
Minderung und Vermeidung von Gerüchen durch Baustoffe und Ausstattungen in Innenräumen

Fraunhofer-Institut Silicatforschung (ISC)

Dr. Gerhard Schottner, Geschäftsbereich Umwelt,
97082 Würzburg, Neunerplatz 2



Bilder: Fraunhofer ISC

© Fraunhofer

Fraunhofer-Institut für Silicatiforschung - Standorte

Fraunhofer ISC

3x in Bayern

1x in Baden-Württemberg

1x in Hessen

- Institute und Einrichtungen
- weitere Standorte



Fraunhofer ISC – Organisation



Fraunhofer ISC – Arbeitsschwerpunkte



Sol-Gel Verfahren – Keimbildung und Wachstum

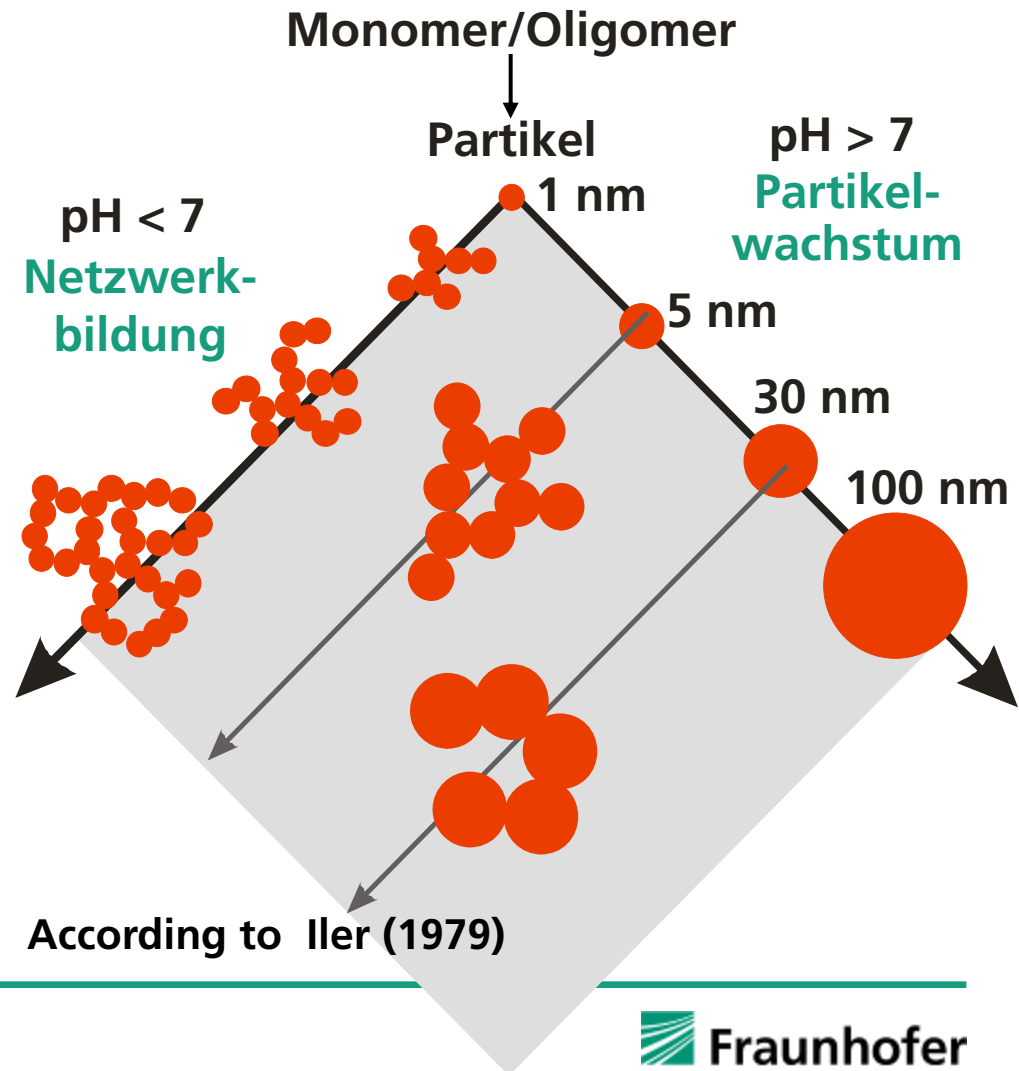
Wachstum von Partikeln und
Netzwerkbildung hängt stark
vom pH-Wert der Lösung ab

pH < 7

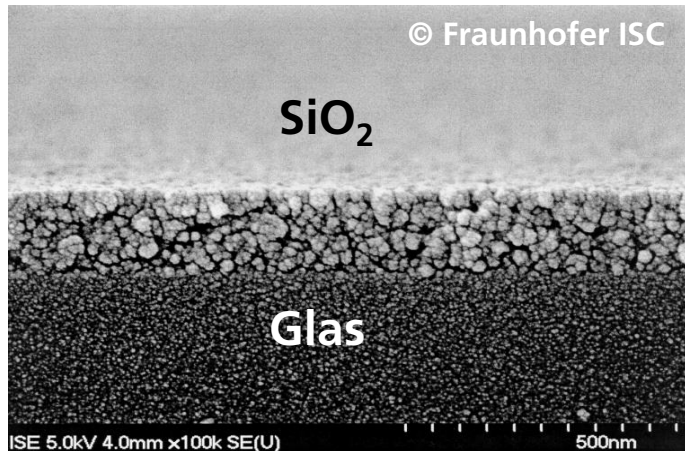
- **Gel-Bildung:** Bildung eines kontinuierlichen festen Netzwerks mit eingeschlossenem Lösemittel

pH > 7

- **Partikelwachstum:** kolloidale Lösungen (Sole)
- **Salze fördern die Aggregation** von Partikeln bei pH 7 - 10



Energieeffizienzsteigerung durch AR-Schichten



SEM image (100.000 x)

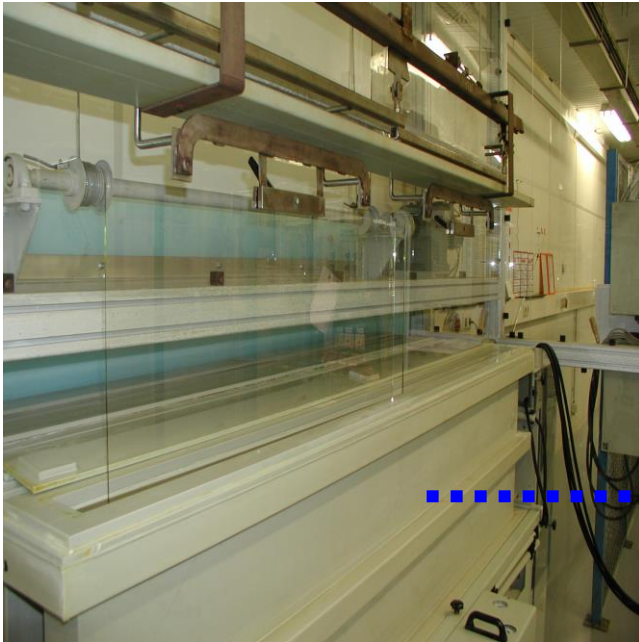
Schichtdicke	120 nm
Porosität	45 %
Brechzahl	1.24

