



# Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik

---

## Neue Wirkprinzipien und Bauweisen für eine energieeffiziente, technische Logistik

Sebastian Weise

06.06.2013



## Agenda

### **Einführung**

Was ist Fördertechnik?, Klassifizierung der Fördergüter, Systematik der Fördermittel

### **Ausgangssituation**

### **Massereduktion / Leichtbau**

Einfluss der Eigenmasse eines Fördermittels, Optimierungsmaßnahmen, Energetische Betrachtung

### **Reibungsreduktion**

Oberflächenbeschichtung, Oberflächenstrukturierung, Energetische Betrachtung

### **Bedeutung der Fördertechnik**

### **Zusammenfassung**

## Agenda

### **Einführung**

Was ist Fördertechnik?, Klassifizierung der Fördergüter, Systematik der Fördermittel

### **Ausgangssituation**

### **Massereduktion / Leichtbau**

Einfluss der Eigenmasse eines Fördermittels, Optimierungsmaßnahmen, Energetische Betrachtung

### **Reibungsreduktion**

Oberflächenbeschichtung, Oberflächenstrukturierung, Energetische Betrachtung

### **Bedeutung der Fördertechnik**

### **Zusammenfassung**

## Einführung

### Die „Sechs R der Logistik“:

nach Taiichi Ohno

- Das richtige Produkt,
- Zur richtigen Zeit
- Am richtigen Ort,
- In der richtigen Menge,
- In der richtigen Qualität und
- Zu den richtigen Kosten

*„geringe Betriebskosten“*

*„geringer Investitionsaufwand“*

*„100%ige Verfügbarkeit“*

*„Flexibilität“*

*„Energieeffizienz“*

*„Green Logistics“*

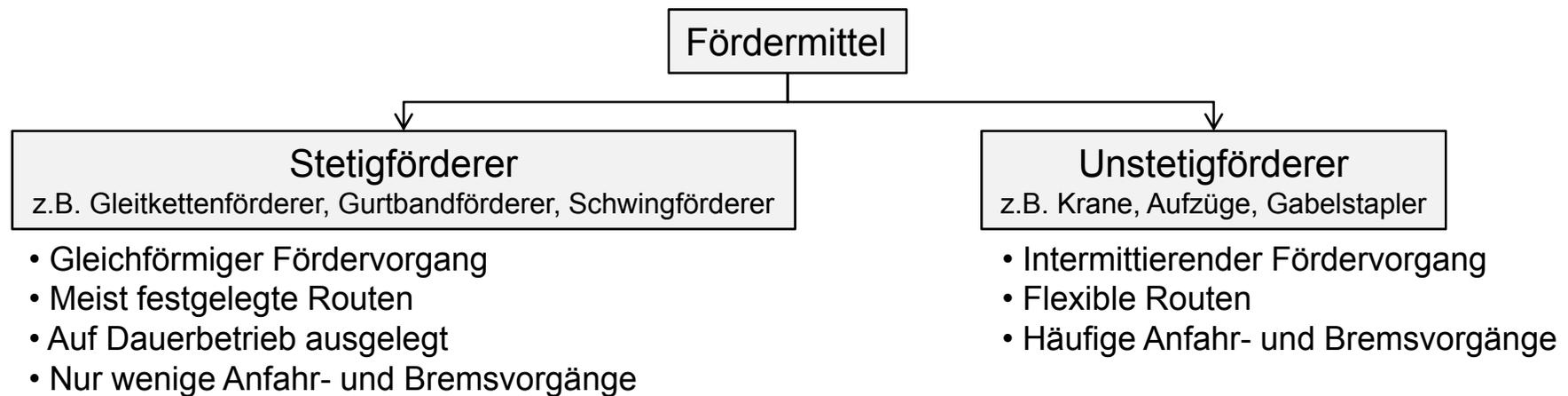
*„Ressourcenschonung“*

4

# Einführung



# Einführung



## Agenda

### Einführung

Was ist Fördertechnik?, Klassifizierung der Fördergüter, Systematik der Fördermittel

### Ausgangssituation

### Massereduktion / Leichtbau

Einfluss der Eigenmasse eines Fördermittels, Optimierungsmaßnahmen, Energetische Betrachtung

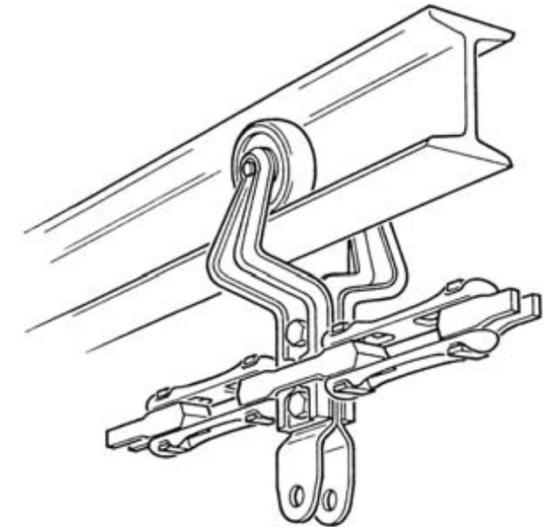
### Reibungsreduktion

Oberflächenbeschichtung, Oberflächenstrukturierung, Energetische Betrachtung

### Bedeutung der Fördertechnik

### Zusammenfassung

### Beispiel 1: Kettenförderer mit schwerem Zugmittel



Power and free - System mit umlaufender Stahlkette (links) und Kreiskettenförderer mit gegossenen Ketten-gliedern

## Beispiel 2: Ladungsträger/Transporthilfsmittel

- Robuste Bauweisen – sehr hohe Eigenmasse
- Geringe Flexibilität/Funktionalität
- Schlechte Raumausnutzung durch Bauteile/Baugruppen



Kältemittelleitung (Quelle: BMG Glauchau)



Massives Sequenzgestell (Quelle: BMG Glauchau)

### Beispiel 3: Versagen von Gleitabstützungen



- Eingeschränktes Einsatzspektrum aufgrund der hohen Gleitreibung
- Abhängig von der Pressung dürfen Lastkollektive aus Geschwindigkeit und Belastung nicht überschritten werden



Folgen:

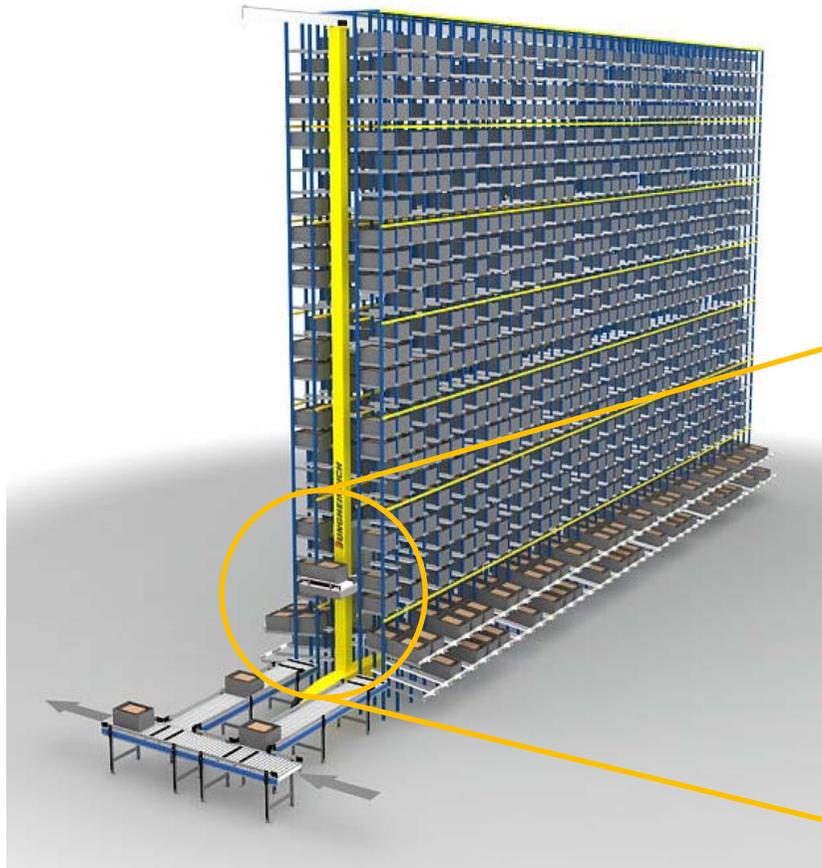
- Überlastung der Anlage durch steigenden Gleitreibwert
- Verschleiß sowie thermische Schädigung von Gleitabstützungen und Zugmitteln
- Vorzeitiges Versagen der Anlage

