nach Tab. 25.7, gewählt: f2=0,45 da z1=40

Kettengeschwindigkeit

Gliederzahlfaktor

Gliederzahl

Mit a0 …vorläufig gewählter Achsabstand, gewählt: a0=500mm

Übersetzungsfaktor

Achsabstand

Mit f4 … Achsabstandsfaktor nach Tabelle 25.8, gewählt: f4=0,24222 da fÜ=1,8

Günstige Achsabstände erfüllen die Gleichung . Bei vorliegenden Bedingungen ergibt sich: , entsprechend ist diese Vorgabe erfüllt.

Tragfähigkeitsberechnung der Kette

Statische Zugkraft in der Kette

Dynamische Zugkraft in der Kette

Für Auswahl von f1 siehe Berechnung der korrigierten Leistung.

Fliehkraftzug

Mit q … Längengewicht der Kette nach Tabelle 25.2, für Dreifachketten 08B ergibt sich q=2,0 kg/m

Gesamtzugkraft

Statische Bruchsicherheit

Mit FB … Bruchraft der Kette nach Tabelle 25.2, für Dreifach-Rollenkette 08B: FB=47,5kN

Dynamische Bruchsicherheit

Gelenkpressung

Mit A … gepresste Gelenkfläche nach Tabelle 25.2, A = 1,51cm2 für Dreifachkette 08B

Zulässige Gelenkpressung nach Tabelle 25.9

Wert gilt für v=0,8 m/s, i=1, X=100, Dreifach-Kette. Für die exakten Abmaße des Kettentriebs gelten leicht höhere Werte.

Lebensdauernachweis

Für gilt , für gilt bereits . Da der berechnete Wert mit 1,17 näher an 1,2 liegt, ist davon auszugehen, dass die Lebensdauer die erforderliche Lebensdauer von 30000h des Gesamtsystems in jedem Fall überschreiten wird.

Wahl der Schmierung

Die angegebene Lebensdauer der Kette kann nur im Falle ausreichender Schmierung gewährleistet werden. In Frage kommen eine manuelle Schmierung mit Pinsel oder Ölkanne, Tröpfchenschmierung oder Tauchschmierung. Nach Decker, Diagramm 25.3, wird für Ketten des Typs 08 bei einer Kettengeschwindigkeit über 0,7 m/s eine Tropfschmierung empfohlen. Diese Vorrichtung ist ein Zukaufteil und wird ??? montiert.

**Option 2 - ohne Übersetzung mit 08B-Kette**

Motor von NORD Getriebebau, 85 U/min, 247Nm

Kettengröße nach DIN 8187: 08B

Berechnung nach Decker Gleichungen 25.13 bis 25.26 [1]

Übersetzung

🡪z1=45, z2=45

Die Drehzahl wird nicht genau n=80 1/min an der Welle betragen, ist allerdings laut Anforderungsliste leicht variierbar. Abweichung: 6,25%

Auswahl der Dreifach-Kettenräder

Antriebskettenrad:

Abtriebskettenrad:

Korrigierte Leistung

Mit f1 … Betriebsfaktor zur Berücksichtigung ungleichförmigen Betriebes nach Tab. 25.4, gewählt: f1=1,0, da gleichförmig stoßfreier Lauf für treibende und angetriebene Maschine gegeben ist

Mit f2 … Zähnezahlfaktor, der die Auswirkungen der Zähnezahl z1 des Kleinrades berücksichtigt nach Tab. 25.7, gewählt: f2=0,39 da z1=45

Kettengeschwindigkeit

Gliederzahlfaktor

Gliederzahl

Mit a0 …vorläufig gewählter Achsabstand, gewählt: a0=500mm

Achsabstand

Günstige Achsabstände erfüllen die Gleichung . Bei vorliegenden Bedingungen ergibt sich: , entsprechend ist diese Vorgabe erfüllt.

Tragfähigkeitsberechnung der Kette

Statische Zugkraft in der Kette

Dynamische Zugkraft in der Kette

Für Auswahl von f1 siehe Berechnung der korrigierten Leistung.

