

---

# Anwendung der Nanotechnologie in Materialien für den Lebensmittelkontakt

Horst-Christian Langowski, Freising-Weihenstephan

- ▶ Funktion nanotechnologischer Bestandteile im Lebensmittelkontakt
- ▶ Herstellungstechnik und Einsatzformen
- ▶ unterschiedliche Formen des Lebensmittelkontakts
- ▶ zukünftige Anwendungen
- ▶ Schlussfolgerungen

# Funktionen

---

Wichtigste Funktionsverbesserung durch nanotechnologische Verfahren im Verpackungsbereich:

- Barriereeigenschaften gegenüber Sauerstoff
- Barriereeigenschaften gegenüber CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, Aromastoffen

Weitere Effekte Verpackung:

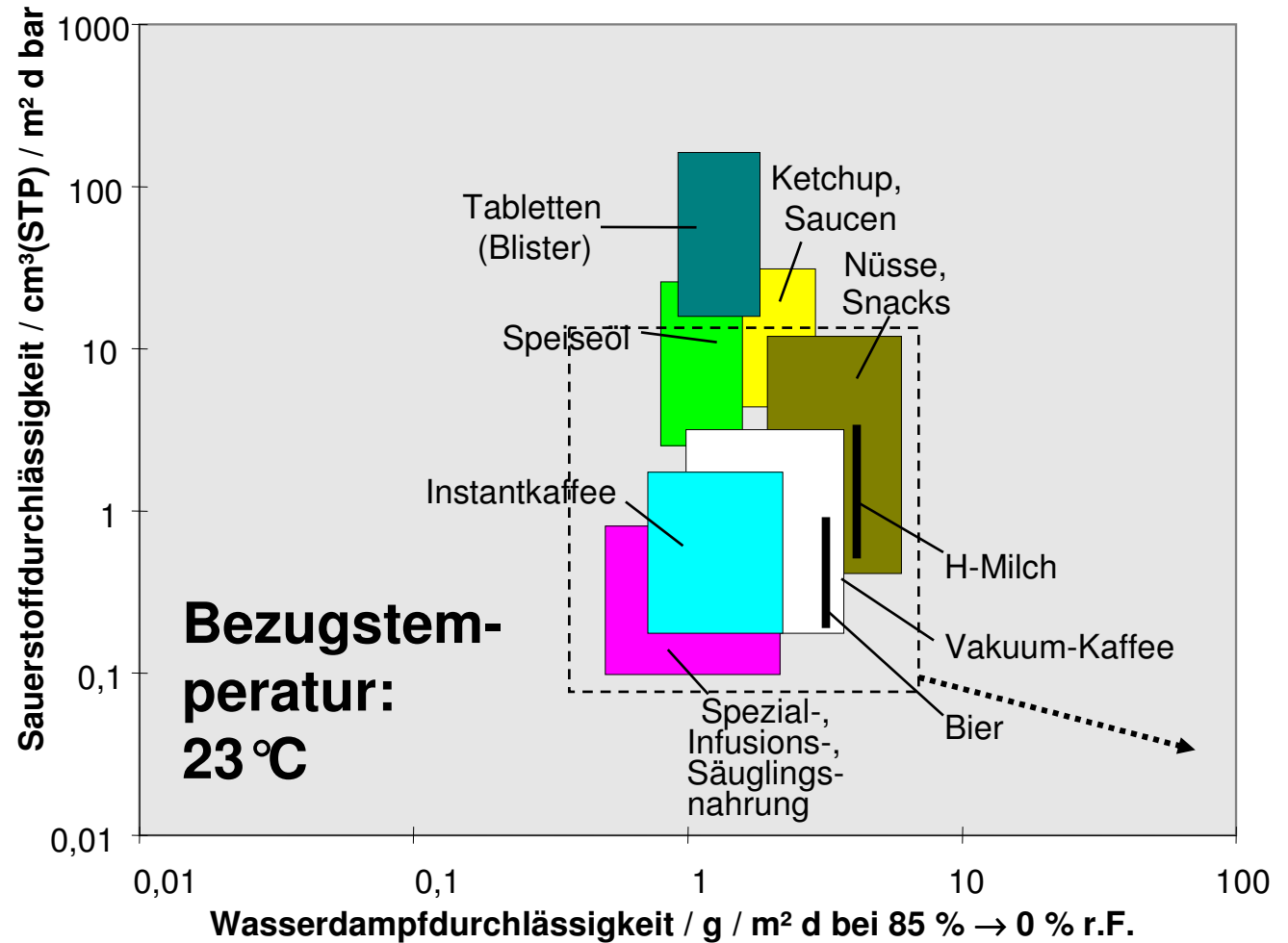
- Verbesserung der mechanischen Eigenschaften
- Veränderung der thermischen Eigenschaften
- (Lichtschutz im UV-Bereich)
- (antimikrobielle Wirkungen)

