
"Perspektiven der Nanotechnologie für verpackte Lebensmittel"

Sven Sangerlaub*

BÖLW Fachtag: Nanotechnologie in der Lebensmittelwirtschaft
Berlin 27. Juni 2008



Fraunhofer Institut
Verfahrenstechnik
und Verpackung



* E-Mail: svn.saengerlaub@ivv.fraunhofer.de

Inhaltsverzeichnis

- 1. Überblick zu Nanotechnologie**
- 2. Nanotechnologie im Lebensmittelbereich**
- 3. Nanotechnologie in Lebensmittel-Verpackungen**
- 4. Zusammenfassung**

Inhaltsverzeichnis

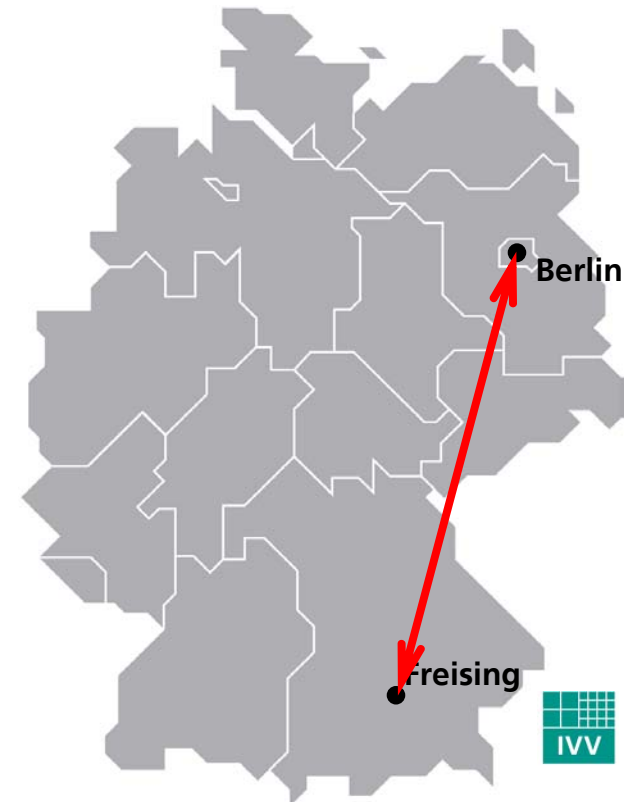
- 1. Überblick zu Nanotechnologie**
2. Nanotechnologie im Lebensmittelbereich
3. Nanotechnologie in Lebensmittel-Verpackungen
4. Zusammenfassung