## Beispiel 4: stationärer Auslegerkran im Hochbau

Schweres Stahlseil als Zug- und Tragmittel

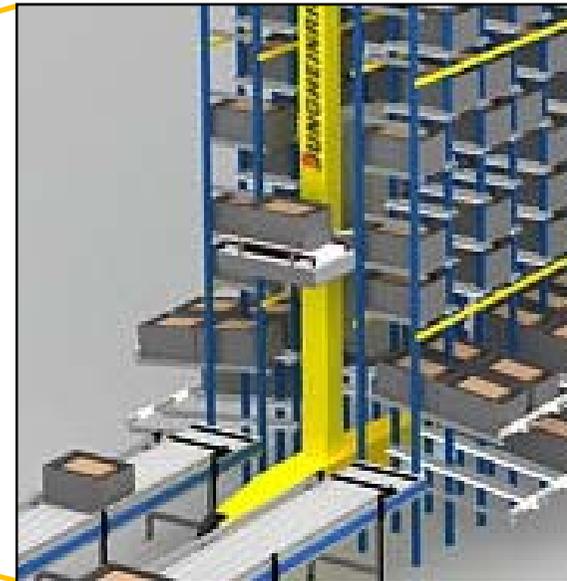


## Beispiel 5: Lagerbestückungssystem für Behälter (Kleinteilelager mit RBG)



Zunehmende Geschwindigkeiten der Ein- u. Auslagerung

- ▶ Erhöhung der Steifigkeit durch massivere, schwere Bauweise
- ▶ Antriebe mit höherer Leistung



### Ist-Stand: Zu hoher Energieverbrauch in Fördersystemen:

- Häufig keine durchgängigen Prozess- und Transportketten im Produktionsprozess und damit keine effiziente Logistik (Planung)
- Unnötiger Leerlaufbetrieb in Produktionspausen
- Überdimensionierung der Anlagenkomponenten (auch fehlende Dimensionierungsgrundlagen)
- Bevorzugt schwere, robuste Bauweise der Einrichtungen (häufig Einsatz von Stahlbauweisen)
- Zu hohe Reibwerte in den Wirkpaarungen der Abstützung und Führung der Zug- und Tragmittel
- Zu hohe Eigenmasse der bewegten Bauteile und -gruppen
- Einbau von ineffizienten Elektromotoren in den Anlagen

**Ziel: 30 bis 40 % Energieeinsparung!**

## Agenda

### Einführung

Was ist Fördertechnik?, Klassifizierung der Fördergüter, Systematik der Fördermittel

### Ausgangssituation

### Massereduktion / Leichtbau

Einfluss der Eigenmasse eines Fördermittels, Optimierungsmaßnahmen, Energetische Betrachtung

### Reibungsreduktion

Oberflächenbeschichtung, Oberflächenstrukturierung, Energetische Betrachtung

### Bedeutung der Fördertechnik

### Zusammenfassung

## Massereduktion / Leichtbau

Beispiel: Lastaufnahmemittel (LAM) eines Regalbediengerätes (RGB)



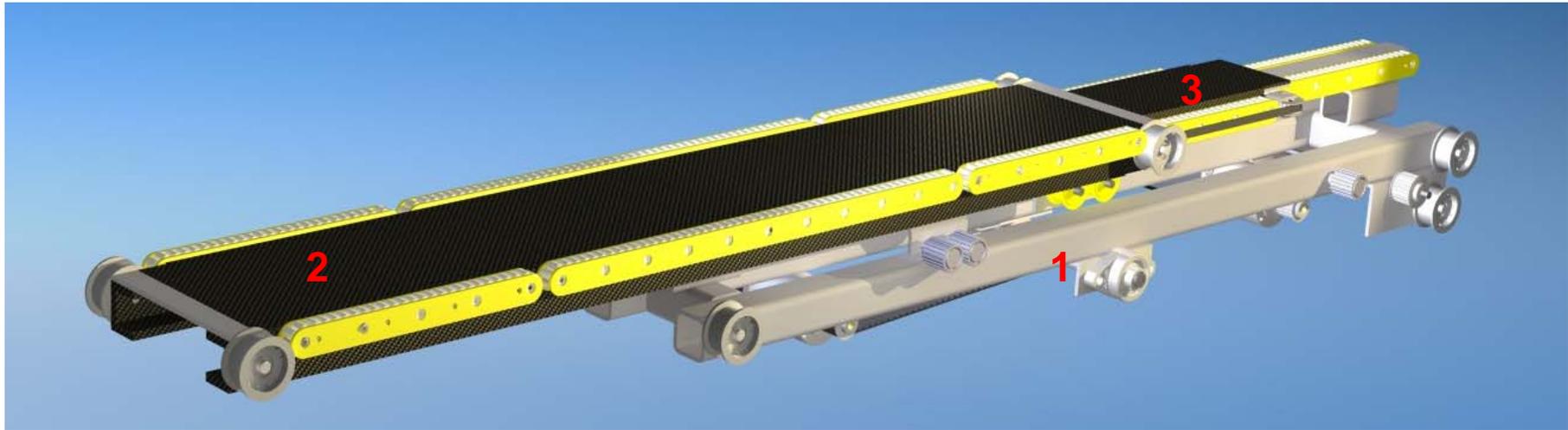
15

# Massereduktion / Leichtbau

- Ein- oder Auslagerungsvorgang durch seitliche, teleskopartige Bewegung
- Eigengewicht: 120kg
- Nutzlast: 2 x 40kg

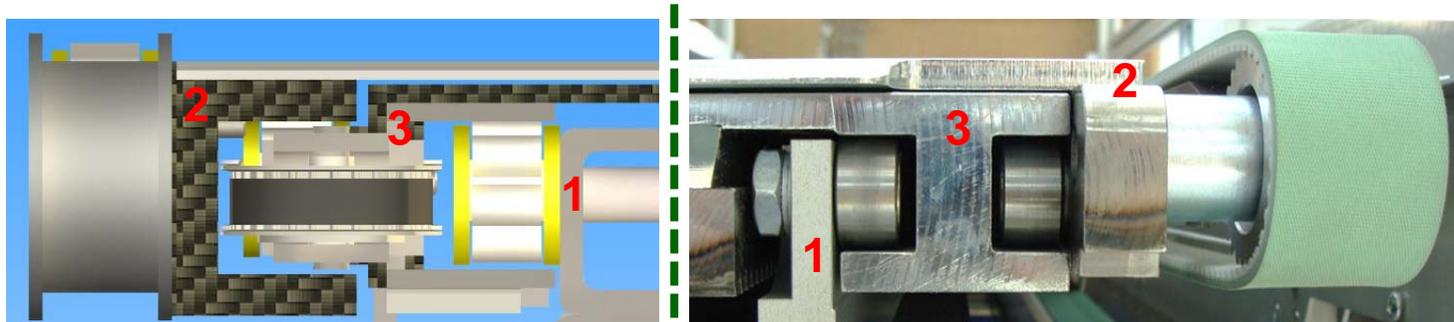


Optimierungsmaßnahme - Massereduzierung



1 – Gestell

2 – oberer Tisch 3 – unterer Tisch



Massereduktion / Leichtbau

Optimierungsmaßnahme - Massereduzierung



CFK / Aluminium  
60kg Eigengewicht

Stahl / Aluminium  
120kg Eigengewicht



Energetische Betrachtung

$$W_{Hub} = m \cdot g \cdot h$$

$$P_{An} = \frac{W_{Hub}}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$$

- $W_{Hub}$  ... Hubarbeit
- $m$  ... Masse
- $g$  ... Erdbeschleunigung
- $h$  ... Hubhöhe
- $t$  ... Zeit
- $P_{An}$  ... Antriebsleistung

