

# ***Verbesserung der Ressourceneffizienz von stetigen Schüttgutfördersystemen***

Dipl.-Ing. Dr. mont. Michael Prenner

21.04.2022

60. Sicherheitstagung für den Österreichischen Bergbau und 70 Jahre BVÖ

# Inhalt

---

- Einleitung
- Dynamische Übergabeschurre – “FlowScrape“
- Feststoffturbine
- Zusammenfassung und Ausblick

# Einleitung

---

- Stetige Fördersysteme und im speziellen Gurtbandförderer sind im Vergleich zu unstetigen Systemen grundsätzlich sehr effiziente Maschinen
- Es lassen sich große Massenströme realisieren
- Nachteil ist die eingeschränkte Flexibilität
- Die auftretenden Bewegungswiderstände lassen sich optimieren
- Durch den Einsatz von Zusatzeinrichtung kann die Effizienz weiter gesteigert werden

# Einleitung

Variante 1: Transport mit LKWs



Variante 2: horizontaler Stollen und Sturzschaft

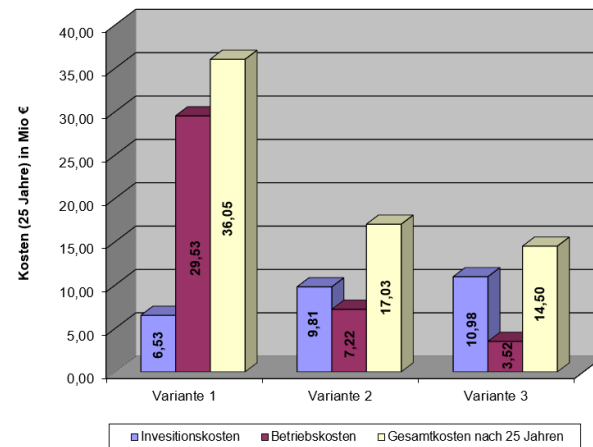


Variante 3: Schräger Tunnel und Sturzschaft



Vergleich stetige Fördersysteme mit unstetigen Systemen

Vergleich der Fördervarianten



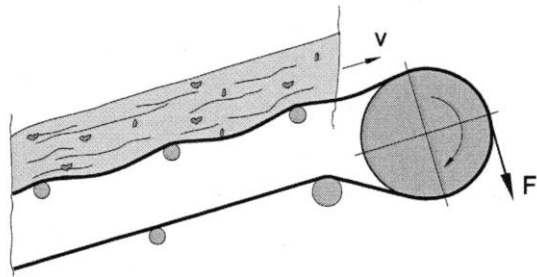
## Spezifikation

- 50 Arbeitswochen pro Jahr - 5 Arbeitstage pro Woche = 250 Arbeitstage pro Jahr
- 1 Schichtbetrieb für die Förderung = 250 Tage x 8 Std. = 2000 Std. pro Jahr
- 2 Schichtbetrieb im Abbau = 250 Tage x 16 Std. = 4000 Std. pro Jahr
- 1 Mio Tonnen Schüttgut pro Jahr / 2000 Std. = 500 t/h

Energierückgewinnung mit ca. 140kW

# Einleitung

## Verbesserung der Ressourceneffizienz bezogen auf Gurtbandförderer



Zur Berechnung der Widerstände werden diese in

- $F_H$  : Hauptwiderstände
- $F_N$  : Nebenwiderstände
- $F_{St}$  : Steigungswiderstände
- $F_S$  : Sonderwiderstände

unterteilt.

Die Summe dieser Bewegungswiderstände ist gleich der von der Antriebsstrommel auf den Gurt zu übertragenden **Umfangskraft  $F$**  :

$$F = F_H + F_N + F_{St} + F_S \quad [N]$$

### Hauptwiderstände $F_H$

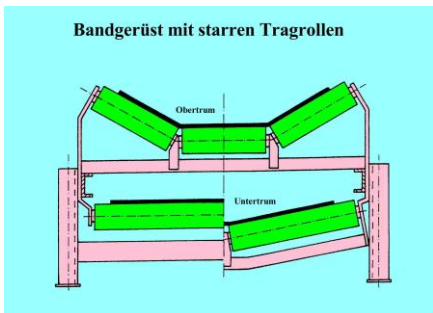
- **Laufwiderstand der Tragrollen** : Lagerreibung, Dichtungsreibung
- **Walkwiderstände** : Gurteindrückung an den Tragrollen, Schwingbiegung des Gutes beim Lauf über die Tragrollen, Durchwalkung des Fördergutes

### Nebenwiderstände $F_N$

- Widerstände an den Trommeln : Gurtbiegewiderstand beim Lauf des Gurtes über die Trommeln  $F_{Gb}$  ; Lagerreibung der nicht angetriebenen Trommeln  $F_{Tn}$
- Trägheits- und Reibungswiderstände zwischen Fördergut und Gurt an einer Aufgabestelle
- Reibungswiderstände zwischen Fördergut und seitlichen Schurren im Beschleunigungsbereich einer Aufgabestelle  $F_{Schb}$
- Reibungswiderstände durch Gurtreiniger (Gutabstreifer)  $F_{Gr}$

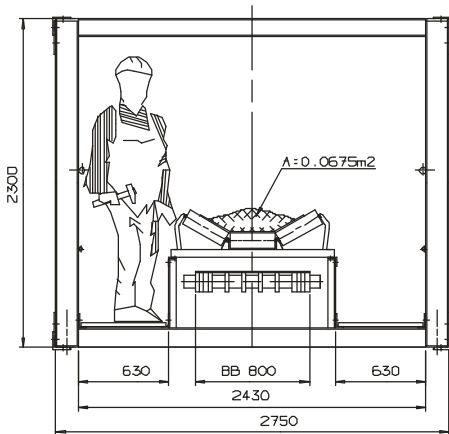
# Einleitung

## Vergleich Standard Gurtbandförderer - RopeCon

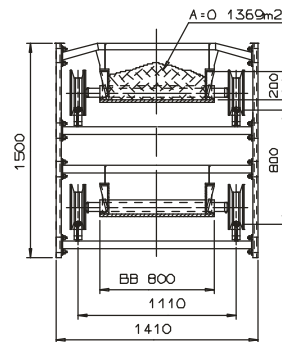


# Einleitung

Cross section: conventional belt conveyor



Cross section: RopeCon

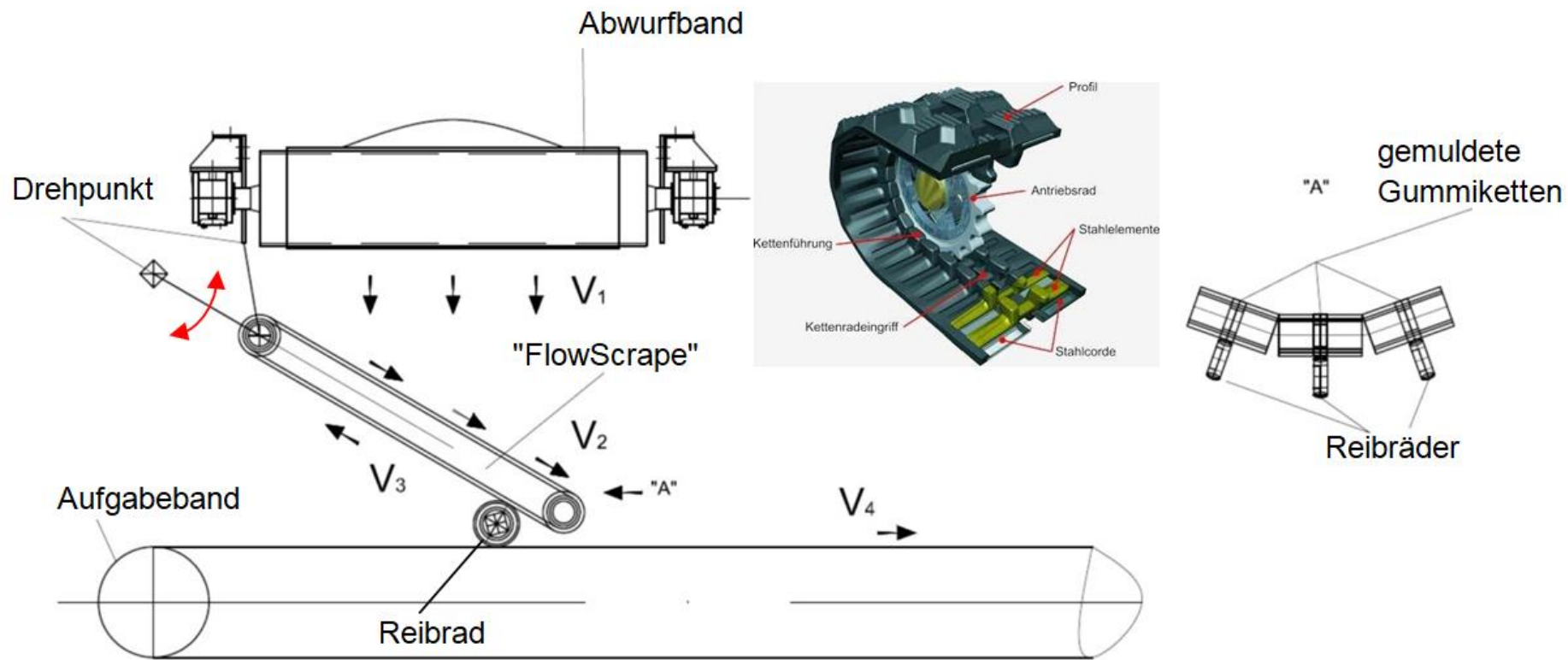
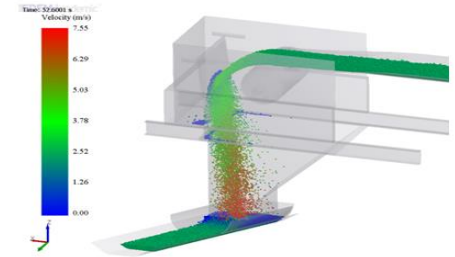


## Energieeinsparung RopeCon-System:

- 1000 m unbeladener Gurt - 30 %  
beladener Gurt - 45 %
- 2000 m unbeladener Gurt - 36 %  
beladener Gurt - 51 %
- 3000 m unbeladener Gurt - 38 %  
beladener Gurt - 53 %
- 6000 m unbeladener Gurt - 40 %  
beladener Gurt - 55 %

# Dynamische Übergabeschurre – "FlowScrape"

Effizienzsteigerungspotential besteht auch an Übergabe-, Abgabe- oder Aufgabebestellen.



