PHOTOCATALYSIS

Detlef Bahnemann

Institut für Technische Chemie, Universität Hannover
Callinstraße 3, 30167 Hannover

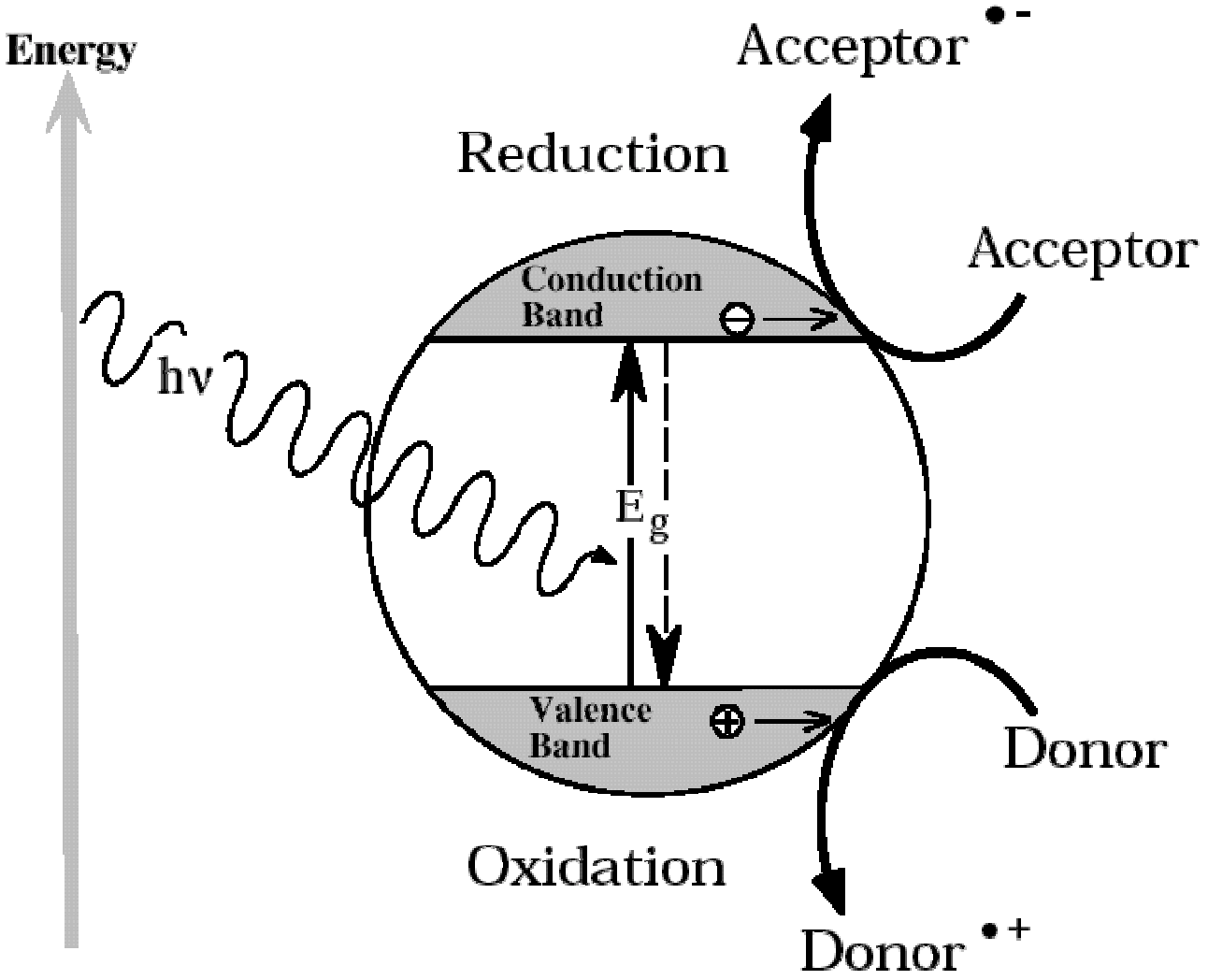
Outline

- Mechanistic Investigations
  - → Time-Resolved Laser Flash Photolysis
  - → Antenna & Deaggregation Mechanism
- Solar Water Treatment
  - → Reactor Engineering & Pilot Plants
- Self-Cleaning Surfaces
  - → Preparation & Properties
- Determination of Photocatalytic Activity
  - → Standardization & Commercial Products

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

The Principle of Photocatalysis

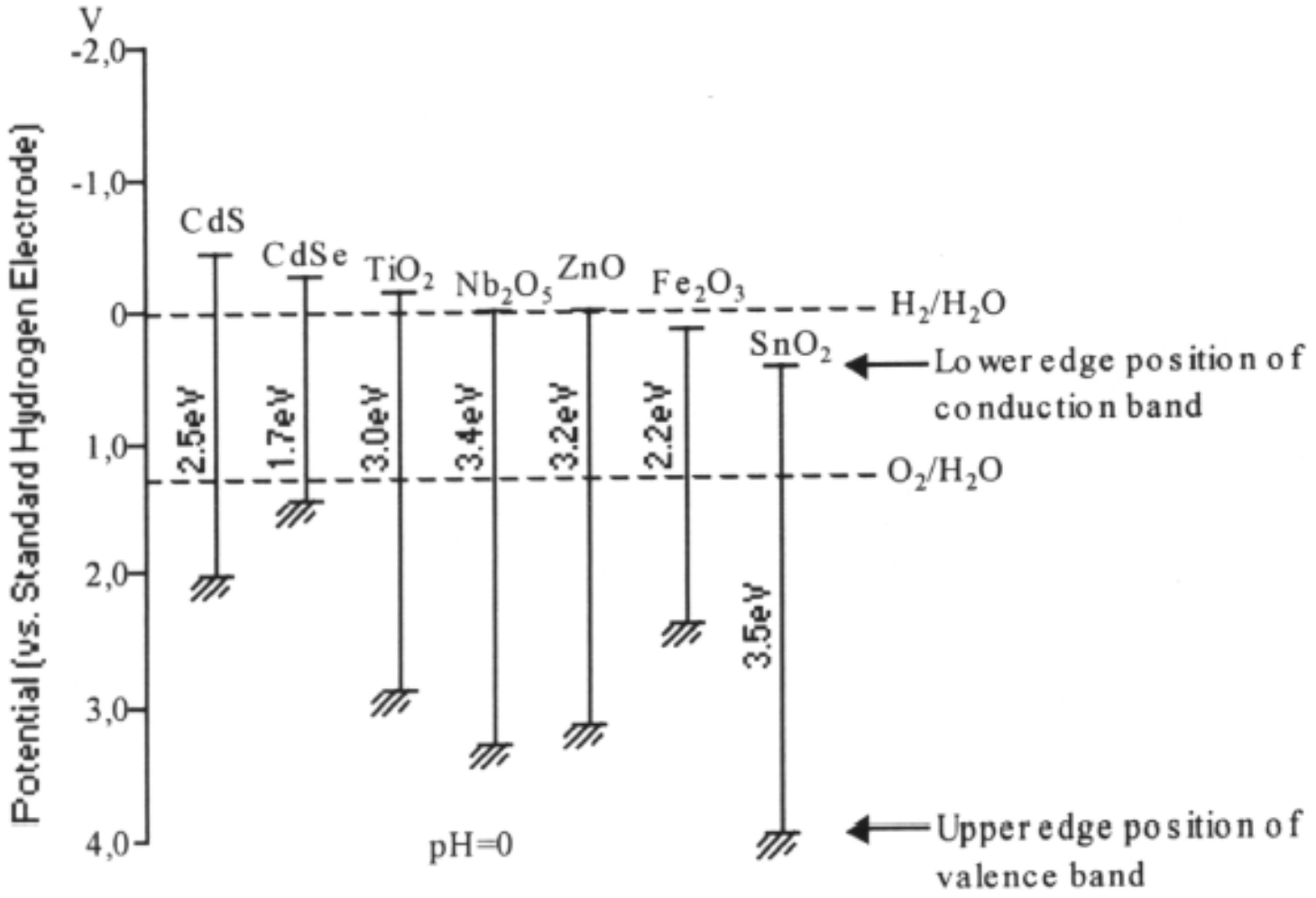


Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalytic Materials:

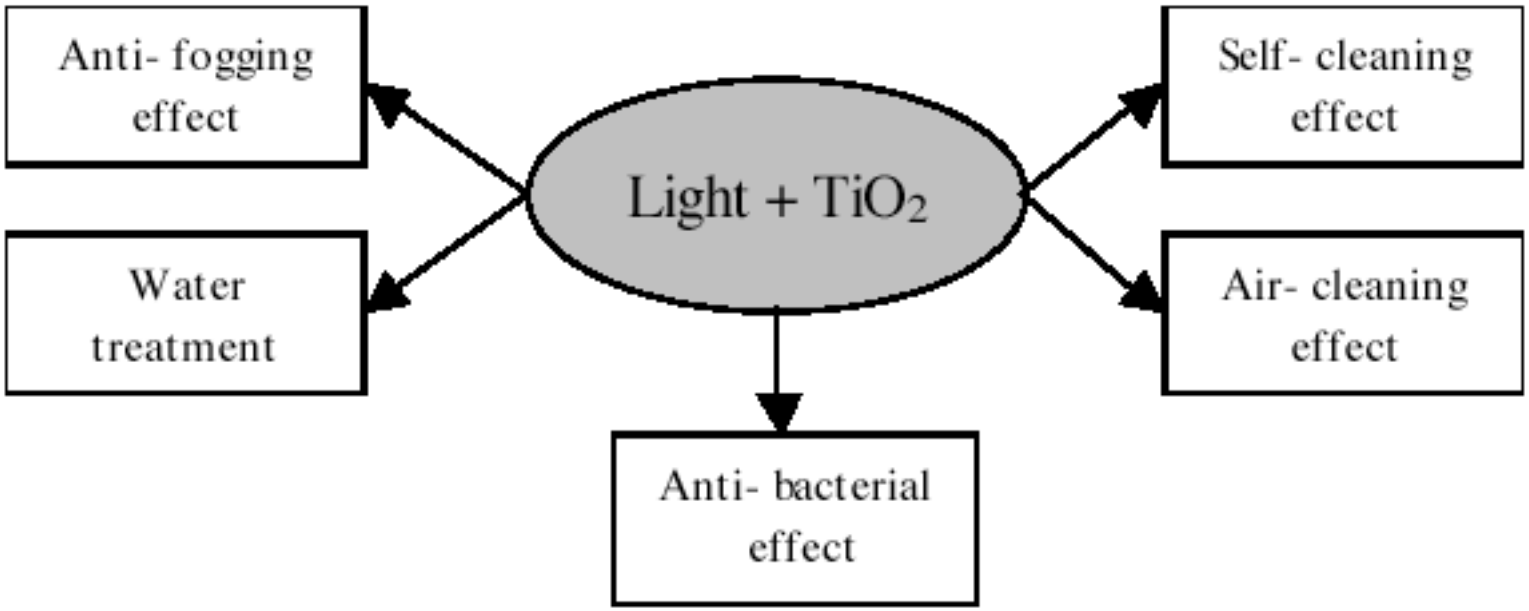
Bandgap Energies



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalysis:
Fields of Applications

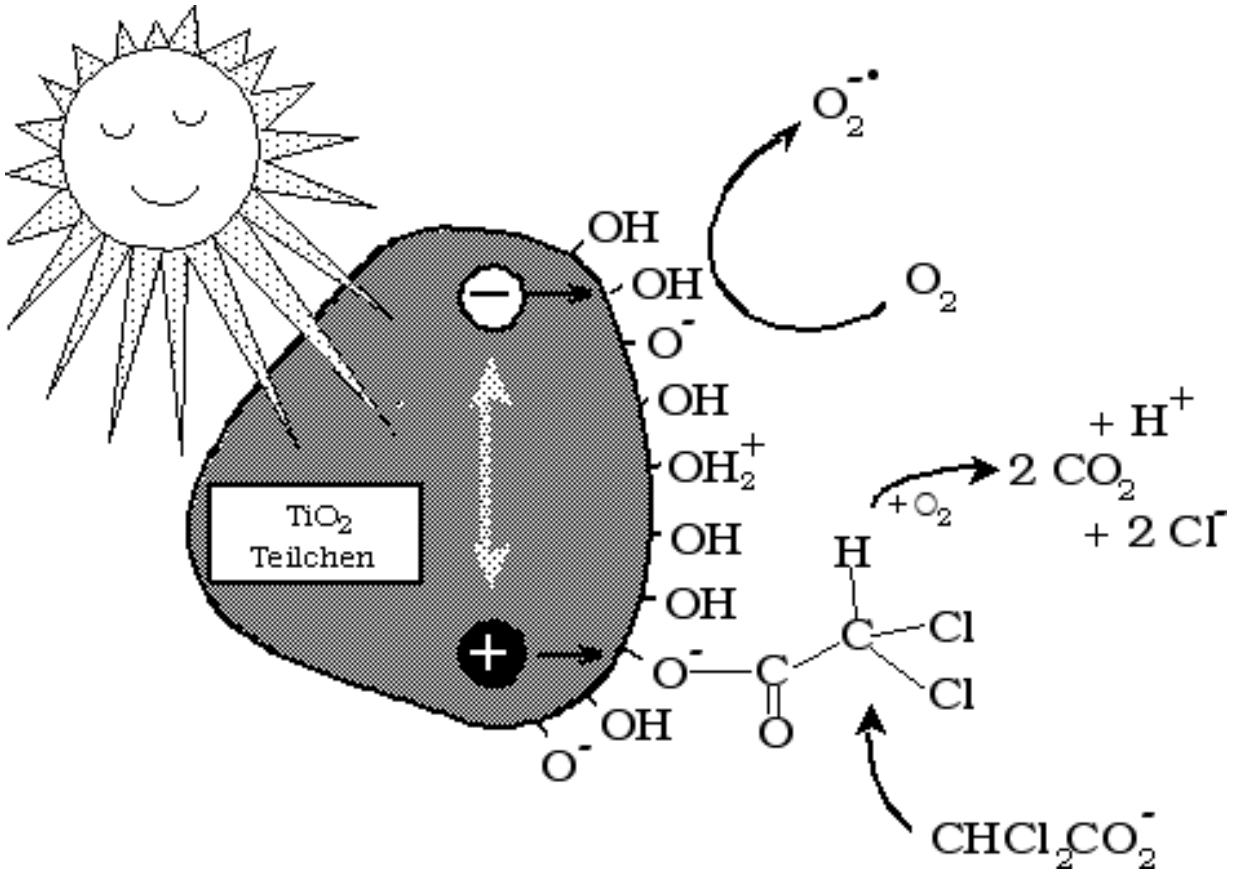


bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Mechanistic Details in Photocatalysis