Beispiel:

Lagerhöhe: 10m; Lagerlänge: 40m; Vertikalbeschleunigung: 1,5m/s<sup>2</sup>; Horizontalbeschleunigung: 3m/s<sup>2</sup>; 3-Schicht-Dauerbetrieb; 167 maximale Einzelspiele/Stunde

LAM-Masse: 120kg → ca. 12320kWh/Jahr

LAM-Masse: 60kg → ca. 6260kWh/Jahr

→ Einsparung: 6060kWh/Jahr



## Agenda

### Einführung

Was ist Fördertechnik?, Klassifizierung der Fördergüter, Systematik der Fördermittel

### Ausgangssituation

### Massereduktion / Leichtbau

Einfluss der Eigenmasse eines Fördermittels, Optimierungsmaßnahmen, Energetische Betrachtung

### Reibungsreduktion

Oberflächenbeschichtung, Oberflächenstrukturierung, Energetische Betrachtung

### Bedeutung der Fördertechnik

### Zusammenfassung

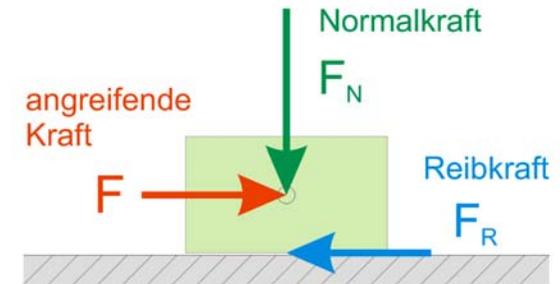
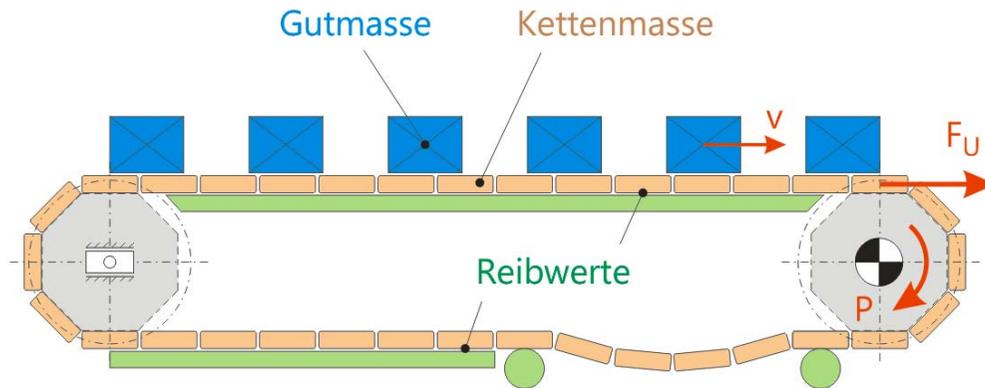
# Reibungsreduktion

Beispiel: (Kunststoff-) Gleitkettenförderer



Quelle: Bosch Rexroth 21

# Reibungsreduktion



$$F_R = \mu \cdot F_N$$

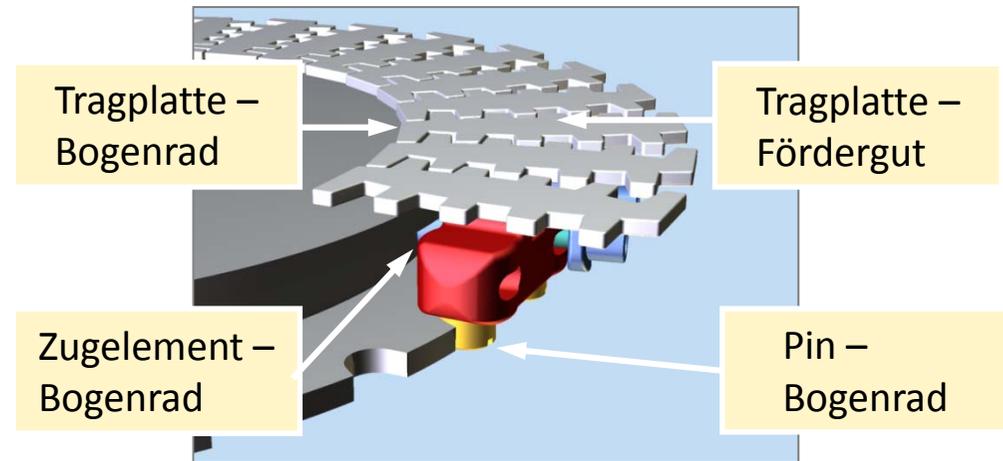
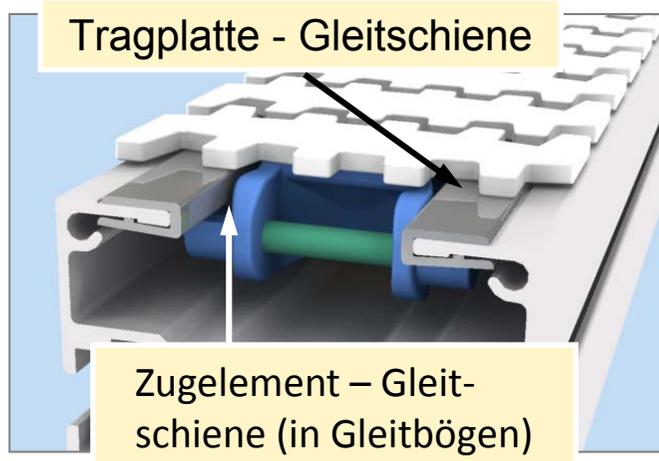
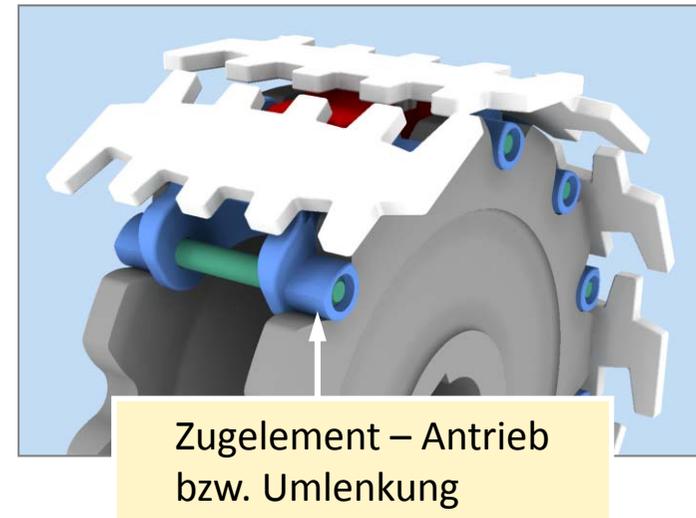
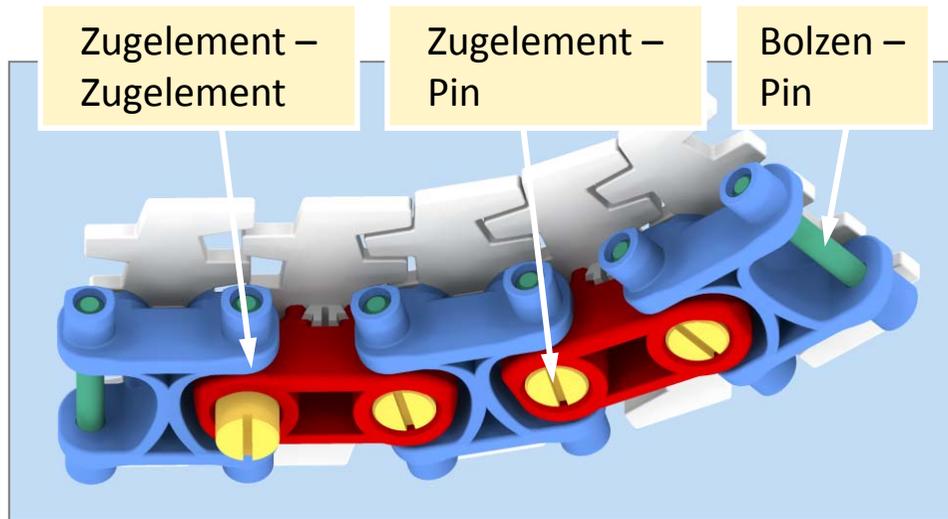
$$P_{An} = F_U \cdot v$$

