

# **Pressen von Granulaten aus synthetischen keramischen Rohstoffen**

**- Eine Uralttechnologie -**

**Gibt es etwa offene Fragen?**

Ulrich Klemm, Dieter Sobek, Hermann Svoboda

---

## Welche Eigenschaften soll denn ein gepresster Formkörper aufweisen?

Er soll die Dichtespezifikation erreicht haben...und das mit möglichst niedrigem Pressdruck.

Er soll eine für die weitere Handhabung und eventuell sich anschließende mechanische Bearbeitung ausreichende Festigkeit besitzen.

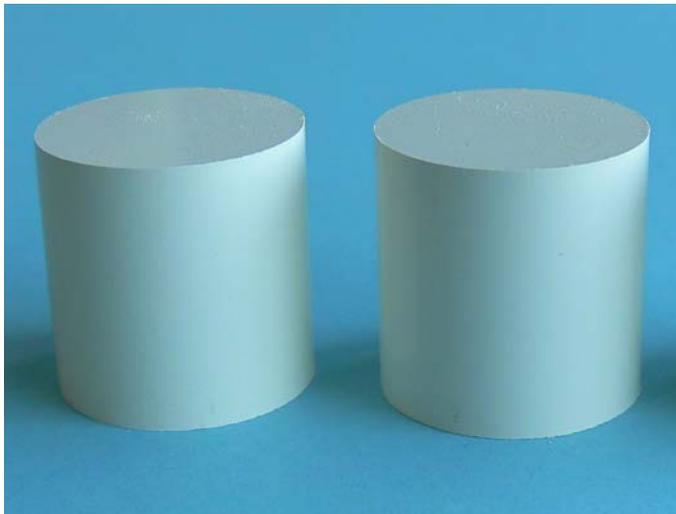
Er soll völlig frei von makroskopischen Defekten sein.

Er sollte nur minimale Eigenschaftsgradienten in axialer und radialer Richtung haben.





## Fall 1: Die Formkörper haben exzellente Eigenschaften



Wer möchte in die zu singenden  
Lobeshymnen einbezogen werden?

- > Der Pulverhersteller!
- > Der Hersteller der Suspension!
- > Der Hersteller der Granulate!
- > Der Presser!

## Fall 2: Die Formkörper weisen makroskopische Defekte auf



Wer trägt die Schuld am Disaster?

- Der Pulverhersteller  
**Niemals!!**
- Der Hersteller der Suspension?  
**Niemals!!**
- Der Hersteller der Granulate?  
**Niemals!!**
- Der Presser?  
**Er muss seine Unschuld beweisen!**  
**Bloß...Wie kann er das?**

## Er sollte Kontakt zu “Mitbetroffenen“ aufzunehmen versuchen!



**FORTBILDUNGSSEMINAR**

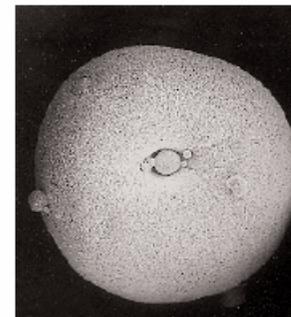
Deutsche Keramische  
Gesellschaft e.V. (DKG)



Technologische  
Grundlagen  
der Granulierung und  
Granulatverarbeitung

**13. Auflage**

24. / 25. April 2008  
in Dresden



Fraunhofer-Institut  
Keramische Technologien und Systeme

Technische Universität Dresden  
Institut für Werkstoffwissenschaft

**FORTBILDUNGSSEMINAR**

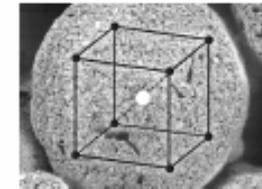
Deutsche Keramische  
Gesellschaft e.V. (DKG)



Sprühtrocknung  
keramischer  
Suspensionen

**4. Auflage**

- Technologie und  
Statistische Versuchsplanung -



10. - 12. September 2008  
in Dresden

Fraunhofer-Institut für Keramische  
Technologien und Systeme

Technische Universität Dresden  
Institut für Werkstoffwissenschaft

**Einladung & Programm**

## **Was erfährt er da aus dem Alltag der Pressverdichtung?**

- ☹ wir haben doch alles so wie immer gemacht und plötzlich ist unser Granulat nicht mehr pressbar...
  - ☹ seit wir unser Granulat im Winter auf Vorrat sprühen, haben wir viel weniger Probleme...
  - ☹ trotz völlig gleicher Granulatcharakteristika brauchen wir ständig höhere Pressdrücke zum Erreichen der Dichtespezifikation...
  - ☹ manchmal wird es besser, wenn wir das Granulat eine gewisse Zeit offen lagern...
  - ☹ manchmal ist eben kein Presswetter...
  - ☹ seit wir unser Granulat tiefkühlen, ist es besser pressbar...
  - ☹ Pressgeräusche haben wir sehr oft, dann schließen wir eben die Hallentüren, wir liegen ja schließlich in einem Wohngebiet...
-