Centrosolar Glas GmbH, Fürth
und Merck AG, Darmstadt

Steigerung der Energieeffizienz: 6 %/a
Solarthermie: 10 % / a

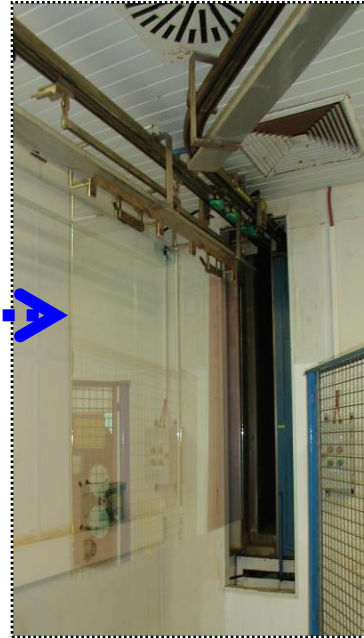


Industrielle Tauchbeschichtungsprozesse



Tauchen

1,25 x 2,00 m²



Trocknen

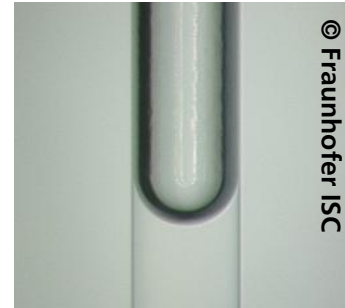


Tempern

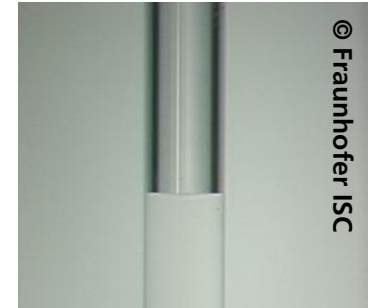
Niedrigenergieoberflächen



Hybride Schichten erzeugen extrem hydrophobe Glasoberflächen



**benetzbare
Oberfläche**



**nicht-benetzbare
Oberfläche**

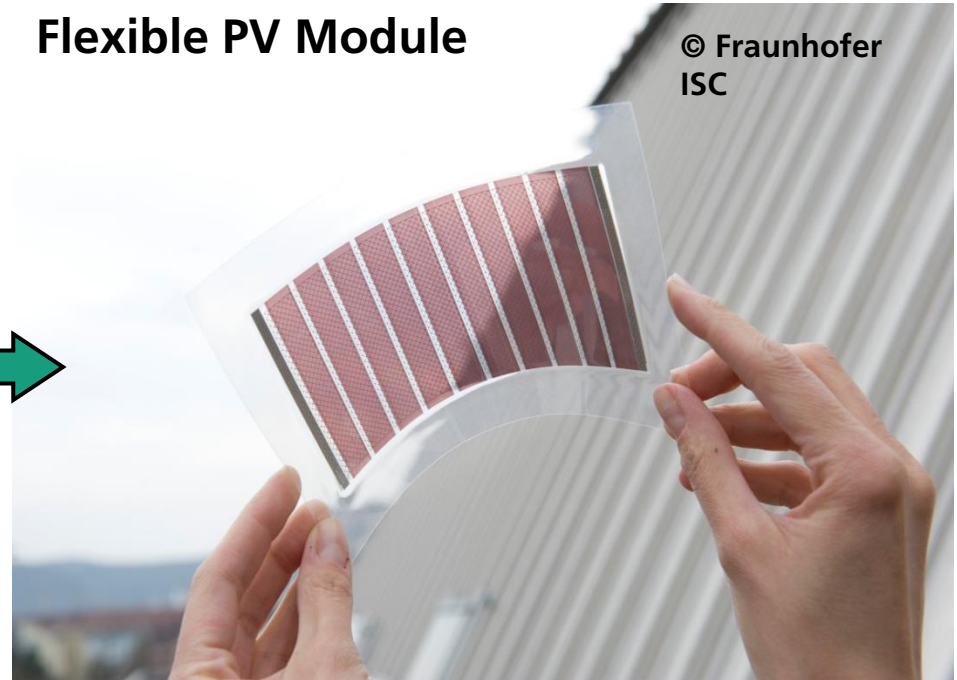


**Neue Thermometer ohne Quecksilber
durch nicht-benetzbare Glaskapillaren**

Produkt: Barrierefolien für Organische PV-Module



Flexible PV Module



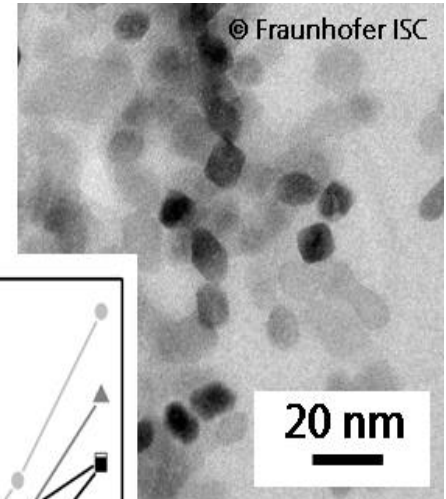
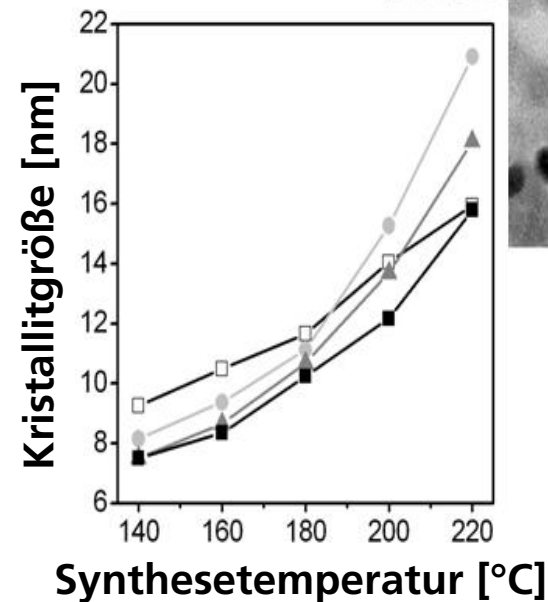
Lizenznehmer: Isovoltaic AG, Graz