Nano - Größenvergleich

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$



**Bereich der Nanotechnologie:
1 bis 100 nm in mindestens einer
Dimension**



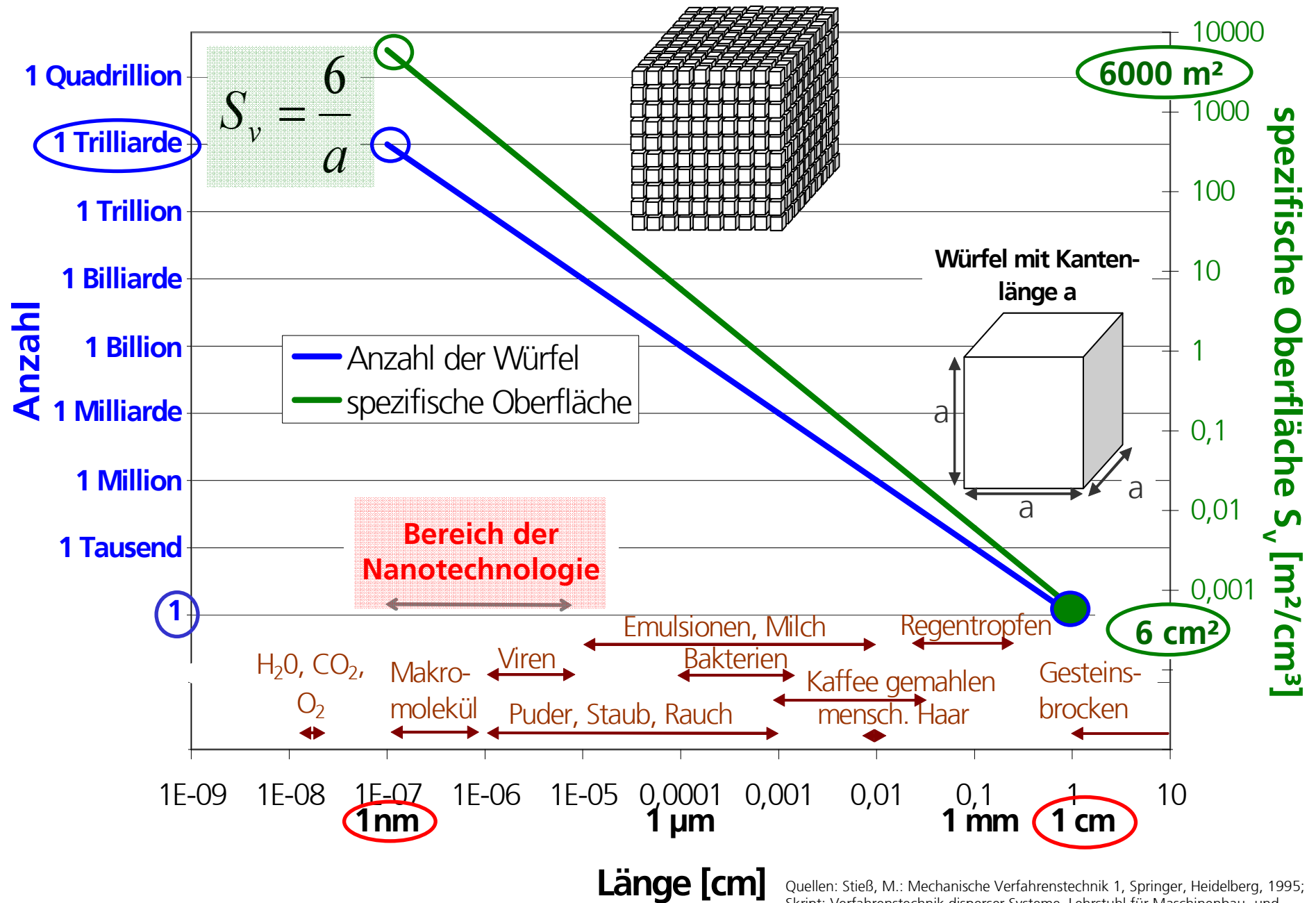
Fingernageldicke: ca. 500 μm

Strecke Freising - Berlin: ca. 500 km

Nano - Größenvergleich

1 nm = 10⁻⁹ m

Durchschnittsmensch:	1,75 · 10 ⁹	nm	=	1,75	m
Durchmesser eines Haares:	7,5 · 10 ⁴	nm	=	75	µm
Auflösungsvermögen des Auges:	1 · 10 ⁴	nm	=	10	µm
Rote Blutkörperchen:	5 · 10 ³	nm	=	5	µm
Transistor:	90	nm			
Durchmesser Kohlenstoff-Nanoröhrchen:	1,3	nm			
Wasserstoffatom:	0,1	nm			



Quellen: Stieß, M.: Mechanische Verfahrenstechnik 1, Springer, Heidelberg, 1995;
Skript: Verfahrenstechnik disperser Systeme, Lehrstuhl für Maschinenbau- und
Apparatekunde TUM Weihenstephan, 2007

Warum ist Nanotechnologie so interessant?

Veränderte Eigenschaften im nanoskaligen Größenbereich

- Quantenmechanisches Verhalten:
 - *Transparenz, Härte, Leitfähigkeit*
- Oberflächenvergrößerung:
 - *Reaktivität, Schmelzpunkt, Katalyse*
- Miniaturisierung und Dünnschichttechnologien möglich:
 - *Sensortechnik, Oberflächenfunktionalisierung*

/2207/

Nano- technologie

Wirkstoffsuche
Synthese/Katalyse
Sensoren
Prozessüberwachung

Chemie

Diagnostik
Therapie
Wirkstoff-Freisetzung
Tissue Engineering

Medizin/Gesundheit

Verbraucher

Kosmetik
Sonnenschutz
antimikrobielle Textilien
Verpackungen

Elektronisches Papier
Displays (OLED, FED)
Polymerelektronik
Speicher (GMR)
Sensoren
Biochips
Passivierung

Elektronik
I&K
Druck

Umwelt

Abwasserreinigung
Photokatalyse
Umweltüberwachung

Ophthalmik
Entspiegelung
Photonik
Wellenleiter
optische Speicher
Lichttechnik

Optik

Automobil

Kratzfeste Decklacke
Leichtbau (Schäume, Polymere)
Verschleißung
Korrosionsschutz
Sensoren
Katalyse (Verbrennung, Abgas)

Energie

Batterien, Superkondensatoren
Brennstoff- und Solarzellen
Thermische Kraftwerke
IR-Reflexion/Verschleißung

Bauindustrie

saubere Oberflächen
schaltbare Verschleißung
Wärmedämmung
Korrosionsschutz

Sicherheitsaspekte: Forschungsförderung der EU

Laufende und abgeschlossene Projekte (FP5 und FP6):

- **Nano-Pathology** (The role of nano-particles in material-induced pathologies).
- **Nanoderm** (Quality of skin as a barrier to ultra-fine particles).
- **Nanosafe** (Risk assessment in production and use of nanoparticles with development of preventive measures and practice codes).
- **Cellnanotox** (Cellular Interaction and Toxicology with Engineered Nanoparticles).
- **Dipna** (Development of an Integrated Platform for Nanoparticle Analysis to verify their possible toxicity and the eco-toxicity).
- **Impart** (Improving the understanding of the impact of nanoparticles on human health and the environment).
- **Nanointeract** (Development of a platform and toolkit for understanding interactions between nanoparticles and the living world).
- **Nanosh** (Inflammatory and genotoxic effects of engineered nanomaterials).
- **Particle-Risk** (Risk Assessment of Exposure to Particles).
- **Nanosafe2** (Safe production and use of nanomaterials).
- **Nanotransport** (The Behaviour of Aerosols Released to Ambient Air from Nanoparticle Manufacturing - A Pre-normative Study).
- **Saphir** (Safe, integrated & controlled production of high-tech multifunctional materials and their recycling).
- **Nanocap** (Nanotechnology capacity building NGOs).
- **Nanotox** (Nano-Particle Characterization and Toxicity).

