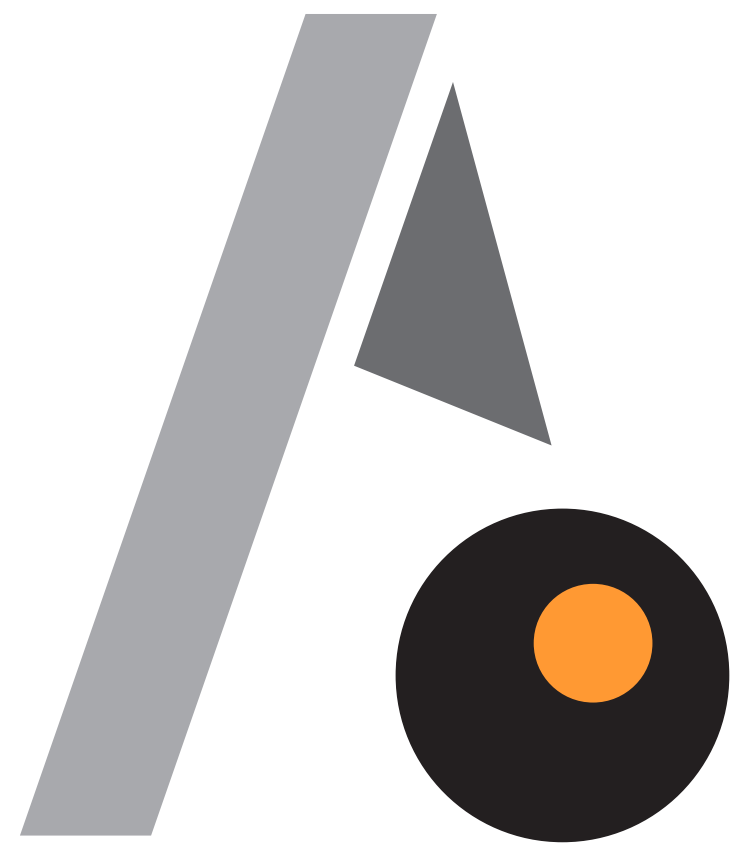


# Poröse Elektretmaterialien und Piezoelektrika auf der Basis von Hochtemperaturpolymeren



## Einleitung

Elektrete sind Materialien mit quasi-permanenter makroskopischer Polarisation, d.h. sie sind dazu befähigt, induzierte Ladungen zu speichern. Kommerziell finden Elektrete vorwiegend in Kondensatormikrofonen (ca. 400 Mio p.a.), der Sensorik und im Bereich Self-adhesive-Folien Verwendung. Bei Piezoelektrika hingegen handelt es sich um Materialien, die auf Einwirkung mechanischer Deformation mit einer Änderung der elektrischen Polarisation reagieren und dabei Ladungen generieren. Letztere werden z.B. in Schwingquarzen und Kraftmessern eingesetzt. Jüngste Forschungstendenzen zeigen viel versprechende Ansätze auf, Hochtemperaturpolymere mit Elektret- und Piezoeigenschaften für die Sensorik zu entwickeln.