Anwendungen direkt in der Lebensmittelverarbeitung: Nicht bekannt

---

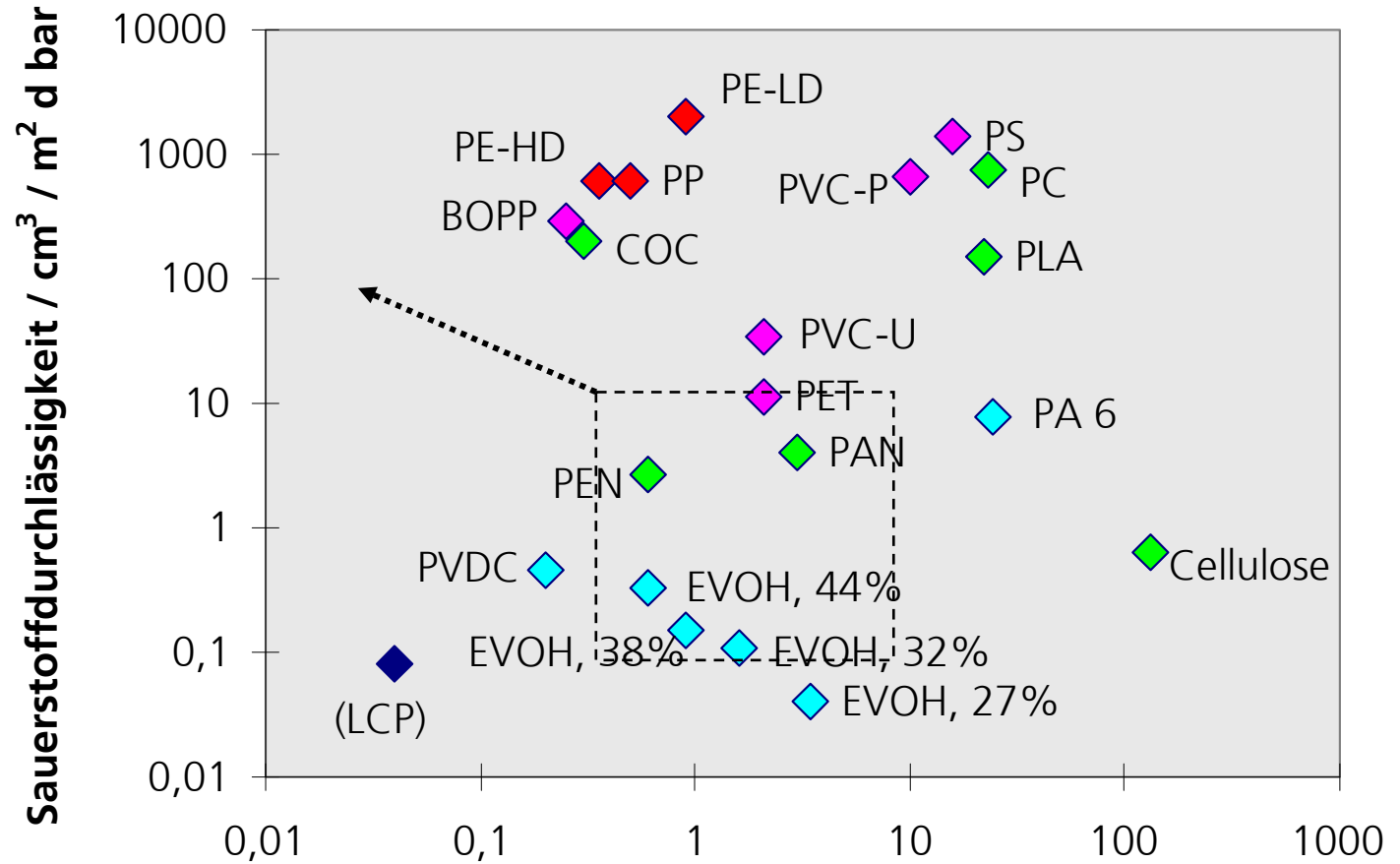
# Funktionen: Barriere

erforderliche Packstoff-Funktionalitäten für empfindliche Lebensmittel und pharmazeutische Produkte