Sicherheitsaspekte: Forschungsförderung der EU

Laufende und abgeschlossene Projekte (FP5 und FP6):

- **Nano-Pathology:** www.nanopathology.it
- **Nanoderm:** www.uni-leipzig.de/~nanoderm/
- **Nanosafe:** www.nanosafe.org
- **Cellnanotox:** www.fp6-cellnanotox.net/index.html
- **Dipna:** www.dipna.eu
- **Impart:** www.temas.ch/Impart/ImpartProj.nsf/fmPubsByType?ReadForm&count=12&lang=en
- **Nanointeract:** www.nanointeract.net/
- **Nanosh:** www.ttl.fi/Internet/partner/Nanosh/
- **Nanosafe2:** www.nanosafe.org
- **Nanocap:** www.nanocap.eu/Flex/Site/Page.aspx?PageID=&Lang=
- **Nanotox:** cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FP6_PROJ&ACTION=D&DOC=1&CAT=PROJ&QUERY=1_194423998403&RCN=83326

Umfangreiche Forschungsaktivitäten im Bereich „Sicherheitsaspekte von Nanotechnologie“.

Quelle: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/final-version.pdf>



Weitere Informationen

Bundesministerium für Bildung und Forschung

<http://www.nanotruck.net/>

<http://www.bmbf.de/de/nanotechnologie.php>

<http://www.nanoreisen.de/>

Europäische Kommission

<http://cordis.europa.eu/nanotechnology/>

<http://www.nanoforum.org/>

VDI Technologiezentrum

<http://www.techportal.de/>

Bundesinstitut für Risikobewertung

<http://www.bfr.bund.de>

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI)

<http://www.vci.de/>

DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

<http://www.din.de>

Inhaltsverzeichnis

1. Überblick zu Nanotechnologie
- 2. Nanotechnologie im Lebensmittelbereich**
3. Nanotechnologie in Lebensmittel-Verpackungen
4. Zusammenfassung

Lebensmittel mit „natürlichen Nanopartikeln“: Milch

Milch:

Wasser
+
Fettkügelchen
~ 1 bis 5 μm
+
Casein
~ **100 nm**
+
Molkenproteine
~ **3 nm**
+
Lactose
+
Salze



Nanopartikeln im Lebensmittelbereich

Für eine Anwendung von Nanotechnologie / Nanopartikeln kommen in Betracht:

Lebensmittel

- **Organische Verbindungen** als Trägerstoffe (z.B. für Zusatzstoffe, Aromen, Vitamine, Enzyme) mit Molekülgröße im Nanometer-Bereich
- **Anorganische Verbindungen** wie z.B. einige Lebensmittelzusatzstoffe

Materialien, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen

- Verpackungsmaterialien
- Materialien, die bei Herstellung, Verarbeitung und Transport mit Lebensmitteln in Kontakt kommen

Unterscheidung zwischen freien und an Oberflächen gebundenen Nanopartikeln

Nanoskalige anorganische Verbindungen und Lebensm.

Substanzen wie z.B. Siliziumdioxid (SiO_2) und Titandioxid (TiO_2), die auch als Lebensmittelzusatzstoffe (E 551 und E 171) verwendet werden, können bei entsprechender Partikelgröße unter die Definition von Nanopartikeln fallen.

Siliciumdioxid

- Hinweise, dass SiO_2 -Nanopartikel Ketchup zugesetzt werden.
- Wird von Herstellern z.B. unter der Bezeichnung „Pyrogene Kieselsäure“ angeboten, wobei unter anderem auch Lebensmittel als Anwendungsbereich genannt ist.
- **Tatsächliche oder potentielle Anwendungen?**

Rainer Gürtler, 22.03.2006, Fortbildung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst

Quelle: <http://www.bfr.bund.de>^{12896\}

K.-H. Haas, Fraunhofer ISC, 2008



Nanotechnologie im Lebensmittelbereich

Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V.

Sachstands- und Positionspapier „Nanotechnologie im Lebensmittelbereich“, April 2008

„Marktreife und marktbedeutende Lebensmittel für Endverbraucher, die mit Hilfe von Nanotechnologien oder Nanomaterialien hergestellt werden, gibt es aktuell nicht.“

Quelle: <http://www.bll.de/download/positionspapiere/sachstand.pdf>

Inhaltsverzeichnis

1. Überblick zu Nanotechnologie
2. Nanotechnologie im Lebensmittelbereich
- 3. Nanotechnologie in Lebensmittel-Verpackungen**
4. Zusammenfassung

Warum müssen Lebensmitteln geschützt werden?

Qualitätsabbau von Lebensmitteln - Wichtige negative Einflüsse:

- mikrobielles Wachstum
- Wasserhaushalt: Wasseraufnahme, Wasserverlust
- Sauerstoffhaushalt: Sauerstoffaufnahme, Sauerstoffmangel
- Lichteinfluss: sichtbares Licht, UV-Licht

Qualitätsabbau von Lebensm., **Schädigungsmechanismen**

- trockene fetthaltige Lebensmittel (z. B. Snacks, Trockensuppen, Getreideerzeugnisse, Müsli): **Fettoxidation, Wasseraufnahme**
 - trockene fettarme Lebensmittel (Trockenbackwaren): **Wasseraufnahme**
 - kompakte fetthaltige Lebensmittel (Pflanzenöle, Butter, Margarine, Schokoladen, Süßwaren, Ölsamenkerne): **Fettoxidation, Wasseraufnahme**
 - flüssige wasserhaltige Lebensmittel (Fruchtsaft, Softdrinks): **Aromaverlust, Wasserverlust, Vitaminabbau, Farbveränderungen**
 - Molkereiprodukte (Käsesorten, Milchsorten, Joghurt): **Mikroorganismenwachstum, Wasserverlust, Fehlaromen (Lichtgeschmack)**
 - Fertiggerichte: **Mikroorganismenwachstum, Wasserverlust, Fettoxidation**
 - Fleischprodukte, zubereitet: **Mikroorganismenwachstum, Wasserverlust, Fettoxidation, Farbveränderungen**
 - Tiefkühlprodukte (fettfrei, fetthaltig, ...): **Wasserverlust, Fettoxidation**
 - pflanzliche Frischprodukte (Obst, Gemüse): **Mikroorganismenwachstum, Wasserverlust, Konsistenzverlust**
 - Frischfleisch: **Farbveränderungen, Mikroorganismenwachstum**
-

