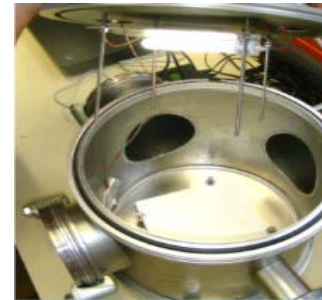
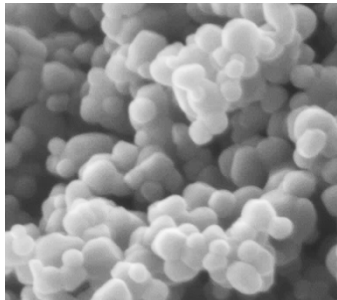

MULTIFUNKTIONALE BESCHICHTUNGEN MIT PHOTOKATALYTISCHER WIRKUNG

Waldemar Walczok (SICC), Dr. Christian Oehr und Dr. Michaela Müller (Fraunhofer IGB)
FachDialog „Chancen und Risiken der Anwendung von Nanotechnologien im Baubereich“,
23./24.11.2016, Berlin



Problem: Schlechte Luftqualität in Innenräumen

Beeinträchtigung von Gesundheit und Wohlbefinden

Faktoren

- Stäube
- Mikroben
- Chemikalien, z.B. NO₂, VOC
- Feuchtigkeit
- Lüftung
- Temperatur



Bild:
yellowbluetech.com

© Fraunhofer IGB

Quellen

- Baumaterial
- Möbel
- Anstriche
- Reinigungsmittel
- Tier / Mensch
- Schadstoffe von außen

Methoden zur Luftverbesserung

- Schadstoffquellen entfernen
- Intensiveres Lüften
- Verwendung von Schadstofffiltern
- Neu: Photokatalytische Sanierungstechnologien



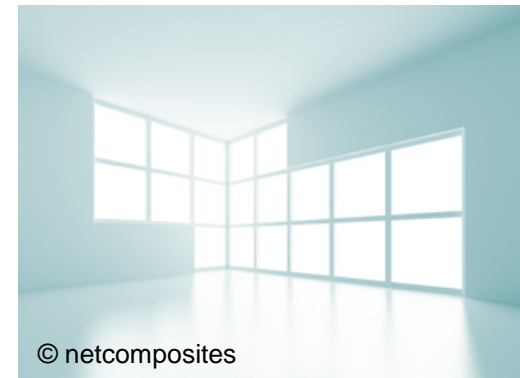
TiO₂ ist ein vielfältig eingesetzter Photokatalysator zur Zerstörung organischer Schadstoffe (vorwiegend Außenanwendungen)



