
KRONOS

Neue Möglichkeiten der photokatalytischen Abwasserreinigung

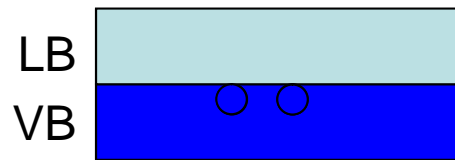
**Dr. Stephan Blöß, Christian Linden,
KRONOS INTERNATIONAL, Inc.**





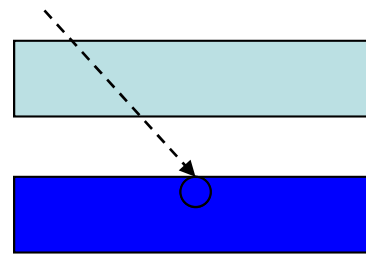
- Photokatalyse
- Spurenstoffproblematik
- AOP - Verfahren
- Mittels AOP oxidierbare Spurenstoffe
- Potentielle Vorteile der Photokatalyse
- Zusammenfassung
- Ausblick

Bändermodell – Anregung eines Elektrons



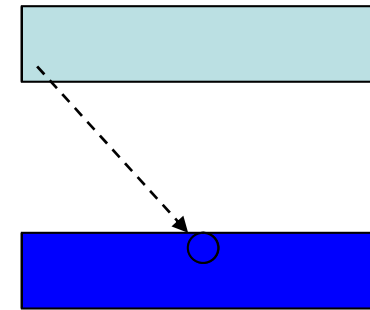
Leiter

$$E_g < 0.1 \text{ eV}$$



Halbleiter

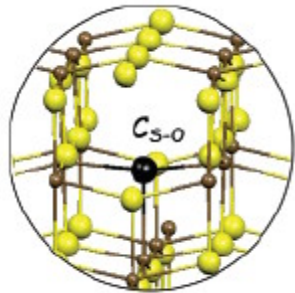
$$0.1 \text{ eV} > E_g > 4.0 \text{ eV}$$



Isolator

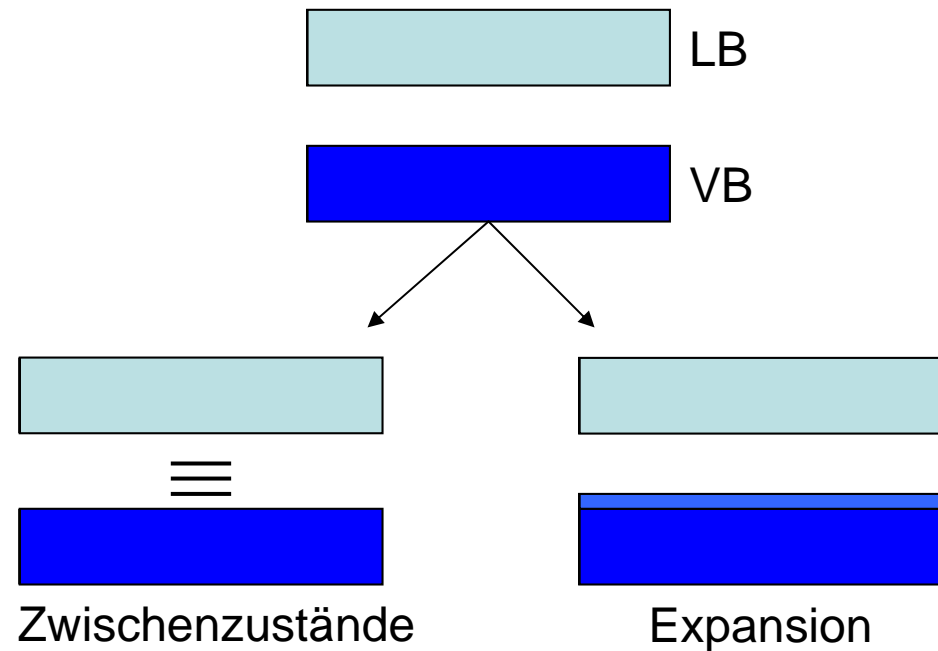
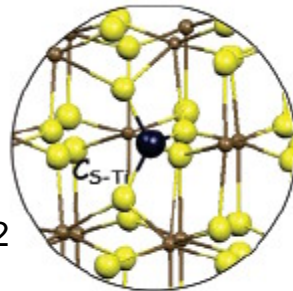
$$E_g > 4.0 \text{ eV}$$