- ☹ da schmieren wir eben alle 50 Pressungen die Matrize mit einem Ölpinsel...
- ☹ wir haben doch die gleichen Additive wie in der Literatur genommen und nichts funktioniert...
- ☹ unsere Formkörper haben neuerdings immer Risse...
- ☹ auf einmal haben wir jede Menge Klebeerscheinungen...
- ☹ plötzlich ist unser Werkzeugverschleiß höher...

**Σ Der gescholtene Presser steht mit seinen Problemen  
durchaus nicht ganz allein da!**

**“Alle Entwicklung ist bis jetzt nichts weiter als ein Taumeln von  
einem Irrtum in den andern.”**

Henrik Ibsen

**Welche Einflüsse können eigentlich zu den ganzen  
Ärgernissen beitragen?**

---



<b>Rohstoffparameter</b>	<b>Additive</b>	<b>Presstechnik</b>
Spezifische Oberfläche Teilchengröße Teilchenform Agglomerationszustand Granulatdichte Granulatstruktur Granulatfestigkeit Deformationsverhalten Schüttdichte Klopfichte Fließvermögen	<b>Binder</b> Polyvinylalkohole, Polyacrylate, Polysaccharide, Polyvinylacetat, Dextrine, Cellulosen, Wachse, Paraffine, Polyvinylbutyral, Polyethylenglycole....  <b>Gleitmittel</b> Fettsäuren, Amidwachse, Pressöle, Fettsäuresalze, Zubereitungen..... (221 Keramikadditive auf Homepage eines großen Herstellers)  Konzentration der Additive, chemische und physika- lische Eigenschaften Zugaberegime.....	Art der Presse Art der Verdichtung Werkzeuggestaltung Matrizenmaterial Matrizenrauigkeit Pressdruck Pressrhythmus Pressgeschwindigkeit Formkörpergeometrie

## **Auf welche Weise kann der Presser nun seine Unschuld nachweisen?**

- ➡ Er muss versuchen, die Wirkung der Vielfalt der Einflussparameter in ihrer Gesamtheit direkt beim Pressen zu messen.

### **Was ist dabei wichtig zu messen?**

#### Die Spannungsübertragung

Axiale und radiale Verteilung des aufgebrauchten Pressdrucks

#### Die Kompressibilität

Welche Fähigkeit besitzt die Schüttung, sich unter der Wirkung des Pressdrucks zu verdichten?

#### Die Pressbarkeit

Welche Fähigkeit besitzt die Schüttung, unter der Wirkung des Pressdrucks einen fehlerfreien handhabbaren Formkörper entstehen zu lassen?

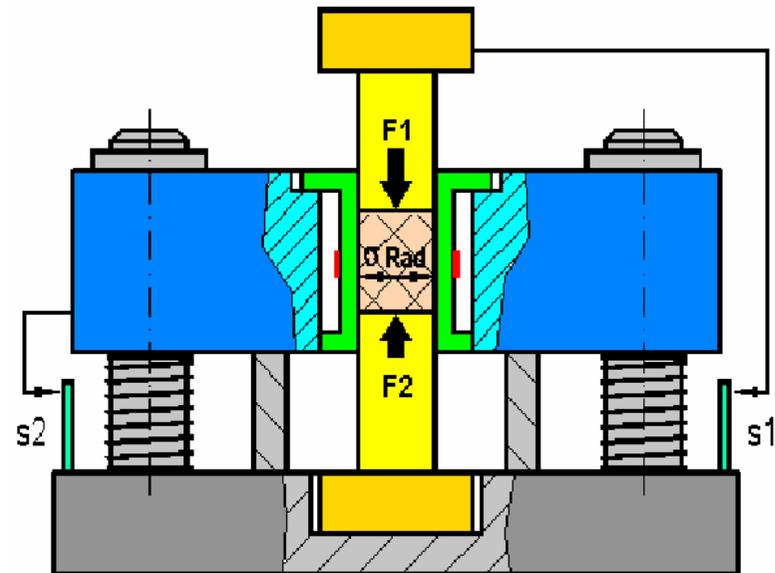
---



## Instrumentiertes Presswerkzeug



Variabel:  
Matrizenwerkstoff  
Matrizengeometrie  
Pressdruck  
Klima im Presslabor



F1	Oberstempelkraft
s1	Oberstempelweg
F2	Unterstempelkraft
s2	Matrizenweg
$\sigma_{\text{Rad}}$	Radialspannung

