

Auslegung von Stetigförderern mit Kunststoffgleitketten

Jens Sumpf*, Ralf Bartsch, André Bergmann

Technische Universität Chemnitz; Institut für Fördertechnik und Kunststoffe; Professur Förder- und Materialflusstechnik

* Korrespondenz: jens.sumpf@mb.tu-chemnitz.de; Tel.: +49 371 531-32853

Erstveröffentlichung: Vortrag, 9. VDI-Fachkonferenz Umschlingungsgetriebe, Stuttgart, 11. Dezember 2018

Onlineveröffentlichung: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa2-331286>

KURZFASSUNG Transportketten aus thermoplastischen Kunststoffen gehören zu den am häufigsten eingesetzten Zugmitteln in der Stetigfördertechnik. Wesentliche Vorteile, insbesondere gegenüber Stahlketten, sind eine geringe Masse, eine hocheffiziente Fertigung sowie sehr gute Reibungs- und Verschleißigenschaften, die den schmierungsfreien Betrieb der Förderer ermöglichen. Die Dimensionierung der Förderanlagen erfolgt primär über eine zulässige Kettenzugkraft. Das setzt voraus, dass sowohl die im System vorherrschende als auch die für die Kette ertragbare Zugkraft bekannt ist. Der Beitrag behandelt zum einen die Herausforderungen bei der Ermittlung dieser Werte, z. B. lastabhängige Reibkoeffizienten und fehlende Dauerfestigkeitswerte. Zum anderen wird auf die reibungsbedingte Erwärmung der Gleitelemente eingegangen. Diese beeinflusst signifikant die mechanischen Eigenschaften und führt teilweise zum Aufschmelzen der Kunststoffelemente, wird jedoch nach den üblichen Dimensionierungsmethoden nicht berücksichtigt.

SCHLAGWÖRTER Fördertechnik, Transportketten, Gleitelemente, Dimensionierung, Tribologie, Reibwert, Verschleiß, Temperatur, thermoplastischer Kunststoff

ABSTRACT *Design of Continuous Conveyors with Plastic Sliding Chains:* Transport chains made of thermoplastic materials are among the most frequently used traction mechanisms in continuous conveying technology. Fundamental advantages, in particular compared to steel chains, are a low mass, a highly efficient production and excellent friction and wear properties that allow lubrication-free operation of conveyors. The dimensioning of conveyor systems is primarily carried out via a permissible chain tractive force. This presupposes that the system's prevailing forces and the chain's maximum allowable tractive force are known. The paper deals on the one hand with the challenges of identifying these values, such as load-depending coefficients of friction and missing fatigue strength values. On the other hand, the friction-induced heating of the sliding elements is discussed. This heating significantly affects the mechanical properties and partially leads to melting of the plastic elements, but is not taken into account by the common dimensioning methods.

KEYWORDS materials handling, transport chains, sliding elements, dimensioning, tribology, coefficient of friction, wear, temperature, thermoplastic polymer

9. VDI-Fachkonferenz
Umschlingungsgetriebe 2018

VDI Wissensforum

Auslegung von Stetigförderern mit Kunststoffgleitketten

Dr. Jens Sumpf, Dr. Ralf Bartsch, André Bergmann

Gliederung

1. TU Chemnitz – Forschungsgruppe Zugmittel und Tribologie
2. Stetigförderer mit Kunststoffgleitketten
 - Aufbau und Eigenschaften
 - Werkstoffe
3. Übliches Vorgehen bei der Dimensionierung
 - Berechnung der vorliegenden Kettenzugkraft
 - Dimensionierung nach der zulässigen Kettenzugkraft
4. Tribologische und mechanische Aspekte bei der Dimensionierung
 - Ausfallursachen von Gleitkettenförderern
 - Reibungs- und Verschleißverhalten
 - Mechanische Prüfung der Gleitketten
5. Zusammenfassung und Ausblick

Forschungsgruppe Zugmittel und Tribologie

Forschungsgruppe

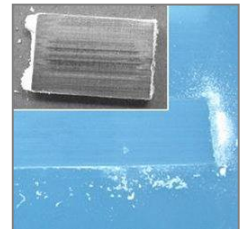
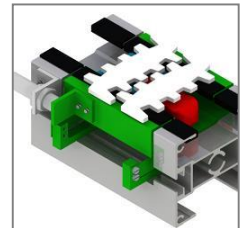
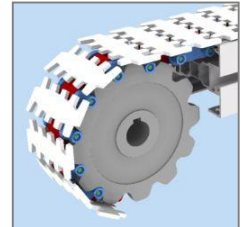
- 7 wissenschaftliche Mitarbeiter
- Zuordnung zur Professur Förder- und Materialflusstechnik (ca. 60 Mitarbeiter) am Institut für Fördertechnik und Kunststoffe

Arbeitsschwerpunkte

- fördertechnische Zug- und Tragmittel, vorzugsweise aus Kunststoff
- Systemanalyse und Zustandsüberwachung von Stetigfördersystemen u. a. unter ökologischen Gesichtspunkten
- Dimensionierungsgrundlagen für Zug- und Tragmittel sowie komplette Fördersysteme
- Grundlagenforschung zu Reibung und Verschleiß von Kunststoffgleitpaarungen

Internet

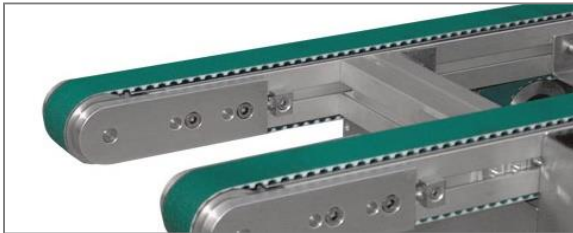
www.gleitketten.de



Fördertechnische Zugmittel

Zahnriemen und Gurte

- Transportzahnriemen
- Bänder und Gurte



[Bildquellen: AT18]

Stahlketten (ggf. mit Kunststoffanteil)

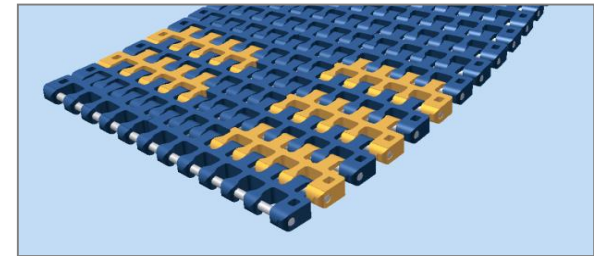
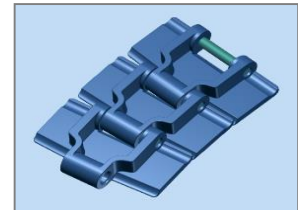
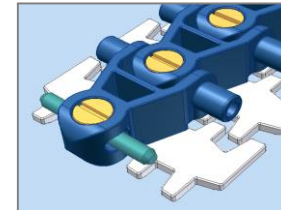
- Stahlgelenkketten
- Scharnierbandketten
- Ketten mit Kunststoffelementen,
z. B. Tragclips, Rollen usw.



[Bildquellen: Wi18, iwis18, AB18]

Kunststoffketten

- Multiflexketten
- Scharnierbandketten
- Mattenketten



Gliederung

1. TU Chemnitz – Forschungsgruppe Zugmittel und Tribologie
- 2. Stetigförderer mit Kunststoffgleitketten**
 - Aufbau und Eigenschaften
 - Werkstoffe
3. Übliches Vorgehen bei der Dimensionierung
 - Berechnung der vorliegenden Kettenzugkraft
 - Dimensionierung nach der zulässigen Kettenzugkraft
4. Tribologische und mechanische Aspekte bei der Dimensionierung
 - Ausfallursachen von Gleitkettenförderern
 - Reibungs- und Verschleißverhalten
 - Mechanische Prüfung der Gleitketten
5. Zusammenfassung und Ausblick

Kettentypen

Scharnierbandketten

Stahl oder Kunststoff (POM, PBT, PA)



[Bildquelle: AB18]



Bolzenverbindung



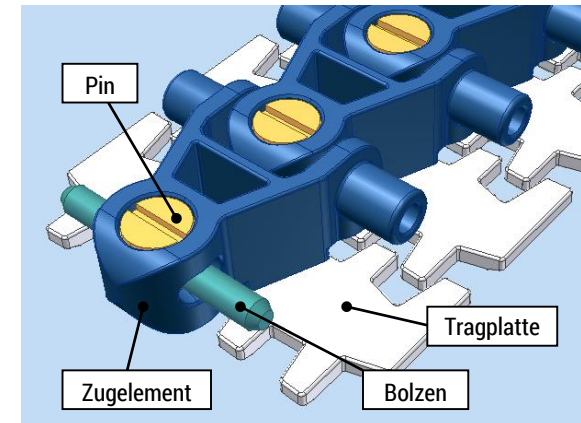
Bolzenverbindung mit Spiel

geradgängig

kurvengängig

Multiflexketten

Kunststoff



kardanisches Gelenk
(Pin-Bolzen-Verbindung)