Lösungsidee: Einarbeiten geeigneter Photokatalysatoren in Innenraum-Farben



Bild: GSKy Plant Systems, Inc.; Gsky.com



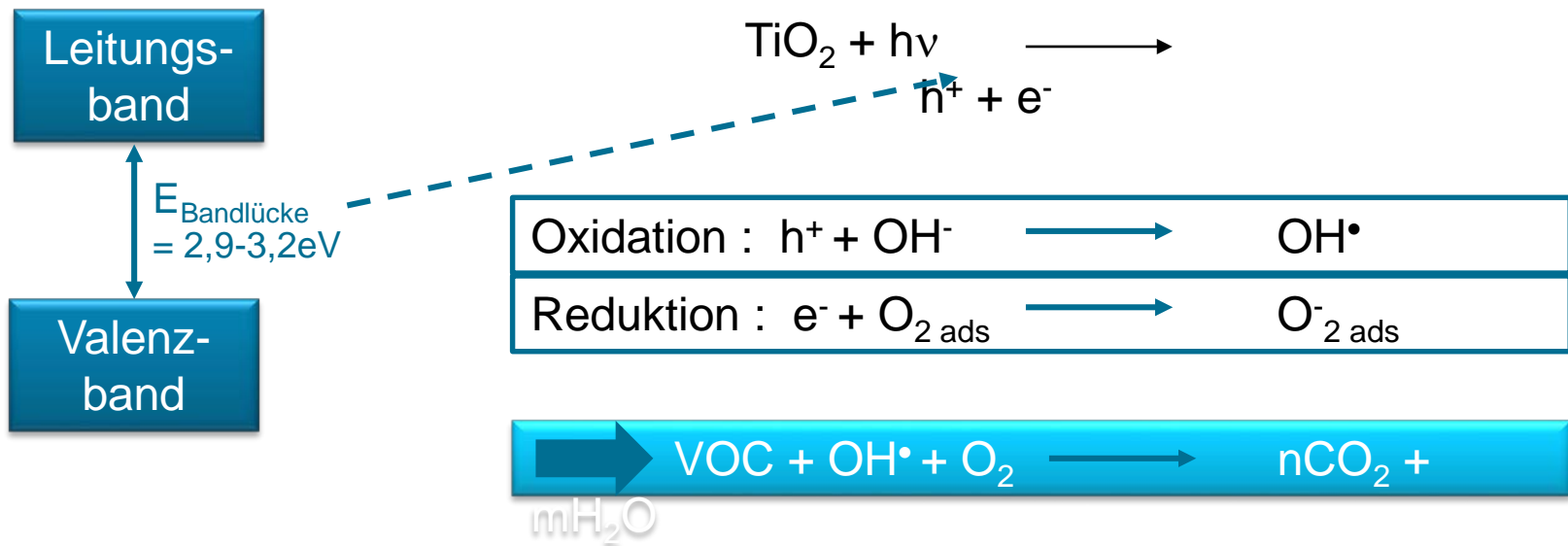
© netcomposites



© SICC

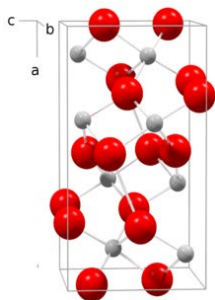
Wirkungsweise der Photokatalyse

- Geeignete Materialien: Halbleiter wie ZnSe, TiO₂, SiC, CdS, GaP
- Vorteil TiO₂: günstig, nicht giftig, chemisch stabil, hohe Oxidationskraft
- Bei Anregung mit Licht geeigneter Wellenlänge entstehen Elektron-Loch-Paare, die mit O₂ und H₂O chemisch aktivierte Spezies bilden → Oxidation organischer Verbindungen

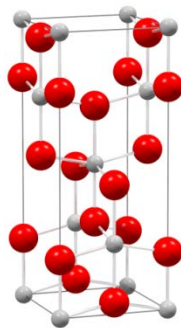


Stand der Technik / Herausforderung

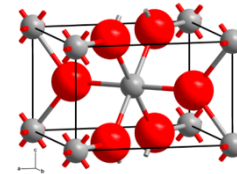
- Bandlücke von 2,9 eV entspricht UV-Licht → um mit sichtbarem Licht zu aktivieren, muss geeignete Kristallmodifikation verwendet werden, ggf. mit Fremdatomen dotiert (z.B. N, S, C, Bi₂O₃, Nd, Sn, Mo, Ce ...)
- TiO₂ Kristallmodifikationen: Anatas und Anatas-Rutil-Mischkristalle sind am besten für Innenraumanwendungen geeignet



Brookit
(geringe photokatalytische Aktivität)



Anatas
(Photokatalytisch am aktivsten)



Rutil
(thermodynamisch stabilste Form)

- Auf dem Markt befindliche Farben sind nicht ausreichend aktiv

Herausforderung bei der Formulierung einer Anstrichfarbe: Verwendung eines geeigneten Photokatalysators und geeignete Einarbeitung (die weiteren Komponenten müssen kompatibel mit dem Katalysator sein)

Warum “Nano”?

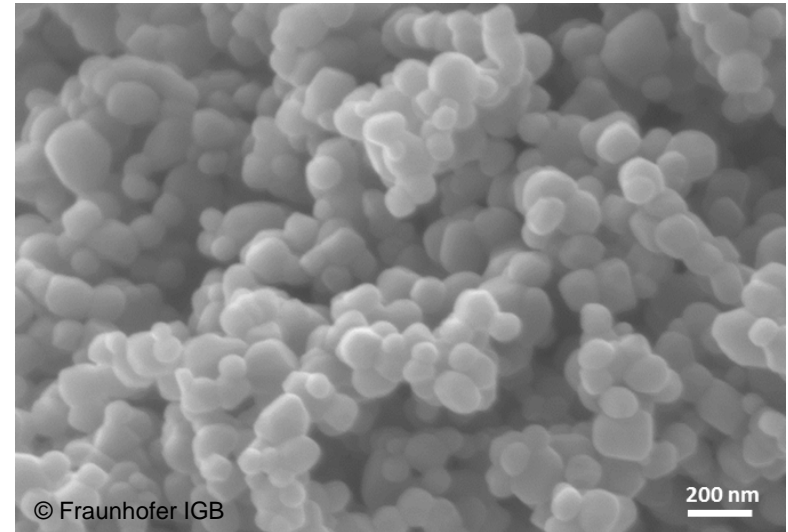
- Die Erzeugung reaktiver Spezies findet an der Partikeloberfläche statt
- Bei gleichem Gesamtvolumen besitzen Nanopartikel eine größere Oberfläche als Mikropartikel → deutlich höhere photokatalytische Aktivität pro eingesetzte Materialmenge



