

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

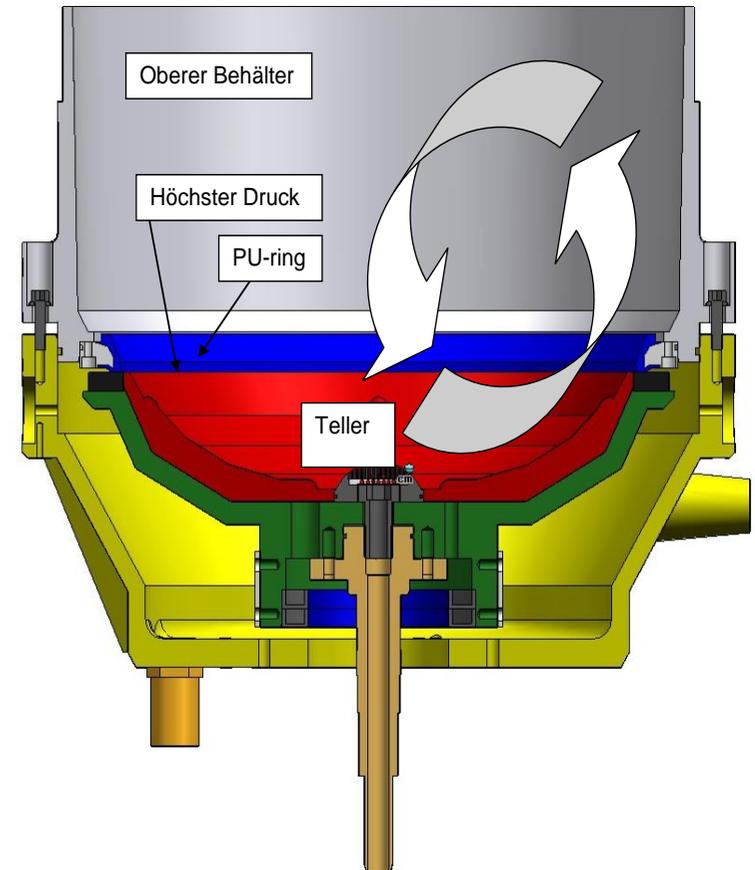
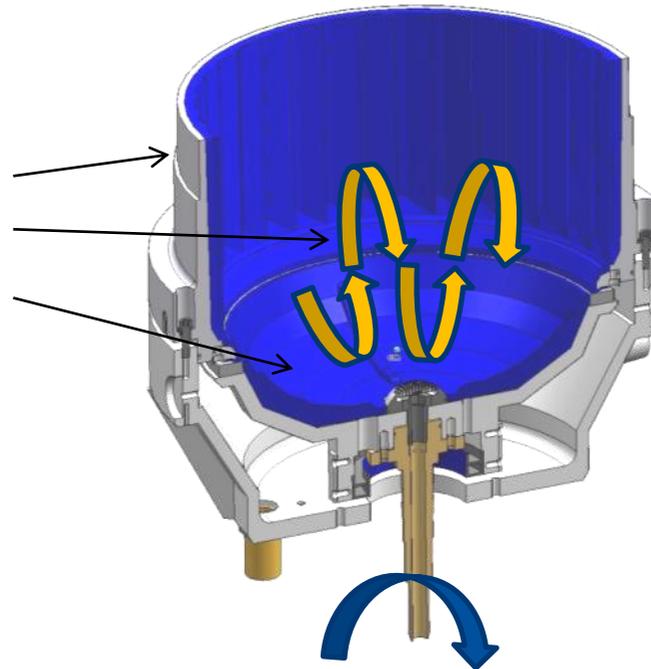
3 Auswertung Extremversuch und Vergleich DEM-Prozesssimulation

4 Weiterentwicklung Beispiel Simulation OTEC Druckdeckel

TELLERFLIEHKRAFT-MASCHINE

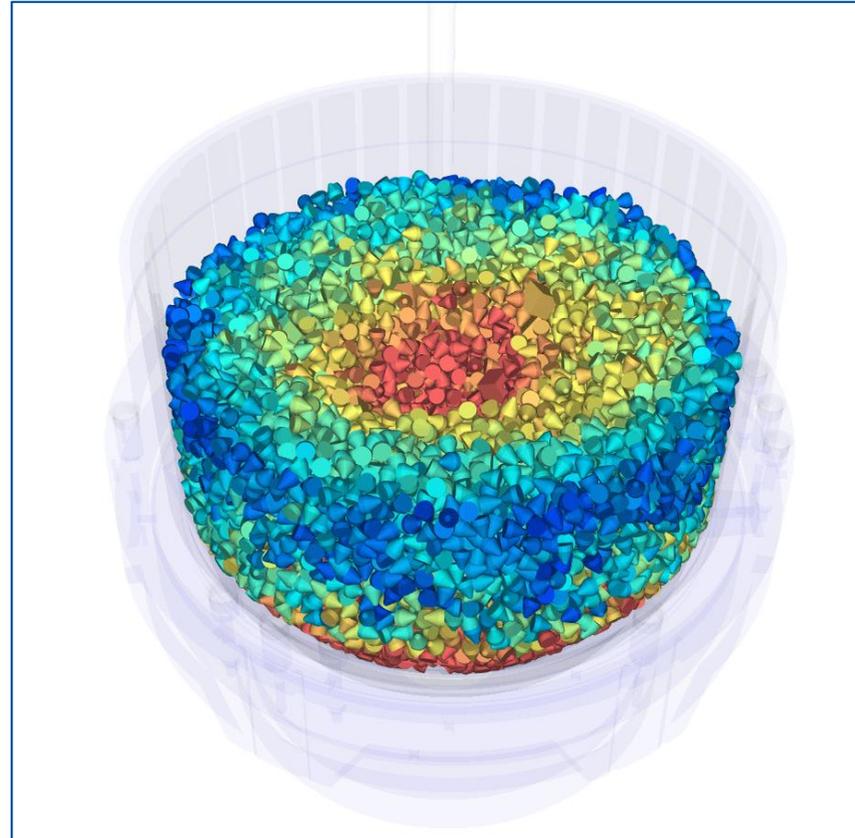
Prinzip

- Feststehender Zylinder
- Bewegung der Schleifkörper
- Rotierender Teller

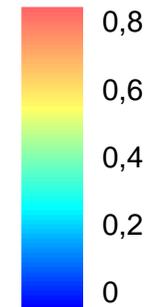


CF-TELLERFLIEHKRAFT-PROZESS

Diskrete Elemente Methode Simulation



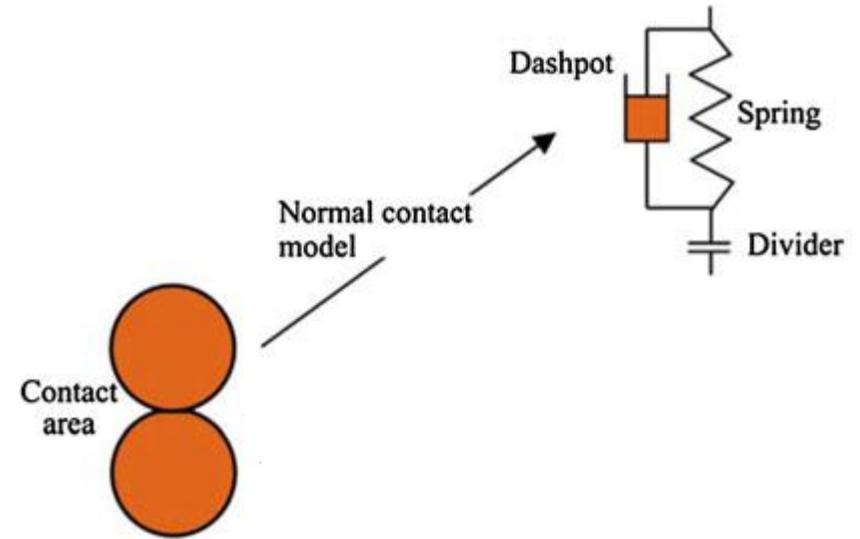
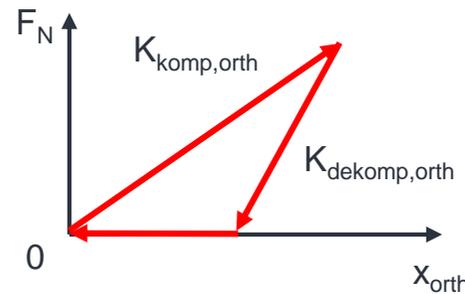
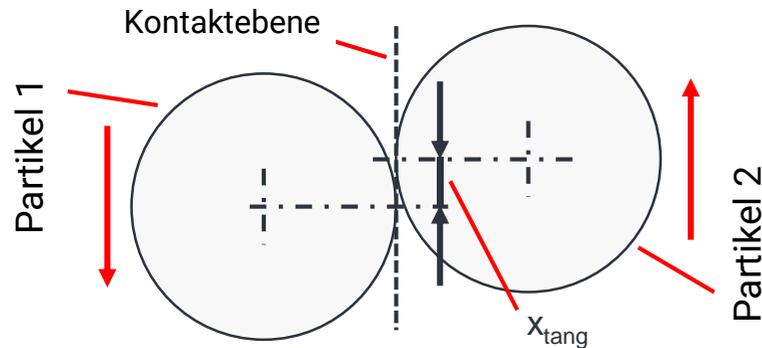
Partikel-
Geschwindigkeit
m/s



DEM SIMULATION

Gleitschleifen wird digital...