Fliehkraftzug

Mit q … Längengewicht der Kette nach Tabelle 25.2, für Dreifachketten 10B ergibt sich q=2,8 kg/m

Gesamtzugkraft

Statische Bruchsicherheit

Mit FB … Bruchraft der Kette nach Tabelle 25.2, für Dreifach-Rollenkette 08B: FB=47,5kN

Dynamische Bruchsicherheit

Gelenkpressung

Mit A … gepresste Gelenkfläche nach Tabelle 25.2, A = 1,51cm2 für Dreifachkette 08B

Zulässige Gelenkpressung nach Tabelle 25.9

Wert gilt für v=0,8 m/s, i=1, X=100, Dreifach-Kette. Für die exakten Abmaße des Kettentriebs gelten leicht höhere Werte.

Lebensdauernachweis

Für gilt , für gilt bereits . Genauere Angaben sind in der gewählten Literatur nicht auffindbar.

Wahl der Schmierung

Die angegebene Lebensdauer der Kette kann nur im Falle ausreichender Schmierung gewährleistet werden. In Frage kommen eine manuelle Schmierung mit Pinsel oder Ölkanne, Tröpfchenschmierung oder Tauchschmierung. Nach Decker, Diagramm 25.3, wird für Ketten des Typs 08 bei einer Kettengeschwindigkeit über 0,7 m/s eine Tropfschmierung empfohlen. Diese Vorrichtung ist ein

**Option 3 - ohne Übersetzung mit 10B-Kette**

Motor von NORD Getriebebau, 85 U/min, 247Nm

Kettengröße nach DIN 8187: 10B

Berechnung nach Decker Gleichungen 25.13 bis 25.26 [1]

Übersetzung

🡪z1=35, z2=35

Die Drehzahl wird nicht genau n=80 1/min an der Welle betragen, ist allerdings laut Anforderungsliste leicht variierbar. Abweichung: 6,25%

Auswahl der Dreifach-Kettenräder

Antriebskettenrad:

Abtriebskettenrad:

Korrigierte Leistung

Mit f1 … Betriebsfaktor zur Berücksichtigung ungleichförmigen Betriebes nach Tab. 25.4, gewählt: f1=1,0, da gleichförmig stoßfreier Lauf für treibende und angetriebene Maschine gegeben ist

Mit f2 … Zähnezahlfaktor, der die Auswirkungen der Zähnezahl z1 des Kleinrades berücksichtigt nach Tab. 25.7, gewählt: f2=0,52 da z1=35

Kettengeschwindigkeit

Gliederzahlfaktor

Gliederzahl

Mit a0 …vorläufig gewählter Achsabstand, gewählt: a0=500mm

Achsabstand

Günstige Achsabstände erfüllen die Gleichung . Bei vorliegenden Bedingungen ergibt sich: , entsprechend ist diese Vorgabe erfüllt.

Tragfähigkeitsberechnung der Kette

Statische Zugkraft in der Kette

Dynamische Zugkraft in der Kette

Für Auswahl von f1 siehe Berechnung der korrigierten Leistung.

Fliehkraftzug

Mit q … Längengewicht der Kette nach Tabelle 25.2, für Dreifachketten 10B ergibt sich q=2,8 kg/m

Gesamtzugkraft

Statische Bruchsicherheit

Mit FB … Bruchraft der Kette nach Tabelle 25.2, für Dreifach-Rollenkette 10B: FB=66,7kN

Dynamische Bruchsicherheit

Gelenkpressung

Mit A … gepresste Gelenkfläche nach Tabelle 25.2, A = 2,02cm2 für Dreifachkette 10B

Zulässige Gelenkpressung nach Tabelle 25.9

Wert gilt für v=0,8 m/s, i=1, X=50, Dreifach-Kette. Für die exakten Abmaße des Kettentriebs gelten leicht höhere Werte.

Lebensdauernachweis

Für gilt , für gilt bereits . Da der berechnete Wert mit 1,24 über 1,2 liegt, wird die geforderte Lebensdauer von 30000h sogar überschritten.

Wahl der Schmierung

Die angegebene Lebensdauer der Kette kann nur im Falle ausreichender Schmierung gewährleistet werden. In Frage kommen eine manuelle Schmierung mit Pinsel oder Ölkanne, Tröpfchenschmierung oder Tauchschmierung. Nach Decker, Diagramm 25.3, wird für Ketten des Typs 10 bei einer Kettengeschwindigkeit über 0,6 m/s eine Tropfschmierung empfohlen. Diese Vorrichtung ist ein Zukaufteil und wird ??? montiert.

