

Umweltfreundliche Bindersysteme für das Mikropulverspritzgießen

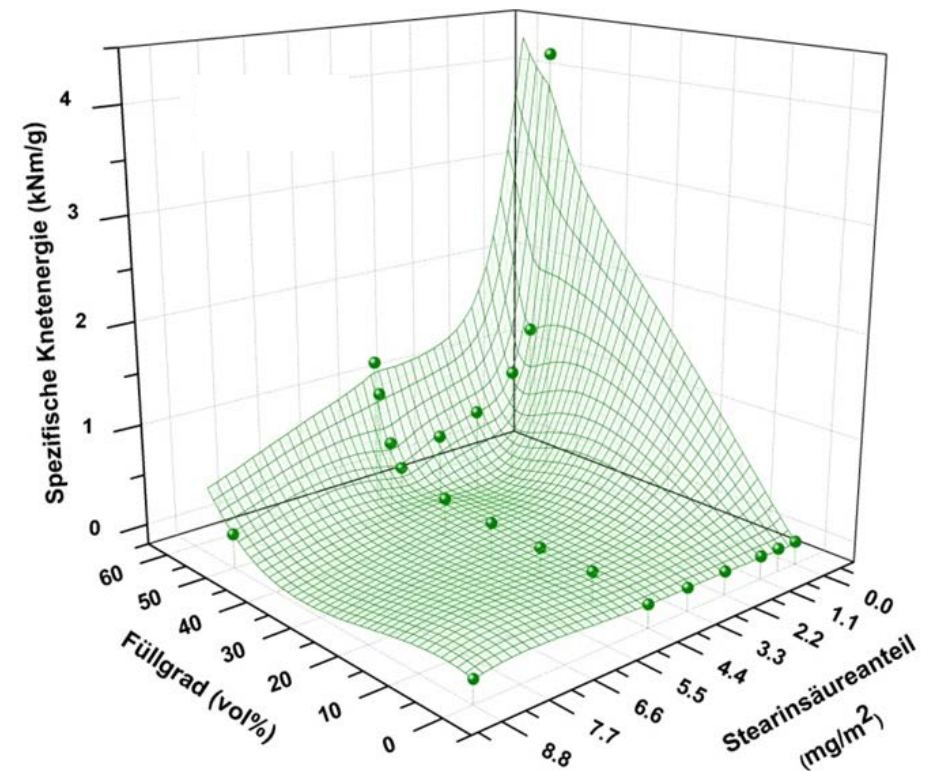
Thomas Hanemann, Oxana Weber

Institute for Applied Materials &
Department of Microsystems Engineering (IMTEK) at University of Freiburg



Übersicht

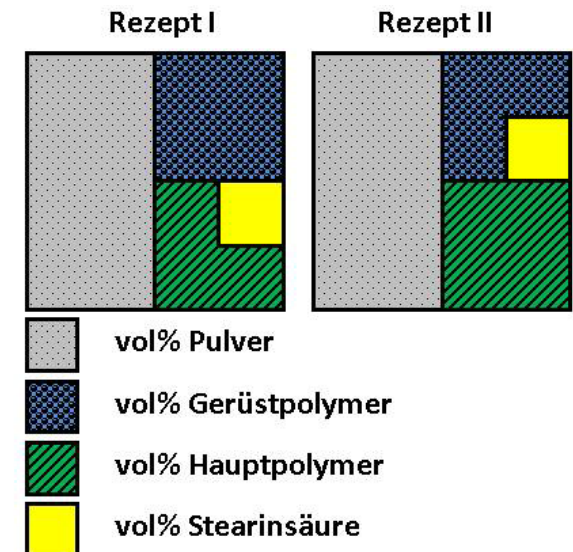
- Motivation
- Materialien und Prozesskettenentwicklung
- Ergebnisse
- Zusammenfassung



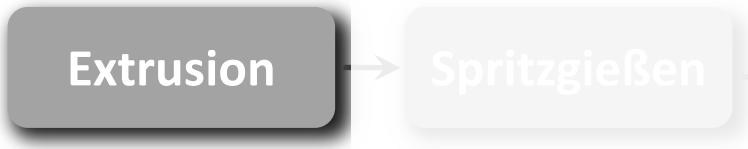
Mikro-Pulverspritzgießen (Mikro-PIM)

Motivation:

- Klassische Fertigungsmethoden der MST (Silizium, Metalle, Keramik):
 - **Dünnschichtverfahren (2D)**: Lithographie, Ätzen, PVD, CVD, Galvanik, Drucken, ...
- Nicht-Silizium **3D-Bauteile** erfordern andere Fertigungsverfahren
- Metalle und Keramiken: Pulvertechnologie
- Mikro-PIM: Etabliertes und wirtschaftliches Fertigungsverfahren
 - Einfache Formgebung über Binderschmelze
 - Endkonturnahe Formgebung
 - Sehr große Materialvielfalt
- Aber: Feedstockzusammensetzung muss individuell
 - angepasst
 - entwickelt werden.



Prozesskette



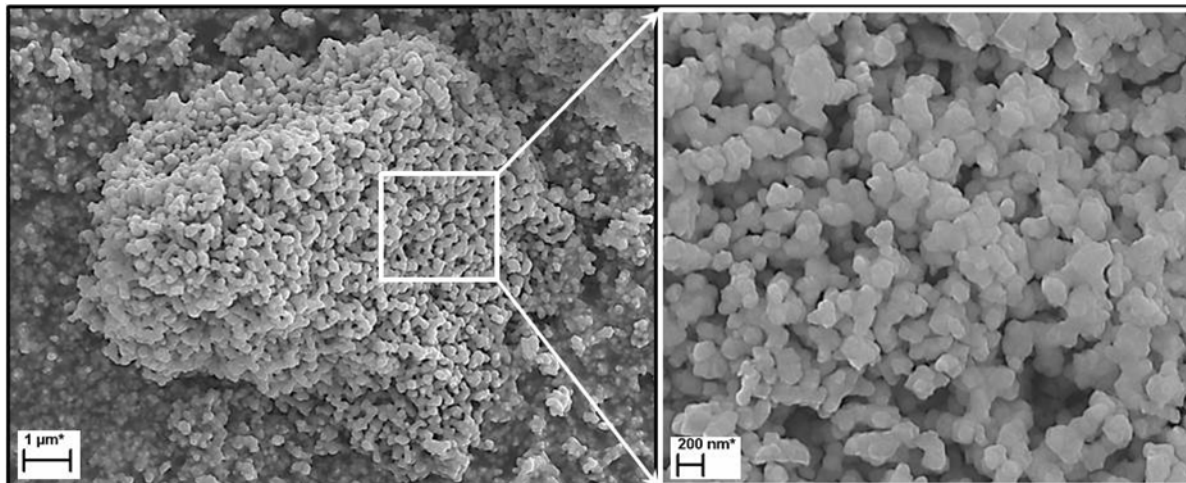
Pulver



Feedstock

Anforderungen an eine Formmasse (Feedstock) für das μ -PIM

- Hoher Feststoffanteil (Keramik > 50 Vol%; Metall > 62 Vol%)
- Partikelgrößen < 1/10 des kleinsten Strukturdetails
- Kleine spezifische Partikeloberflächen (Keramik < 10; Metall < 2, Angaben in m^2/g)
- Sphärische Partikelform
- Geringe Formmasseviskosität bei moderat erhöhten Temperaturen (bis 200 °C)
- Keine Phasentrennung unter hoher Scherbelastung
- Hohe Festigkeit (Grünfestigkeit) des abgeformten Bauteils (Grünkörper)
- Einfaches, umweltfreundliches Entbindern und Sintern.