$$= \mu \cdot F_N \cdot v$$

- $F_R$  ... Reibkraft
- $F_N$  ... Normalkraft
- $F_U$  ... Umfangskraft
- $\mu$  ... Reibungskoeffizient
- $v$  ... Geschwindigkeit
- $P_{An}$  ... Antriebsleistung

- Reibungskoeffizient ist ein Systemkennwert  
d.h. abhängig von Belastungskollektiv, Oberflächenbeschaffenheit, Zwischenstoffen
- Reibungskoeffizient gängiger Kunststoff-Kunststoff-Paarungen  
nach dem Stand der Technik: ca. 0,25 ... 0,35

# Reibungsreduktion



# Reibungsreduktion

## Optimierungsmaßnahme I - Oberflächenbeschichtung

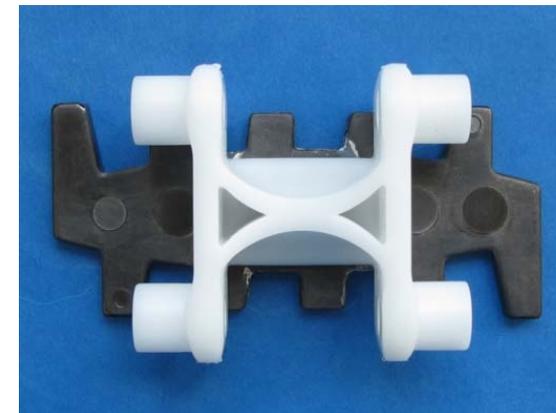
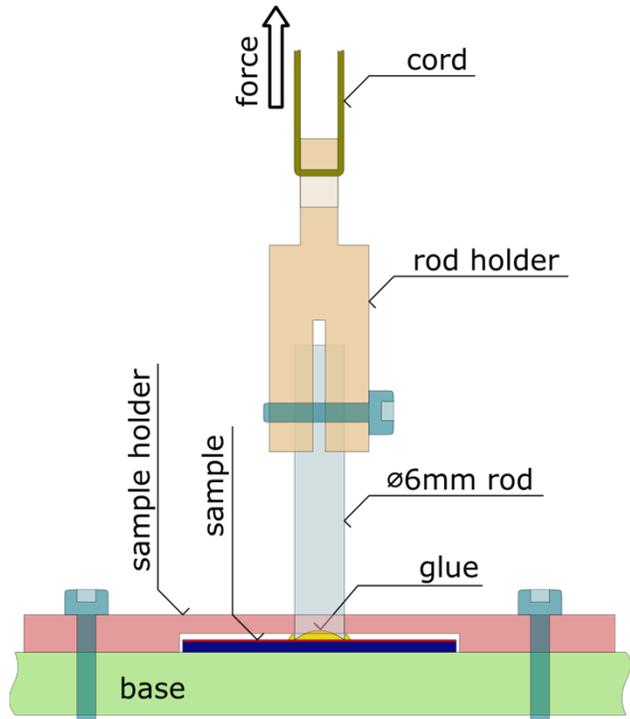


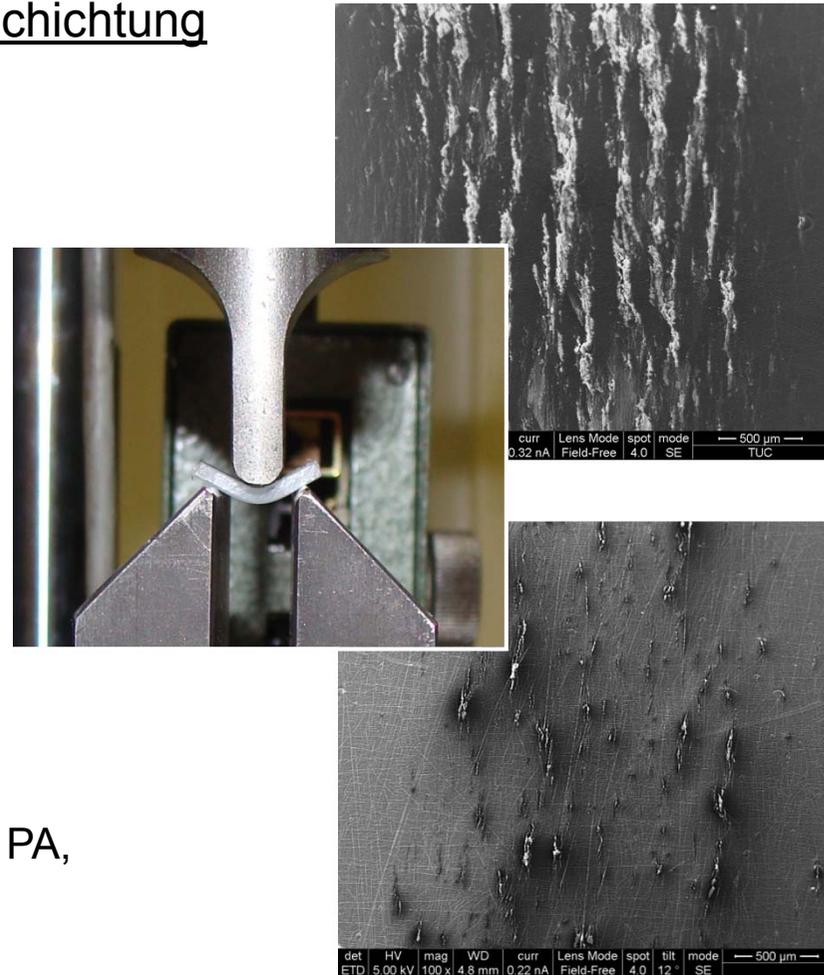
Abb.: Beschichtung der Tragplatten von Kettengliedern aus Kunststoff mittels hafter amorpher Kohlenstoffschichten (a-C-Multilayer)

