

# DEM-PROZESSSIMULATION: DER SCHLÜSSEL ZUR TELLERFLIEHKRAFTTECHNIK VON MORGEN



**Deburring EXPO Fachforum 2023**  
**M.Sc. Florian Reinle**

# AGENDA

1 OTEC CF-Technologie, Prozesssimulation

2 Problem Verschlagen und Extremversuch zur Analyse

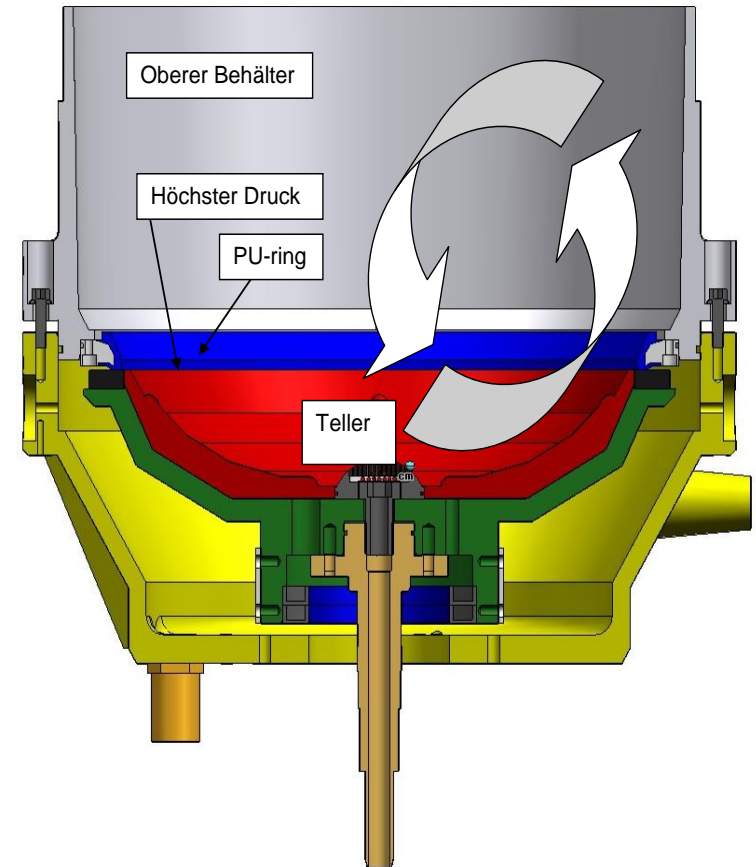
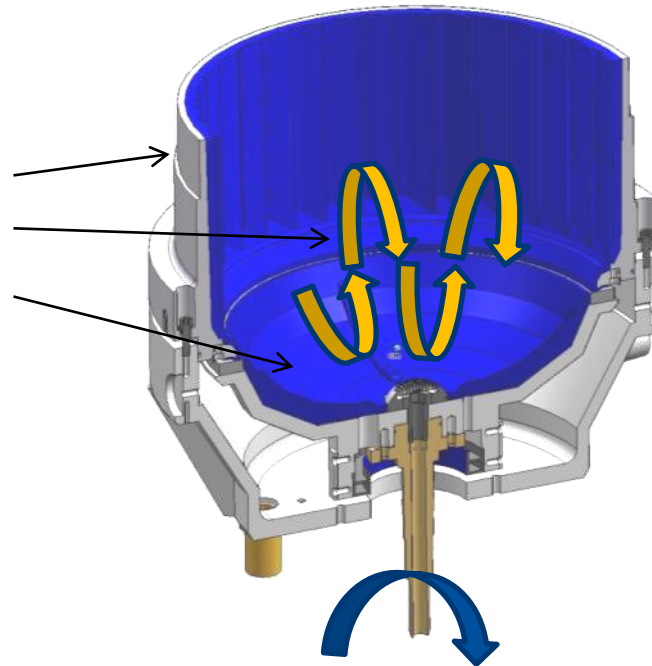
3 Auswertung Extremversuch und Vergleich DEM-Prozesssimulation

4 Weiterentwicklung Beispiel Simulation OTEC Druckdeckel

# TELLERFLIEHKRAFT-MASCHINE

## Prinzip

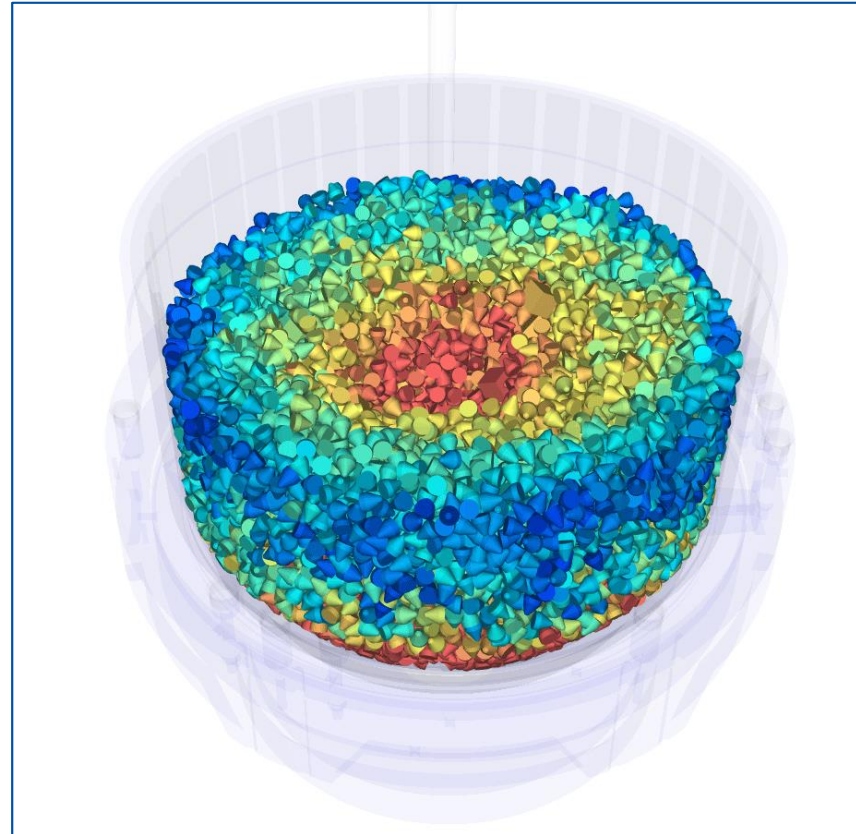
- Feststehender Zylinder
- Bewegung der Schleifkörper
- Rotierender Teller



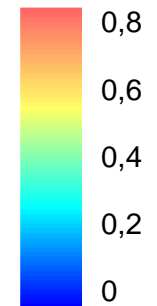


## CF-TELLERFLIEHKRAFT-PROZESS

### Diskrete Elemente Methode Simulation



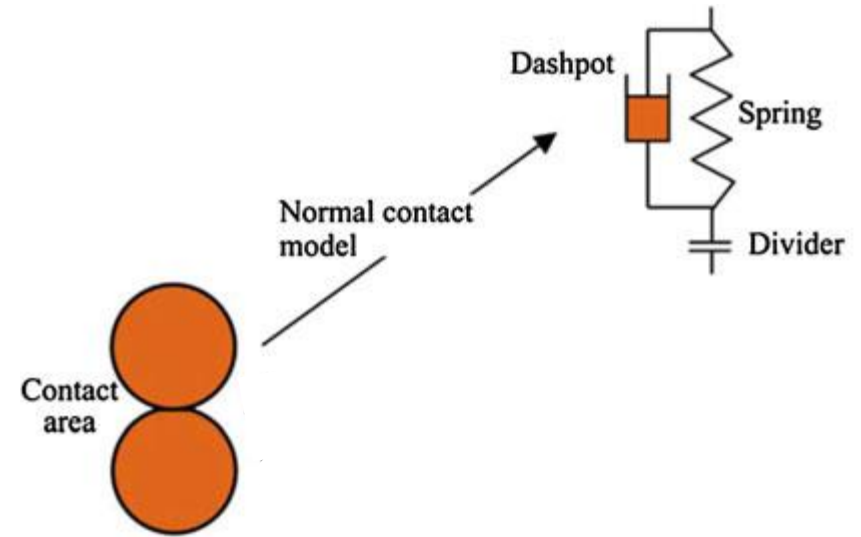
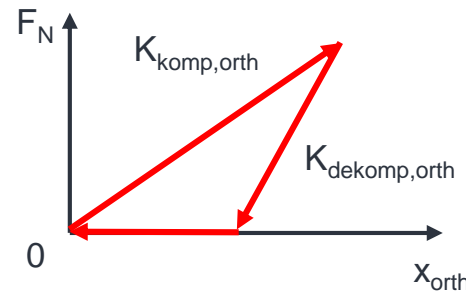
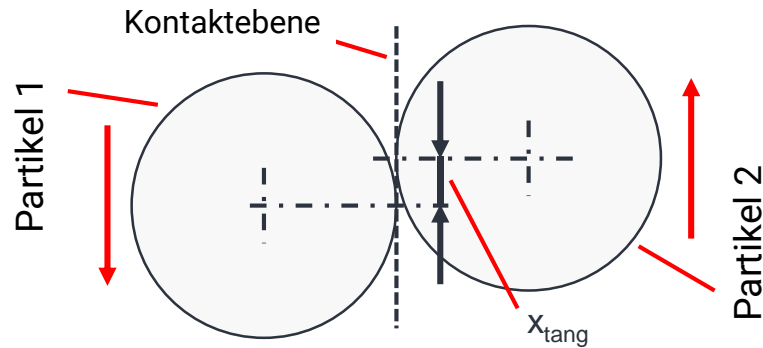
Partikel-  
Geschwindigkeit  
m/s



# DEM SIMULATION

Gleitschleifen wird digital...