Dichloroacetate (DCA) Degradation

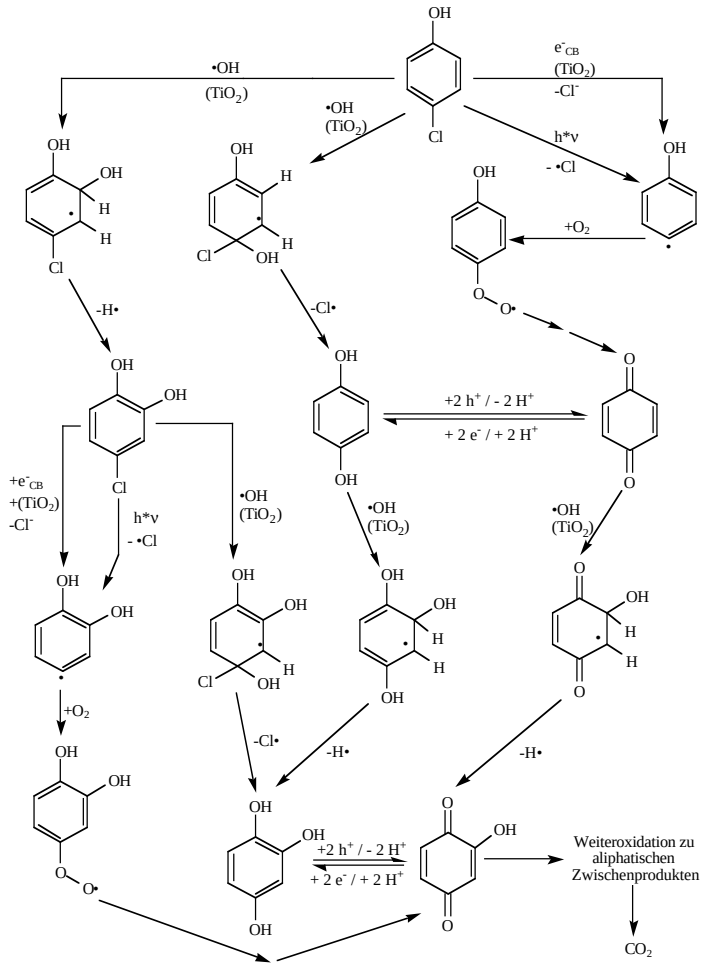


Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Mechanistic Details in Photocatalysis

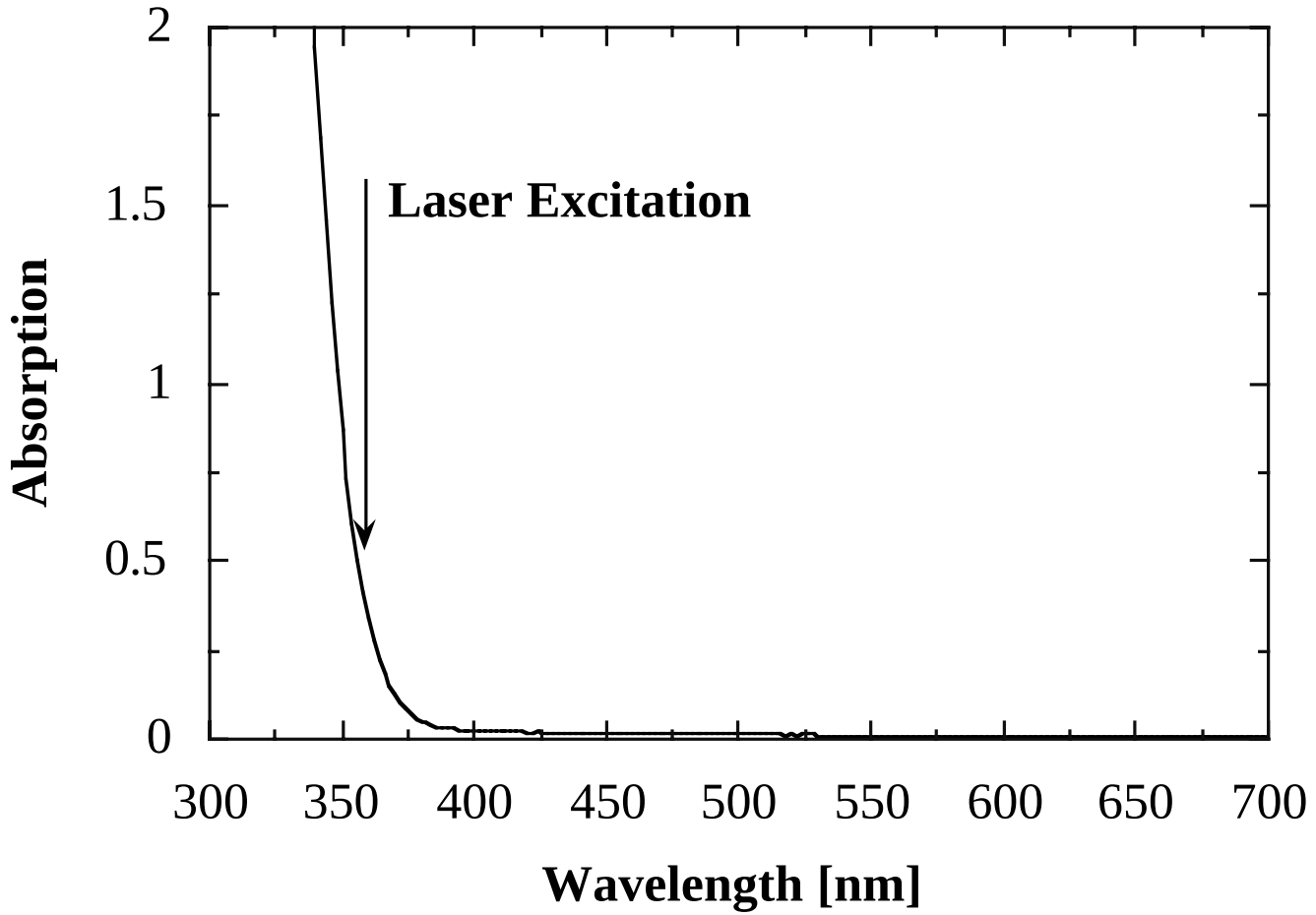
4-Chlorophenol (4-CP) Degradation



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

TiO_2–Colloids used for Laser Flash Photolysis

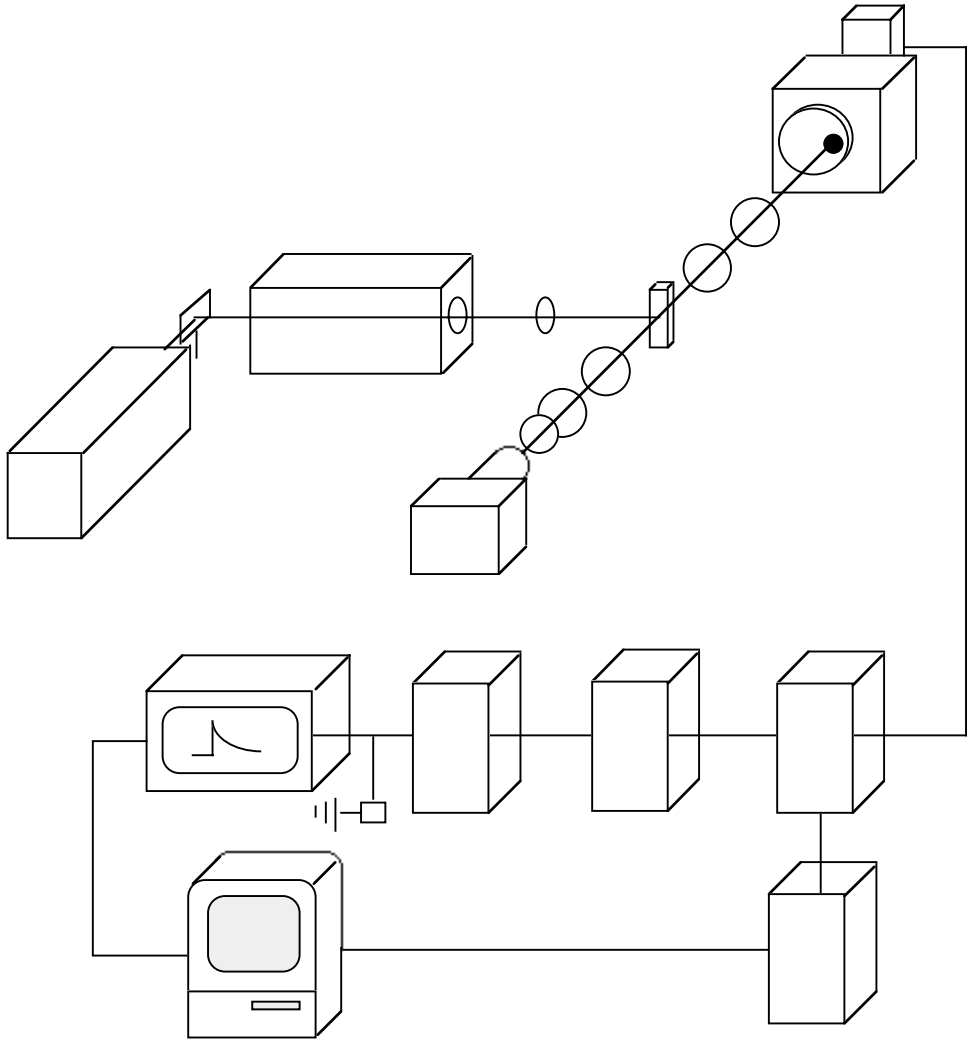


UV/Vis Absorption Spectrum of an aqueous colloidal Suspension containing 2g/l TiO_2, pH 2.3, Particle Diameter 2.5 nm.

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Experimental Set-up

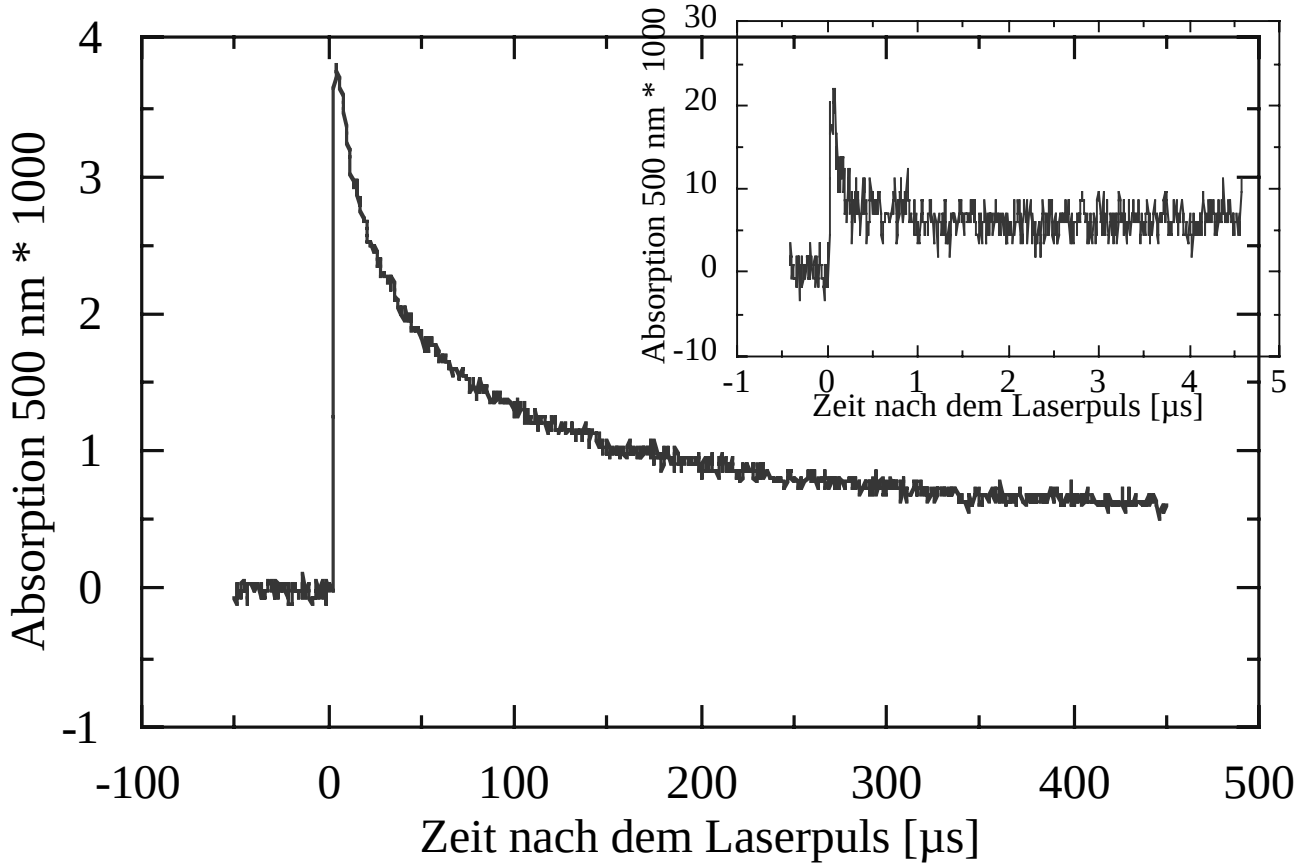


Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Laser Flash Photolysis: TiO_2/Pt–Colloids