# Reibungsreduktion

## Optimierungsmaßnahme I - Oberflächenbeschichtung



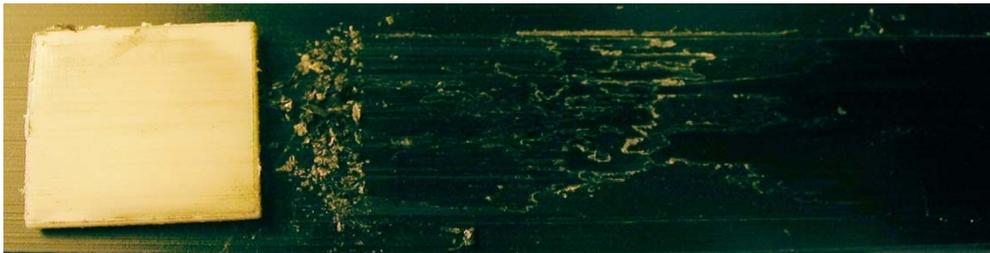
- Exzellente Adhäsion von a-C und CN<sub>x</sub> auf PBT, PA, PE und PA+PTFE; Zugkräfte >14MPa
- Faktisch keine Adhäsion auf PP und POM



## Reibungsreduktion

### Optimierungsmaßnahme I - Oberflächenbeschichtung

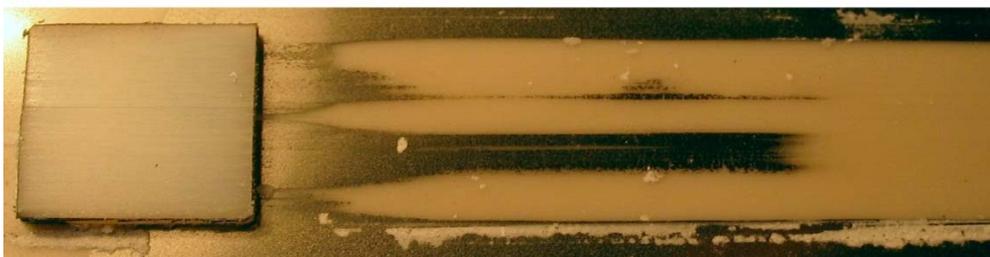
Untersuchung der Verschleißspur:



POM vs. PE:  
erhebliche Verschleißerscheinung



a-C auf PA vs. PE:  
keine sichtbaren Verschleißerscheinungen, kein Materialübertrag



a-C auf PA vs. a-C auf PA:  
starker Verschleiß

26

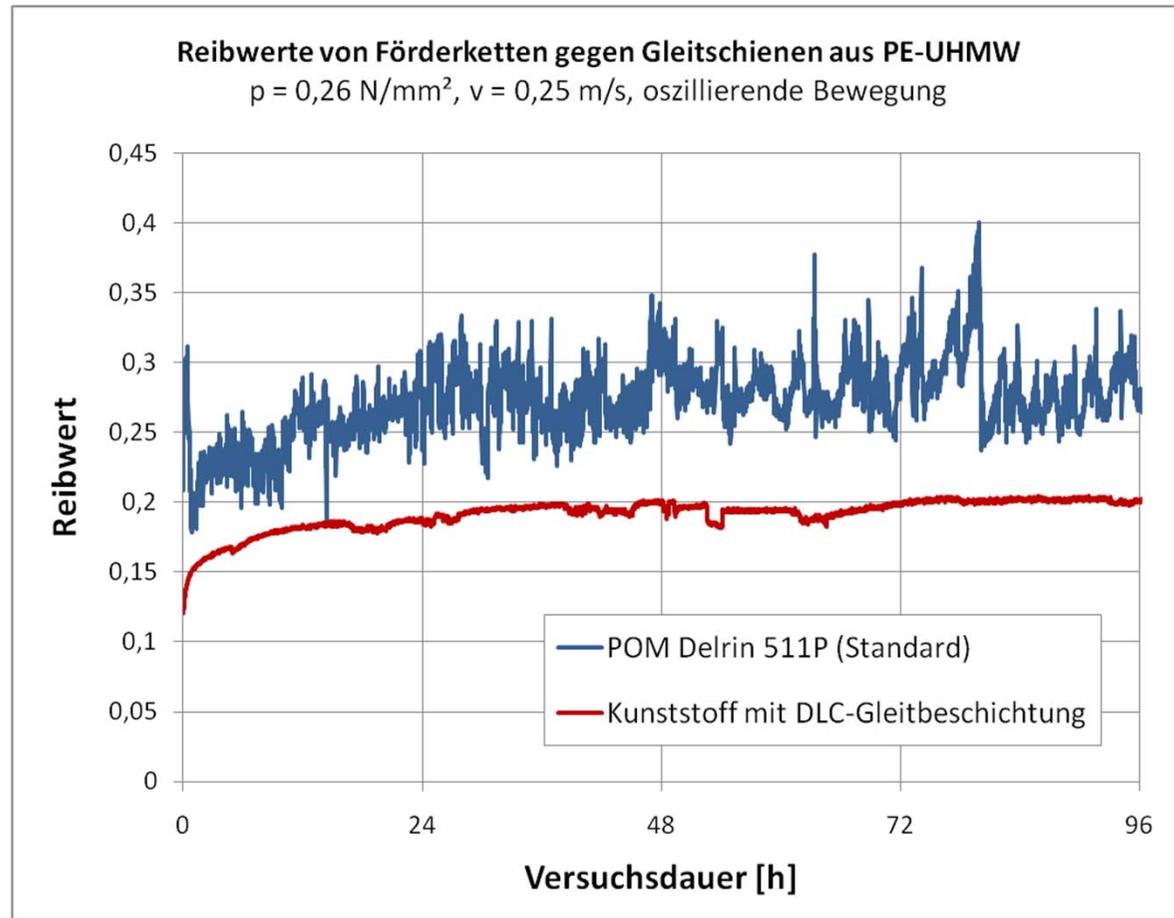
# Reibungsreduktion

## Optimierungsmaßnahme I - Oberflächenbeschichtung

POM unbeschichtet (Standard)  
PA a-C-beschichtet

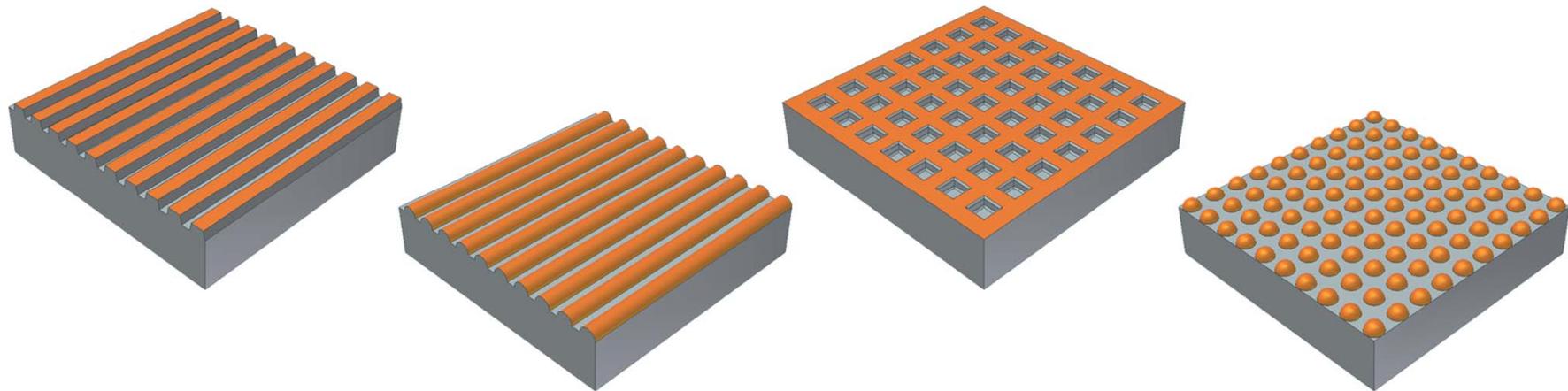
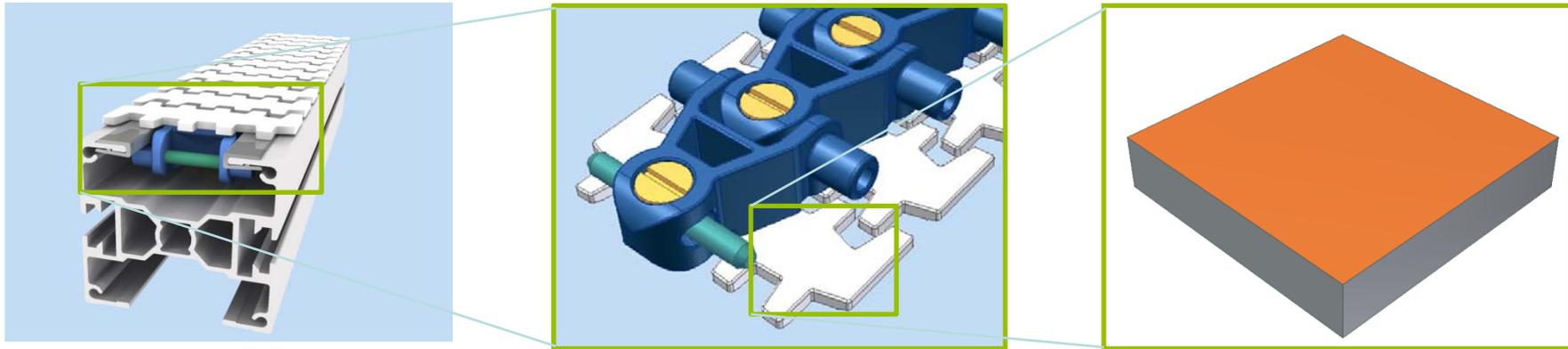