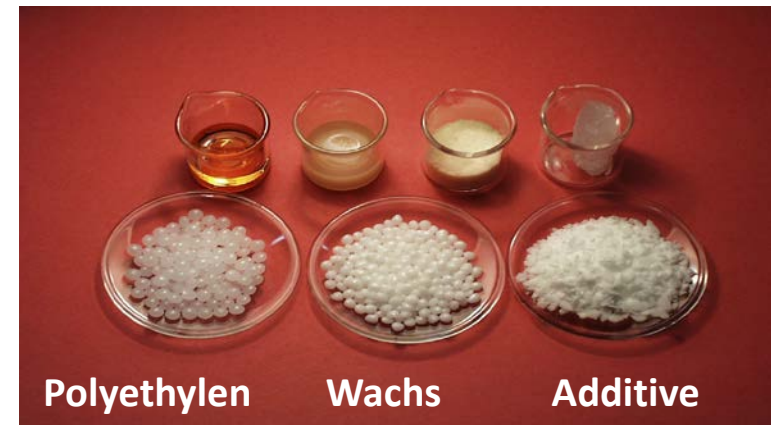


ZrO₂; TZ-3YS-E

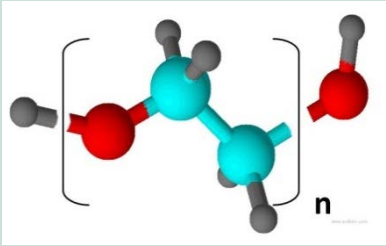
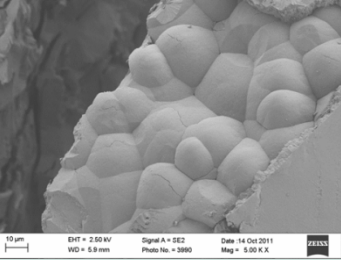
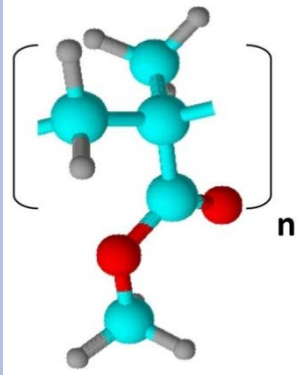

Stand Binderentwicklung

- Derzeit bestes Bindersystem für das μ -PIM:
 - Hauptpolymer: Wachs
 - Gerüstpolymer: PE
 - Additive

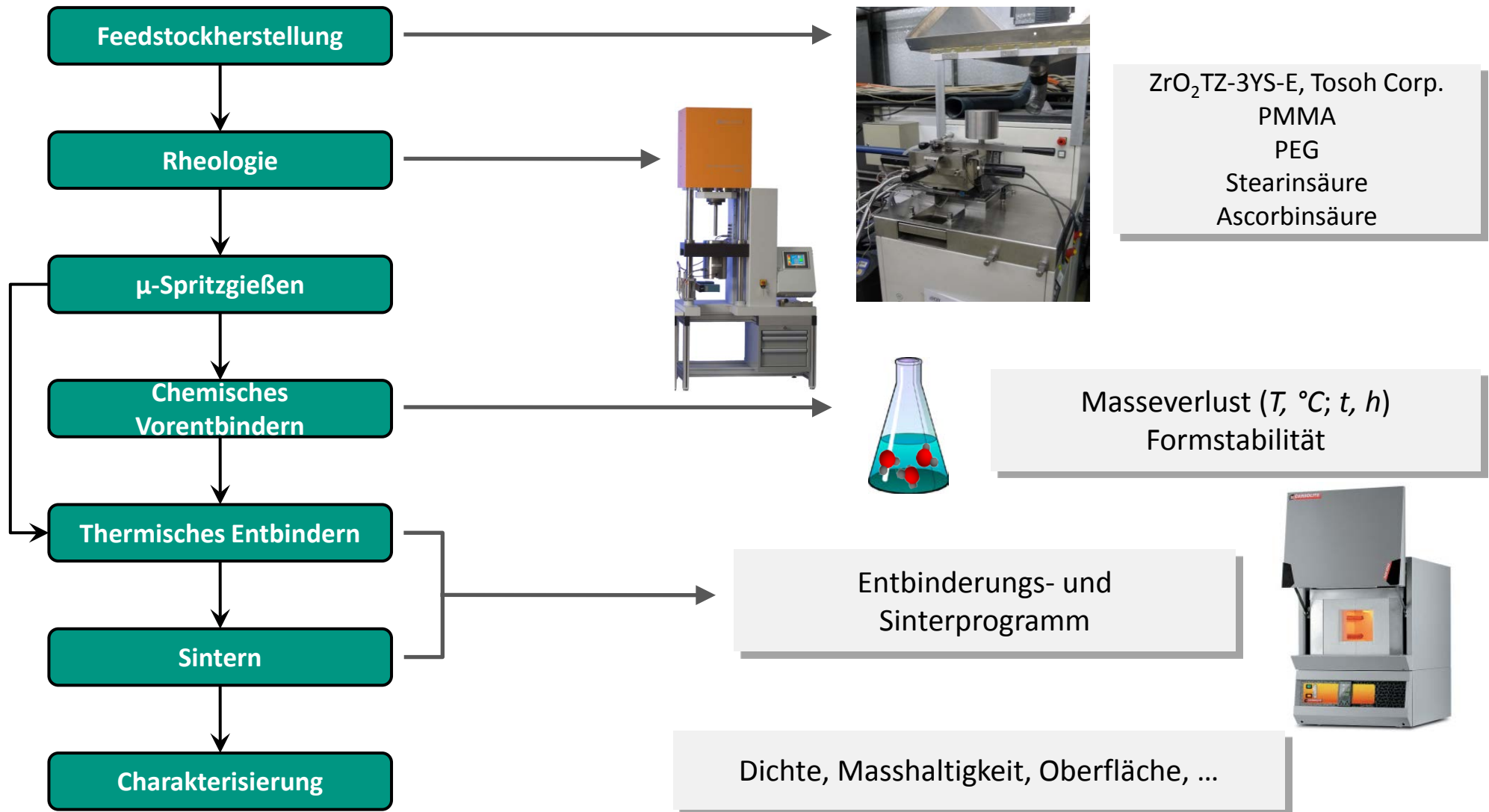
- Beste Bauteilqualität erfordert chemisches Vorentbindern in organischen Lösungsmittel (**n-Hexan**)



Alternative Bindersysteme

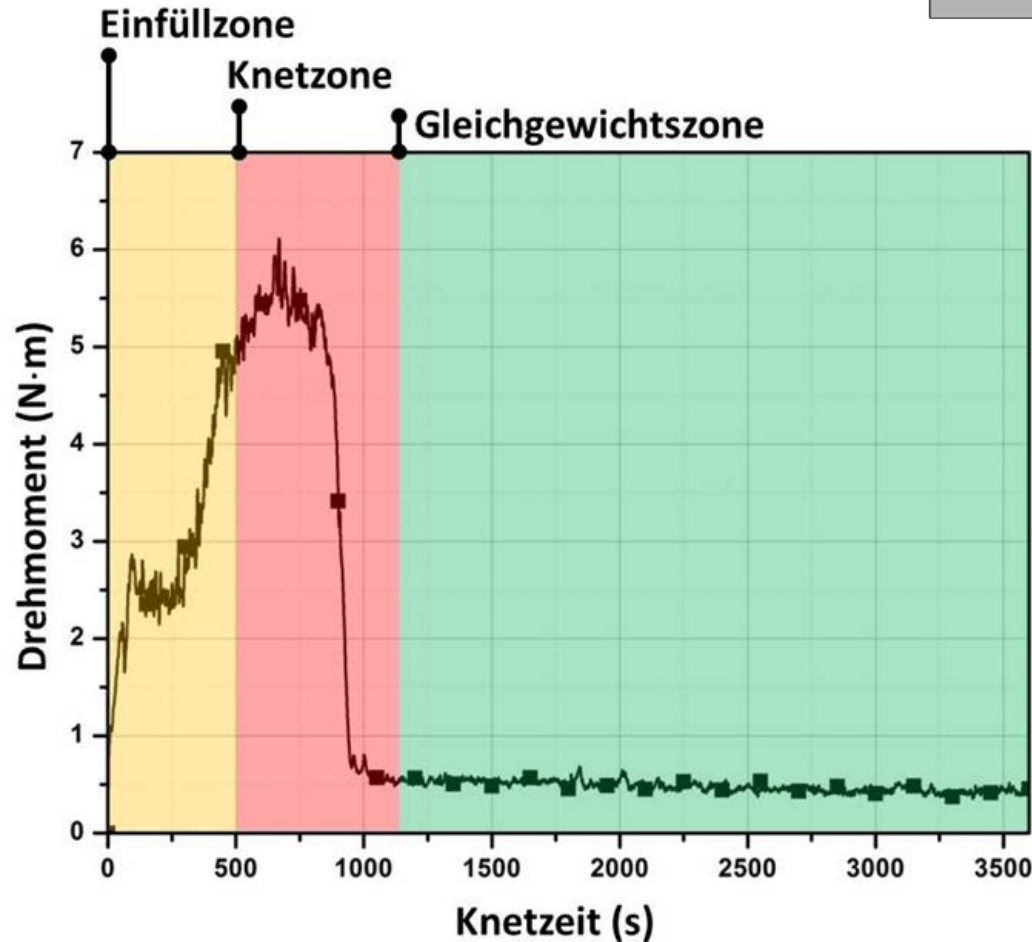
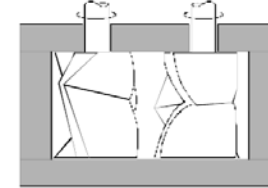
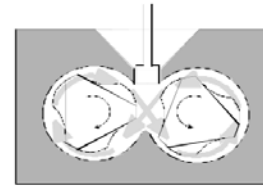
	Hauptpolymer	Gerüstpolymer
	<p>Polyethylenglycol (PEG) 4000 ® Rotipuran, Carl Roth</p>	<p>Polymethylmethacrylat (PMMA) Sigma-Aldrich</p>
Chemische Formel	 	 
T_g (°C)	35 - 62	90-105
T_d (°C)	(150) 280	270
Löslichkeit	<u>Wasser</u>	Aceton, Toluol, Cyclopentanon
Typische Anwendungen	Pharmazeutische Industrie, Biologie, Kosmetik	Lacke, Optische Bauteile

