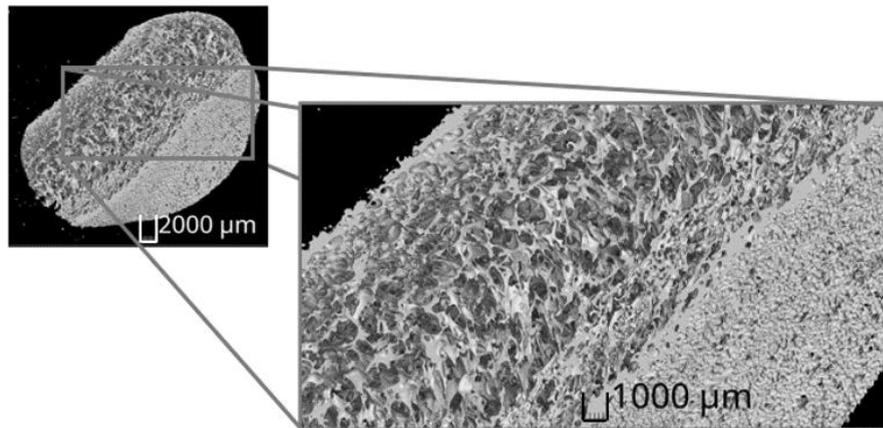


Offenporiges Schäumen von Thermoplasten



1. Rosenheimer Kunststoffkolloquium

05.03.2024

Simone Luxenburger

Mitwirkende: Sebastian Wiedl, Fabian Himbert

Beispiel: Wundauflagen

Aktuell: Wundauflagen aus Polyurethan

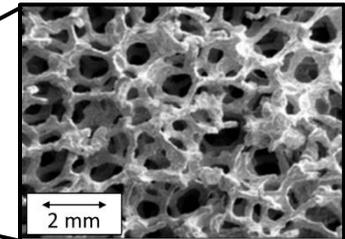
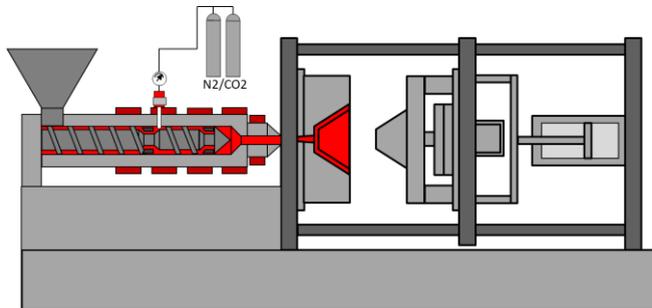
- ◆ Aufwändiger Prozess
- ◆ Keine Designfreiheit
- ◆ Nicht recyclingfähig

Ziel: Wundauflagen durch Spritzguss

- ◆ Thermoplasten
- ◆ Effizienter Prozess
- ◆ Hohe Designfreiheit
- ◆ Thermoformbar