Bändermodell – Veränderung durch Modifizierung



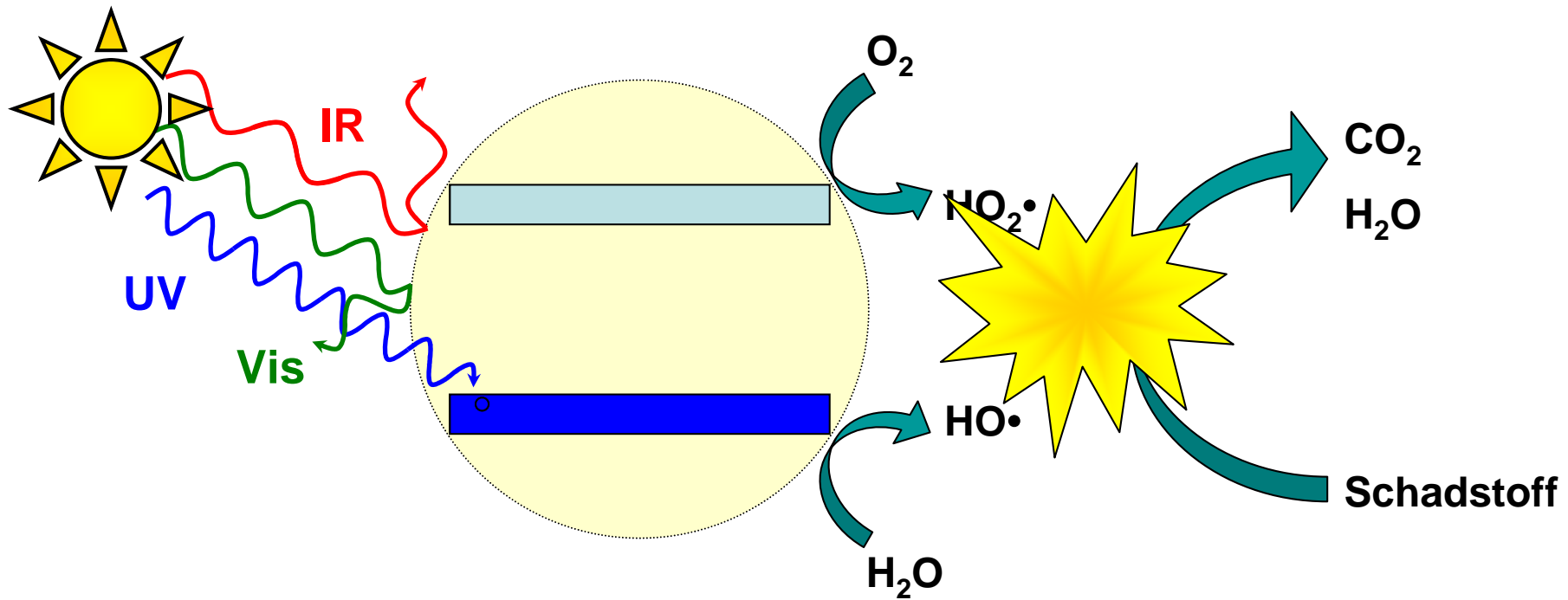
C ersetzt O
im anionischen
Untergitter des TiO₂