## **Vorteile:**

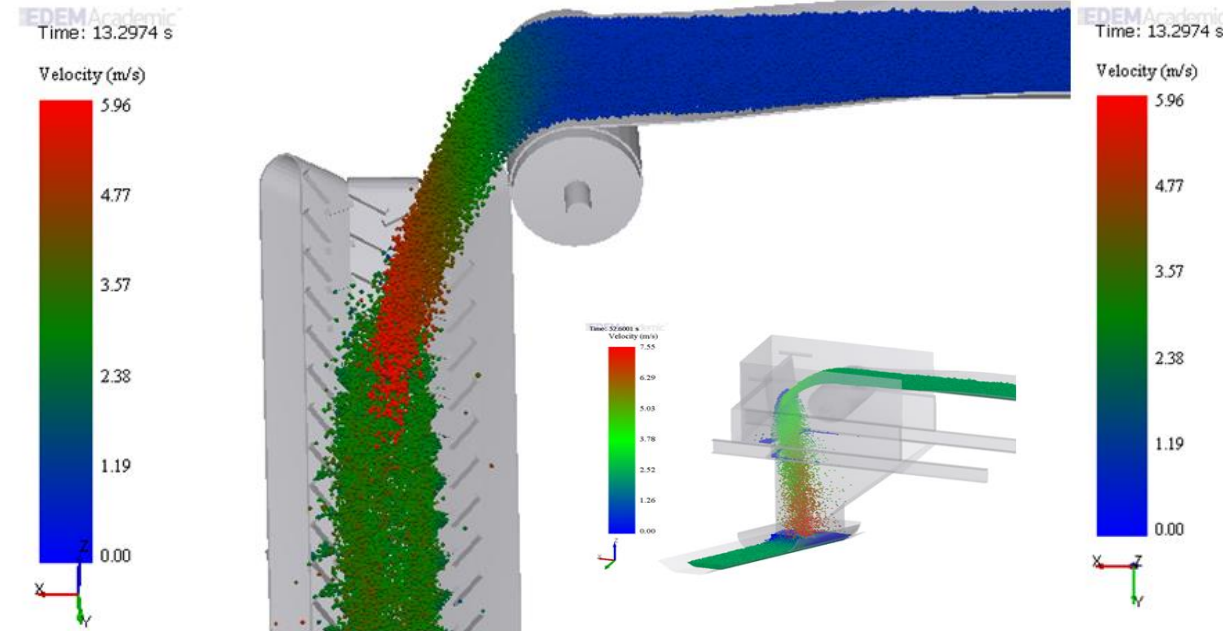
- Schonung des Aufgabebandes
- Geringerer Partikelverschleiß
- „Softloading „Effekt => energetischer Vorteil
- Höhere Standzeiten im Vergleich zu Standardschurrensystemen
- Energierückgewinnung
- Kein zusätzlicher E- Antrieb notwendig
- Einfacher kostengünstiger Aufbau
- Staubreduktion
- Vermeidung von Verstopfungen durch Materialanbackungen
- Vermeidung von Durchschlägen am Aufgabeband

(Die Entwicklung erfolgt in Zusammenarbeit mit ScrapeTec Trading GmbH, ScrapeTec GmbH und Wanggo Gummitechnik GmbH)

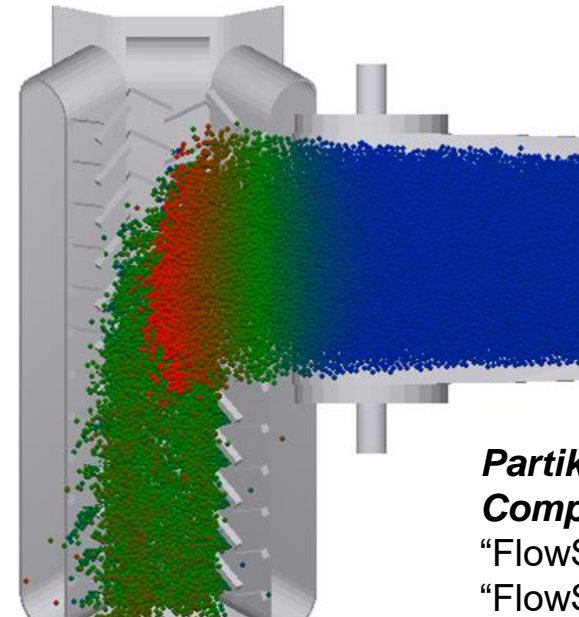


# Dynamische Übergabeschurre – “FlowScrape”

## Simulation einer realen Anlagensituation



Massenstrom = 800t/h  
 Fallhöhe ca. 3m  
 Neigung Aufgabeband = 16°  
 Neigung Übergabeband = 34°  
 Bandgeschwindigkeit = 1m/s bzw. 2,4m/s  
 Schüttgut = Eisenerzpellets



- Hangabtriebskraft von ca. 746N
- Leistung von 1.789W
- Aufgabegeschwindigkeit auf das Aufgabeband von 8m/s auf 3,1m/s reduziert
- Maximale Aufgabegeschwindigkeit auf den “FlowScrape“ 5,9m/s

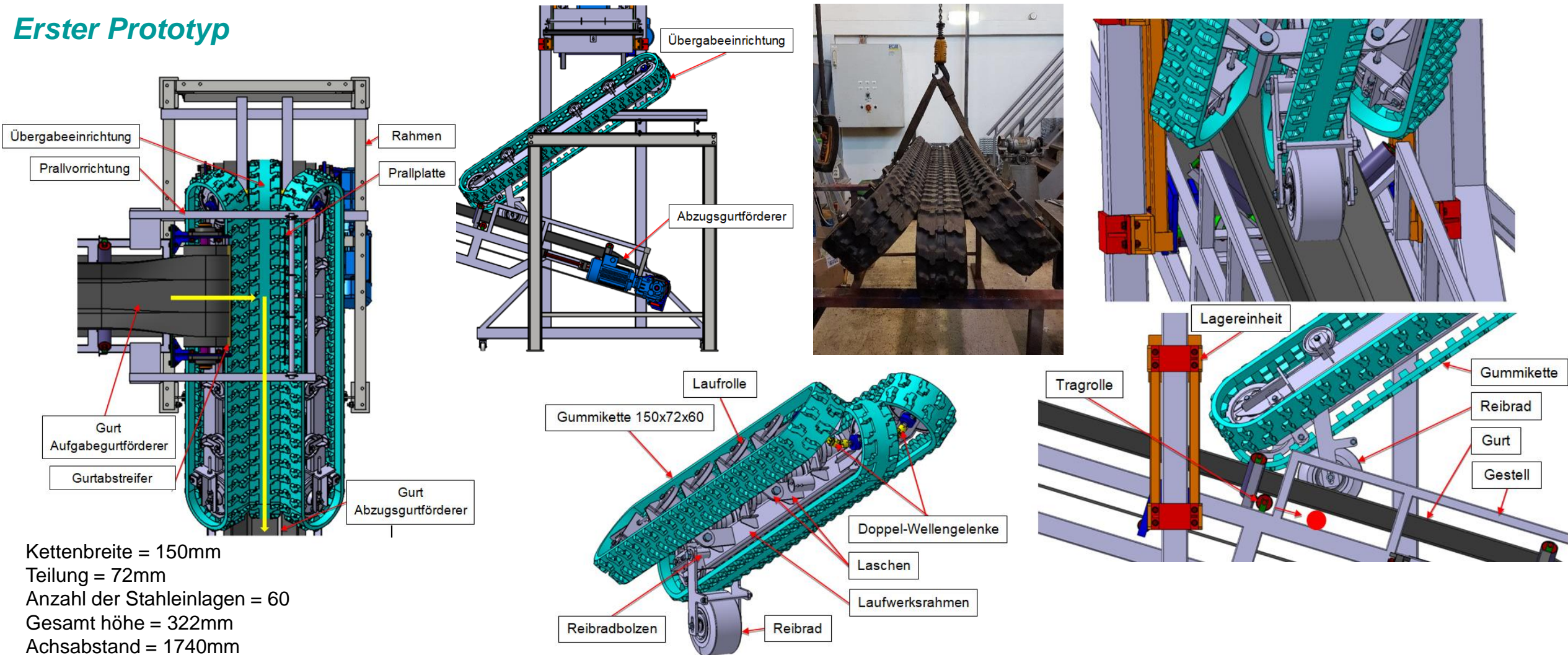
### Partikelbelastung in der Simulation (max. Compressive Force)

“FlowScrape“ .....	100%
“FlowScrape“ auf Aufgabeband .....	117%
Ohne “FlowScrape“ .....	176%

Durch den "FlowScrape" reduziert sich der Leistungsbedarf des Aufgabebandes um ca. 3,2kW.

# Dynamische Übergabeschurre – “FlowScrape”

## Erster Prototyp



# Dynamische Übergabeschurre – “FlowScrape”



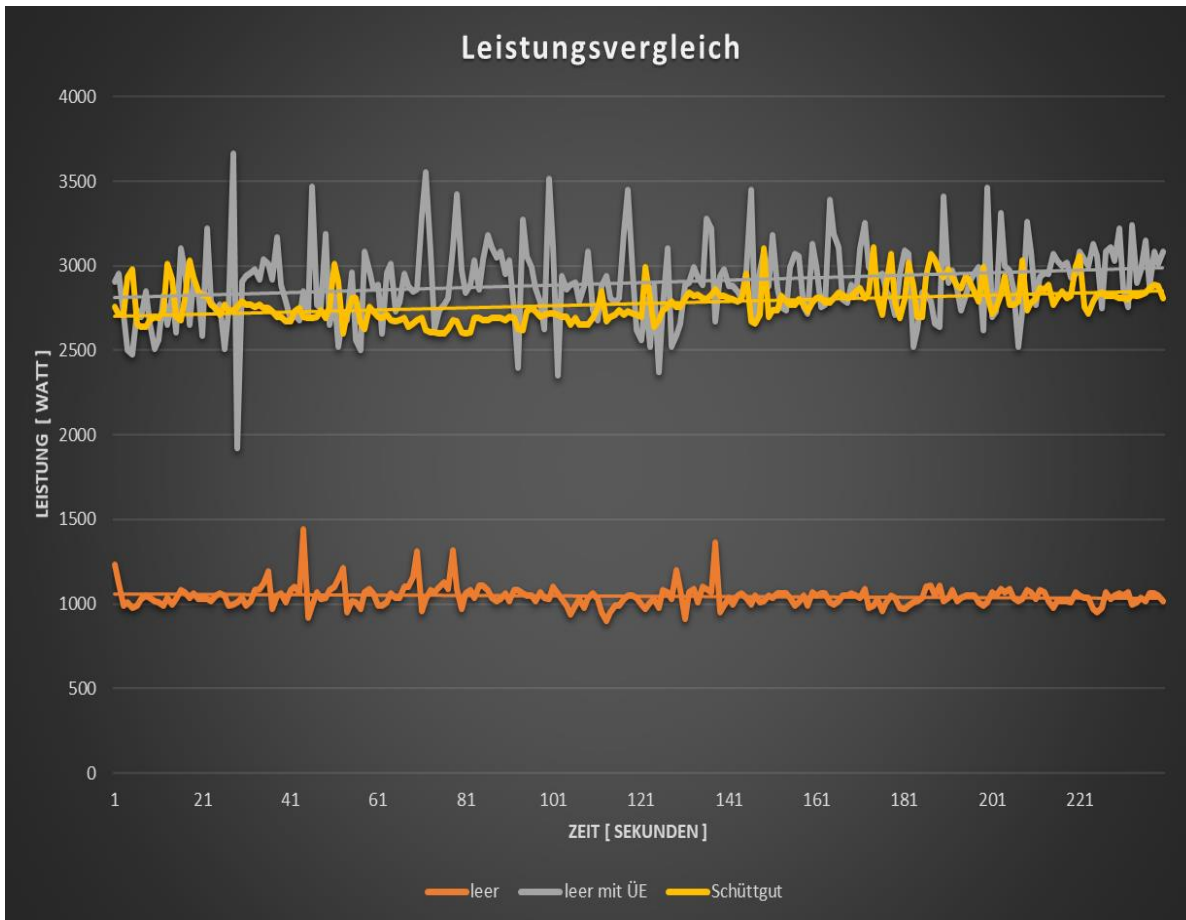
Erste Inbetriebnahme -  
Längskantenberührung