# Hochtemperatur-Elektrete

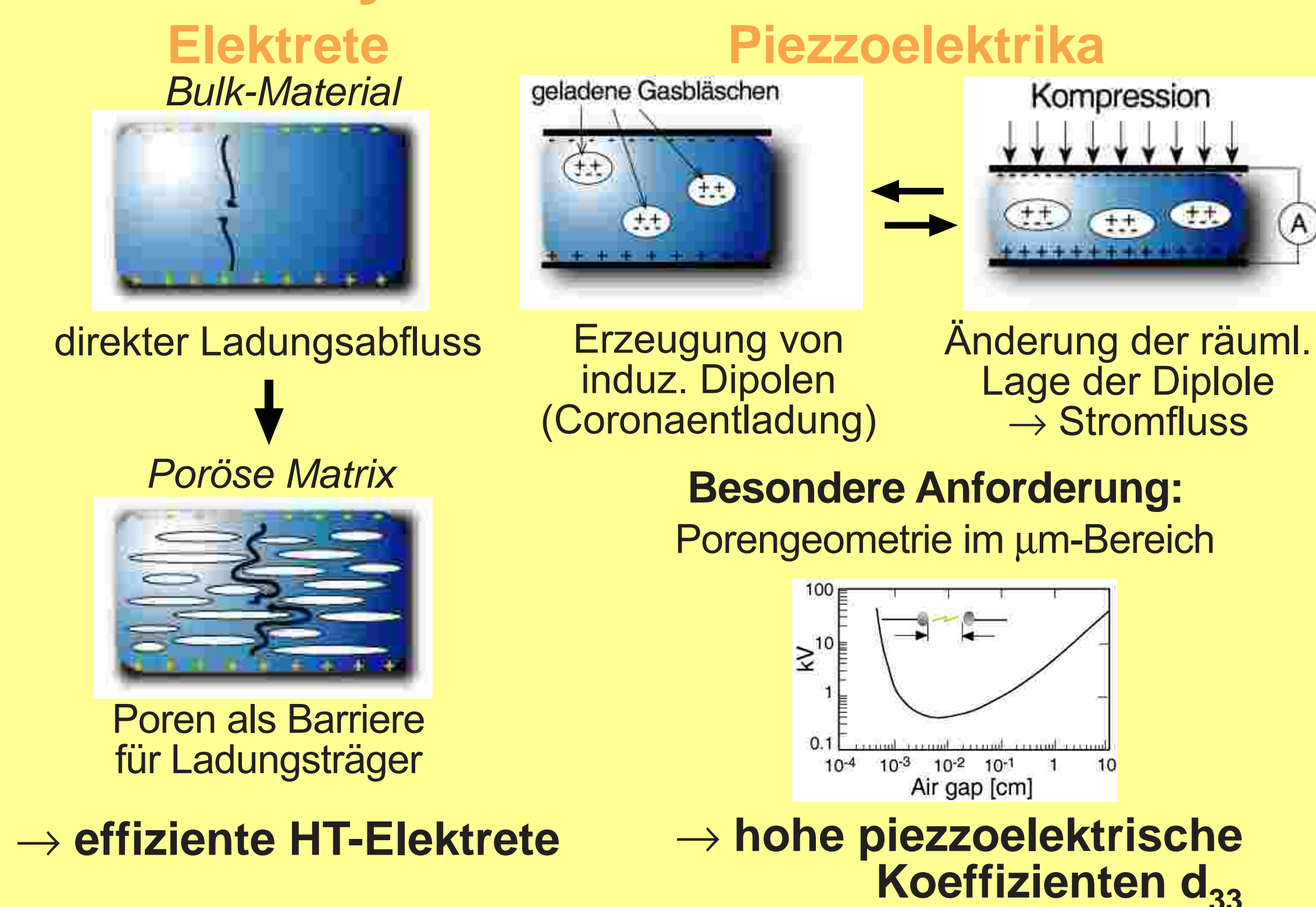
## Motivation

- Vielfältige Einsatzmöglichkeiten von Elektret- & Piezomaterialien im Hochtemperaturbereich
  - > Filteranwendungen
  - > Sensorik
  - > Self-adhesive Folien
- Elektret- & Piezosysteme auf Basis von Polyolefinen bei erhöhten Temperaturen ungeeignet
- Bedarf an Alternativen zu teuren und schwer verarbeitbaren perfluorierten Systemen (z.B. Teflon-TEP, Teflon-TPFE)