## **Aussagen aus instrumentierten Pressuntersuchungen**

### **Homogenität**

Kraftdurchgang  
Wandreibung  
Pulverreibung  
Druckspannungsverteilung

### **Fehlerfreiheit**

Verdichtungsenergien  
Deformationsverhalten  
Relaxationsverhalten  
Scherspannungen  
Ausstoßbelastung

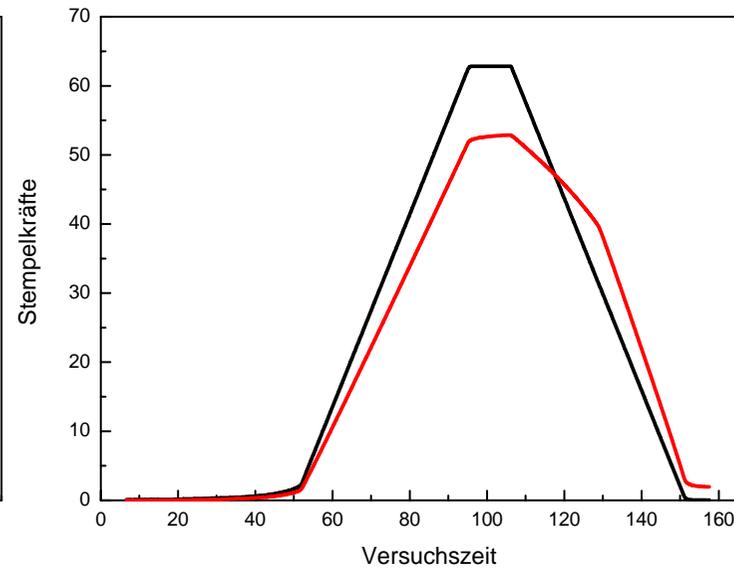
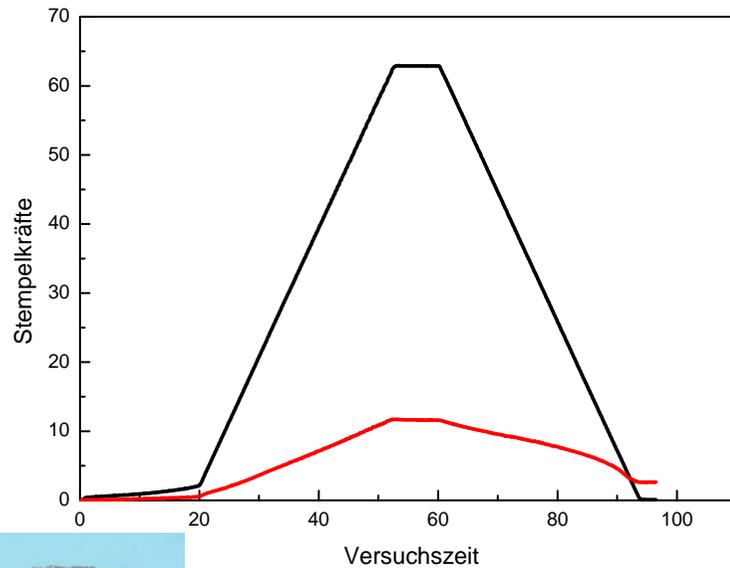
### **Formkörpereigenschaften**

Dichte  
Festigkeit

---



## Zeitliche Verläufe von Messgrößen



$F_2/F_1$   
 $\mu_w$   
 $\eta$   
 $\mu_p$

— Oberstempelkraft  
— Unterstempelkraft



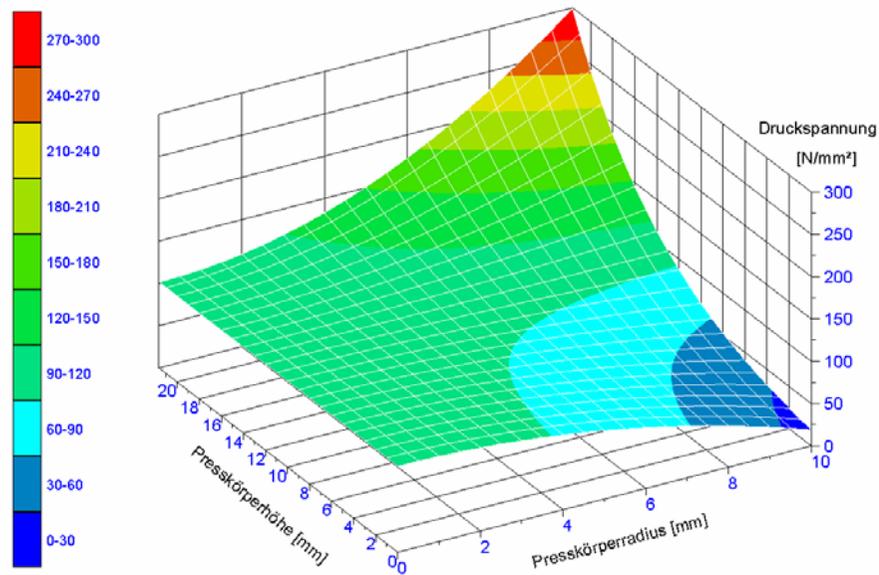
hohe Reibung  
Kraftübertragungsrate 19 %