# Funktionen: Barriere

Wasserdampf- und Sauerstoffdurchlässigkeiten bei 23°C und 100 µm Folienstärke für Massenkunststoffe (rot, magenta) und spezielle Verpackungskunststoffe

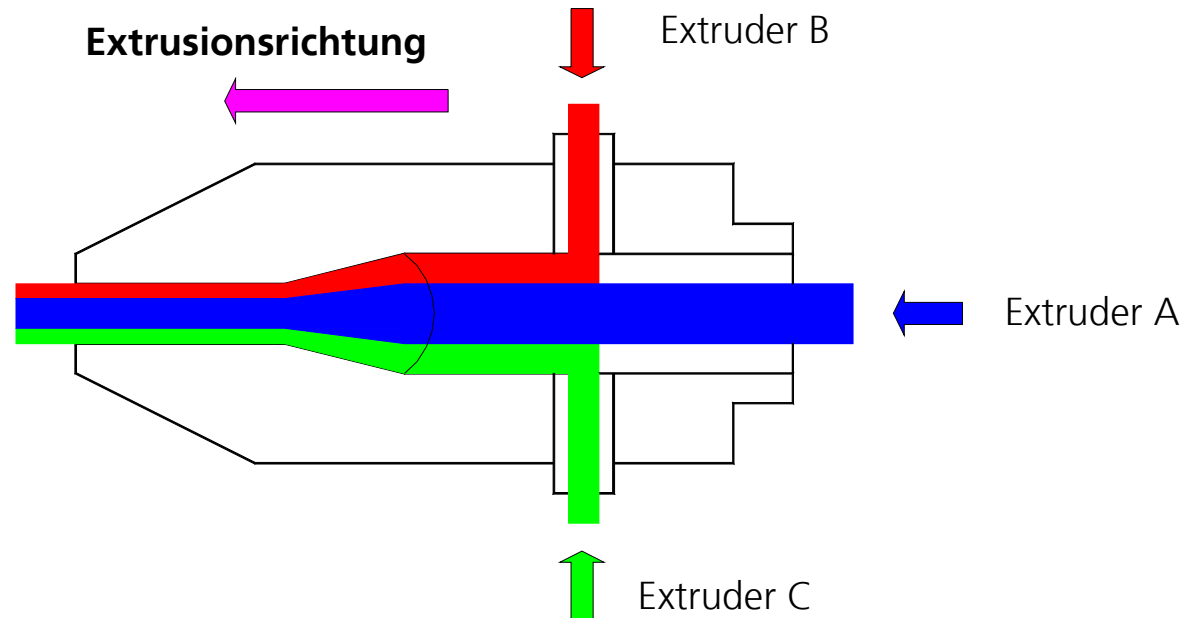


Wasserdampfdurchlässigkeit / g / m² d bei 23°C, 85% r.f.



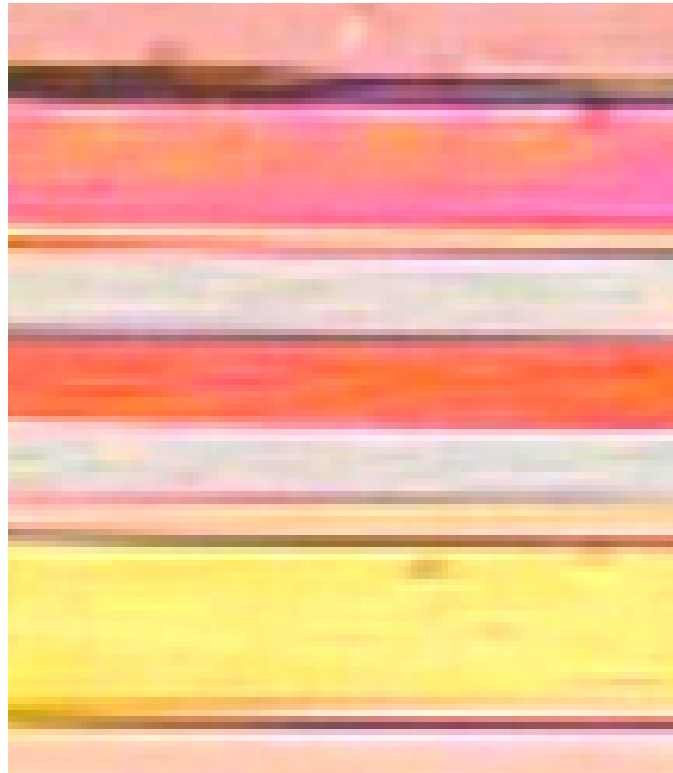
# Herstellungstechnik: Extrusion / Coextrusion, Spritzguss