Bild: bund.net

Erarbeitete Lösung

- Evaluation verschiedener TiO₂ Pulver (Kriterien: Aktivität und Kosten)
 - Standard-TiO₂: ca. 2 €/kg
 - TiO₂ (geeignet 1): ca. 5-10 €/kg
 - TiO₂ (geeignet 2): ca. 300 €/kg
- Formulierung einer Innenraumfarbe
 - auf Basis von Acrylatbinder
 - auf Basis von Silikatbinder



Erarbeitete Lösung

- Charakterisierung der Gebrauchseigenschaften der neu entwickelten Farbe

© SICC

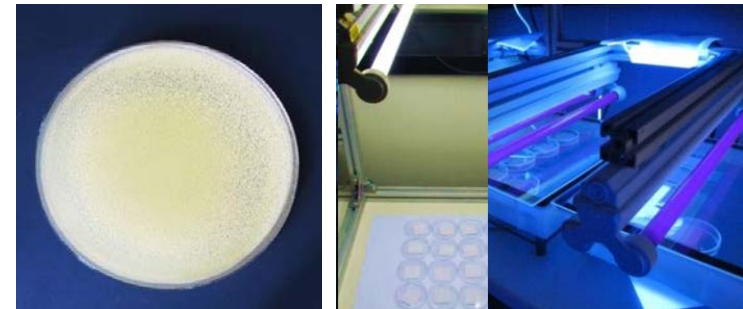


- Untersuchungen zum Abbau von VOC (Kammeraufbau + GC-MS-Analytik)



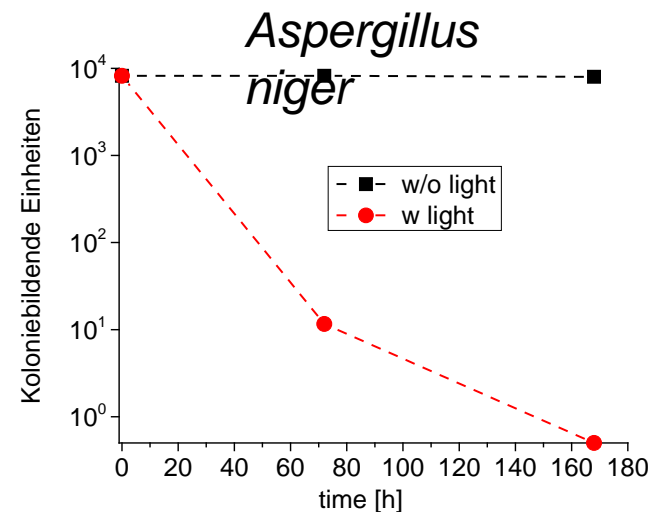
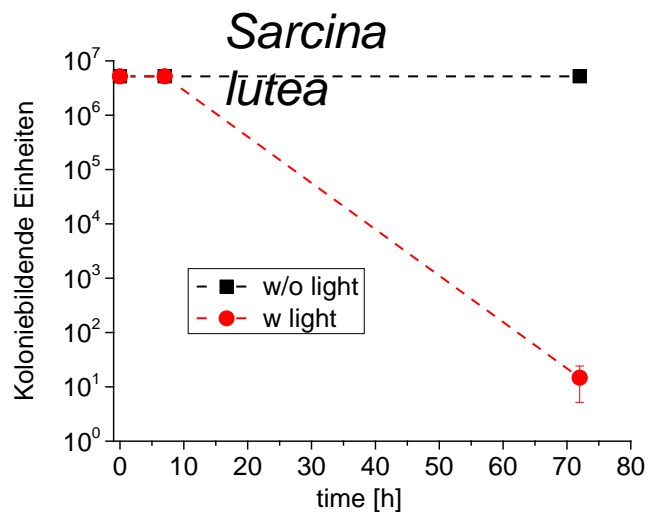
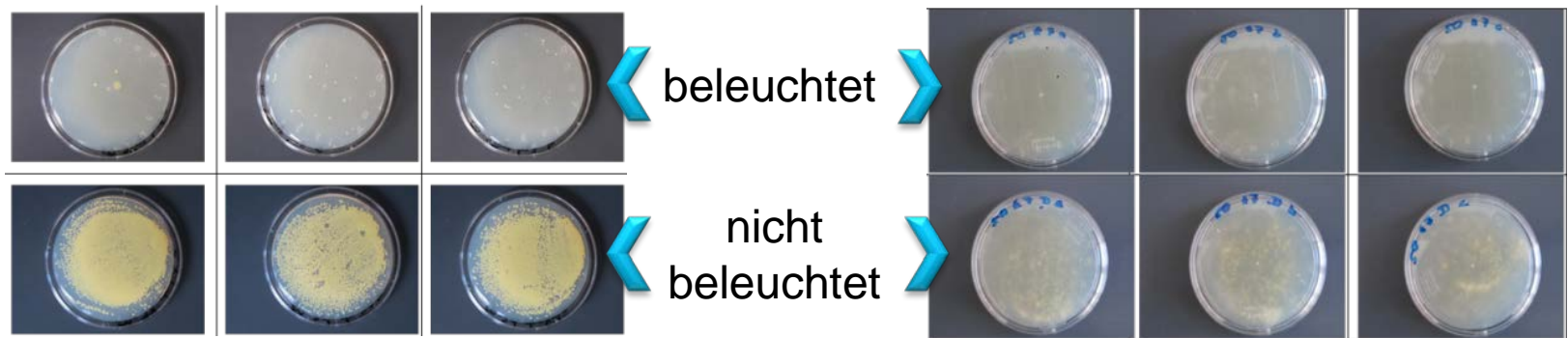
© Fraunhofer IGB