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

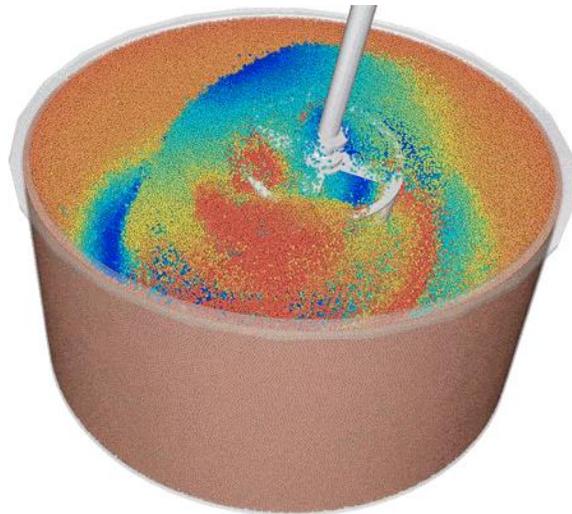
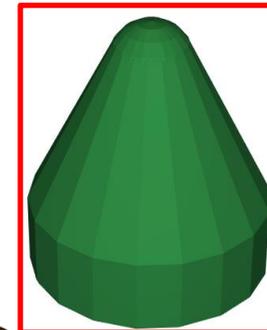


Quelle: Zhao. T.

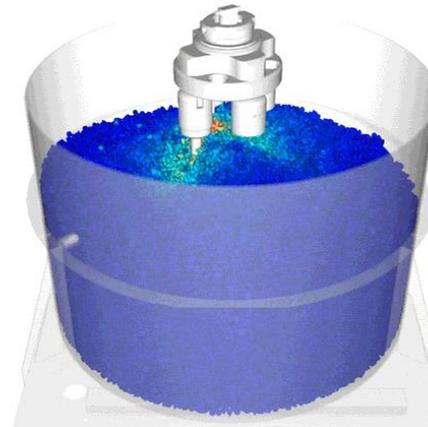
DEM SIMULATION

Gleitschleifen wird digital...

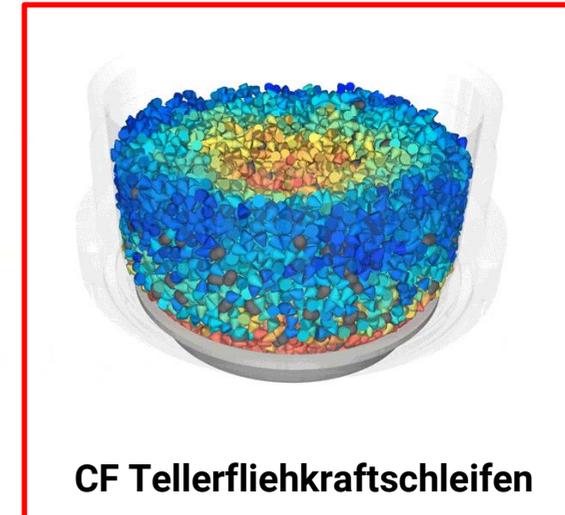
- Jede Form möglich
- Jeder Gleitschleifprozess abbildbar



SF Streamfinish



DF Schlepsschleifen



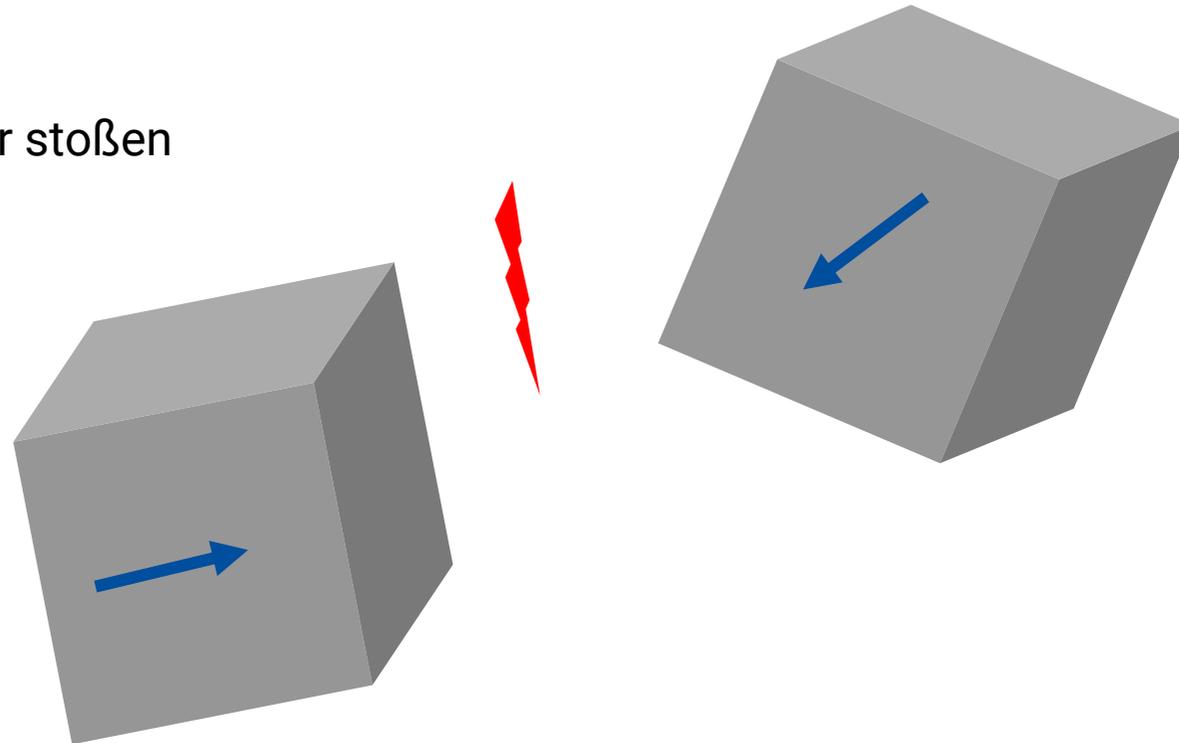
CF Tellerfliehkraftschleifen

SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Im Fokus heute

- Schüttgut ist nicht geführt
- Werkstücke können aneinander stoßen

... und tun es auch.



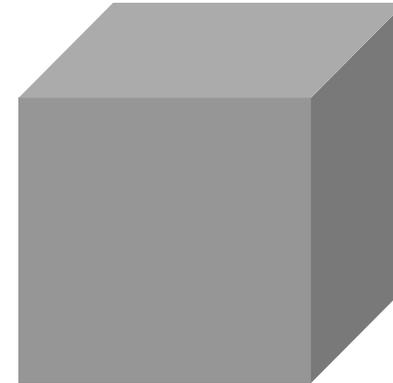
SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

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“



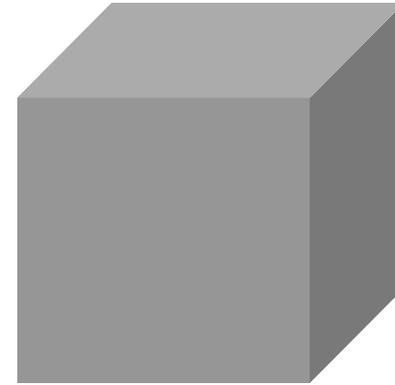
SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Versuch unter Extrembedingungen