Gurtüberdeckung => Reduktion der Spaltverluste



# Dynamische Übergabeschurre – “FlowScrape”



## Leistungsmessung

Betriebspunkt	leer	leer mit „FS“	mit Schüttgut
Leistung	1045W	2898W	2775W

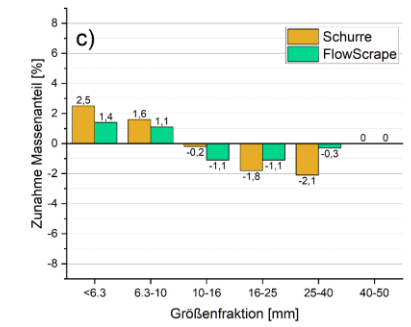
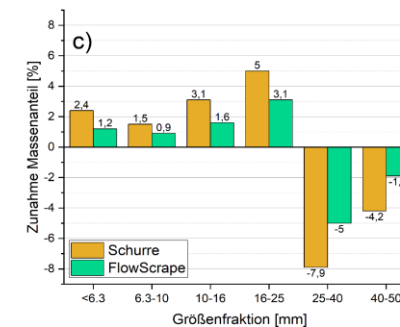
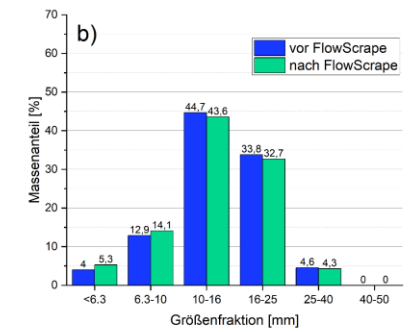
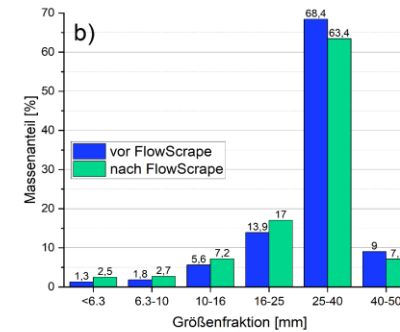
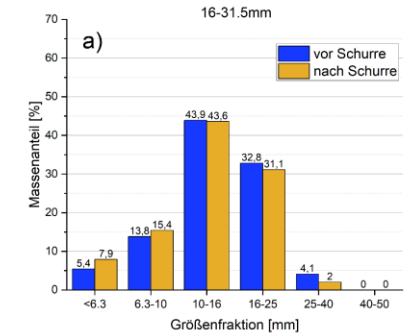
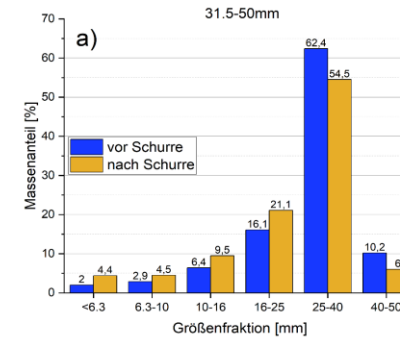
Leistungsbedarf „FlowScrape“ = 1.853W  
 Reduktion durch das Schüttgut = 123W  
 Massenstrom = 13kg/s (46,8t/h)  
 Bandgeschwindigkeit = 1,5m/s

# Dynamische Übergabeschurre – “FlowScrape”



Gesamtfallhöhe = 1600mm  
Bandgeschwindigkeiten = 1,5m/s

## Partikelbruchverhalten von Sinter



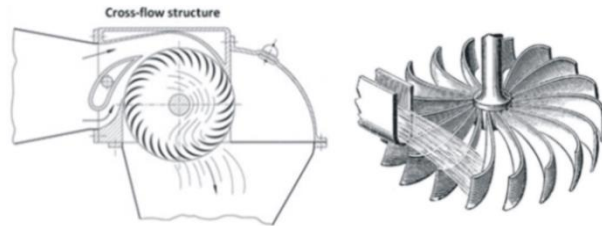
# Feststoffturbine



Energierückgewinnungssystem für stetige Schüttgutförderer

## Types Of Water Wheels

Pitch Back Wheel 90% Efficient	Overshot Wheel 70% Efficient	Breastshot Wheel 50% Efficient	Undershot Wheel 20% Efficient
Water Height 15'	Water Height 15'	Water Height 6'- 8'	



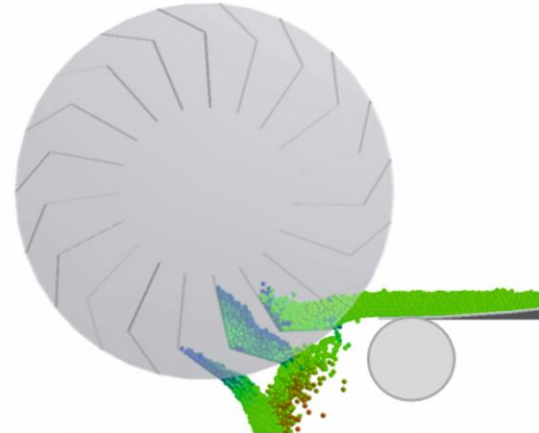
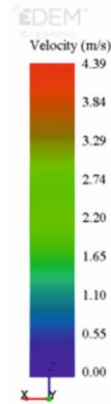
### Beispiel:

Massenstrom 15.000t/h (4.166,7kg/s)

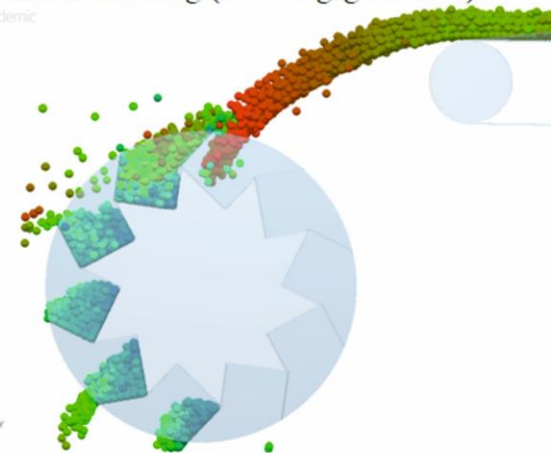
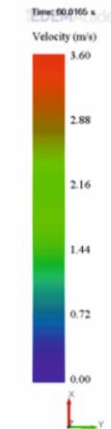
Fördergeschwindigkeit 6m/s

Fallhöhe 2m

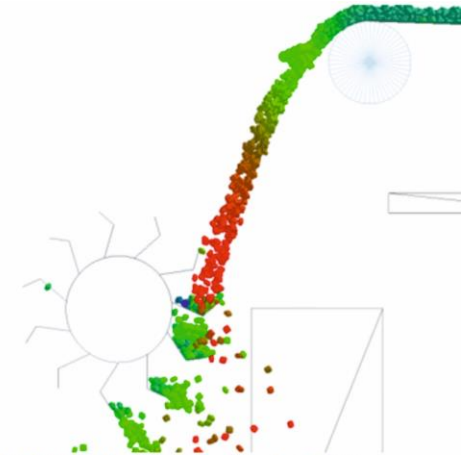
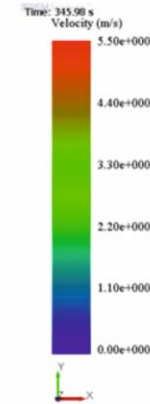
Leistungsinhalt des bewegten Schüttgutes ca. 157kW.



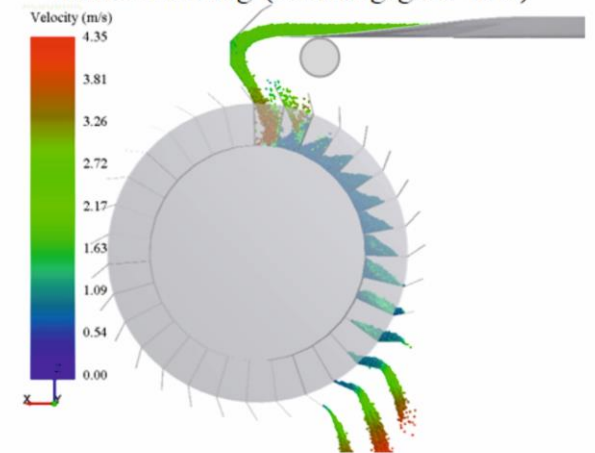
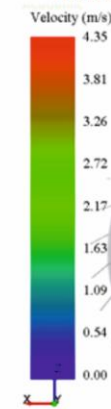
unterschlächig (Wirkungsgrad 52%)



oberschlächig (Wirkungsgrad 50%)



mittelschlächig (Wirkungsgrad 42%)



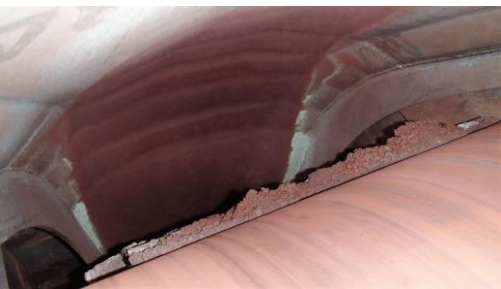
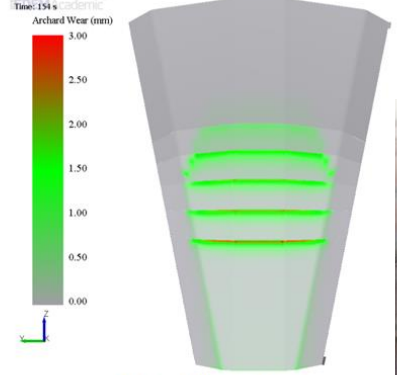
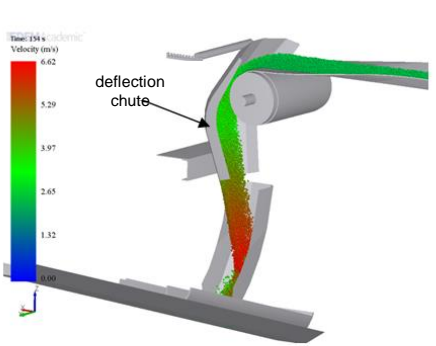
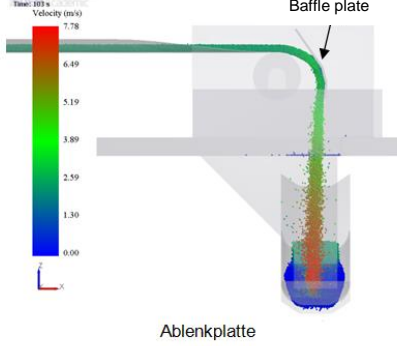
rückenschlächig (Wirkungsgrad 70%)

# ***Feststoffturbine***

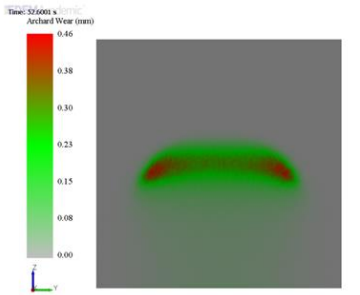
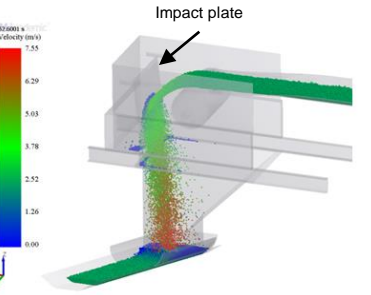
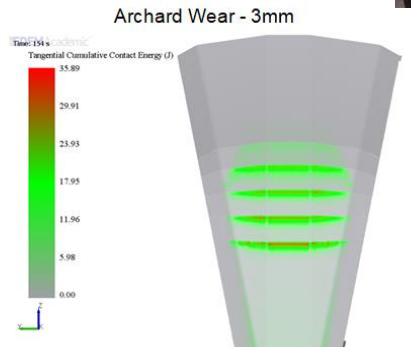
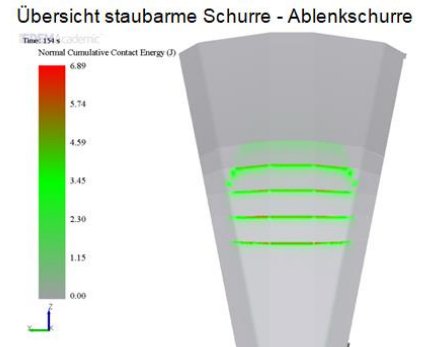
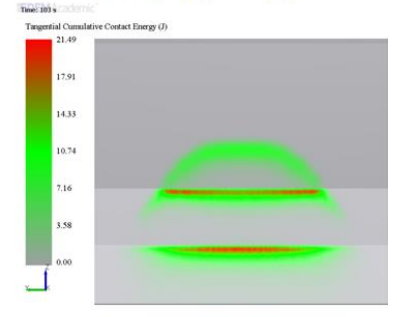
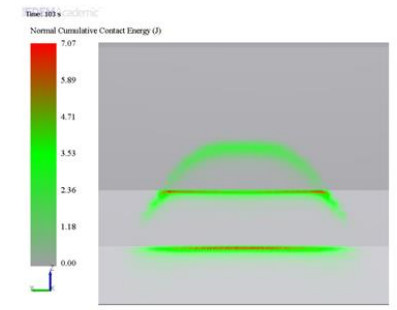
---