Quelle: H.-C. Langowski, TUM Weihenstephan / Fraunhofer IVV, 2008



Nanotechnologie in Lebensmittel-Verpackungen

Verpackungen schützen Lebensmittel. Nanotechnologie in Verpackungen kann einen zusätzlichen Schutz gewährleisten und helfen Material einzusparen:

Bereits in Anwendung:

- Barriere-Verbesserung
- Lichtschutz
- Antimikrobielle Eigenschaften

In Entwicklung:

- Aktive Funktion - Sauerstoffabsorption
- Antihafschichten

Barriereverbesserung durch Vakuumbedampfung

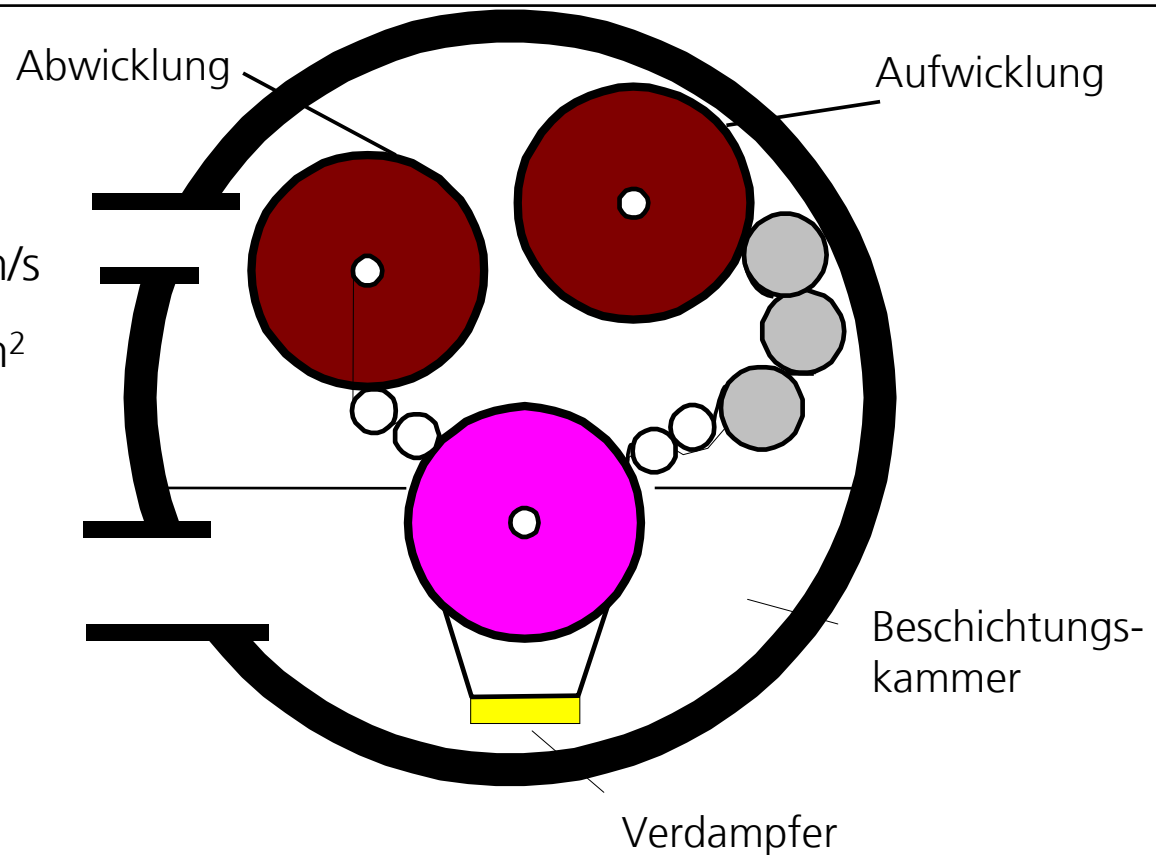
Prozessparameter

- Folienbreite: bis 4 m
- Bahngeschwindigkeit: bis 17 m/s
- Kapazität p.a. (PET-Al): 500 km²

Anwendung im Verpackungsbereich seit 30 bis 40 Jahren!

Größte Anwendung für Nanotechnologie bei Verpackungen.