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

→ Versuche mit 20, 120, 220 und 320 Würfeln

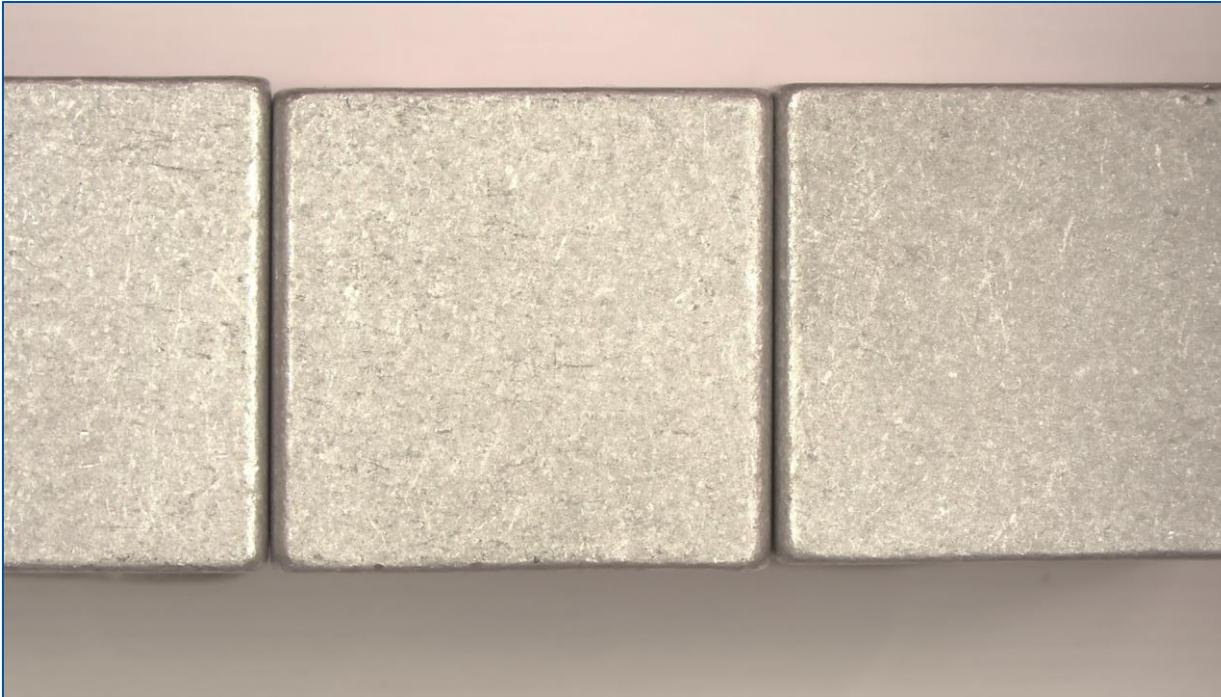
→ Optische Auswertung, nur wie?



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 1 – optisches Drauflicht

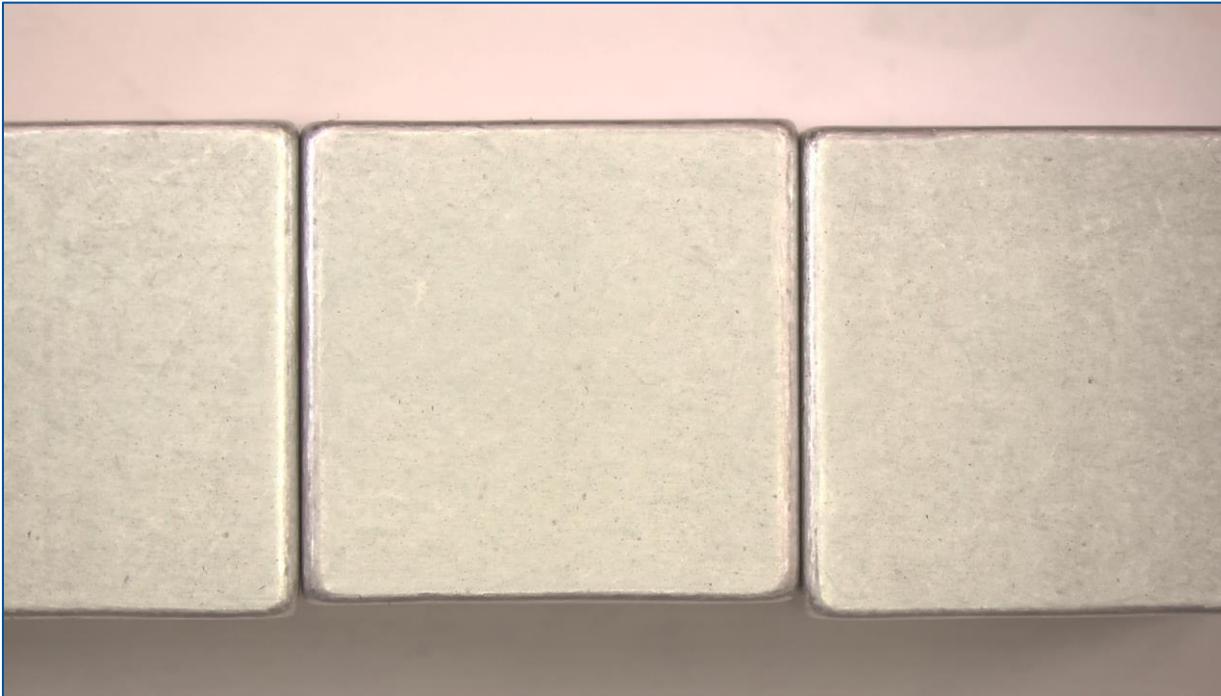
- Initial grobes Gleitschleifen für gleichmäßige Ausgangsqualität



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 1 – 20 Teile

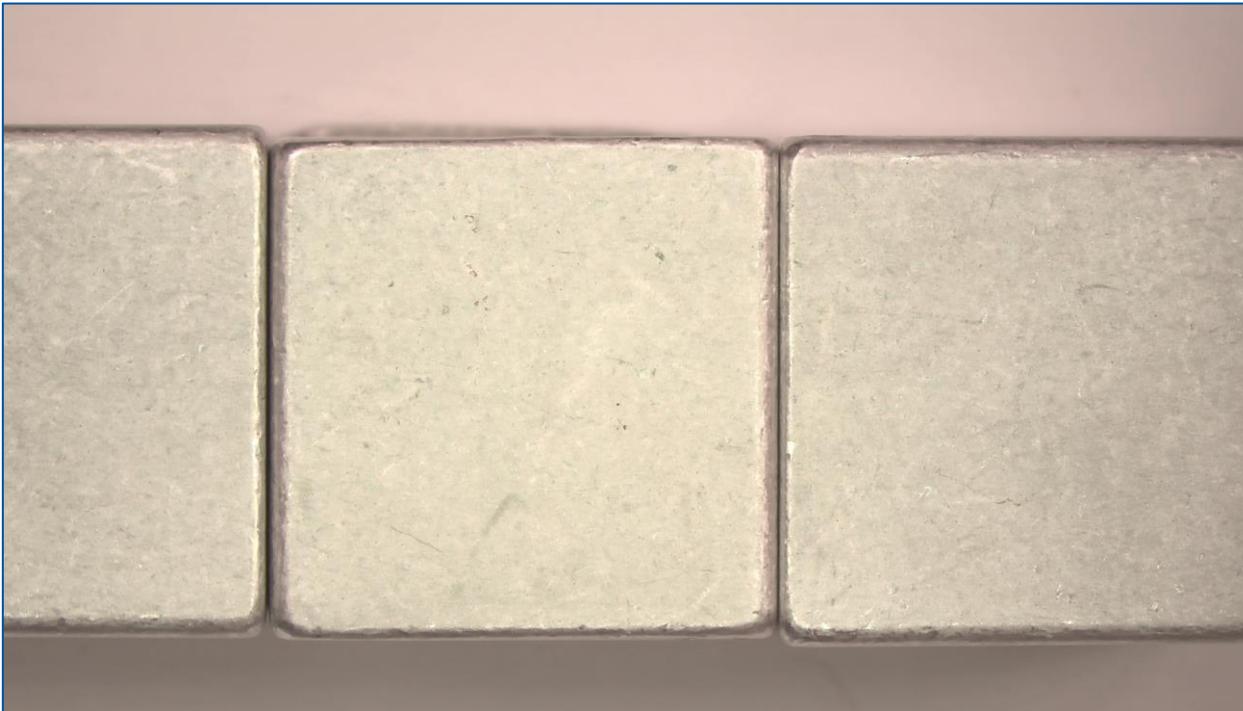
- **20** Teile kaum Macken



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 1 – 320 Teile

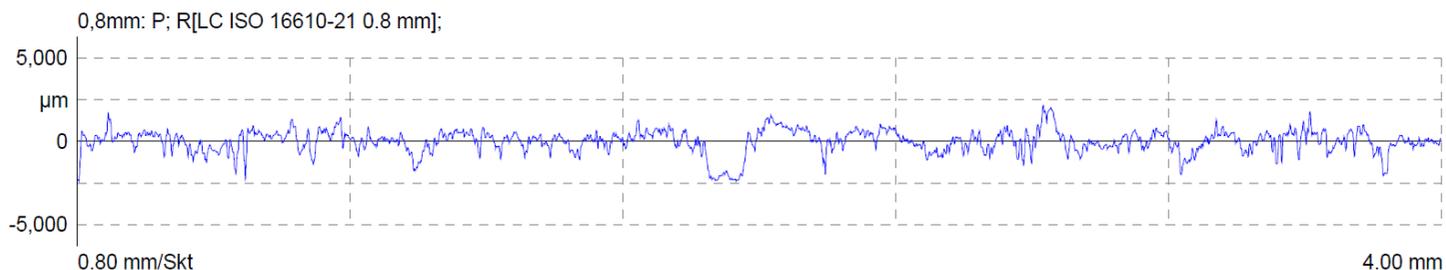
- **320** Teile viele erkennbare Macken



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

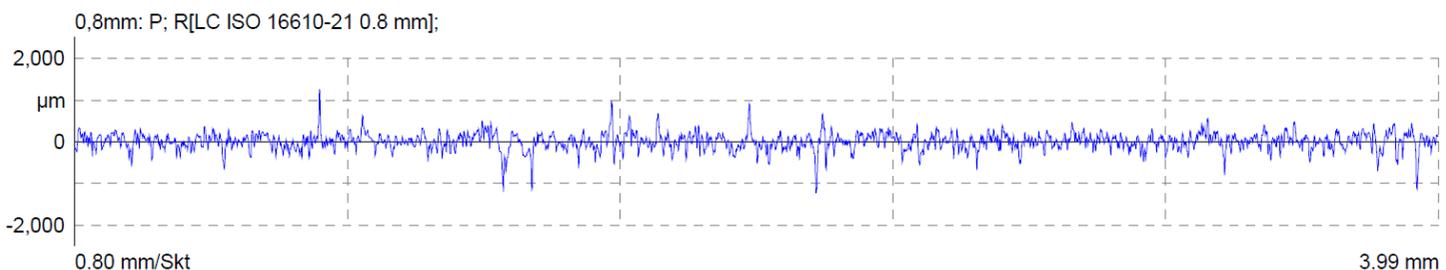
Auswertung Ansatz 2 – Rauheitsmessung taktil