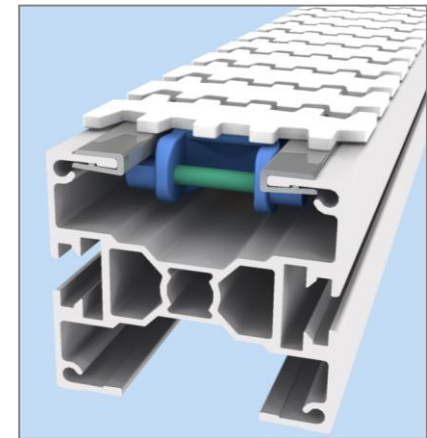
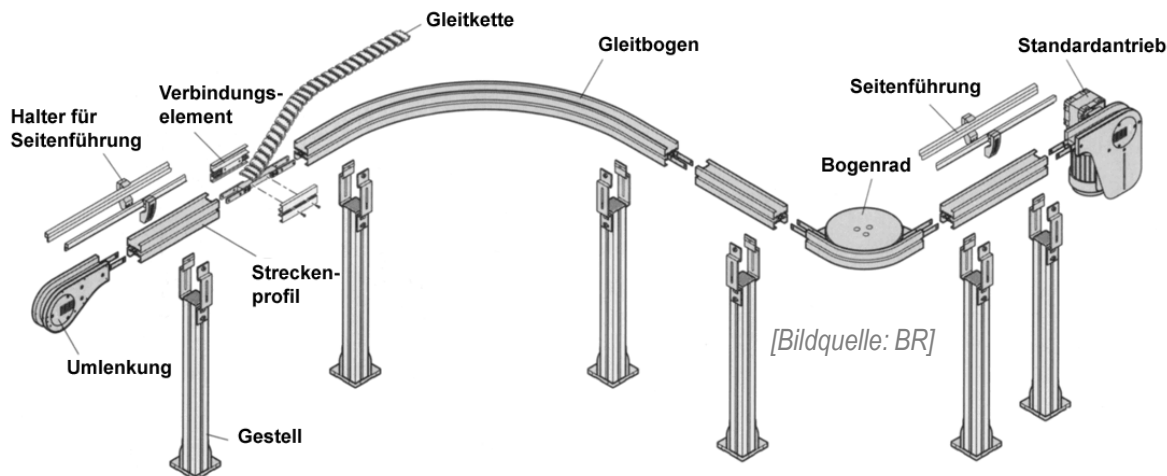
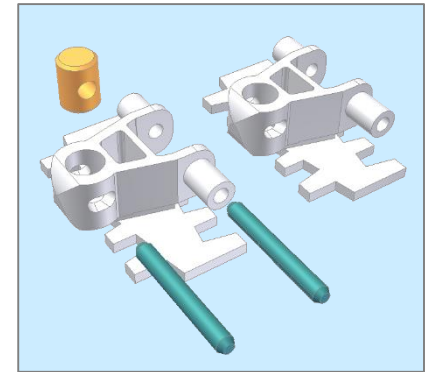
Bauformen von Scharnierband- und Multiflexketten (Auswahl)



[Bildquellen: AB18, Aue06]

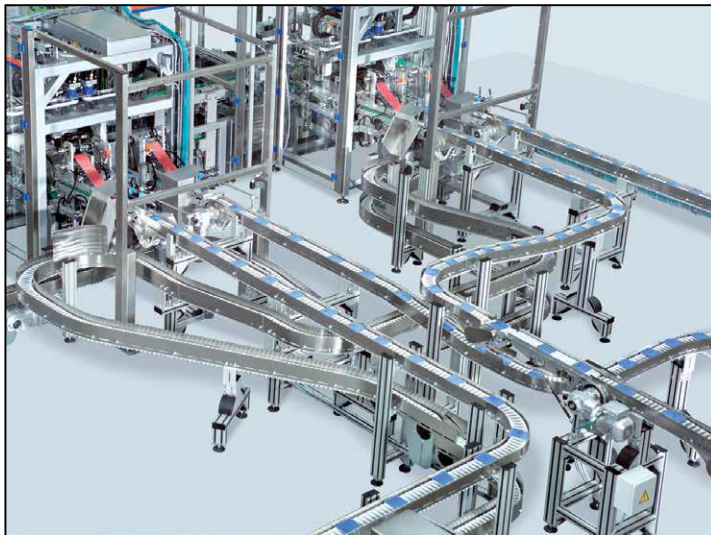
Multiflexkettenförderer – Aufbau und Eigenschaften

- meist einsträngige Förderer
- leichte Stückgüter bis etwa 20 kg, Geschwindigkeit bis 1 m/s
- modularer Aufbau mit Streckenprofile aus Aluminium oder Edelstahl
- geringe horizontale Umlenkradien (ca. 150 mm)
 - Einsatz von Bogenrädern möglich → keine Kurvenreibung
 - platzsparend, sehr flexible Streckenverläufe realisierbar



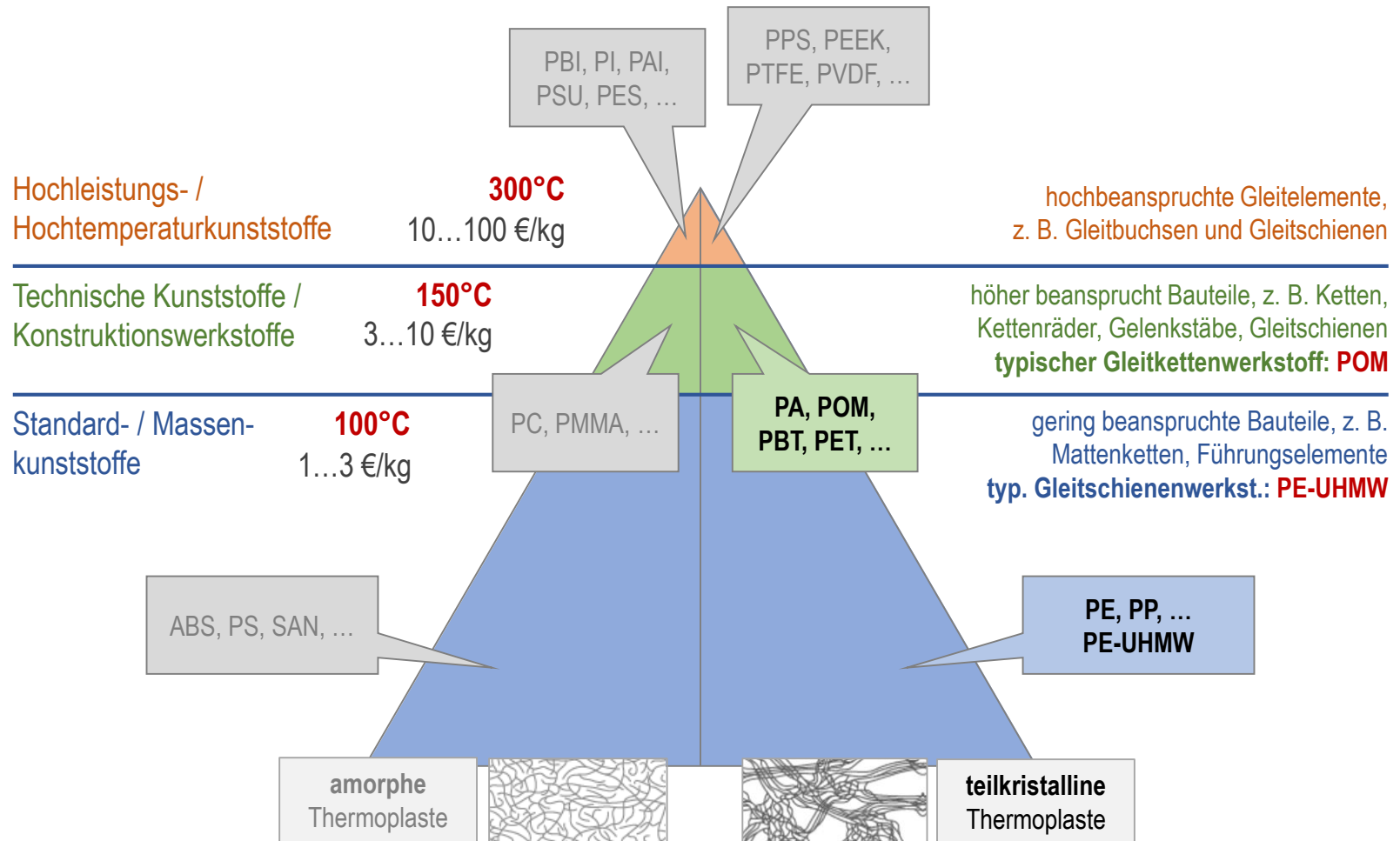
Multiflexkettenförderer – Einsatzgebiete

- Nahrungsmittel-, Verpackungs-, Elektro-, Pharmaindustrie usw.
 - hohe Anforderungen an Hygiene, Abrieb (Reinraum), elektrostatische Aufladung
 - ggf. Beständigkeit gegenüber Reinigungsmitteln
- Verkettungstechnik für Metallbearbeitung (z. B. Maschinenbau, Automobilindustrie usw.)
 - Förderung des Gutes oft auf Werkstückträgern
 - hohe Beständigkeit gegenüber Abrasion (z. B. Späne), Öle / Emulsionen usw.



[Bildquellen: BR18]

Thermoplastische Kunststoffe für Förderketten und Gleitelemente



Eigenschaftsverbesserung durch Additive

- **ökonomische Eigenschaften**
 - geringe Materialkosten
 - gute Verarbeitbarkeit, möglichst spritzguss- / extrusionsfähig
- **mechanische Eigenschaften**
 - hohe Festigkeit, Steifigkeit, Zähigkeit
 - geringe Kriechneigung
 - beständig gegenüber Alterung und bestimmten „aggressiven“ Medien
- **tribologische Eigenschaften**
 - geringe Reibwerte und hohe Verschleißfestigkeit
- **thermische Eigenschaften**
 - hohe Schmelz- / Dauergebrauchstemperatur
 - möglichst gute Wärmeleitfähigkeit
- **anwendungsspezifische Eigenschaften, z. B.**
 - antistatisch / elektrisch leitfähig
 - brandsicher
 - bestimmte Farbe
 - detektierbar
 - lebensmittelkonform (EFSA, FDA)

Grundadditive
Verarbeitungsadditive, Antioxidantien, ...

Verstärkungsadditive
Glas-, Kohle-, Aramidfasern, ...

Gleitadditive
PTFE, Silikonöl, Wachse, MoS₂, ...

zusätzliche Additive
Ruß, Graphit, Flammenschutzmittel,
Farbstoffe, ...

