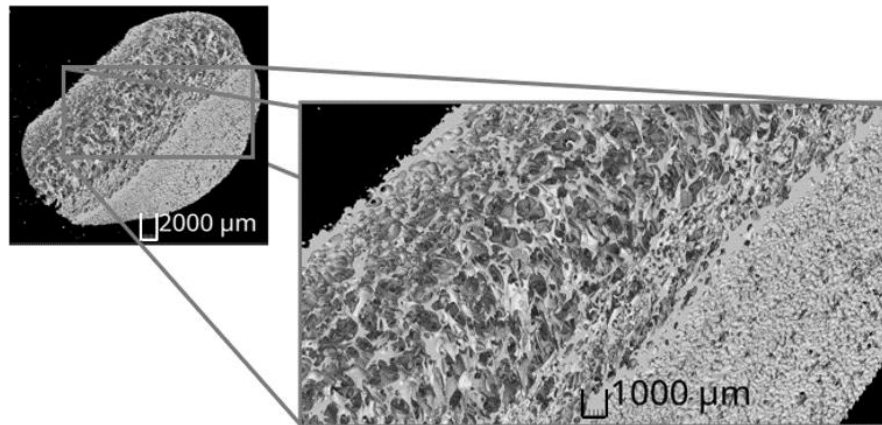


# Offenporiges Schäumen von Thermoplasten



## 1. Rosenheimer Kunststoffkolloquium

05.03.2024

Simone Luxenburger

Mitwirkende: Sebastian Wiedl, Fabian Himbert

## Beispiel: Wundauflagen

### Aktuell: Wundauflagen aus Polyurethan

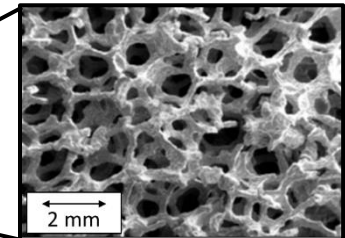
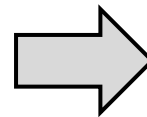
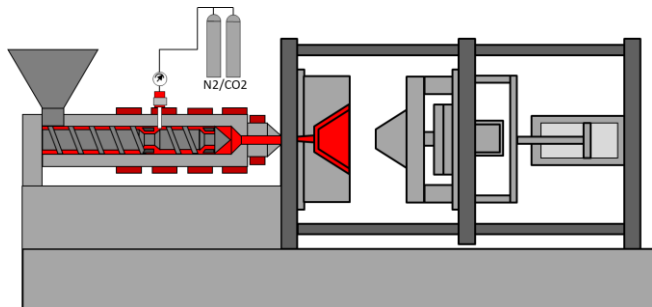
- ◆ Aufwändiger Prozess
- ◆ Keine Designfreiheit
- ◆ Nicht recyclingfähig

### Ziel: Wundauflagen durch Spritzguss

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



*Polyurethan Wundauflage  
(Shop Apotal, 2024)*



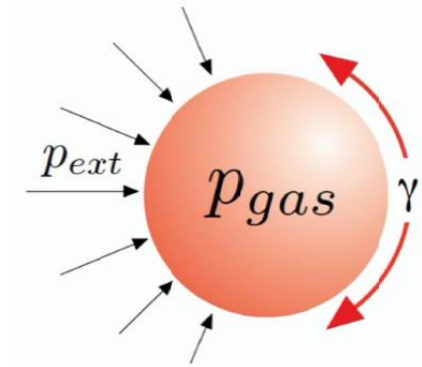
# Grundlagen & Stand der Forschung

## Offenporige Schäume

- ◆ Zellen sind miteinander verbunden
- ◆ Gasblase muss platzen

## Theoretischer Zusammenhang

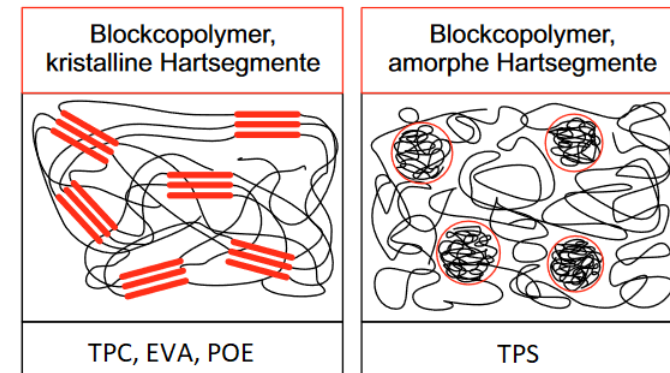
- ◆ Zellwachstum wenn:  $P_{gas} > P_{ext}$
- ◆ Niedrige Viskosität ergibt geringeren  $P_{ext}$
- Treibmittel verringert Viskosität