## ***Vorteile:***

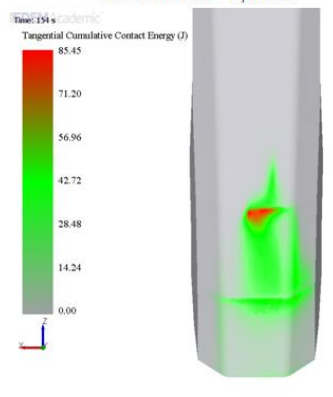
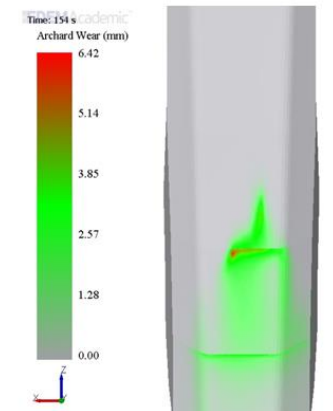
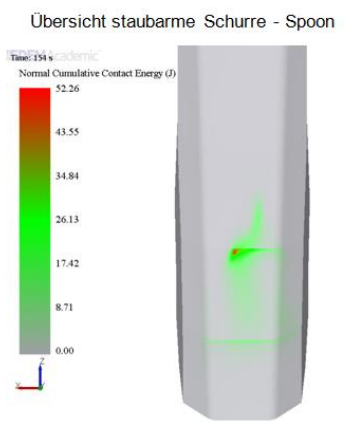
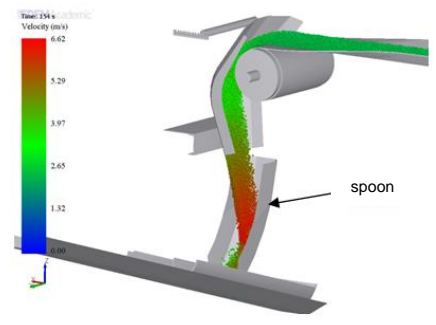
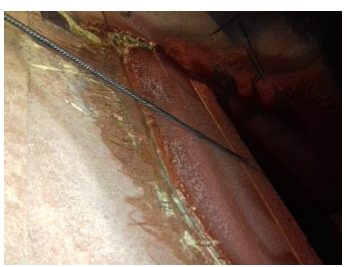
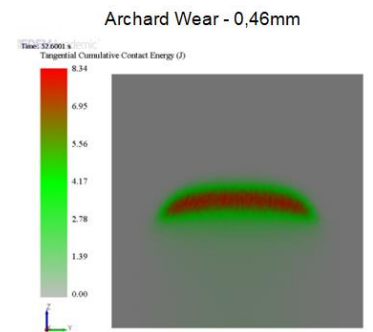
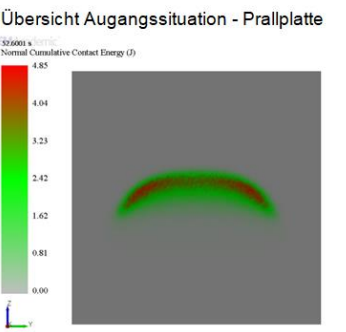
- Energierückgewinnung
- Verschleißvorteil gegenüber Standardübergabeschuppen
- "Soft Loading Effekte" durch spezielle Turbinengeometrie => weiterer energetischer Vorteil und Verschleißvorteil am Aufgabeband
- Reduktion von Partikelbrüchen
- Vermeidung der Schüttgutpartikelentmischung



## Ergebnisse Verschleißuntersuchungen

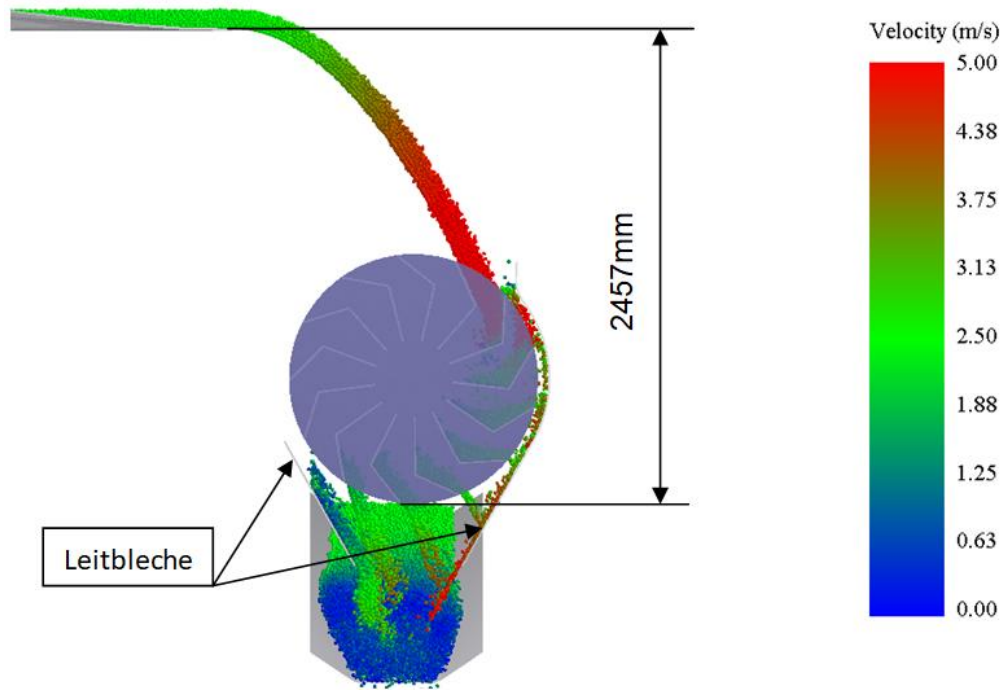


- Summe der normalen und tangentialen kumulativen Kontaktenergie:
1. Prallplatte = 13,19J
  2. Ablenkplatte = 28,56J
  3. Ablenkschurre = 42,78J
  4. Löffel = 137,71J
- Diese Ergebnisse wurden für die Lebensdauervorhersage verwendet.





# Feststoffturbine

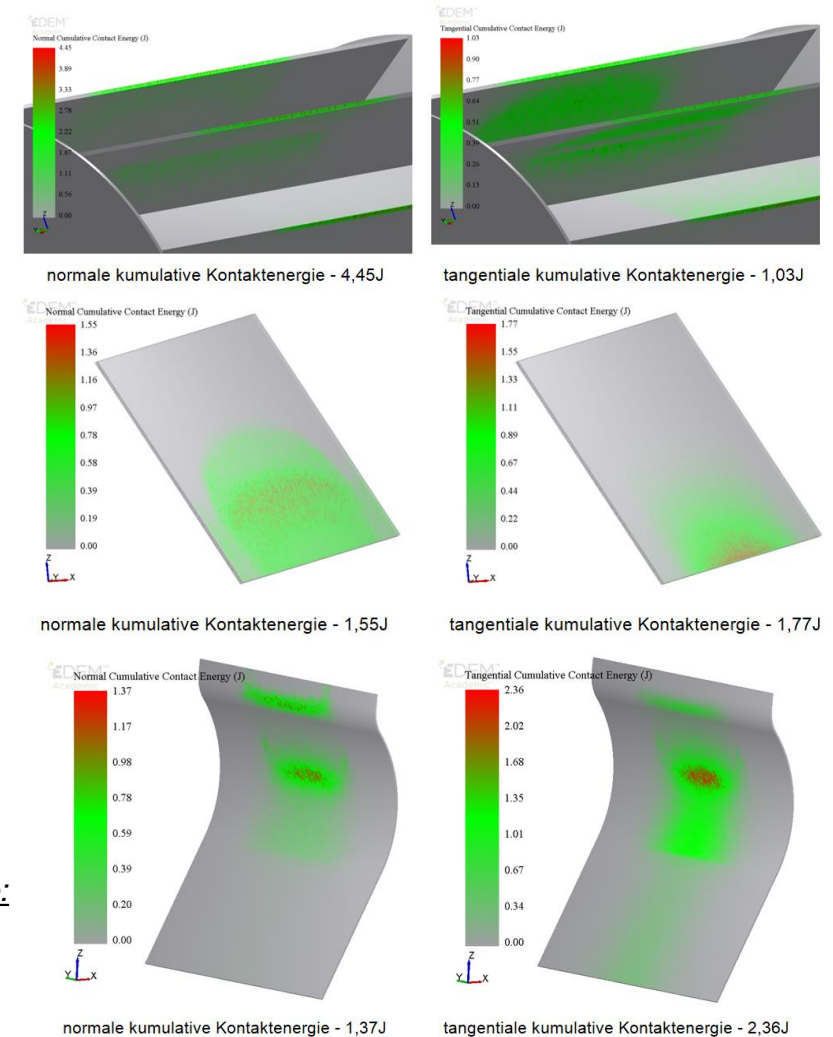


Fördergeschwindigkeit = 2,4m/s  
 Turbinendurchmesser = 1.290mm  
 Drehmoment = 909Nm  
 Turbinendrehzahl = 40rpm  
 Turbinenleistung = 3.807W  
 Leistungsinhalt = 7.032W  
 Wirkungsgrad = 54%

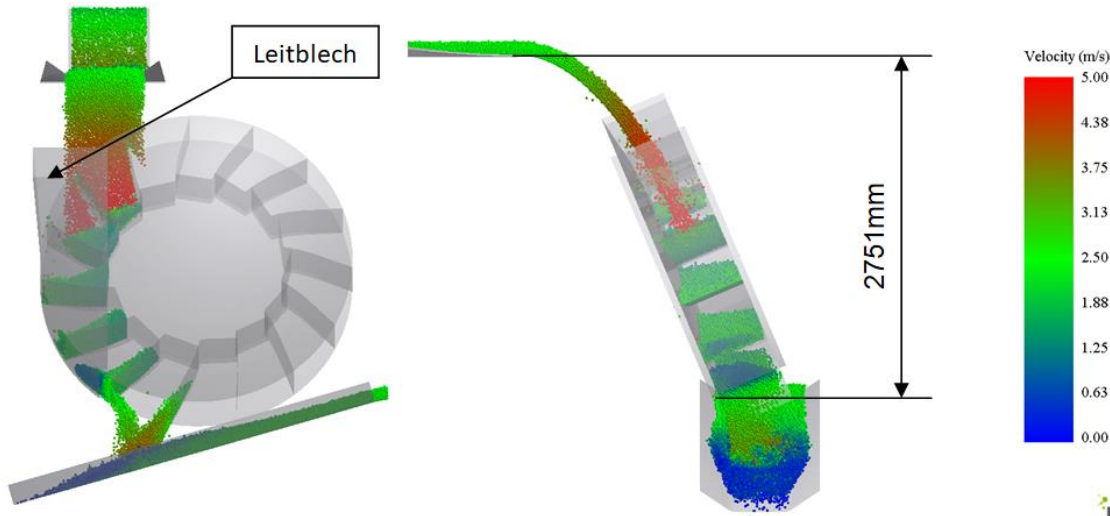
## Oberschlächtige Feststoffturbinen

Summe der normalen und tangentialen kumulativen Kontaktenergie:

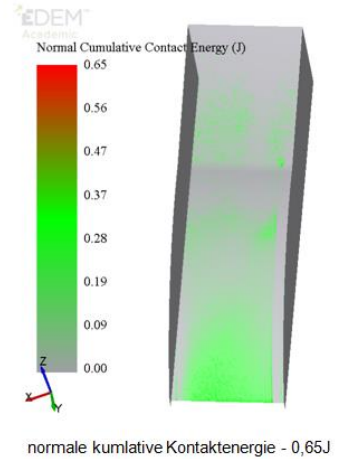
1. Oberschlächtige Turbine = 5,48J
2. Leitblech links = 3,32J
3. Leitblech rechts = 3,73J