*Polyurethan Wundauflage
(Shop Apotal, 2024)*



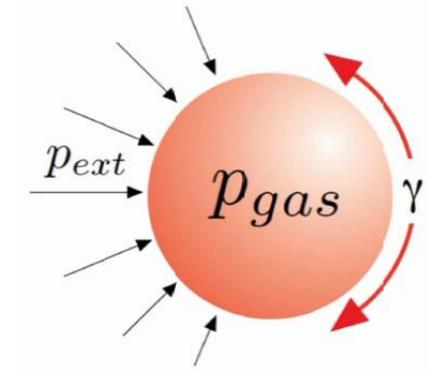
Grundlagen & Stand der Forschung

Offenporige Schäume

- ◆ Zellen sind miteinander verbunden
- ◆ Gasblase muss platzen

Theoretischer Zusammenhang

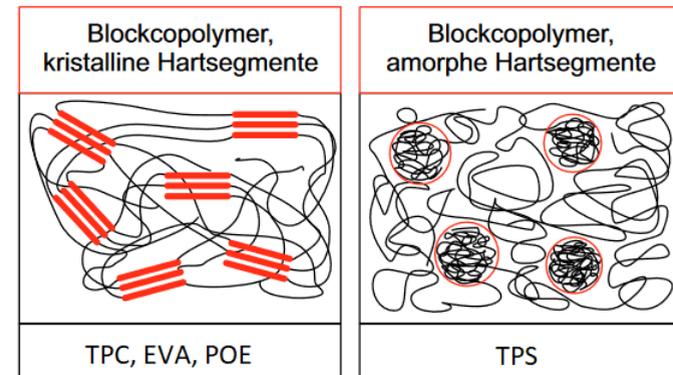
- ◆ Zellwachstum wenn: $P_{gas} > P_{ext}$
- ◆ Niedrige Viskosität ergibt geringeren P_{ext}
- Treibmittel verringert Viskosität



Theoretisches Zellwachstum
(Ruckdäschel, 2023)

Einfluss auf das Platzen von Bläschen in Thermoplasten

- ◆ Viskosität, Schmelzefestigkeit
- ◆ Vernetzung und Verzweigung
- ◆ Kristallinität
- ◆ Drücke innerhalb der Schmelze

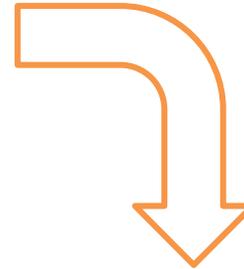


Schematische Darstellung der übermolekularen Struktur nach (Kaiser, 2024)

Zielsetzung: Wundauflagen im Spritzguss

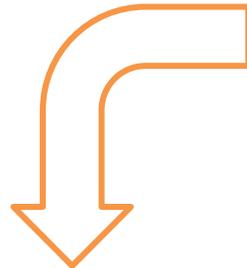
Einflusscharakteristika Schaumstruktur:

- ◆ Viskosität, Schmelzefestigkeit
- ◆ Kristallinität
- ◆ Treibmittelart und -menge
- ◆ Molekülstruktur
- ◆ Schmelztemperatur
- ◆ ...



Ausgewählte Prüfcharakteristika:

- ◆ Schmelzefestigkeit
- ◆ Kristallinität
- ◆ Treibmittelart und -menge



Thesen:

- ◆ Inhärent hoher und veränderter MFI hat positiven Einfluss auf Schaumstruktur
- ◆ Kristalline und amorphe Segmente im Polymer verändern Schaumstruktur

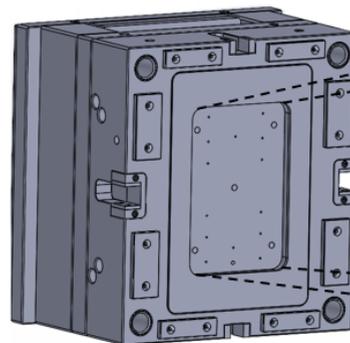
Material und Methoden

	Thermoplastische Elastomere (TPE)			Ethylen-Vinyl-Alkohol (EVA)			Polyolefinelastomere (POE)		
	TPE 1	TPE 2	TPE 3	EVA 1	EVA 2	EVA 3	POE 1	POE 2	POE 3
MFI* [g/10min]	<1	14	16	4	155	420	5	13	30
T_G [°C]	2,5	-37,5	-0,1	~ -40			-53	-55	-54
Molekülstruktur	Copolymer, kristalline und amorphe Hartsegmente			Copolymer, kristalline Hartsegmente			Blockcopolymer, kristalline Hartsegmente		