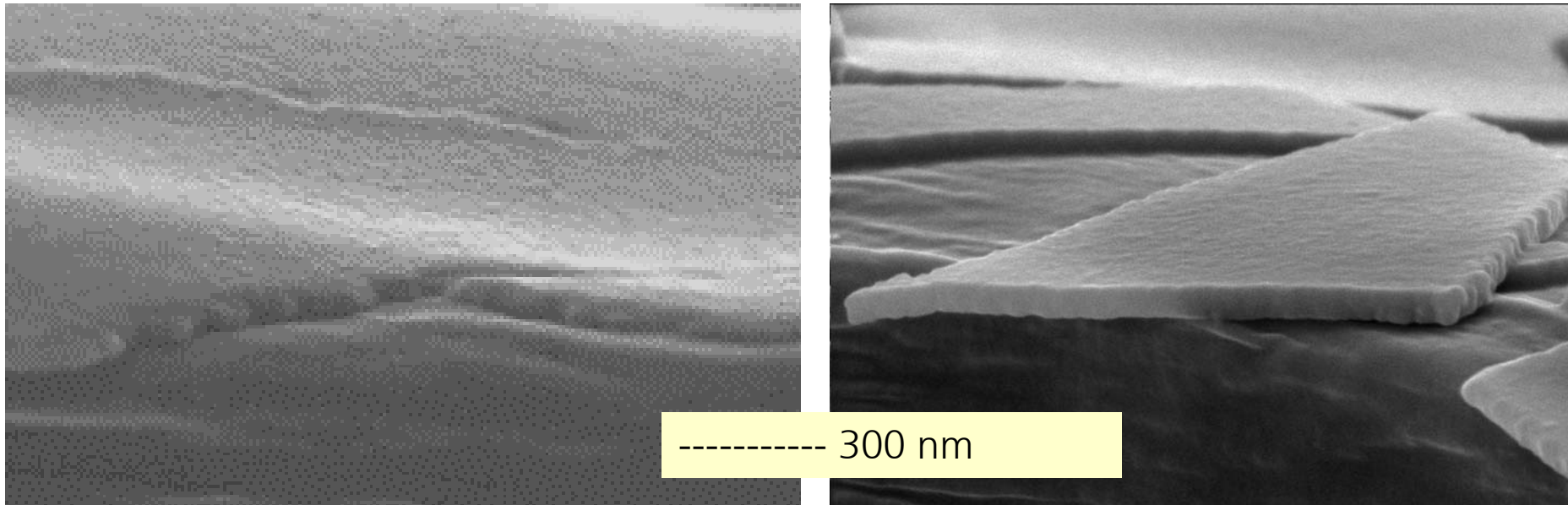
Weltweite Produktion p.a.: Aluminium ca. 15.000 km²
Oxide (SiO_x, AlO_x, ..) ca. 500 km²



Barriereverbesserung durch Vakuumbedampfung

Nanoskaligen Schichten aus anorganischen Barrierematerialien

Cryo-Querbruchpräparationen, aufgenommen im hochauflösenden REM

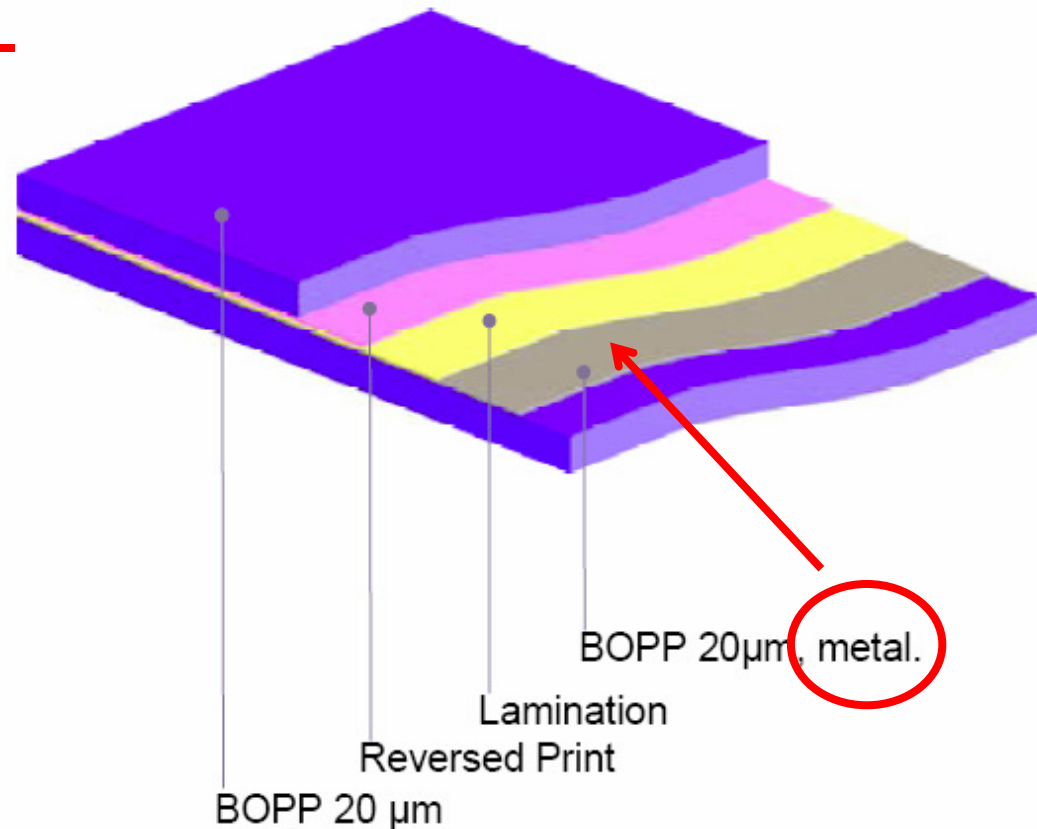


**Al-Schicht, ca. 50 nm
auf PET-Folie**

**SiO_x-Schicht, ca. 60 nm
auf PET-Folie**

Barriereverbesserung durch Vakuumbedampfung

Aufgedampfte Barriere-Schicht wird zwischen Polymer-schichten eingeschlossen.