# Feststoffturbine

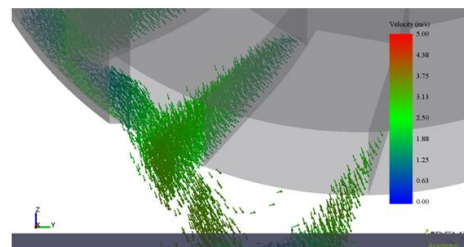
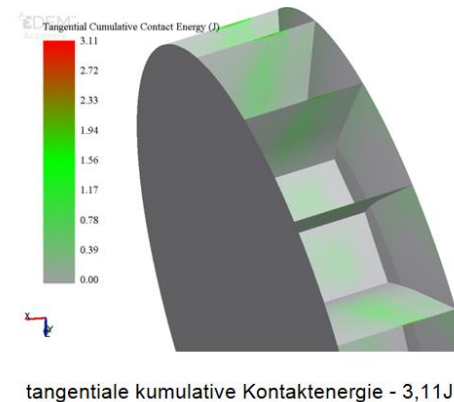
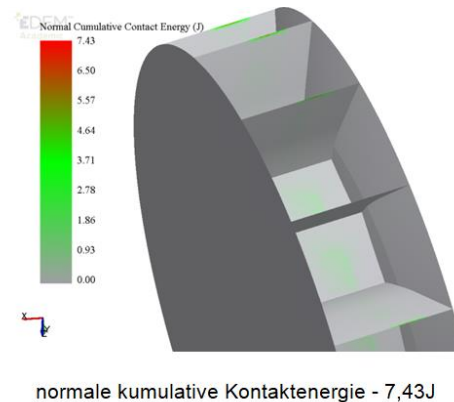
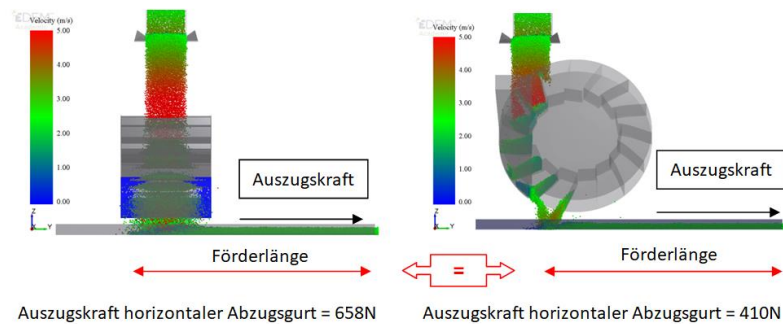
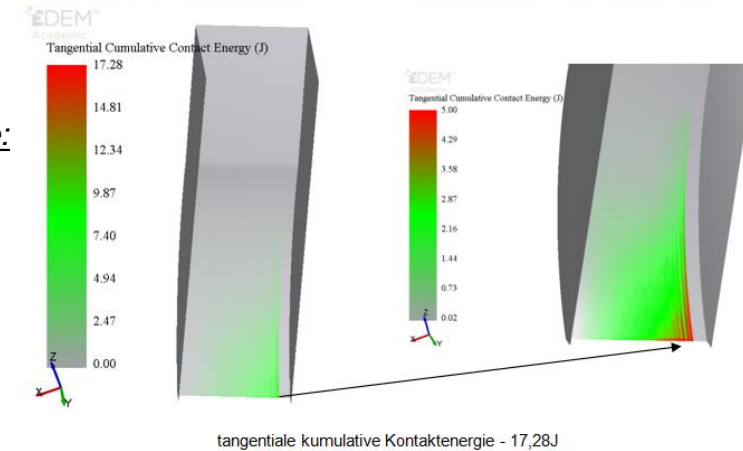


Fördergeschwindigkeit = 2.4m/s  
 Turbinendurchmesser = 2500mm  
 Drehmoment = 1936Nm  
 Turbinendrehzahl = 18rpm  
 Turbinenleistung = 3650W  
 Leistungsinhalt = 7784W  
 Wirkungsgrad = 47%  
 Leistungseinsparungen am Abzugsförderband durch den Übergabeeffekt = 595W  
 Summe der Einsparungen = 4245 W  
 Gesamtwirkungsgrad = 55%



Summe der normalen und tangentialen kumulativen Kontaktenergie:

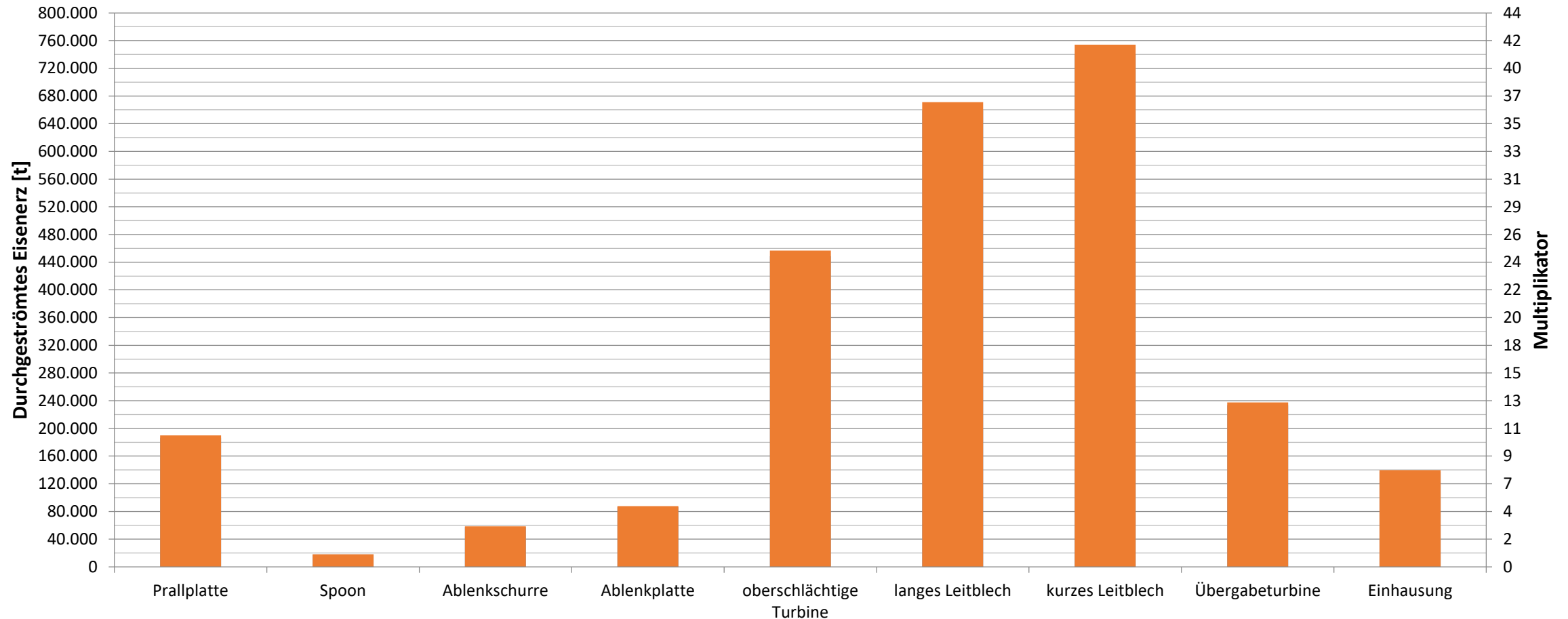
1. Übergabeturbine = 10,54J
2. Leitblech = 17,93J



## Übergabefeststoffturbine

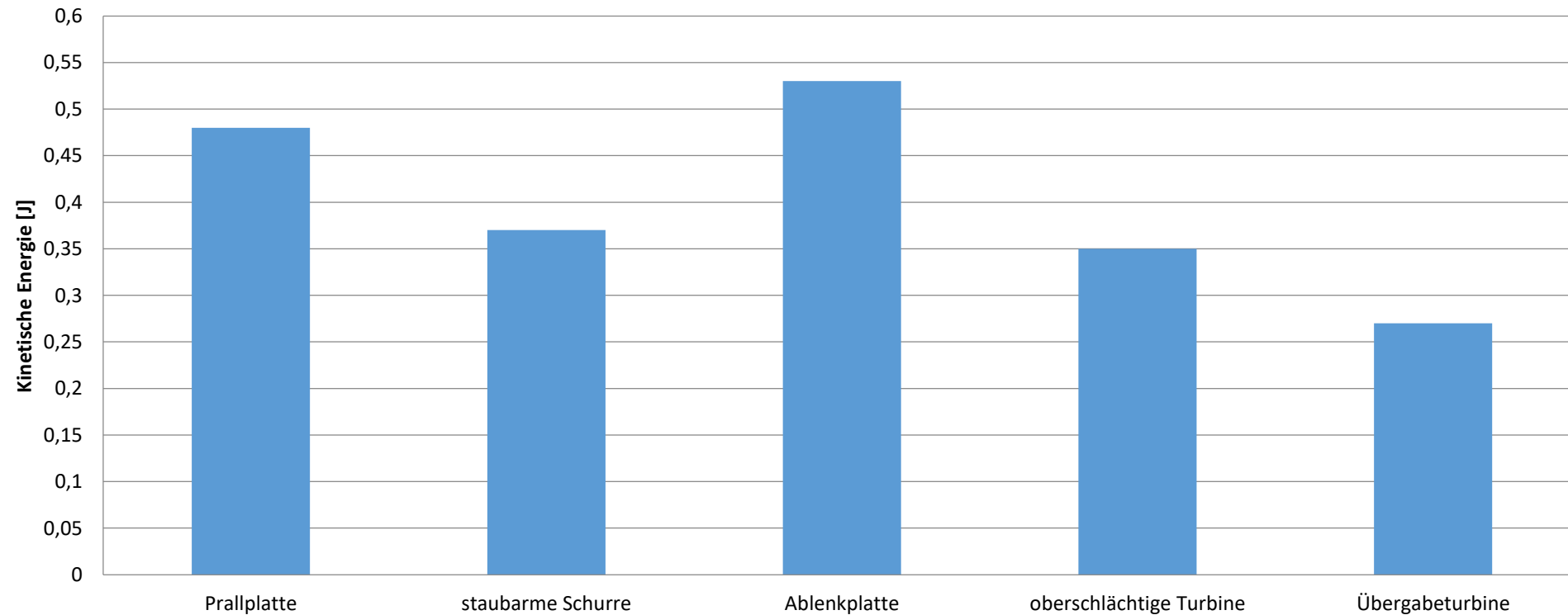
# Feststoffturbine

## Lebensdauer - Prallplatte als Basis



# Feststoffturbine

Maximale kinetische Energie der Schüttgutpartikel  
Partikeldurchmesser (Kugel) = 20mm, Masse = 0,0166714kg



# Feststoffturbine

## Vermeidung der Korngrößenentmischung

Partikelverteilung am Plattenbandförderer der Brecheranlage  
mit Turbine (links) und ohne Turbine (rechts)