Initial
Grob
Gleitgeschliffen



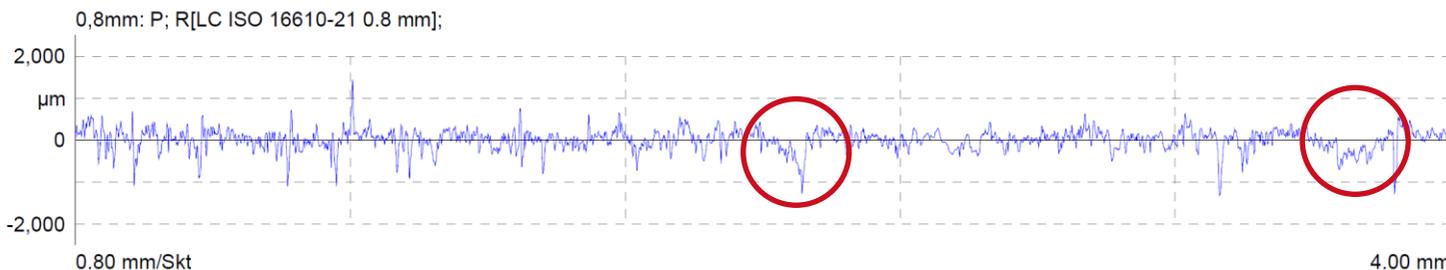
Ra: 0,51
Rz: 3,62

20 Teile
fein
Gleitgeschliffen



Ra: 0,15
Rz: 1,81

320 Teile
fein
Gleitgeschliffen



Ra: 0,18
Rz: 1,81

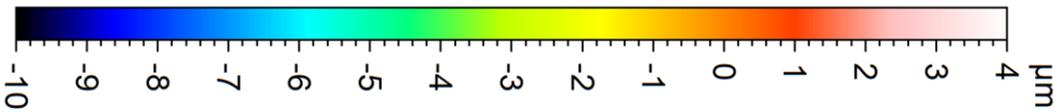
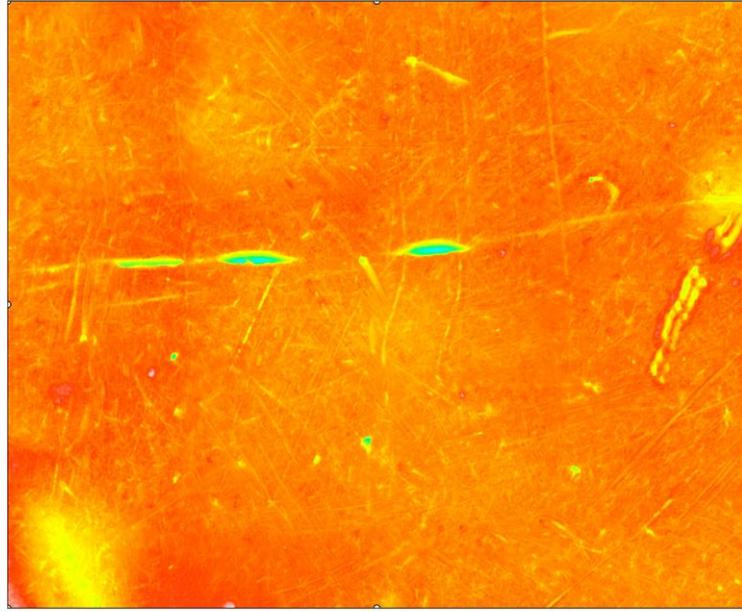
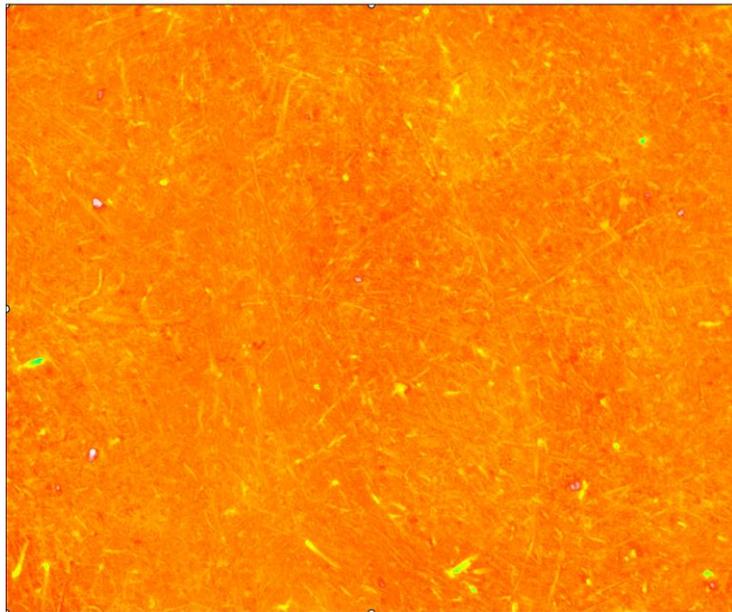
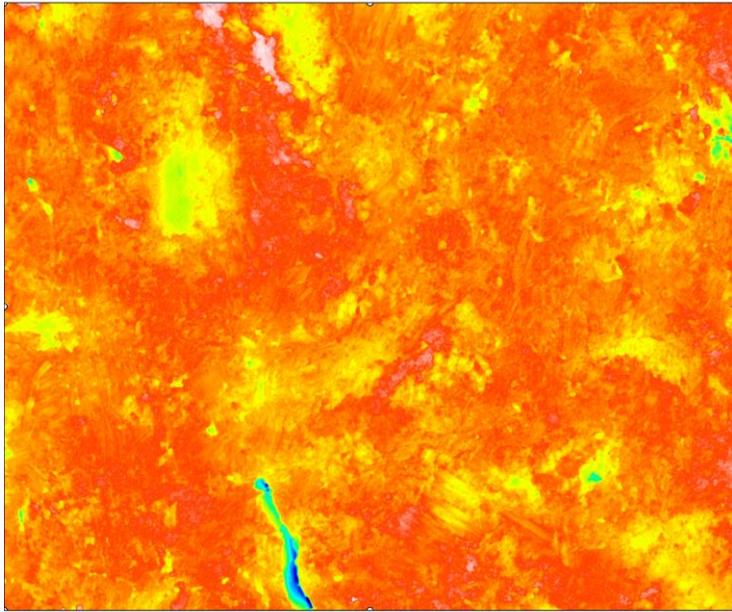
SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 3 – 3D konfokal – 1125 x 925 μm

Initial
Grob
Gleitgeschliffen

20 Teile
fein
Gleitgeschliffen

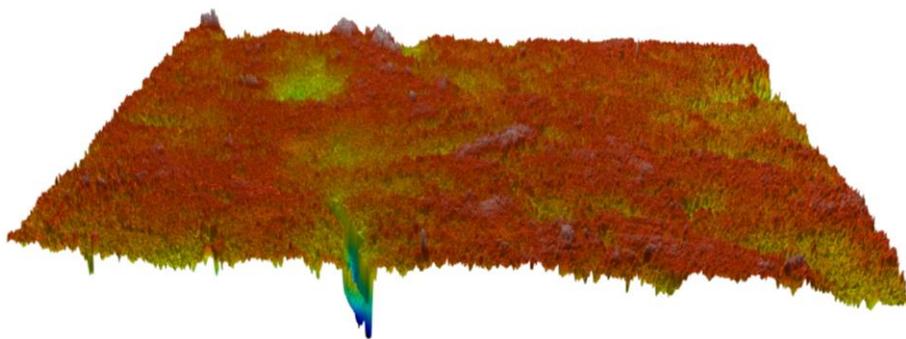
320 Teile
fein
Gleitgeschliffen



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 3 – 3D konfokal – 1125 x 925 μm