Alternative Bindersysteme: Prozessierung

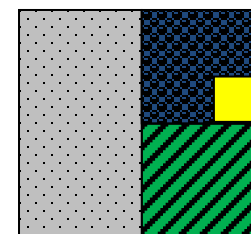






Ergebnisse - Kompoundierung

Feedstockherstellung



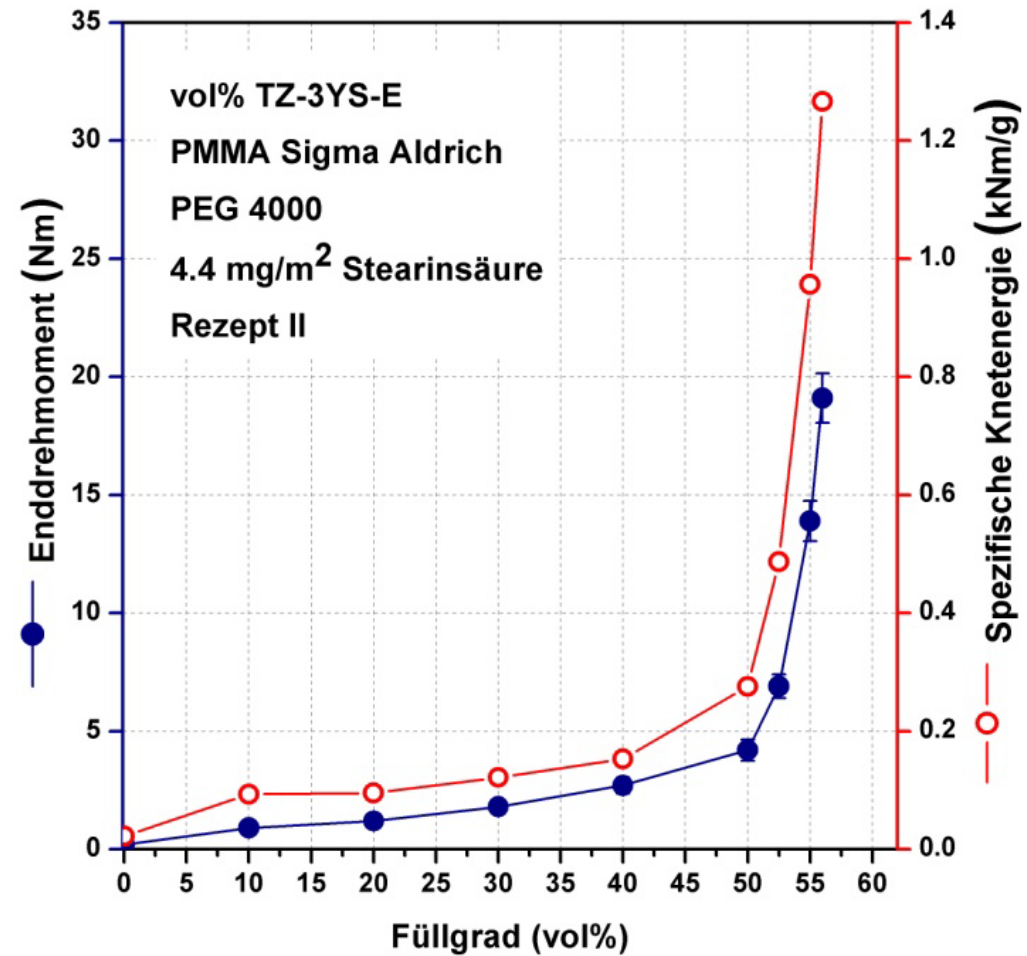
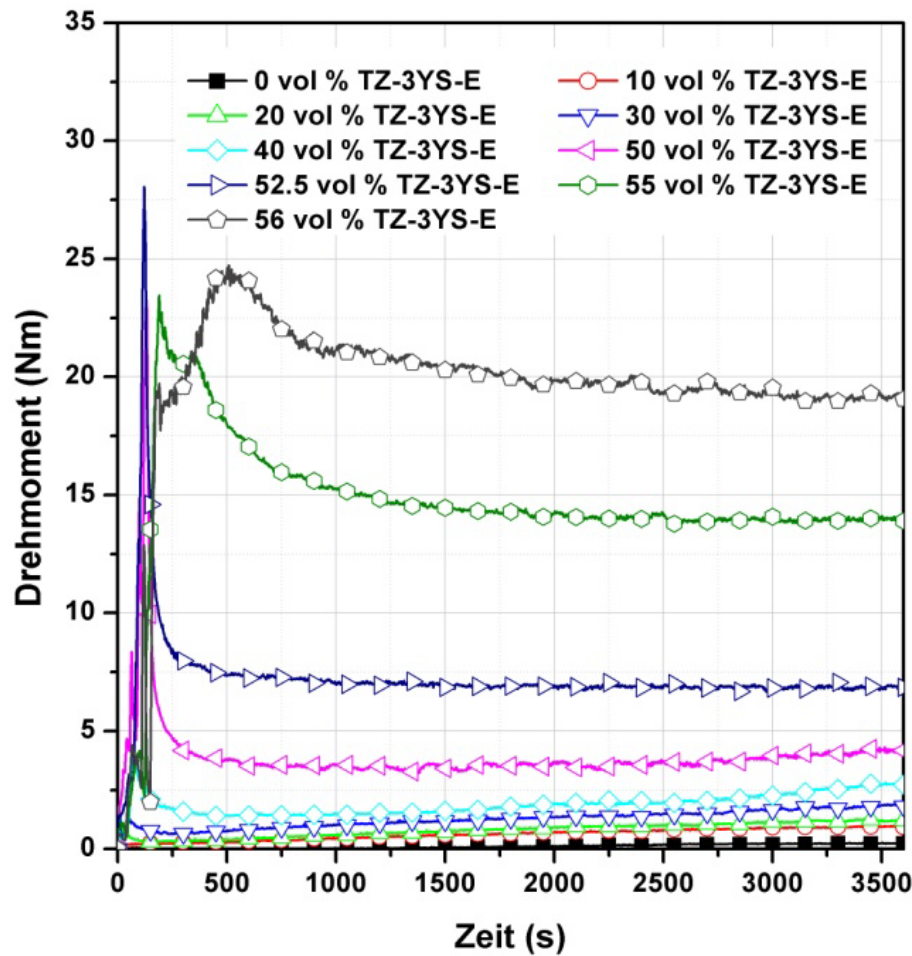
Temperatur: 160°C
Dauer: 1 h
Geschwindigkeit: 30 rpm