Zukaufteil und wird ??? montiert.

Vergleich der drei Optionen

Die Abtriebskettenräder mit ihren Zähnezahlen mussten aufgrund ihres Durchmessers von ca. 184mm laut Anforderungsliste gewählt werden. Ist dieser Durchmesser einbautechnisch bedingt, ist die Wahl von Option 3 (ohne Übersetzung und mit 10B-Kette) unumgänglich. Andererseits ist die relativ grobe 10B-Kette überdimensioniert und deshalb rein kräftetechnisch nicht notwendig. Spielt die Drehzahlabwichung um 6,25% vom gewünschten Wert 80 1/min keine Rolle, so kann Option 2 (ohne Übersetzung mit 08B-Kette) angewendet werden. Ein Vorteil ist auch, dass durch zwei gleiche Kettenräder eine Zukaufteilvariante weniger bestellt werden muss. Aus Montagegründen ist dies zu befürworten. Option 1 mit Übersetzung verkompliziert den Einkauf nur unnötig, sie wäre lediglich im Falle eines signifikanten Preisunterschiedes zwischen den beiden Motoren erwägenswert.

Für die Konstruktion des Bandförderers wird wegen den oben ausgeführten Überlegungen Option 2 gewählt.

## Auslegung der Keilwellenverbindung zwischen Welle und Kettenrad

Die Keilwelle wird nach Decker, Formel 12.3, berechnet.

Gewählt: DIN ISO 14, mittlere Reihe, 6x28x34, Innenzentrierung, Traglänge 25mm

Flankenpressung

Mit

Mit

Bei einseitigen starken Stößen und Stahl als Wellenwerkstoff (nach Decker Tab. 12.1):

Das Dreifach-Kettenrad ist 34,9mm breit, das heißt, seine Traglänge ist größer als 25mm und die Sicherheit somit auch noch höher-

## Axiale Fixierung des Kettenrades

Die axiale Fixierung des Kettenrades erfolgt mit einer Sicherungsmutter. Sicherungsmuttern sind im Gewinde polygonförmig, sodass beim Anziehen plastische Verformung auftritt und die Mutter somit vor Verlieren gesichert ist. Die Sicherungsmutter ist ein Einwegteil, kann also bei einer Demontage nicht wiederverwendet werden. Da es sich jedoch um ein Standardteil handelt, stellt dies kein Problem dar.