- Bewegung und Interaktion von Mio. Partikeln
- Kein Berechnungsnetz, komplexe Bewegung vereinfacht
- Explizit, keine "klassische Konvergenz" nötig

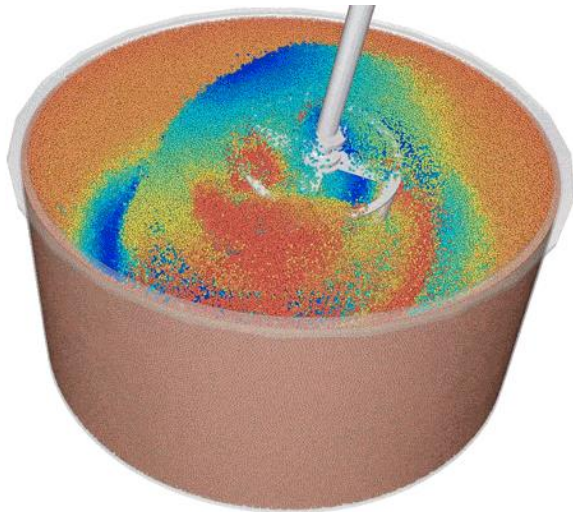
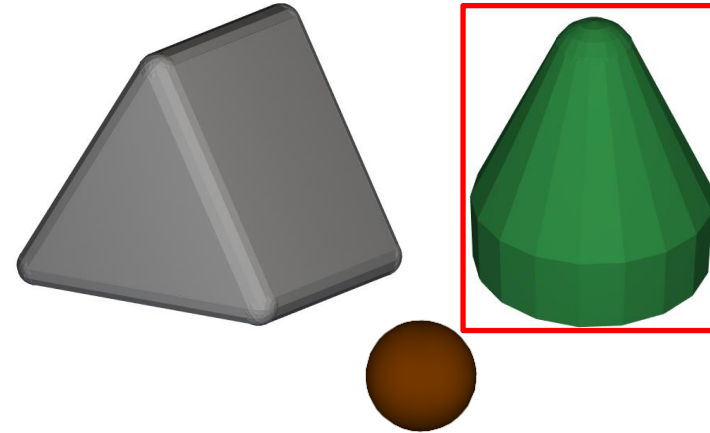


Quelle: Zhao. T.

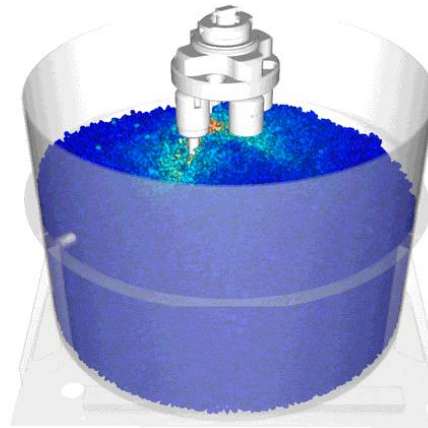
## DEM SIMULATION

Gleitschleifen wird digital...

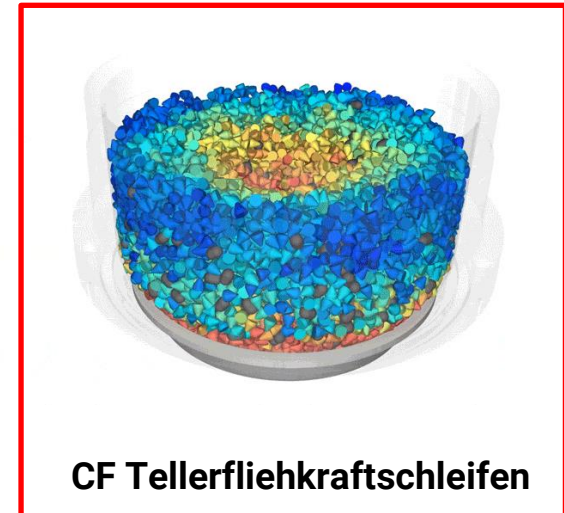
- Jede Form möglich
- Jeder Gleitschleifprozess abbildbar



**SF Streamfinish**



**DF Schleppschleifen**



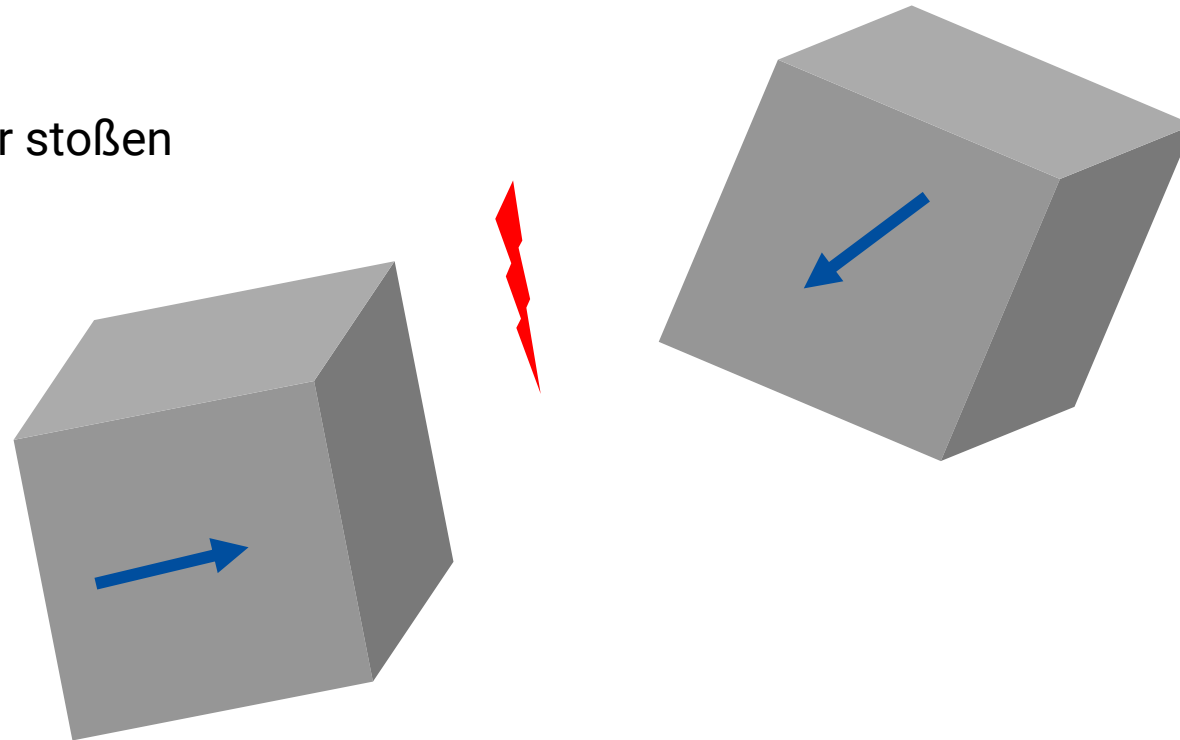
**CF Tellerfliehkraftschleifen**

## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Im Fokus heute

- Schüttgut ist nicht geführt
- Werkstücke können aneinander stoßen

... und tun es auch.



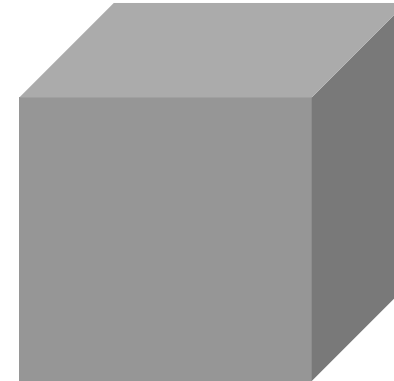
## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Versuch unter Extrembedingungen

- Schlagstellen und Macken können entstehen
- Umfang und Eindringtiefe sind sehr relevant
- Ergebnis stark von Prozessparameter und Teilezahl abhängig

→ Versuch mit einen verschlagungskritischen Ansatz

- Aluminium-Würfel 15 x 15 x 15 mm
- Scharfe Kanten, weich, „groß“





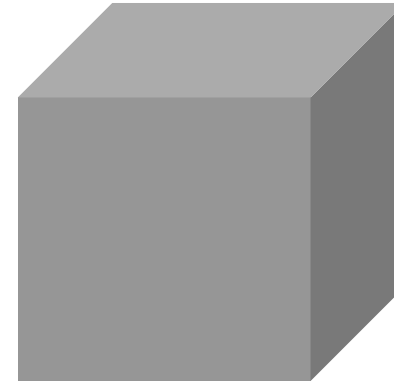
## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Versuch unter Extrembedingungen

▪ **Frage:** Wie viel Teile sind „vernünftig“ auf einmal zu bearbeiten?