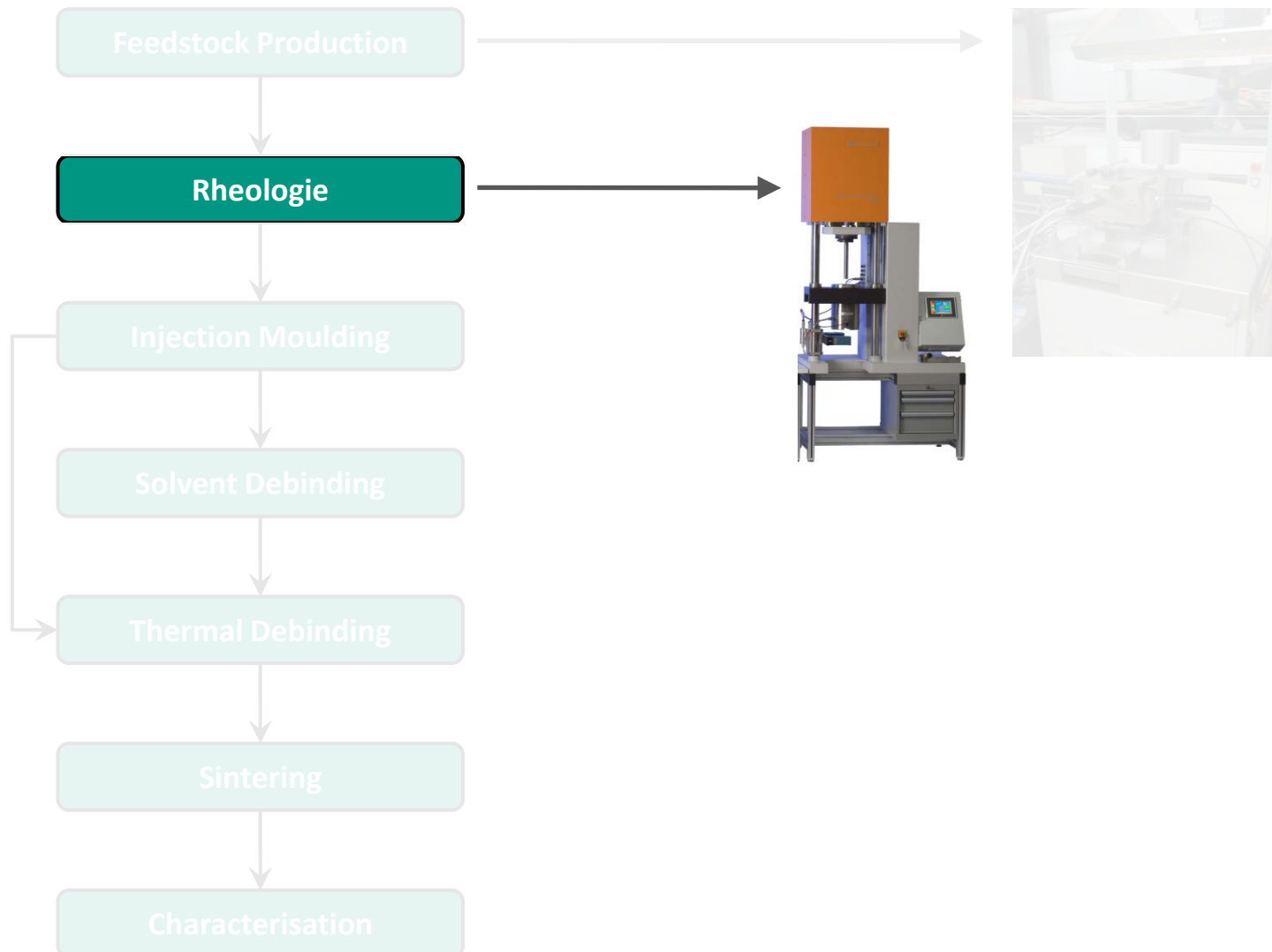
-  Vol.% TZ-3YS-E
-  Vol.% PMMA
-  Vol.% PEG
-  4.4 mg/m² Stearinsäure (Ascorbinsäure)

Ergebnisse - Kompoundierung

Einfluss des Füllgrades

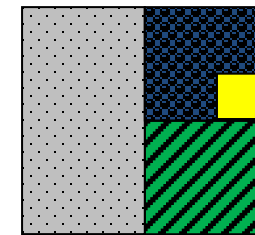
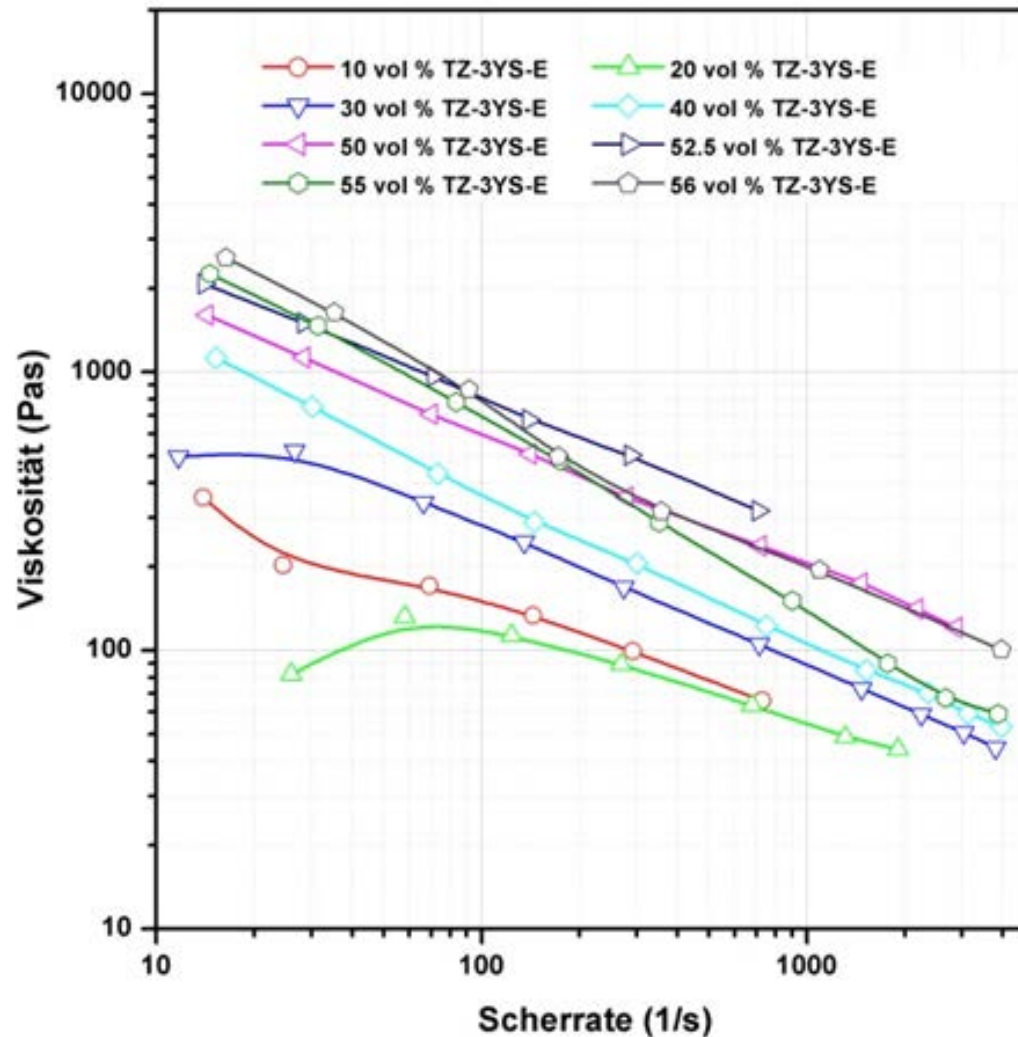