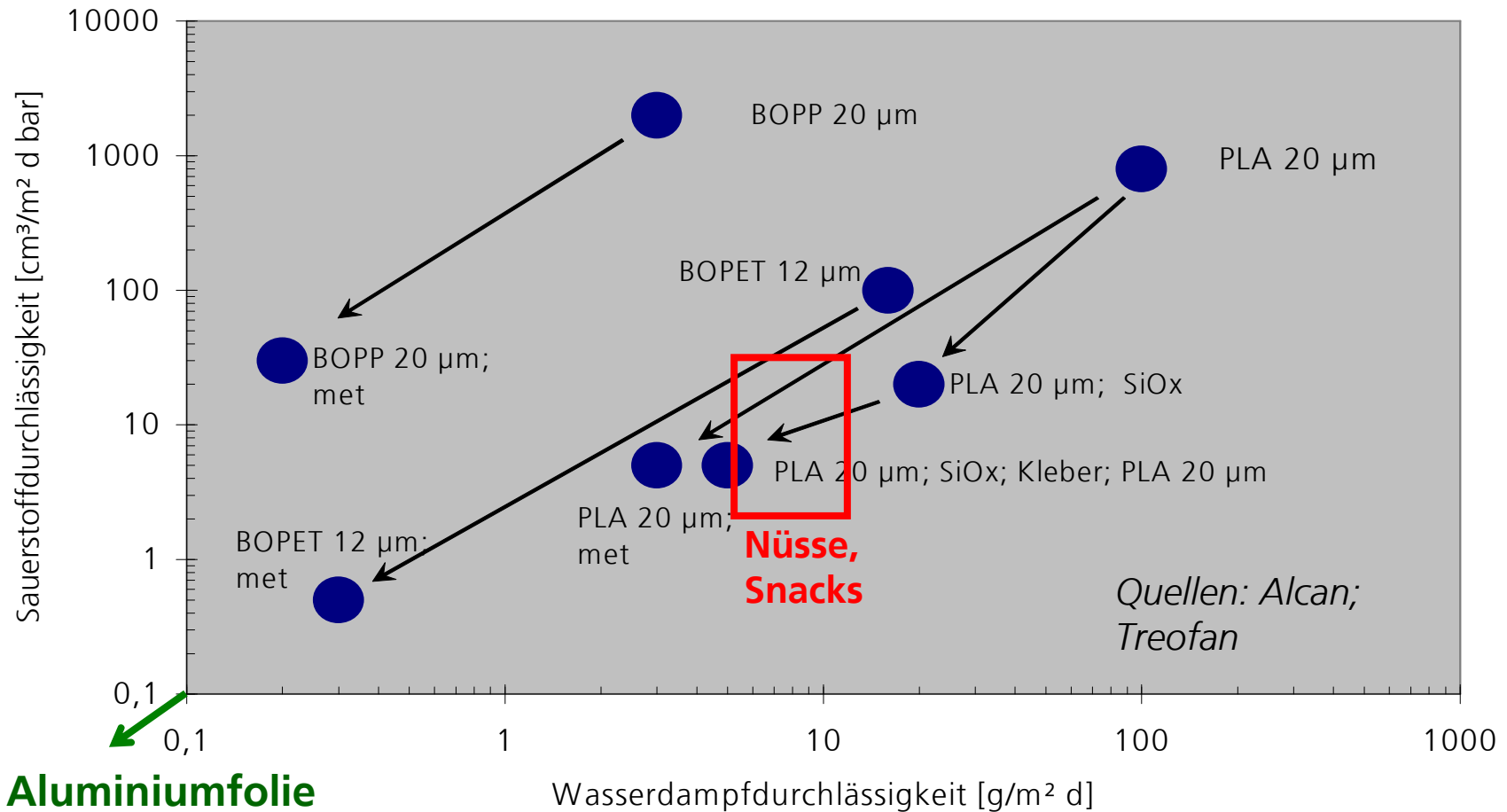


Quelle: Schlussbericht Verbundvorhaben:
„Umwelentlastung in der Produktion und Nutzung von
Verpackungen aus Verbundfolien durch Halbierung
des Materialeinsatzes“
gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2003 bis 31.05.2006