Theoretisches Zellwachstum  
(Ruckdäschel, 2023)

## Einfluss auf das Platzen von Bläschen in Thermoplasten

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

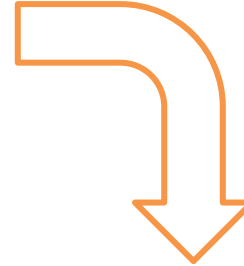


Schematische Darstellung der übermolekularen Struktur nach (Kaiser, 2024)

# Zielsetzung: Wundauflagen im Spritzguss

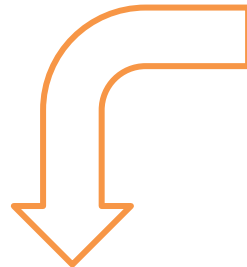
## Einflusscharakteristika Schaumstruktur:

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



## Ausgewählte Prüfcharakteristika:

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



## Thesen:

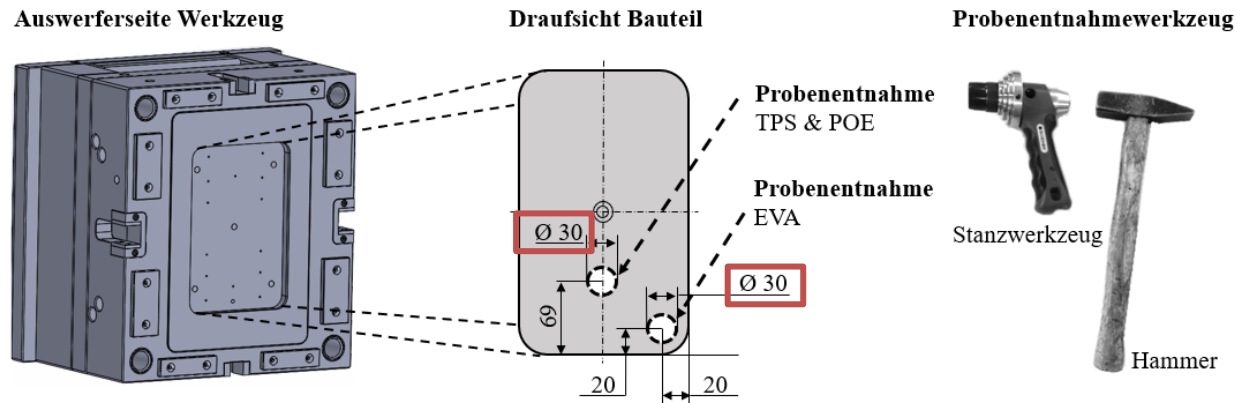
- ◆ Inhärent hoher und veränderter MFI hat positiven Einfluss auf Schaumstruktur
- ◆ Kristalline und amorphe Segmente im Polymer verändern Schaumstruktur

# 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
<b>MFI*</b> [g/10min]	<1	14	16	4	155	420	5	13	30
<b>T<sub>G</sub></b> [°C]	2,5	-37,5	-0,1	~ -40			-53	-55	-54
<b>Molekülstruktur</b>	Copolymer, kristalline und amorphe Hartsegmente			Copolymer, kristalline Hartsegmente			Blockcopolymer, kristalline Hartsegmente		