→ Versuche mit 20, 120, 220 und 320 Würfeln

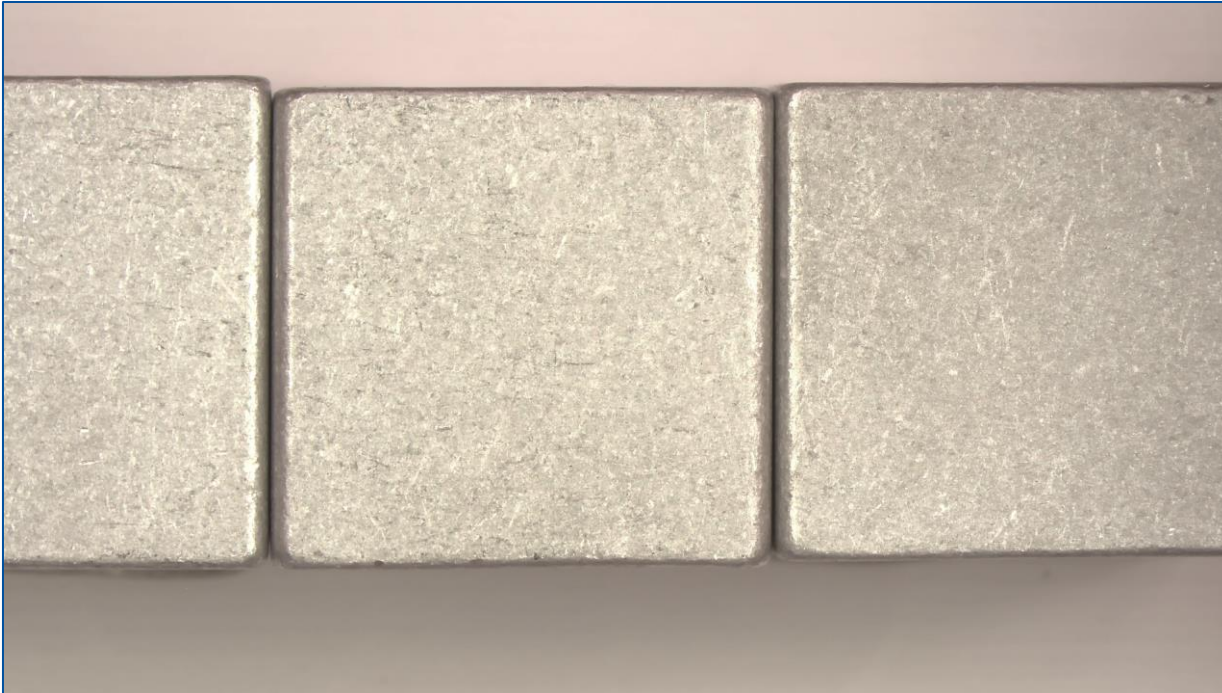
→ Optische Auswertung, nur wie?



## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 1 – optisches Drauflicht

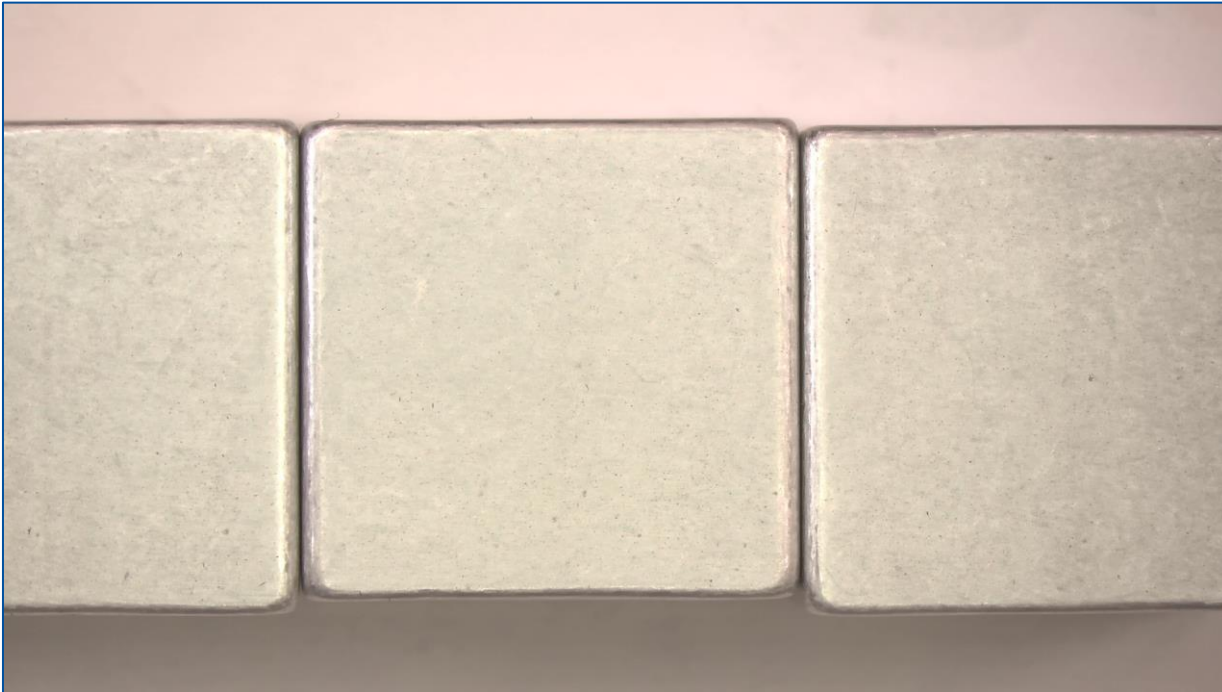
- Initial grobes Gleitschleifen für gleichmäßige Ausgangsqualität



## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 1 – 20 Teile

- **20** Teile kaum Macken

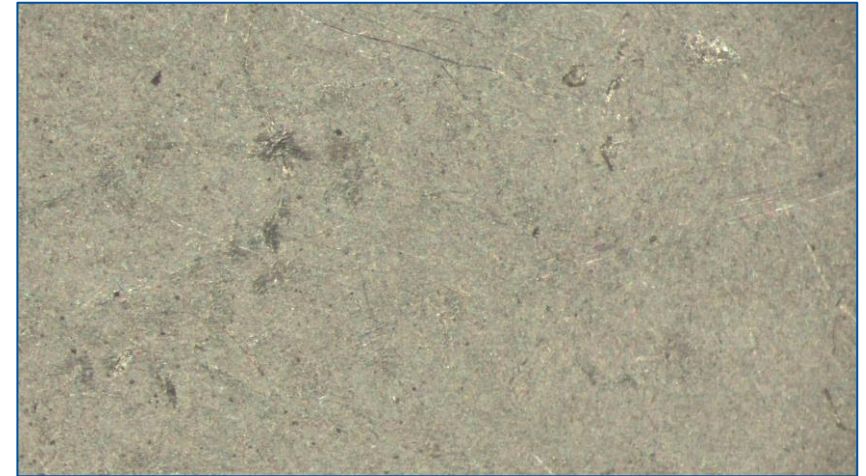




## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 1 – 320 Teile

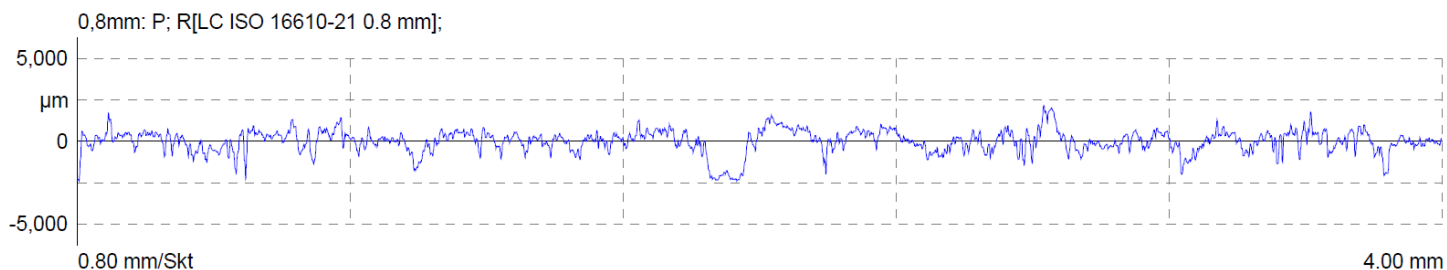
- **320** Teile viele erkennbare Macken



# SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

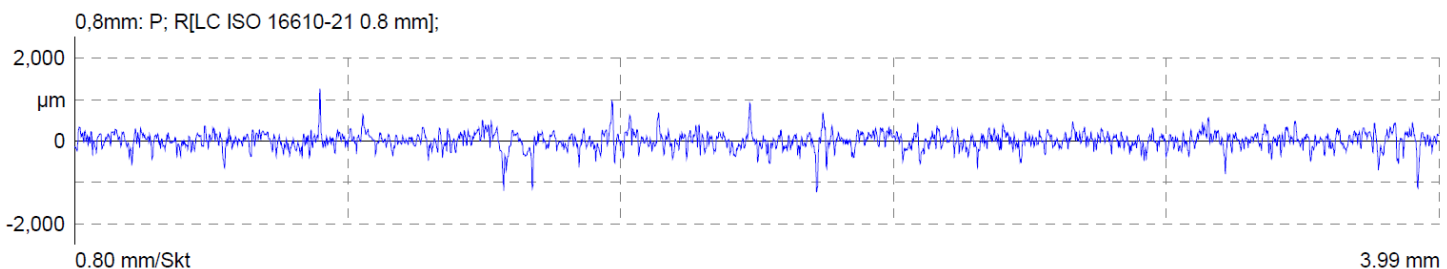
## Auswertung Ansatz 2 – Rauheitsmessung taktil