Unterprobe PE-UHMW



# Reibungsreduktion

## Optimierungsmaßnahme II - Oberflächenstrukturierung



# Reibungsreduktion

## Optimierungsmaßnahme II - Oberflächenstrukturierung

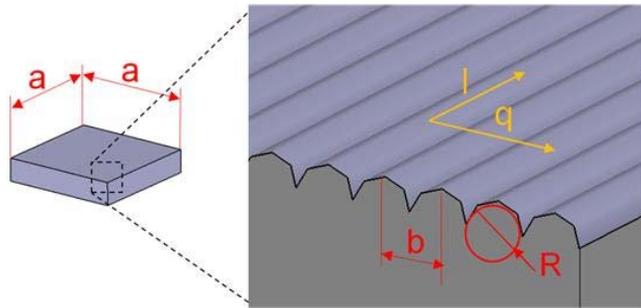


Abb.: Struktur 1

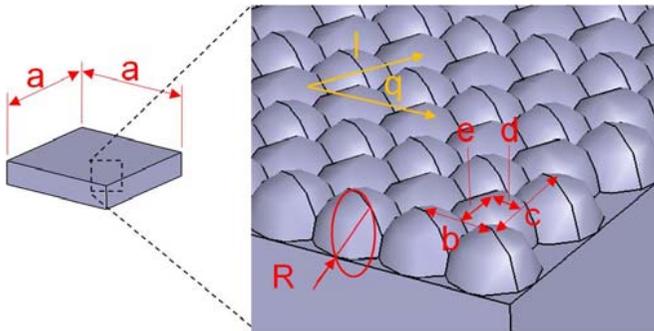


Abb.: Struktur 2

Reibungs- und Verschleißkennwerte vs. Strukturierung der Oberprobe  
(Oberprobe Polyacetal strukturiert vs. Unterprobe PE-UHMW glatt bzw. PA 6.6 glatt)

Mittelwerte aus je 4 Versuchen; v=0,25m/s; t=24h; Fn=50N

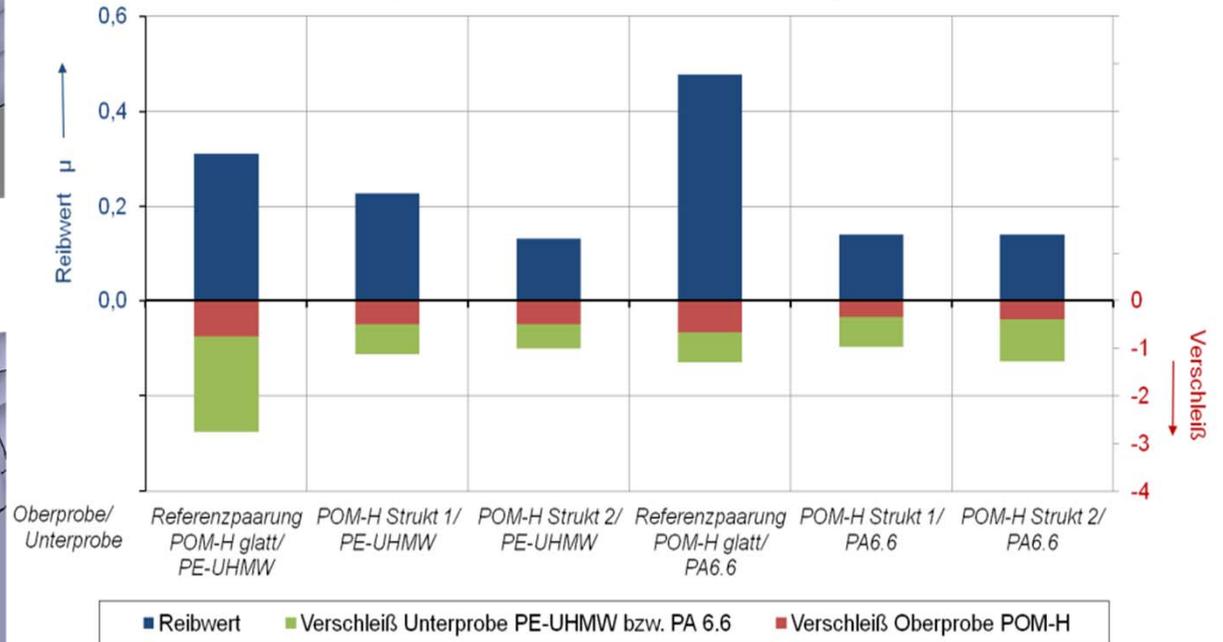
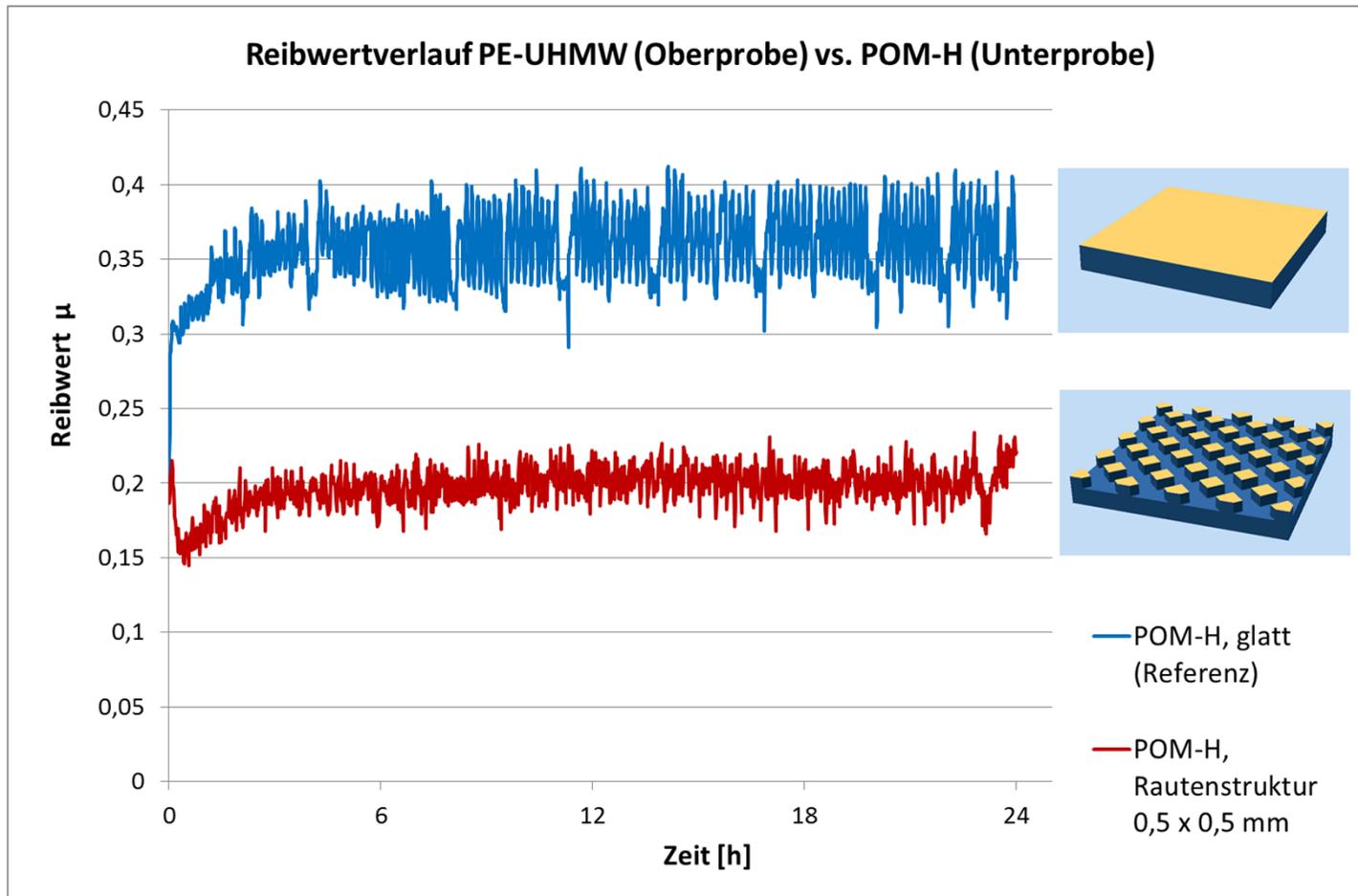