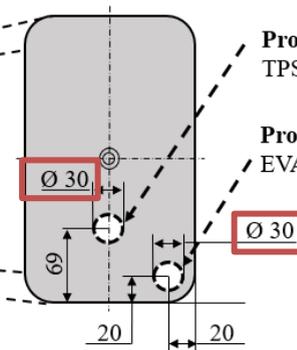
*190°C, 2,16 kg nach ISO 1133-2

Schaumstrukturanalyse
optisch und mittels CT

Auswerferseite Werkzeug



Draufsicht Bauteil



Probenentnahme
TPS & POE

Probenentnahme
EVA

Probenentnahmewerkzeug

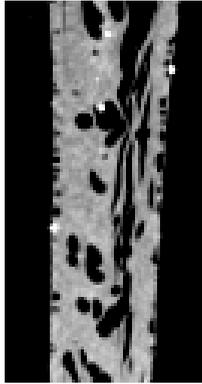


Stanzwerkzeug

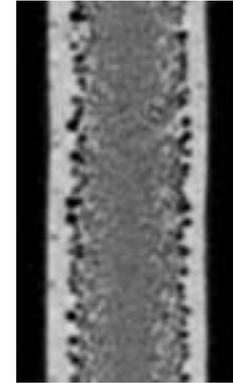
Hammer

Material und Methoden - Definitionen

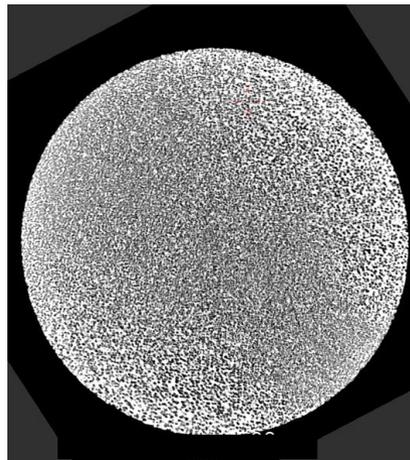
Querschnitt durch die Bauteile



- ◆ Grobporig
- ◆ Teils offene Randschicht



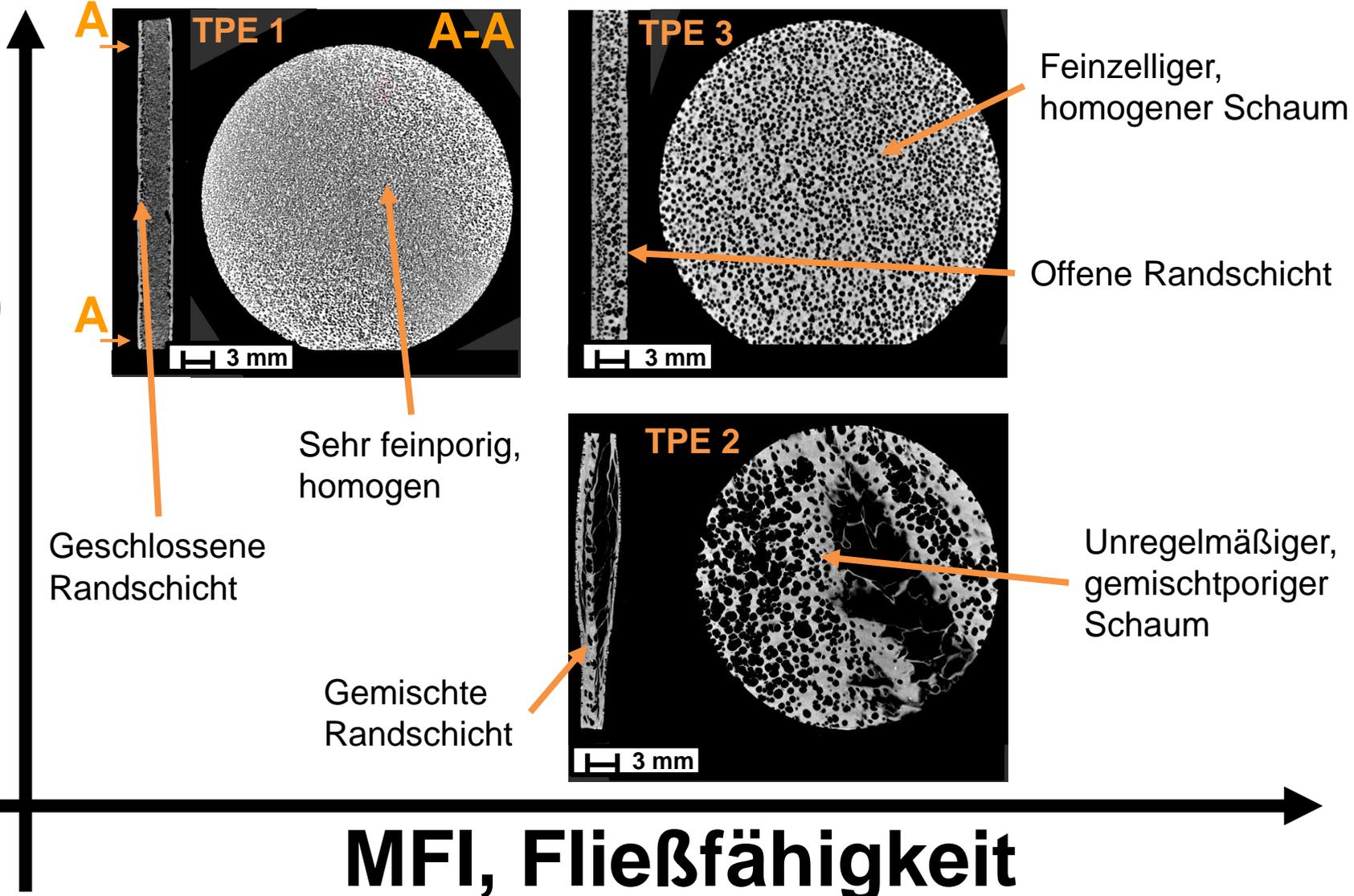
- ◆ Feinporig
- ◆ Geschlossene Randschicht