Transient Absorption/Time–Signals



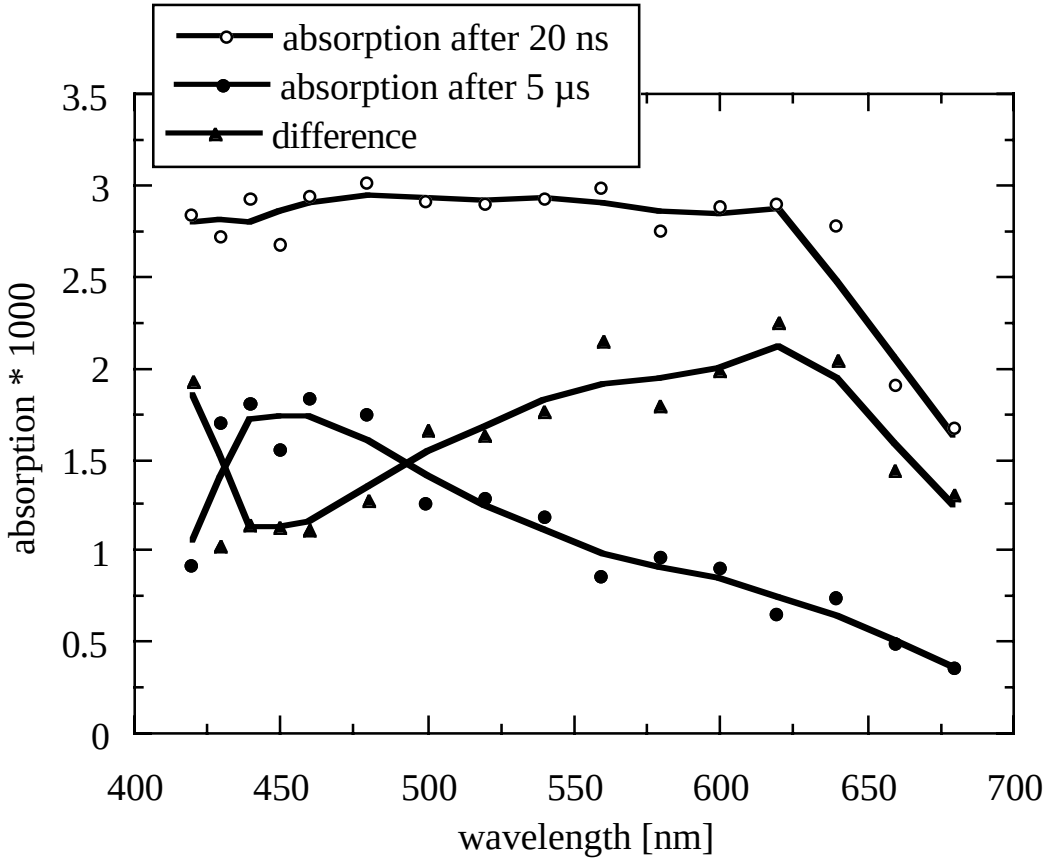
Transient Absorption-/Time-Signals at λ_{obs} = 500nm following a 25 ns laser pulse (λ_{ex} = 355nm, 16 µM hν/pulse), 2g/L TiO_2 /Pt-colloid (1% Pt), pH 2.5, air-sat.

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Laser Flash Photolysis: TiO_2/Pt–Colloids

Transient Absorption Spectra



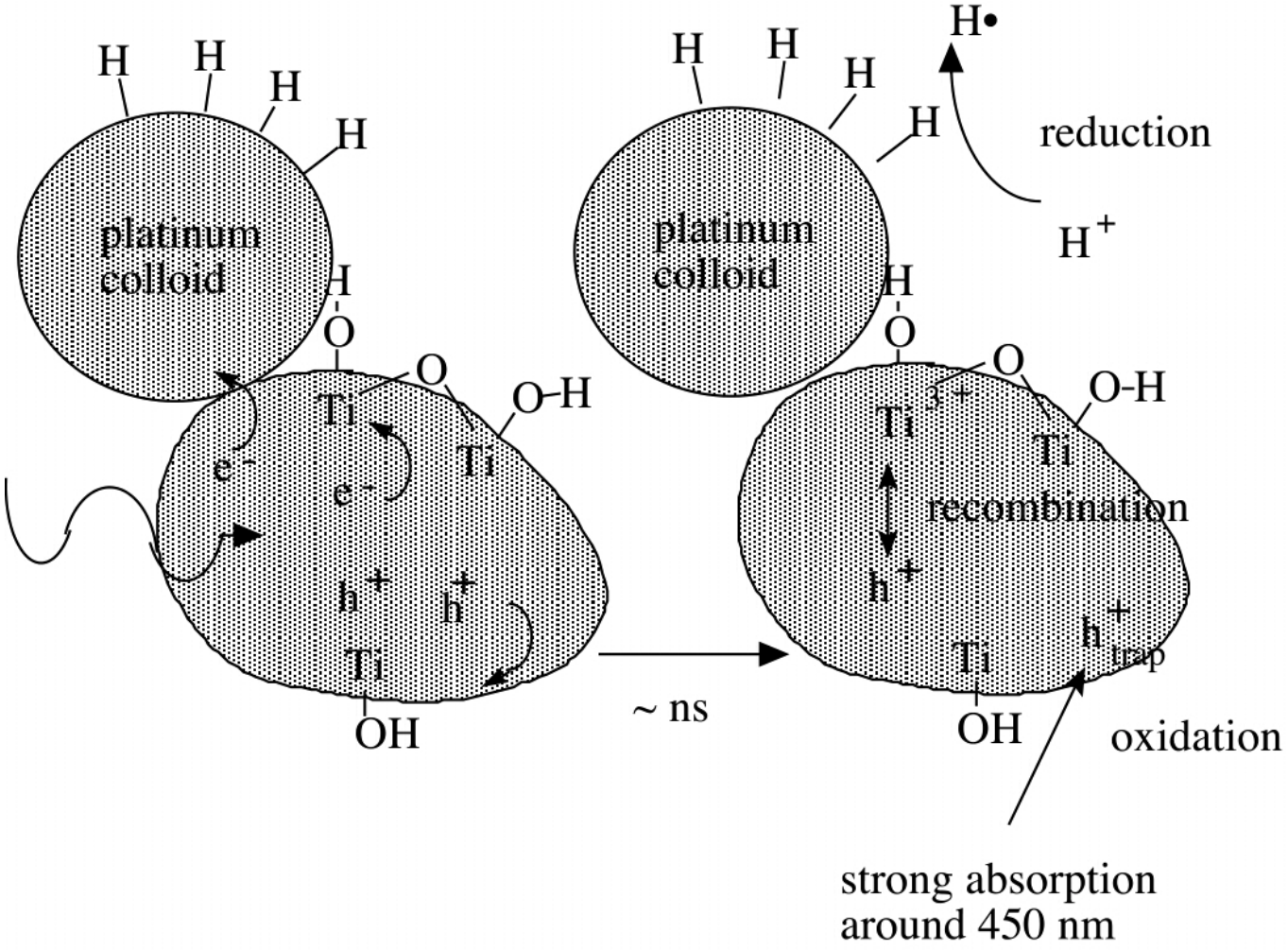
Transient Absorption spectra taken at various times following a 25 ns laser pulse (λ_{ex} = 355nm, 16 µM hν/pulse), 2g/L TiO_2 /Pt-colloid (1% Pt), pH 2.5, air-sat.

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Laser Flash Photolysis: TiO_2/Pt–Colloids

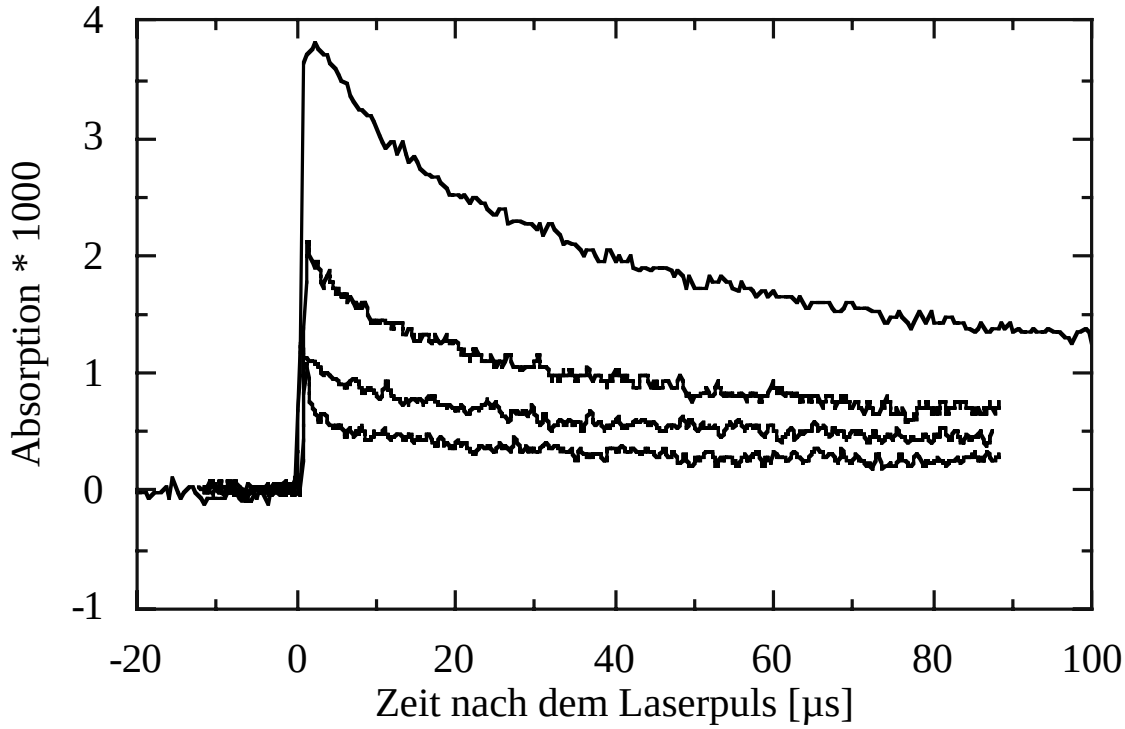
Proposed Reaction Mechanism



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Laser Flash Photolysis: TiO_2/Pt–Colloids
Reaction with Dichloroacetate (DCA)



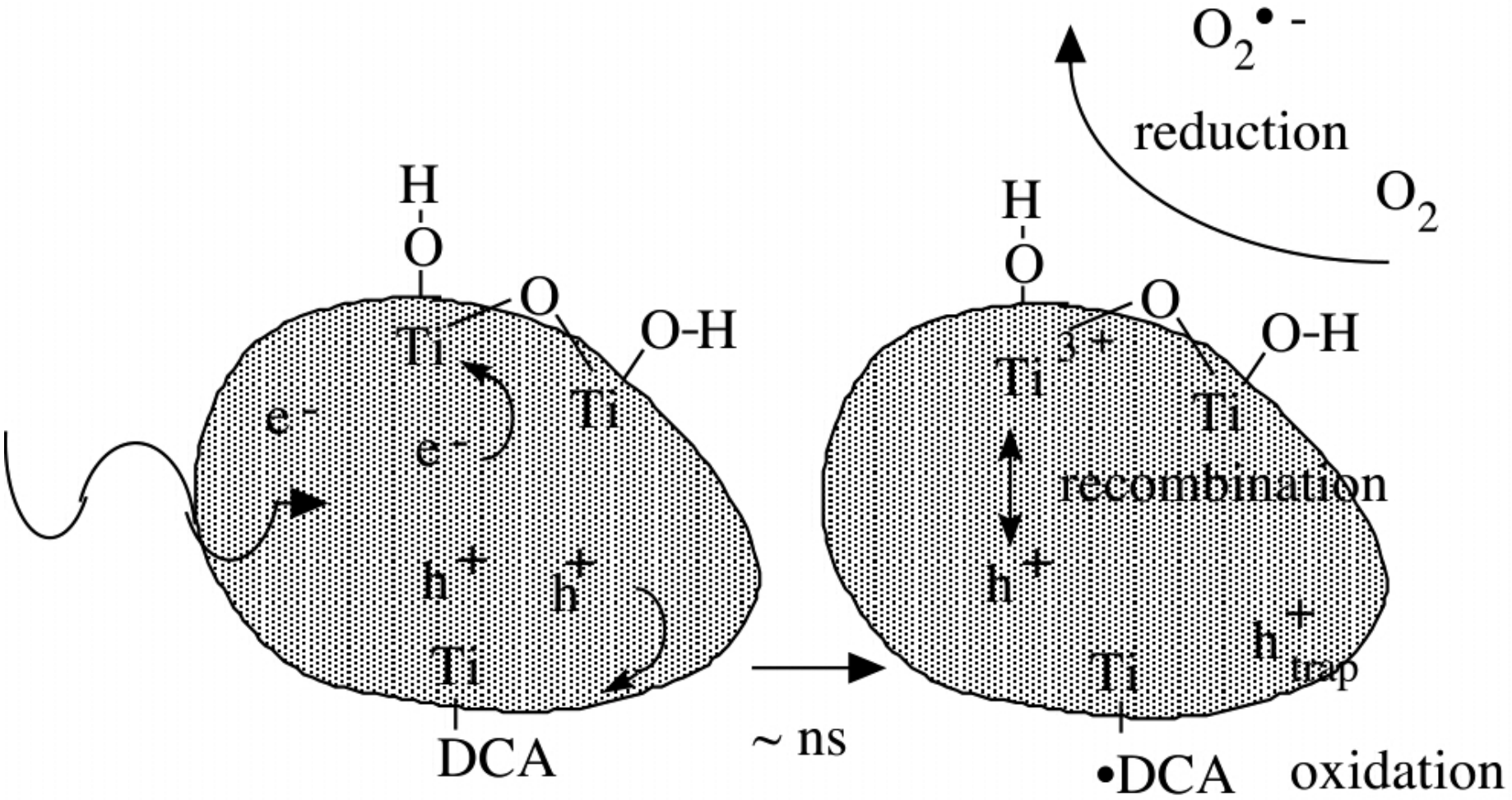
Transient Absorption-/Time-Signals at λ_{obs} = 500nm following a 25 ns laser pulse (λ_{ex} = 355nm, 16 µM hν/pulse), 2g/L TiO_2 /Pt-colloid (1% Pt), pH 2.5, air-sat., various DCA concentrations (0, 40, 80, 200 mM).