Alternative Bindersysteme: Prozessierung



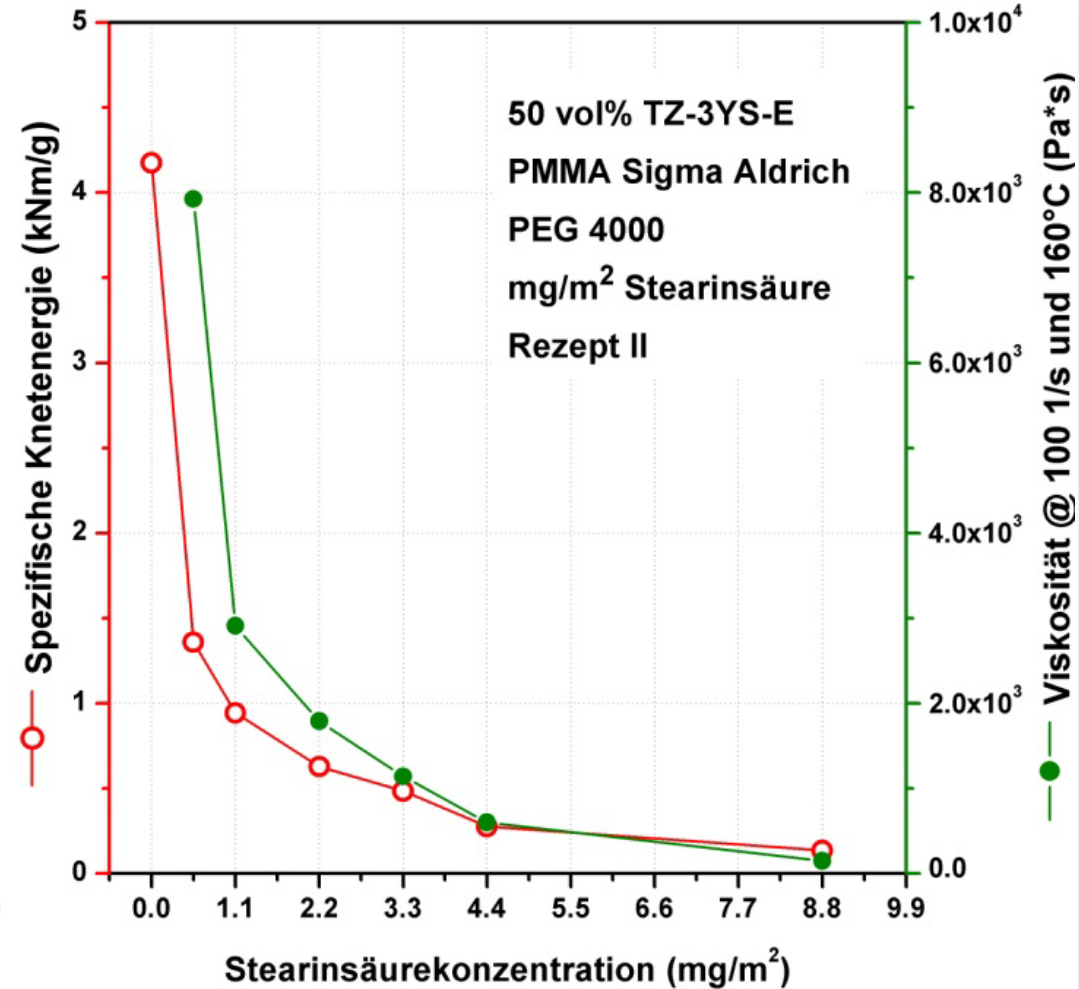
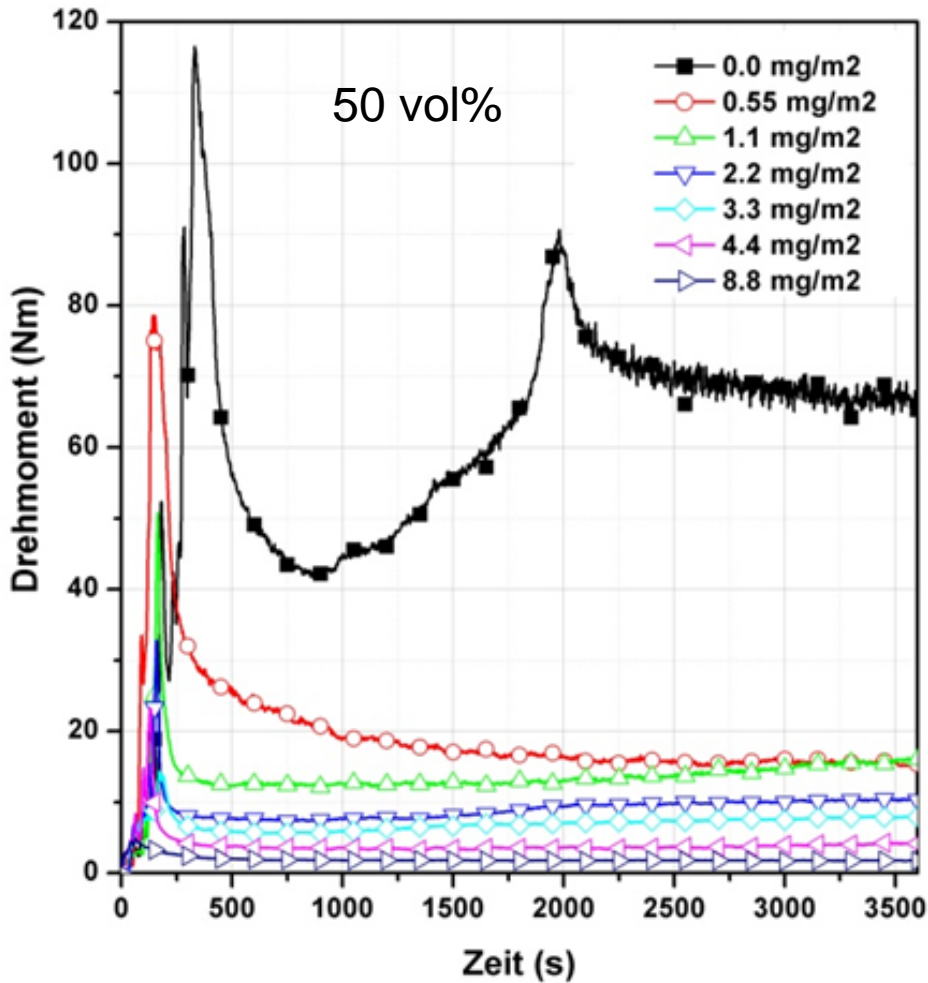
ZrO₂TZ-3YS-E, Tosoh Corp.
 PVB[®]Mowital, Kuraray
 PEG[®]Rotipuran, Carl Roth
 Stearic Acid, Carl Roth
 Ascorbic Acid, Carl Roth

Ergebnisse - Schmelzrheologie

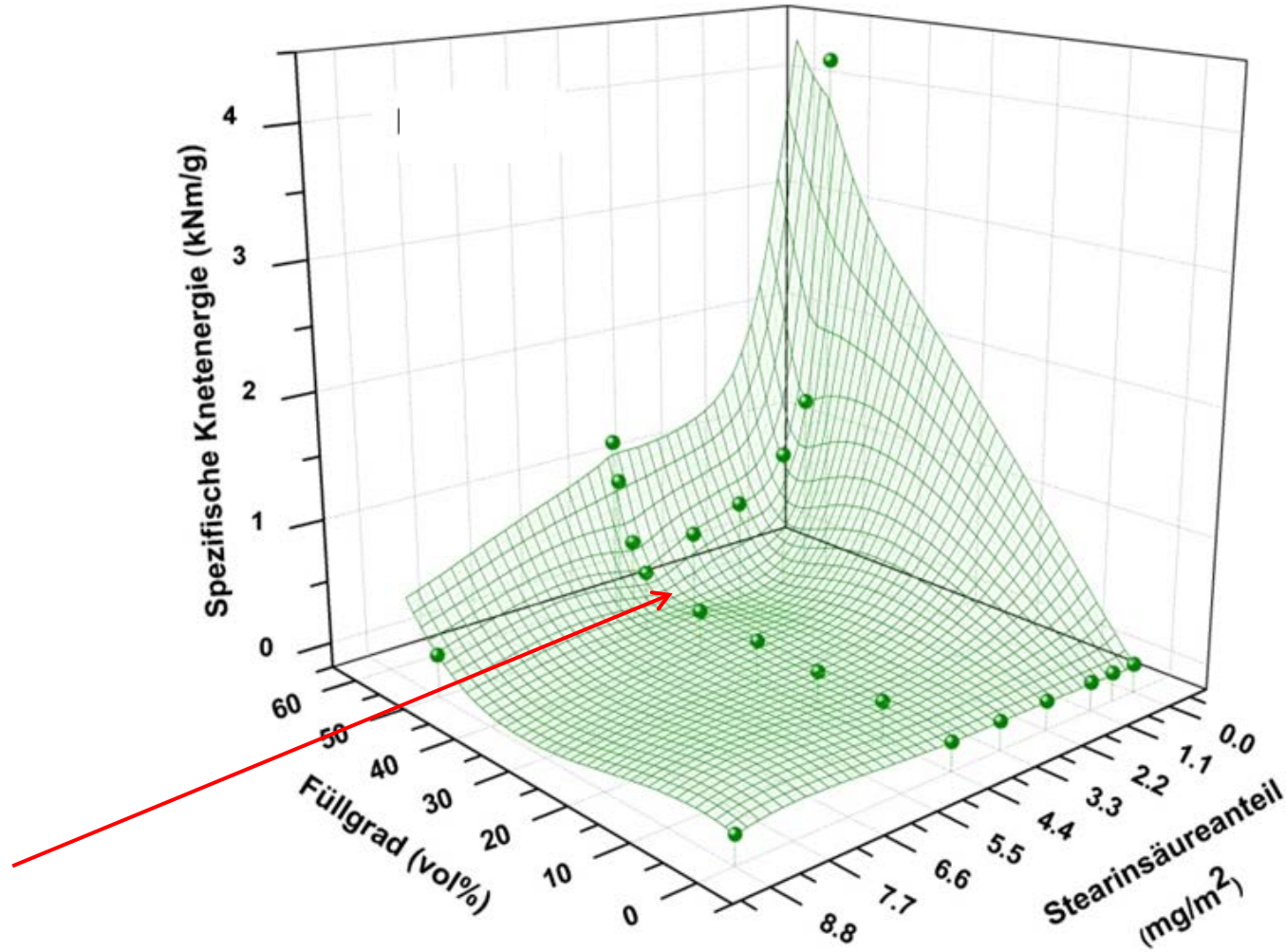


-  Vol.% TZ-3YS-E
-  Vol.% PMMA
-  Vol.% PEG
-  4.4 mg/m² Stearinsäure (Ascorbinsäure)