# Alternative Bauform mit gedrehtem Antrieb

## Berechnung der Lagerkräfte

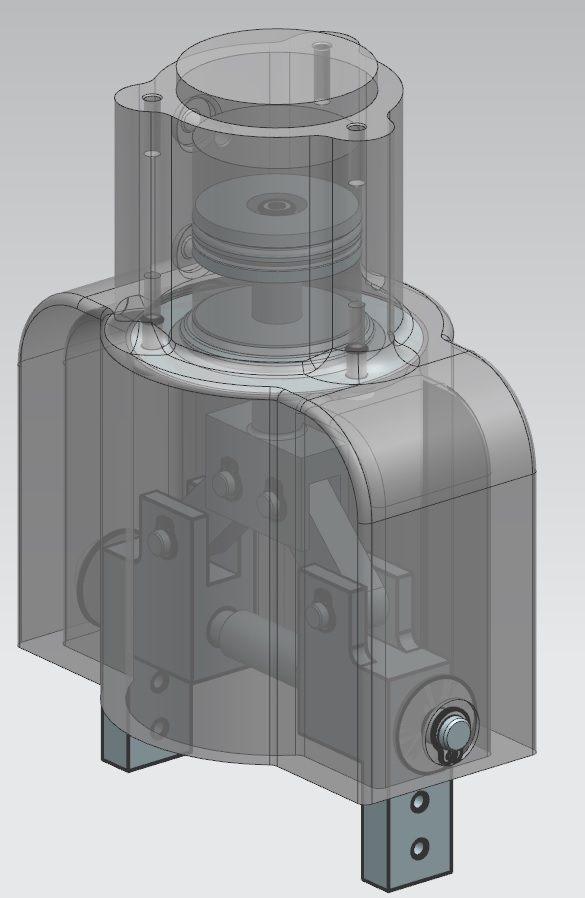
## Änderungen bzgl. der Lagerauswahl

# Montage- und Demontageanleitung

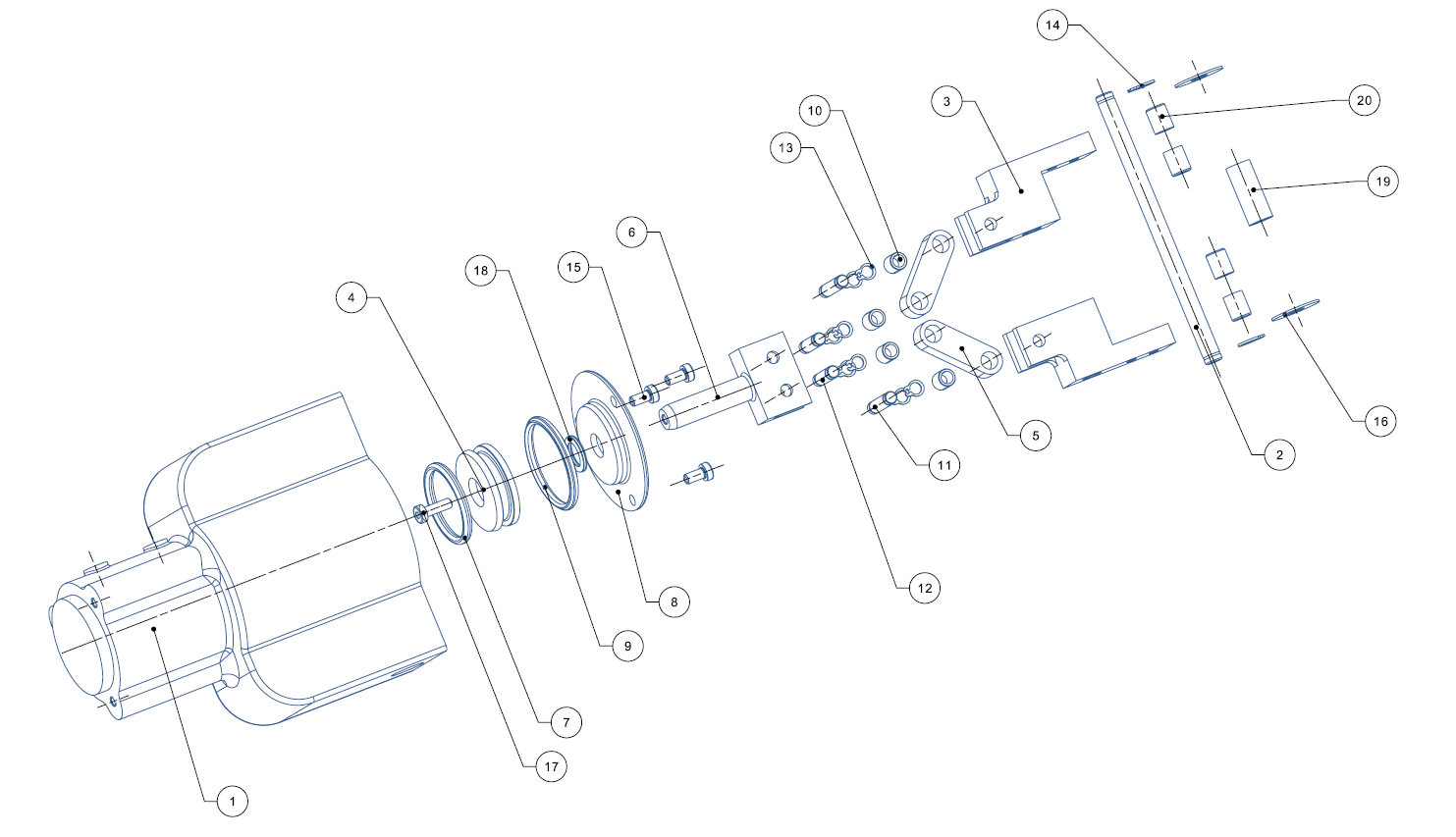
# Visualisierung

## Gesamtansicht

Der Parallelgreifer wurde mithilfe eines CAD- Systems wie folgt animiert:



## Explosionsansicht



# Literaturverzeichnis