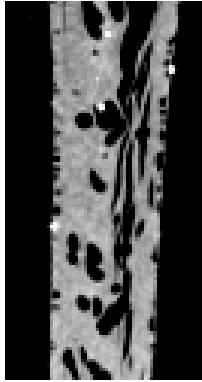
\*190°C, 2,16 kg nach ISO 1133-2

Schaumstrukturanalyse  
optisch und mittels CT

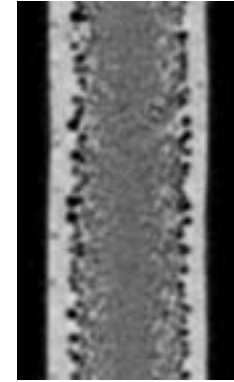


# Material und Methoden - Definitionen

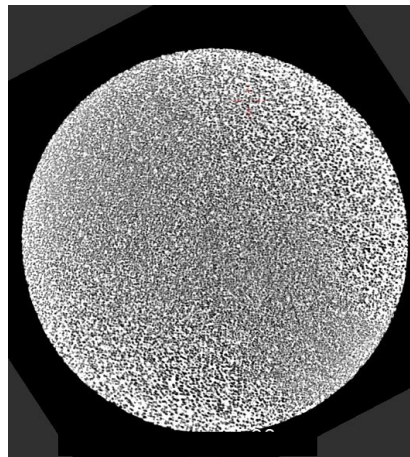