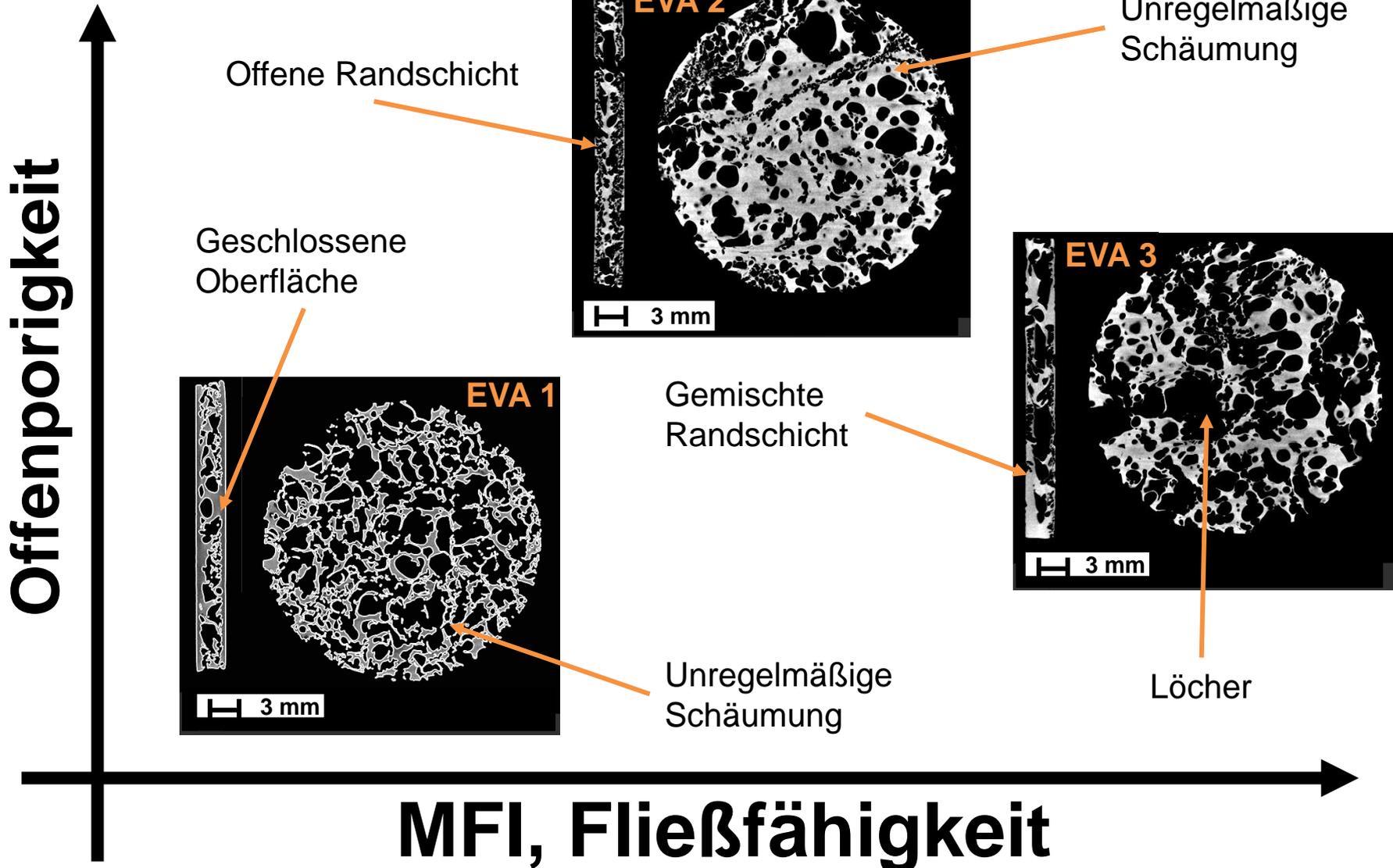
Homogene Schaumstruktur

Ergebnisse: Einfluss des MFI am Beispiel TPE

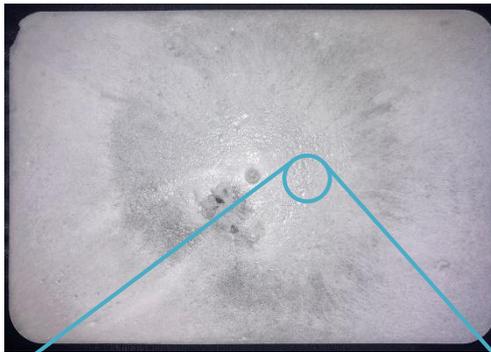
Offenporigkeit