Nanokristalline TiO₂-Dispersionen

Synthese von Gelen mit TiO₂-Nanopartikeln



- Anatas
- Steuerbare Partikelgröße
- Redispergierbar in Wasser oder Alkohol

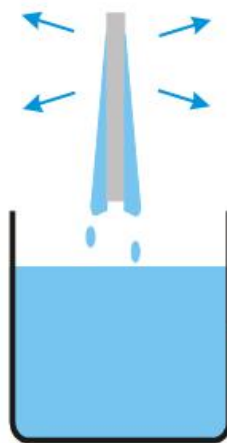


Poröse nanokristalline TiO₂-Schichten

Stabile Dispersionen von TiO₂-Nanopartikeln

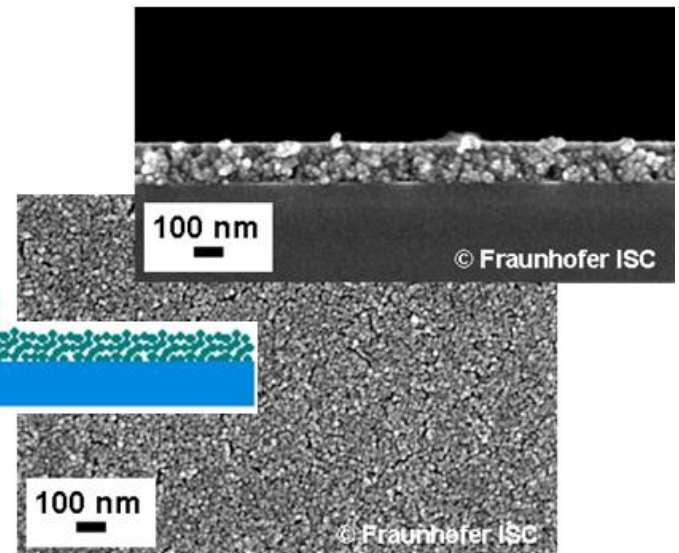


keine Sedimentation
variable Lösungsmittel
hochporöse Schichten

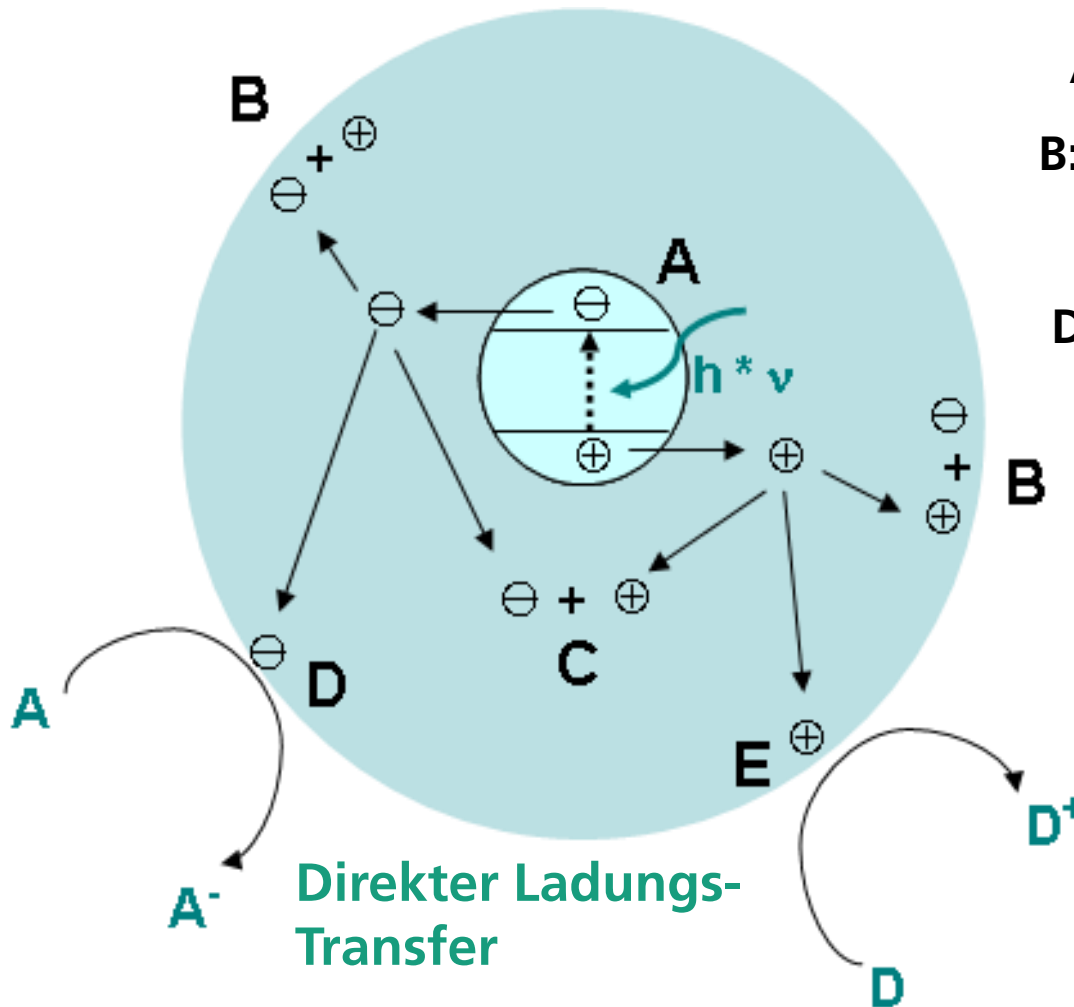


z.B. Tauchbeschichtung

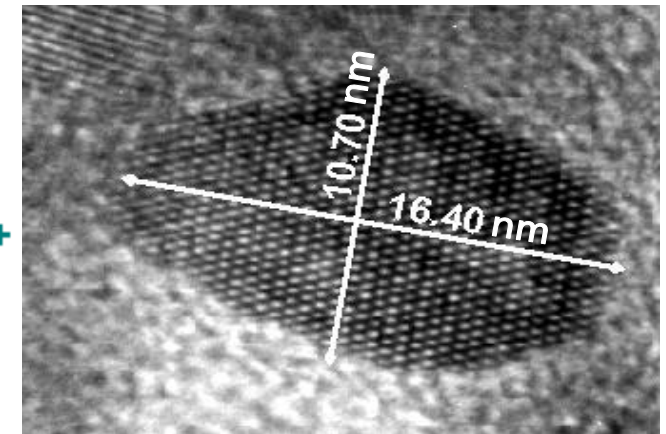
Poröse
Schichten



Der photokatalytische Effekt

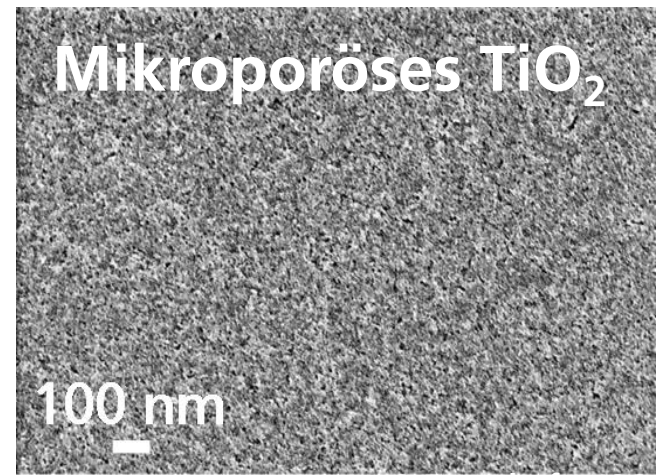
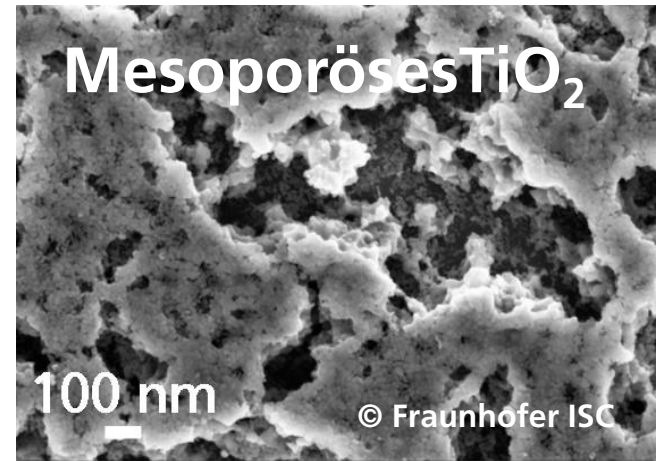
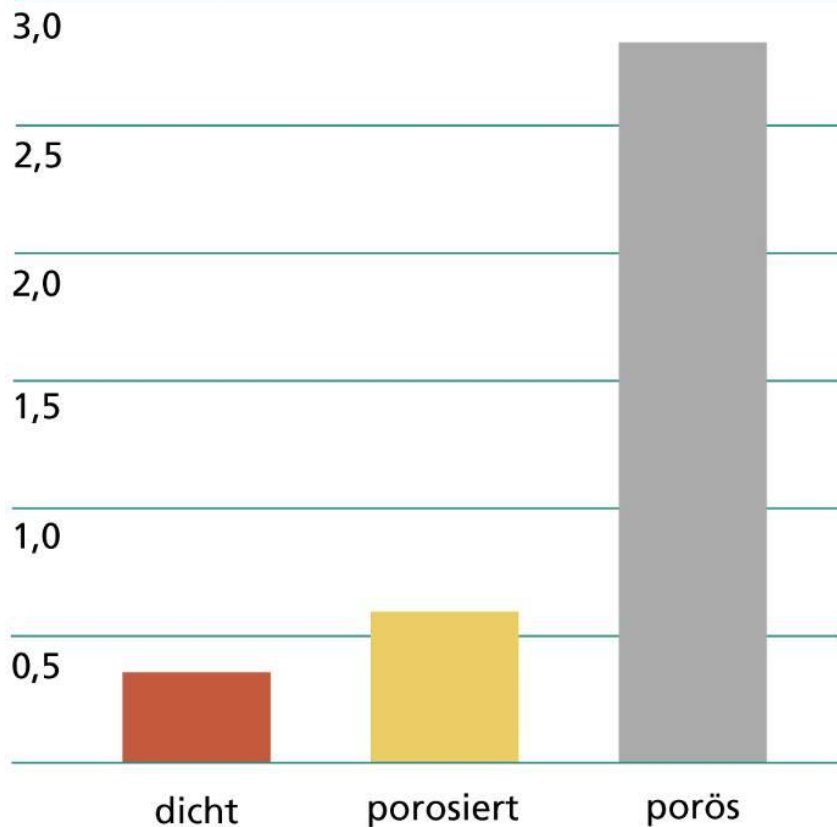


- A:** Ladungsträgererzeugung
- B:** Oberflächen-Rekombination
- C:** Interne Rekombination
- D:** Reduktion von Akzeptoren
- E:** Oxidation von Donoren



Photokatalytische Aktivität poröser TiO₂-Schichten

Photokatalytische Aktivität
Methanol-Abbau in E_{635 nm}



Kunststoffe mit photokatalytisch aktiver Oberfläche

Oberflächenmodifikation bei der Formgebung

- Armlehnen eines Gartenstuhls

links: beschichtet rechts: unbeschichtet

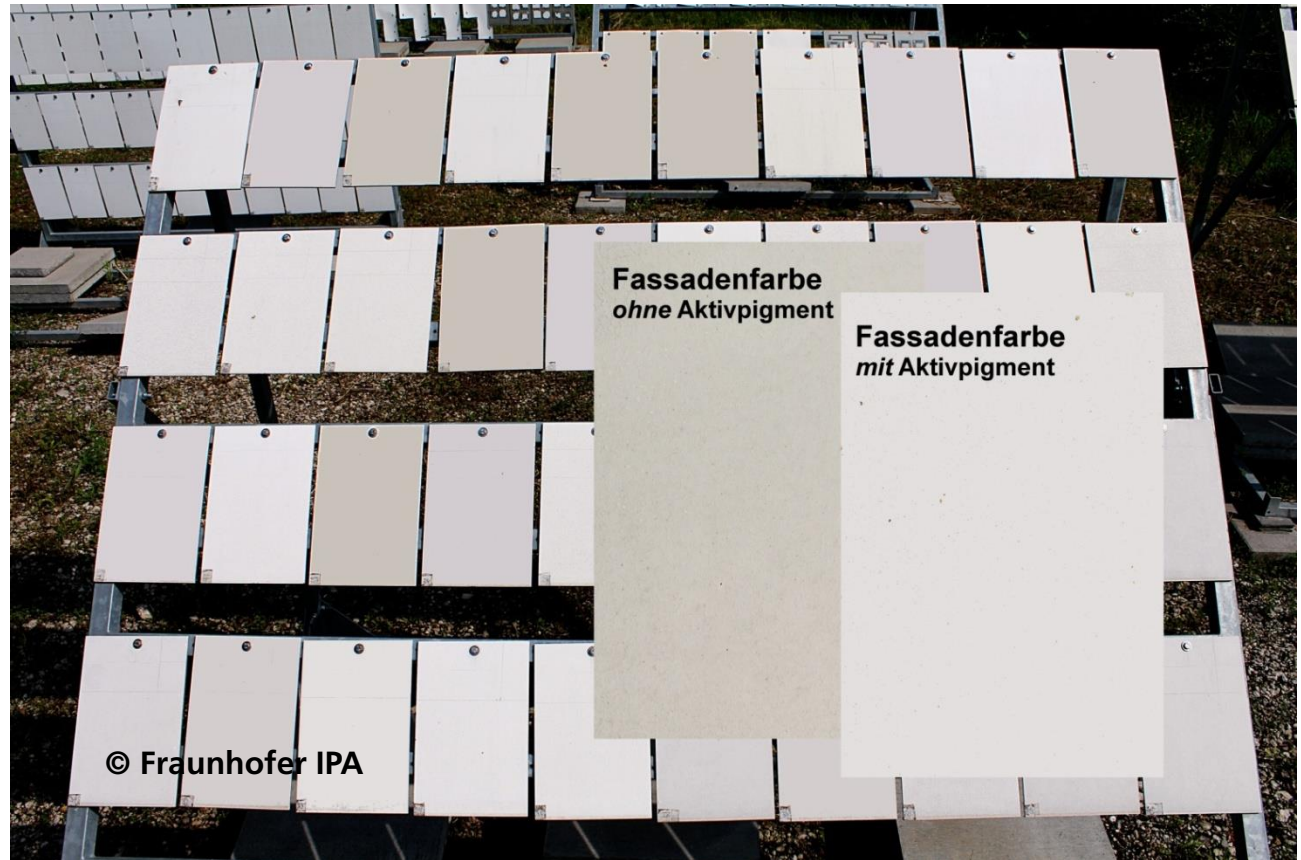
- Nach 2 Jahren Freibewitterung
- Reduziertes Algenwachstum
- Antimikrobielle Effekte
- Selbstreinigende Oberflächen



Fassadenbleche mit photokatalytisch aktiver Schicht

Bewitterungsbedingungen:

- 2 Jahre
- 45° Süd
- verkehrsreiche Straße in Stuttgart



Abbau organischer Substanzen im Innenbereich

Tageslicht

Dunkel

Methylen Blau

Kaffee

Olivenöl



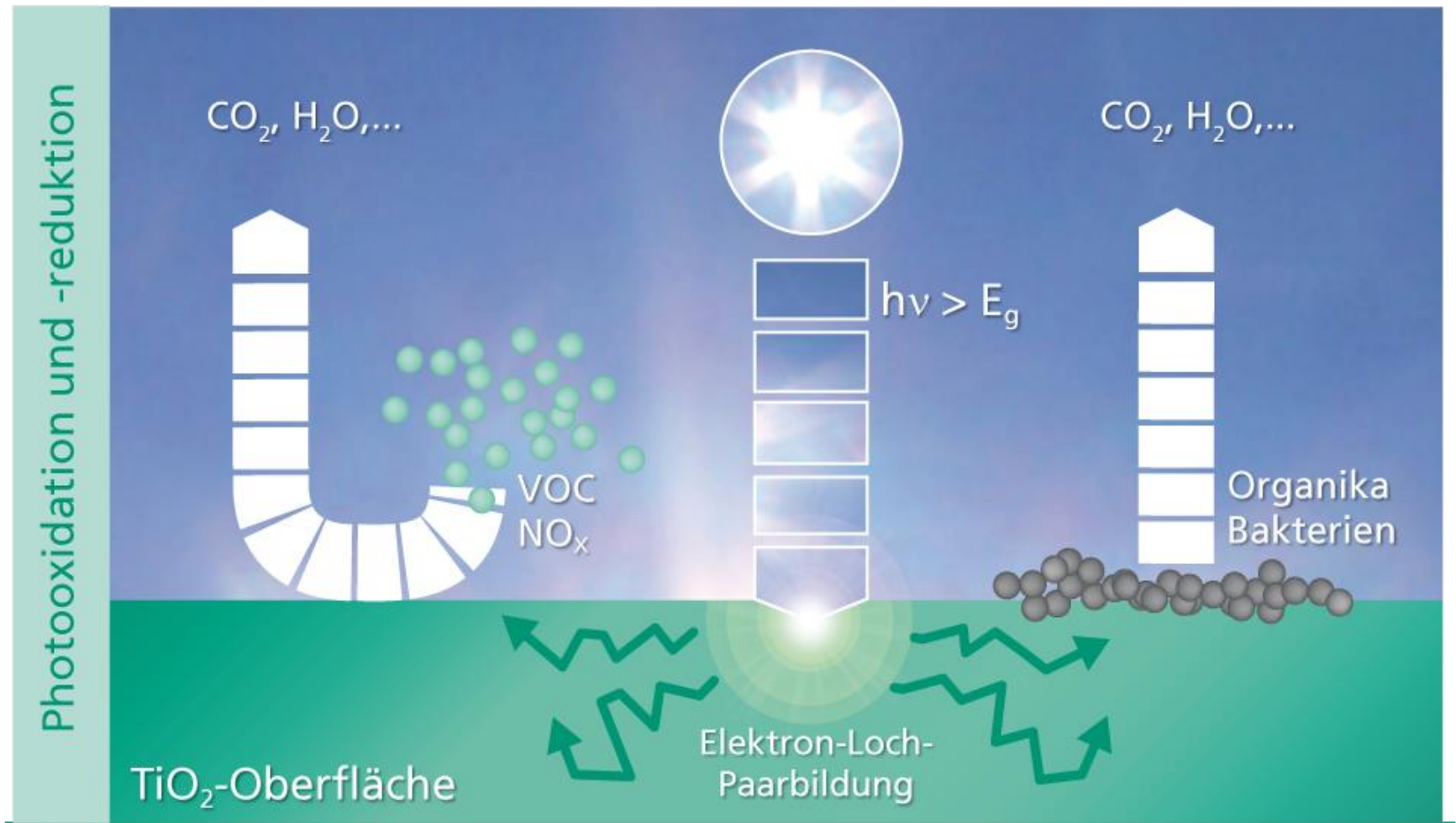
≈ 3 Jahre

3 m
Abstand
vom
Fenster

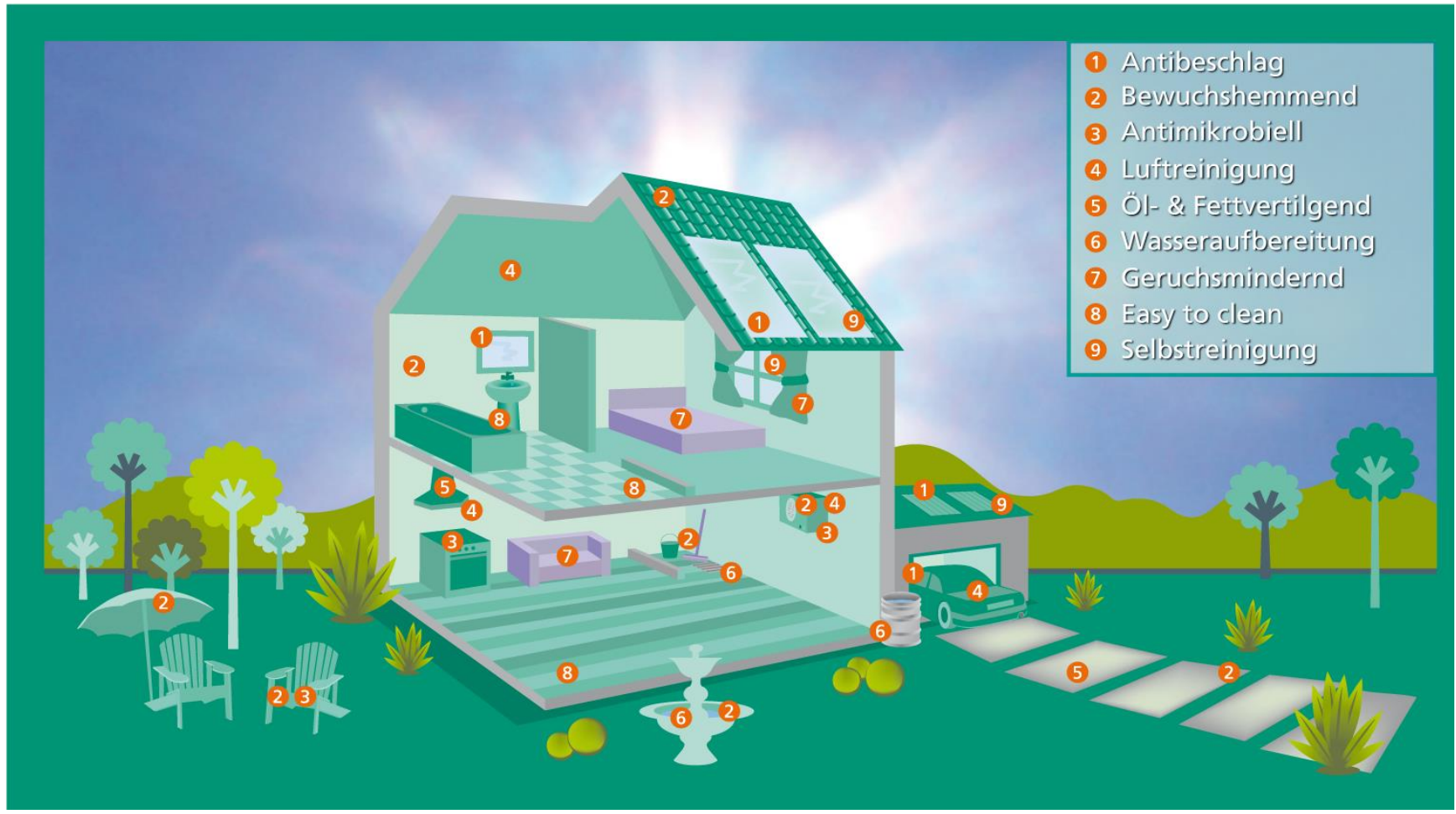
5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$

© Fraunhofer ISC

Reaktionsmechanismen bei der Photokatalyse



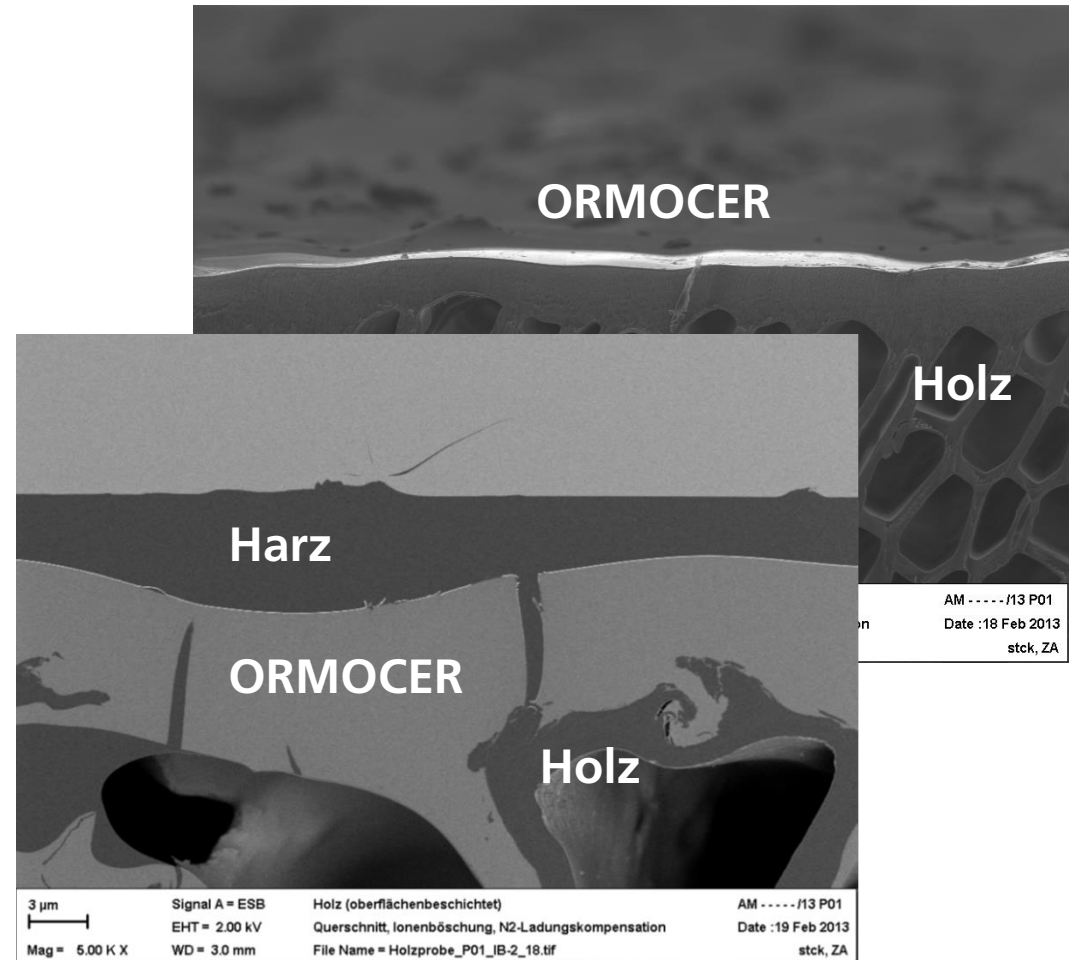
Anwendungsoptionen im Bereich Bauen und Wohnen