**ggf. Verzicht auf
bestimmte Additive**

Eigenschaften von Gleitketten aus thermoplastischem Kunststoff

Vorteile

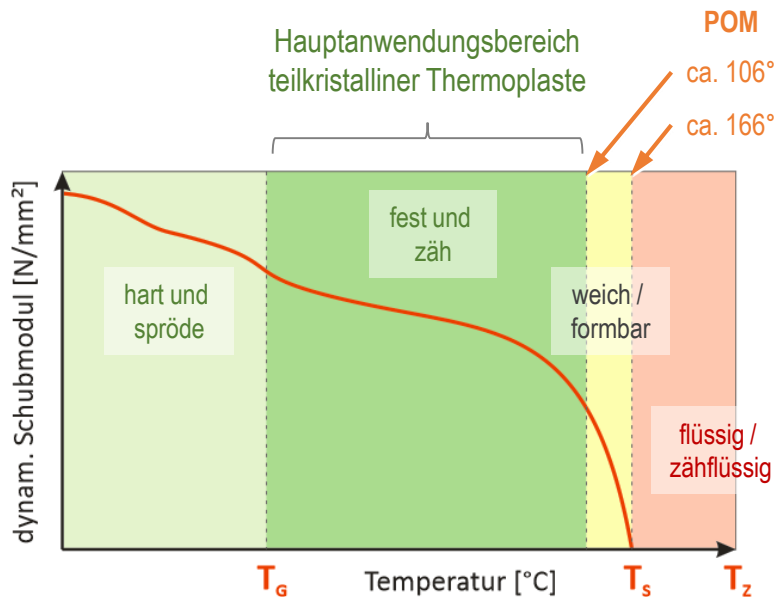
- niedrige Dichte (kleine bewegte Masse)
- schmierungsfreier Betrieb möglich
- effiziente Massenfertigung im Spritzgießverfahren
- hohes Schwingungs- und Geräuschkämpfungsvermögen
- breites Materialspektrum
 - Korrosionsbeständigkeit,
 - Beständigkeit gegenüber vielen Medien,
 - physiologische Unbedenklichkeit, ...

Nachteile

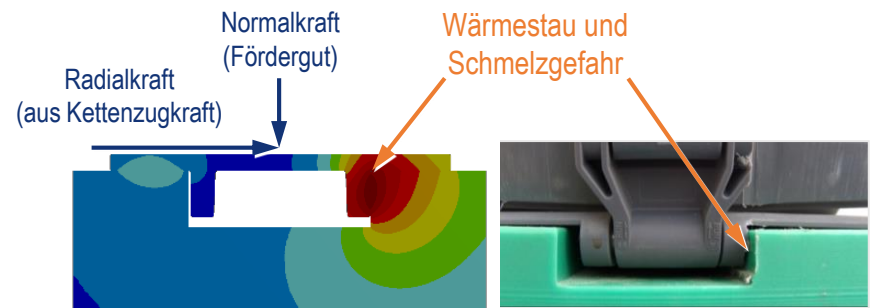
- gegenüber Stahlketten geringere Festigkeit / Steifigkeit / Härte
- Wärmeempfindlichkeit
 - starke Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften
 - geringe Wärmeleitfähigkeit
- zeitabhängige Änderung der Eigenschaften, z. B.
 - Kriechverhalten (zunehmende Dehnung unter konstanter Last)
 - „Alterung“ durch Feuchtigkeit, Temperatur, UV-Strahlung, ...
- Reibwerte stark von Belastungs- und Umgebungsbedingungen abhängig

Problem der Temperaturbeständigkeit und Wärmeleitfähigkeit

- Erwärmung → Verlust mechanischer Festigkeit → höherer Verschleiß
- geringe Wärmeleitfähigkeit
 - entstehende Reibungswärme kann sehr schlecht abgeführt werden
 - Aufschmelzen der Kunststoffoberflächen → extremer Verschleiß bis zum Systemausfall



Zustandsbereiche teilkristalliner Thermoplaste



Aufschmelzen von Kunststoffketten
und Führungsschienen in Gleitkurven

Gliederung

1. TU Chemnitz – Forschungsgruppe Zugmittel und Tribologie
2. Stetigförderer mit Kunststoffgleitketten
 - Aufbau und Eigenschaften
 - Werkstoffe
3. **Übliches Vorgehen bei der Dimensionierung**
 - Berechnung der vorliegenden Kettenzugkraft
 - Dimensionierung nach der zulässigen Kettenzugkraft
4. Tribologische und mechanische Aspekte bei der Dimensionierung
 - Ausfallursachen von Gleitkettenförderern
 - Reibungs- und Verschleißverhalten
 - Mechanische Prüfung der Gleitketten
5. Zusammenfassung und Ausblick

Übliches Vorgehen bei der Dimensionierung

Ausgangspunkt: technologische Vorgaben

- Art / Eigenschaften des Fördergutes, Umgebungsbedingungen
- Transportstrecke (Startpunkt → Zielpunkt), gewünschte Fördermenge, Anfahrhäufigkeit usw.

Berechnung der auftretenden Belastung

- Grobplanung des Layouts und Vorauswahl des Zugmittels (Masse) sowie der Abstützung (Reibwerte)
- Berechnung der Umfangskraft (Kettenzugkraft zum Bewegen des Zugmittels)

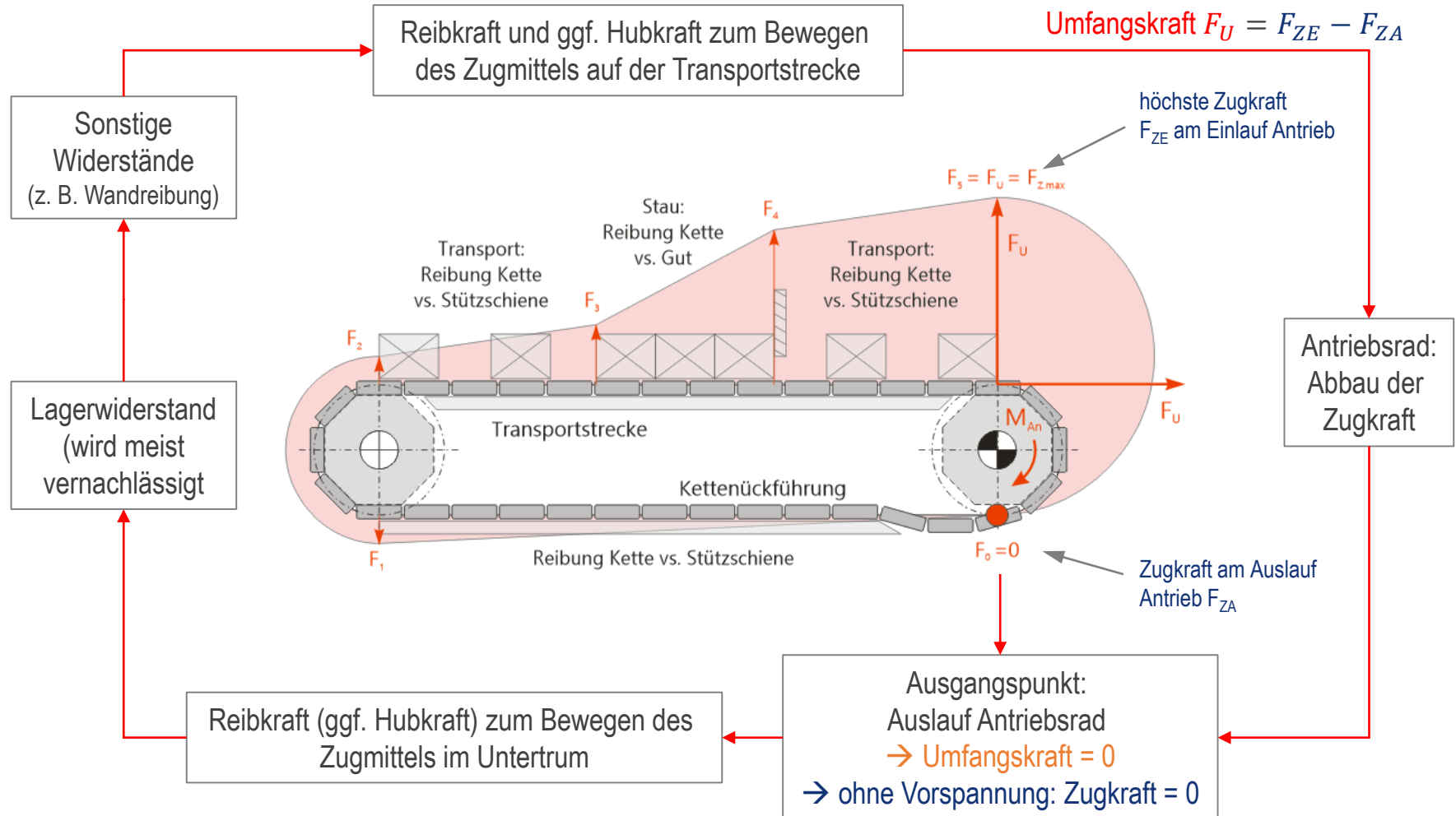
Abgleich mit zulässigen Werten, z. B.