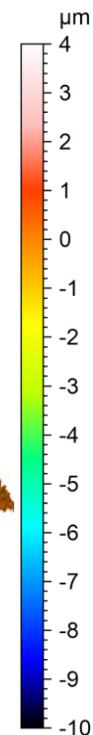
Initial
Grob
Gleitgeschliffen



20 Teile
fein
Gleitgeschliffen



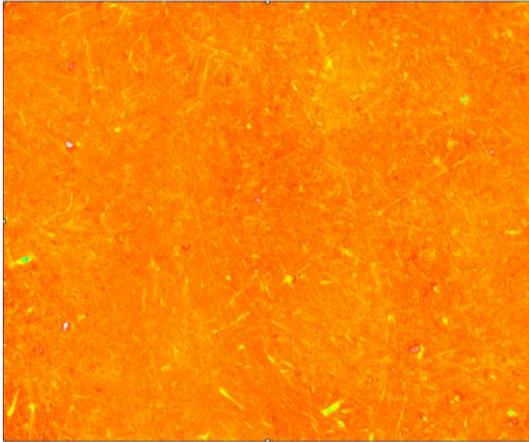
320 Teile
fein
Gleitgeschliffen



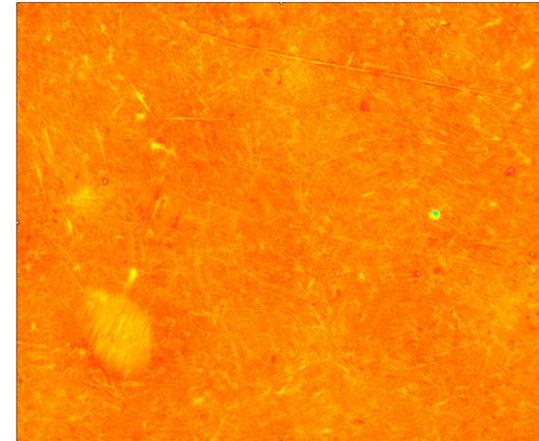
SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

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

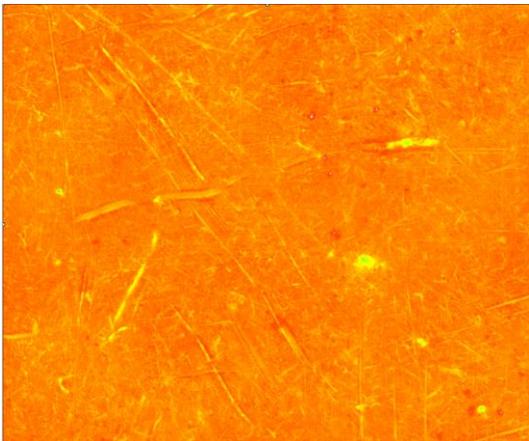
20 Teile



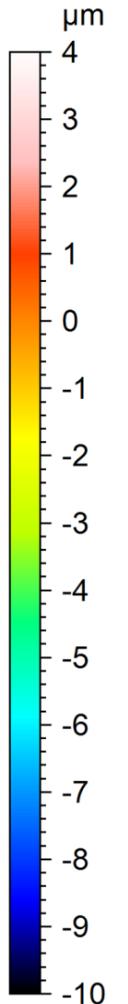
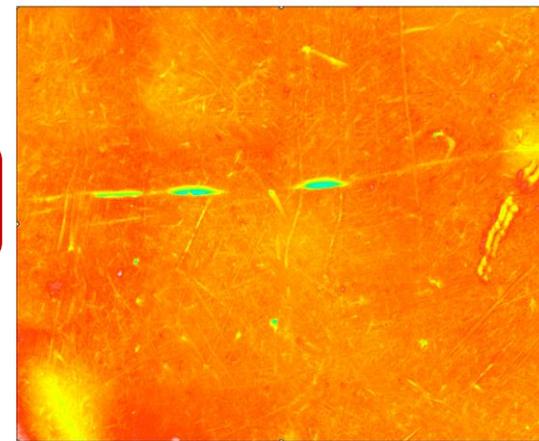
120 Teile



220 Teile



320 Teile



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 3 – 3D konfokal – 1125 x 925 μm

20 Teile



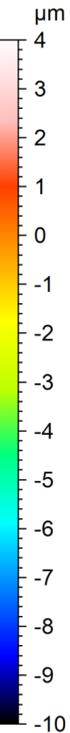
120 Teile



220 Teile

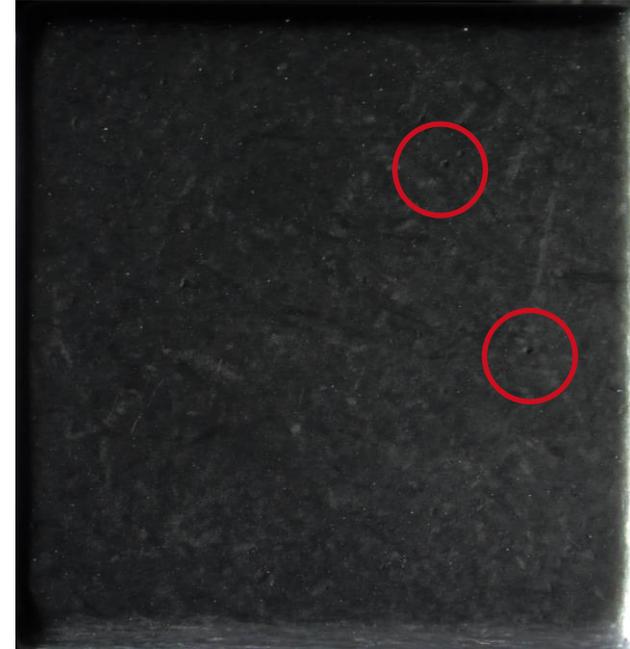
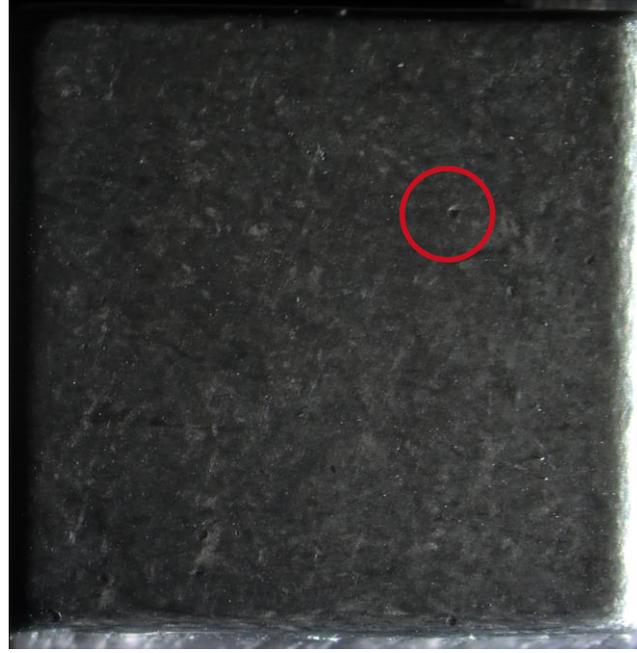
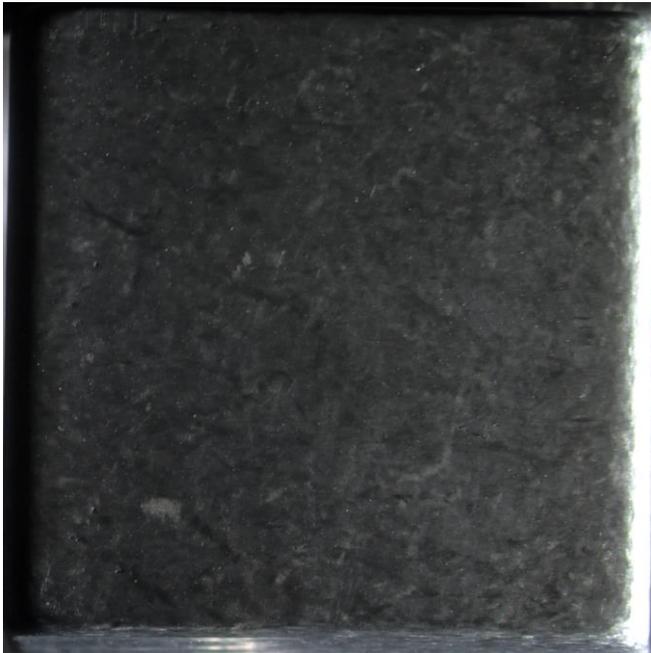


320 Teile



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild durch flache einseitige Beleuchtung