Ergebnisse: Einfluss des MFI am Beispiel EVA

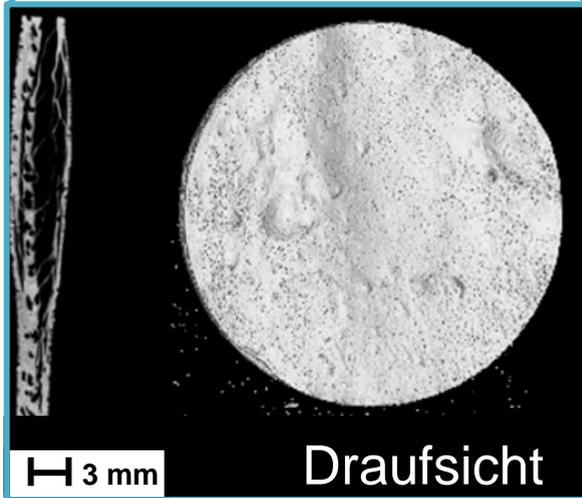


N_2



190 mm

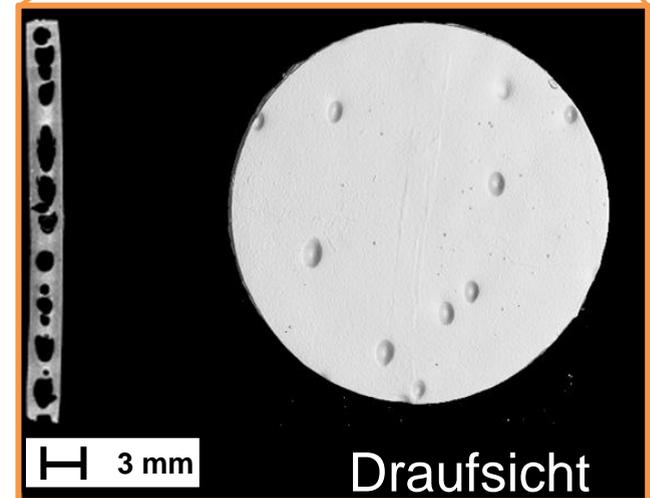
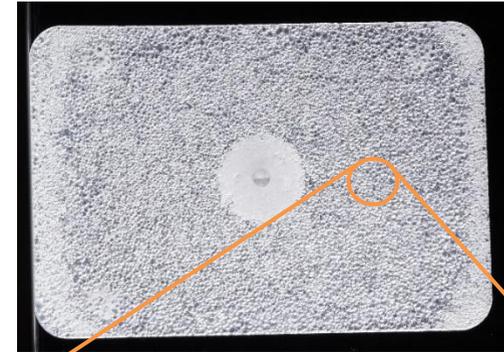
280 mm