Gleichmäßige Brecherbelastung bzw. Verschleiß durch die Turbine

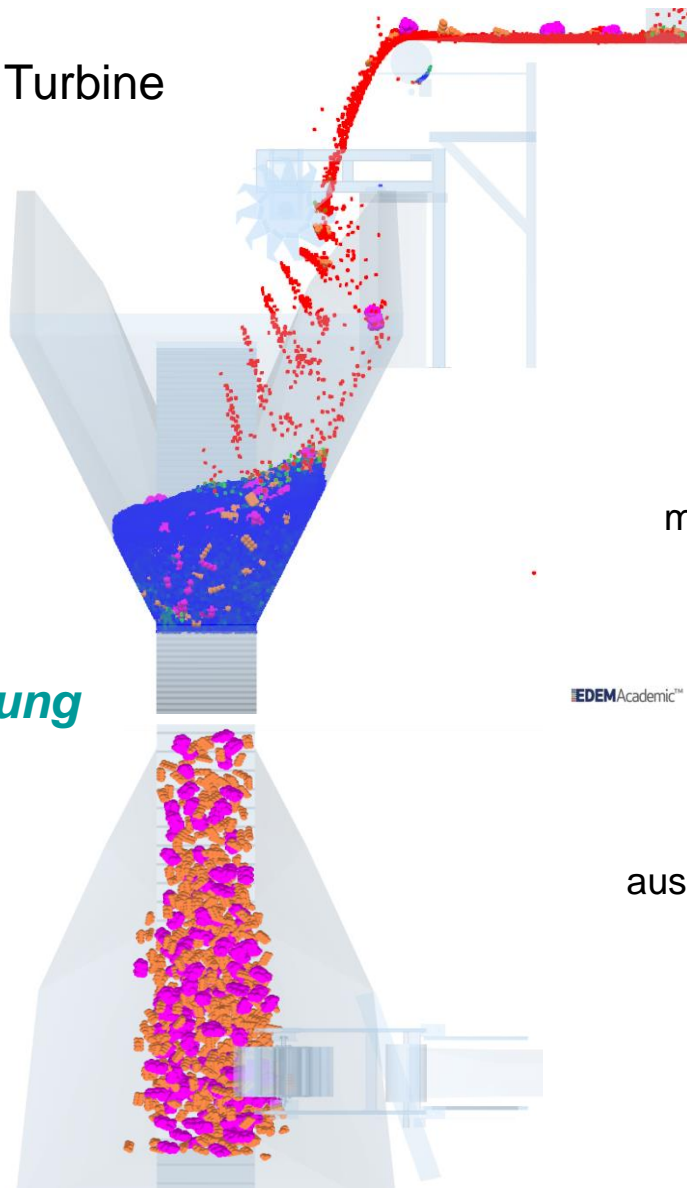




mit Turbine

ohne Turbine

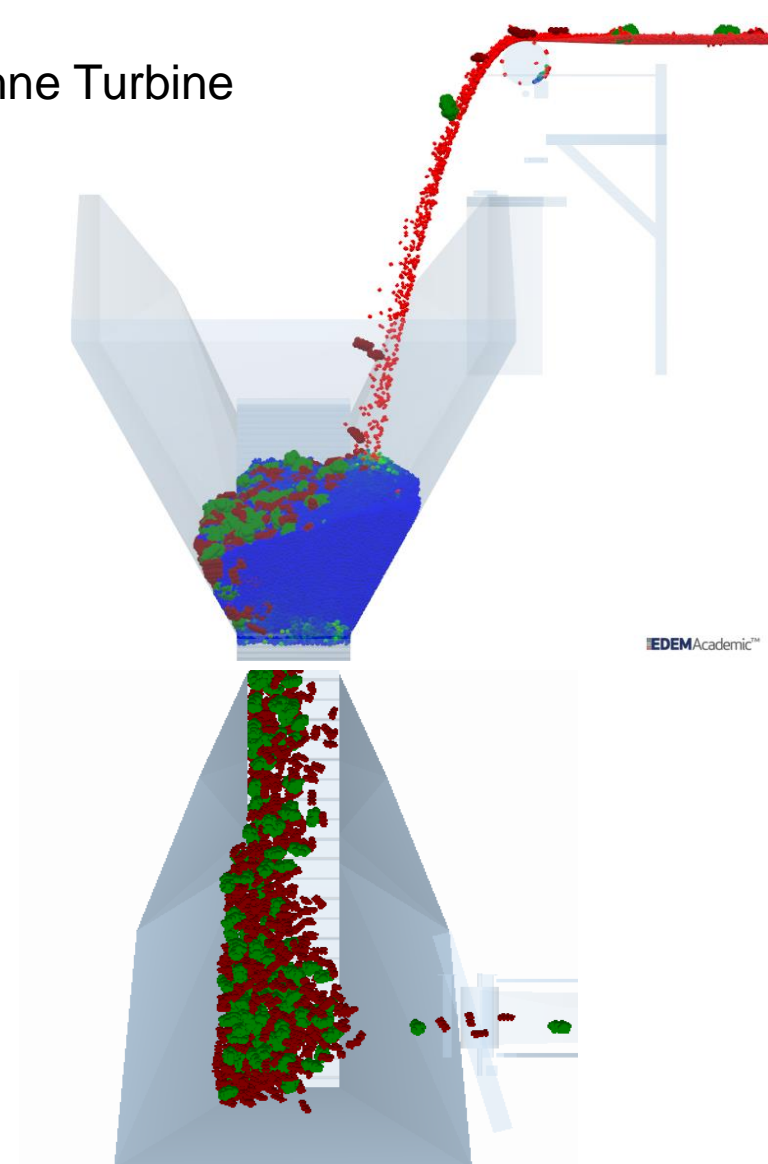
*Vermeidung der  
Korngrößenentmischung*



mit Feinkorn

EDEM Academic™

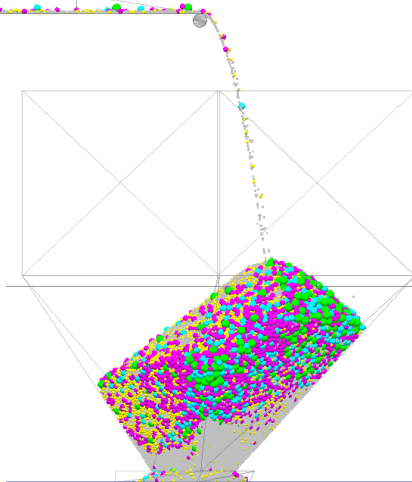
ausgeblendetes  
Feinkorn



EDEM Academic™

# Feststoffturbine

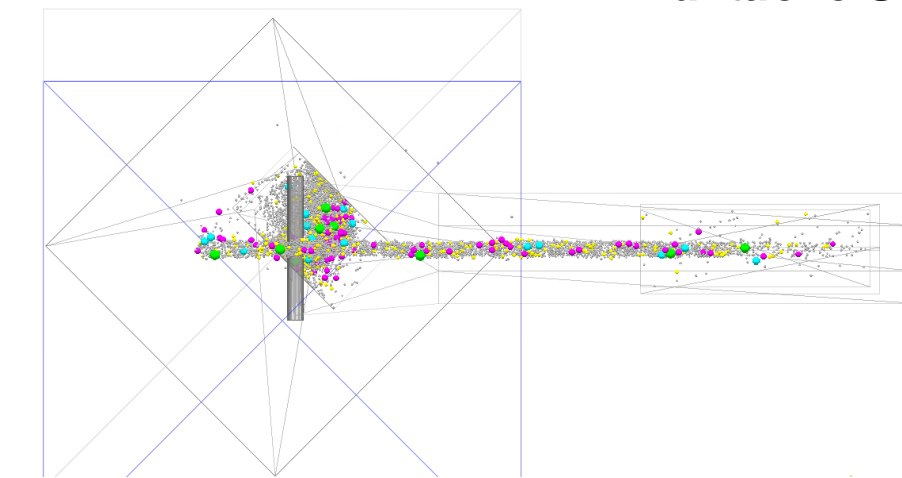
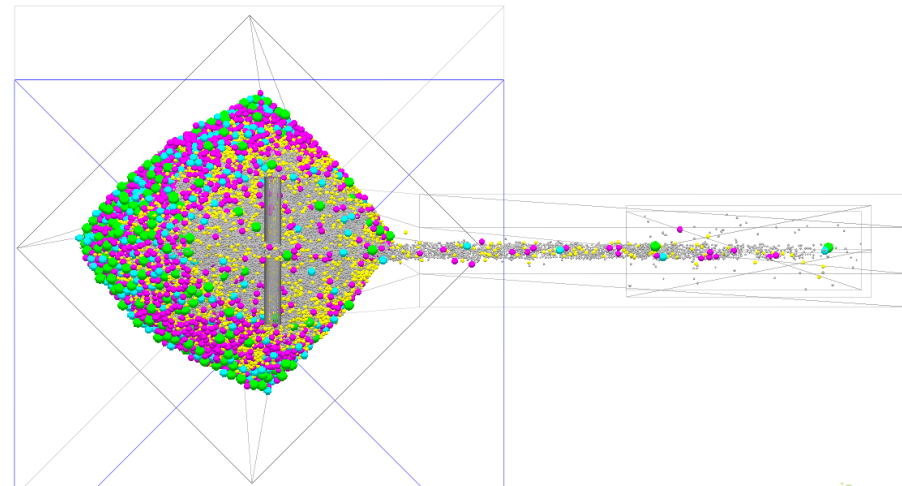
Time: 5983.55 s  
EDM Academic



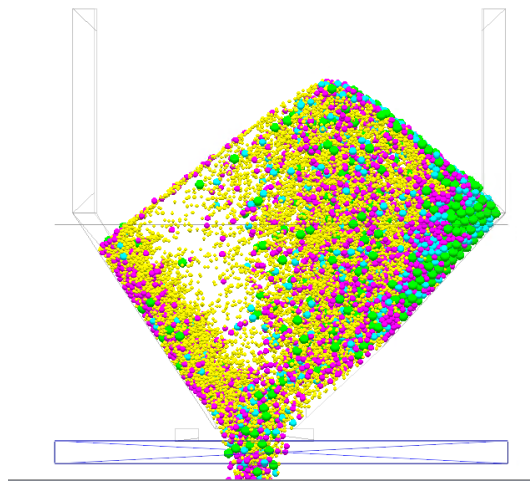
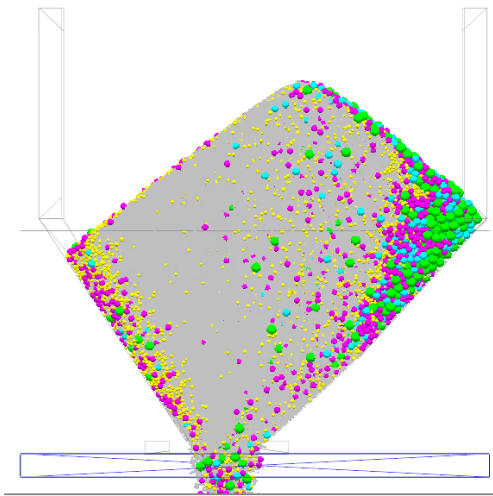
Time: 5983.55 s  
EDM Academic