niedrige Reibung  
Kraftübertragungsrate 83 %

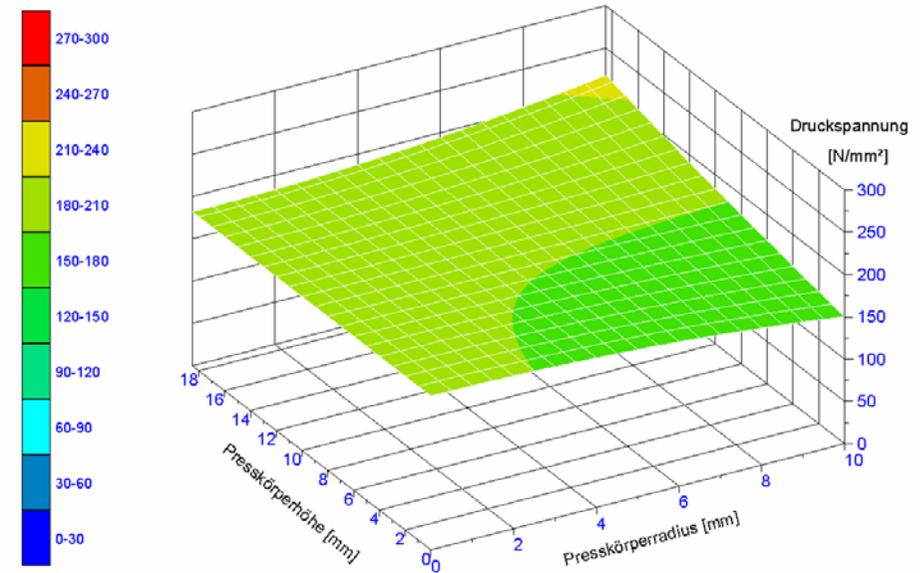




## Verteilung der Druckspannungen

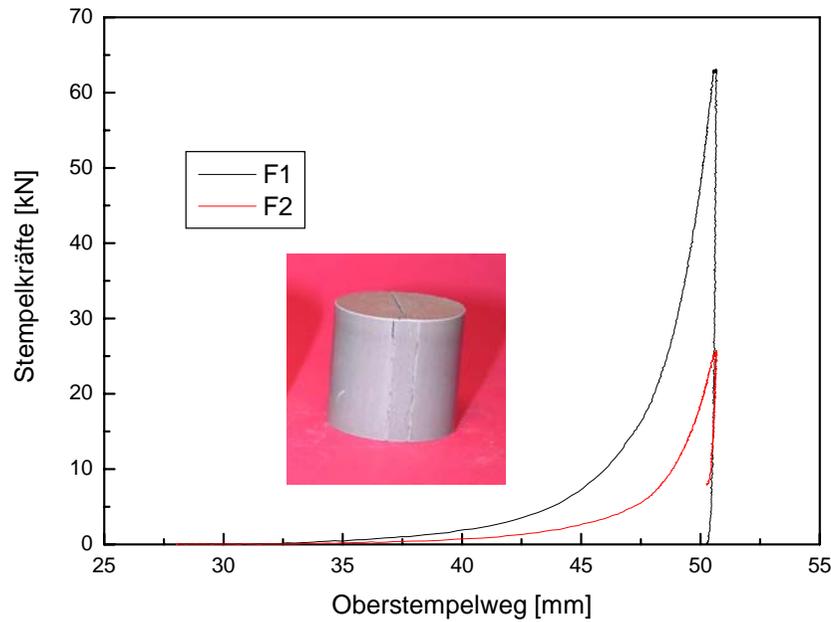


Axialer Gradient 280 MPa  
Radialer Gradient 197 MPa

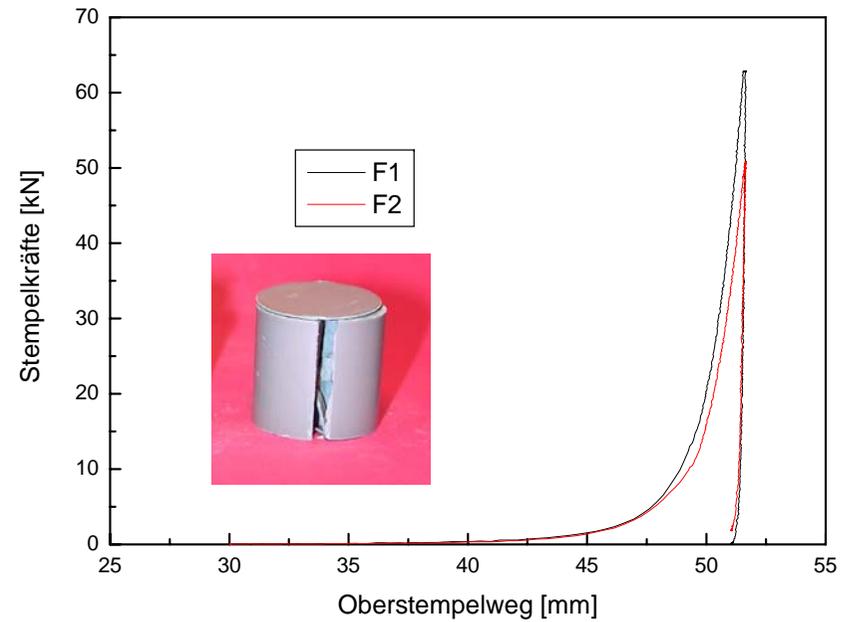


Axialer Gradient 67 MPa  