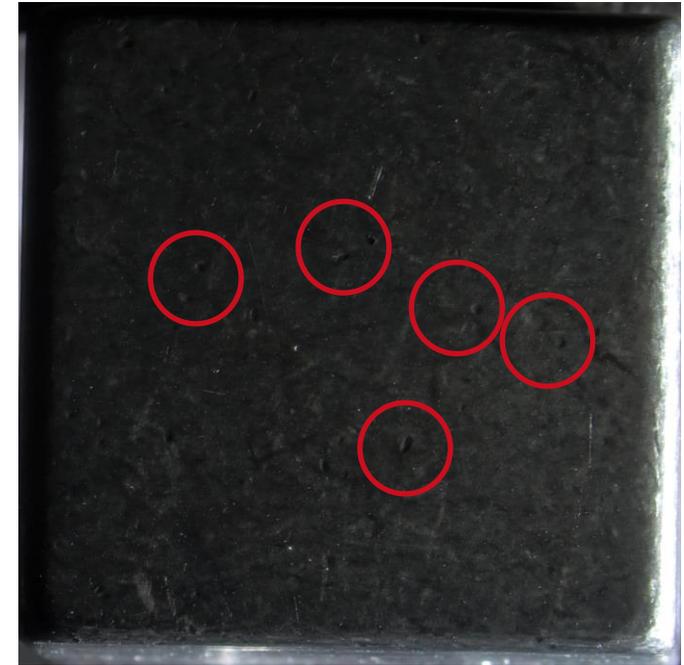
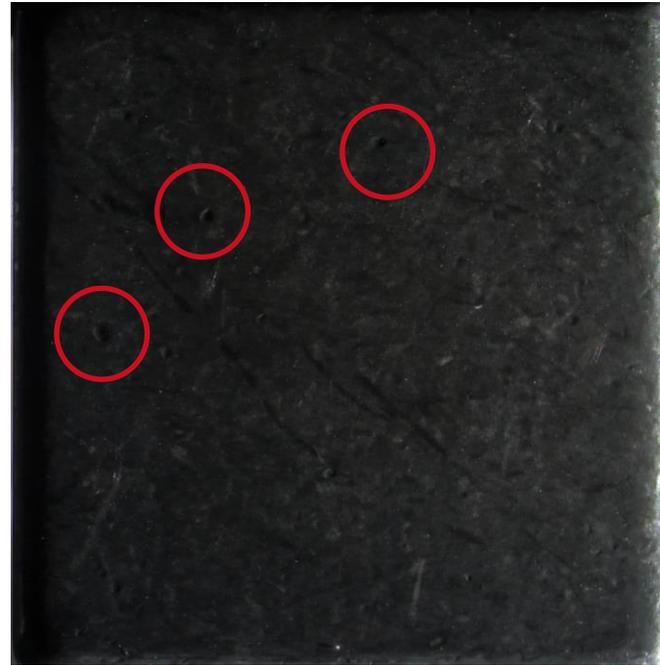
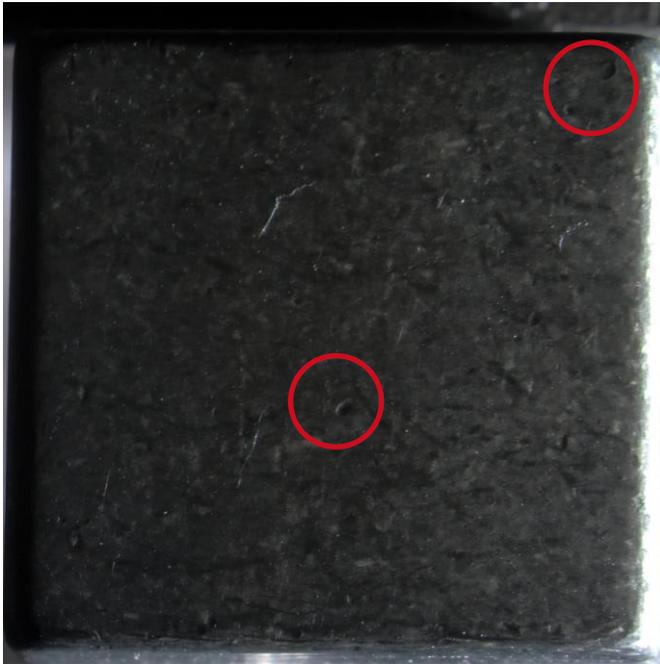


20 Teile



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild durch flache einseitige Beleuchtung

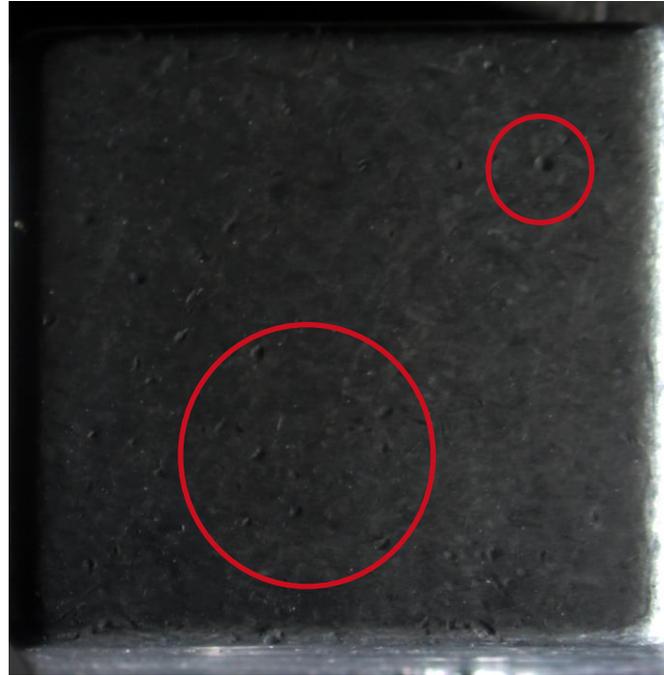


120 Teile



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild durch flache einseitige Beleuchtung



220 Teile

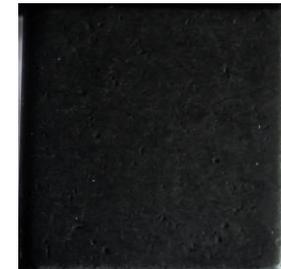


SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild durch flache einseitige Beleuchtung



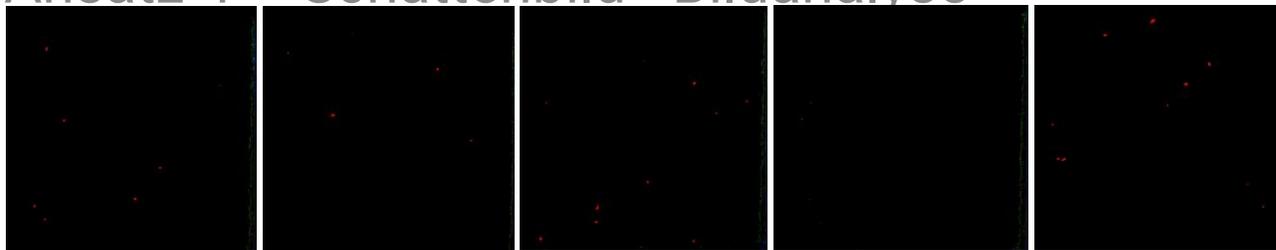
320 Teile



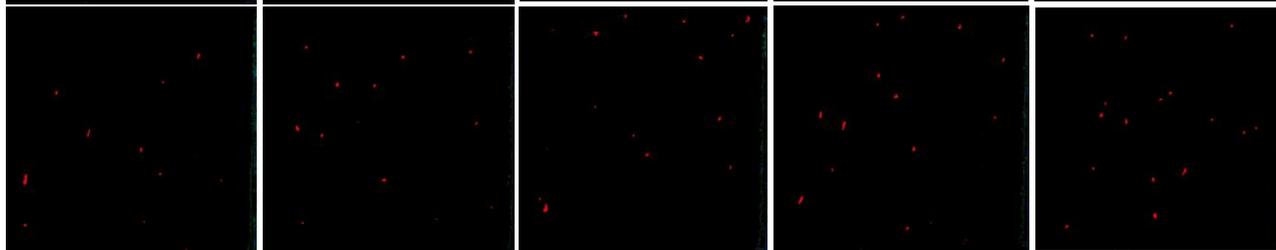
SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild - Bildanalyse