Time: 4543.55 s  
EDM Academic

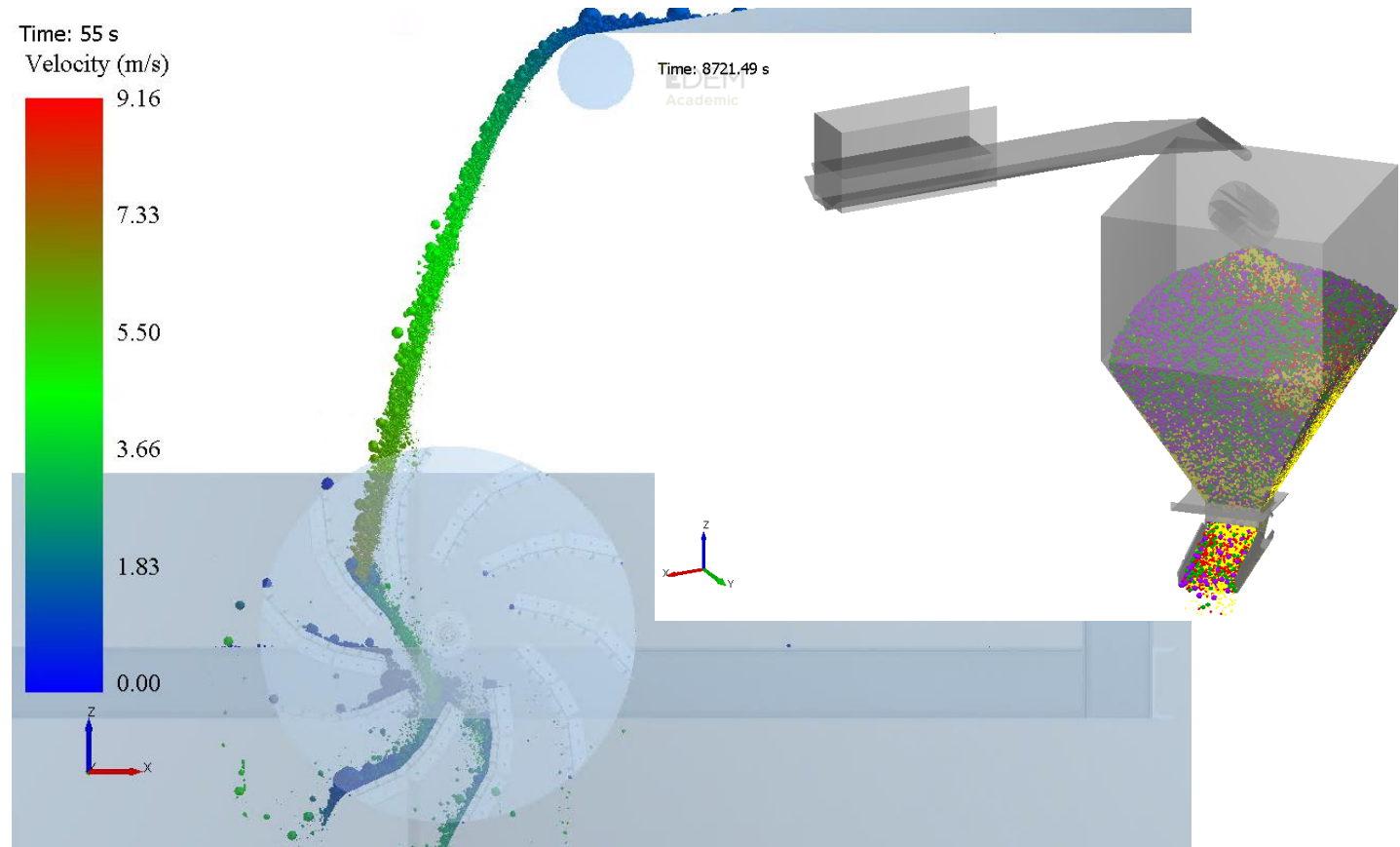
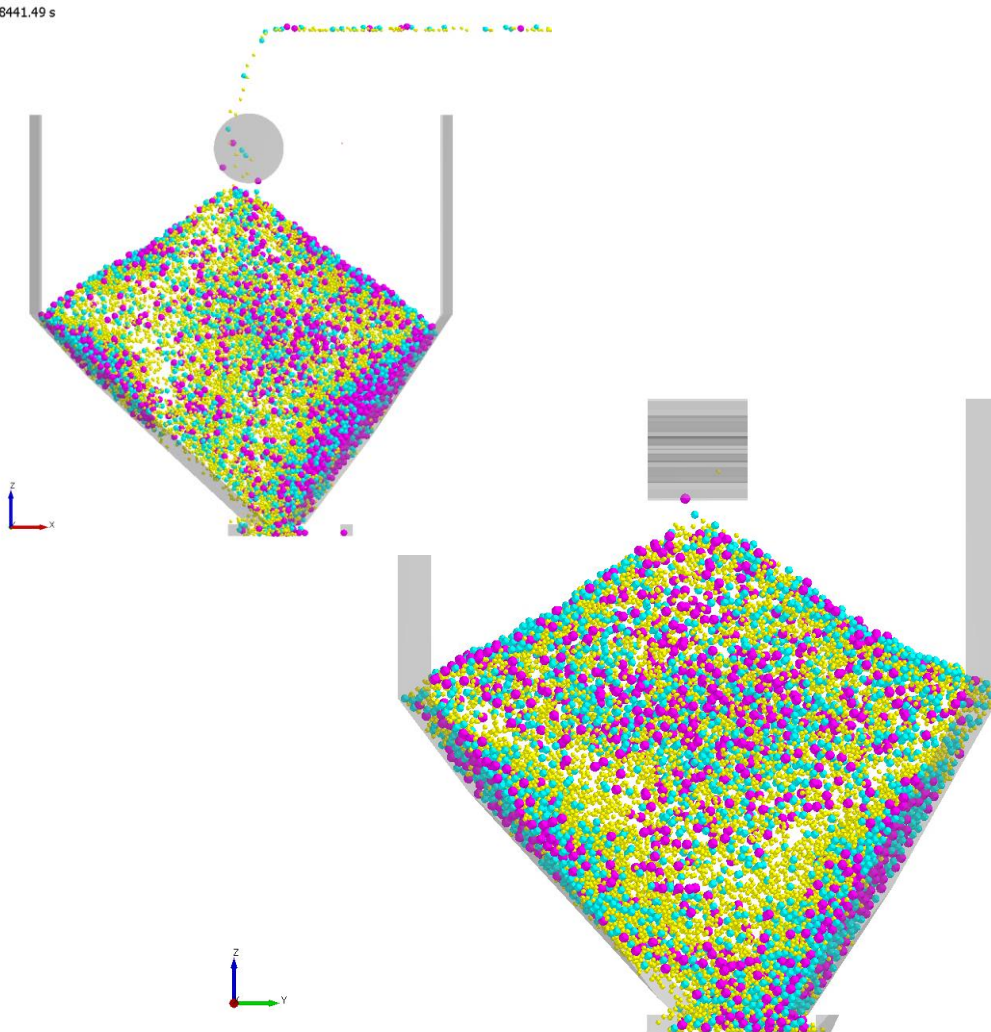


**aktuelle Situation**



# Feststoffturbine

## Feststoffturbine (Durchströmturbine) - Möllerbunker

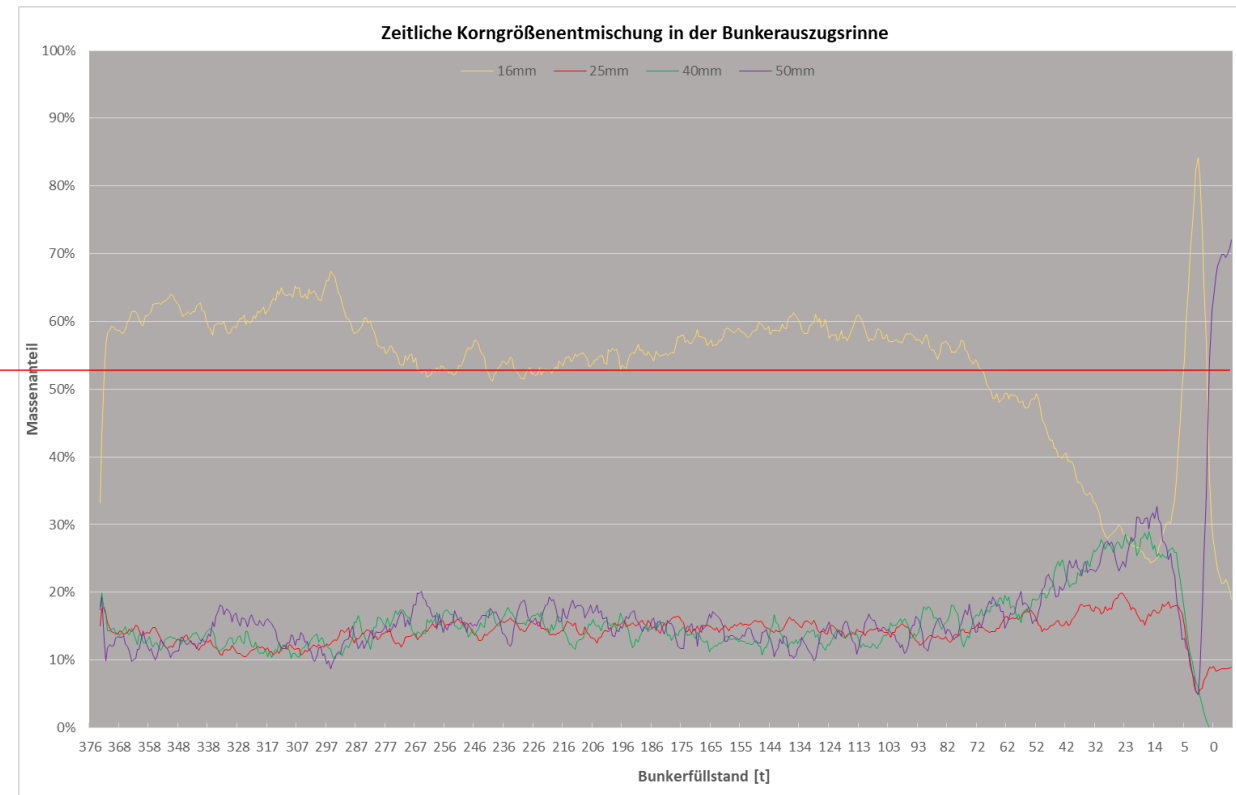
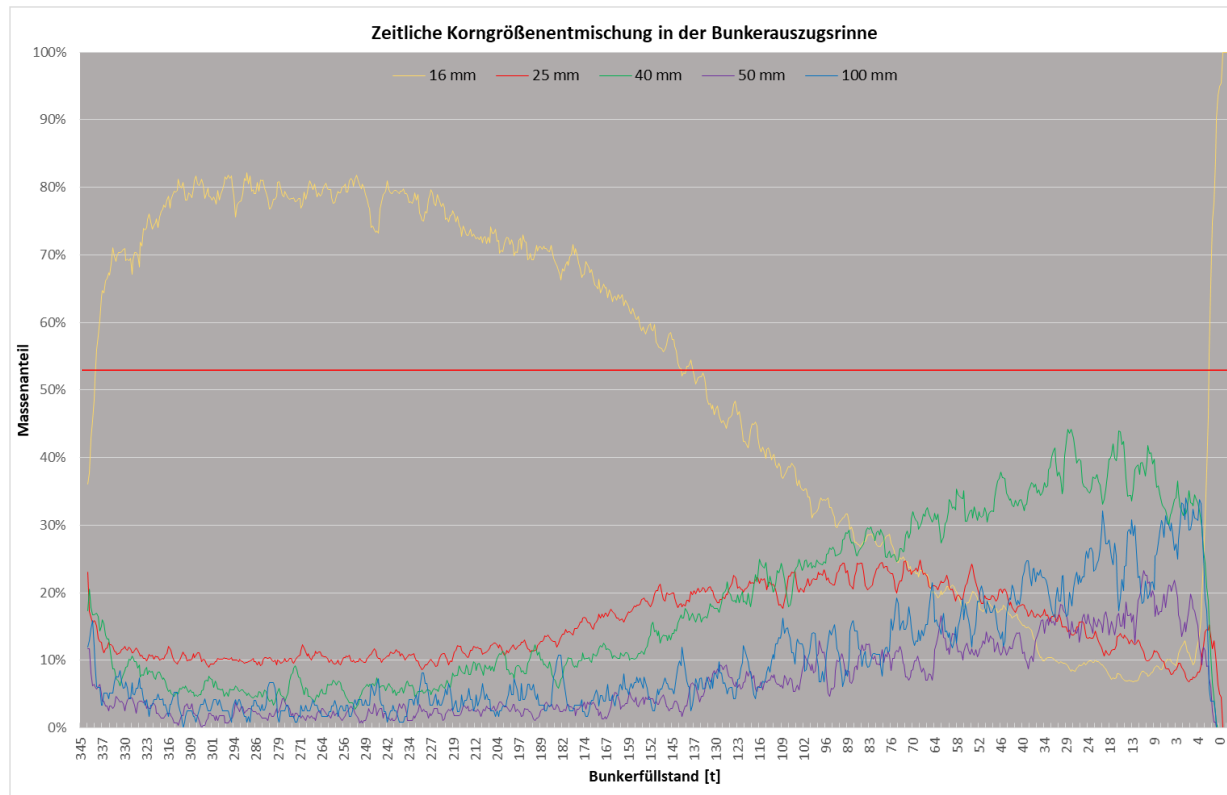