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Laser Flash Photolysis: TiO_2/Pt–Colloids

Proposed Reaction Mechanism with DCA

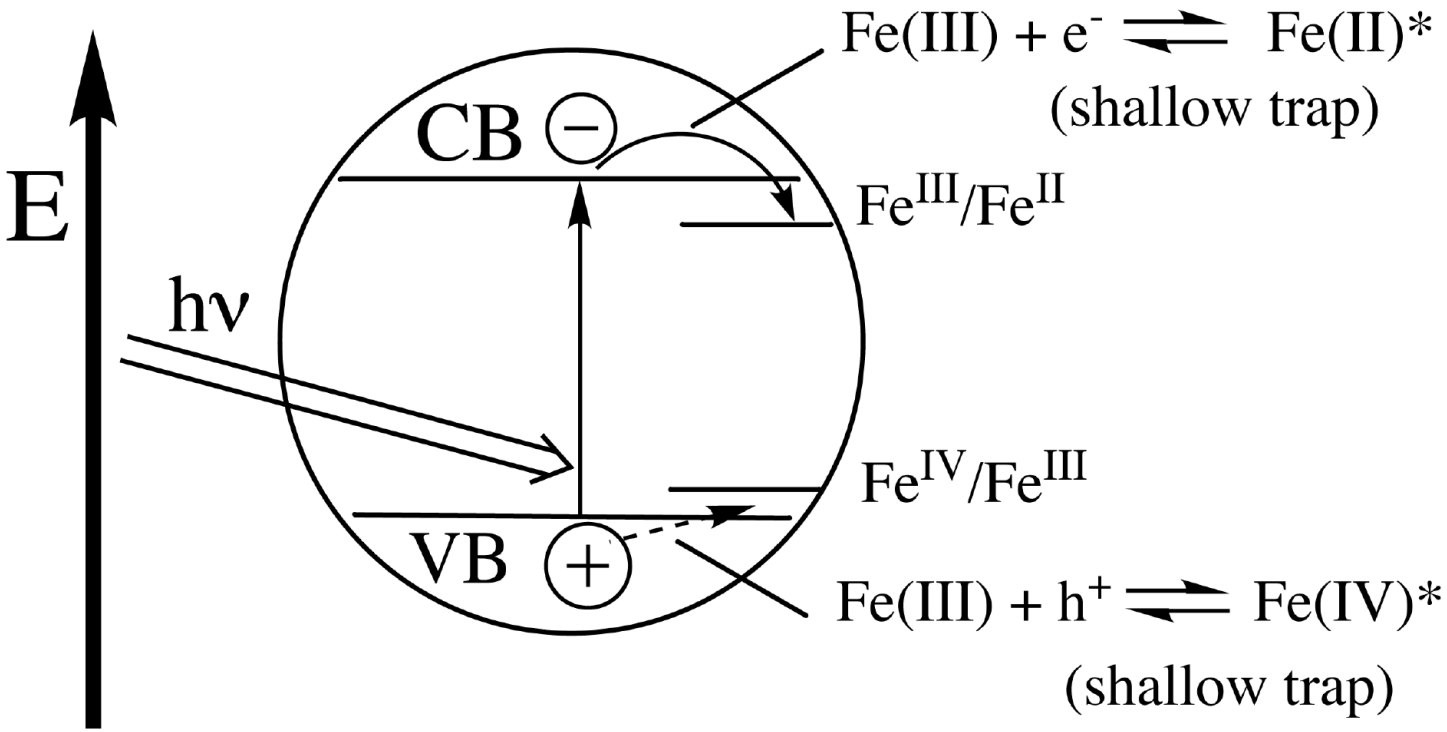


Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Fe(III)–doped TiO_2–Particles

Energy Levels

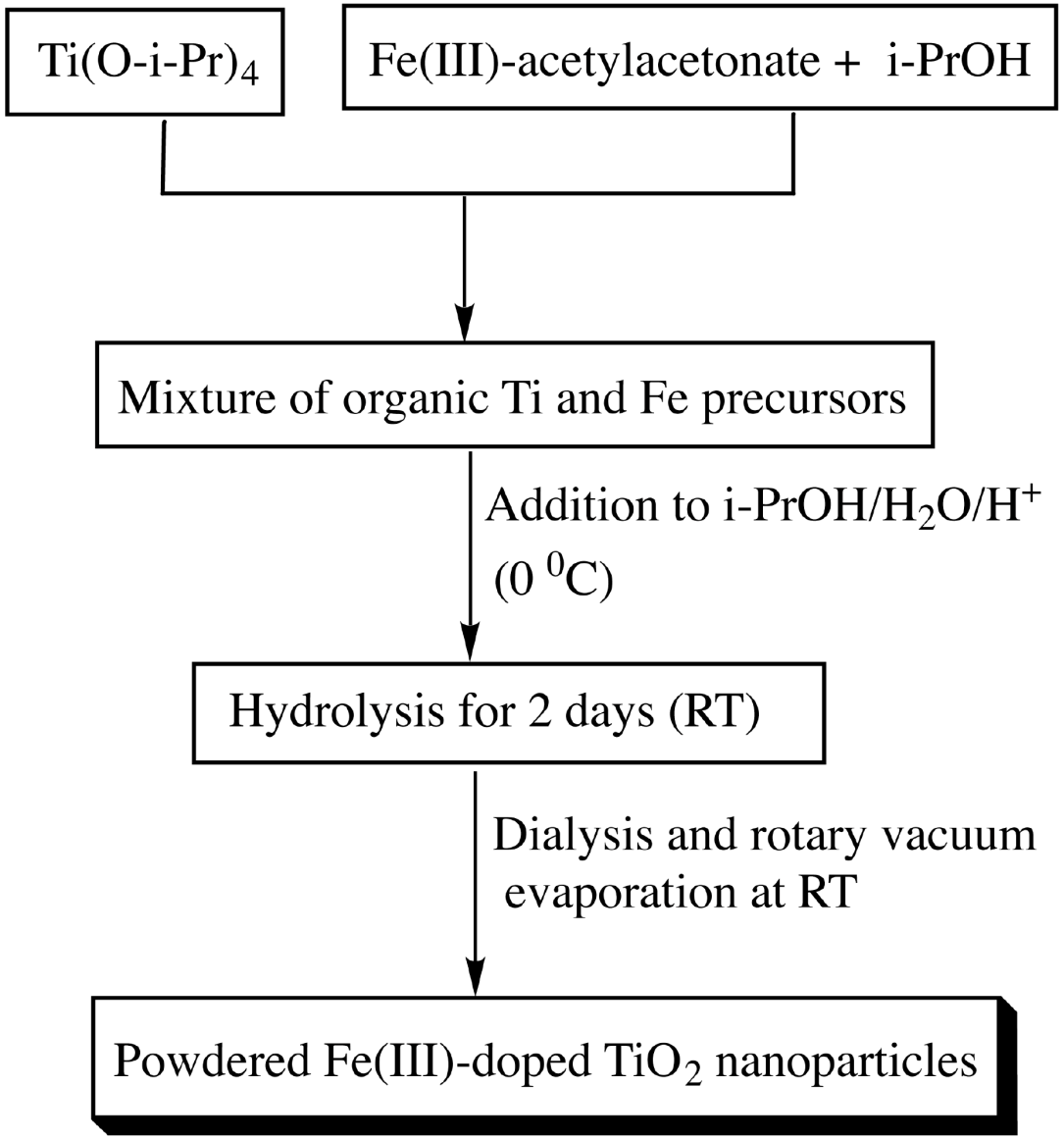


(c)

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Fe(III)–doped TiO_2–Colloids: *Novel Synthetic Method*



(c)

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Fe(III)-doped TiO_2-Particles:

The Methanol/ Formaldehyde-System (to determine the yield of hydroxyl radicals)

Charge carrier generation

$$TiO_2 + h\nu\ (\geqslant E_g) \rightarrow h_{vb}^{+} + e_{cb}^{-}\ (I_{abs},\ fs^4)$$

Charge carrier recombination

$$h^{+} + e^{-} \rightarrow TiO_2 + \text{heat}\ (<ns^4)$$

Production of hydroxyl radicals

$$h_{vb}^{+} + \equiv Ti^{IV}OH/H_2O \rightarrow \equiv Ti^{IV}OH^{\bullet +}/OH^{\bullet} + H^{+}\ (fast^4)$$

Interfacial charge transfer

$$e_{cb}^{-}(e_{tr}^{-}) + O_2 \rightarrow O_2^{-\bullet}$$
$$(k_9 = 7.6 \times 10^7\ M^{-1}\ s^{-1}\ \text{for trapped electrons}^{32})$$

$$^{\bullet}OH + CH_3OH \rightarrow {}^{\bullet}CH_2OH + H_2O$$
$$(k_{10} = 5 \times 10^8\ M^{-1}\ s^{-1\ 33})$$

$$^{\bullet}CH_2OH + O_2 \rightarrow HCHO + HO_2^{\bullet}$$
$$(k_{11} = 5 \times 10^9\ M^{-1}\ s^{-1\ 34})$$

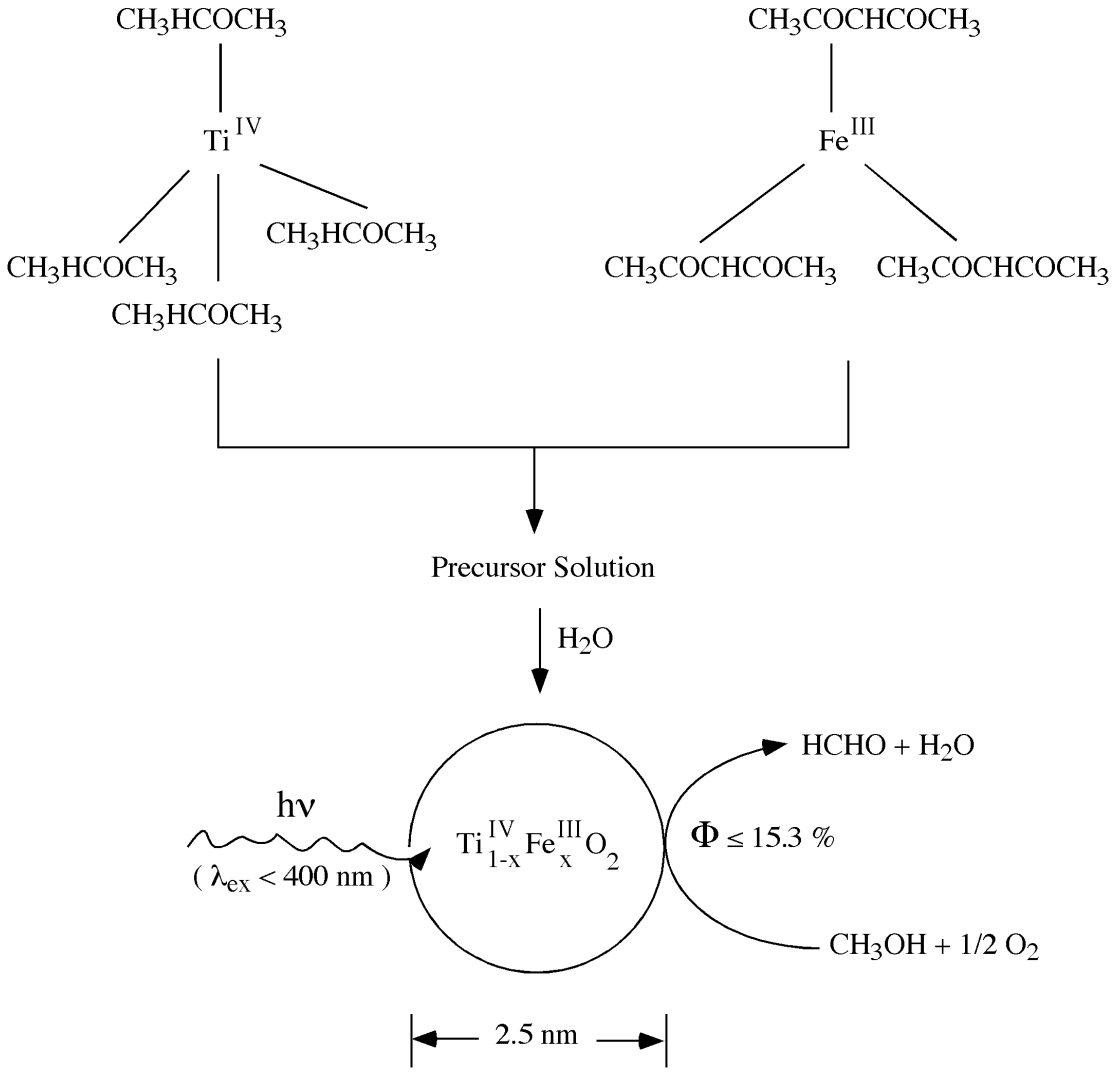
$$^{\bullet}CH_2OH + \equiv Ti^{IV}OH \rightarrow$$
$$HCHO + \equiv Ti^{III}OH/e_{tr}^{-} + H^{+}\ (fast^{35})$$

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Fe(III)–doped TiO_2–Particles:

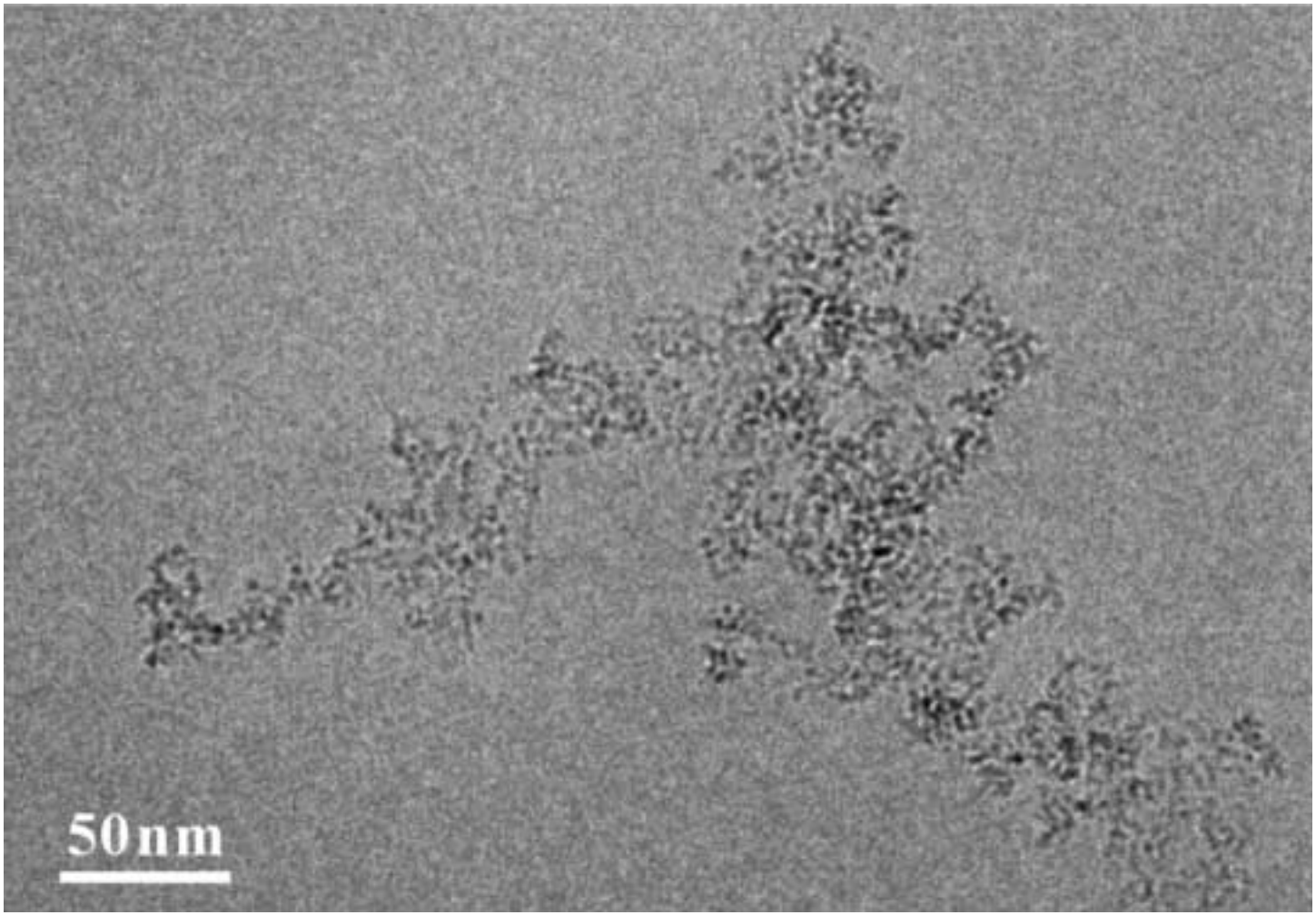
Can we explain this high quantum yield of formaldehyde formation?