Radialer Gradient 36 MPa

## Verläufe von Kraft - Weg - Diagrammen

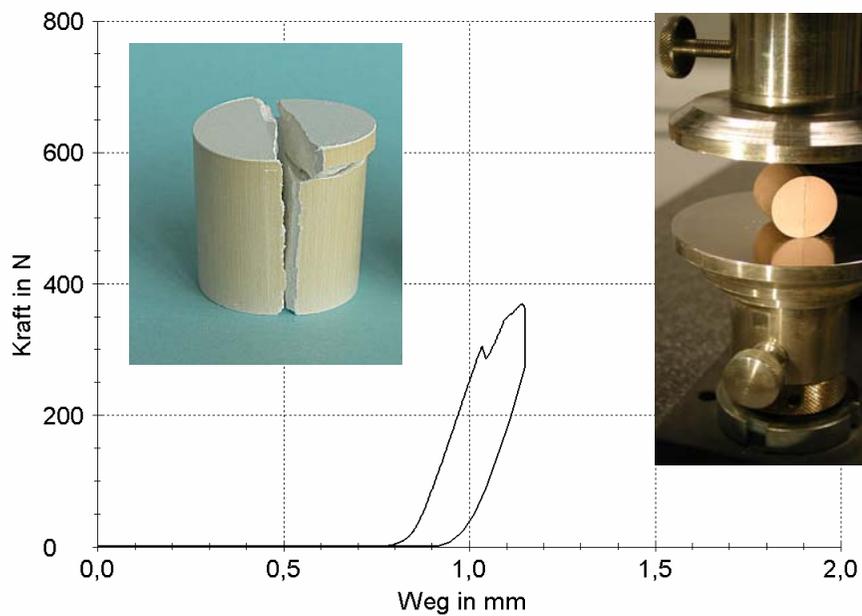


Gesamtenergie 165 Nm  
Verlustenergie 105 Nm

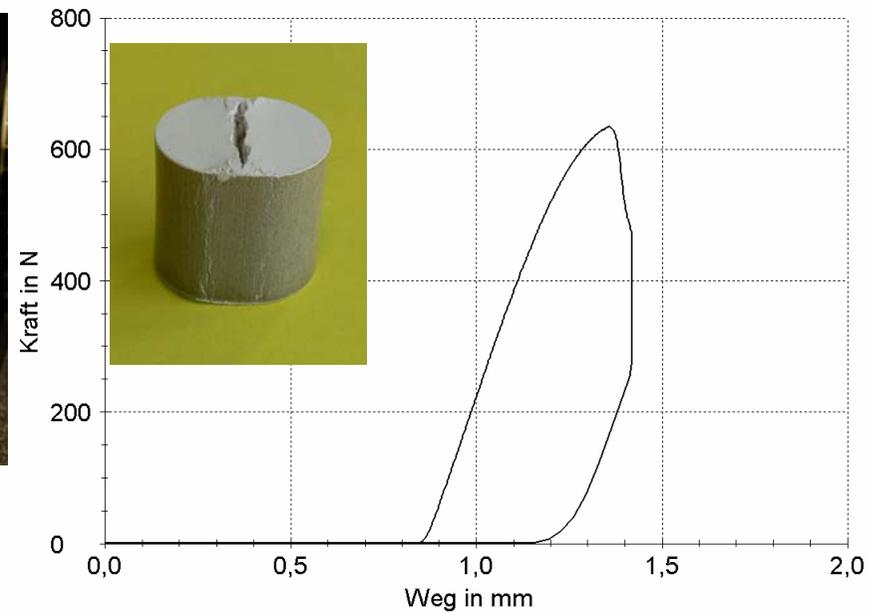


Gesamtenergie 105 Nm  
Verlustenergie 21 Nm

## Deformationsverläufe bei der Festigkeitsmessung

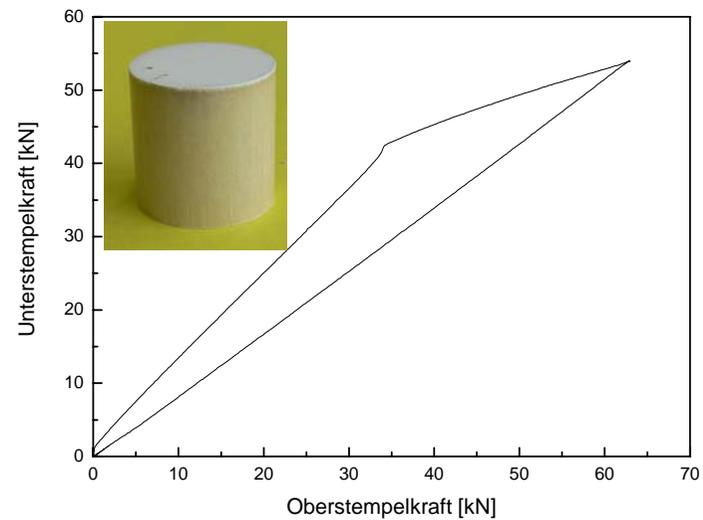