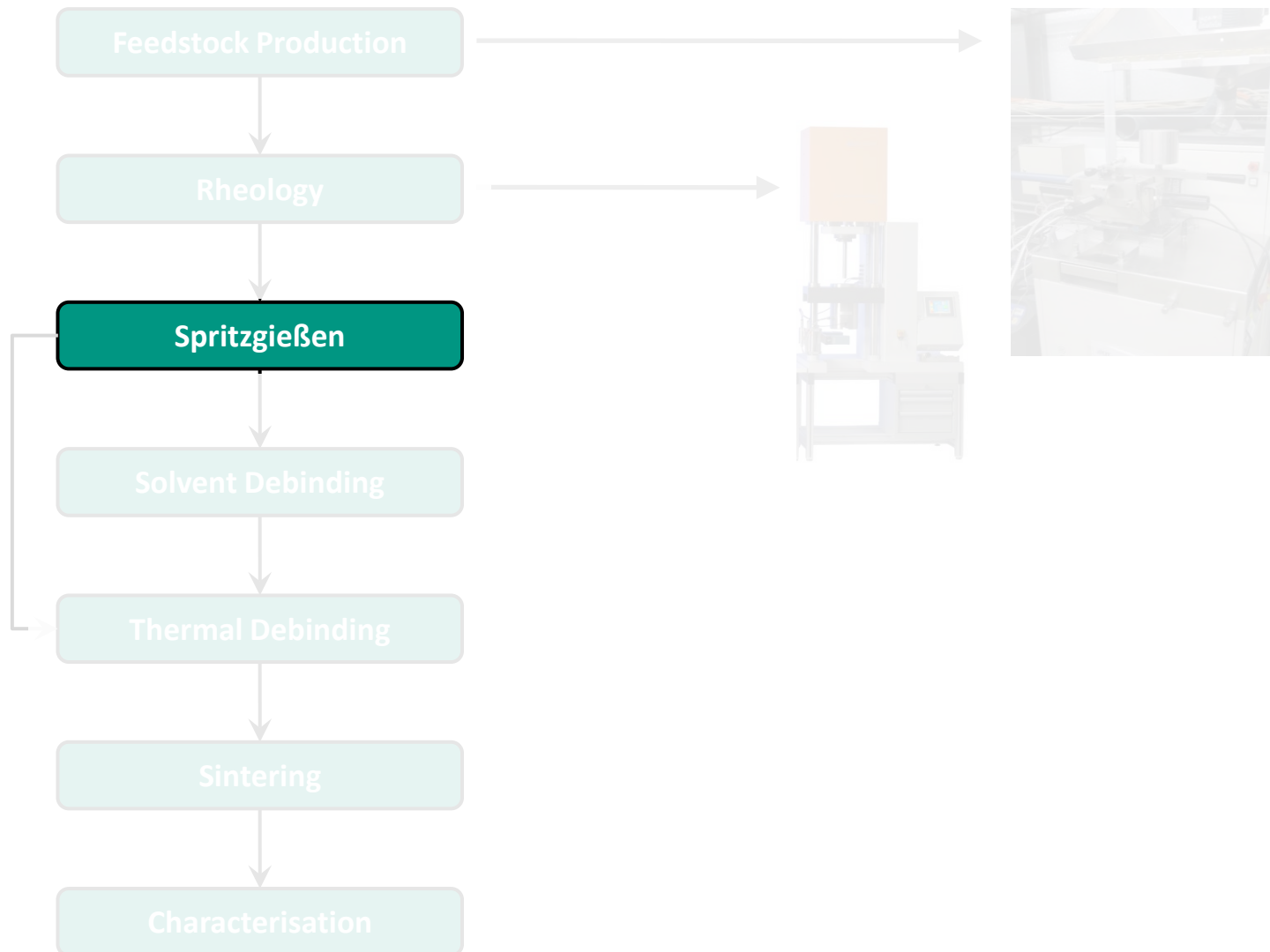
Ergebnisse - Einfluss der Dispergatorkonzentration



Ergebnisse - Binderzusammensetzung



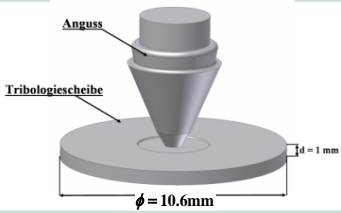
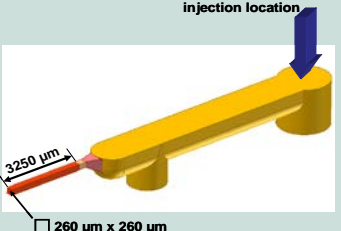
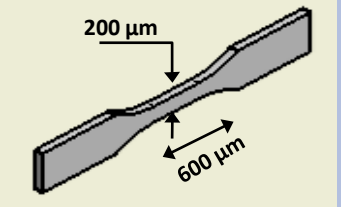
Alternative Bindersysteme: Prozessierung



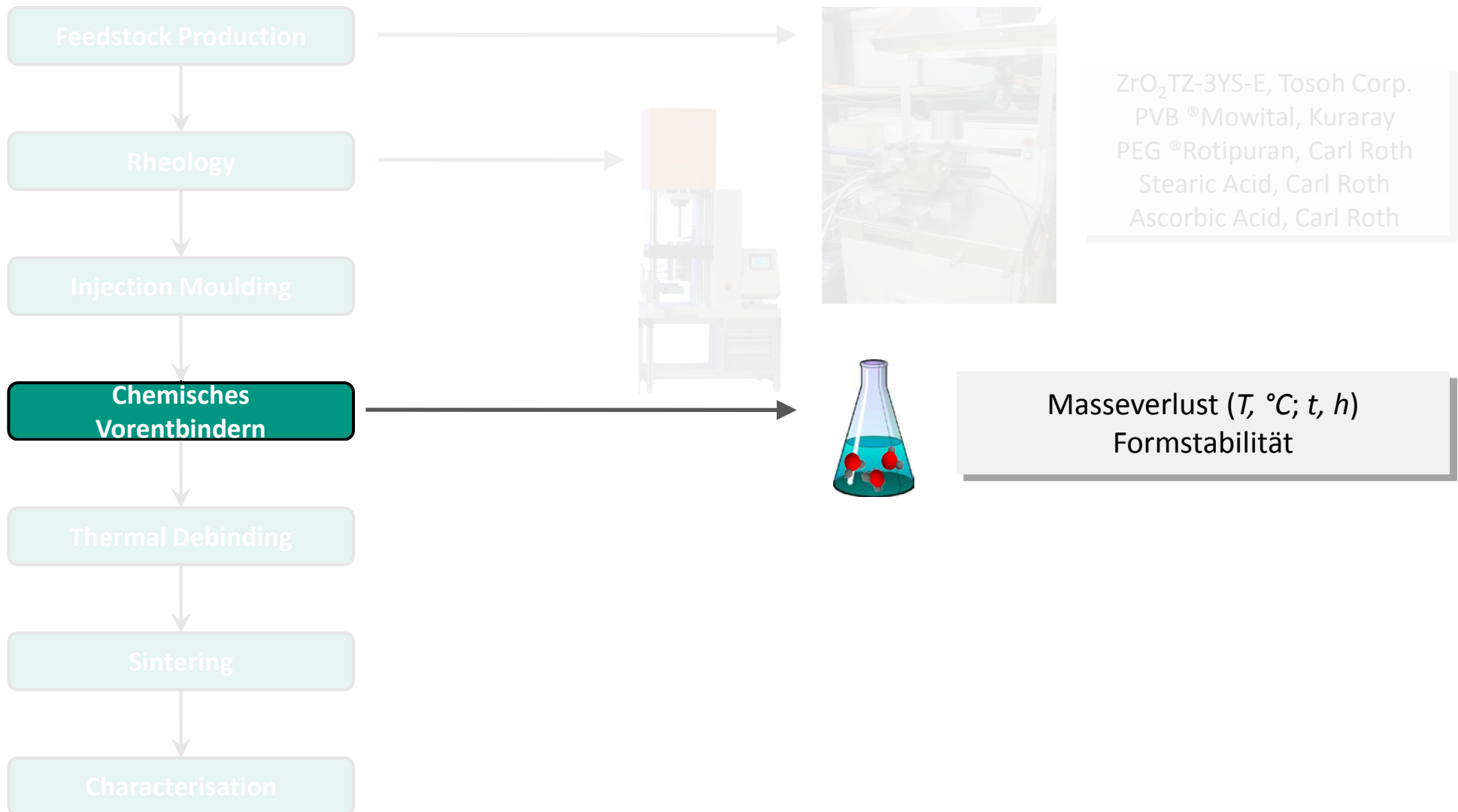
ZrO₂TZ-3YS-E, Tosoh Corp.
 PVB[®]Mowital, Kuraray
 PEG[®]Rotipuran, Carl Roth
 Stearic Acid, Carl Roth
 Ascorbic Acid, Carl Roth