**Initial**  
Grob  
Gleitgeschliffen



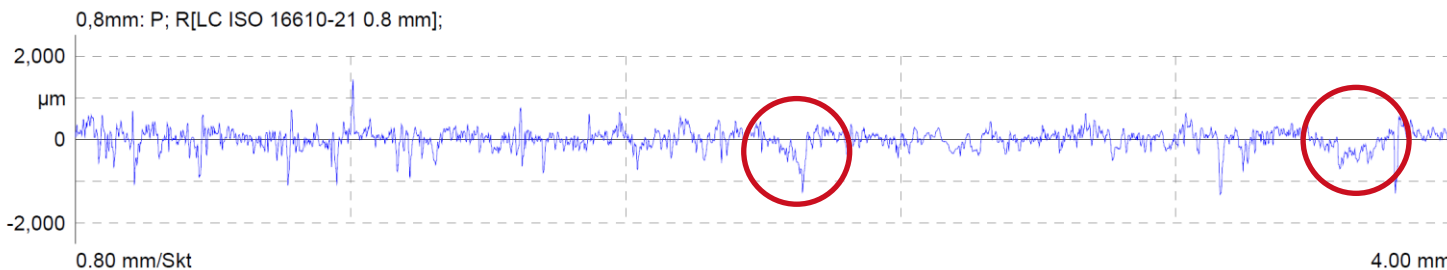
**Ra: 0,51**  
**Rz: 3,62**

**20 Teile**  
fein  
Gleitgeschliffen



**Ra: 0,15**  
**Rz: 1,81**

**320 Teile**  
fein  
Gleitgeschliffen



**Ra: 0,18**  
**Rz: 1,81**



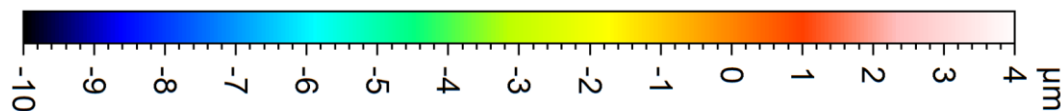
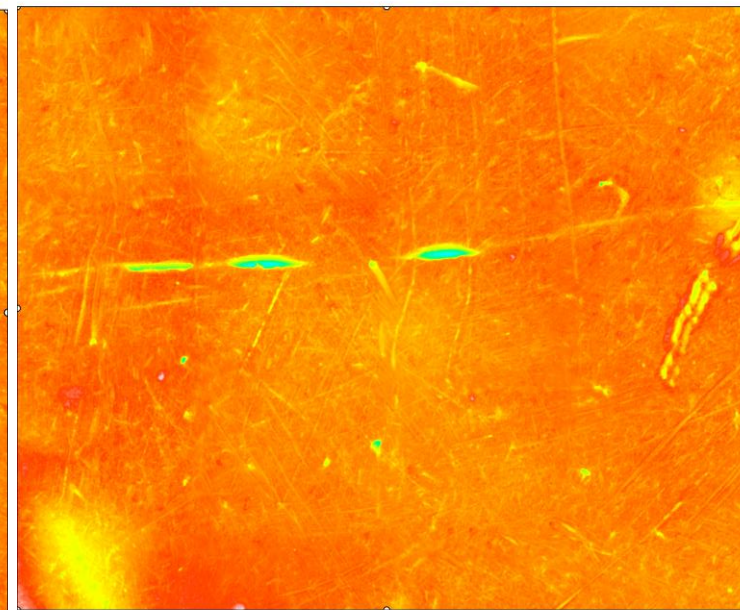
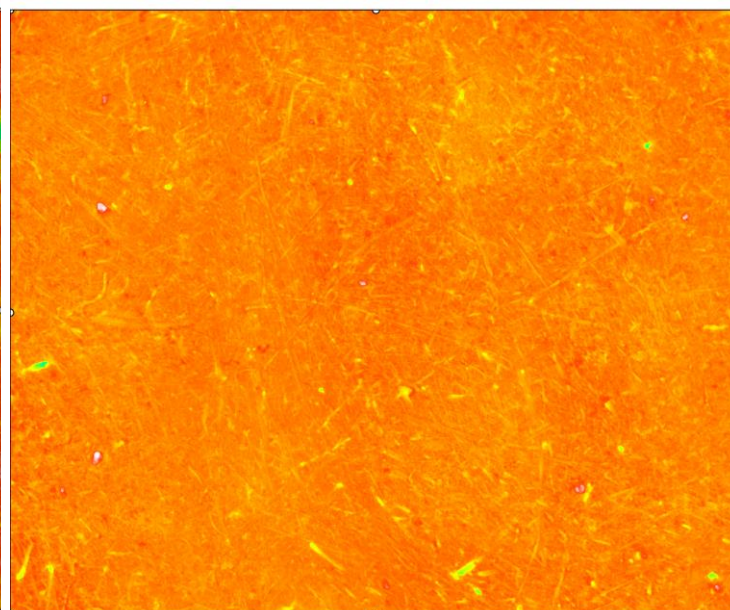
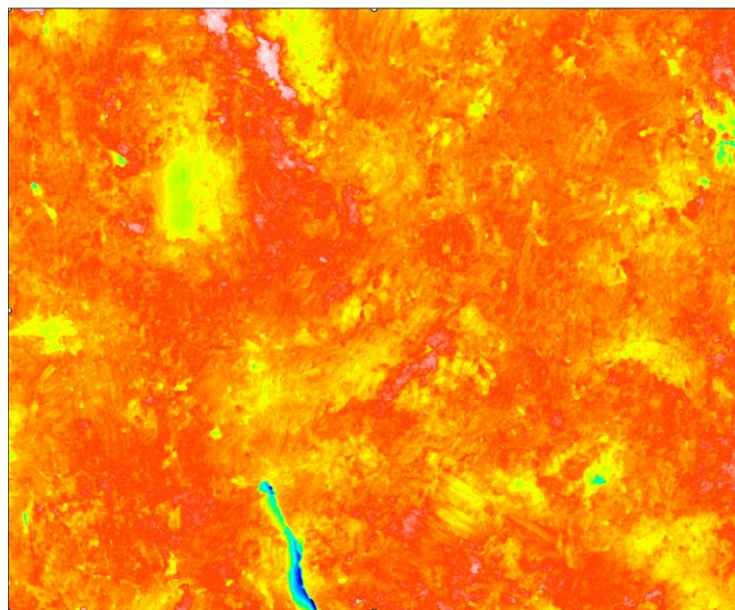
# SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 3 – 3D konfokal – 1125 x 925  $\mu\text{m}$

**Initial**  
Grob  
Gleitgeschliffen

**20 Teile**  
fein  
Gleitgeschliffen

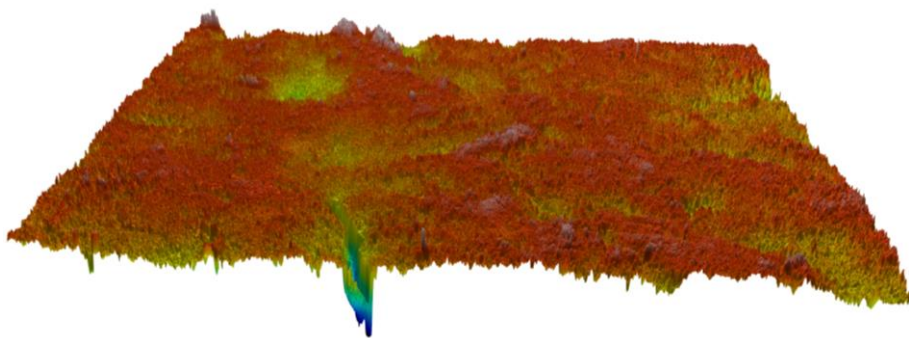
**320 Teile**  
fein  
Gleitgeschliffen



# SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 3 – 3D konfokal – 1125 x 925  $\mu\text{m}$

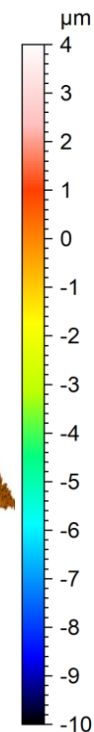
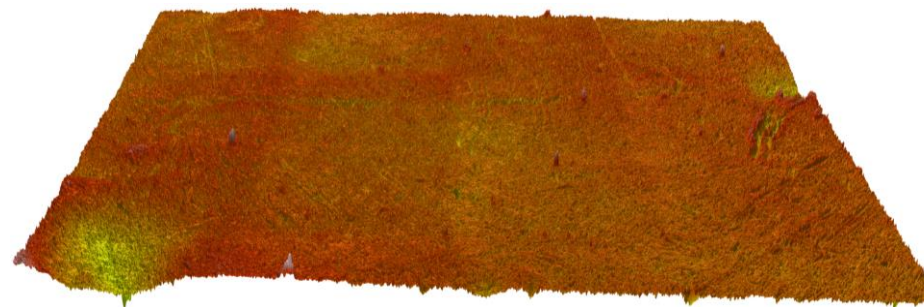
**Initial**  
Grob  
Gleitgeschliffen



**20 Teile**  
fein  
Gleitgeschliffen



**320 Teile**  
fein  
Gleitgeschliffen

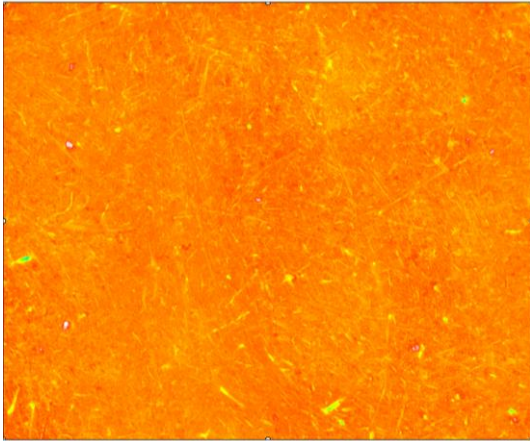




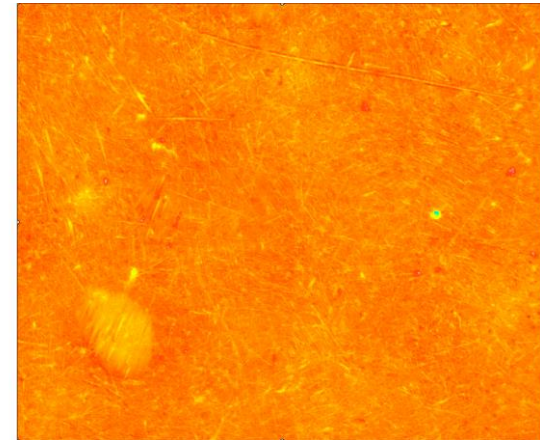
# SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 3 – 3D konfokal – 1125 x 925  $\mu\text{m}$