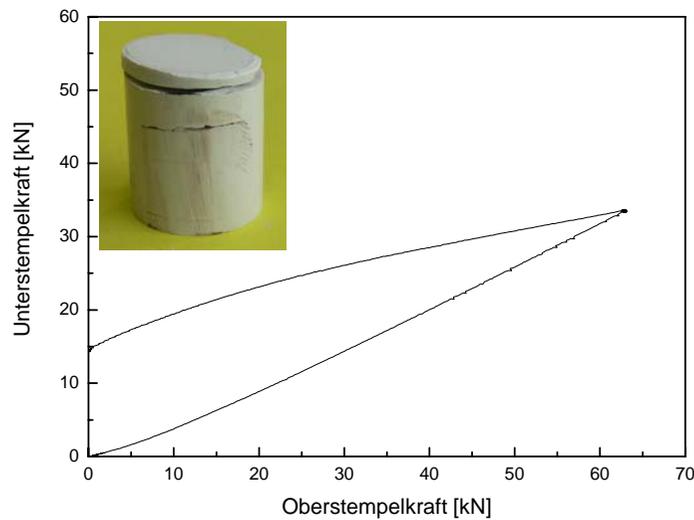


Festigkeit  $0,60\text{N/mm}^2$  ???



Festigkeit  $1,02\text{N/mm}^2$

## Unterstempelkraft beim Be- und Entlasten



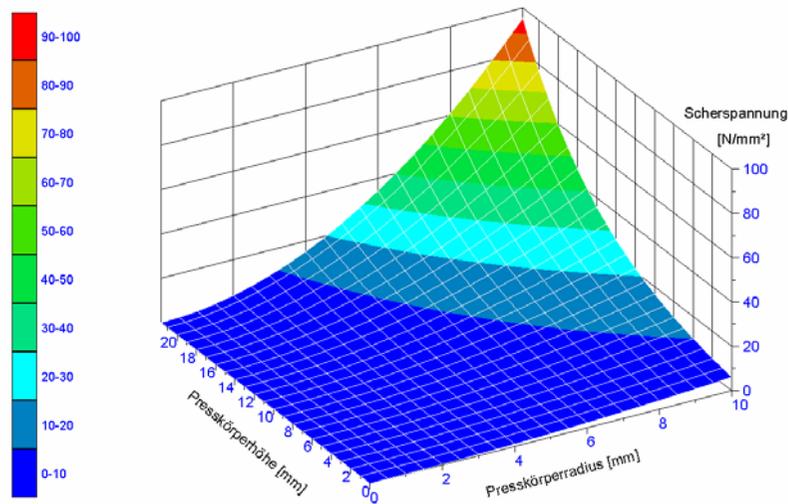
Anteil der Rückdehnung innerhalb der Matrize