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

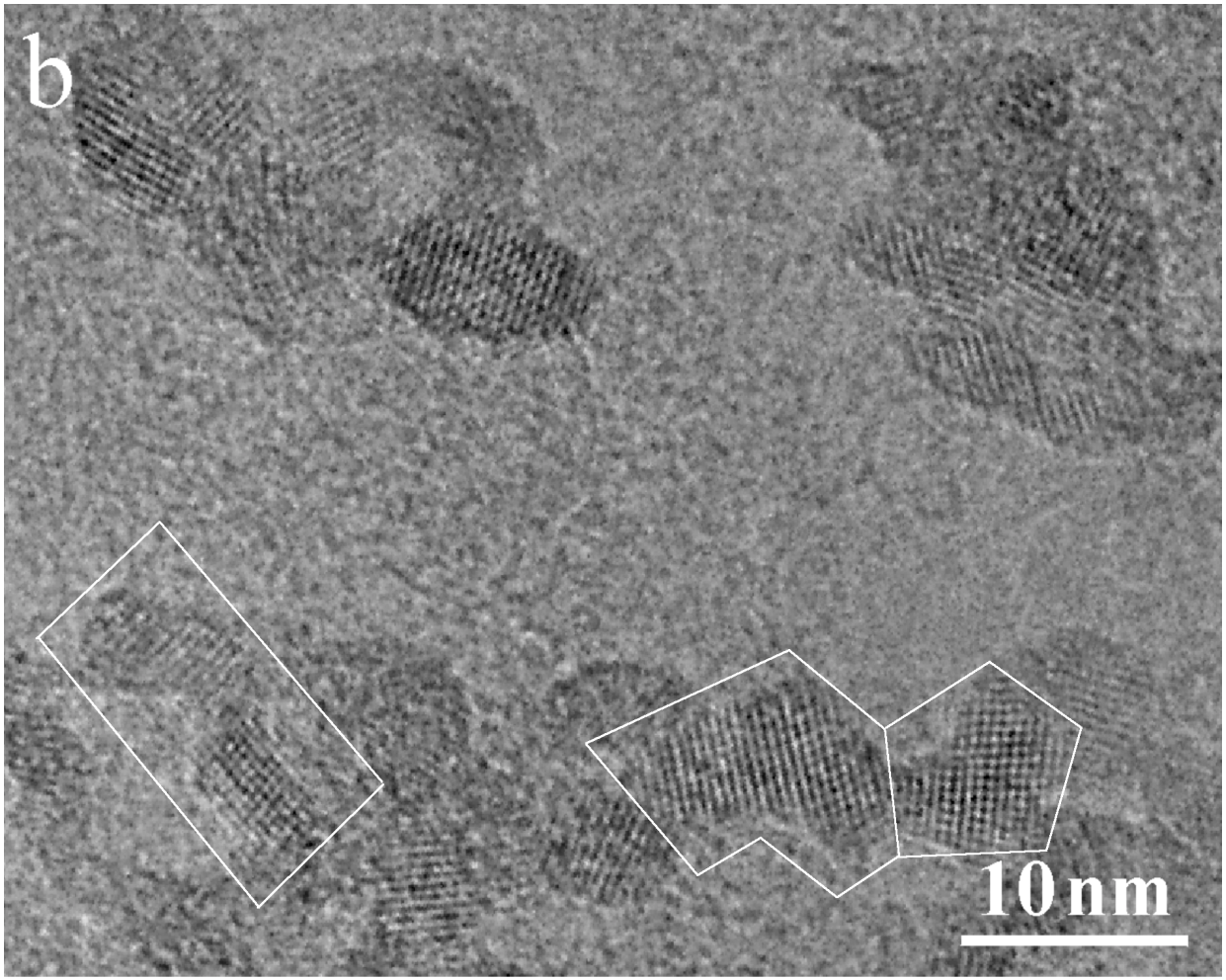
Fe(III)-doped TiO_2-Colloids
Cryo-TEM Picture (0.5 at% Fe(III))



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Fe(III)-doped TiO_2-Colloids
Cryo-TEM Picture

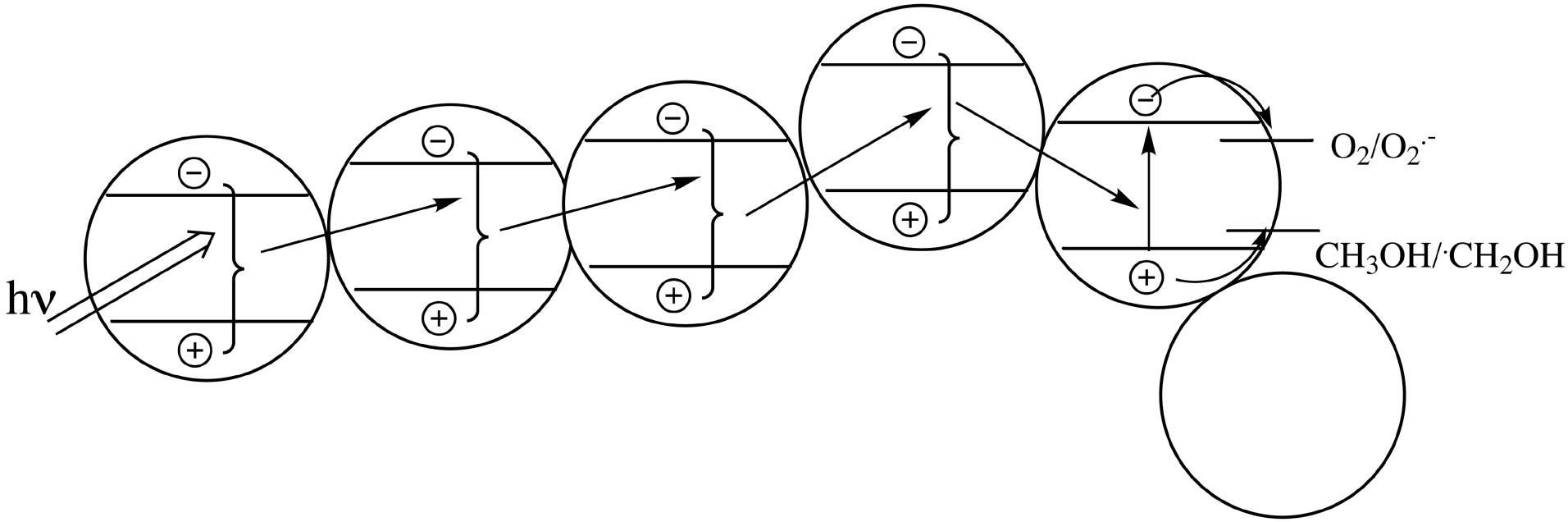


Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

The Antenna Mechanism

(An attempt to explain the high quantum yields of formaldehyde formation during the CH_3OH-Oxidation at TiO_2/Fe(III)-Colloids)

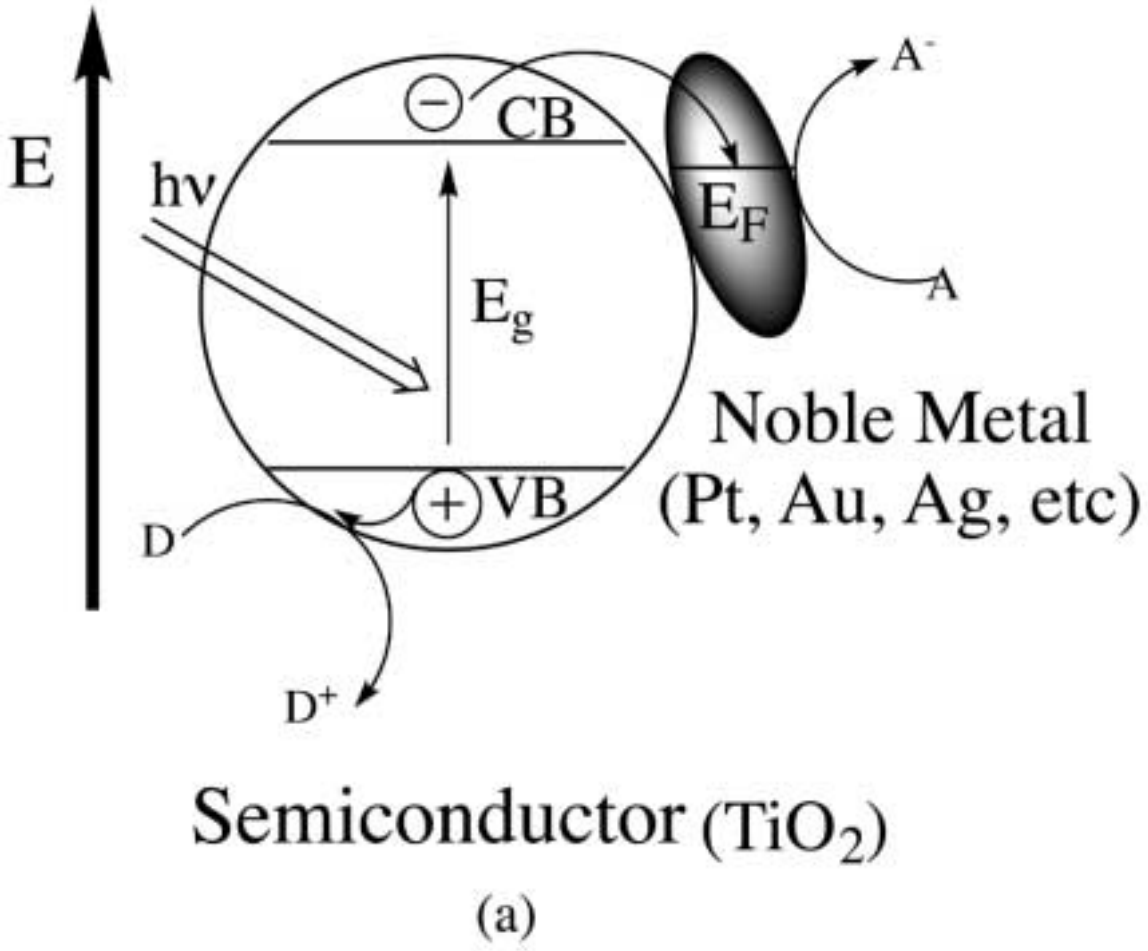


bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Enhancing the Photocatalytic Activity

(a) Metal Nano-Contacts

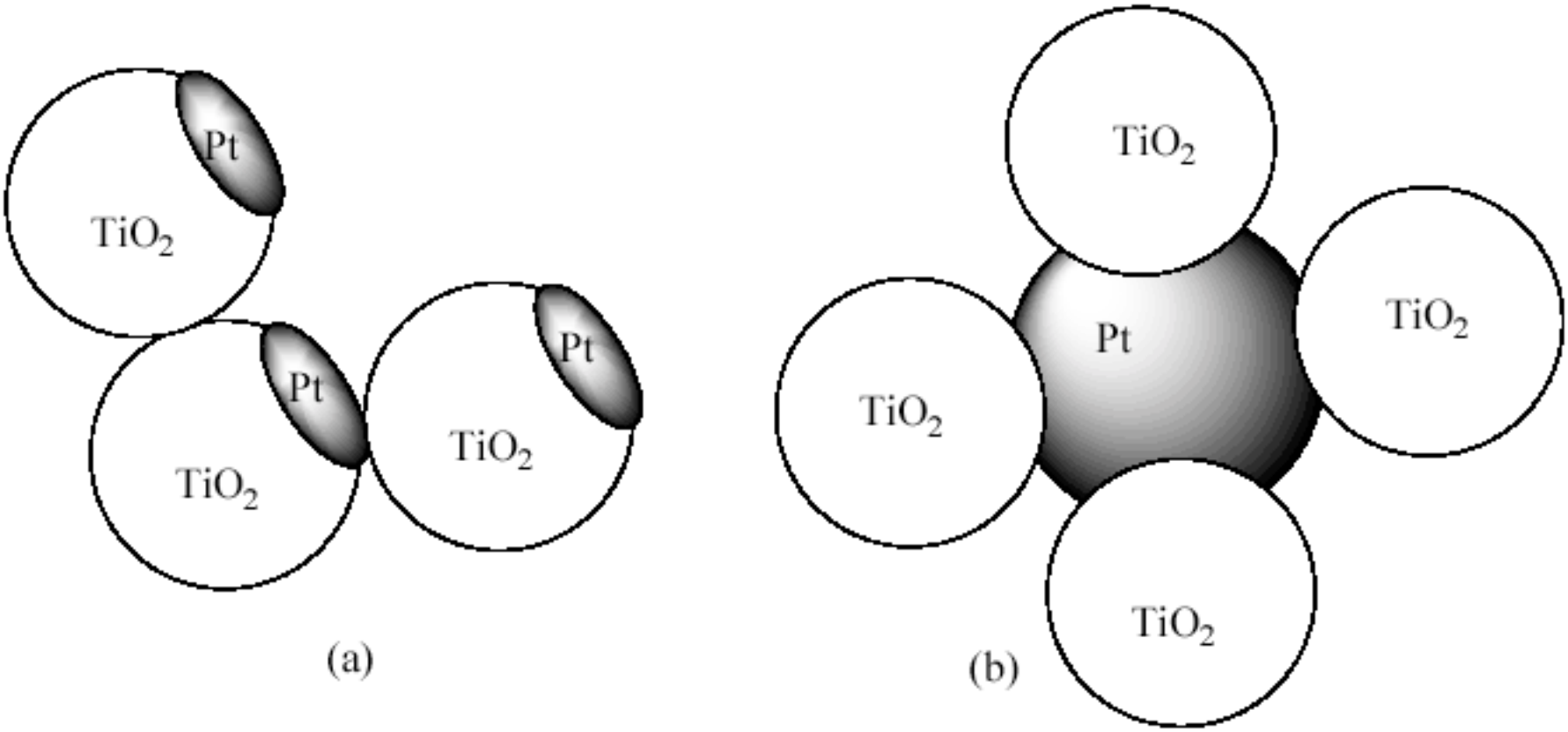


bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Platinization of TiO_2–Particles