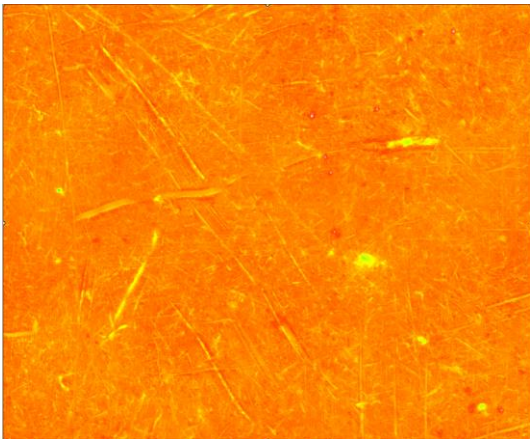
20 Teile



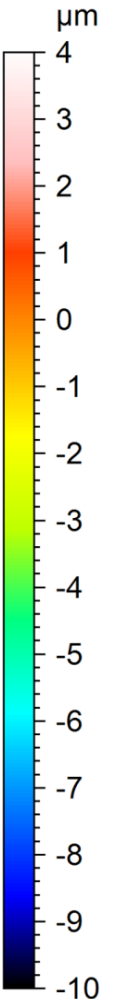
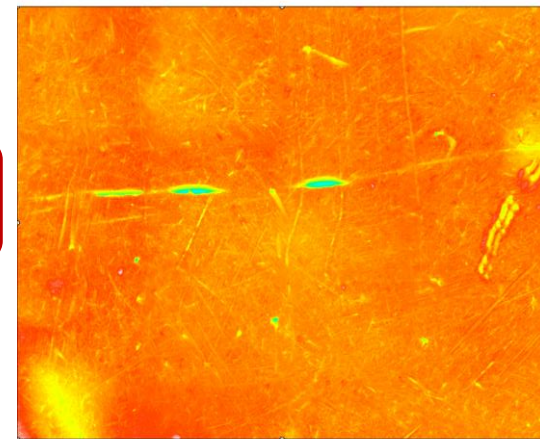
120 Teile



220 Teile



320 Teile



## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 3 – 3D konfokal – 1125 x 925  $\mu\text{m}$

20 Teile



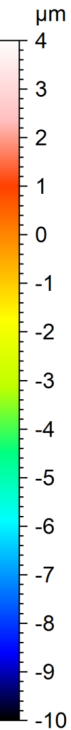
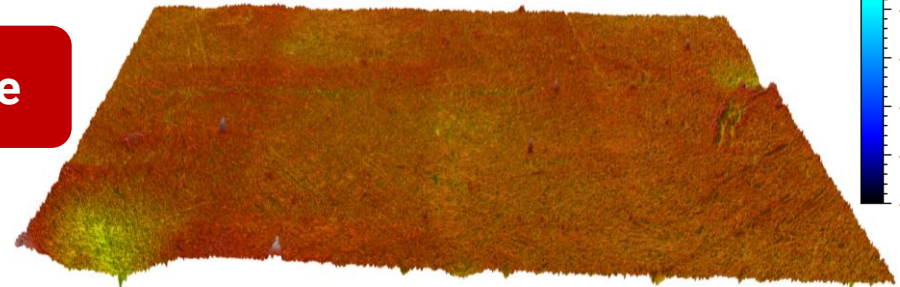
120 Teile



220 Teile

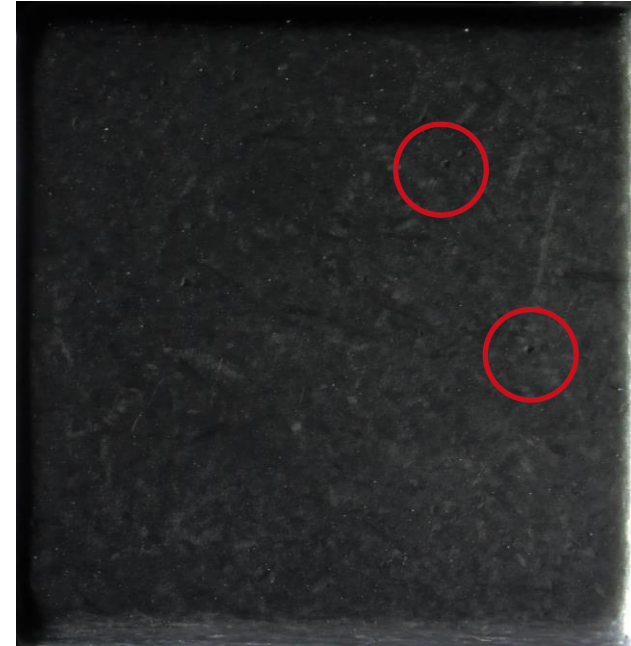
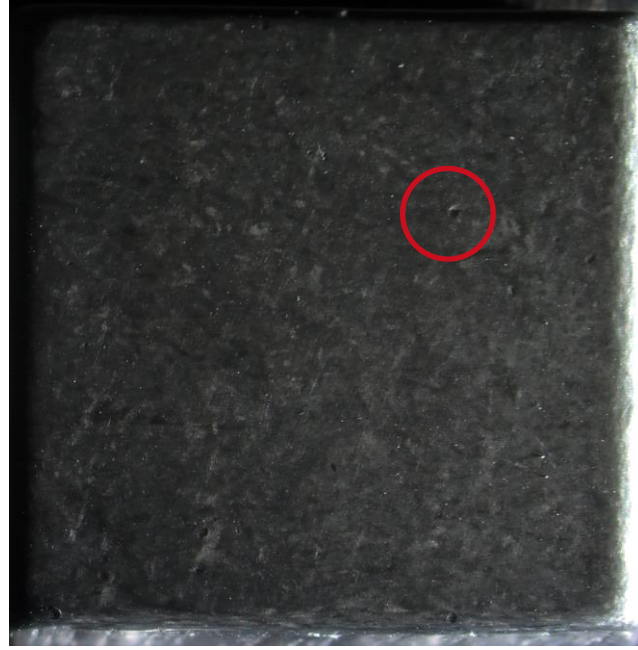
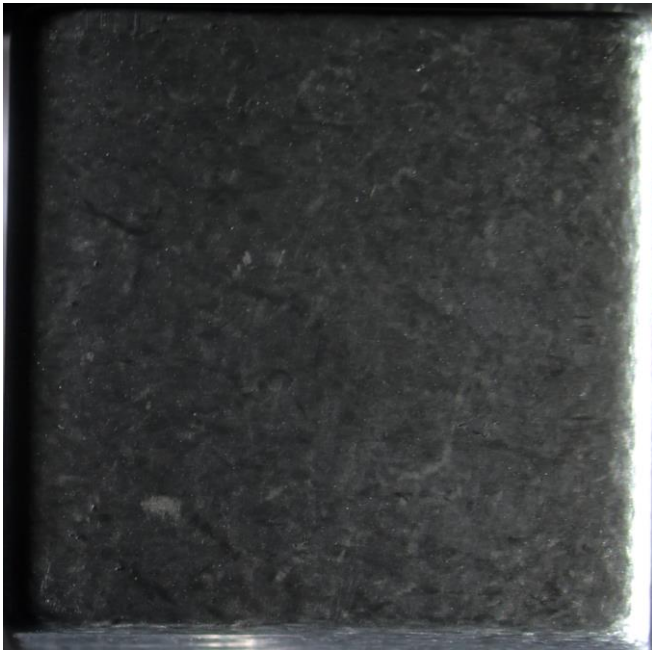


320 Teile



## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild durch flache einseitige Beleuchtung



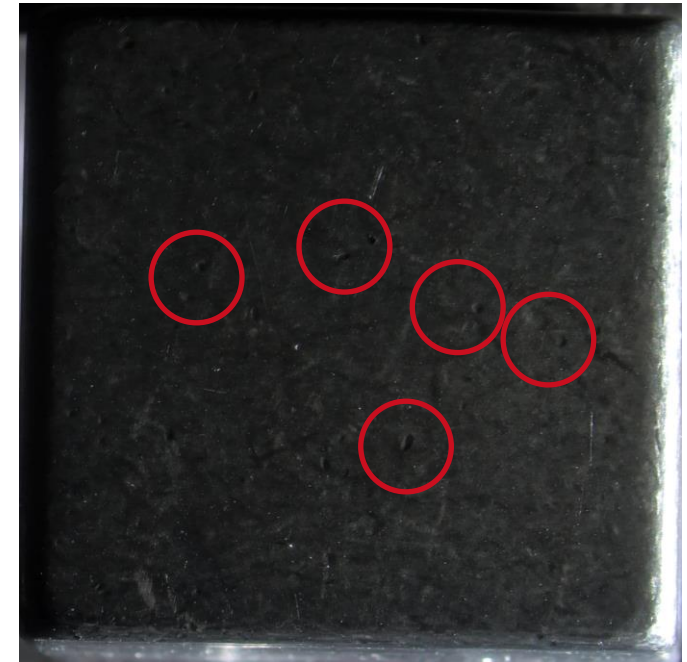
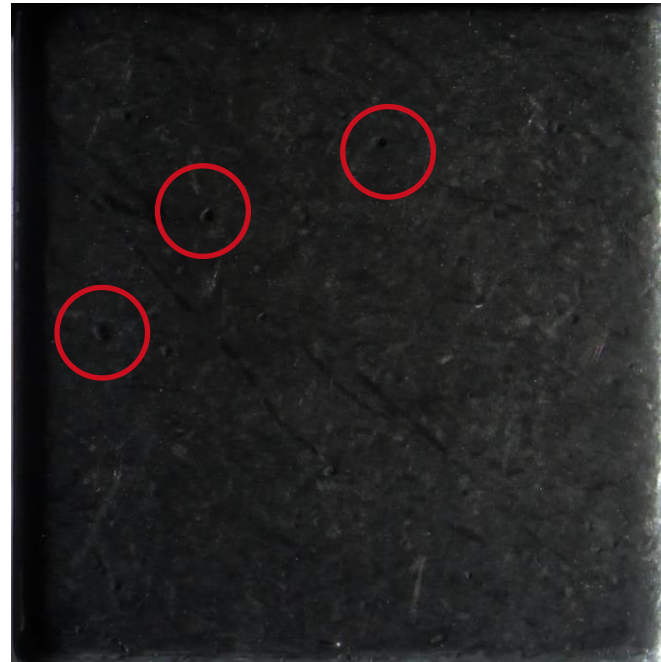
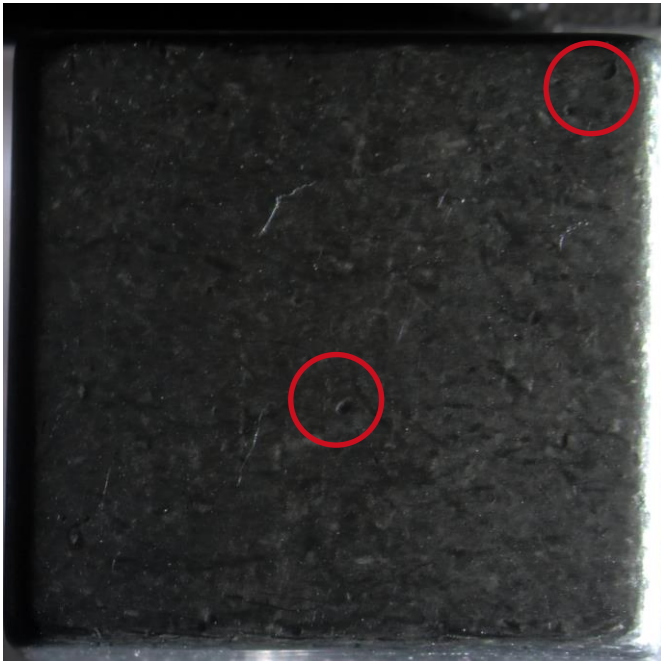
20 Teile





## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild durch flache einseitige Beleuchtung

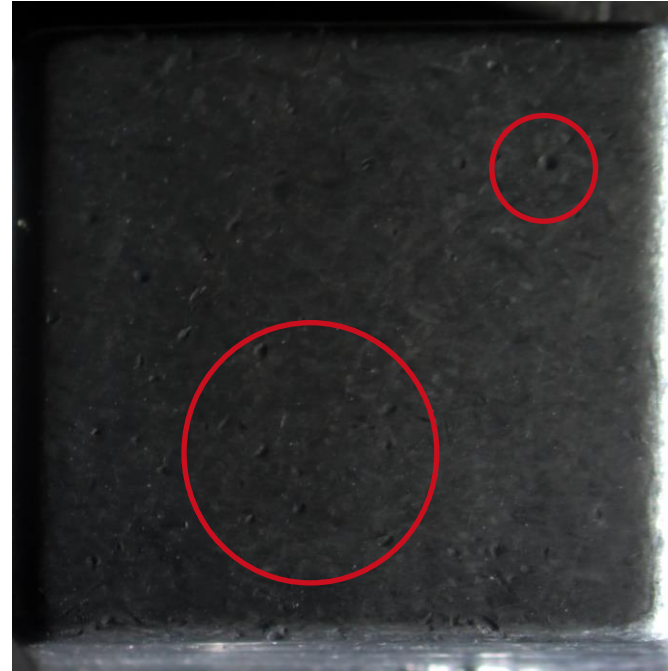


120 Teile



## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild durch flache einseitige Beleuchtung

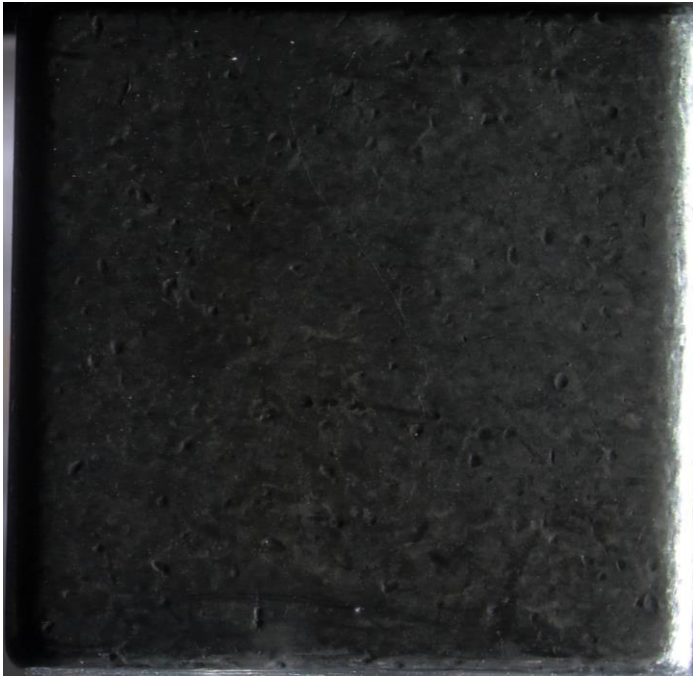


220 Teile

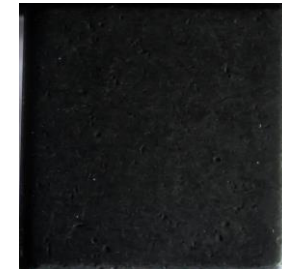


## SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild durch flache einseitige Beleuchtung



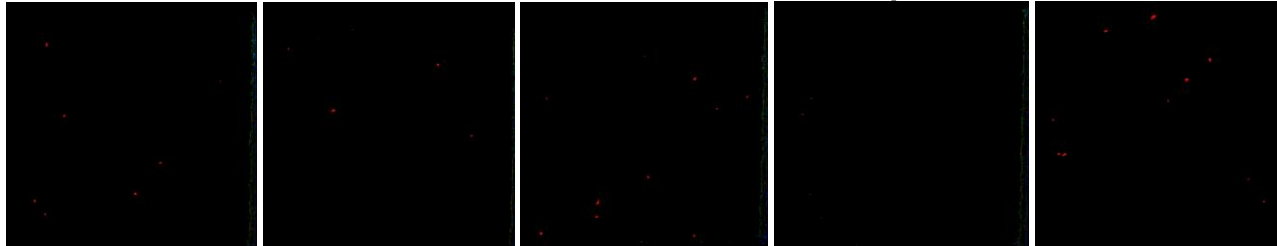
**320 Teile**



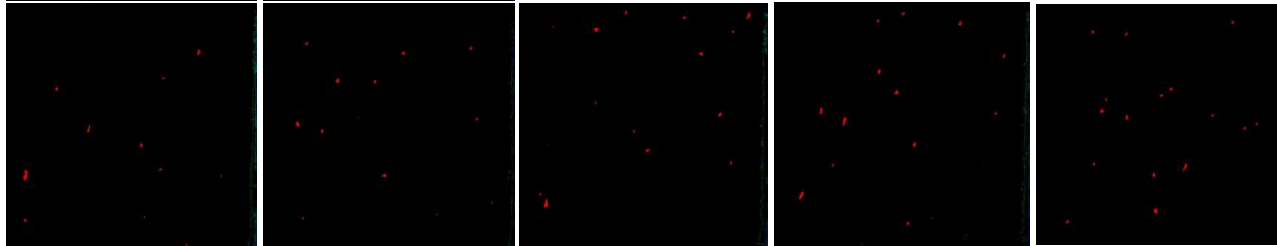
# SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild - Bildanalyse