- zulässige Streckenlast (kg pro Kettenglied)
- Zugfestigkeit / zulässige Betriebszugkraft des Zugmittels

Auslegung des Antriebsmotors

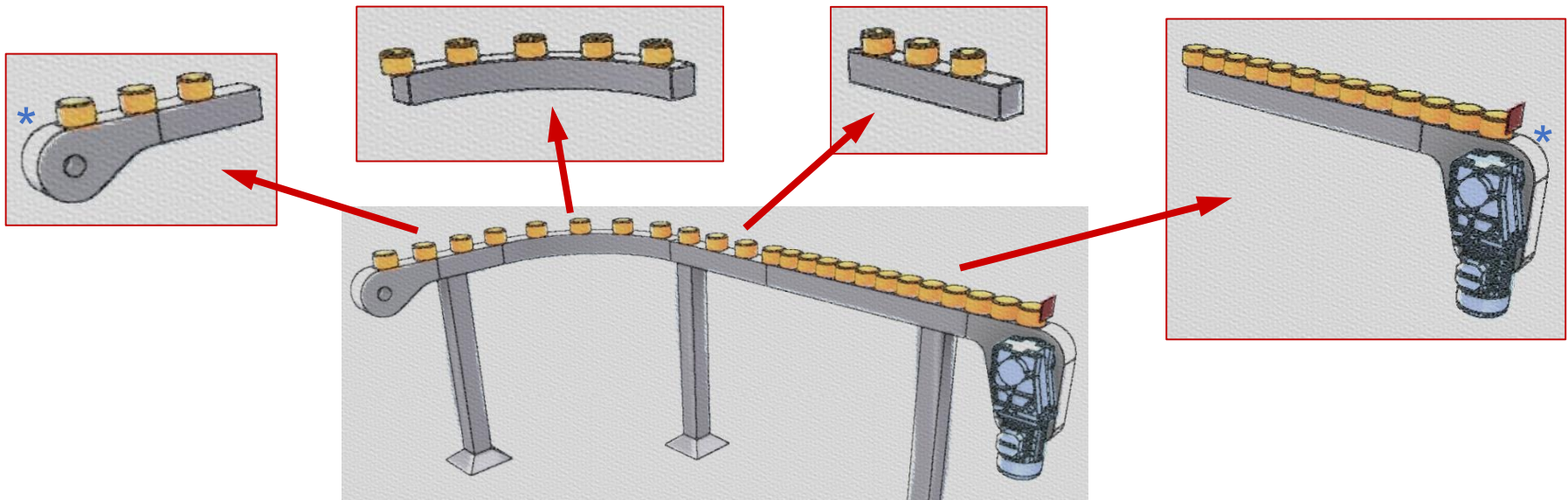
- aus Umfangskraft (Antriebsmoment) und Fördergeschwindigkeit

Umfangskraft in Stetigförderern mit Zugmitteln



Segmentierung der Förderer

- Aufteilung des Förderers in Abschnitte gleicher Belastung
 - z. B. voll- oder teilbelasteten Geraden, Stauabschnitte, Steigungen, Kurven usw.
 - *) Lagerreibung in Umlenkungen können meistens vernachlässigt werden
- bei komplexen Förderlayouts mit Gleitkurven zwingend notwendig, bei geraden Förderern sinnvoll
- Aufsummierung der Kettenzugkräfte der einzelnen Abschnitte → Reihenfolge beachten, vgl. ff.



Berechnung der Umfangskraft segmentierter Förderer

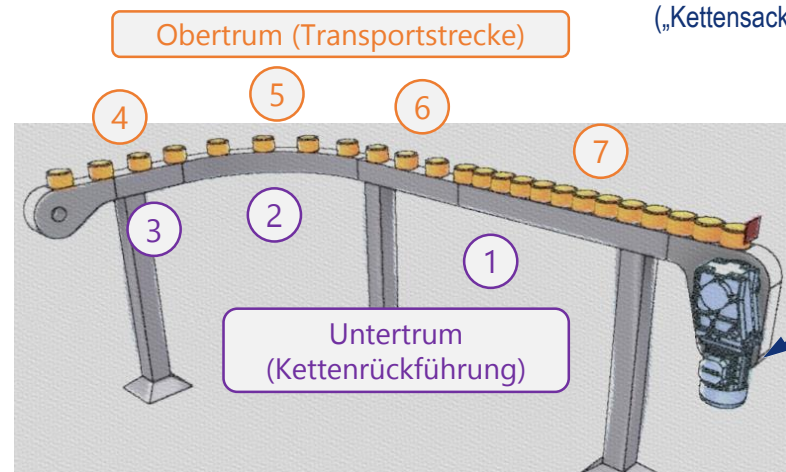
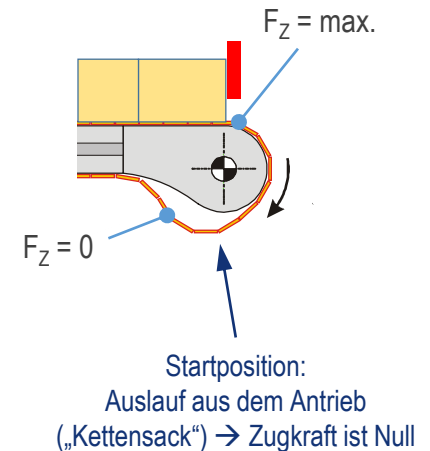
- Aufteilung des Förderers in Abschnitte gleicher Belastung
- Beginn der Rechnung
 - in der Regel im Untertrum am Auslauf des Antriebes ($F_U = 0$)
 - ggf. am Beginn der Förderstrecke, wenn Leertrumkraft vernachlässigt wird, z. B. leichte Kette und große Gutlast)
- Fortsetzung abschnittsweise in Kettenlaufrichtung bis zum Einlauf ins Antriebsrad
 - **WICHTIG: Unbedingt Reihenfolge einhalten!**
- F_n am letzten Abschnitt entspricht F_U

$$F_n = F_{n-1} + F_i$$

F_n : Zugkraft am Ende des aktuellen Abschnitts [N]

F_{n-1} : Zugkraft am Ende des vorherigen Abschnitts
(= Beginn des aktuellen Abschnitts) [N]

F_i : Zugkraftehöhung im aktuellen Abschnitt [N]



Berechnung gerader Streckenabschnitte

- Berücksichtigung von Reib- und Hubanteilen beim Transportvorgang

$$F_n = F_{n-1} + \underbrace{L_i \cdot (q_G + q_Z) \cdot g \cdot \mu_{ZS} \cdot \cos \beta}_{\text{Reibanteil beim Transport}} \pm \underbrace{L_i \cdot (q_G + q_Z) \cdot g \cdot \sin \beta}_{\text{Hubanteil bei Steigung (+) oder Gefälle (-)}}$$

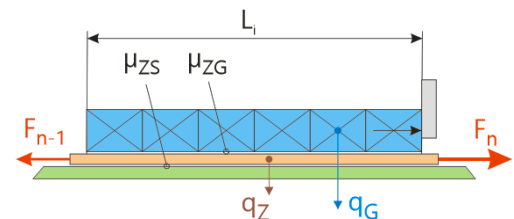
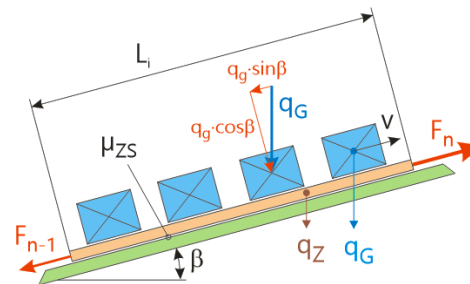
zu **bewegende** Masse (Gut + Zugmittel) zu **hebende** Masse (Gut + Zugmittel)

Zugkraft am Beginn des Abschnitts Reibanteil beim Transport Hubanteil bei Steigung (+) oder Gefälle (-)

- bei Staubetrieb (in der Regel horizontal)

$$F_n = F_{n-1} + \underbrace{L_i \cdot (q_G + q_Z) \cdot g \cdot \mu_{ZS}}_{\text{Reibanteil Kette vs. Gleitschiene}} + \underbrace{L_i \cdot q_G \cdot g \cdot \mu_{ZG}}_{\text{Reibanteil Kette vs. Gut}}$$

L_i : Länge des betrachteten Abschnitts [mm]
 β : Neigungswinkel des Förderers / der Ebene [°]
 q_G : spezifische Fördergutmasse [kg/m]
 q_Z : spezifische Masse des Zugmittels [kg/m]
 μ_{ZS} : Reibwert Zugmittel vs. Stützschiene [1]
 μ_{ZG} : Reibwert Zugmittel vs. Fördergut [1]



Berechnung von Kurvenabschnitten

• Horizontale Gleitbögen

- zusätzliche Reibkräfte infolge Gleitabstützung der Radialkraft
- gilt näherungsweise auch für vertikale Gleitbögen

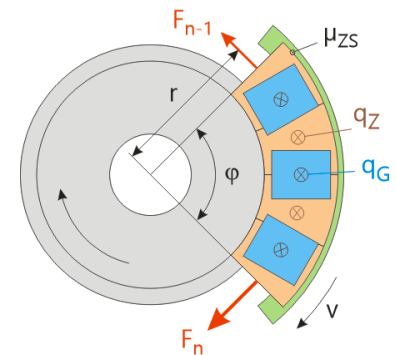
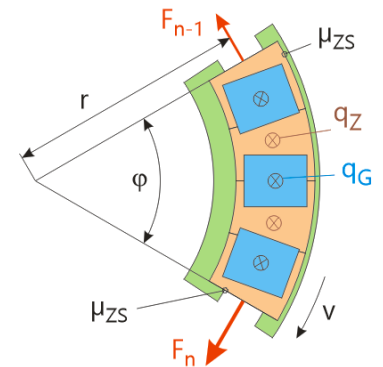
$$F_n = [F_{n-1} + r \cdot g \cdot (q_G + q_Z)] \cdot e^{\mu_{zs} \cdot \varphi} - r \cdot g \cdot (q_G + q_Z)$$