Draufsicht

Max. Gew.-% Gas
eingebracht

CO_2



Draufsicht

N_2

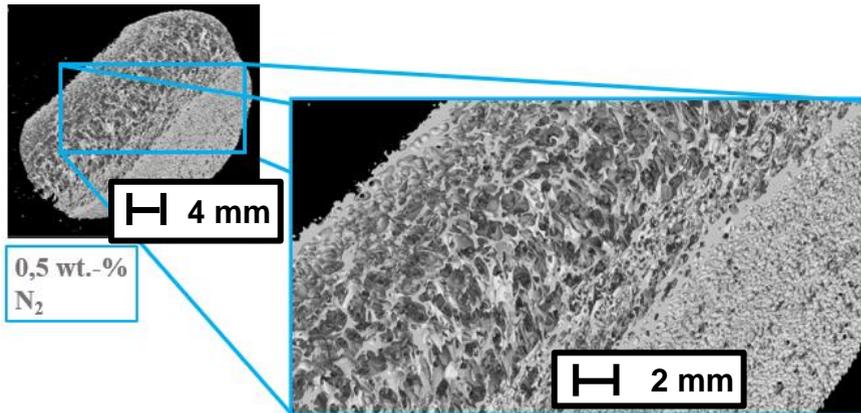
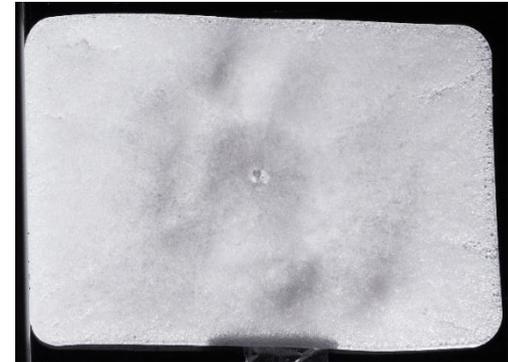