C ersetzt Ti
im kationischen
Untergitter des TiO₂

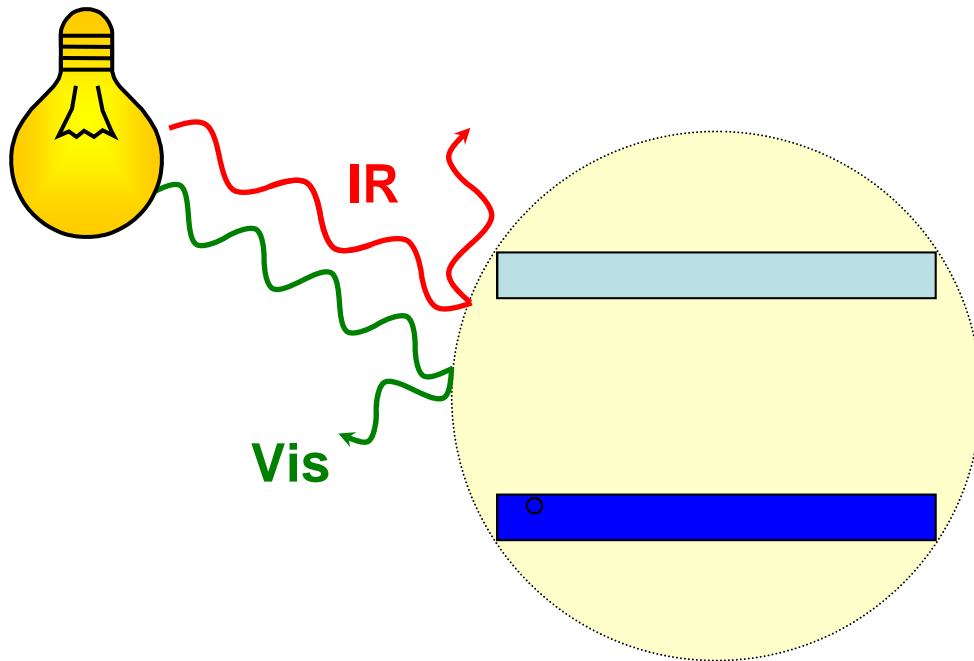


C. di Valentin, G. Pacchioni, A. Selloni;
Chemical Materials 17 **2005** 6656-6665

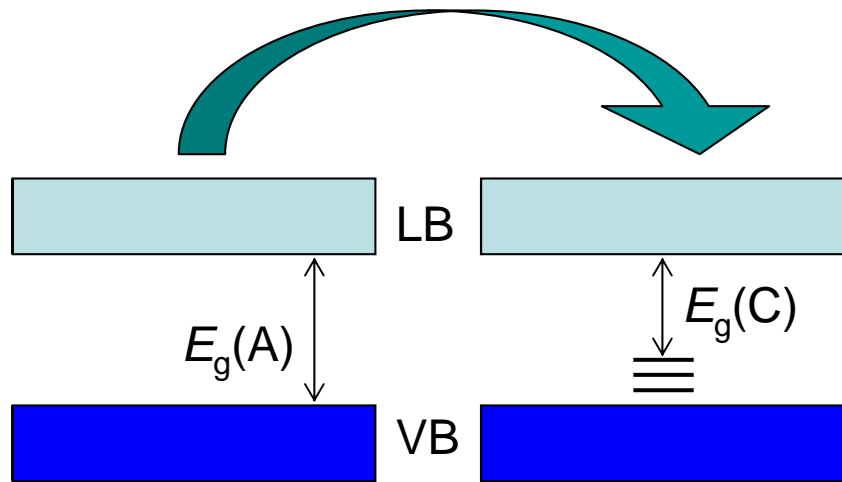
UV-Photokatalyse (KRONOClean 7050)



UV-Photokatalyse (KRONOClean 7050)