- verarbeitet thermoplastische Kunststoffe zu Einschicht- oder Mehrschicht-Systemen,
- als flexible Folien, Folien zum Tiefziehen, Vorformlinge (pre-forms) oder komplette Behälter
- entweder als rein polymere Barrierepackstoffe (Stand der Technik: bis 9 Schichten)
- oder als Halbzeuge für die weitere Verarbeitung



# Beispiel für konventionelle polymere Mehrschicht-Folie

---



← obere Grenze des Folienverbunds

PP: Wasserdampfbarriere

PA 6: Sauerstoffbarriere, Durchstoßfestigkeit

← zentrale Barrierschicht (EVOH)

PA 6: Sauerstoffbarriere, Durchstoßfestigkeit

PE: Kontaktschicht, Siegeln, Wasserdampfbarriere

← untere Grenze des Folienverbunds

⇒ **Barrierefolien: Kontaktschicht zum Lebensmittel =  
Siegelschicht**

---



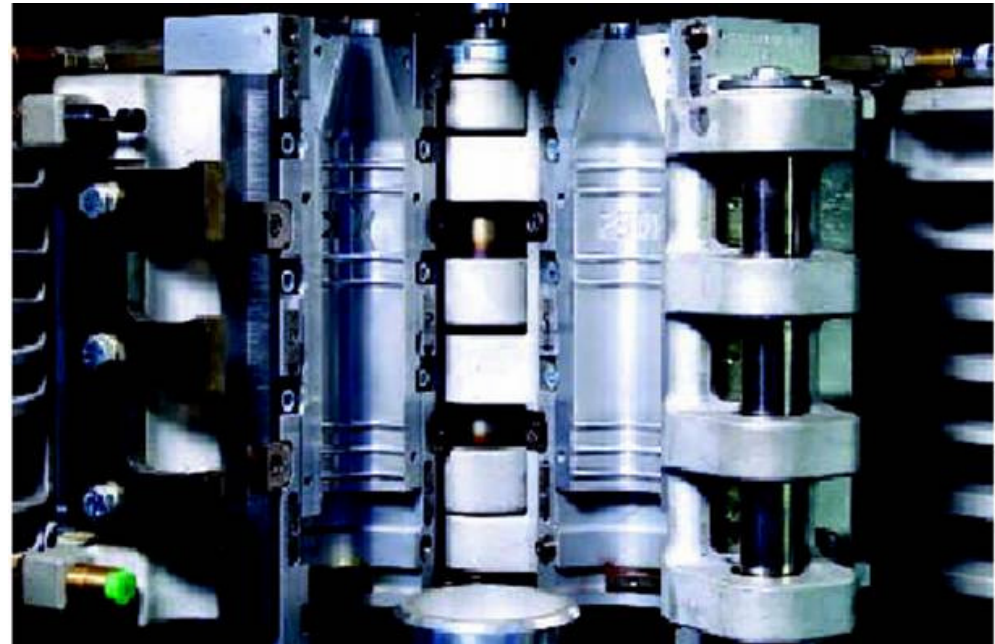
**Fraunhofer** Institut  
Verfahrenstechnik  
und Verpackung