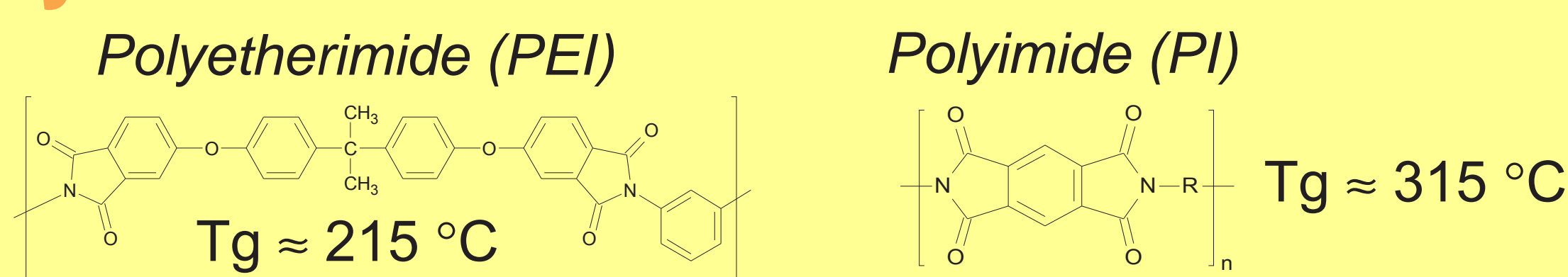
## Zielsetzung

- **Entwicklung eines HT-Schaums mit Elektreteigenschaften**
  - 1) Auswahl geeigneter Modellsysteme
  - 2) Erzeugung thermisch stabiler und geschlossenzelliger Mikro-hohlraummorphologien mit hoher Formanisotropie
  - 3) Gewährleistung konventioneller Prozessierbarkeit
- Einfluss der Material- und Prozesseigenschaften auf Ladungsspeicherfähigkeit und -stabilität
- **Entwicklung von Piezoelektrika mit hohen quasi-statischen piezoelektrischen Koeffizienten  $d_{33}$**

## Poröse Polymerschäume als ...



## Systemauswahl



## Herstellung eines HT-Schaums durch...

- 1) **Extrusionsschäumen** mittels physikalischer ( $\text{CO}_2$ ) und chemischer Treibmittel
- 2) **Verstrecken** füllstoffhaltiger PEI-Platten
- 3) **Abspaltung thermisch labiler Gruppen** aus Blockcopolymeren

## Coronaaufladung

- **Elektrete:** Generieren von Ladungen auf der Filmoberfläche
- **Piezoelektrika:** Geschlossenzellige Schaummorphologie  
→ Durchschläge in den Poren  
→ Ladungstrennung innerhalb der Poren

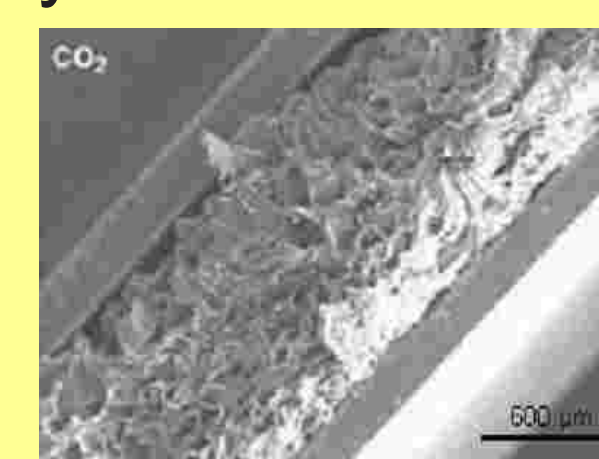
## Charakterisierung

- **Hohlraummorphologien**  
REM, Mikro-CT, Thermoanalyse, Porosimetrie  
-> Optimierung der Verfahrensparameter
- **Bestimmung der Elektreteigenschaften**  
Berührungslose Oberflächenpotentialmessung mit elektrostatischem Voltmeter (Monroe 244)
- **Bestimmung der piezoelektrischen Aktivität**  
Hochohmiges Elektrometer (Keithley 6517 A)