Hybride Beschichtungen (ORMOCERe) auf Holz

Rasterelektronenmikroskopie

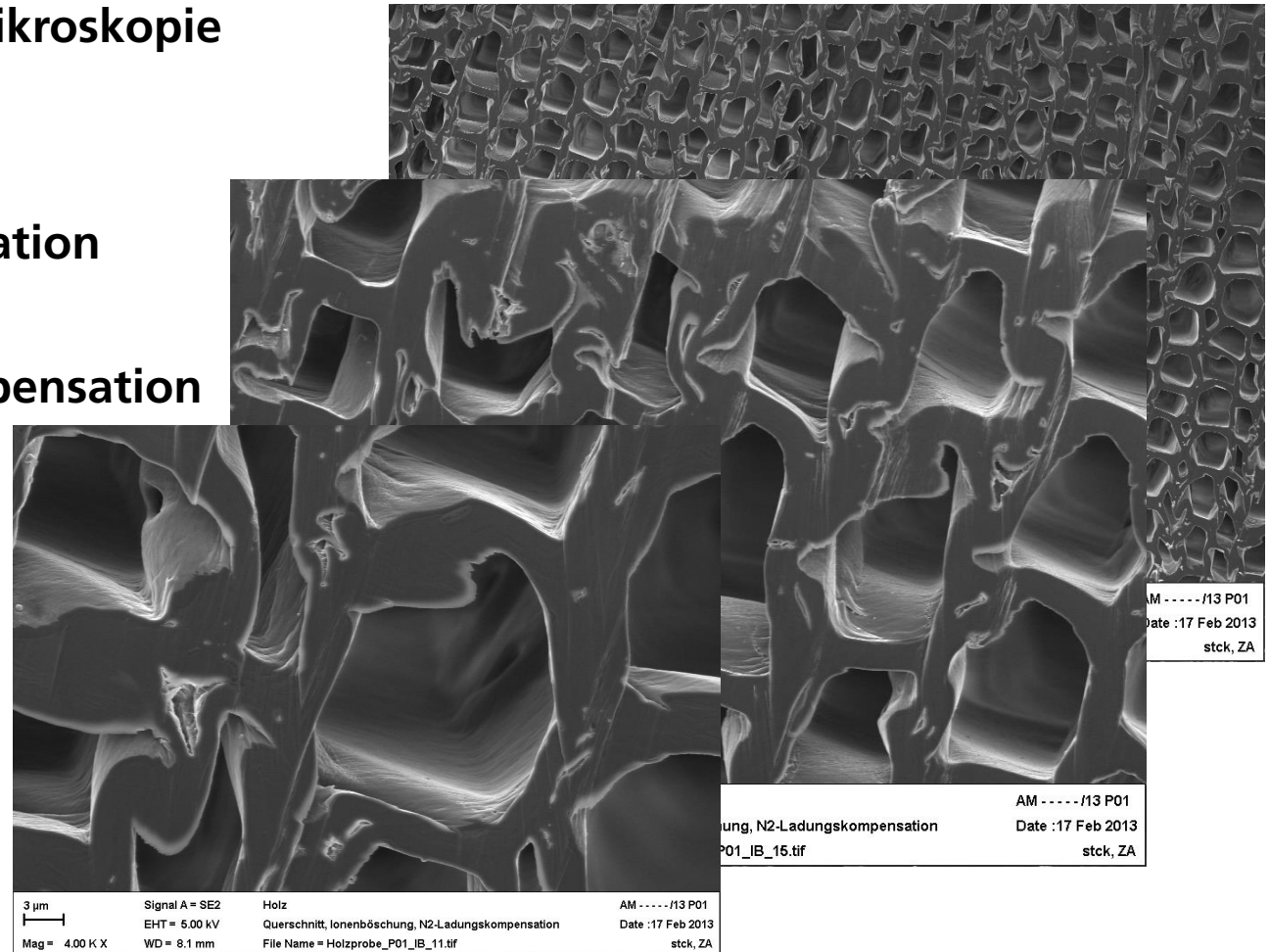
- Querschnitt
- Spezielle Präparation
- Ionenböschung
- N₂-Ladungskompensation



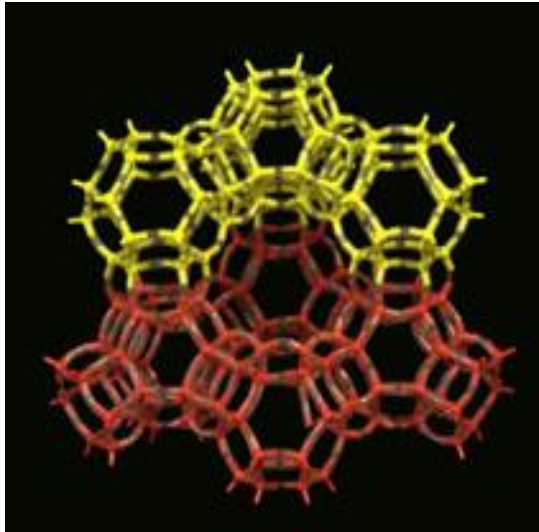
Analytik an Holzwerkstoffen

Rasterelektronenmikroskopie

- Querschnitt
- Spezielle Präparation
- Ionenböschung
- N₂-Ladungskompensation



Zeolithe und mesoporöse Materialien

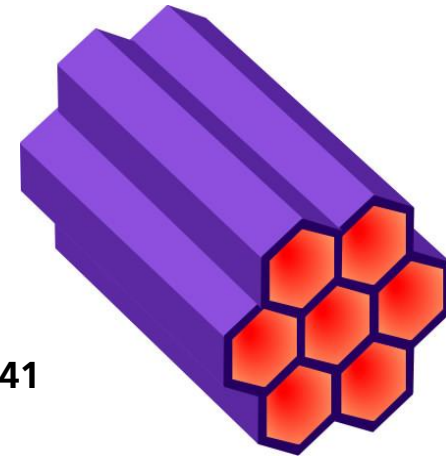


Zeolithe

Faujasite (FAU)

- Kristalline Aluminosilikate
- Definierte Porengrößen (< 1.3 nm)
- Spezifische Oberflächen (300 - 700 m² g⁻¹)
- Hohe thermische Stabilität (~ 1000 °C)

Mesoporöse Materialien

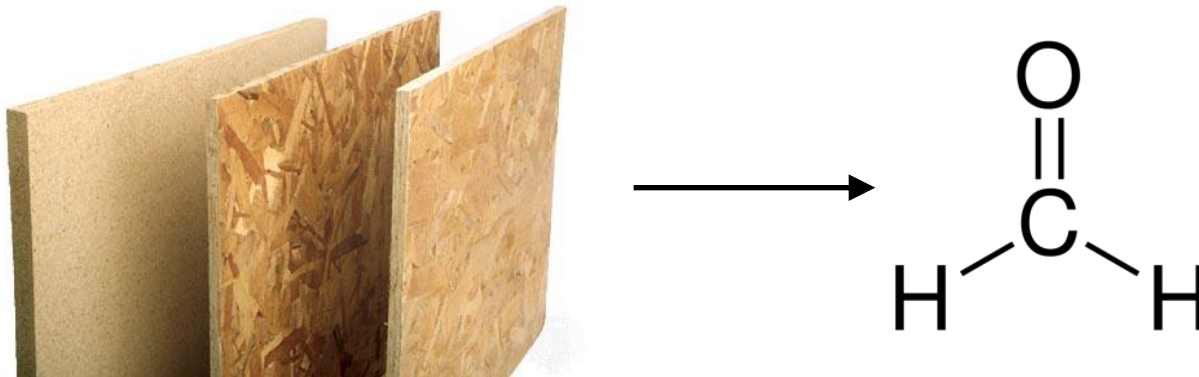


MCM-41

- Kristalline (SiO₂)-Materialien
- Porengrößen (2 - 50 nm)
- Spezifische Oberflächen (~800 - 1500 m² g⁻¹)
- Thermische Stabilität bis ca. 600 °C

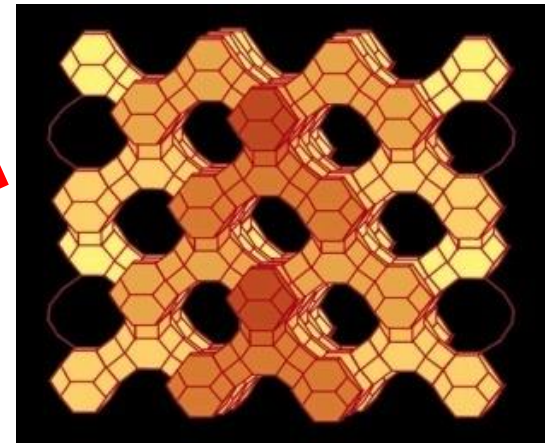
Formaldehydemission aus Holzbauteilen

- **Reduktion der Formaldehydemission aus Spanplatten**
- Harnstoff-Formaldehyd Harze sind wichtige Klebstoffe für Spanplatten