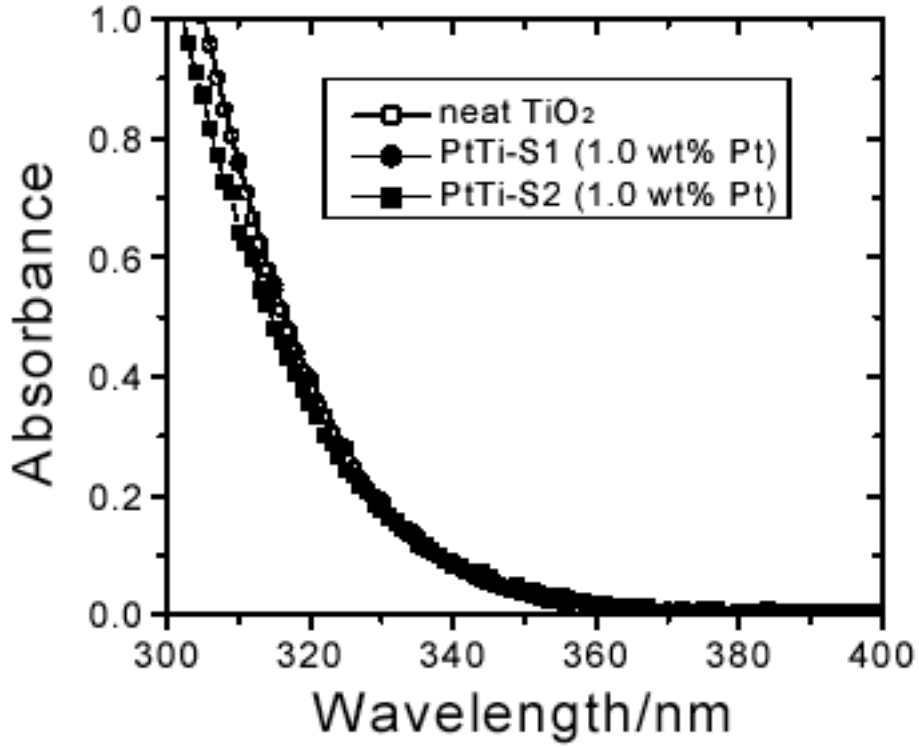
Photoplatinization (PtTi–S1) vs. Colloidmixing (PtTi–S2)



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Platinization of TiO_2–Particles
UV/vis–Spectra of the Colloids

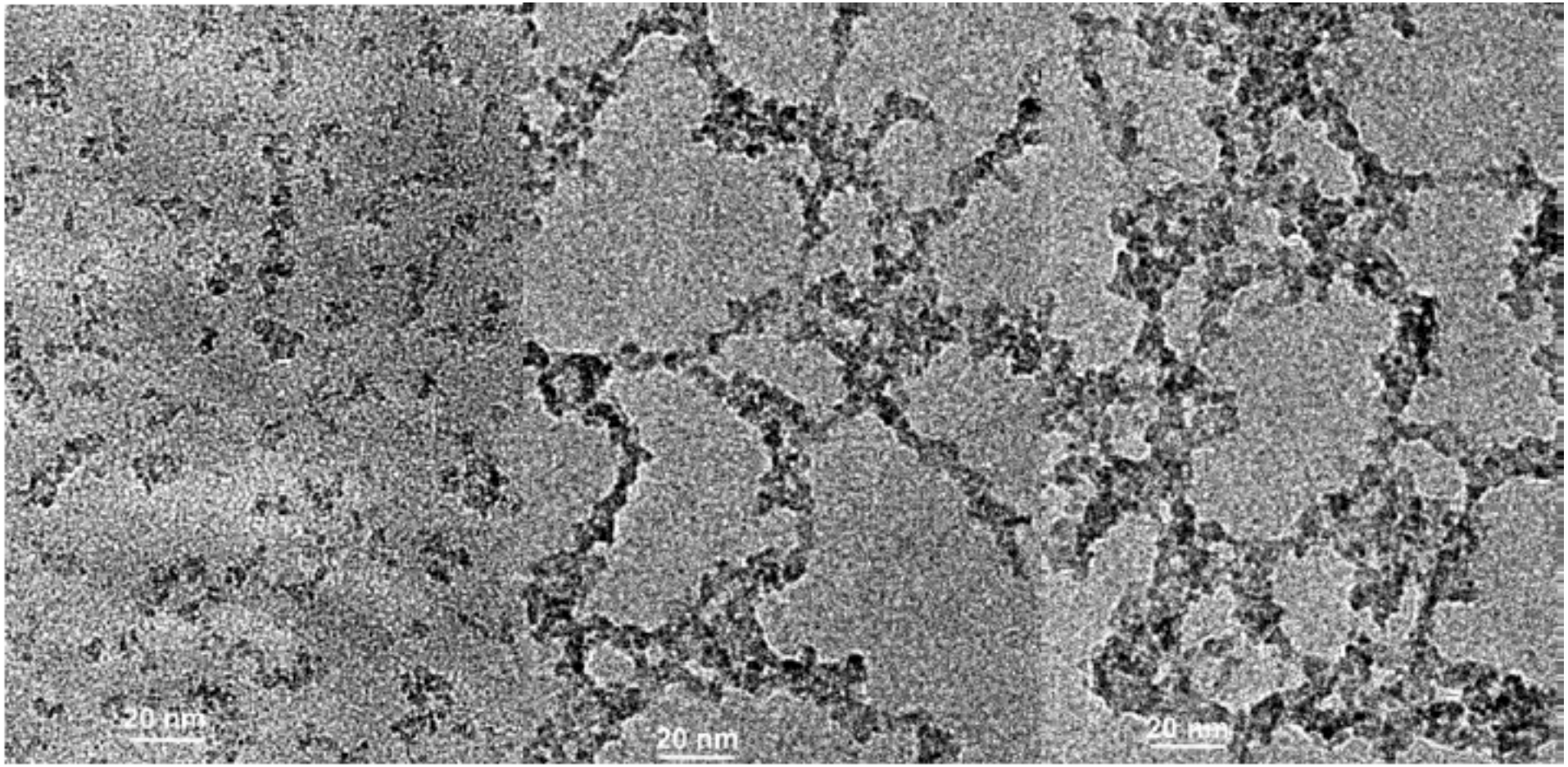


bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Platinization of TiO_2–Colloids

Cryo–TEM Picture (1.0 wt% Pt)

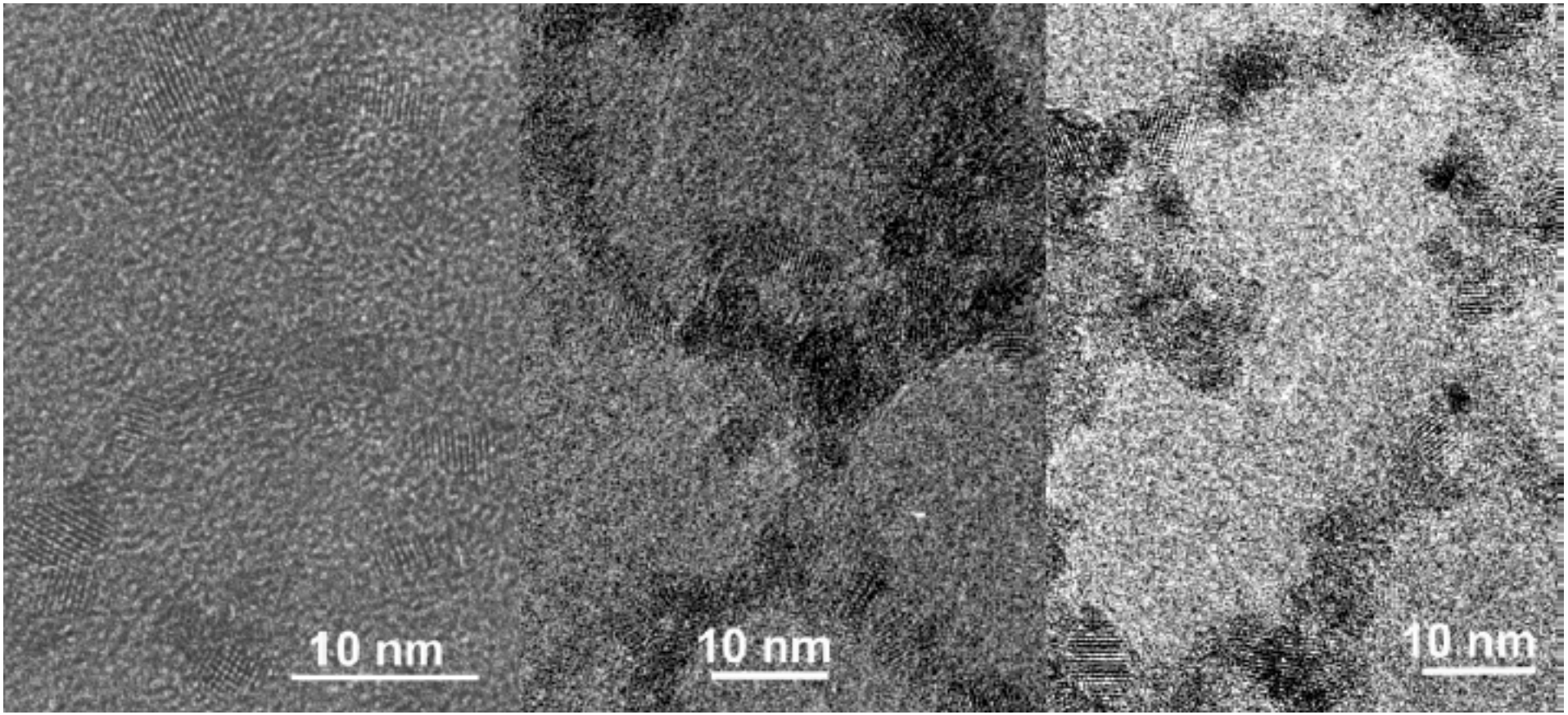


TiO_2 PtTi-S1 PtTi-S2

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Platinization of TiO_2–Colloids
Cryo–HRTEM Picture (1.0 wt% Pt)



TiO_2 PtTi-S1 PtTi-S2

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Platinized TiO_2-Particles:
The Methanol/ Formaldehyde-System (to determine the yield of hydroxyl radicals)

Charge carrier generation

$$TiO_2 + h\nu\ (\geq E_g) \rightarrow h_{vb}^{+} + e_{cb}^{-}\ (I_{abs},\ fs^4)$$

Charge carrier recombination

$$h^{+} + e^{-} \rightarrow TiO_2 + \text{heat}\ (<ns^4)$$

Production of hydroxyl radicals

$$h_{vb}^{+} + \equiv Ti^{IV}OH/H_2O \rightarrow \equiv Ti^{IV}OH^{\bullet +}/OH^{\bullet} + H^{+}\ (fast^4)$$

Interfacial charge transfer

$$e_{cb}^{-}(e_{tr}^{-}) + O_2 \rightarrow O_2^{-\bullet}$$
$$(k_9 = 7.6 \times 10^7\ M^{-1}\ s^{-1}\ \text{for trapped electrons}^{32})$$

$$^{\bullet}OH + CH_3OH \rightarrow {}^{\bullet}CH_2OH + H_2O$$
$$(k_{10} = 5 \times 10^8\ M^{-1}\ s^{-1\ 33})$$

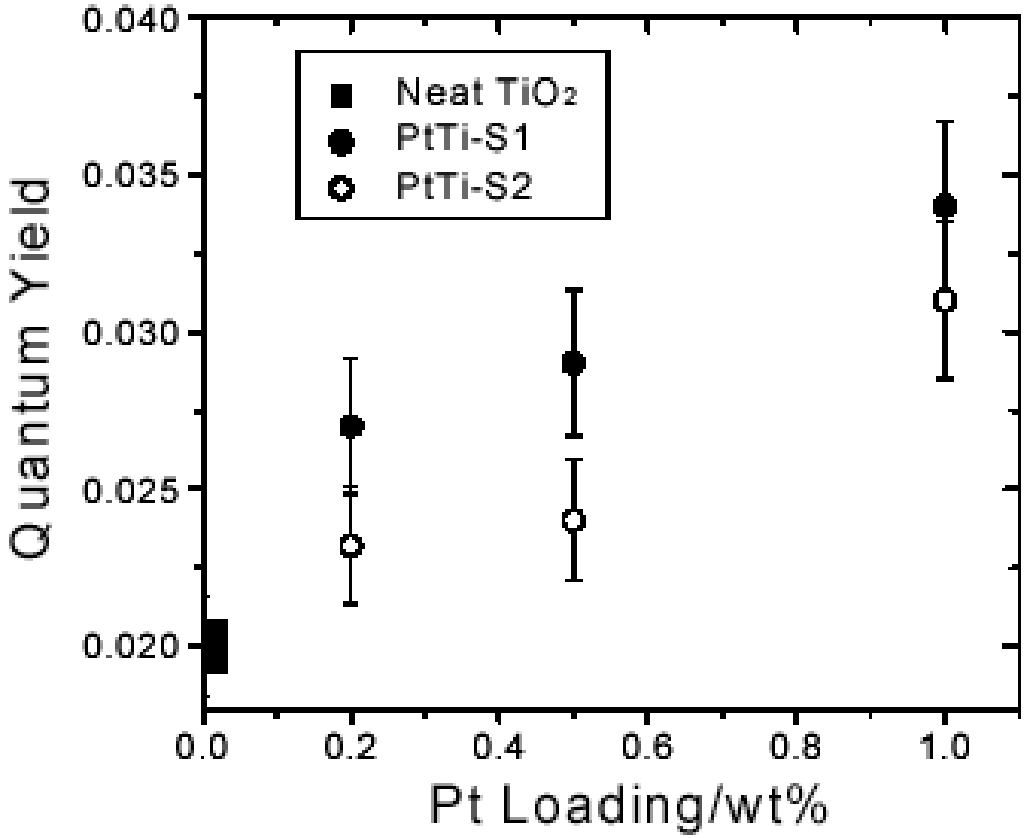
$$^{\bullet}CH_2OH + O_2 \rightarrow HCHO + HO_2^{\bullet}$$
$$(k_{11} = 5 \times 10^9\ M^{-1}\ s^{-1\ 34})$$

$$^{\bullet}CH_2OH + \equiv Ti^{IV}OH \rightarrow$$
$$HCHO + \equiv Ti^{III}OH/e_{tr}^{-} + H^{+}\ (fast^{35})$$