- Untersuchungen zum Abbau von Mikroorganismen



Neue Farbe OptiMal Air

- Zerstörung von vorhandenen Mikroorganismen (*Sarcina lutea* und *Aspergillus niger*) nur bei Beleuchtung mit Normlampe



Risikobetrachtung

- TiO₂-Nanopartikel werden vielfältig bereits in Kosmetik und Lebensmitteln eingesetzt → Gegenstand zahlreicher Untersuchungen [1-4]
- Bei Bestrahlung mit Licht entstehen Radikale, die das Gewebe schädigen können → Anwendungen auf der Haut in Verbindung mit direkter Lichteinwirkung werden kritisch betrachtet
- Risiko durch Einatmen / Transport über epitheliale Barrieren: noch nicht vollständig geklärt. Die Nanopartikel liegen meist aggregiert vor; am größten ist die Gefahr bei der Herstellung der Farbe, wenn die Partikel als Pulver zugegeben werden → Atemschutzmasken FFP1. Ohne Licht entstehen keine Radikale.
- Risiko bei Farbauftrag: es liegen keine freien Nanopartikel vor
- Risiko bei Abriss: es können Stäube entstehen → Atemschutzmasken FFP1

[1] S. Wagner, R. Dillert, D. Bahnemann, C. Kasper, Untersuchungen zur Toxizität von TiO₂, Labor&more 5/2012, 40-43:
<http://www.laborundmore.com/archive/237098/Untersuchungen-zur-Toxizitaet-von-TiO2.html>

[2] A. Wyrwoll, H. Maes, H. Hollert, A. Schaeffer, A. Meister-Werner, R. Petto, Umweltgefährdung durch ausgewählte TiO₂ Nanomaterialien unter Beachtung relevanter Expositionsszenarien, 2014: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_72_2014_kurzfassung.pdf

[3] <http://www.nano-sicherheit.de/toxikologie>

[4] <http://www.nanotechnology.basf.com/group/corporate/nanotechnology/de/microsites/nanotechnology/safety/safety-research>

Marktakzeptanz – Kosten-Nutzen-Balance

Nutzen	Kosten
Verbesserte Raumluft + Gesundheit + Wohlbefinden	Preis höher als Standardfarbe
Weniger Schimmel + geringere Sanierungskosten	TiO ₂ -Nanopartikel scheinen hier keine Gefahr für Umwelt/Verbraucher darzustellen, Langzeitfolgen aber noch nicht abschließend geklärt

Danksagung

Finanzielle Unterstützung der Arbeiten durch EU (FP7); Kooperationsprojekt „OSIRYS“: Forest based composites for façades and interior partitions to improve indoor air quality in new builds and restoration

Weitere Informationen: www.osirysproject.eu