190 mm

280 mm

Max. Gew.-% Gas
eingebracht

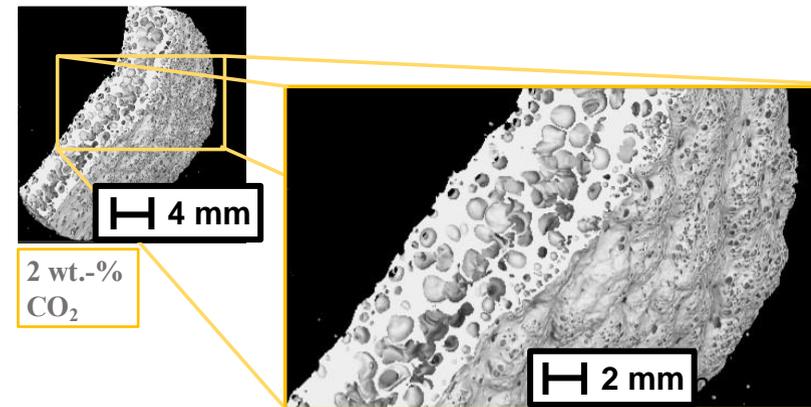
CO_2



0,5 wt.-%
 N_2

4 mm

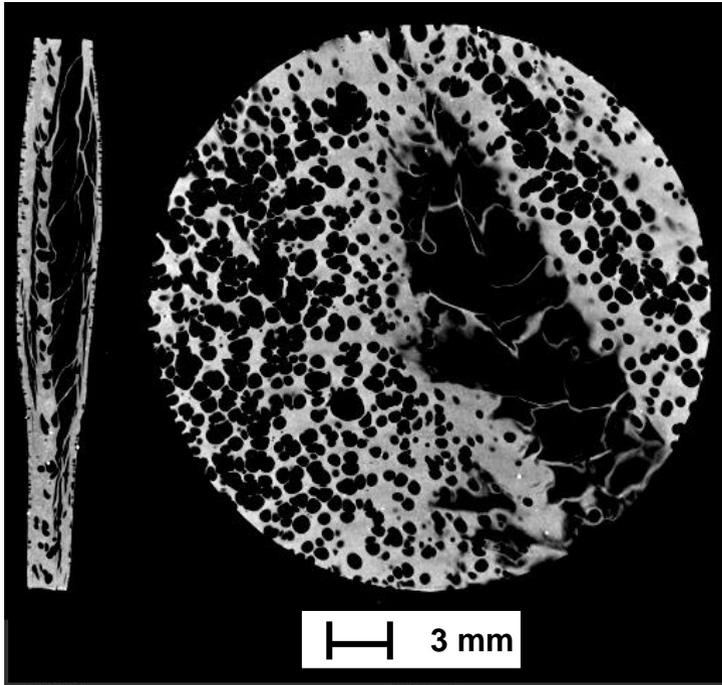
2 mm



2 wt.-%
 CO_2

4 mm

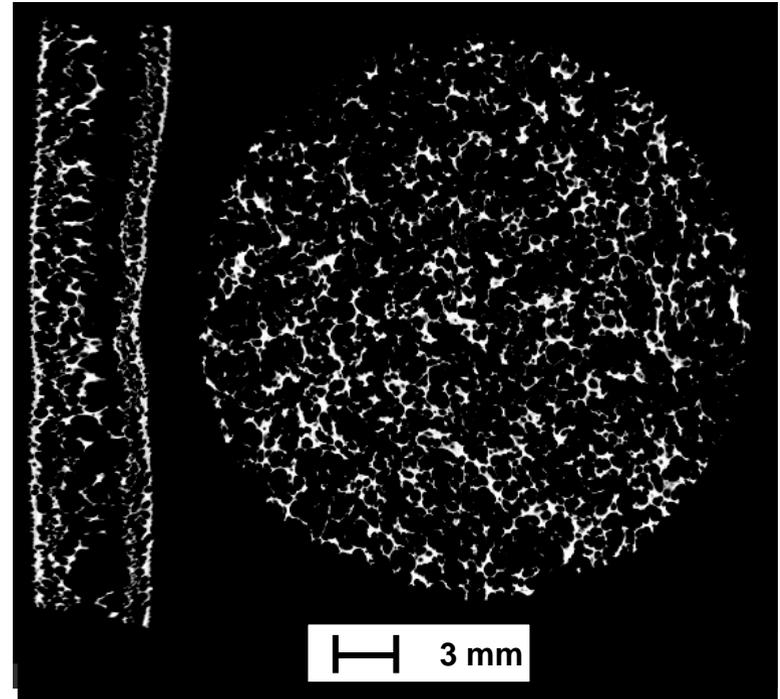
2 mm



TPE 2

MFI: 14 g/10min

Amorphe Hartsegmente



POE 2

MFI: 13 g/10min

Kristalline Hartsegmente

Zusammenfassung

Material:

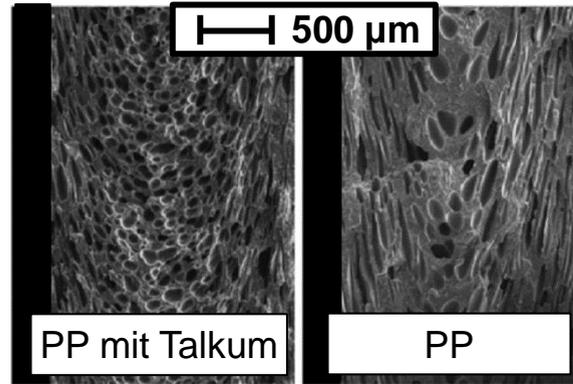
- ◆ MFI der Polymere hat materialabhängig einen Einfluss auf Offenporigkeit
- ◆ Molekülstruktur und Kristallinität haben größeren Einfluss auf die Offenporigkeit