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

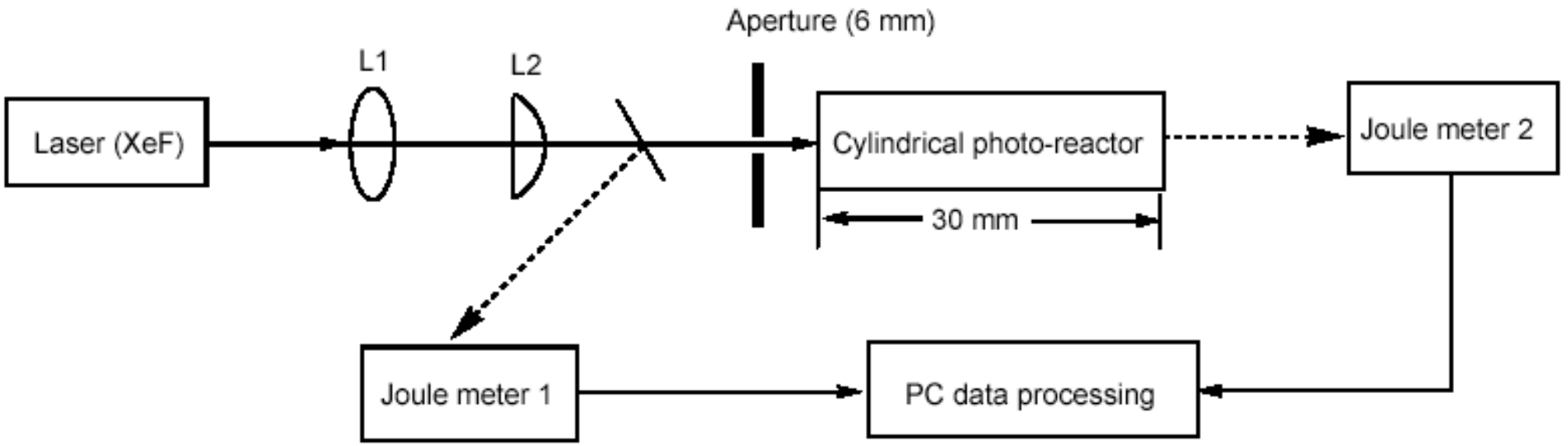
Platinized TiO_2–Particles
Formaldehyde Yield *vs.* Pt–Loading (CW Photolysis)



bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Platinized TiO_2–Particles
Set–up for Intermittent Laserphotolysis



bahnemann@iftc.uni–hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

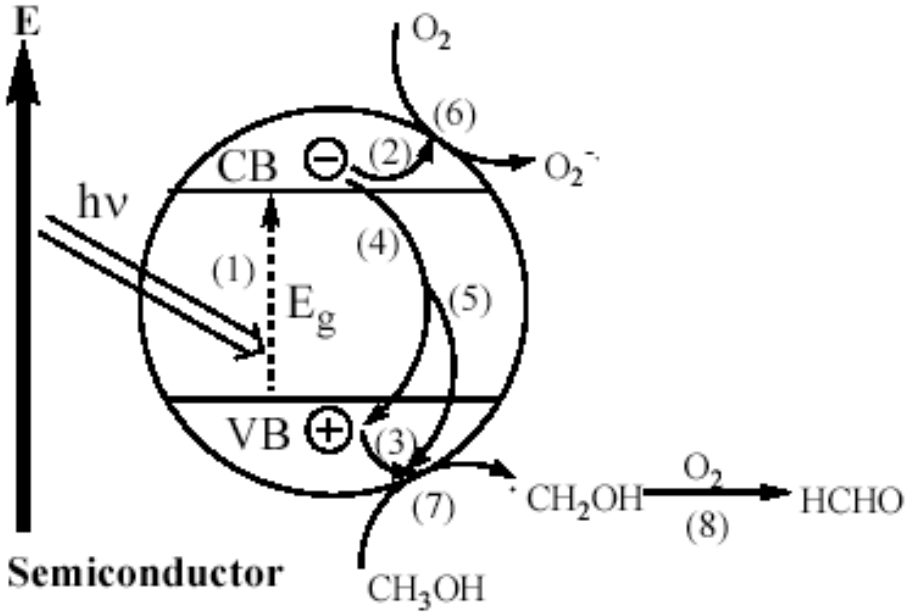
Platinized TiO_2–Particles
Formaldehyde Yield: CW *vs.* Laserphotolysis

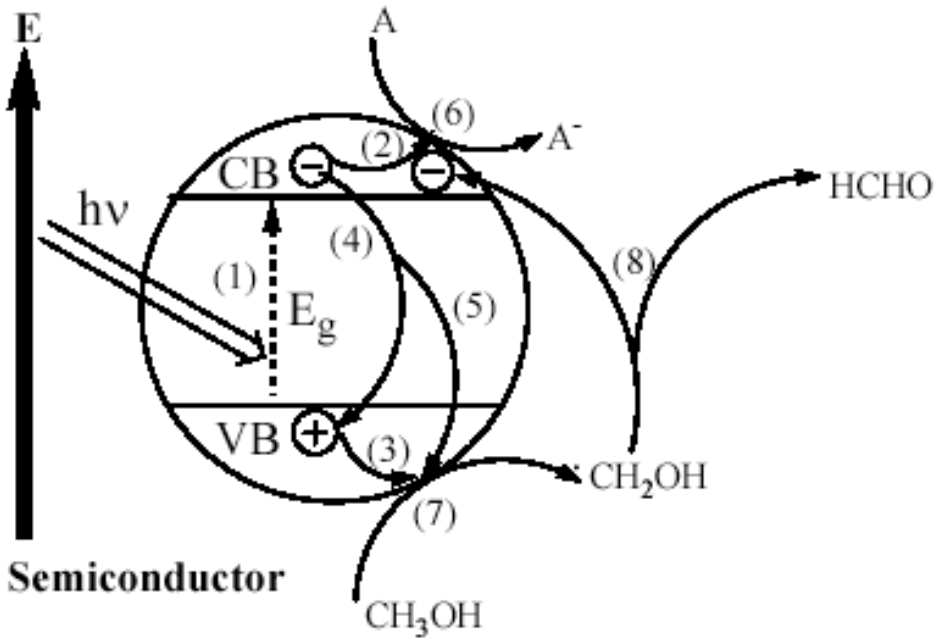
Photocatalyst	CW photolysis [b] 300-400 nm, O_2-sat'd	Laser (XeF) pulse photol.[c] 351 nm, O_2-sat'd	Laser (XeF) pulse photol.[d] 351 nm, N_2-sat'd
2.4 nm TiO_2	0.020 ± 0.001	0.032 ± 0.002	0.027 ± 0.002
1.5-4 nm PtTi-S1 (*1 wt %* Pt)	0.034 ± 0.003	0.047 ± 0.002	0.049 ± 0.002
1.5-4 nm PtTi-S2 (*1 wt %* Pt)	0.031 ± 0.002	0.048 ± 0.002	0.033 ± 0.002

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Platinized TiO_2–Particles
Formaldehyde Formation: O_2 *vs.* N_2

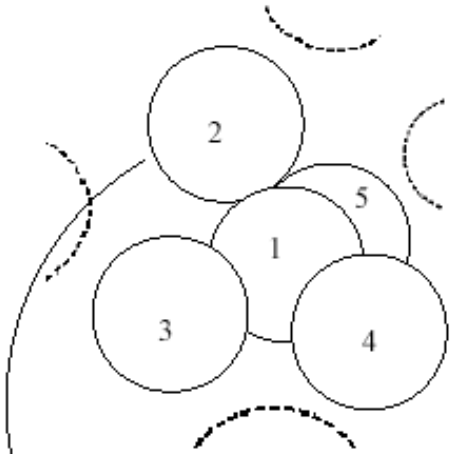




bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

The De-Aggregation Concept

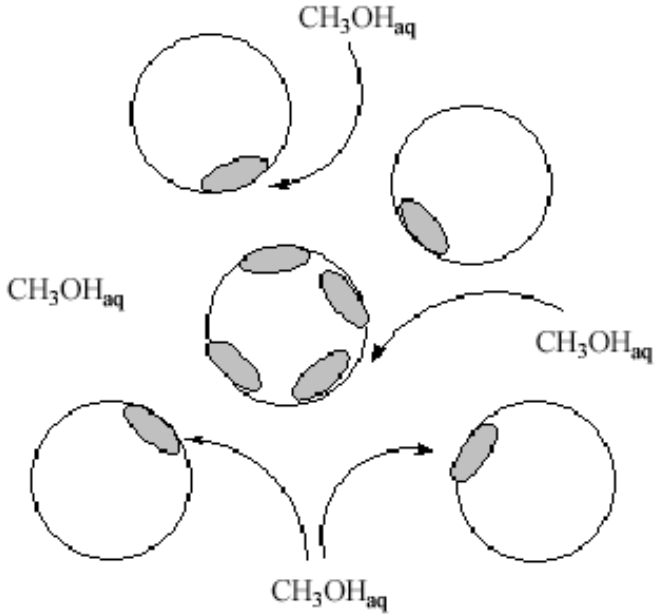


CH_3OH_{aq}

deaggregation

upon first laser-pulse

O_2



No photoinduced deaggregation

ϕ_{HCHO} (CW) $\simeq \frac{2}{3} \phi_{HCHO}$ (LP)

for TiO_2 (neat), PtTi-S1 and PtTi-S2

in O_2-sat'd solution

(1)

rapid establisment of adsorption equilibrium on blacked areas

(2)

2nd laser pulse sees more CH_3OH_{ad}:

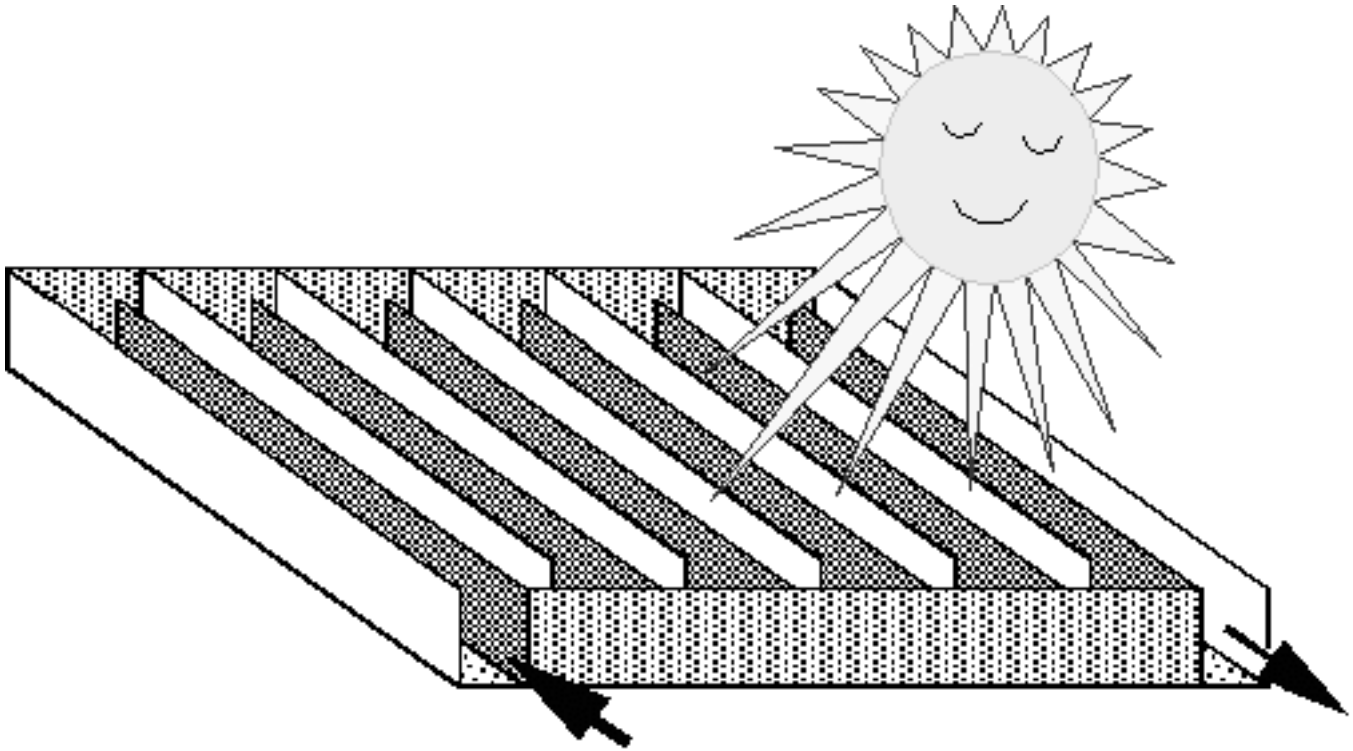
ϕ_{HCHO} (LP) increases relative to

ϕ_{HCHO} (CW)