## Querschnitt durch die Bauteile



- ◆ Grobporig
- ◆ Teils offene Randschicht

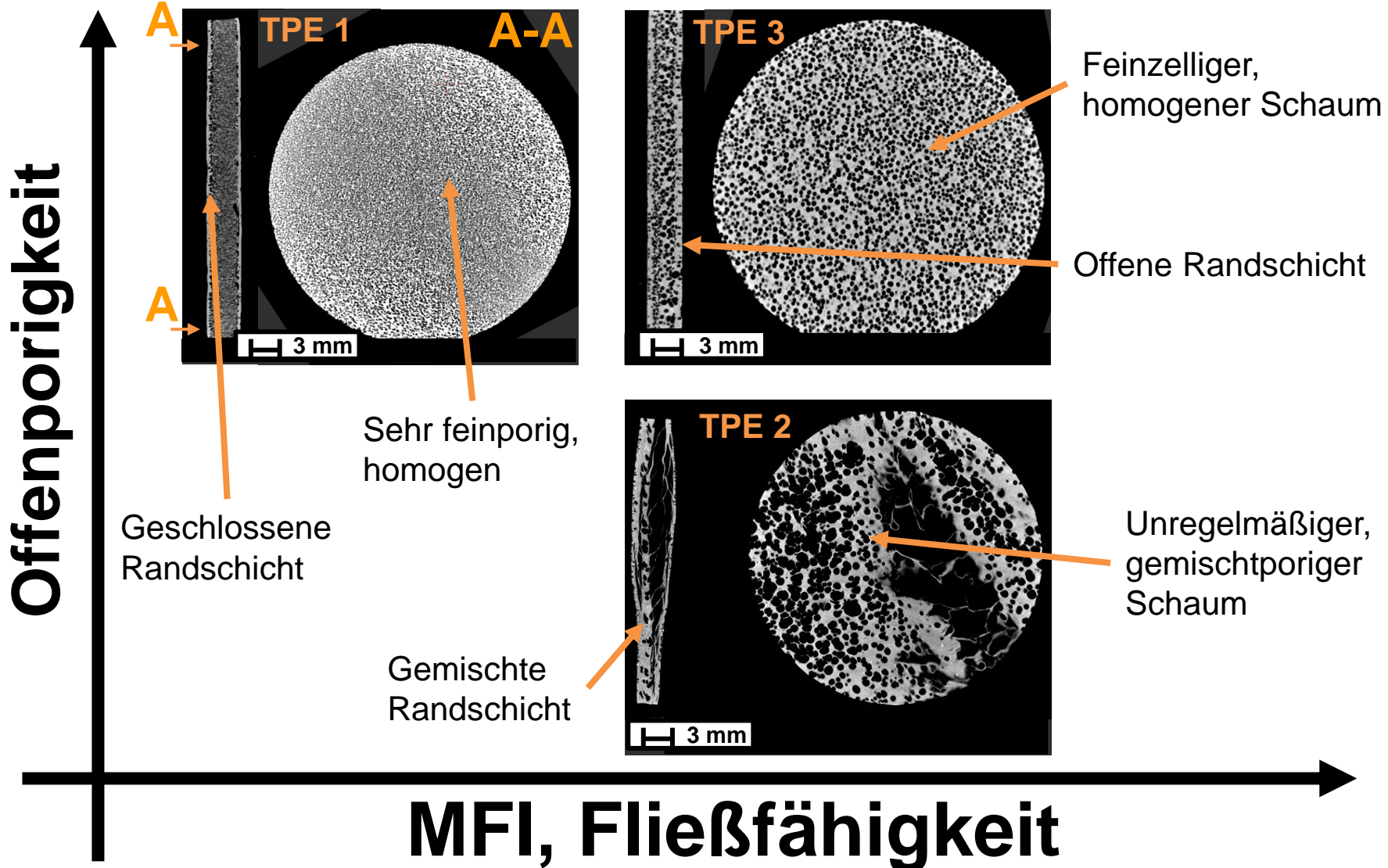


- ◆ Feinporig
- ◆ Geschlossene Randschicht



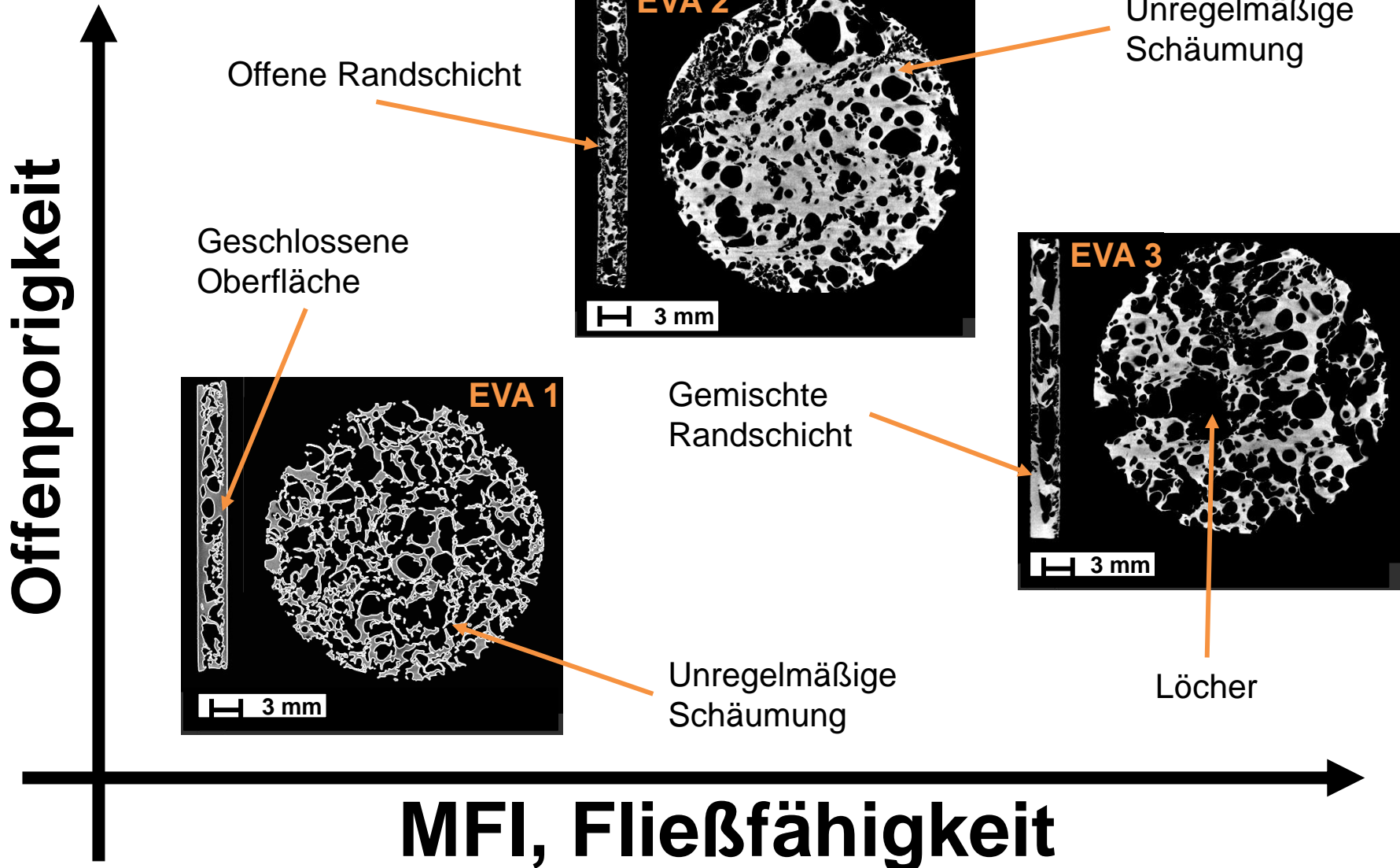
Homogene Schaumstruktur