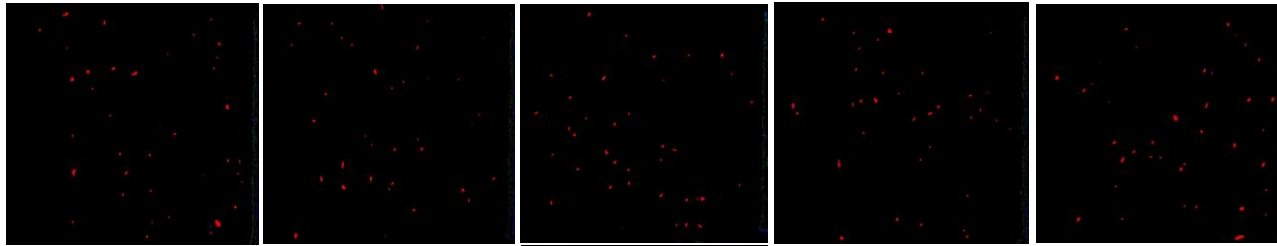
20 Teile



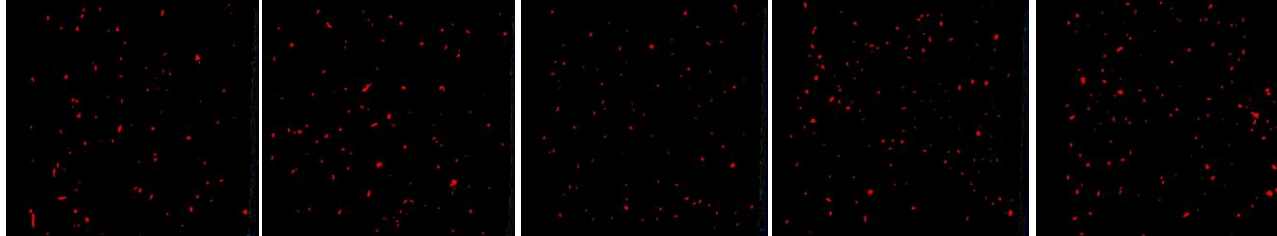
120 Teile



220 Teile



320 Teile

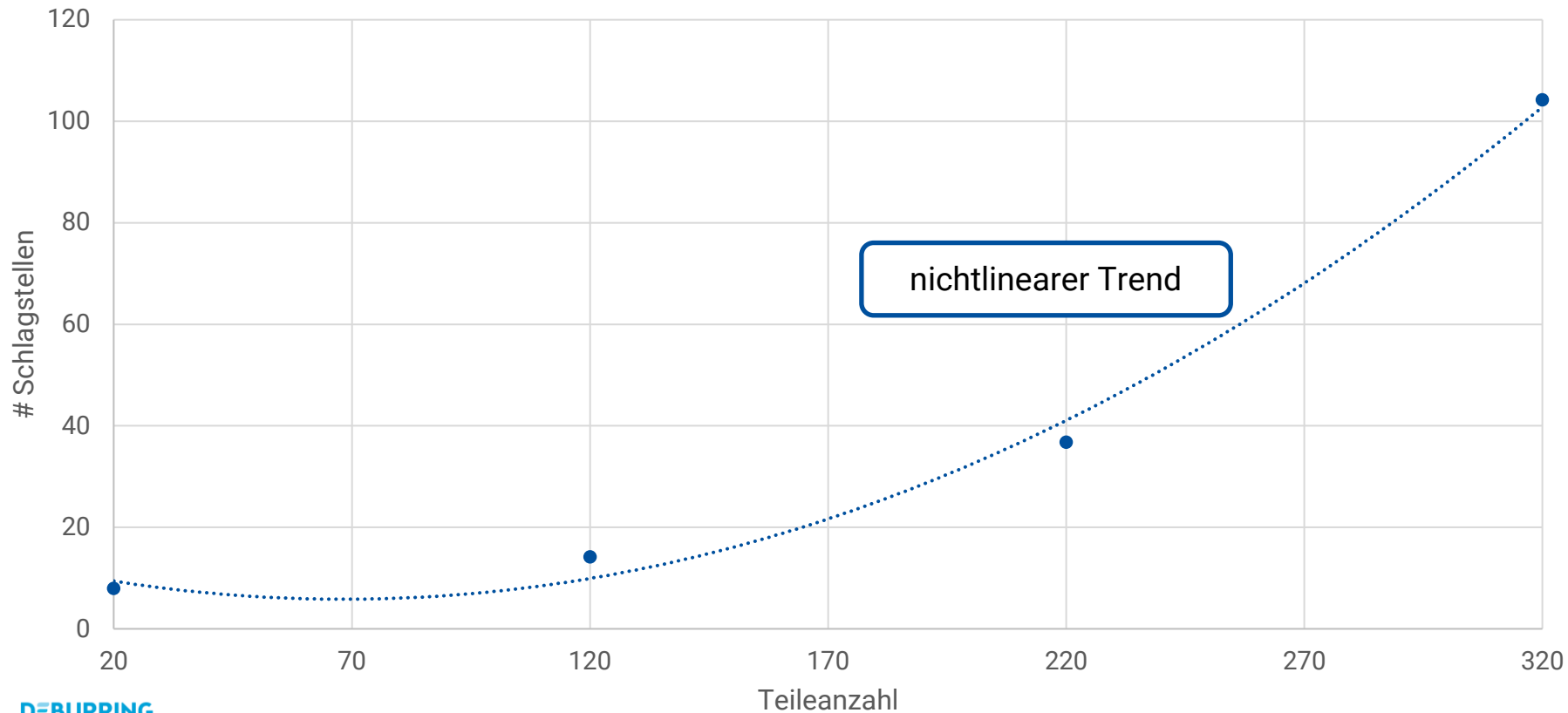




# SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

## Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild - Bildanalyse

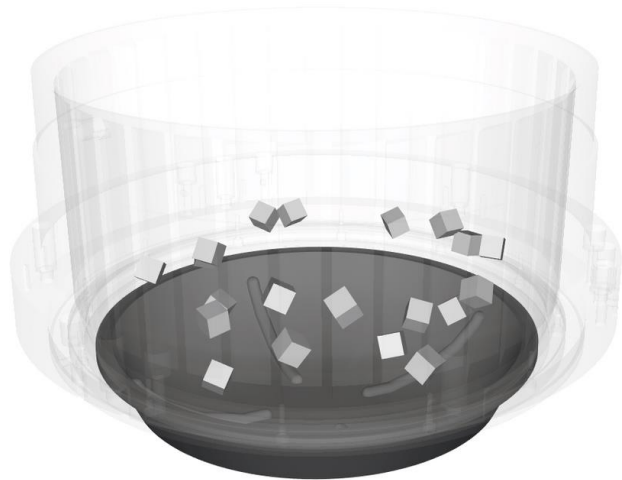
mittlere Anzahl Schlagstellen





## SIMULATION ERGEBNISSE

Überblick – nur Würfel dargestellt



**20 Teile**

**120 Teile**



**220 Teile**

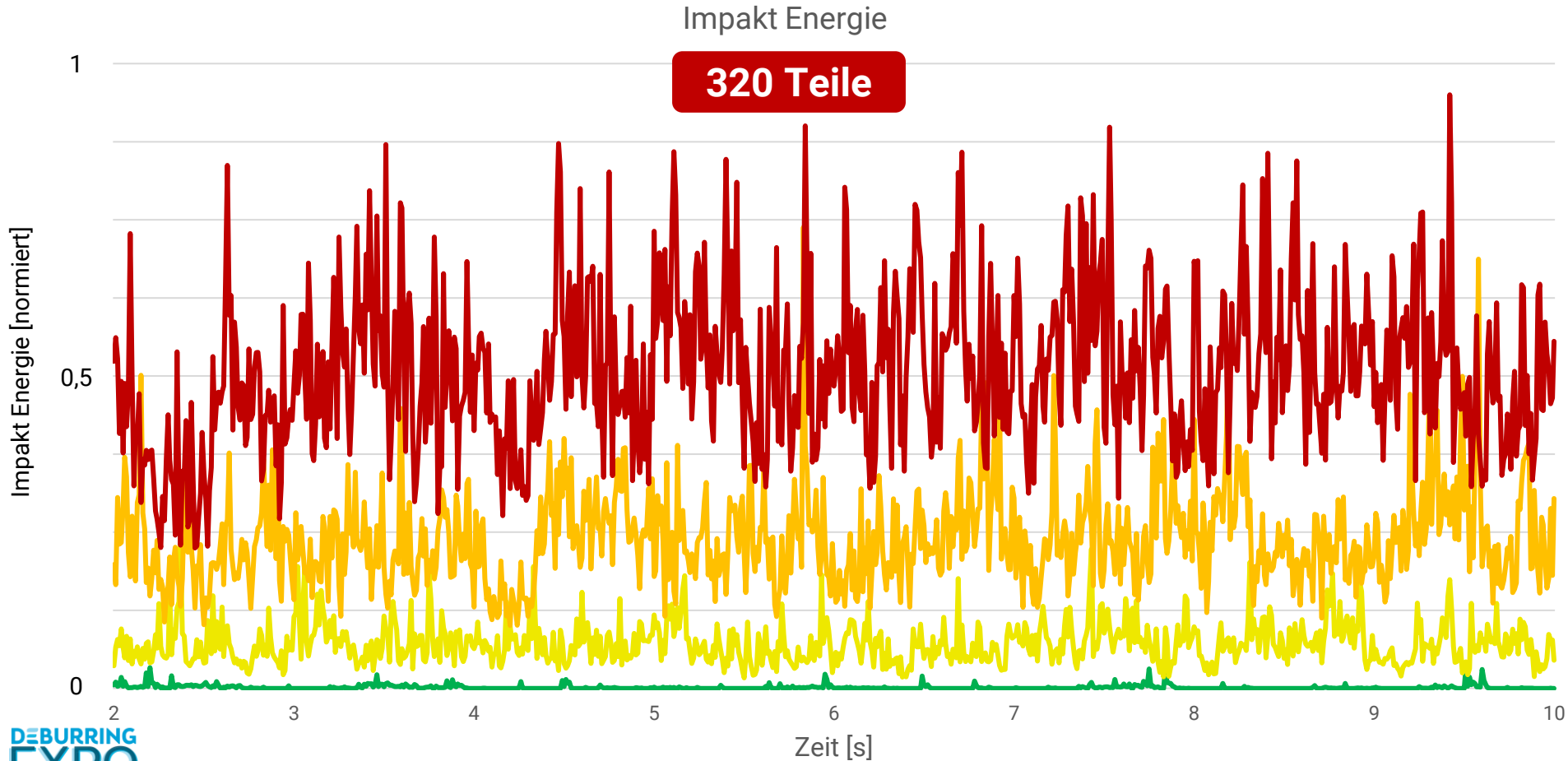


**320 Teile**



# SIMULATION ERGEBNISSE

Impakt Energie / Teileanzahl

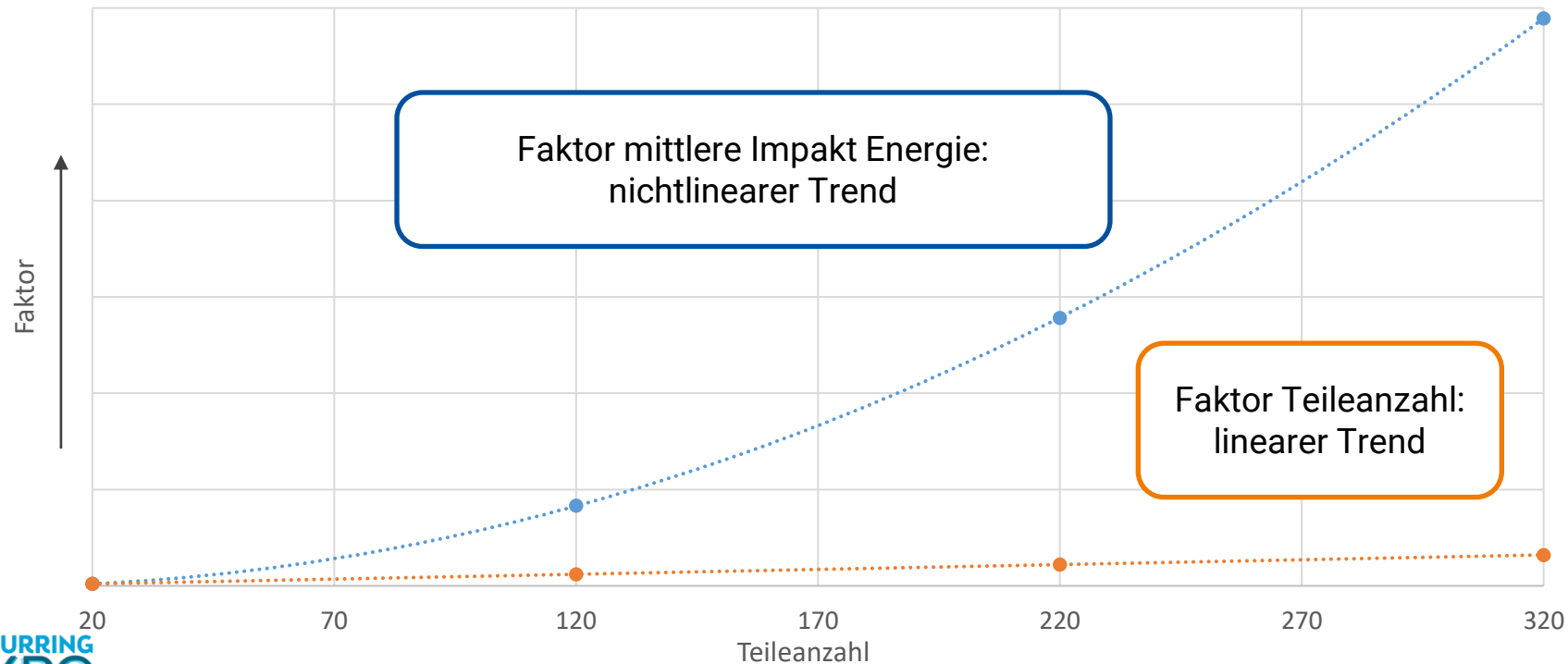


# SIMULATION ERGEBNISSE

Impakt Energie / Teileanzahl -- gemittelt

Vergleichbarer nichtlinearer Zusammenhang

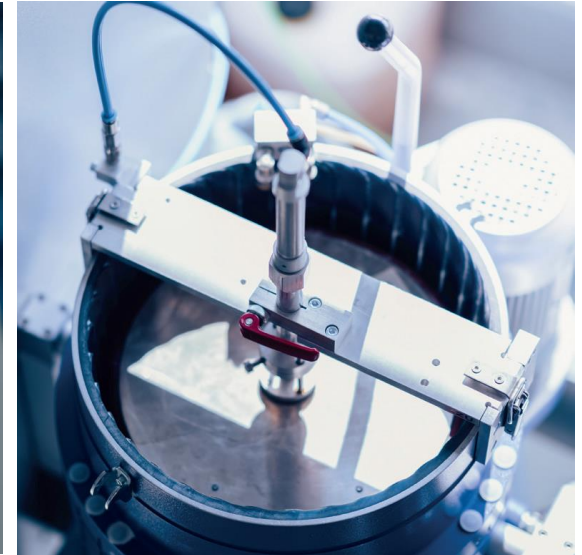
Impakt Energie Faktor



## SIMULATION FÜR WEITERENTWICKLUNGEN

Beispiel Druckdeckel

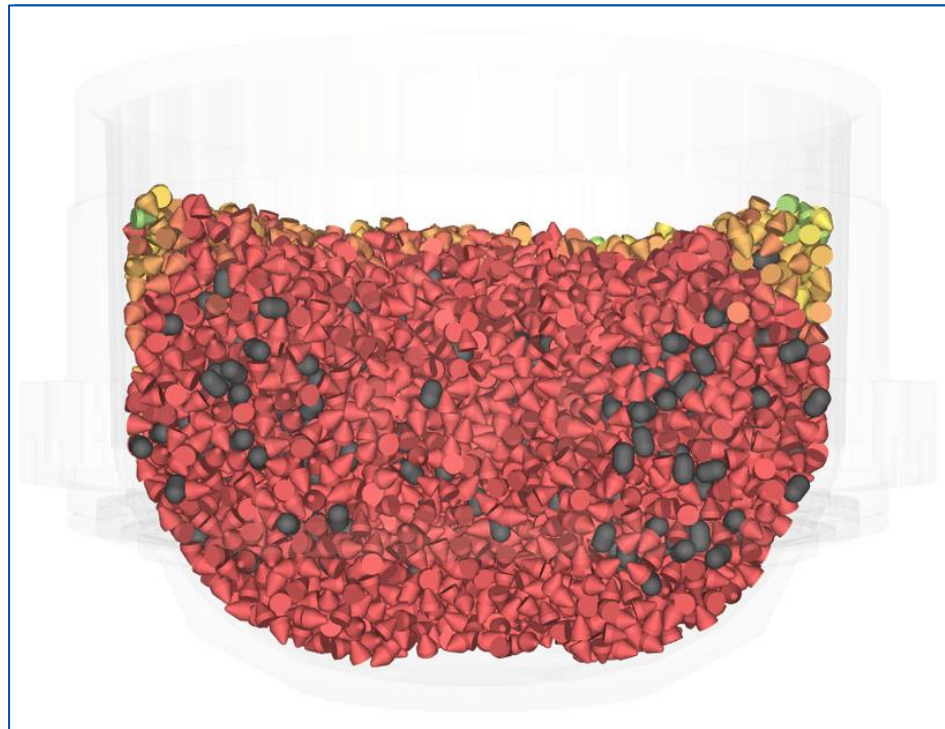
- Intensive Bearbeitung
- Größere Strukturen entfernen





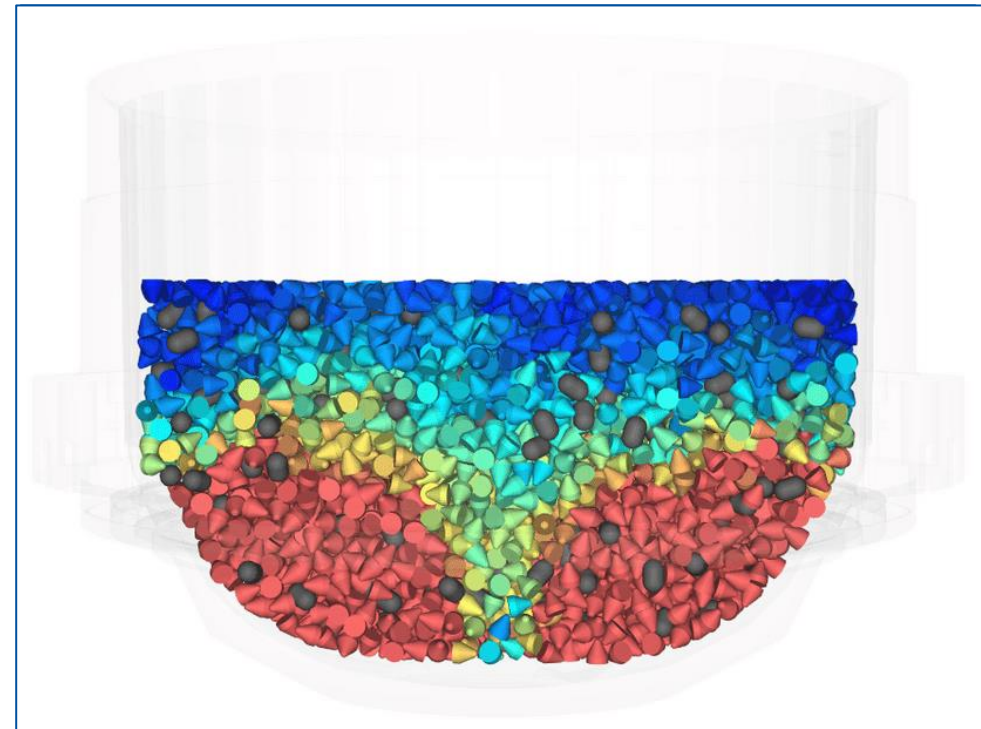
# SIMULATION FÜR WEITERENTWICKLUNGEN

Beispiel Druckdeckel