Abb.: Reibungs- und Verschleißkennwerte vs. Strukturierung der Oberfläche

## Optimierungsmaßnahme II - Oberflächenstrukturierung

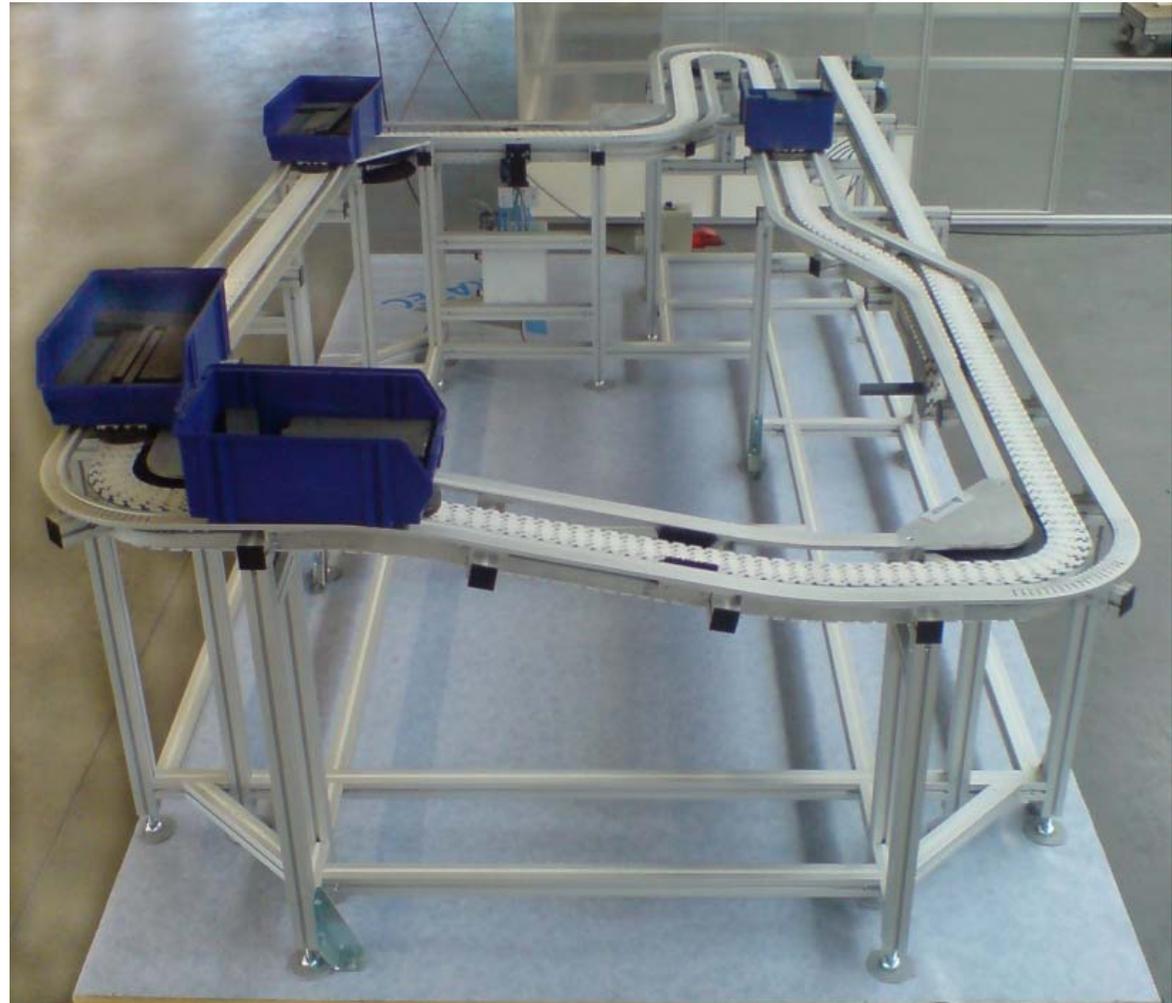


## Reibungsreduktion

### Energetische Betrachtung

$$P_{An} = F_U \cdot v$$
$$= \mu \cdot F_N \cdot v$$

- 15m Förderstrecke
- 30m Kettenlänge
- Gefälle, Steigungen
- Bogenräder, Gleitbögen