• Bogenräder

- drehen sich mit der Kette mit → keine Reibung in Radialabstützung
- Reibung in äußerer Gleitabstützung durch Wirkung der Gut- und Kettenmasse
- werden überschlägig wie gerade Abschnitte berechnet

$$F_n = F_{n-1} + L_i \cdot (q_G + q_Z) \cdot g \cdot \mu_{zs}$$

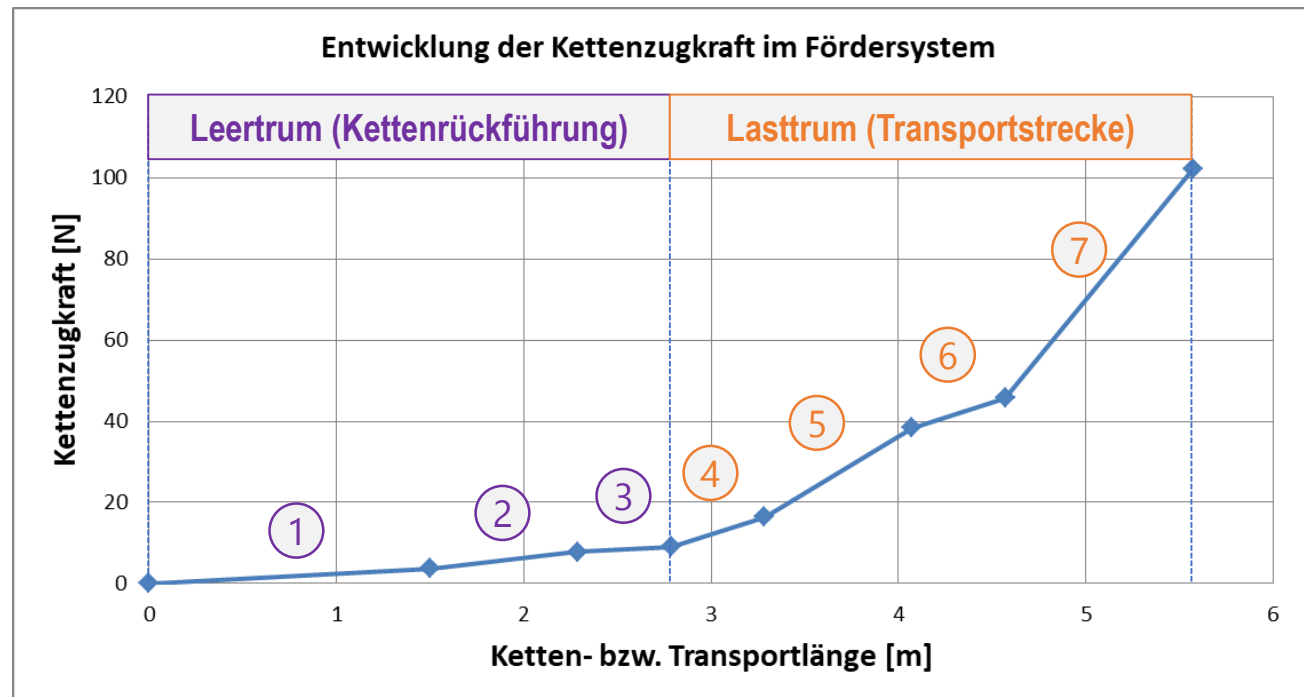
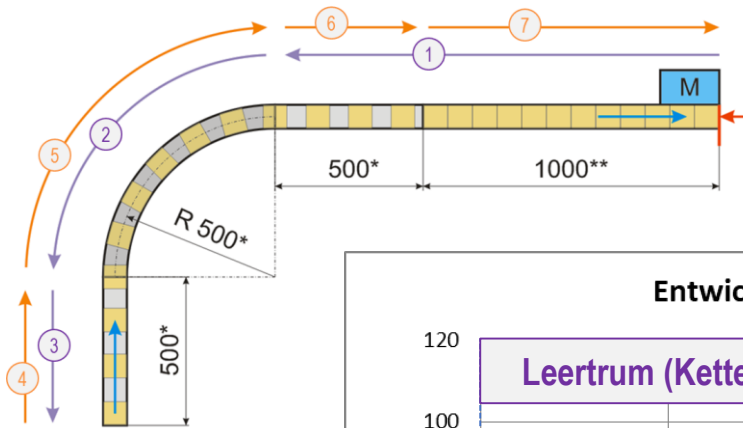
mit $L_i = r \cdot \varphi$



L_i : Länge des betrachteten Abschnitts [mm]
 r : Radius des Gleitbogens [mm]
 φ : Umschlingungswinkel [°]

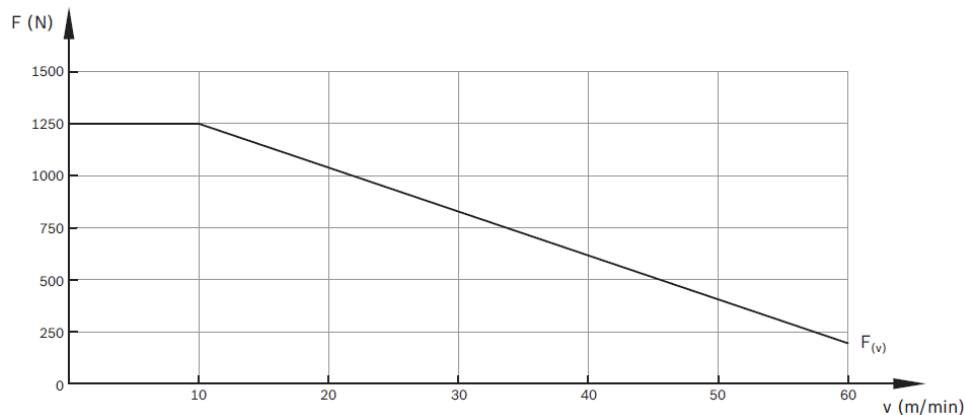
q_G : spezifische Fördergutmasse [kg/m]
 q_Z : spezifische Masse des Zugmittels [kg/m]
 μ_{zs} : Reibwert Zugmittel vs. Stützschiene [1]

Grafische Darstellung der Kettenzugkraft



Zulässige Kettenzugkraft nach Herstellerangaben

- Bruchkraft
 - als Dimensionierungskennwert ungeeignet, da Kette Zug-Schwellbelastung unterliegt
- zulässige Zugkraft als einzelner Kennwert, z. B. $F_{zul} = 1.250 \text{ N}$
 - keine Berücksichtigung von Randbedingungen
- zulässige Zugkraft unter Berücksichtigung von bestimmten Randbedingungen
 - Werte bzw. Diagramme in Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Streckenlänge, Anfahrhäufigkeit, Umgebungstemperatur usw.



zulässige Zugkraft in Abhängigkeit
von der Geschwindigkeit

Bosch Rexroth AG, Katalogauszug VarioFlow plus
[BR18]

Temperatur T (°C)	Faktor Bruchkraft K_T	Kettenlänge (%)
0	1,12	-0,2
20	1,00	0
40	0,96	0,2
60	0,94	0,5

zulässige Zugkraft in Abhängigkeit
von der Umgebungstemperatur

Gliederung

1. TU Chemnitz – Forschungsgruppe Zugmittel und Tribologie
2. Stetigförderer mit Kunststoffgleitketten
 - Aufbau und Eigenschaften
 - Werkstoffe
3. Übliches Vorgehen bei der Dimensionierung
 - Berechnung der vorliegenden Kettenzugkraft
 - Dimensionierung nach der zulässigen Kettenzugkraft
- 4. Tribologische und mechanische Aspekte bei der Dimensionierung**
 - Ausfallursachen von Gleitkettenförderern
 - Reibungs- und Verschleißverhalten
 - Mechanische Prüfung der Gleitketten
5. Zusammenfassung und Ausblick

Schadensursachen von Gleitkettenförderern

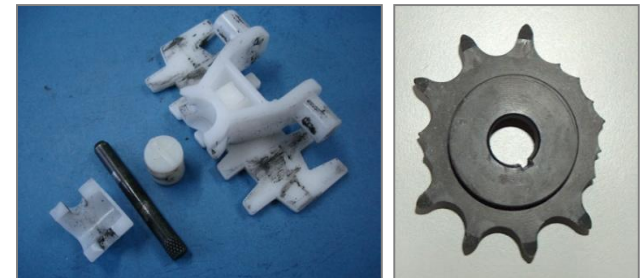
Verschleiß

- Gelenkverschleiß (Kettenlängung), Abrieb von Gleitelementen
 - allgemeiner Verschleiß
 - abrasive Zwischenstoffe oder Fördergüter
 - hohe Temperaturen → Erweichung der Kunststoffe
- meist langsam fortschreitender Schaden → vorhersehbar und behebbar durch Austausch entsprechender Elemente



Ausfall durch mechanisches Versagen

- Ketten-oder Ketteradbruch
 - zu hohe Dauerbelastung
 - stoßartige Belastung oder Verklemmung der Kette
 - Materialalterung (Versprödung)
- sehr kritisch → plötzlicher Ausfall des Gesamtsystems



Ausfall durch thermisches Versagen

- Extremverschleiß und Ausfall durch reibungsbedingte Erwärmung → sehr kritisch



Dimensionierung gegen Systemausfall

Stand der Technik bei Ketten- und Systemherstellern

- Dimensionierung zulässiger Kettenzugkraft
 - Berechnungsmodelle zur Abschätzung der Kettenzugkraft im System zumeist verfügbar
 - zulässige Kettenzugkraft selten in eigenen Labors ermittelt, häufig aber nur grob geschätzt

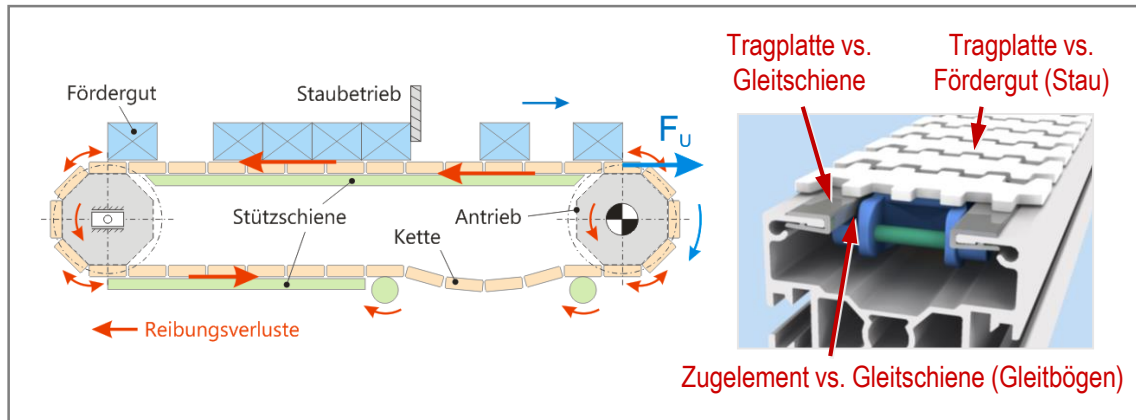
aktuelle Herausforderungen

- exakte Reibwerte für die Berechnungen
 - Reibwerte sind signifikant von Belastungs- und Umgebungsbedingungen abhängig → häufig falsch gemessen
- keine einheitlichen Prüfnormen zur Bestimmung der zulässigen Kettenzugkraft verfügbar
 - Kennwerte werden nicht einheitlich und häufig falsch ermittelt
 - meist keine Berücksichtigung der Belastungs- und Umgebungsbedingungen
- Dimensionierung nach Gleitflächentemperatur nicht bekannt
 - zuverlässige Modelle zur Vorhersage der reibungsbedingten Erwärmung fehlen
 - Kennwerte für zulässige Erwärmung der Gleitflächen fehlen

Bedeutung der Reibung für die Dimensionierung

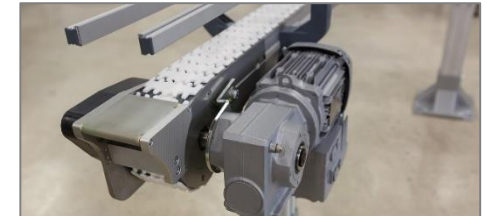
- zuverlässige Dimensionierung benötigt zwingend korrekte Reibwerte

alle Formeln
stark vereinfacht!