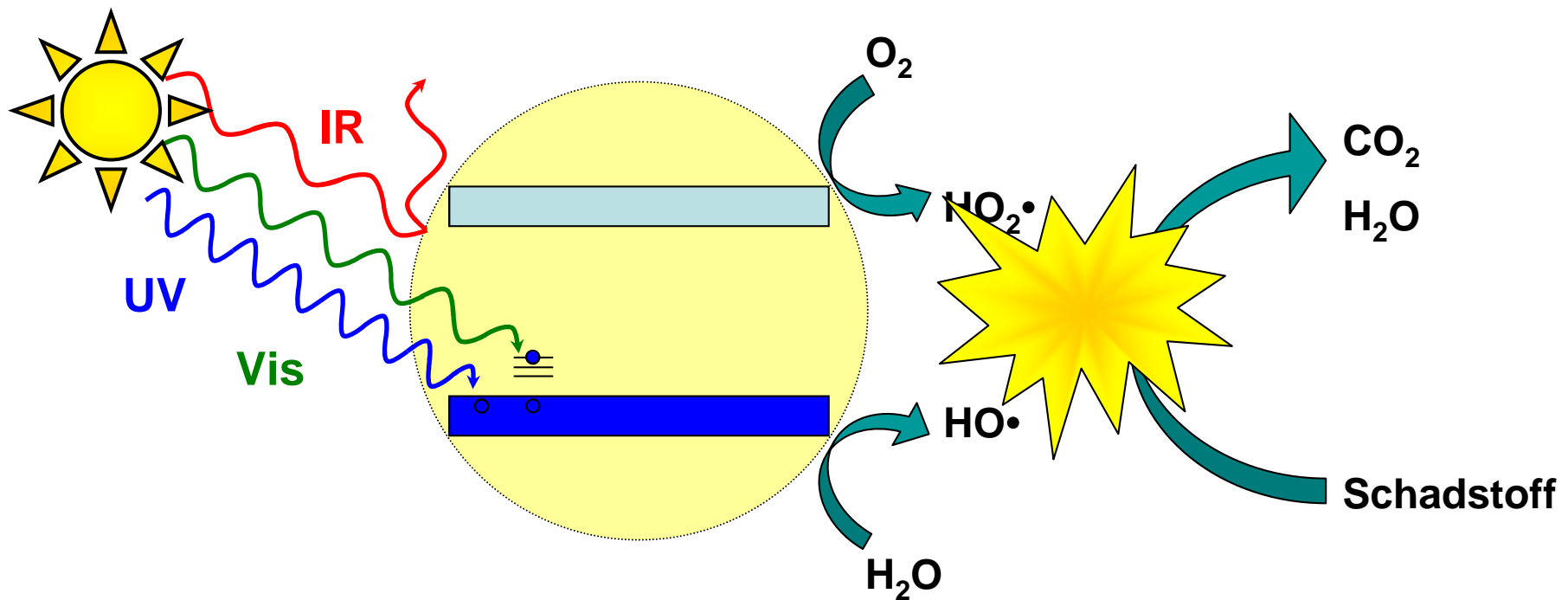


KRONOClean 7000 – die Innovation

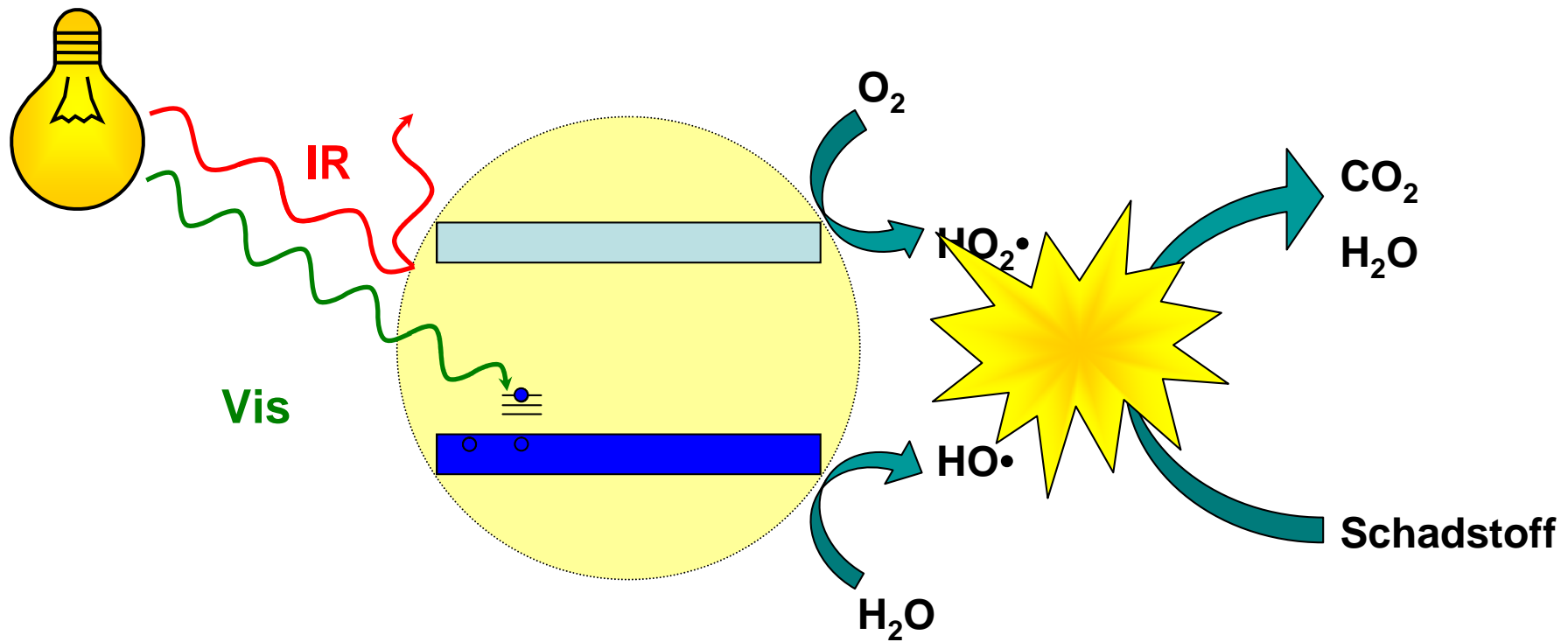


Material	Band-Lücke (eV)	Grenz-Wellenlänge (nm)
Anatas ($E_g(A)$)	3,20	388
Rutil ($E_g(R)$)	3,00	413
C-dotierter Anatas ($E_g(C)$)	2,32	535

(UV + Vis)-Photokatalyse (KRONOClean 7000)



(UV + Vis)-Photokatalyse (KRONOClean 7000)



- Spurenstoffe kommen in der aquatischen Umwelt in sehr niedrigen Konzentrationen vor.
- Es befinden sich ca. 30.000 Chemikalien in täglichem Gebrauch.
- Eintragspfade antropogener Spurenstoffe:
 - Haushalte
 - Krankenhäuser / Pflegeheime
 - Industrie und Gewerbe
 - Tierhaltung
 - Landwirtschaft





- Spurenstoffen können durch **A**dvanced **O**xidation **P**rocesses (AOP) reduziert werden.
 - AOP-Verfahren haben alle eines gemeinsam: Sie erzeugen Hydroxylradikale ($\bullet\text{OH}$)
 - OH-Radikale sind die stärksten, in der Wasseraufbereitung eingesetzten Oxidationsmittel
 - reagieren sehr unspezifisch
 - kurze Lebensdauer im Bereich von μs
 - Transformationsprodukte sind in der Regel weniger toxisch und besser biologisch abbaubar als ihre Ausgangsprodukte.
- **Reduktion von Spurenstoffen mittels TiO_2 -Photokatalyse zählt somit zu den AOP-Verfahren.**



- Pharmaka
 - Ibuprofen, Diclofenac, Carbamazepin, Sulfamethoxazol, Clofibrinsäure
- Röntgenkontrastmittel
 - Iomeprol
- Endokrin wirksame Substanzen
 - Bisphenol A, 17 β -estradiol
- Kohlenwasserstoffe
 - Aromate: Toluol, Xylol
 - Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
 - Aldehyde: Formaldehyd, Acetaldehyd