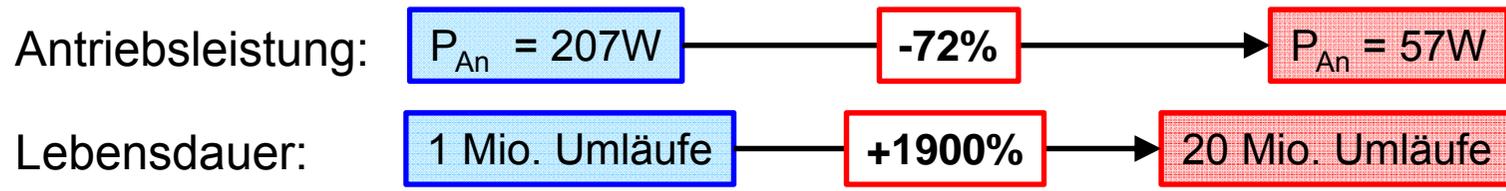
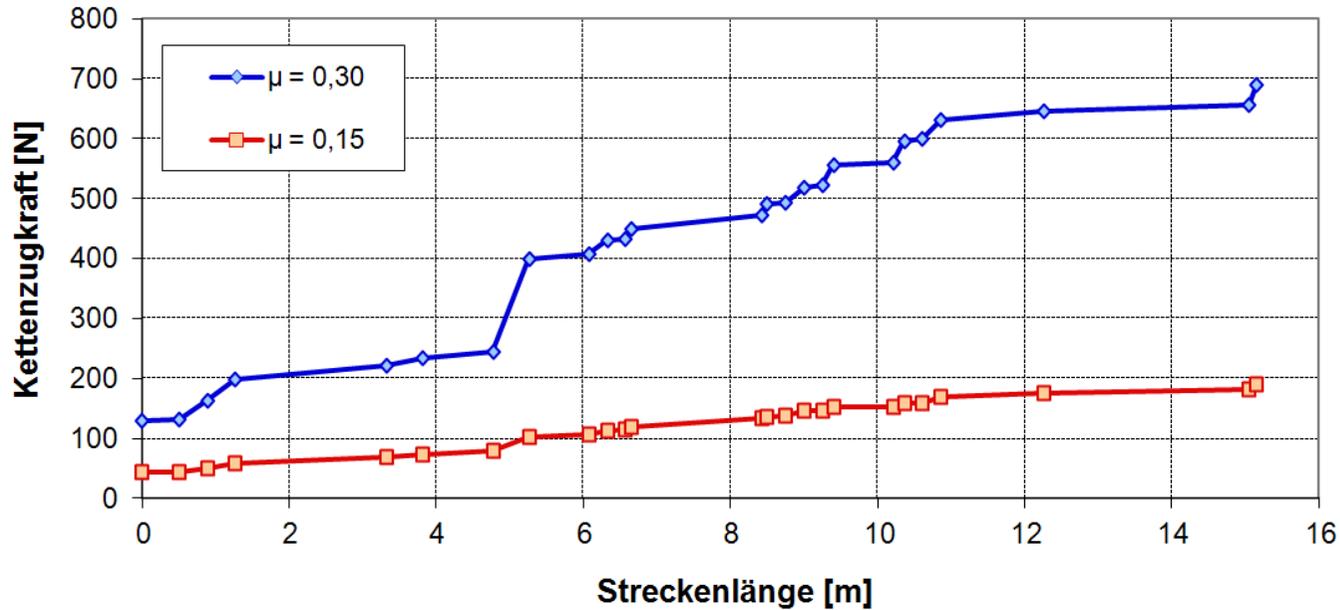


31

## Energetische Betrachtung

Zugkraftverlauf der Kette im Förderer

Förderstrecke 15 m, Gutmasse = 2,5 kg/m, Geschwindigkeit = 0,3 m/s



## Agenda

### Einführung

Was ist Fördertechnik?, Klassifizierung der Fördergüter, Systematik der Fördermittel

### Ausgangssituation

### Massereduktion / Leichtbau

Einfluss der Eigenmasse eines Fördermittels, Optimierungsmaßnahmen, Energetische Betrachtung

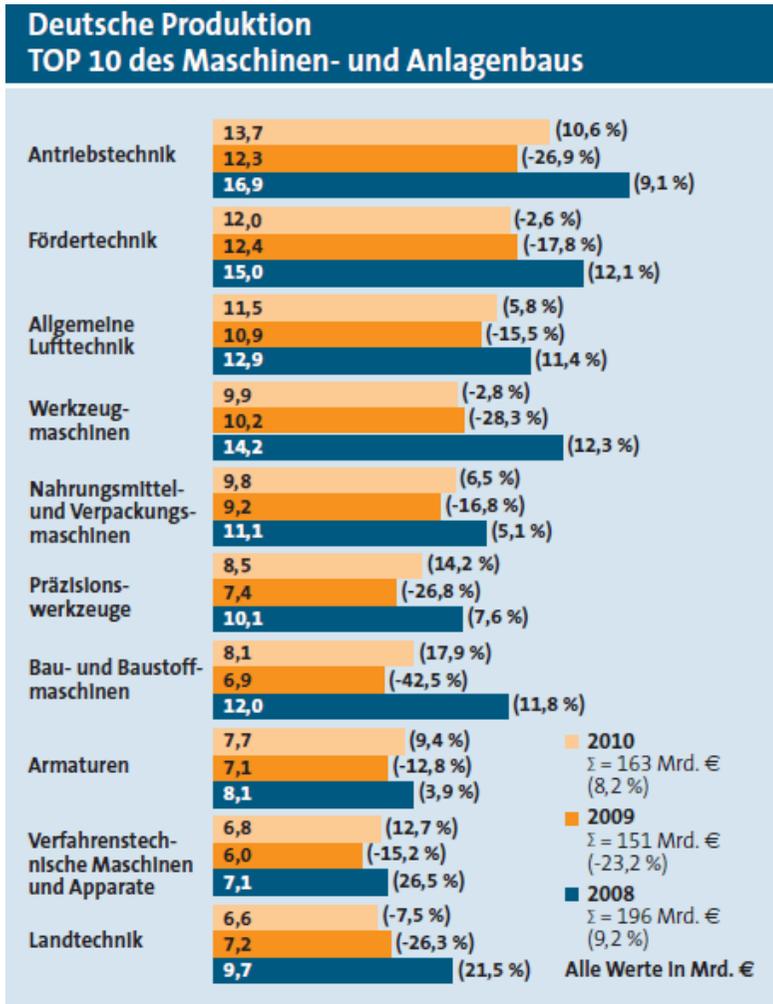
### Reibungsreduktion

Oberflächenbeschichtung, Oberflächenstrukturierung, Energetische Betrachtung

### Bedeutung der Fördertechnik

### Zusammenfassung

# Bedeutung der Fördertechnik



## Beispiel: DHL-Hub Leipzig

- 2000t Fracht / Tag
- 60 Flugzeuge / Tag
- 6,5km Förderstrecke
- Sortierleistung  
60.000 Pakete/h  
35.000 Dokumente/h



## Agenda

### Einführung

Was ist Fördertechnik?, Klassifizierung der Fördergüter, Systematik der Fördermittel

### Ausgangssituation

### Massereduktion / Leichtbau

Einfluss der Eigenmasse eines Fördermittels, Optimierungsmaßnahmen, Energetische Betrachtung

### Reibungsreduktion

Oberflächenbeschichtung, Oberflächenstrukturierung, Energetische Betrachtung

### Bedeutung der Fördertechnik

### Zusammenfassung

### ➤ **Leichtbau / Massereduktion**

- ✓ Ersetzen schwerer Stahlkonstruktionen durch Komponenten aus Aluminium und kohlefaserverstärktem Kunststoff
- ✓ Beanspruchungsgerechte Auslegung der Komponenten
- ✓ Verwendung kleinerer Motoren

### ➤ **Reibwertminderung in Abstützungen und Führungen der Zug- und Tragmittel**

- ✓ neue Materialpaarungen
- ✓ Beschichtung der Oberflächen
- ✓ spezielle Oberflächenstrukturen
- ✓ Ablösung der Gleitreibung durch Rollreibung

## Zusammenfassung

- einfachste, physikalische Wirkprinzipien beeinflussen den Energieverbrauch technischer Anlagen z.T. sehr stark
- Massereduzierung führt z. B. zu
  - Verringerung nötiger Antriebsenergie
  - Erhöhung der Geschwindigkeit von Förder- und Lagervorgängen
  - Erhöhung der Nutzlast
- Reibwertminimierung führt z. B. zu
  - Geringerem Bedarf an Antriebsenergie
  - Längerer Lebensdauer der Bauelemente und damit zu erhöhter Ressourceneffizienz
- Wegen ihrer grundlegenden Bedeutung lassen sich die genannten Erkenntnisse leicht auf andere leicht auf andere Gebiete des Maschinen- und Anlagenbaus übertragen



37

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dieses Projekt wird gefördert von der Europäischen Union aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) sowie aus Landesmitteln des Freistaats Sachsen.



Gefördert aus Mitteln  
der Europäischen Union

STAATSMINISTERIUM  
FÜR WISSENSCHAFT  
UND KUNST

Europa fördert Sachsen.



Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung