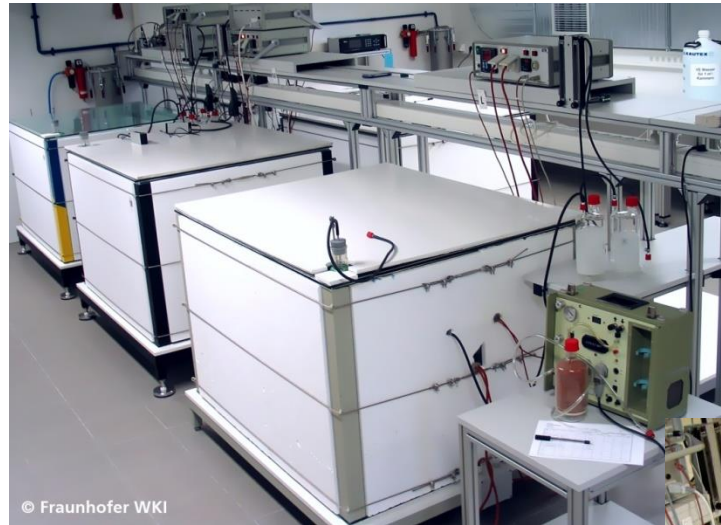
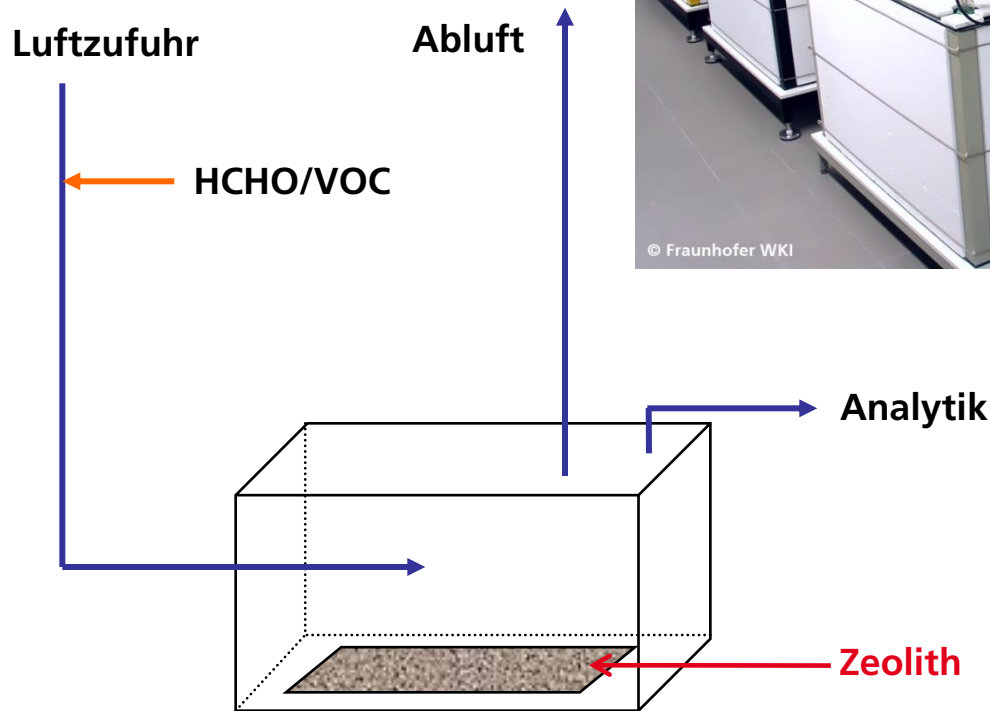


Raumklima / Komfort - Schadstoffreduktion

- Formaldehyd ist krebserregend für den Menschen
- Neuer Ansatz zur Reduktion von Formaldehydemissionen:
Einbau von Zeolithen in Holzwerkstoffe

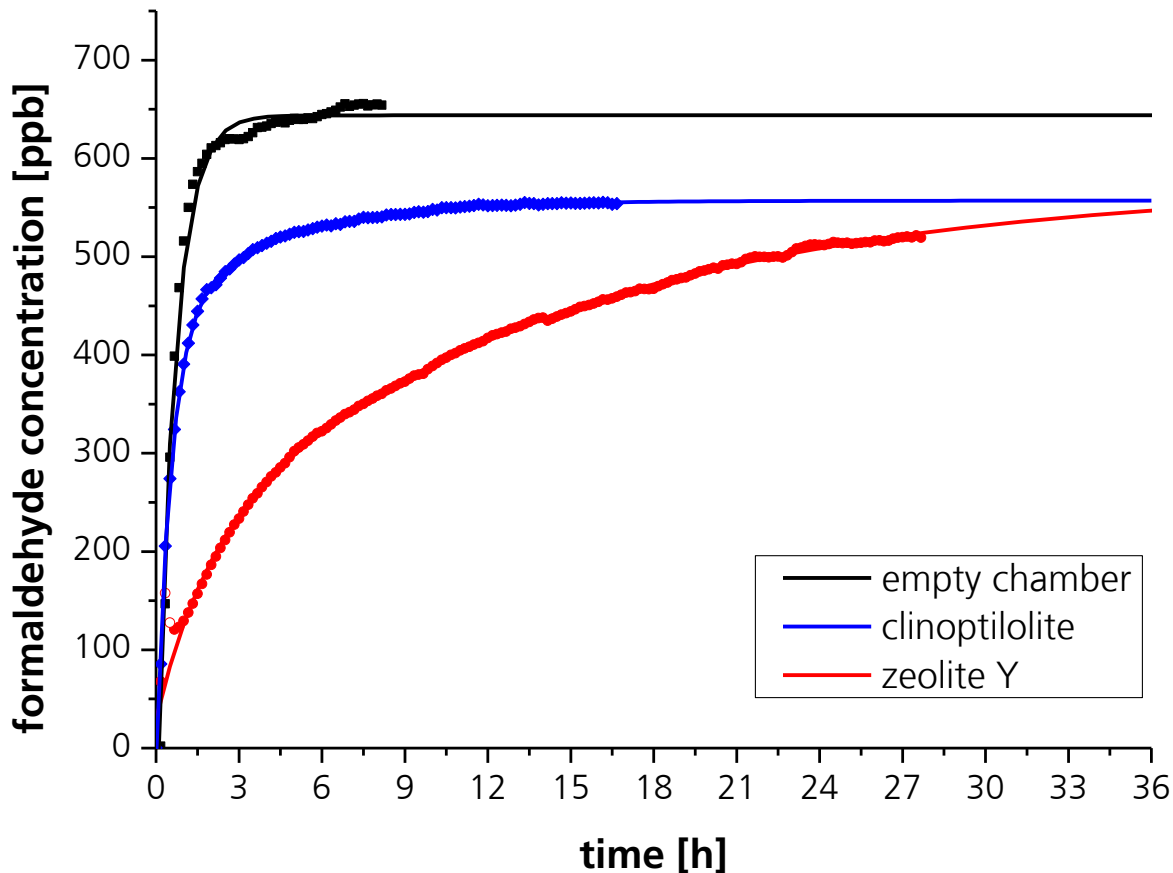


Prüfkammeruntersuchungen zur Formaldehydadsorption



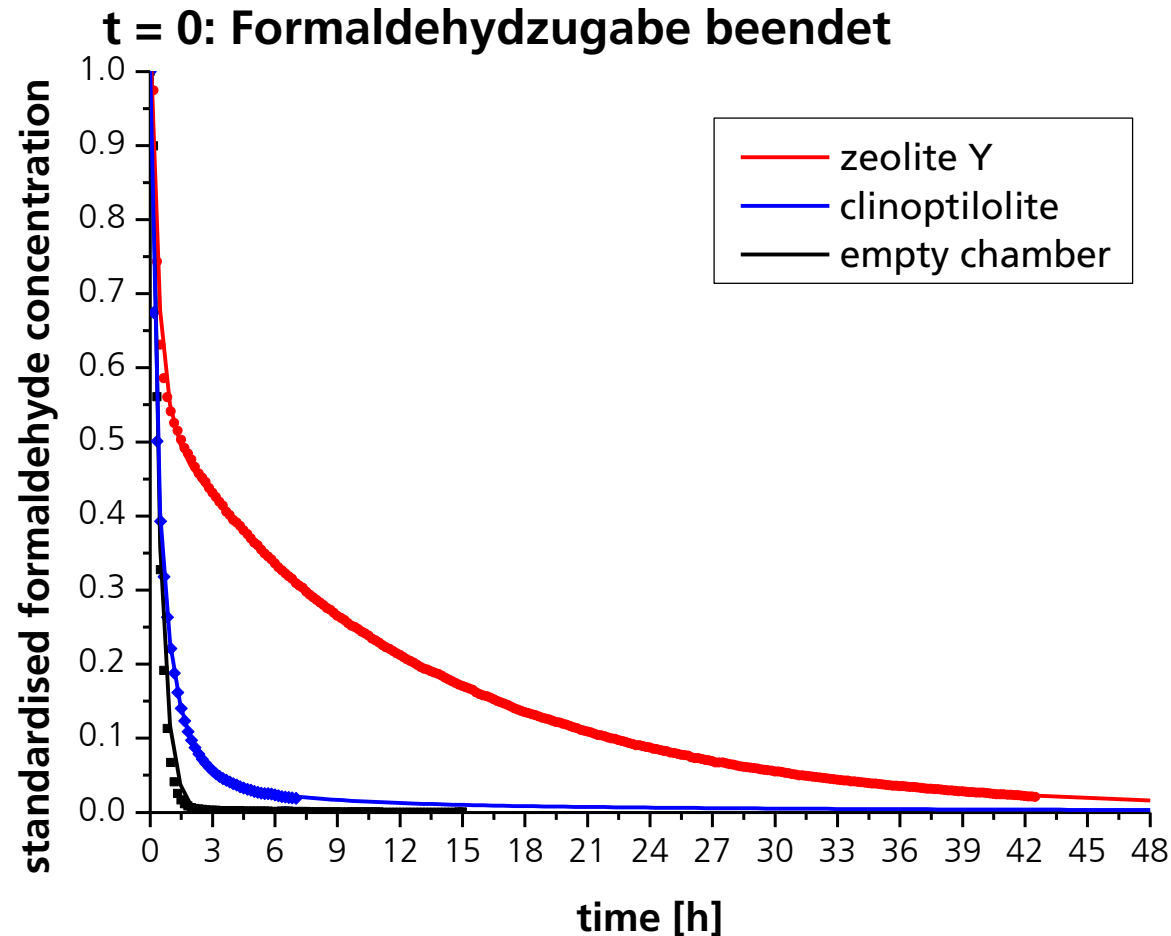
Formaldehydadsorption an unterschiedlichen Zeolithen

t = 0: Beginn der Formaldehydzugabe



■ Am besten geeignete Materialien: Zeolith Y und Clinoptilolith

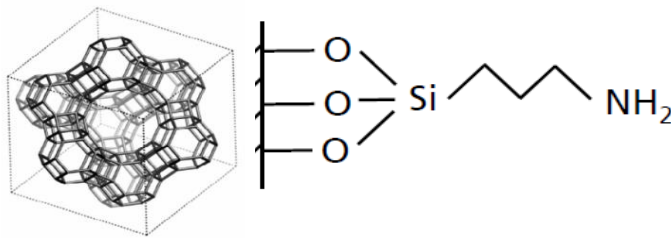
Formaldehydadsorption an unterschiedlichen Zeolithen