Prozess:

- ◆ N₂ führt zu offenporigeren Strukturen als CO₂
- ◆ Gewähltes Treibmittel: N₂

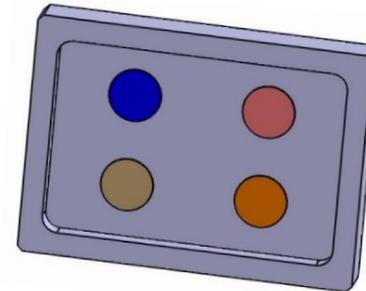
Nächste Schritte

Versuche mit Füllstoffen zur Veränderung der Schaumstruktur



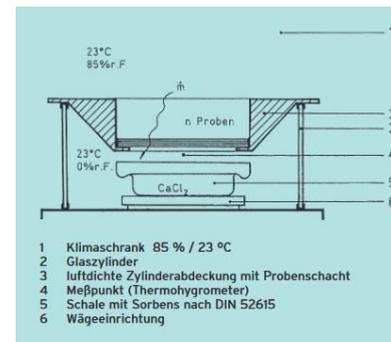
Vergleich von PP-Schaum mit und ohne Talkum (Wang et al, 2018)

Oberflächenbeschichtungen im Werkzeug zur Beeinflussung der Offenporigkeit der Randschichten



Schema zur Werkzeugbeschichtung

Entwicklung einer Messmethode zur Quantifizierung der Offenporigkeit



Angepasste Methode der DIN 52615 (Liersch & Selisch, 2002)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Simone Luxenburger
simone.luxenburger@th-rosenheim.de
+49 (0) 8031 805-2379



Bayerische
Forschungsstiftung



Lehrstuhl für Medizintechnische Materialien und Implantate
TUM School of Engineering and Design
Technische Universität München



Shop Apotal, 2024:

https://shop.apotal.de/product?artnr=10317637&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=AdWords-Produktanzeigen&etcc_med=SEA&etcc_par=Google&etcc_cmp=Hauptaccount_Shopping_Prio_hoch&etcc_grp=37489380457&etcc_bky=&etcc_mty=&etcc_plc=&etcc_ctv=176961425502&etcc_bde=c&etcc_var=Cj0KCQiAw6yuBhDrARIsACf94RXdc6jM94ujYw5VNZSbmead0aQfjeZ9JBqi9gmwhGglr60ytCFUCVEaAgzqEALw_wcB&gclid=Cj0KCQiAw6yuBhDrARIsACf94RXdc6jM94ujYw5VNZSbmead0aQfjeZ9JBqi9gmwhGglr60ytCFUCVEaAgzqEALw_wcB

Koepp Schaum, 2024: <https://www.koepp-schaum.de/filter/>

Kaiser, 2024: Kunststoffchemie der Ingenieure (S. 523)

Ruckdäschel, 2023: Cellular Polymers

Maschinenbauwissen, 2024: <https://www.maschinenbau-wissen.de/skript3/werkstofftechnik/kunststoffe/425-pur-schaeumen#:~:text=Man%20stellt%20Polyurethan%2DSchaumstoffe%20in,RSG%2DVerfahren>

Xu et al, 2022: Anti-shrinkage, high-elastic, and strong thermoplastic polyester elastomer foams fabricated by microcellular foaming with CO₂ & N₂ as blowing agents; doi: 10.1016/j.jcou.2022.102076

Wang et al, 2018: Lightweight and strong microcellular injection molded PP/talc nanocomposite

Liersch & Selisch, 2002: Methoden zur Bestimmung des sd-Wertes von extrem diffusionsoffenen Materialien