# Verarbeitungsverfahren: Streckblasen

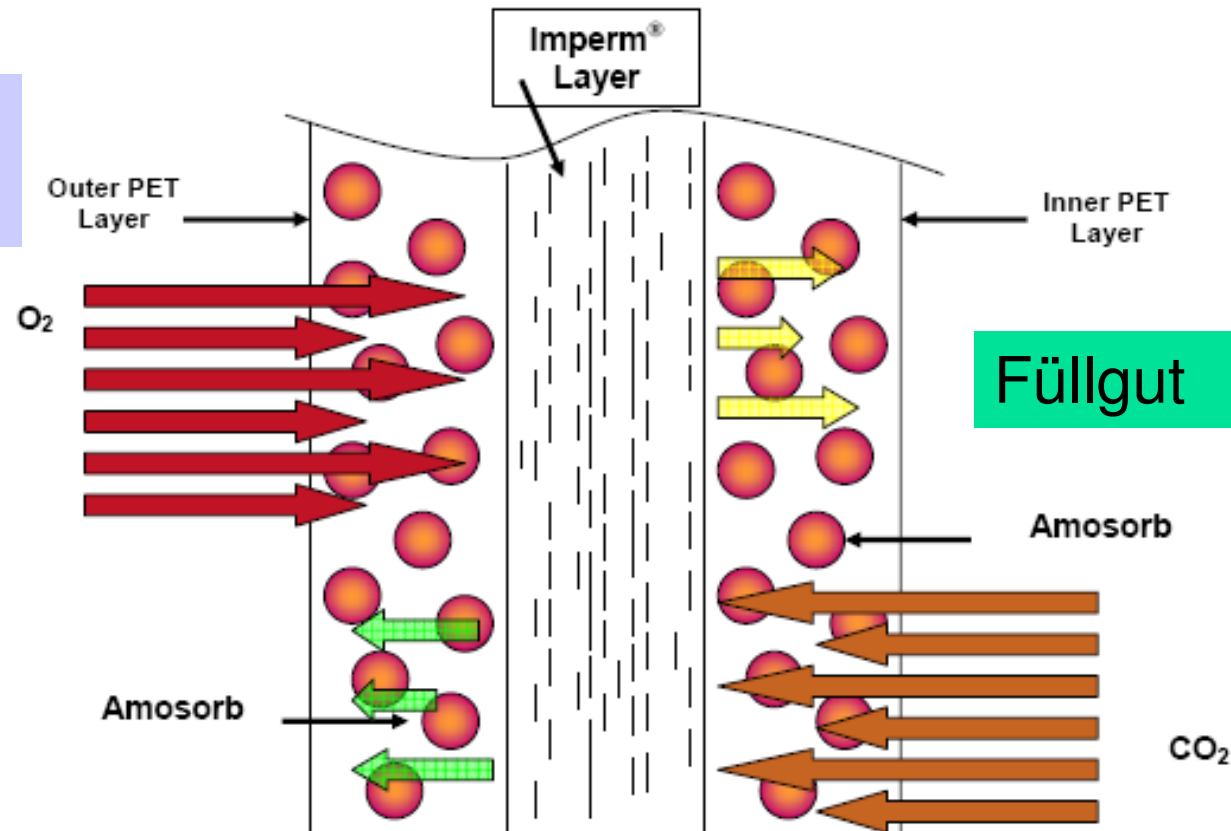
Streckblasen  
von PET-  
Flaschen.

Quelle:  
Krones AG,  
Neutraubling



# Beispiel: Einbau von Polyamid-Nanocompositen und Sauerstoff-Absorbern in eine Behälterstruktur

Umgebungs-  
atmosphäre



Quelle:  
Maul, P.: Barrier Enhancement  
Using Additives. In: Fillers,  
Pigments and Additives for  
Plastics in Packaging  
Applications. Pira International  
Conference Brüssel, Dezember  
2005