Ergebnisse - Spritzgießen

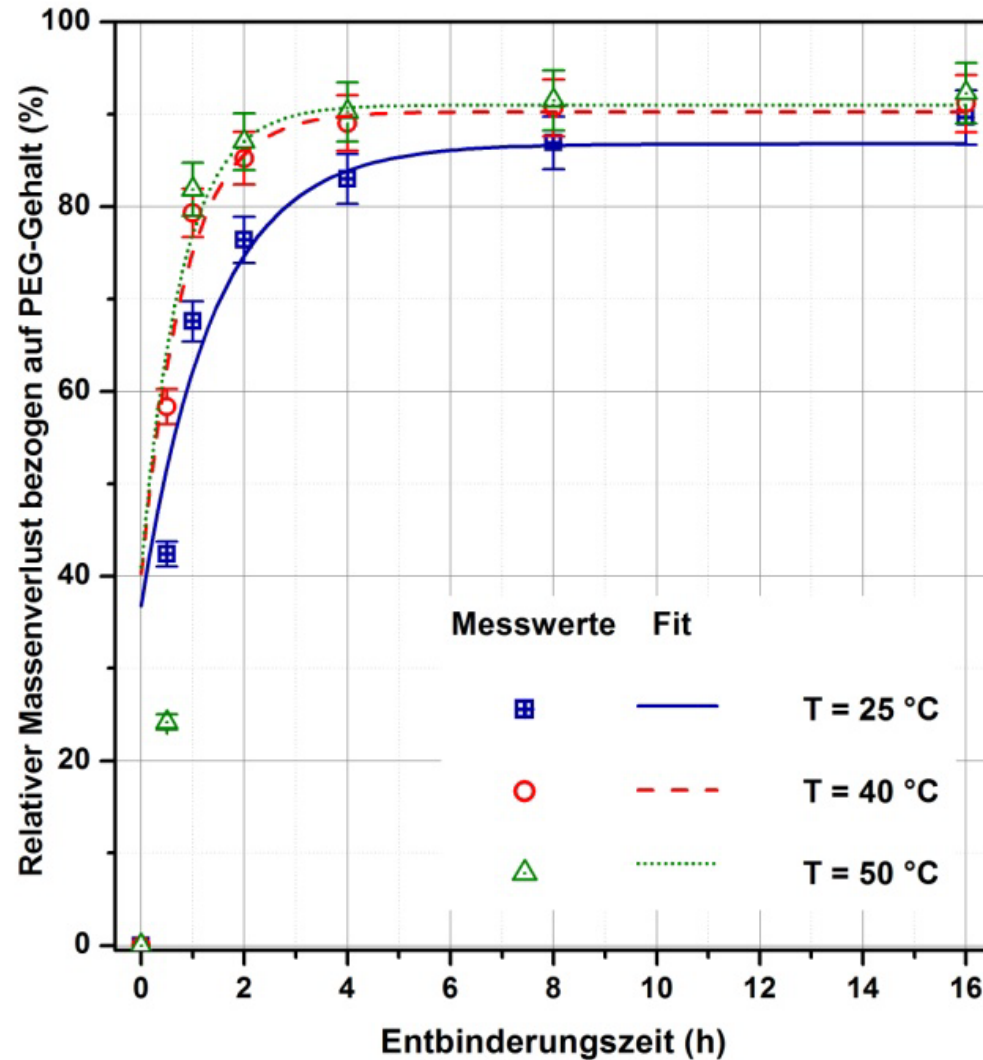
Binder system: PMMA/PEG/ 4.4 mg/m² Stearinsäure

	<p>Isotherm</p>	<p>bis 52.5 vol% ZrO₂ TZ-3YS-E</p>
	<p>Isotherm</p>	<p>bis 50 vol% ZrO₂ TZ-3YS-E; schwierige Entformung</p>
	<p>Isotherm</p>	<p>bis 50 vol% ZrO₂ TZ-3YS-E</p>
	<p>Variotherm</p>	<p>Rezept II Formfüllung bis 50 vol% ZrO₂ TZ-3YS-E möglich; schwierige Entformung</p>

Alternative Bindersysteme: Prozessierung



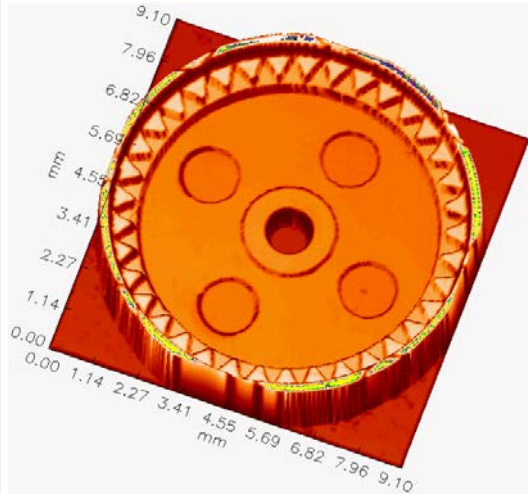
Ergebnisse - Chemisches Vorentbindern



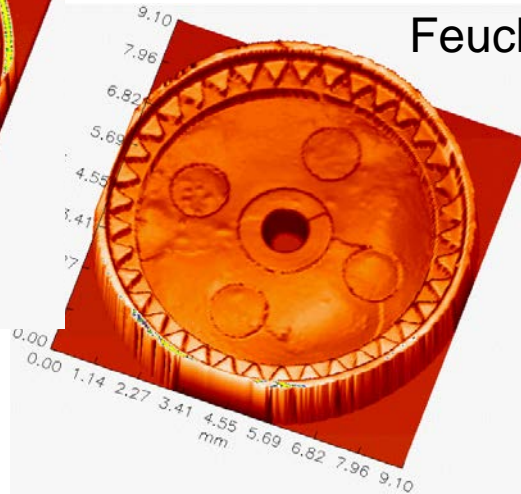
2 h in Wasser

Ergebnisse - Chemisches Vorentbindern

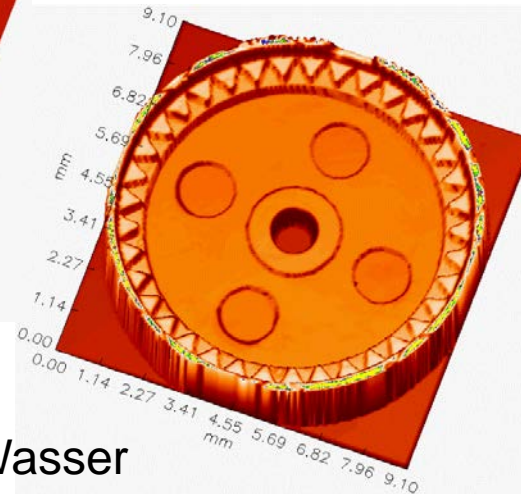
Grünzustand



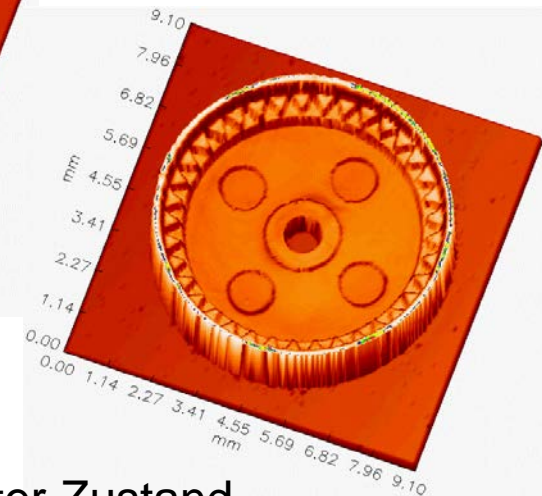
Feucht, nach chem. Entbinderung in Wasser