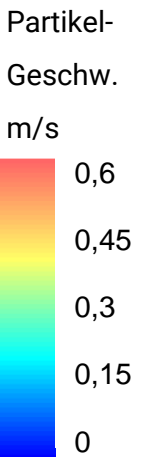


Höhere Drehzahl

Mit Druckdeckel



Höhere Drehzahl



## SIMULATION FÜR WEITERENTWICKLUNGEN

### Beispiel Druckdeckel

- Bewegung etwas verlangsamt, aber relative Geschwindigkeit entscheidend
- Im unteren Prozessteil findet die eigentliche Bearbeitung statt

Daher unter diesen Randbedingungen:

- **Relative Geschwindigkeit** um Faktor **1,2** gesteigert durch Druckdeckel
- **Normalkraft** um Faktor **2,2** gesteigert!
- Werkstück-Werkstück Impact Energie leicht höher

→ Ideal falls kräftiger Schleifprozess benötigt

## FAZIT

- Prozesssimulation ermöglicht sehr nützliche quantitative Analysen
- Prozessoptimierungen werden erleichtert und simulativ „messbar“
- Hohes Weiterentwicklungspotential der etablierten Tellerfliehkrafttechnik
- Weiteres Potential: Entwicklung von Kantenverrundung und Rauheit vorhersagen

**DANKE FÜR IHR AUFMERKSAMKEIT!**

**Florian Reinle**

M.Sc.

Prozessingenieur

Simulation & Tribologie

E-Mail: [f.reinle@otec.de](mailto:f.reinle@otec.de)

OTEC Präzisionsfinish GmbH  
Heinrich-Hertz-Straße 24  
75334 Straubenhardt | Germany