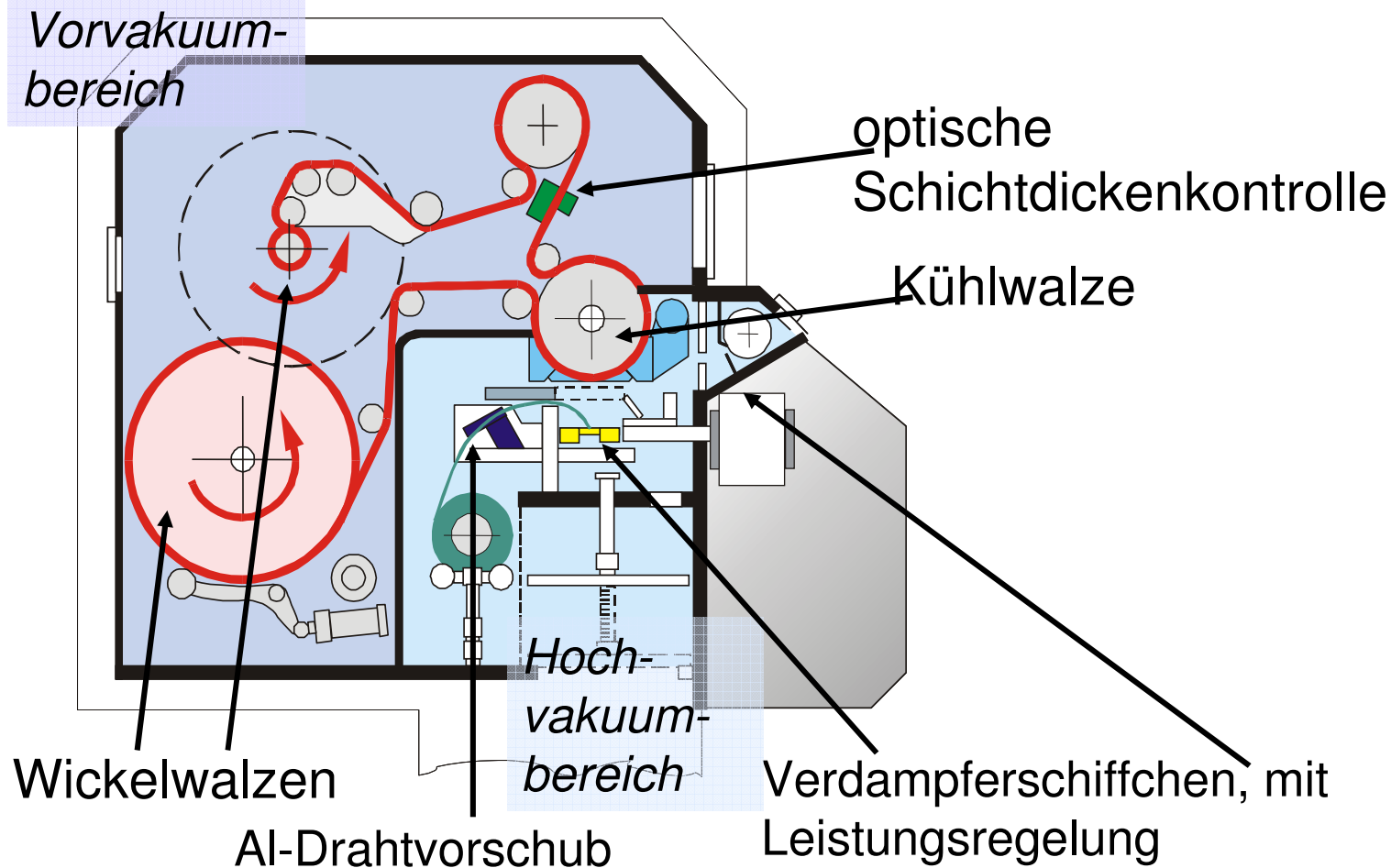



Fraunhofer  
Institut  
Verfahrenstechnik  
und Verpackung





# Nanotechnologie auf Folien: Metallisierung mit Al



Quelle: Applied Films, Alzenau 



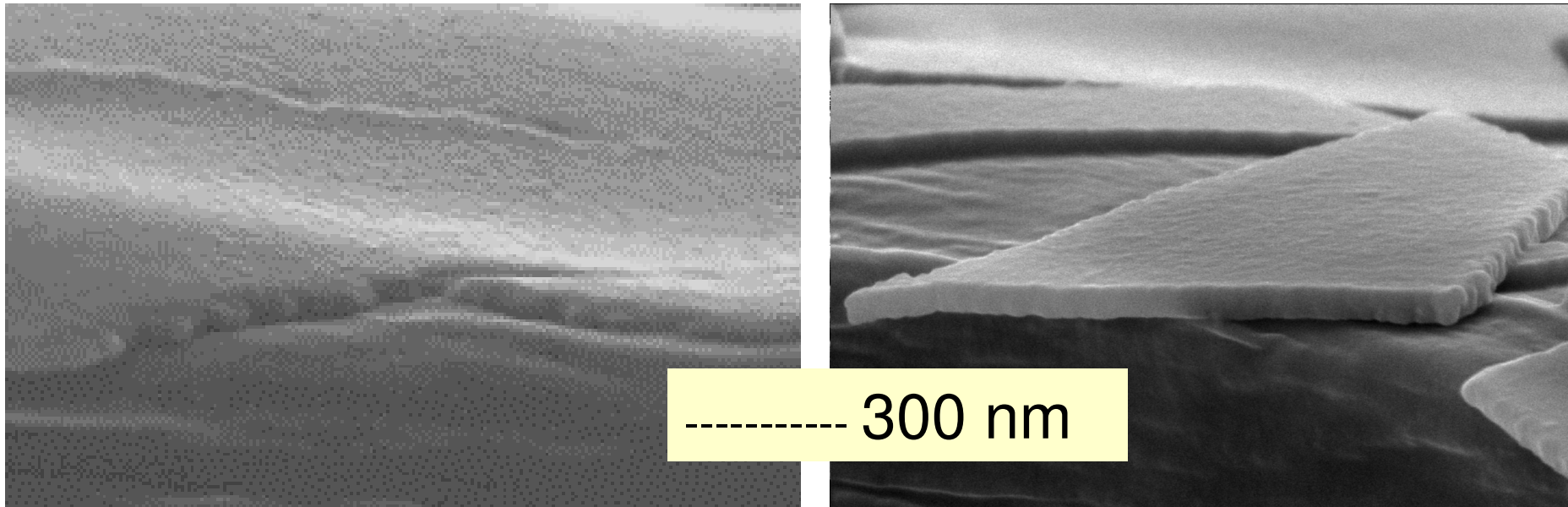
**Fraunhofer** Institut  
Verfahrenstechnik  
und Verpackung