Folie für Chipsverpackung

Barriereverbesserung durch Vakuumbekämpfung

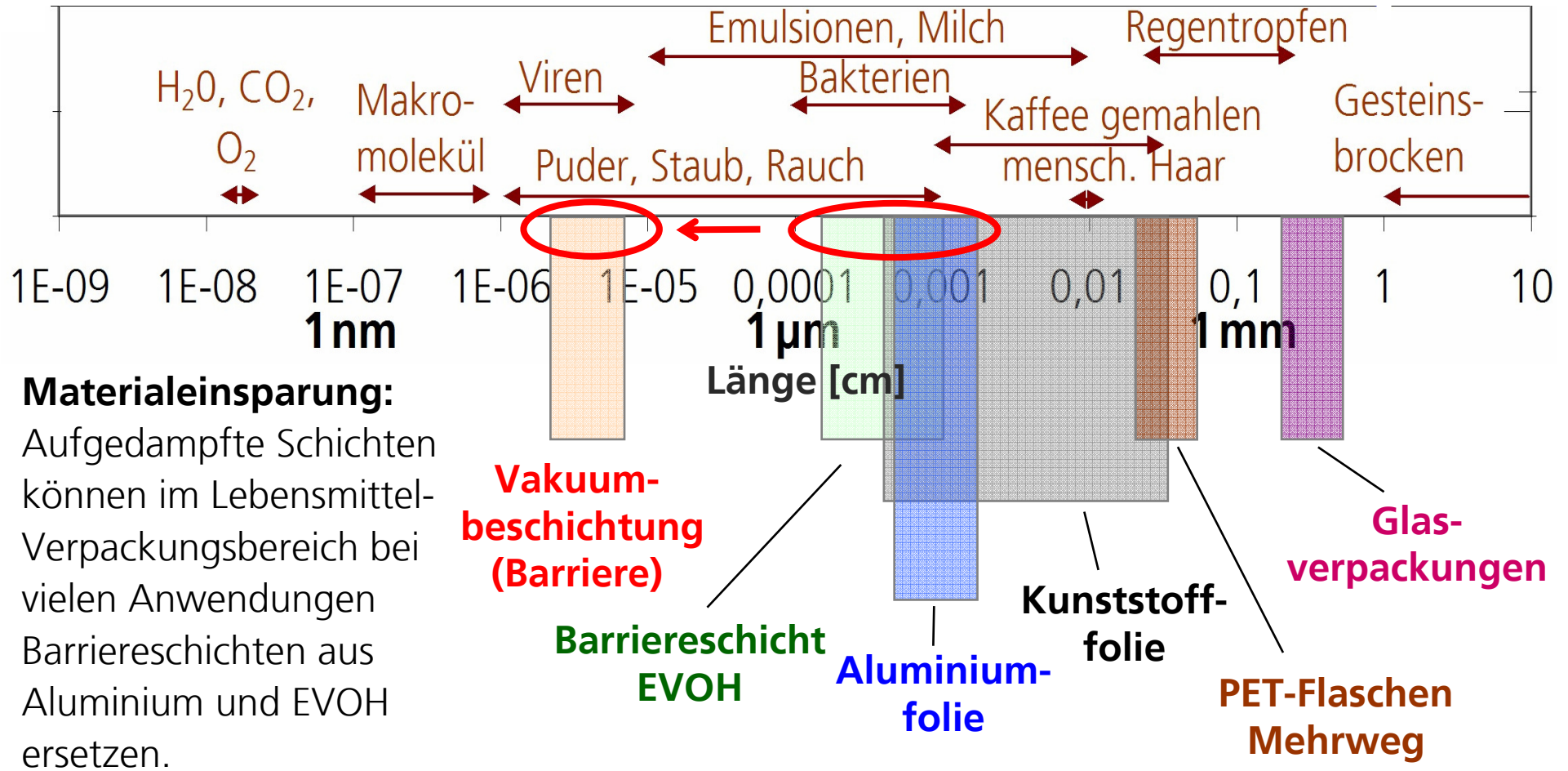
Barriereverbesserung um Faktor 100: Reduzierung Materialeinsatz



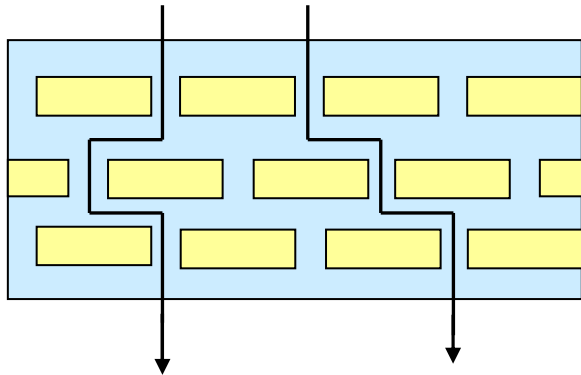
Aluminiumfolie



Barriereverbesserung durch Vakuumbeschichtung



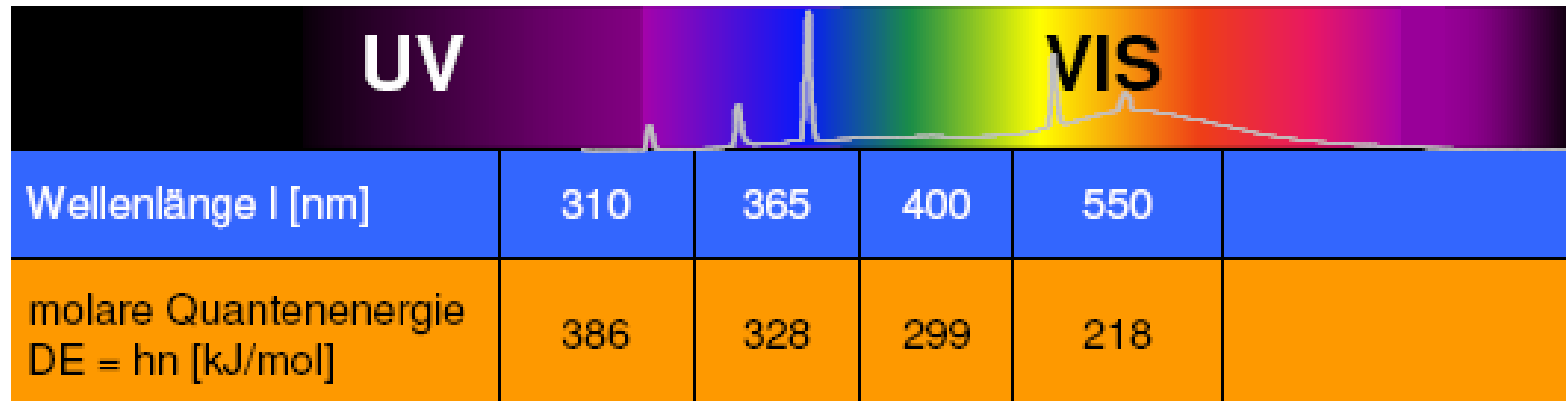
Barriereverbesserung durch Nanopartikeln