■ Formaldehyd wird partiell desorbiert

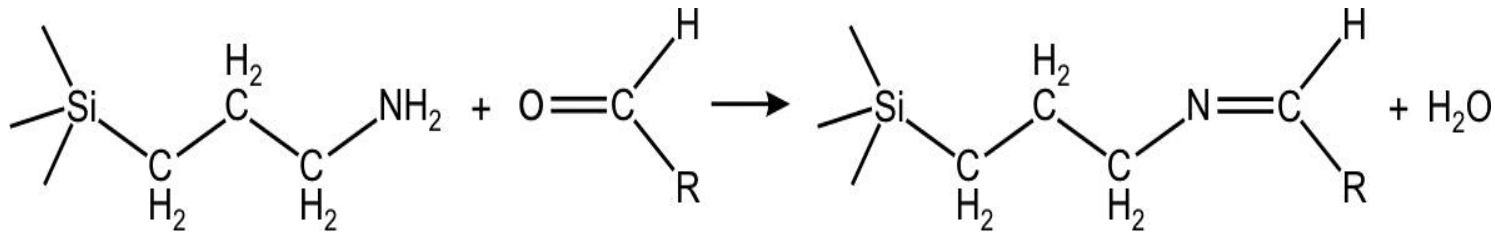
Oberflächenmodifizierung von Zeolith Y

- Erhöhung der Adsorptionskapazität durch kovalente Anbindung von Aminopropylsilanen



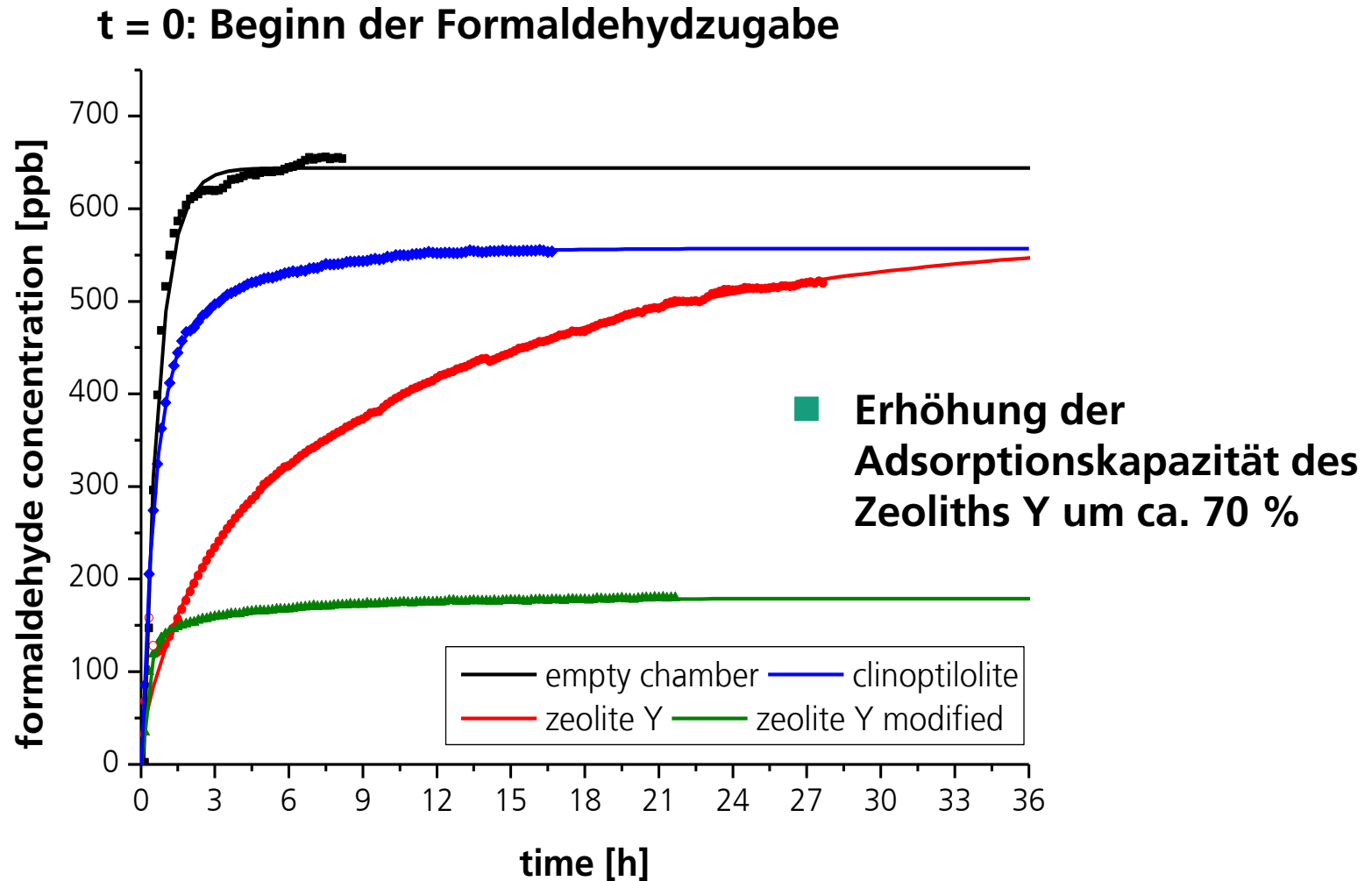
Modifizierung einer Zeolithoberfläche
(nach Liu et al. 1997)

- Chemische Reaktion der Aminogruppen mit Aldehyden



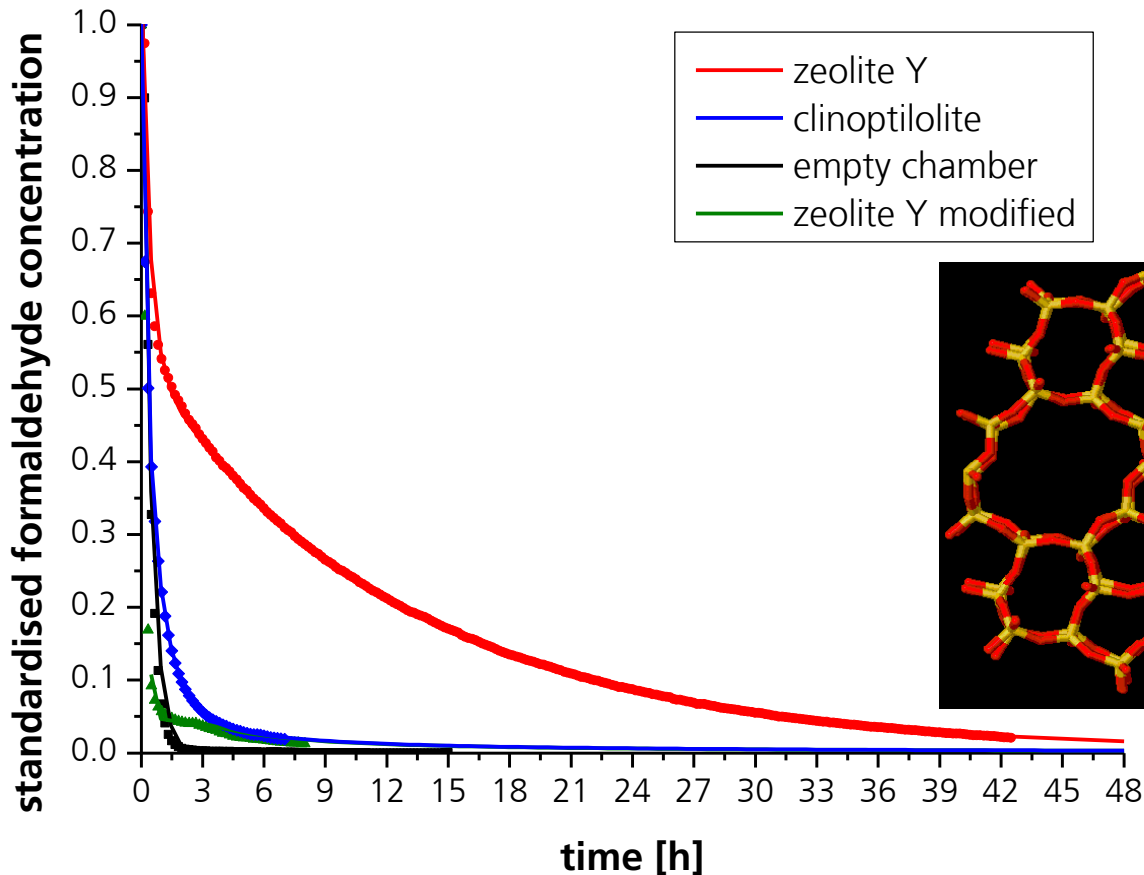
Reaktion eines Aldehyds mit der Aminopropylgruppe auf der Zeolithoberfläche (R = H: Formaldehyd) (Yang et al. 2005)