45%

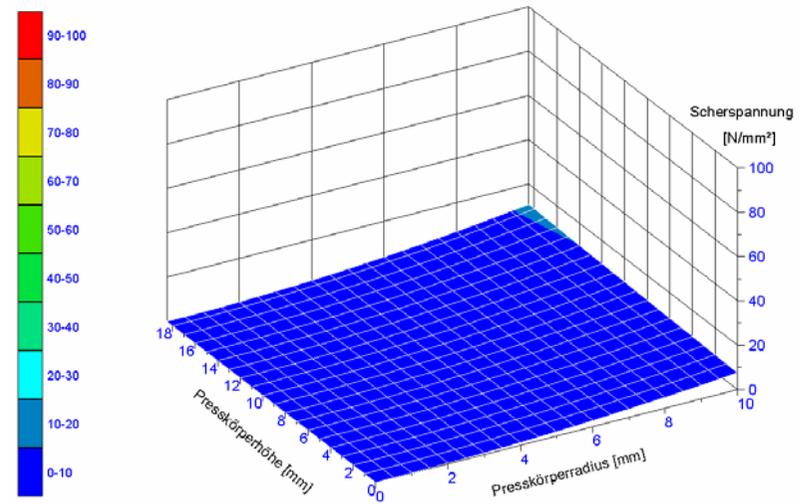
92%



## Verteilung der Scherspannungen



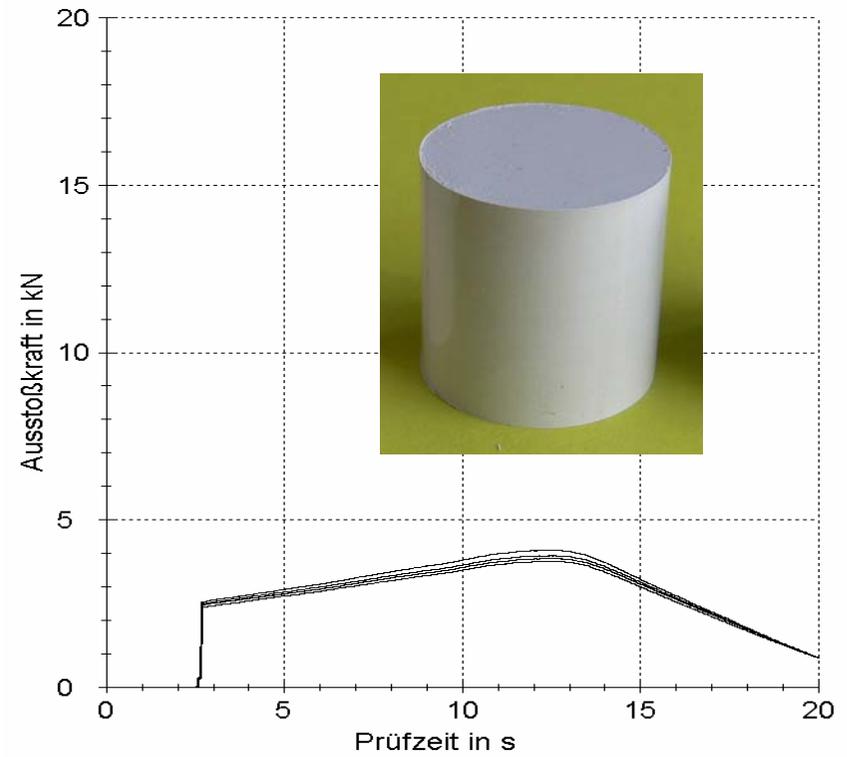
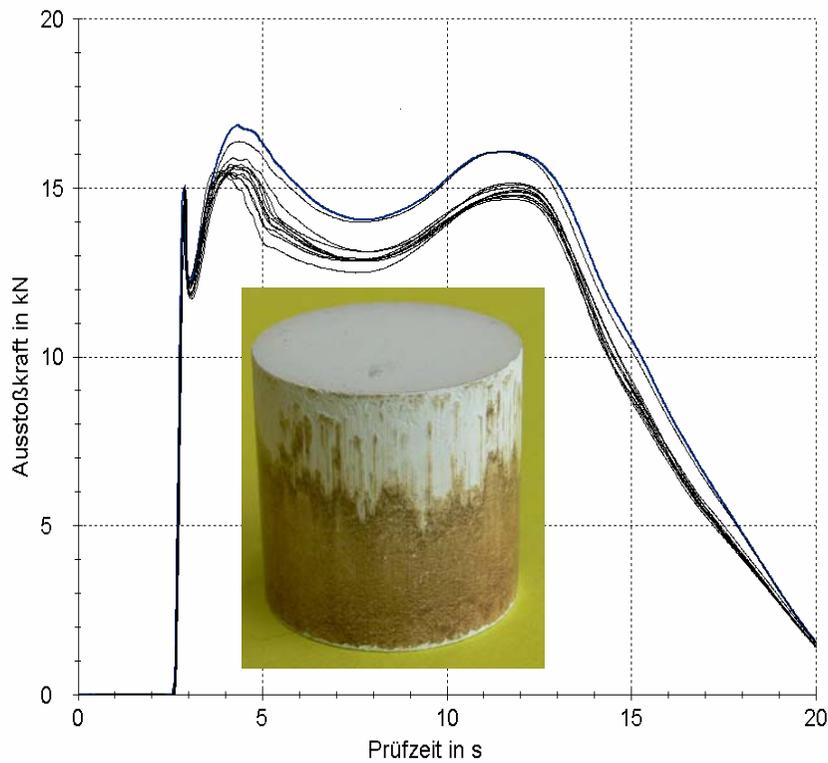
Hohe Scherspannungsspitzen müssen durch die Bindekraft des Additivs kompensiert werden