Antriebsleistung

$$P_A = F_U \cdot v = \sum (\mu_i \cdot F_{Ni}) \cdot v$$



Erwärmung (Reibleistung)

$$P_R = F_U \cdot v = \sum (\mu_i \cdot F_{Ni}) \cdot v$$



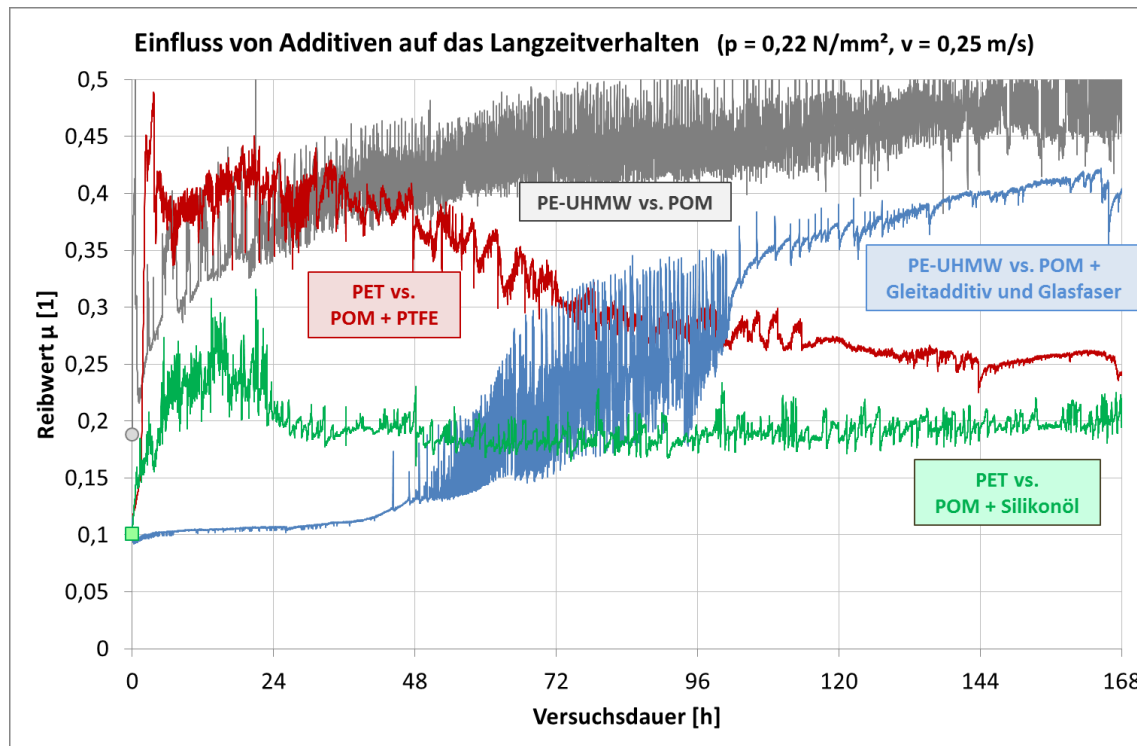
zulässige Zugkraft (Zugmittel, Kettenrad)

$$F_U = \sum (\mu_i \cdot F_{Ni}) \leq F_{zul}$$



Tribologisches Verhalten thermoplastischer Kunststoffe

- Einlaufverhalten im Trockenlauf (keine externe Schmierung) → meist signifikanter Reibwertanstieg
- Reibwert stark abhängig von den Belastungs- und Umgebungsbedingungen → $\mu = f(p, v, T, t, \dots)$
→ Reibwertangabe nur für konkrete Lastbedingungen gültig

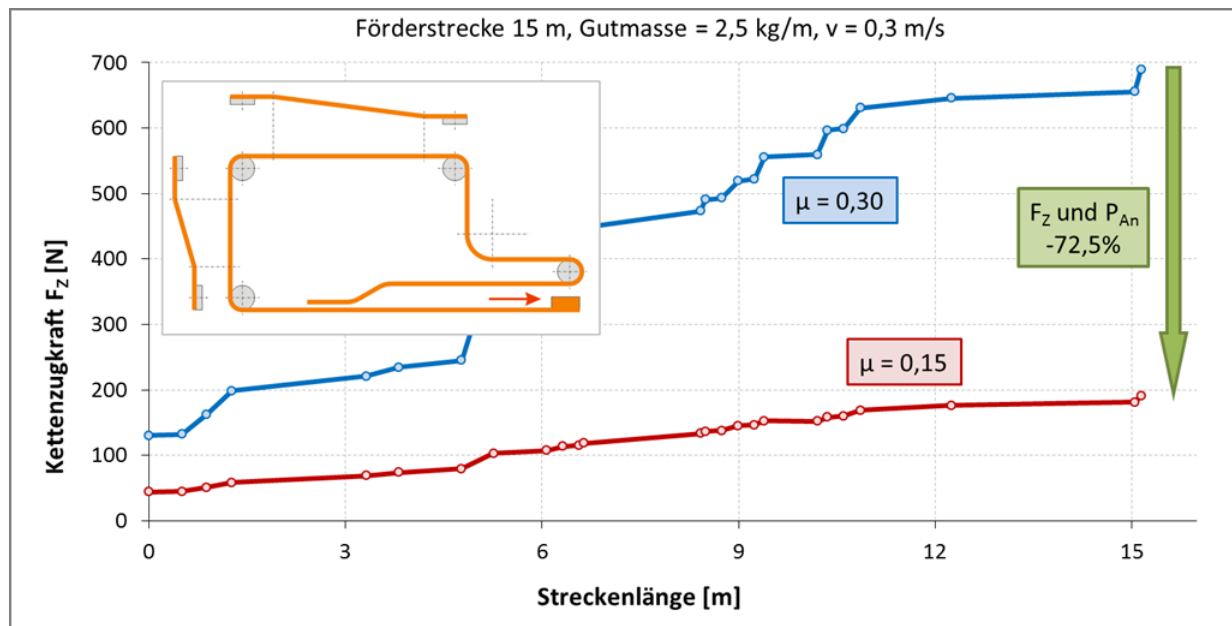


Wirkung von Additiven auf den Reibwert und das Einlaufverhalten von Thermoplasten

Reibwertversuch Platte-Platte, oszillierend, Hub 100 mm, nominelle Kontaktfläche 10x15 mm

Effekt der Reibwertsenkung in komplexen Kettenfördersystemen

- Berechnung für Beispiellayout Multiflexkettenförderer
 - 1 x 90° und 2 x 45° horizontale Gleitkurve
 - je 1 Steigung und Gefälle → je 2 x 10° vertikale Gleitkurve
- Halbierung des Reibwertes Kette vs. Führungsschiene
→ 72% weniger Kettenzugkraft und Antriebsenergie



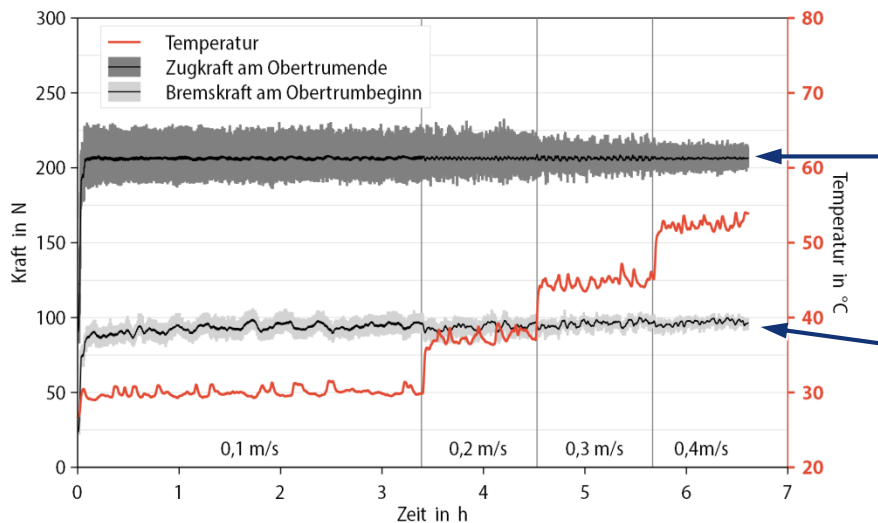
typische Reibwerte

Standardwerkstoffe:
 $\mu = 0,2 \dots 0,4$

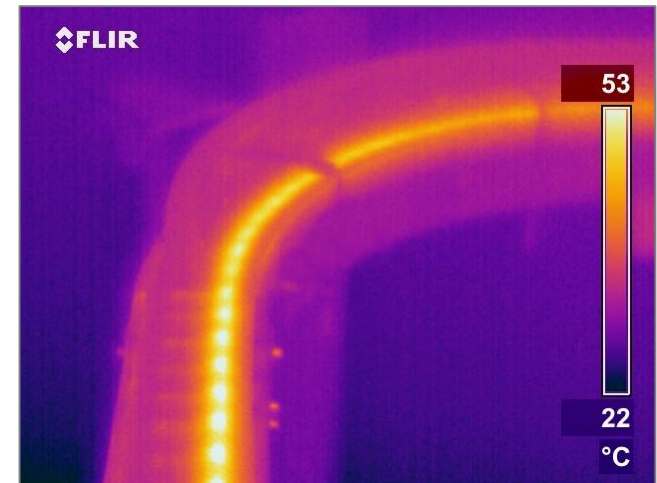
gleitoptimierte Werkstoffe
 $\mu = 0,1 \dots 0,15$