 - Ketone, Alkohole
 - Ether, Ester
 - Carbonsäuren: Essigsäure, Oxalsäure



- Nachteile gängiger Verfahren zur Spurenstoffreduzierung:
 - Ozonung benötigt einen hohen Energieeinsatz zur Erzeugung von Ozon.
 - Verbrauch von Aktivkohle durch Adsorption von Spurenstoffen an der Oberfläche.
 - Vorteile der Photokatalyse:
 - Kein Verbrauch des Katalysators
 - Keine Notwendigkeit weiterer Betriebsmittel
 - Geringe Energiekosten
- **Reduktion von Spurenstoffen mittels TiO_2 - Photokatalyse ist ein nachhaltiges Verfahren**



- Bedingungen für die Aktivität eines TiO_2 -Photokatalysators:
 - Licht, Wasser und Sauerstoff
 - möglichst direkter Kontakt zu den Schadstoffen
 - sollte auf der Matrix-Oberfläche geeigneter Trägermaterialien immobilisiert werden, oder in poröse, lichtdurchlässige Strukturen eingebettet werden.
- Die TiO_2 -Photokatalyse erzeugt radikalische Komponenten, welche nicht zwischen „Freund und Feind“ unterscheiden können.
- Die spektrale Effektivität von TiO_2 -Photokatalysatoren konnte durch Modifizierung vom UV- bis in den Vis-Bereich erweitert werden.



- Photokatalytisch aktives TiO_2 , welches mit sichtbarem Licht arbeitet, eröffnet neue Wege zur Reduzierung von Schadstoffen im Abwasser.
- Forschungsbedarf:
 - Entwicklung neuer und Optimierung bekannter Photokatalysatoren
 - Entwicklung geeigneter Verarbeitungsprozesse als Schritt für eine verfahrenstechnische Umsetzung für großtechnische Anwendungen
 - Immobilisierung
 - Trägermaterialien
 - Entwicklung einer Verfahrenstechnik zur photokatalytischen Abwasserreinigung