Formaldehydadsorption an unterschiedlichen Zeolithen

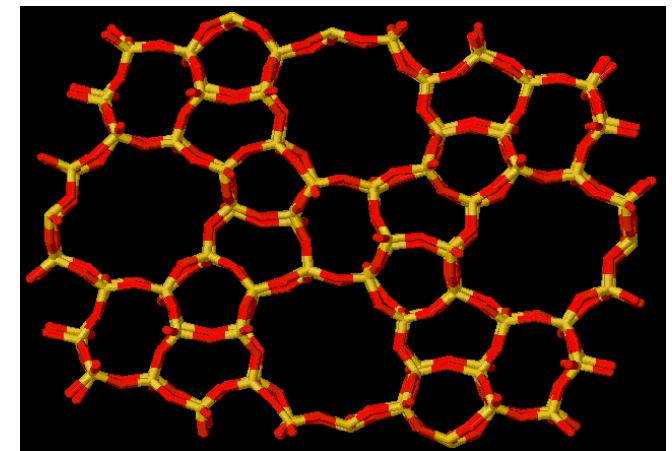


Formaldehydadsorption an unterschiedlichen Zeolithen

t = 0: Formaldehydzugabe beendet



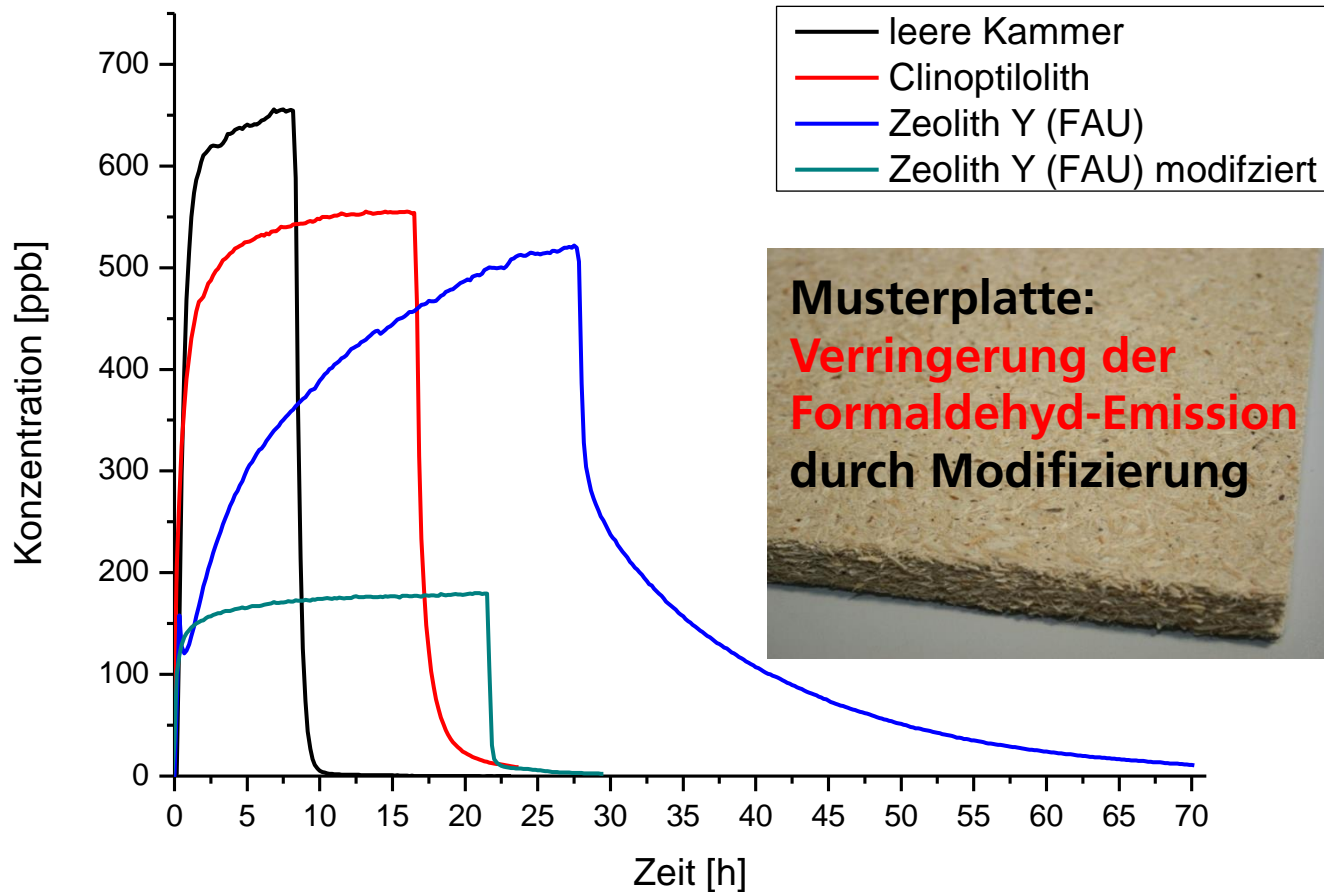
Strukturbild eines Zeolithen
rot = Sauerstoff // gelb =
Silicium/Aluminium



■ **Modifizierung von Zeolith Y verhindert Formaldehyddesorption**

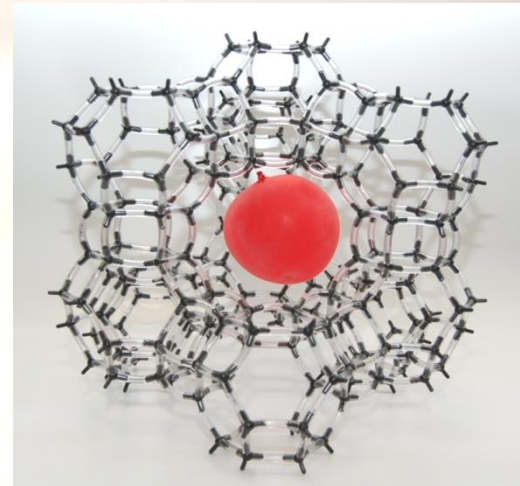
Formaldehyd-Konzentrationsverläufe in der Prüfkammer

Zeolith-gefüllte Spanplatten



Wohnraumgesundheit – Beispiel Formaldehydfänger

- Sperrholz, Spanplatten und MDF-Platten werden oft noch mit gesundheitlich bedenklichen Bindemitteln auf Formaldehydbasis verarbeitet.
- Durch Zugabe von speziell modifizierten Zeolithen kann Formaldehyd adsorbiert und katalytisch abgebaut werden.



Molekülmodell eines Zeolithen mit eingelagertem Schadstoffmolekül (rot)
© Fraunhofer ISC

Zusammenfassung und Ausblick

- **Baustoffe mit photokatalytisch aktiven Komponenten reduzieren den Reinigungsaufwand und zersetzen Luftschadstoffe**
- **Hochporöse Alumosilicate (Zeolithe) senken die Formaldehyd- und VOC-Emissionen aus kommerziellen Holzwerkstoffen**
- **Die Kombination aus mikroporösen und (photo-)katalytisch aktiven Komponenten auf der Nanoskala wird zu aktiven Baustoffen führen und bietet erhebliche Wertschöpfungspotenziale durch Multifunktionalität (Value Added Materials, VAMs)**

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

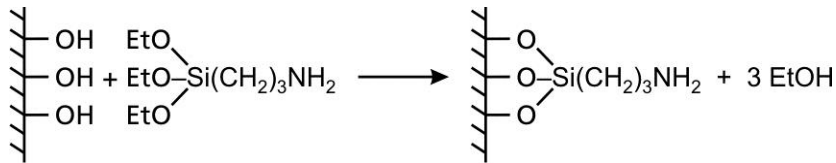


Prof. Dr.
Gerhard Sextl

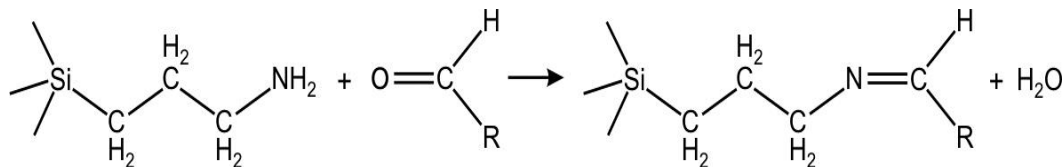
Neunerplatz 2
97082 Würzburg
phone +49 931 4100-100
gerhard.sextl@isc.fraunhofer.de
www.isc.fraunhofer.de

Zeolithe mit katalytischer Wirkung in Holzwerkstoffen

- Herstellung von Zeolithmaterialien mit einem großen Potenzial zur Adsorption von Formaldehyd
- Deutliche Verminderung der Schadstoffemissionen aus Holzwerkstoffen
- Weitere Untersuchungen katalytischer Effekte



Modifizierung einer Zeolithoberfläche mit 3-Aminopropyltriethoxysilan (nach Liu et al. 1997)



Reaktion eines Aldehyds mit der Aminopropylgruppe auf der Zeolithoberfläche (R = H: Formaldehyd) (Yang et al. 2005)

Adsorption von Formaldehyd aus Holzwerkstoffen mit Hilfe von Zeolithen

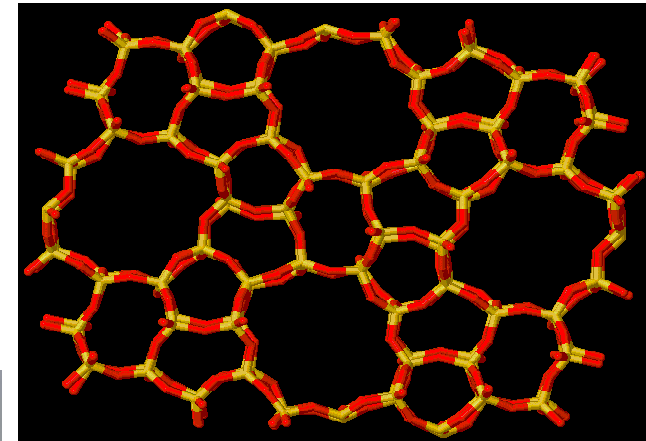
Aufgabenstellung

Klassische Holzwerkstoffe wie Sperrholz, Spanplatten und MDF-Platten werden oft mit gesundheitlich bedenklichen Bindemitteln auf Formaldehydbasis verarbeitet.

Lösungsansatz

Durch Zugabe von speziell modifizierten Zeolithen kann Formaldehyd adsorbiert und möglichst katalytisch abgebaut werden.

Steigerung der Formaldehyd-Adsorption um 60 Prozent durch Einbindung organischer Gruppen.



Strukturbild eines Zeolithen
rot = Sauerstoff // gelb =
Silicium/Aluminium

Quelle: Fraunhofer-ISC