Temperatur im Reibkontakt

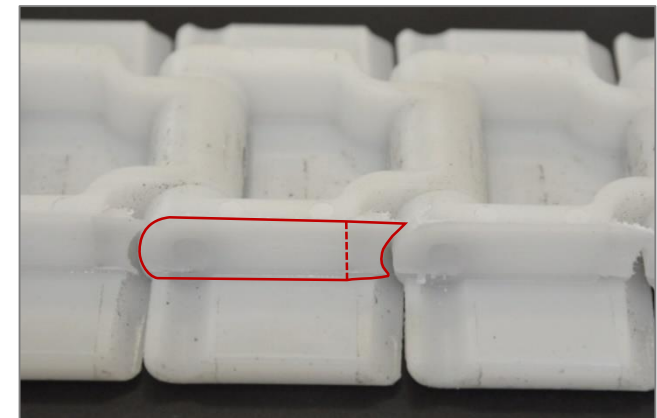
- reibungsinduzierte Temperaturerhöhung
 - abhängig von Reibwert, Pressung, Geschwindigkeit
- Wärmeabführung
 - abhängig von Wärmeleitfähigkeit, Konvektion, Kontaktgeometrie, konstruktivem Aufbau
 - bei Kunststoffen sehr schlechte Wärmeabführung



Erwärmung einer horizontalen Gleitkurve bei steigender Geschwindigkeit



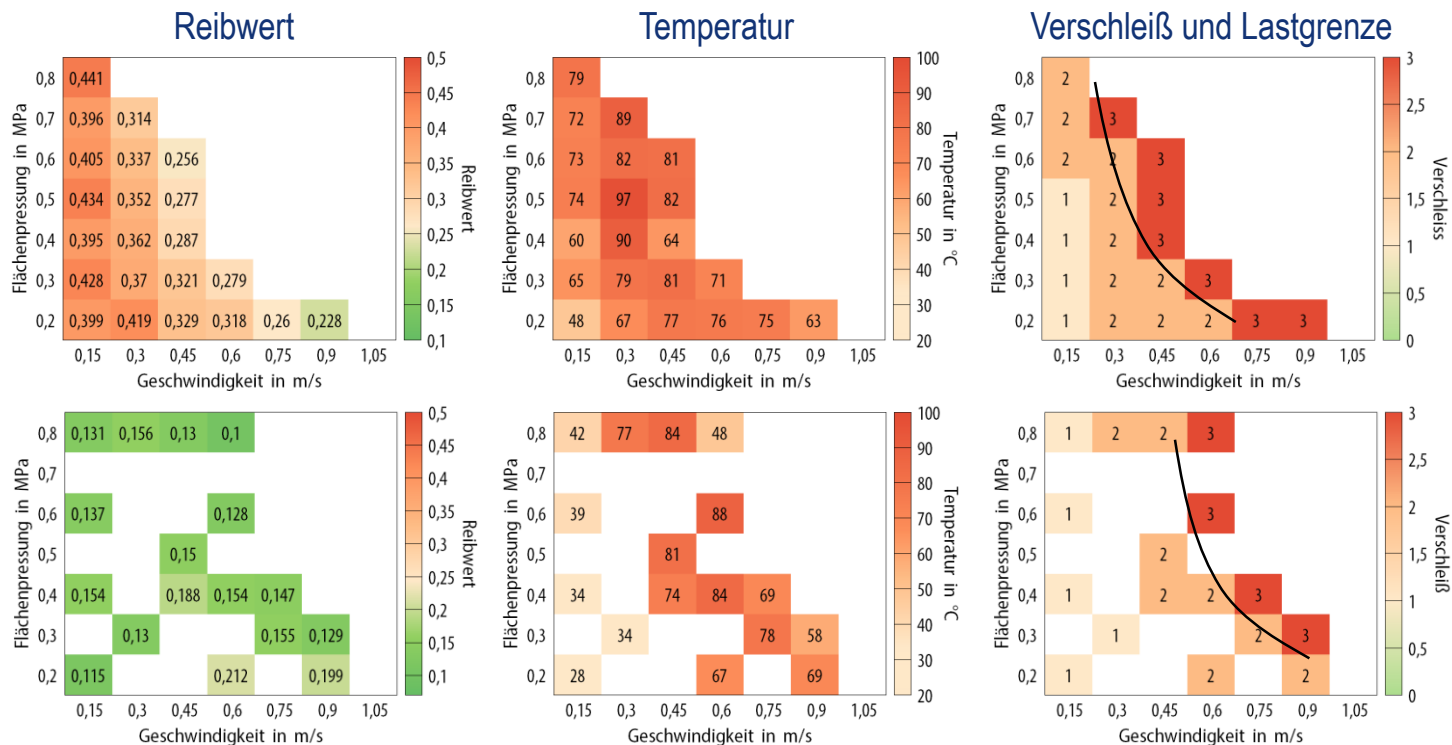
Zugkraft am ...
... Kurven-
ausgang
... Kurven-
eingang



Erwärmung und Kettenverschleiß in der Gleitkurve

Experimentelle Abschätzung der tribologischen Belastungsgrenze

- Abfahren der Belastungsmatrix im Modellversuch (für jede Materialpaarung)
- Analyse von Ausfallkriterien → Oberflächenveränderung, abrasiver Verschleiß, thermischer Schaden

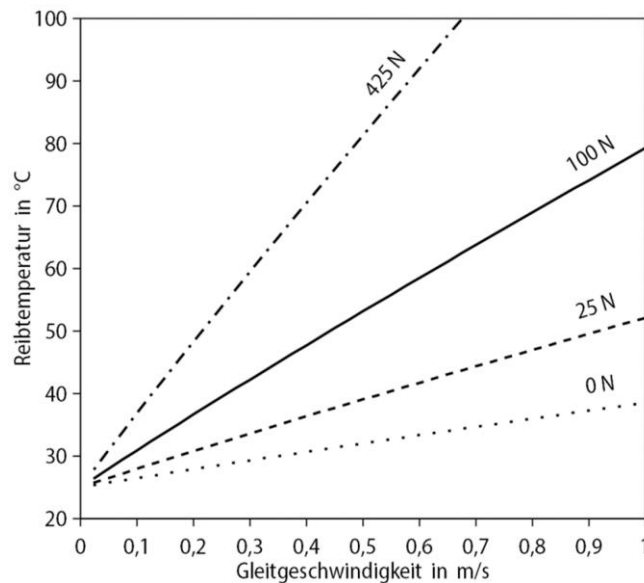


Reibwertversuch Platte-Platte, oszillierend, nominelle Kontaktfläche 10x15 mm, Hub 100 mm, Prüfdauer 24 Stunden

Rechnerische Abschätzung der thermischen Belastungsgrenze

- erste Ansätze zur rechnerischen Ermittlung der maximalen Temperaturen vorhanden → vgl. [Bar17]

$$T_K = T_U + C_K \dot{q}_R \quad \text{mit} \quad C_K = \frac{\psi}{k_1 \psi + k_2 + \alpha_U (1 - \psi)} \quad \text{und} \quad \dot{q}_R = \mu p v$$



Berechnete Kontaktflächentemperatur bei unterschiedlicher Kurveneingangskraft (Multiflexkette, 90°-Gleitkurve)



Multiflexkette im Alu-Profil mit PE-Gleitschienen



Scharnierbandkette im PE-Vollprofil

Simulation der Temperaturverteilung in horizontalen Gleitkurven zur Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten k_1 und k_2

Mechanische Prüfmöglichkeiten der Ketten

statischer Zugversuch

- Bruchkraft → wenig Bedeutung, da in der Praxis Zug-Schwell-Beanspruchung

dynamischer Zugversuch (Pulser)

- simuliert nur gerade Förderstrecken ohne Kurven
- Gelenkverschleiß bleibt unberücksichtigt

Einzelgelenk-Schwenkversuch

- Schwenken unter statischer Zuglast, Berücksichtigung von Schwenkmoment und Gelenkverschleiß
- wird derzeit verifiziert

Lebensdauertests im Fördersystem

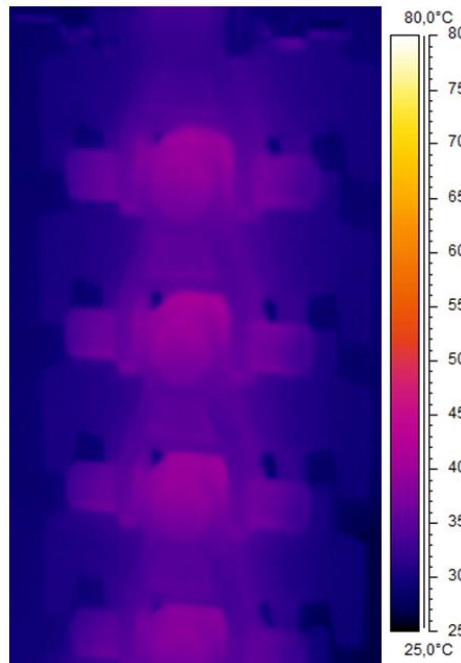
- Versuche in einfacher Testanlage unter Variation von Last (Bremse) und Layout
- Fördersystem mit umlaufenden Gütern