## Schaumextrusion

### Einstellung der Porenmorphologie über ...

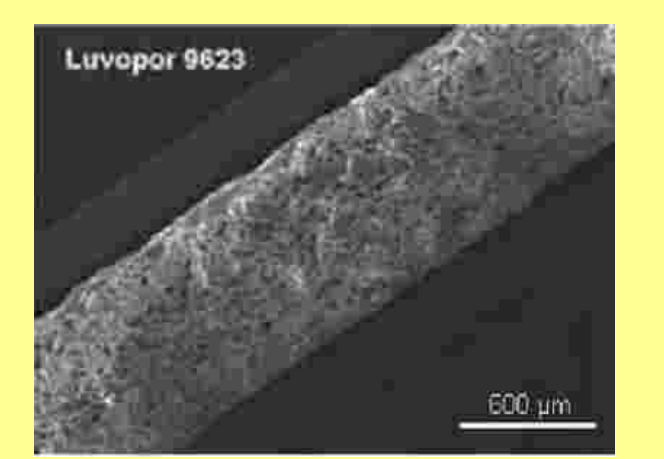
#### Physikalisches Schäumen



Variation der Verfahrensparameter

- Weitestgehend geschlossenzellig
- Zelldurchmesser  $\bar{d} = 85\mu\text{m}$

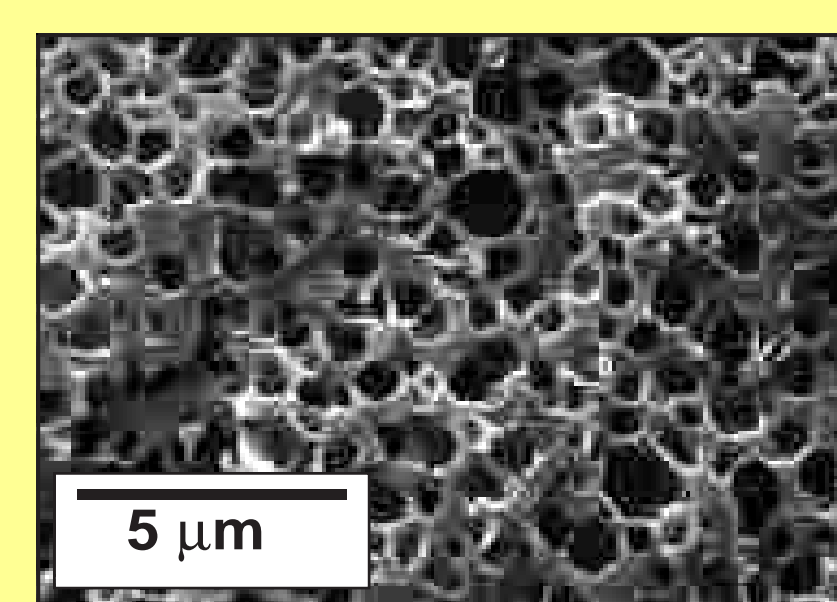
#### Chemisches Schäumen



Variation der Treibmittel

- Geschlossenzellig
- Zelldurchmesser  $\bar{d} = 50\mu\text{m}$

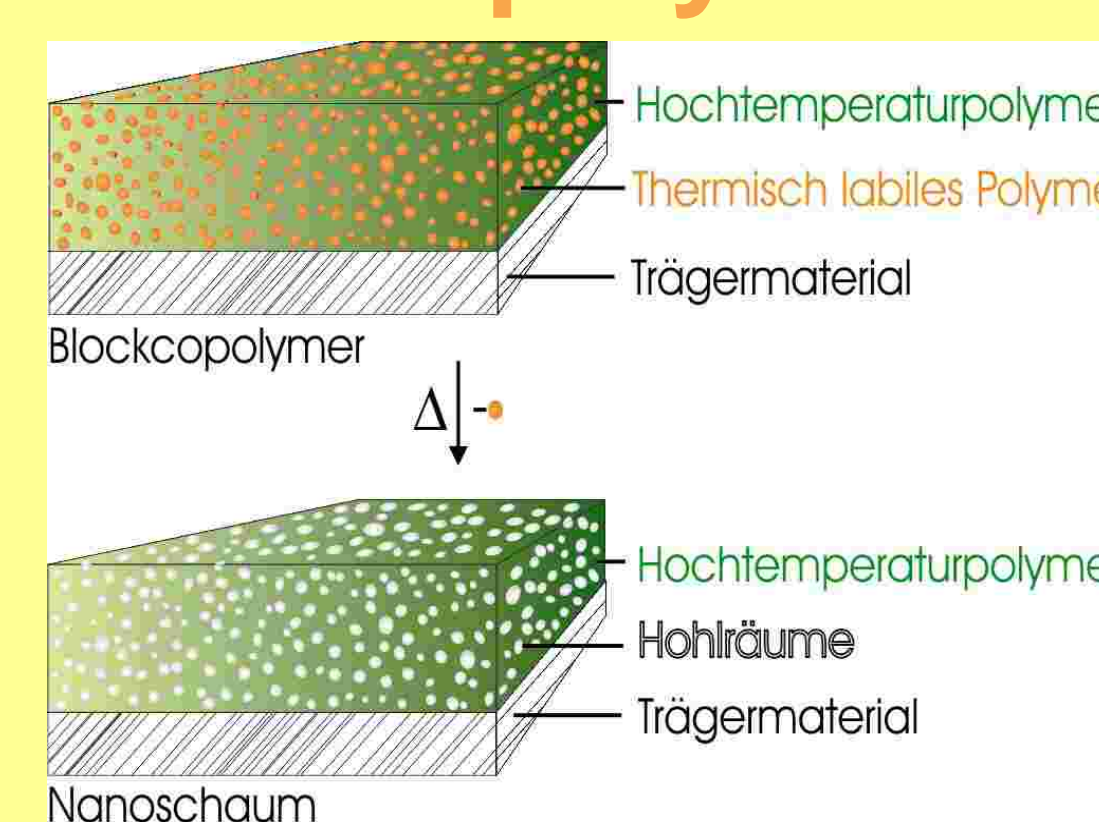
## Verschäumen mit superkritischem $\text{CO}_2$



Mit superkritischem  $\text{CO}_2$  verschäumte PEI-Folie

- Steuerung der Porengröße über...  
→  **$\text{CO}_2$ -Sättigung**  
→ **Expansionsbedingungen**
- Keine Eintragung von Verunreinigungen durch den Schäumprozess

## Nanoporöse Polyimid-Schäume über Blockcopolymeren



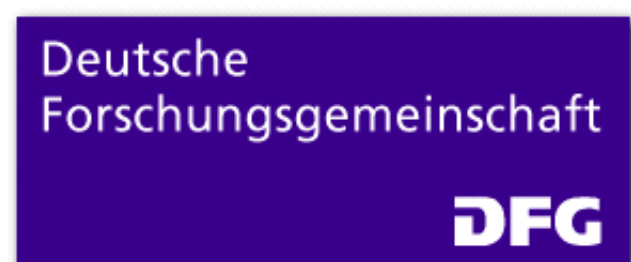
- Herstellung von Blockcopolymeren mit thermolabilen Seitenketten & Blöcken
- Steuerung der Morphologie über  
→ **Chemie**  
→ **thermolabile Blöcke & Seitengruppen**

## Zusammenfassung

- Einstellung der Porenmorphologie und -geometrie für Elektrete und Piezoelektrika im HT-Bereich möglich
- Hochtemperatur-elektrete auf PEI- und PI-Basis als Alternative zu herkömmlichen PTFE-Elektreten
- Hochtemperaturanwendungen bis ca.  $150^\circ\text{C}$  z.B. im Bereich Abgasfilterung oder Sensorik denkbar

## Danksagung

- Besonderer Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung im Rahmen des SFB-Projektes 481/ B11.



Universität Bayreuth



Prof. Dr. H.-W. Schmidt  
Lehrstuhl für  
Makromolekulare Chemie I

Technische Universität  
Darmstadt



Prof. Dr. G. M. Sessler  
Institut für  
Nachrichtentechnik

Universität  
Erlangen-Nürnberg



Prof. Dr. H. Münstedt  
Lehrstuhl für  
Polymerwerkstoffe