# Ergebnisse: Einfluss des MFI am Beispiel TPE



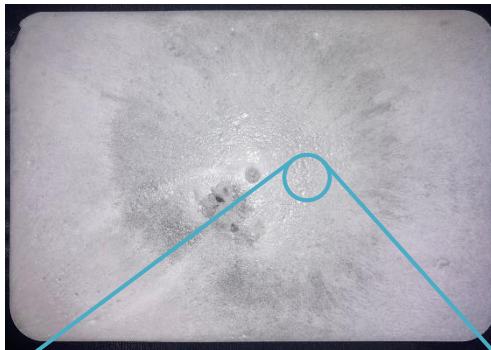


# Ergebnisse: Einfluss des MFI am Beispiel EVA



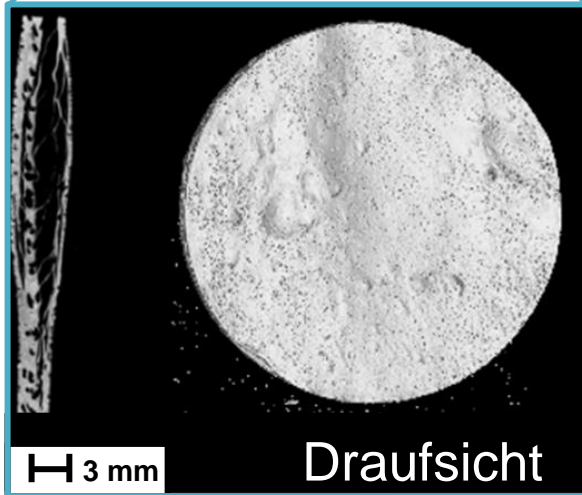


**N<sub>2</sub>**



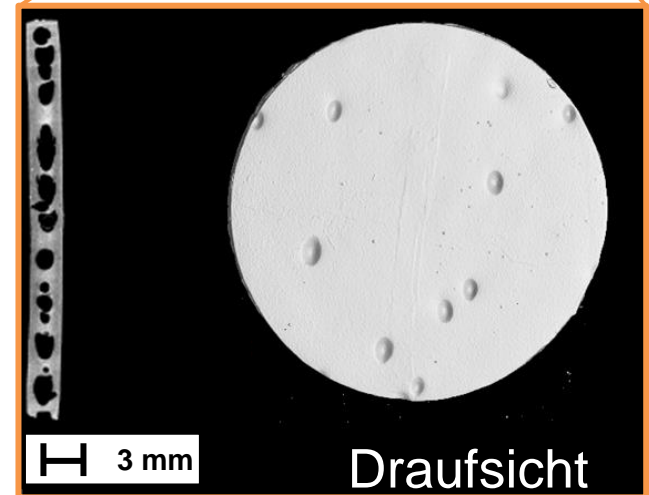
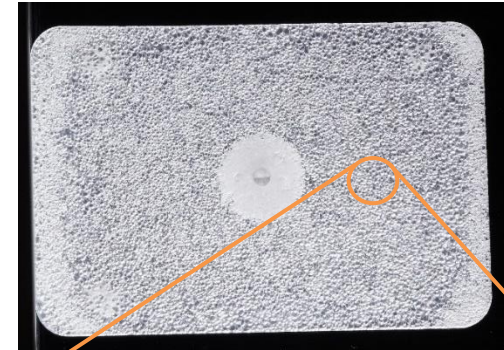
190 mm