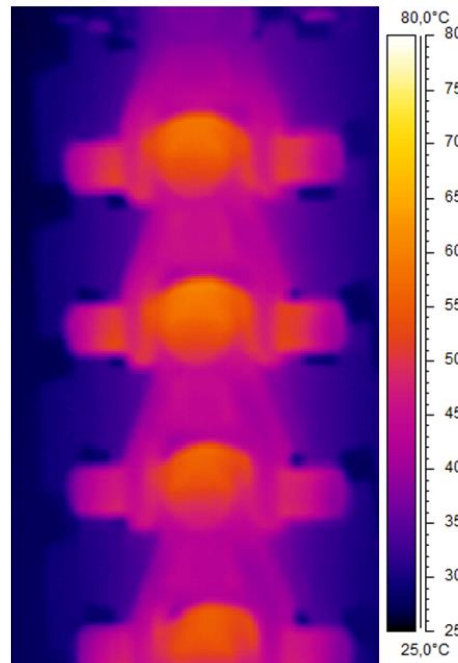
Erwärmung bei dynamischer Zug-Schwell-Beanspruchung

- hohe Prüffrequenz führt zu starker Erwärmung infolge innerer und äußerer Reibung
- Empfehlung für Kunststoffketten: max. 3...5 Hz

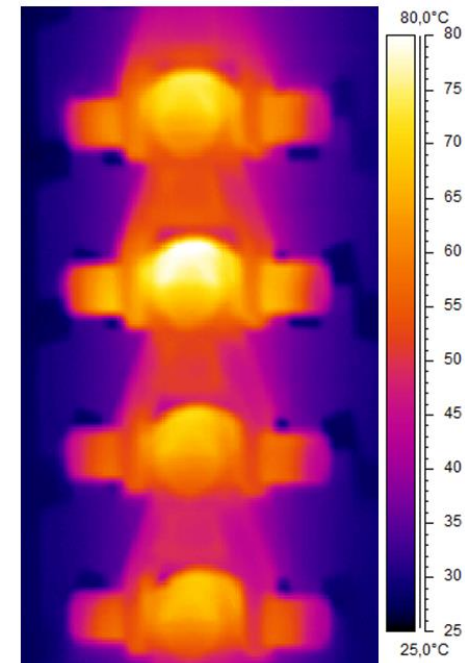
Prüffrequenz 5 Hz



Prüffrequenz 10 Hz



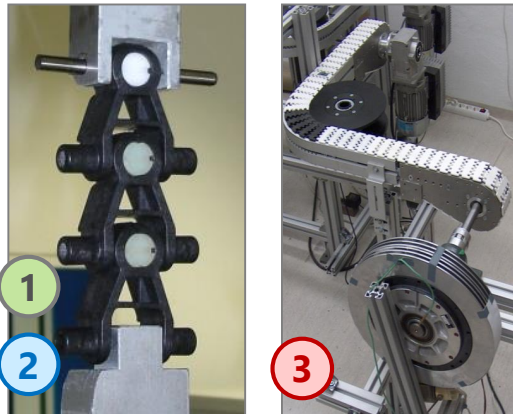
Prüffrequenz 20 Hz



Experimentelle Bestimmung der zulässigen Kettenzugkraft

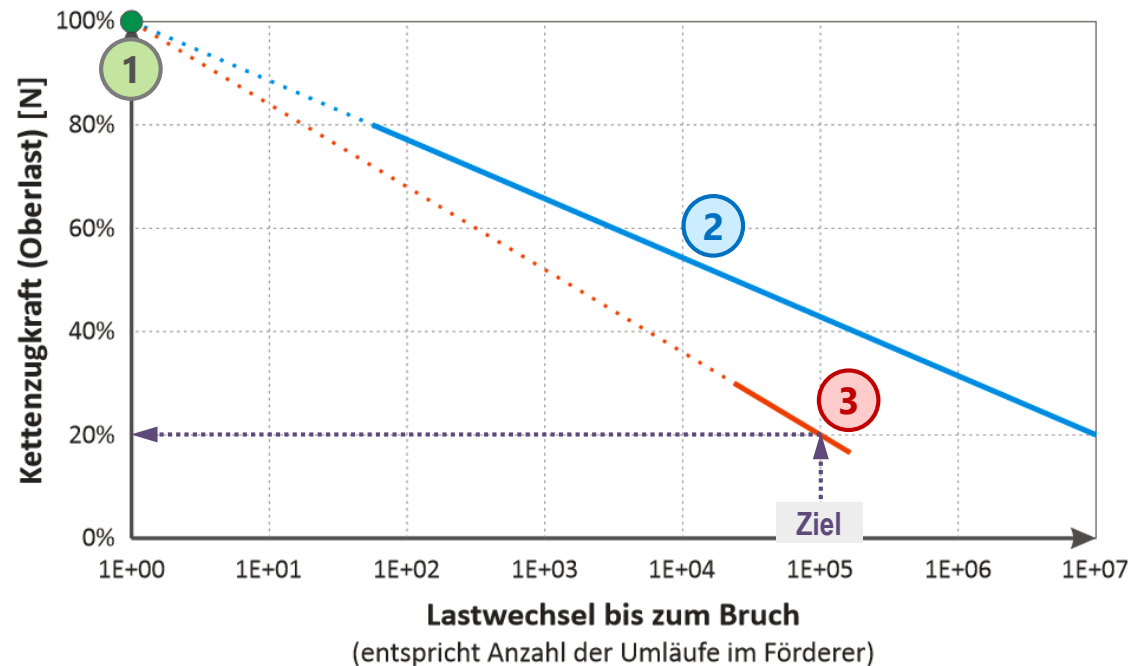
• Versuche:

- (1) Bruchkraft
(statischer Zugversuch)
- (2) Pulser (gerader Zug)
- (3) Förderanlage (incl. Kurvenzug)



Mechanische Dimensionierungskennwerte von Multiflexketten (schematisch)

(**Bruchkraft**: stat. Zugversuch, **Geradzug**: Pulser, 5 Hz, **Kurvenzug**: L-Anlage, 90°-Bogenrad)



• zulässige Zugkraft gegen Kettenbruch

- Zielvorgabe: gewünschte Betriebsdauer
- zulässige Zugkraft abhängig von Förderlänge / -layout, Geschwindigkeit

Gliederung

1. TU Chemnitz – Forschungsgruppe Zugmittel und Tribologie
2. Stetigförderer mit Kunststoffgleitketten
 - Aufbau und Eigenschaften
 - Werkstoffe
3. Übliches Vorgehen bei der Dimensionierung
 - Berechnung der vorliegenden Kettenzugkraft
 - Dimensionierung nach der zulässigen Kettenzugkraft
4. Tribologische und mechanische Aspekte bei der Dimensionierung
 - Ausfallursachen von Gleitkettenförderern
 - Reibungs- und Verschleißverhalten
 - Mechanische Prüfung der Gleitketten
- 5. Zusammenfassung und Ausblick**

Zusammenfassung und Ausblick

Dimensionierung von Gleitkettenförderern

- Dimensionierung bisher nur nach zulässiger Kettenzugkraft
- häufig fehlen
 - exakte Reibwerte zur Zugkraftberechnung sowie
 - zuverlässige Aussagen zur zulässigen Zugkraft unter konkreten Randbedingungen

Verbesserung der Dimensionierungsgrundlagen

- Verständnis zu Reibung und Verschleiß (=Belastungsgrenzen) von Kunststoffgleitpaarungen
- Einbeziehung der reibungsbedingten Erwärmung in die Berechnungsmodelle
- einheitlichen Prüfnormen zur Bestimmung der Dimensionierungskennwerte

Entwicklung von umwelt- und ressourcenschonenden Förderanlagen

- geringe Reibwerte (im schmierungsfreien Betrieb) → geringe Antriebsenergie, weniger Verschleiß
- lange Nutzungsdauer → geringer Verschleiß, zuverlässige Dimensionierung, Systemüberwachung
- Konzepte zur Wiederverwendung / Recycling von Werkstoffen und Komponenten
 - z. B. recyclinggerechte Konstruktion (Austauschbarkeit, Trennbarkeit), Anreize zur Werkstoffrückführung, ...

Zitierte Quellen

- [AB18] Ammeraal Beltech Modular A/S: Homepage, <http://www.unichains.com/it-IT/Products/Chains/Slat-Top-Plastic-Chain.aspx>, Abruf 12.11.2018.
- [AT18] ALFOTEC GmbH: Homepage, <https://www.alfotec.com/produkte/foerdertechnik/bandfoerderer/gurtforderer-gf>, Abruf 12.11.2018.
- [Aue06] Auerbach, P.: Zur Beanspruchung und Lebensdauer raumgängiger Gleitketten aus Kunststoffen. Dissertation TU Chemnitz, 2006.
- [BR] Bosch Rexroth AG: Kettenfördersystem VarioFlow, Produktkatalog.
- [Bar17] Bartsch, R.: Erweiterung der Dimensionierungsgrundlagen für Gleitkettenfördersysteme. Dissertation TU Chemnitz, 2017.
- [BR18] Bosch Rexroth AG: Kettenfördersystem VarioFlow plus (Produktkatalog), Version 2.0. http://www.boschrexroth.com/various/utilities/mediadirectory/download/index.jsp?object_nr=R999000401, Abruf 15.10.2018.
- [iwis18] Joh. Winklhofer Beteiligungs GmbH & Co. KG: Homepage, <https://www.iwis.com/de-de/produkte-services/industrieketten>, Abruf 12.11.2018.
- [Wi18] Wippermann junior GmbH: Homepage, https://www.wippermann.com/Industrieketten/0_116.html, Abruf 12.11.2018.

Kontakt

Dr.-Ing. Jens Sumpf

Technische Universität Chemnitz

Institut für Fördertechnik und Kunststoffe

Professur Förder- und Materialflusstechnik

Reichenhainer Str. 70

09126 Chemnitz

Telefon: +49 (0) 371 531- 32853

Telefax: +49 (0) 371 531-832853

E-Mail: jens.sumpf@mb.tu-chemnitz.de

Internet: www.gleitketten.de