# Folienverbunde mit anorganischen Barrierematerialien

---

Cryo-Querbruchpräparationen, aufgenommen im hochauflösenden REM



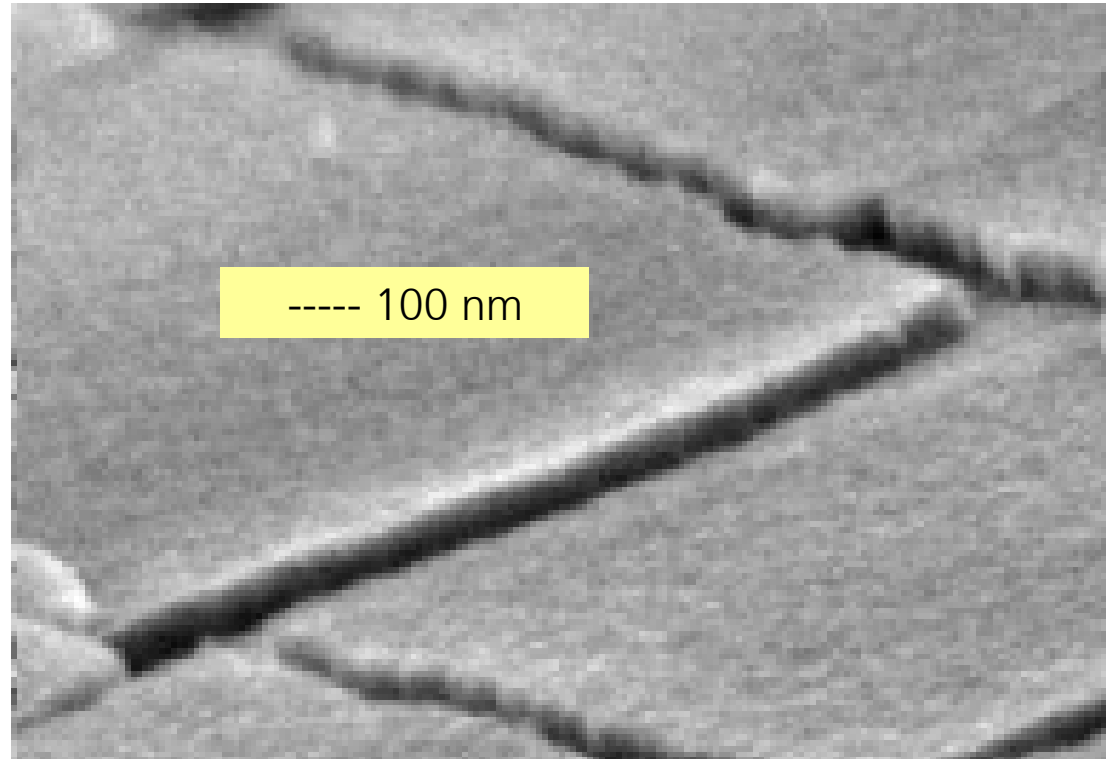
Al-Schicht, ca. 50 nm

SiO<sub>x</sub>-Schicht, ca. 60 nm

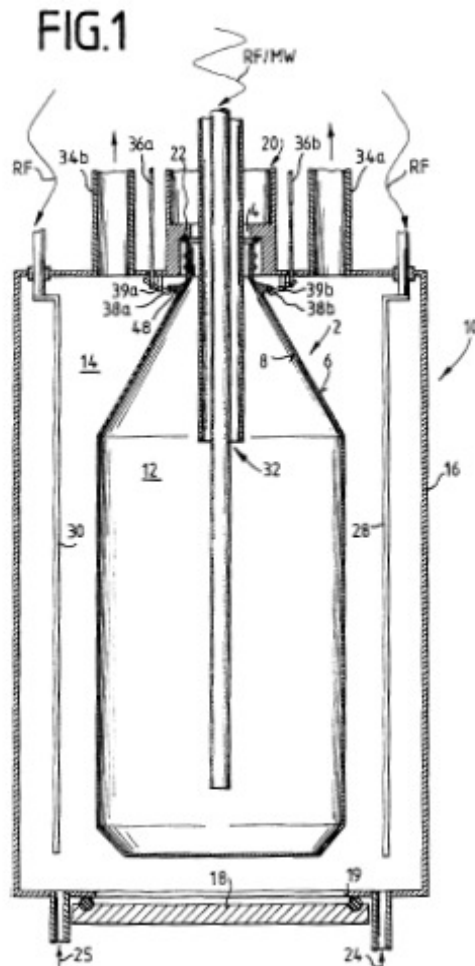
# Rissbildung in dünnen Schichten

---

Risse in einer aufgedampften Schicht aus  $\text{SiO}_x$ , hervorgerufen durch starke Dehnungsbeanspruchung



# Beschichtung von Behältern



EP 0 861 197 A2 (Applied Films)



Fraunhofer  
Institut  
Verfahrenstechnik  
und Verpackung



# Packmittel und Lebensmittelkontakt

Packmittel	nanoskalige Funktionselemente / Verarbeitung	Funktion	Kontakt mit Lebensmittel	Wahrscheinlichkeit für den Übergang von Partikeln / Größe
Behälter	Schichtsilikatpartikel (Montmorillonit, ...) in Polyamid-Matrix, Coextrusion	Barriere	indirekt, über Zwischenschicht	niedrig / einige nm x einige $\mu\text{m}$
	dünne anorganische Barrierschichten (a-Si-O-C-H, a-C-H), innen durch PECVD aufgetragen		direkt	niedrig bis hoch, abhängig von Schichthaftung und Füllgut / 10...40 nm / x einige $\mu\text{m}$



# Packmittel und Lebensmittelkontakt

Packmittel	nanoskalige Funktionselemente / Verarbeitung	Funktion	Kontakt mit Lebensmittel	Wahrscheinlichkeit für den Übergang von Partikeln / Größe
Verbundfolie	Schichtsilikatpartikel in polymerer Matrix, Coextrusion	Barriere	indirekt, über Zwischenschicht	niedrig / einige nm x einige $\mu\text{m}$
	s.o., Extrusion und Kaschieren			sehr niedrig /