280 mm

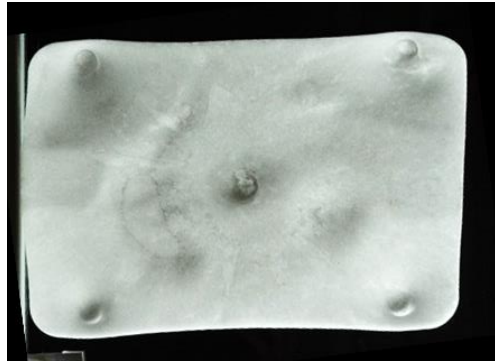


**Max. Gew.-% Gas  
eingebracht**

**CO<sub>2</sub>**



$N_2$

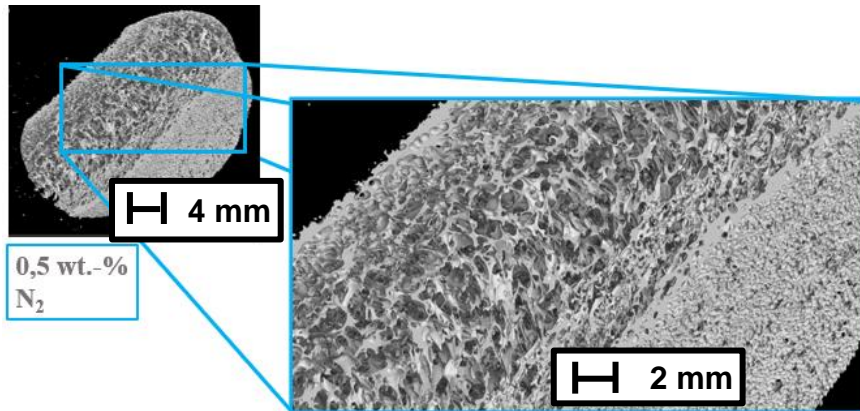
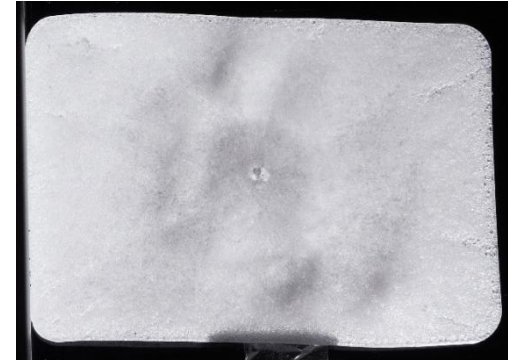