# Feststoffturbine

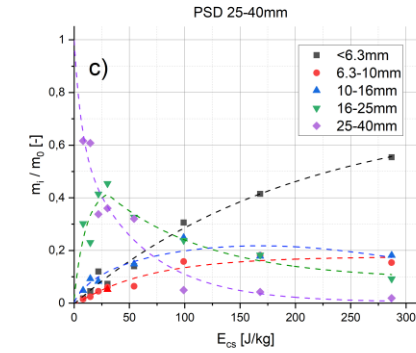
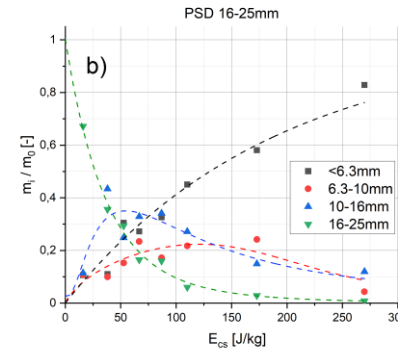
Korngrößenverteilung - Sollwerte

PSD [mm]	Mass [%]
100	9,393
50	6,404
40	17,033
25	14,925
16	52,245
	100

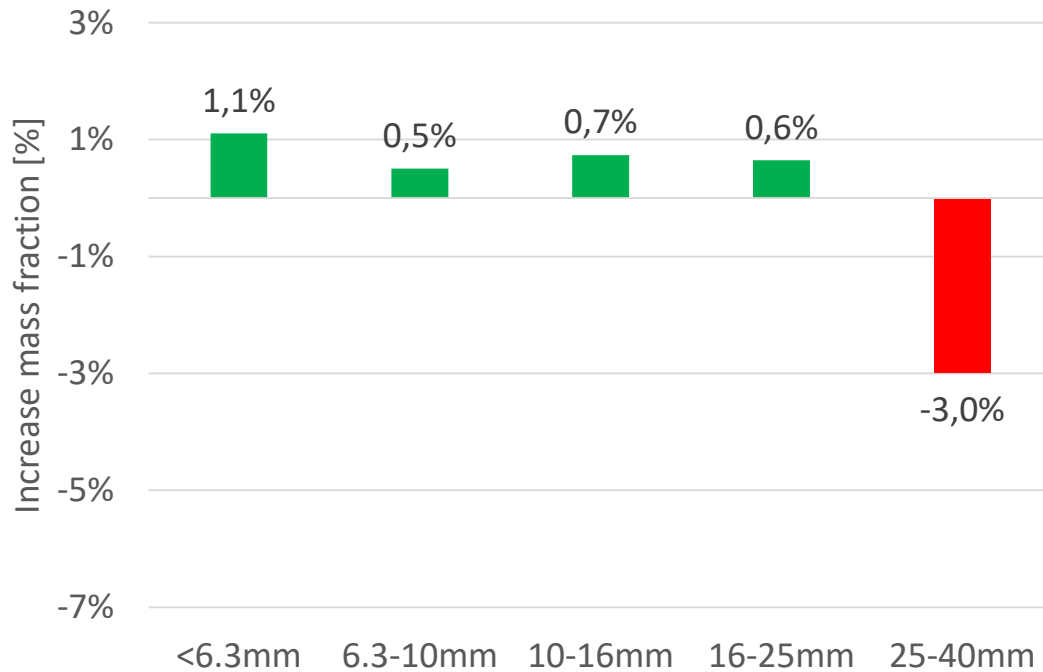


# Feststoffturbine

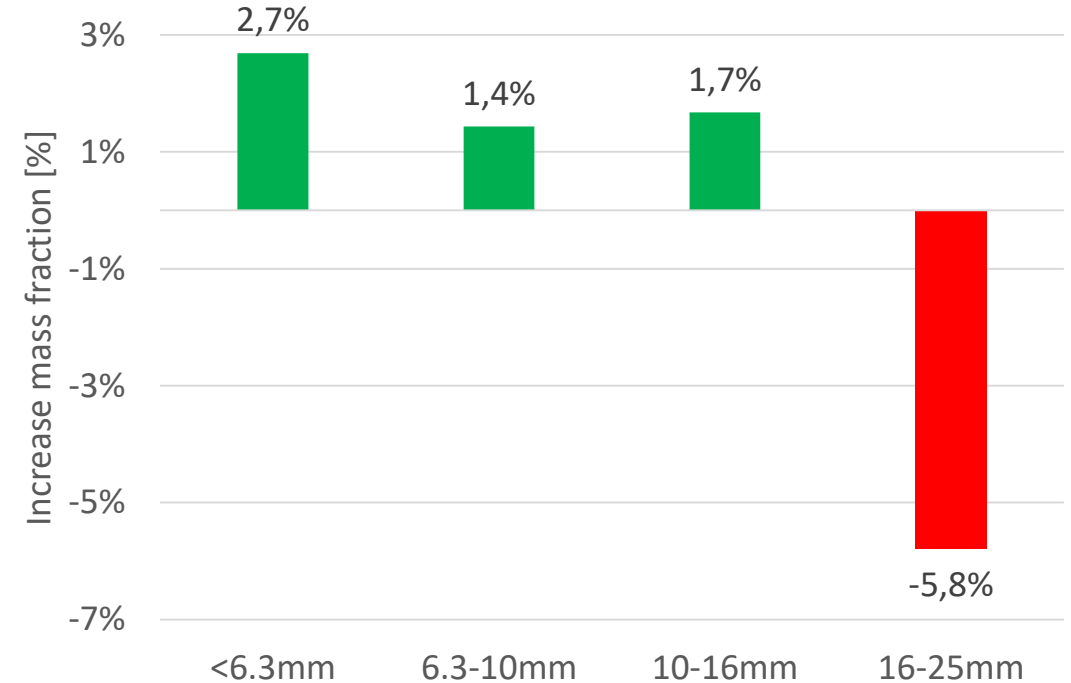
- Partikelbruchverhalten mittels DE – Simulation evaluiert
- „compressive force“ Ansatz
- kalibriert durch Aufprallversuche



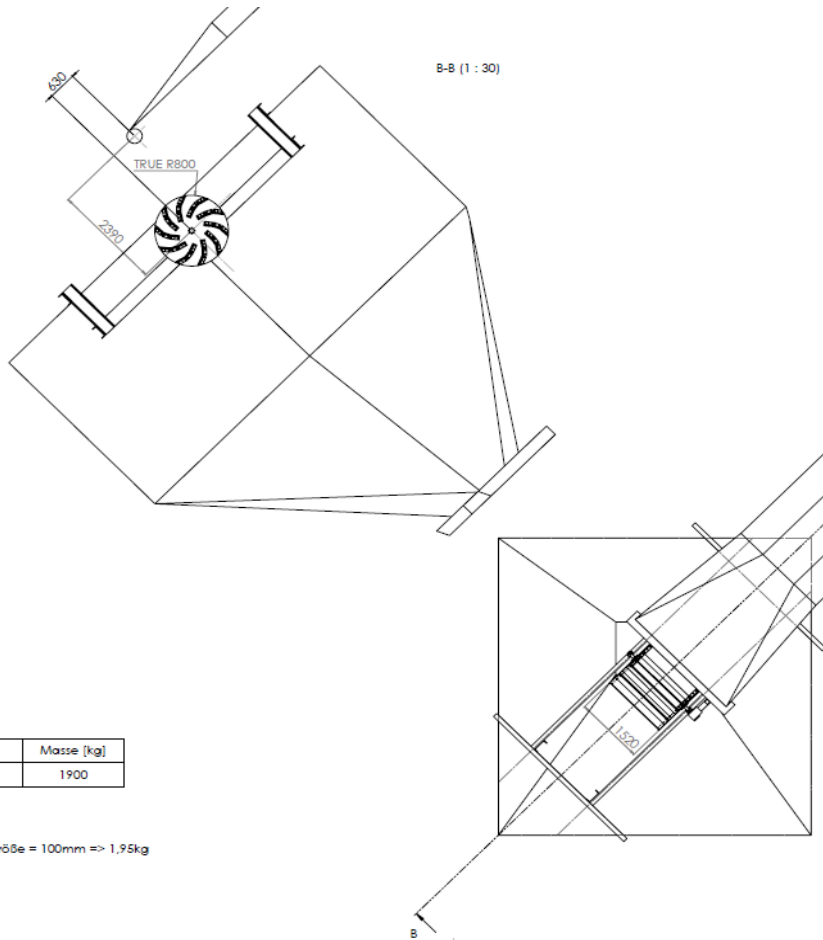
Partikelbruch 40mm



Partikelbruch 25mm

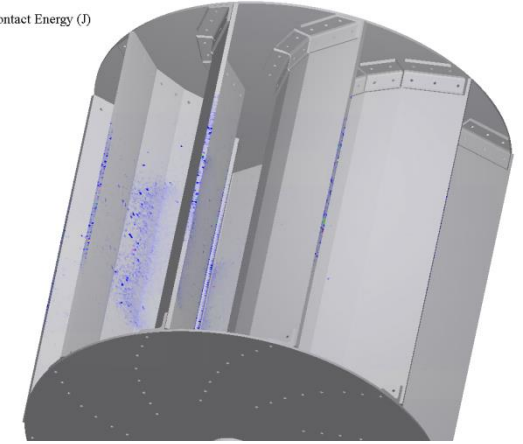
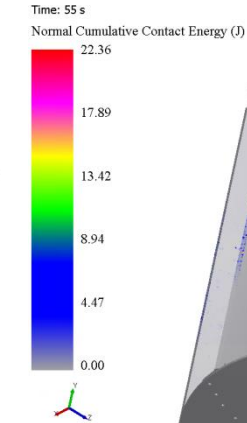
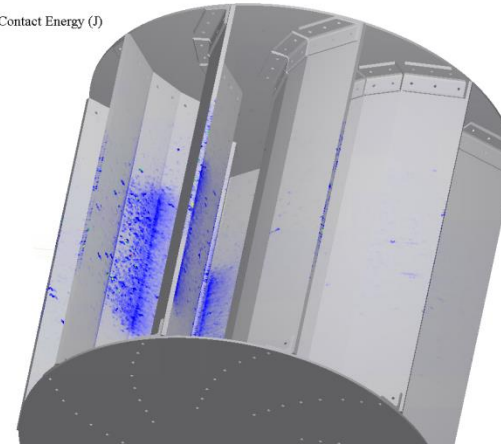
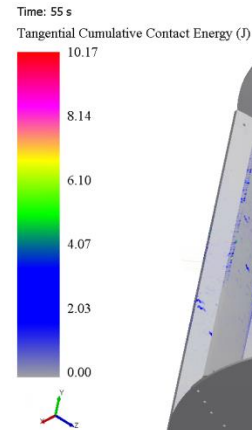


# Feststoffturbine



Bauteil	Masse [kg]
Turbine	1900

Maximale Partikelgröße = 100mm => 1,95kg



## Lebensdauer:

Hardox 400 ..... ca. 75 596t = 126 Befüllungen (Bunkerkapazität 600t)

Kalmetall W100 ..... ca. 265 Befüllungen

# Zusammenfassung und Ausblick

- Die vorgestellten Einrichtungen leisten einen wichtigen Beitrag zu Effizienzsteigerung von Industrieanlagen
  - Derzeit werden weitere Testreihen bzw. Langzeituntersuchungen vorbereitet
- Weitere Ansätze zur Erhöhung der Ressourceneffizienz von Förderanlagen*
- Entwicklung von Monitoringsystemen
  - Optimierung der Gurtverbindungen
  - Neues stetiges Fördersystem mit niedrigem Bewegungswiderstand

A 3D CAD model of a mechanical sorting machine, possibly a ball mill or a classifier, shown in a semi-transparent grey. The machine has a large central drum and several smaller compartments. Red spheres are visible in the upper left compartment, and green spheres are in the lower right compartment. A large pile of blue spheres is on the right side. The background is a light blue gradient.

***Danke für Ihr Interesse!***

**Dipl.-Ing. Dr. mont. Michael Prenner**  
**Senior Scientist**

**Bergbaukunde - Fördertechnik und Konstruktionslehre**

Mail: [michael.prenner@unileoben.ac.at](mailto:michael.prenner@unileoben.ac.at)

Tel.: [+43 3842 402 2803](tel:+4338424022803)

Fax.: [+43 3842 402 2802](tel:+4338424022802)

Mobil: [+43 664 80898 2803](tel:+43664808982803)

**Montanuniversität Leoben**  
**Franz-Josef-Straße 18**  
**8700 Leoben**