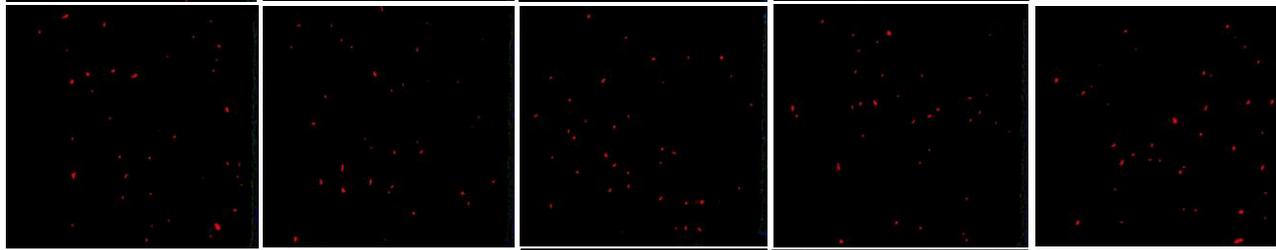
20 Teile



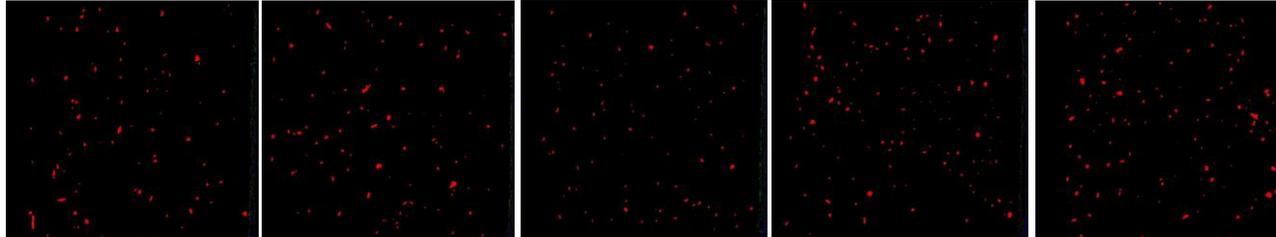
120 Teile



220 Teile



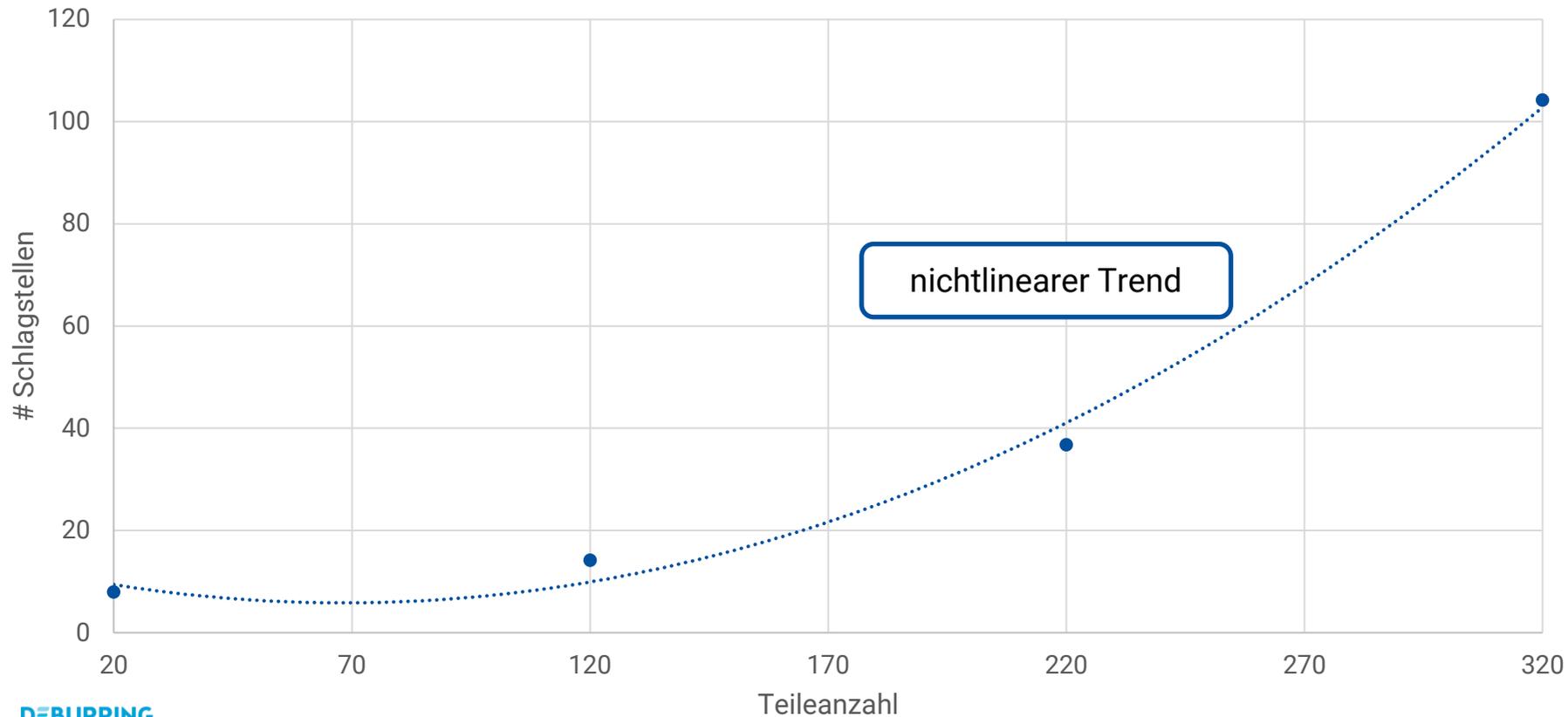
320 Teile



SCHÜTTGUT-PROBLEM VERSCHLAGEN

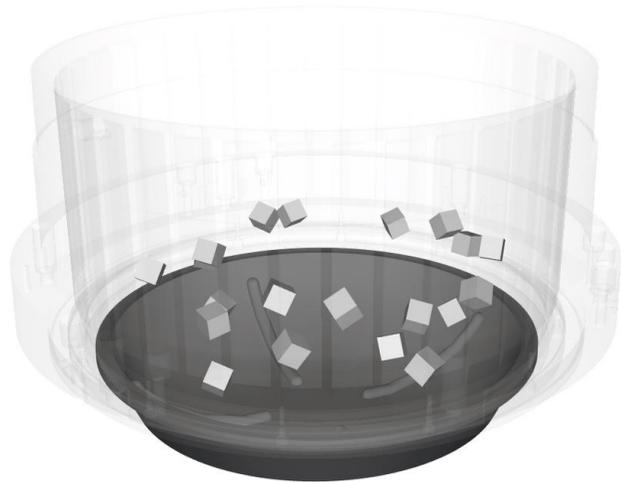
Auswertung Ansatz 4 – Schattenbild - Bildanalyse