190 mm

280 mm

Max. Gew.-% Gas  
eingebracht

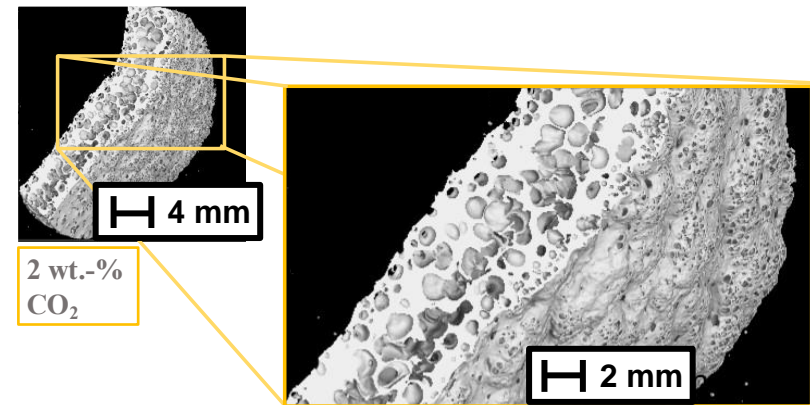
$CO_2$



0,5 wt.-%  
 $N_2$

4 mm

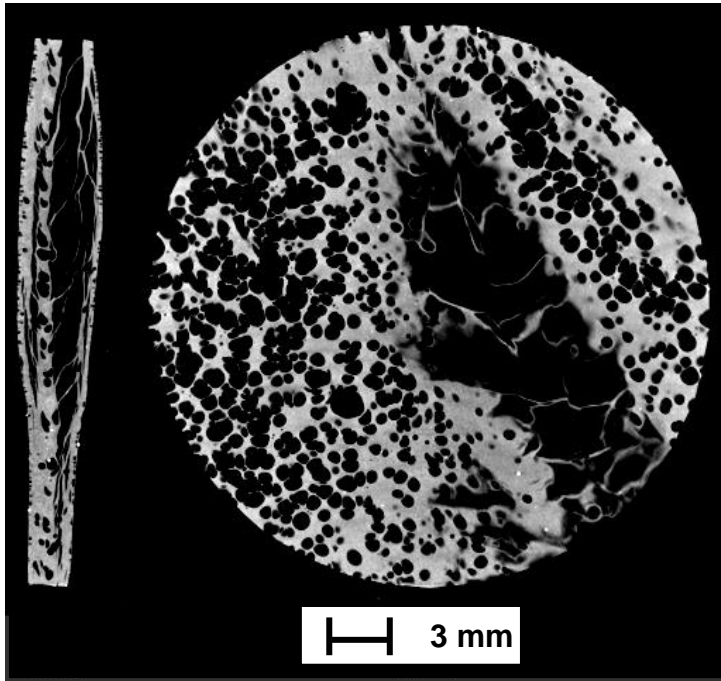
2 mm



2 wt.-%  
 $CO_2$

4 mm

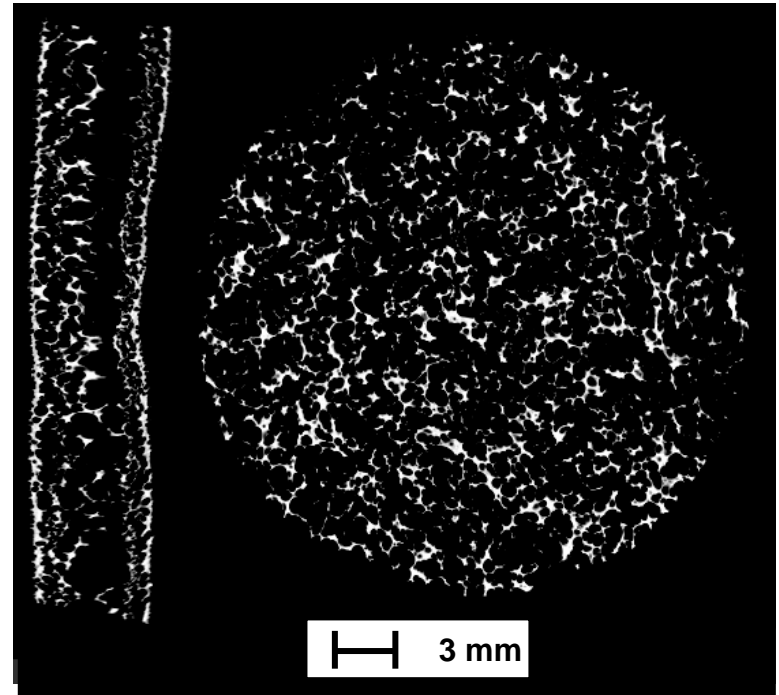
2 mm



**TPE 2**

**MFI: 14 g/10min**

**Amorphe Hartsegmente**



**POE 2**

**MFI: 13 g/10min**

**Kristalline Hartsegmente**

# Zusammenfassung

---

## Material:

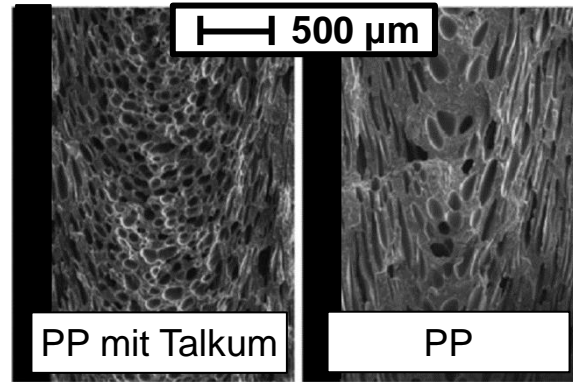
- ◆ MFI der Polymere hat materialabhängig einen Einfluss auf Offenporigkeit
- ◆ Molekülstruktur und Kristallinität haben größeren Einfluss auf die Offenporigkeit

## Prozess:

- ◆ N<sub>2</sub> führt zu offenporigeren Strukturen als CO<sub>2</sub>
- ◆ Gewähltes Treibmittel: N<sub>2</sub>

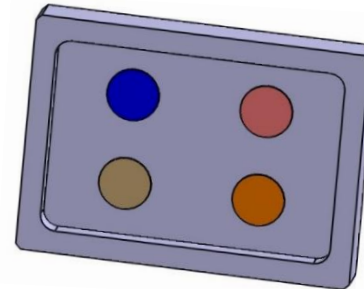
## Nächste Schritte

Versuche mit Füllstoffen zur Veränderung der Schaumstruktur



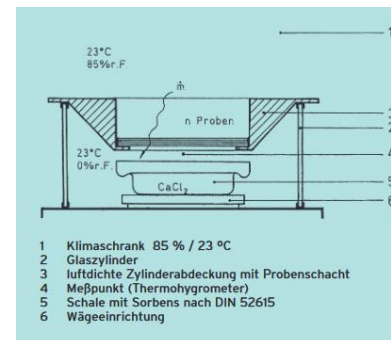
Vergleich von PP-Schaum mit und ohne Talkum (Wang et al, 2018)

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](mailto: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](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 CO<sub>2</sub> & N<sub>2</sub> 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