Trocken, nach chem. Entbinderung in Wasser

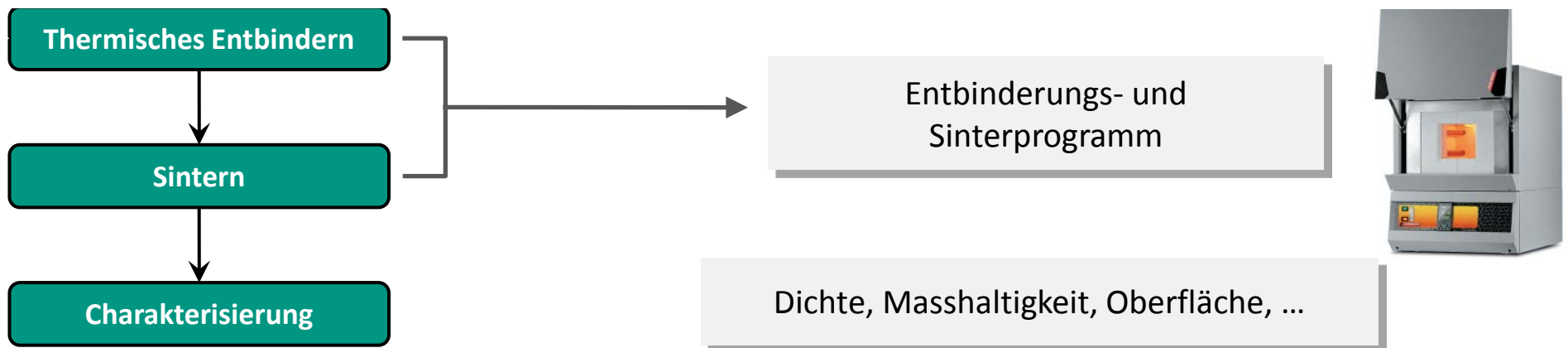


16 h chem. Entbinderung in Wasser

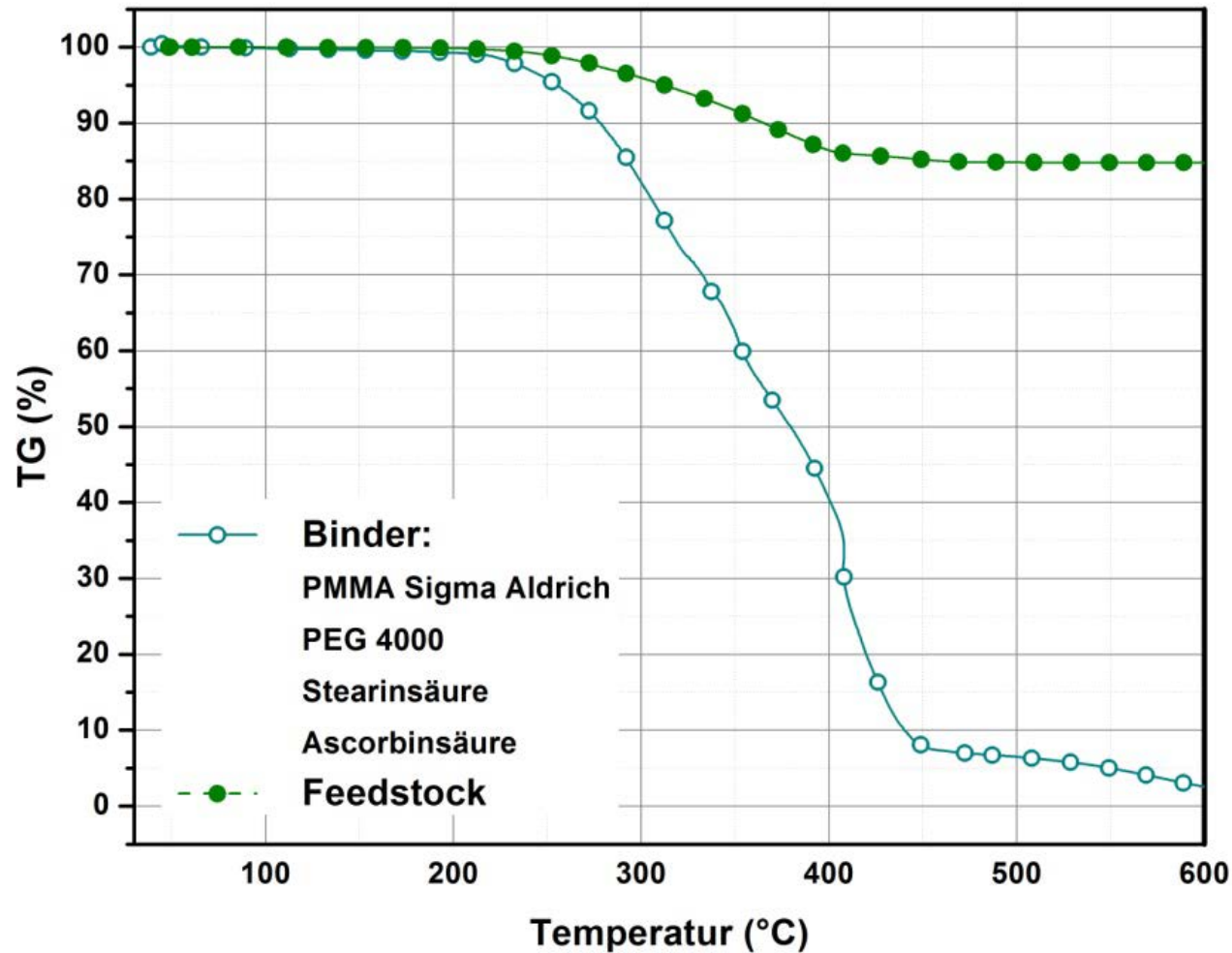


Gesinterter Zustand

Alternative Bindersysteme: Prozessierung



Ergebnisse - Thermisches Entbindern



Heizrate 10K/min
 Luft

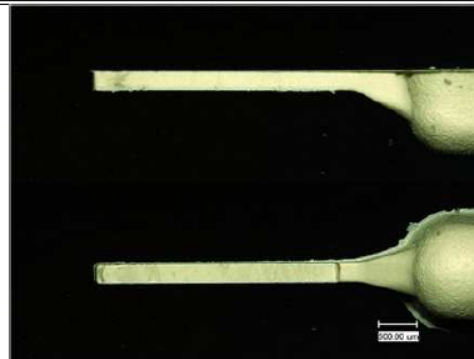
Ergebnisse - Thermisches Entbindern/Sintern

	Schritt	Temperatur (°C)	Heiz-/Kühlrate (°C/min)	Dauer (min)
Entbindern	Aufheizen	250	0,5	420
	Verweilzeit	250		30
	Aufheizen	320	0,5	140
	Verweilzeit	320		30
	Aufheizen	380	0,5	120
	Verweilzeit	380		30
	Aufheizen	500	2	60
	Verweilzeit	500		30
Sintern	Aufheizen	1450	5	190
	Verweilzeit	1450		60
	Abkühlen	40	5	282

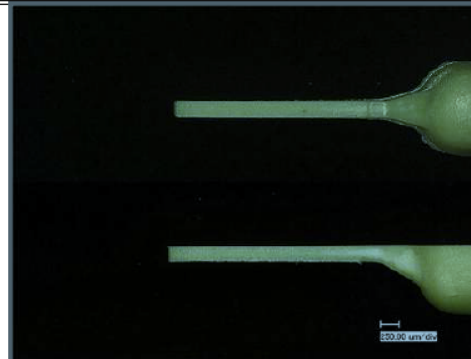
	Dichte (g/cm ³)		
Feststoffanteil	Grünkörper	Sinterkörper  + 	Sinterkörper 
50 vol% TZ-3YS-E	3.62	6.08	6.04

Ergebnisse - Mikrobauteile

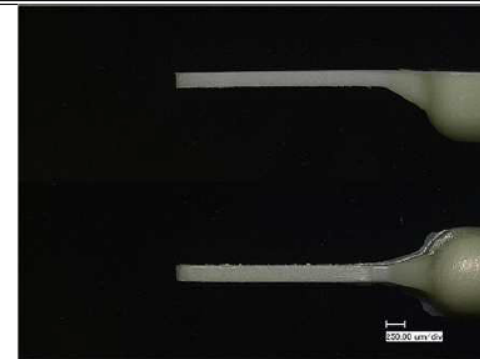
Grünling



Sinterling
(FE→TE_0,5°C/min→S)



Sinterling
(TE_0,5°C/min→S)



— 500 µm

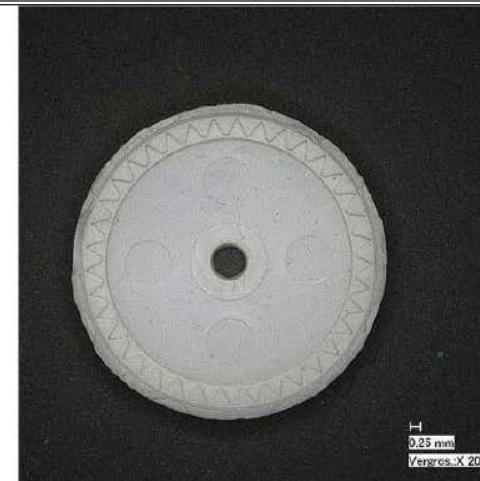
Grünling



Sinterling
(FE→TE_0,5°C/min→S)



Sinterling
(TE_0,5°C/min→S)



Zusammenfassung

- Umweltfreundliches Bindersystem auf Basis von PEG/PMMA entwickelt
- Prozesskette μ -PIM erfolgreich modifiziert
- Füllgrade bis 50 vol% TZ-3YS-E möglich
- Variotherme Prozessführung nicht unbedingt notwendig
- Vereinfachter Entbinderungsprozess
- Dichte Bauteile realisierbar.

Danksagung