	s.o., Lackieren und Kaschieren			einige nm x einige $\mu\text{m}$ /
	dünne Schichten (PVD: Al, $\text{AlO}_x$ , $\text{SiO}_x$ ), Kaschieren			30 ... 80 nm x einige $\mu\text{m}$



## Mögliche zukünftige Anwendungsformen, relevant für den Lebensmittelkontakt

---

- Kohlenstoff-Nanoröhren, thermoplastisch in Polyester-Matrix eingearbeitet für verbesserte IR-Absorption und Wärmeleitung (Verkürzung der Zykluszeiten beim Streckblasen)
- Nanopartikel (z.B. Ag) für antimikrobielle Ausrüstung von Kunststoffoberflächen (Einarbeitung in Lacke und thermoplastische Kunststoffe)
- Nanopartikel (Schichtsilikate) für Sorption von Wasserdampf (Einarbeitung in Lacke und thermoplastische Kunststoffe)

## Schlussfolgerungen und Prioritäten

---

Der Einsatz von Packstoffen mit nanoskaligen Funktionselementen ist schon lange Realität.

Die Freisetzung von Partikeln aus dünnen Schichten und polymeren Matrices und das Vorkommen von Partikeln in Lebensmitteln und Simulanzen wurde kaum untersucht.

Die Wissensbasis muss in den folgenden Gebieten deutlich vergrößert werden:



## Schlussfolgerungen und Prioritäten

---

- i. Nachweis von praxisrelevanten Nanopartikeln in unterschiedlichen Lebensmittel-Matrices
- ii. Mechanismen der Delamination und Freisetzung von Partikeln bei dünnen anorganischen Barrierschichten
- iii. Bindung und Freisetzung bei praxisrelevanten Nanopartikeln in polymeren Matrices
- iv. Durchdringen von Partikeln durch Polymerschmelzen