**Verlängerung der
Permeationswege durch gefülltes
Polymer mit nanoskaligen
Schichtsilikaten**

Nanopartikeln in Polymer eingebunden

UV-Schutz durch Nanopartikeln



**viele Lebensmittel reagieren empfindlich auf UV-Licht
→ Oxidationen**

Mögliche Maßnahme: UV-absorbierende Nanopartikeln in Kunststoffen, z.B. TiO_2 , ZnO

Nanopartikeln in Polymer eingebunden

Nanosilber

Nanopartikeln (z.B. Ag) für antimikrobielle Ausrüstung von Kunststoffoberflächen (Einarbeitung in Lacke und thermoplastische Kunststoffe)

Verbesserte antimikrobielle Wirkung:

Silber-Nanopartikeln in Kunststoffen → Energiestoffwechsel- und Reproduktionshemmung bei Mikroorganismen

Antihafschichten – Lotus-Effekt

Basiert auf:

- Nanorauheit (100 nm)
- Hydrophobe Oberfläche (Wachse)

} **Verringerung der Adhäsionskräfte**

Lotus-Effekt erfordert 3-Phasen-System:

- fest: „Lotusspitzen“
- gasförmig: Luft zwischen „Lotusspitzen“ → **Luft kann durch Flüssigkeiten verdrängt werden!**
- flüssig oder fest: Schmutzpartikeln

Antihafschichten – Hydrophobe Oberfläche

Lösungs-Ansatz: Nanoskalige hydrophobe Oberflächen

ohne Antihaf-
beschichtung



mit Antihaf-
beschichtung

Antihafschichten – Hydrophobe Oberfläche

Antihafschichten für Lebensmittelverpackungen:

- in Entwicklung
- bisher keine Anwendung im Lebensmittelbereich
- Konformitätstests im Fraunhofer IVV laufen – für die Anwendung müssen gesetzliche Vorgaben eingehalten werden.
- Einsatz in weiteren Verpackungen sinnvoll, für:
 - Reinigungsmittel
 - Chemikalien
 - Lacke und Farben

Herstellung von Sauerstoffabsorbern mit Nanotechnologie

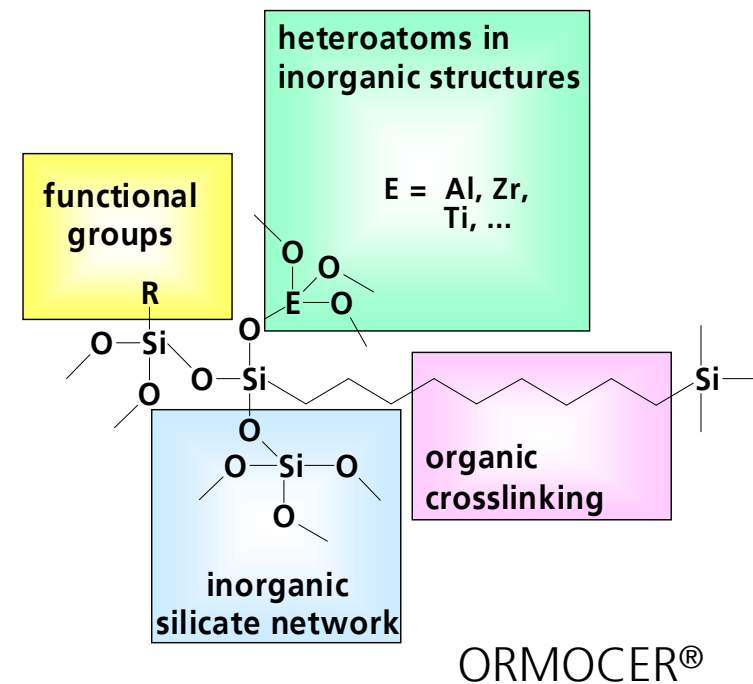
Sauerstoff-Absorber (engl.: oxygen-scavenger) binden Sauerstoff und stellen einen zusätzlichen Schutz für sauerstoffempfindliche Lebensmittel vor Sauerstoff dar.

Sie können andere Schutzmaßnahmen ergänzen:

- Verwendung von Barriereverpackungen
- Einsatz von Schutzbegasung

ORMOCER

- Sol-Gel-Verfahren
- Kombination der Eigenschaften organischer und anorganischer Gruppen
- Applikation z. B. als Lacke und **Sauerstoff-absorber** (Copolymer)
- nach der Applikation vernetzt das System kovalent



Quelle: Fraunhofer ISC

Zusammenfassung

Nanostrukturen und Nanopartikeln treten ubiquitär auf.

Bisher gibt es wenige fundierte Hinweise, dass Nanotechnologie bei der Herstellung von Lebensmitteln gezielt genutzt wird.

Nanoskalige Barrierschichten werden seit vielen Jahrzehnten für Lebensmittelverpackungen eingesetzt. Sie schützen Lebensmittel vor Verderb und führen zu Materialeinsparungen.

Sicherheitsaspekte spielen eine große Rolle bei der Bewertung von Nanotechnologie. Im Verpackungsbereich traten bisher keine Probleme mit Nanostrukturen oder Nanopartikeln auf.

In der Analytik – dem Nachweis von Nanopartikeln und der möglichen Migration von Nanopartikeln – besteht Forschungsbedarf.

*Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit.*