Durch niedrige Scherspannungen geringes Risiko des Auftretens von end-capping-Defekten

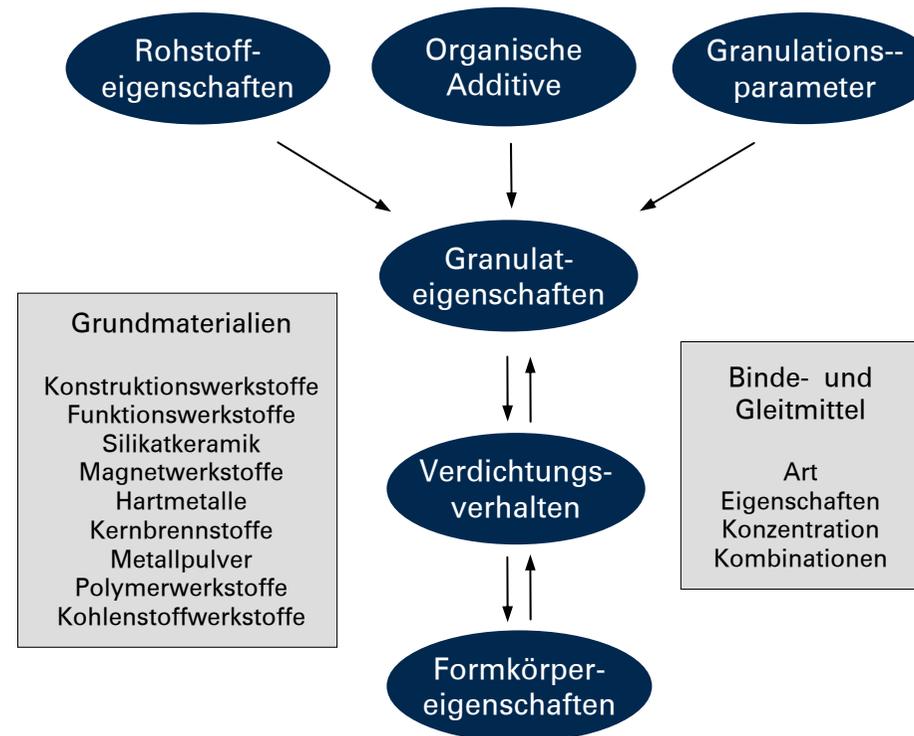


## Ausstoßkurven



## Forschungsschwerpunkte

Untersuchungen von Wechselwirkungen im System





## Grundlagenuntersuchungen zur uniaxialen Pressverdichtung mittels Präzisionsmessungen vom Niedrig- bis zum Hochdruckbereich

- Gesetzmäßigkeiten der Druckausbreitung in axialer und radialer Richtung
- Mechanismen der Verdichtung
- Ermittlung korrekter Eingangsdaten für Simulationsrechnungen

## Organische Additive für den Pressprozess

- Systematisierung der Wirkung hinsichtlich bindender und reibungsvermindernder Kategorien
  - Einfluss physikalischer und chemischer Parameter der Additive (Herstellereinfluss)
  - Charakterisierung der Wirkung für verschiedene Rohstoffe
  - Einfluss klimatischer Bedingungen ("Presswetter", Lagerstabilität, Glasübergangstemperatur)
-

## Untersuchungen zum Einfluss der Pressmatrize

- Material (Stahl, Hartmetall, Keramik, CPM-Stähle)
- Oberflächenzustand (Rauigkeit in Wechselwirkung mit Primärpartikelgröße des Rohstoffs)

## Ermittlung der Grenzen der Anwendbarkeit des uniaxialen Pressens mit wachsender Partikelfinheit

- Pressen von Nanopulvern
- Instrumentiertes Vakuumpressen

## Permanentaufgaben

- Charakterisierung des Pressverhaltens von für industrielle Anwendungen entwickelten Granulaten (Zusammenarbeit mit IKTS bei Versatzneuentwicklungen)
  - Produktionsmonitoring im Hinblick auf Produktionskultur und Reproduzierbarkeit
-