mittlere Anzahl Schlagstellen



SIMULATION ERGEBNISSE

Überblick – nur Würfel dargestellt



20 Teile

120 Teile



220 Teile

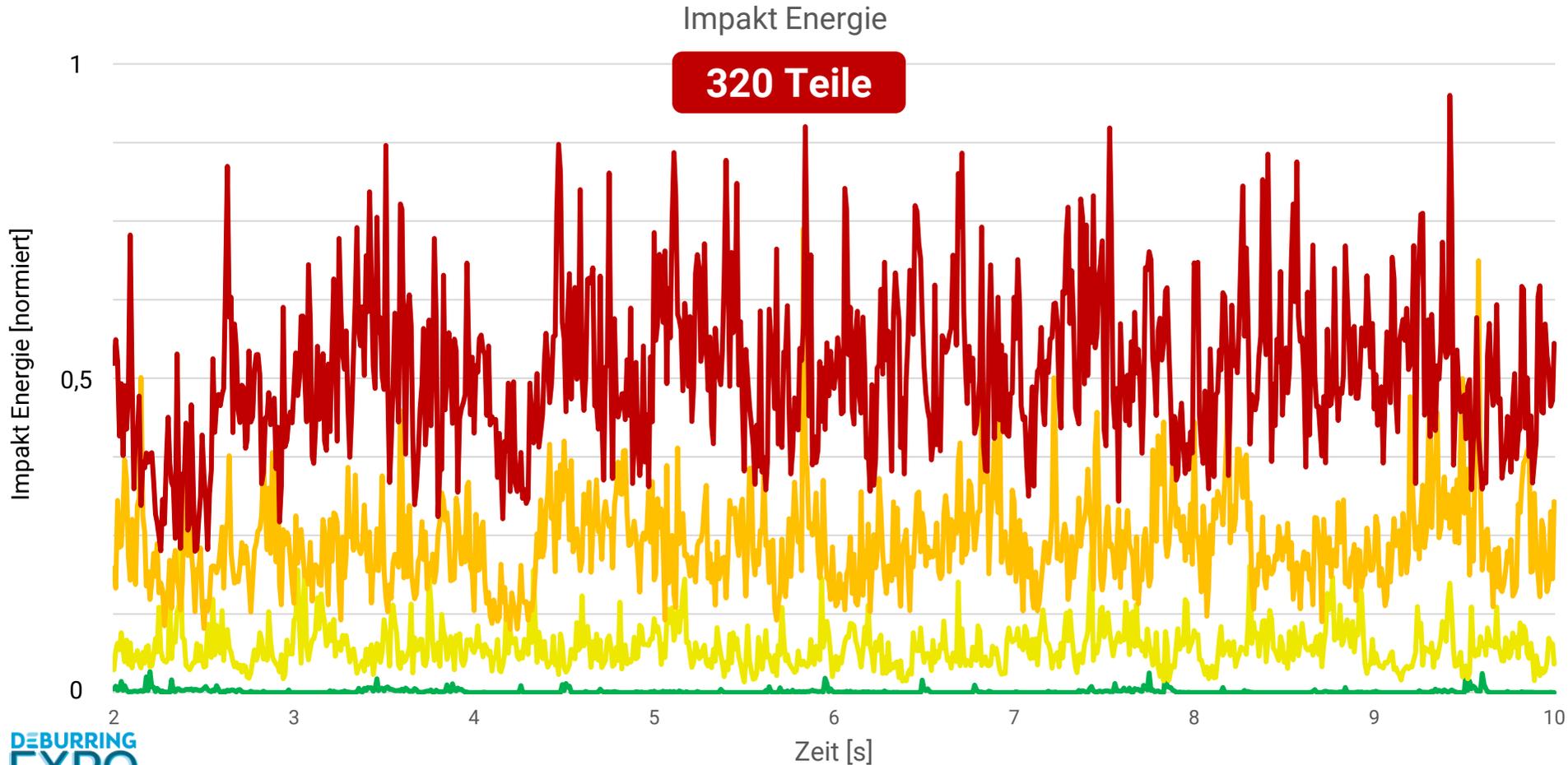


320 Teile



SIMULATION ERGEBNISSE

Impakt Energie / Teileanzahl

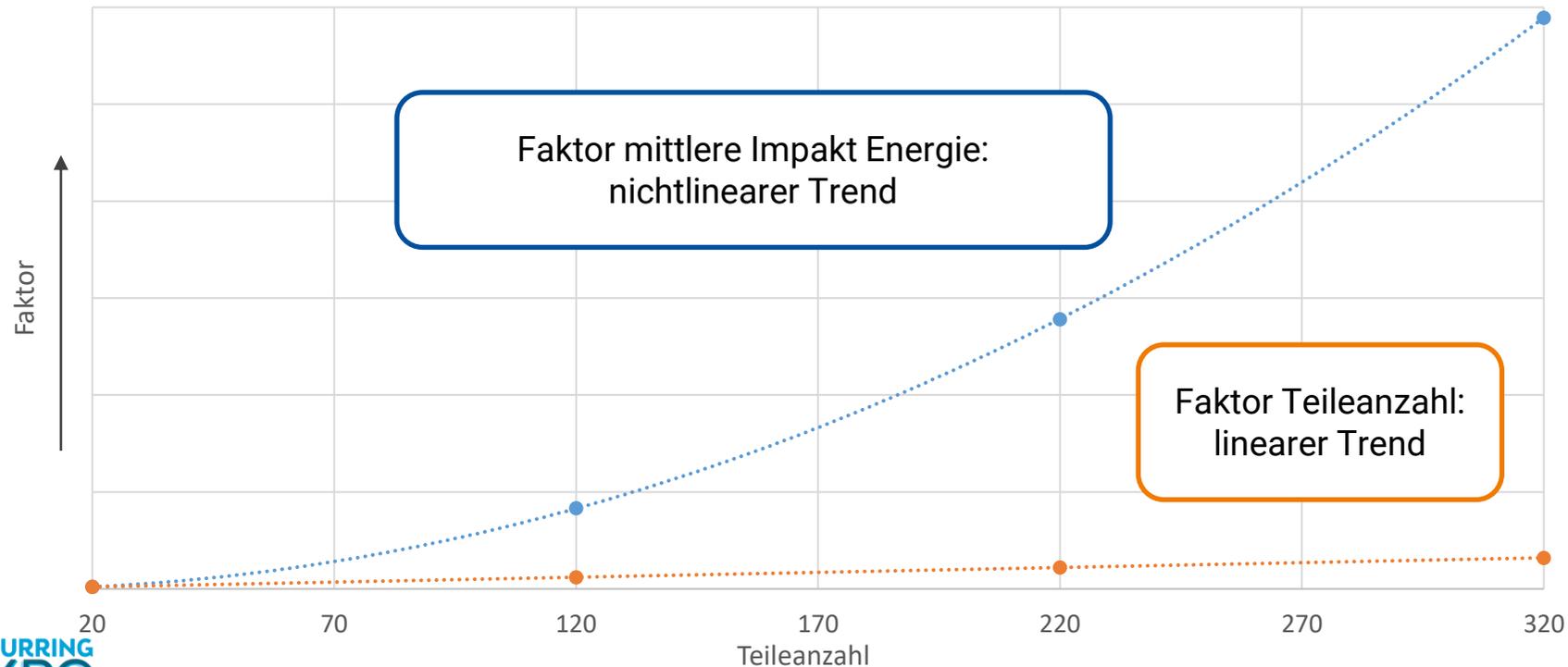


SIMULATION ERGEBNISSE

Impakt Energie / Teileanzahl -- gemittelt

Vergleichbarer nichtlinearer Zusammenhang

Impakt Energie Faktor



SIMULATION FÜR WEITERENTWICKLUNGEN

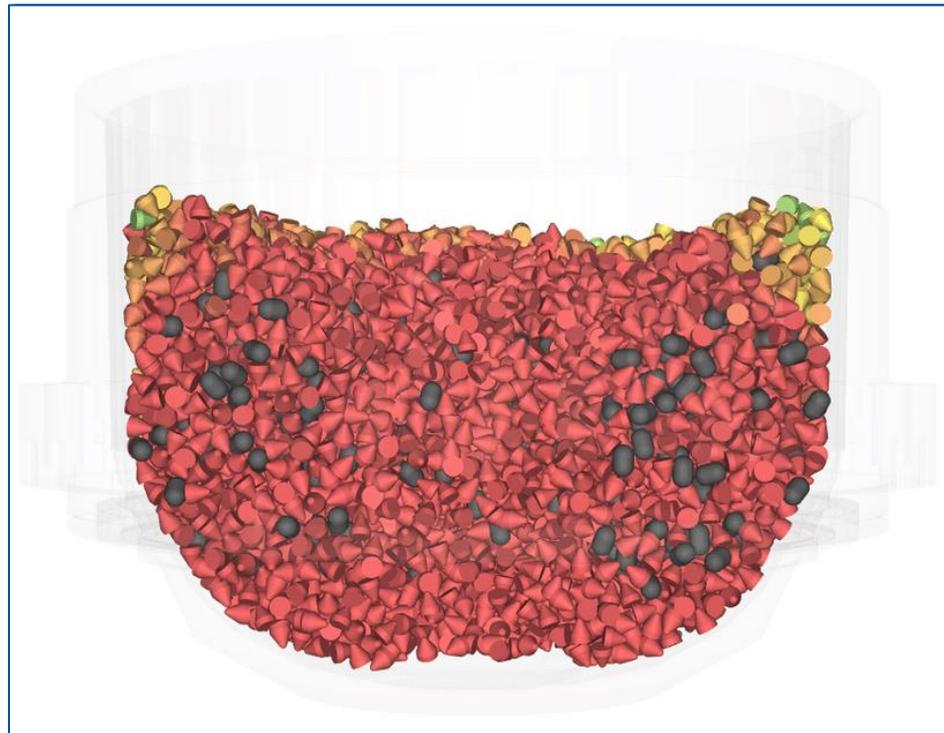
Beispiel Druckdeckel

- Intensive
Bearbeitung
- Größere
Strukturen
entfernen



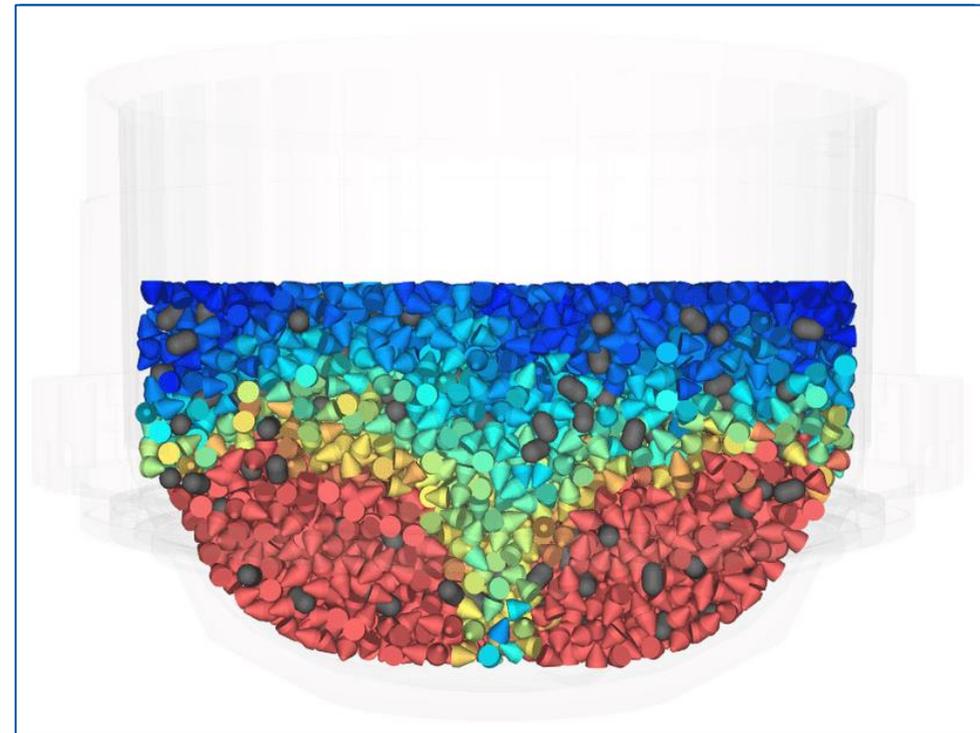
SIMULATION FÜR WEITERENTWICKLUNGEN

Beispiel Druckdeckel

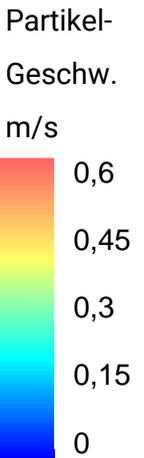


Höhere Drehzahl

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 Impakt 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

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