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

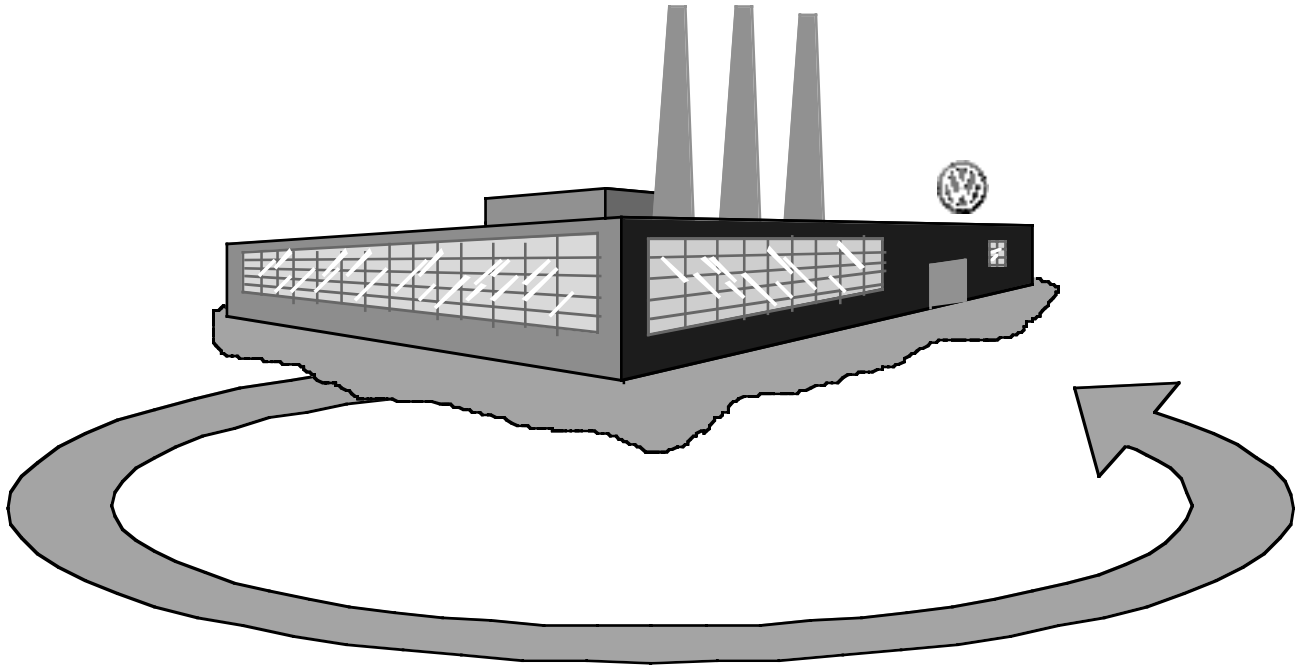
The Double Skin Sheet Reactor (DSSR)



bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

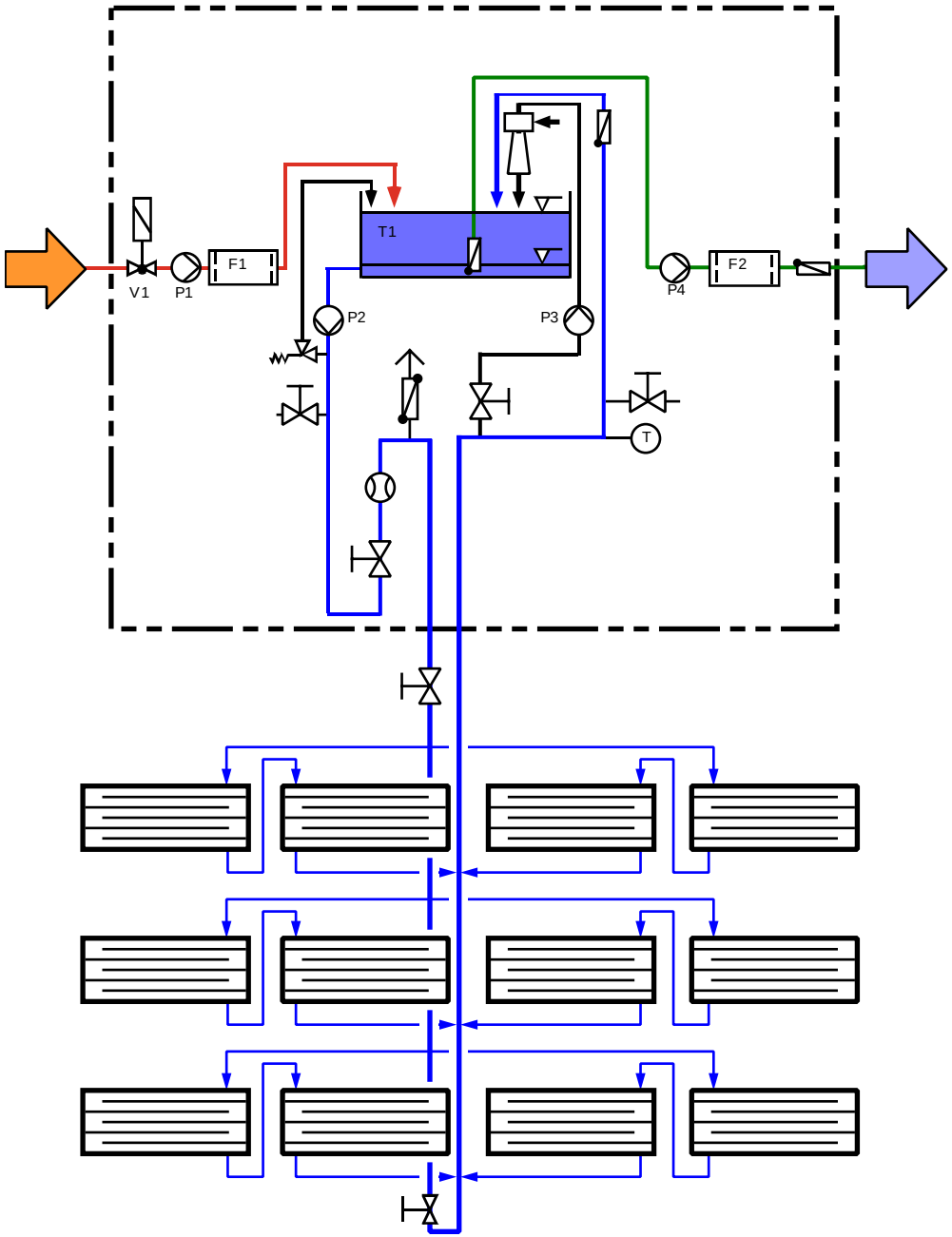
Recycling of Industrial Wastewater



bahnemann@iftc.uni-hannover.de

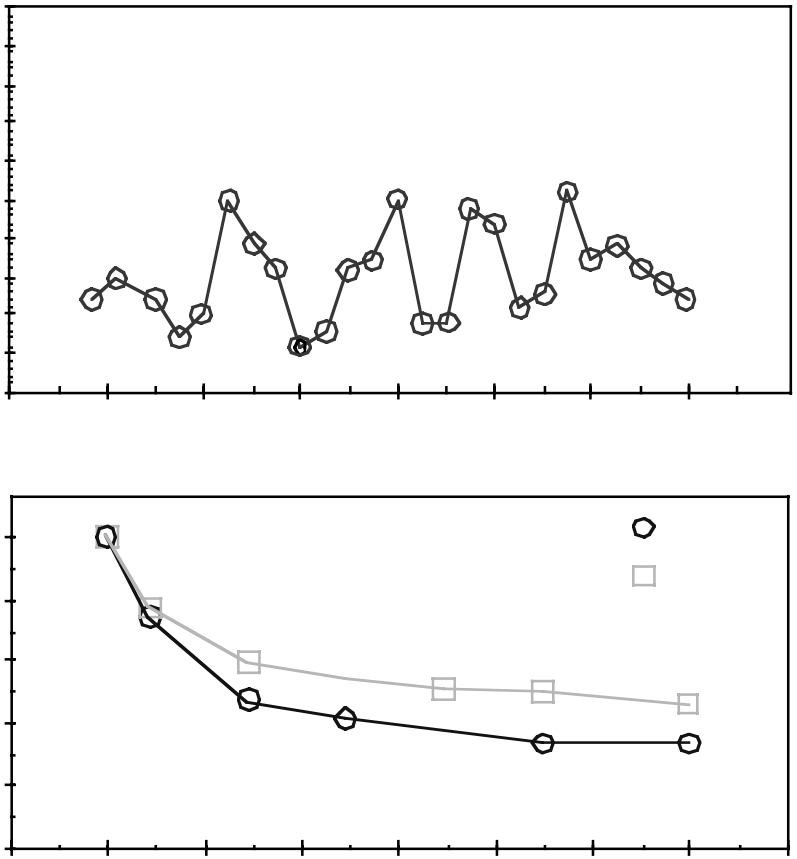
Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

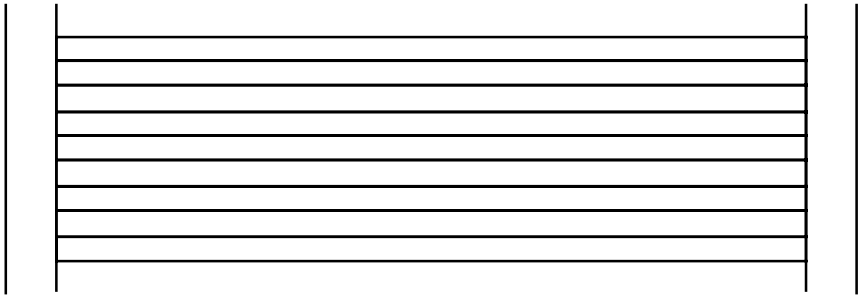
DSSR-Pilotplant I

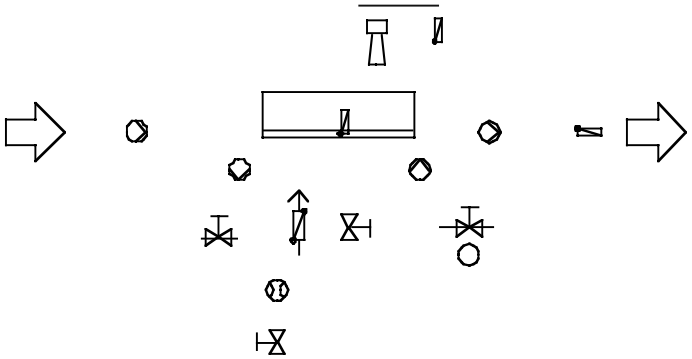


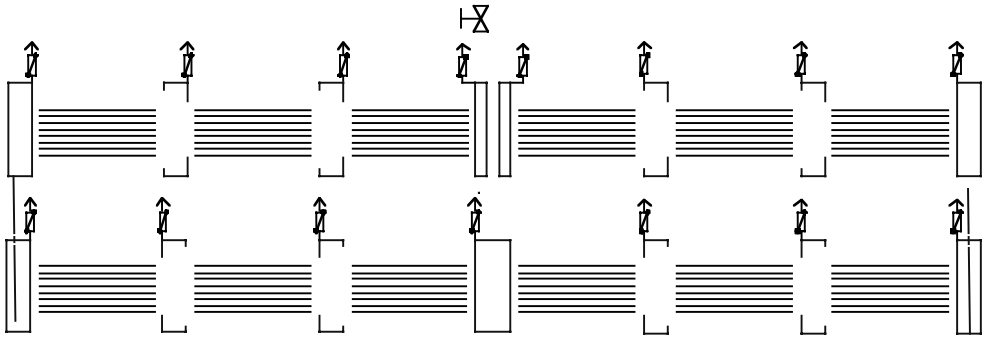
bahnemann@iftc.uni-hannover.de

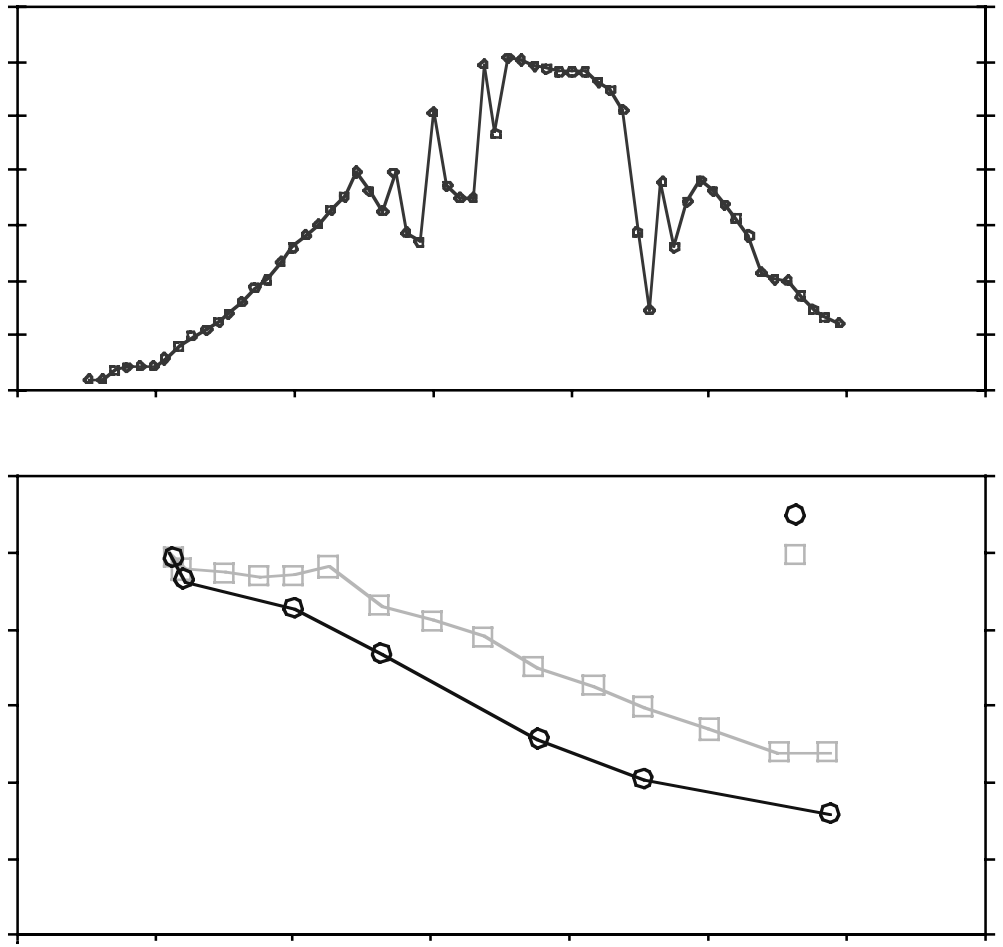
Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

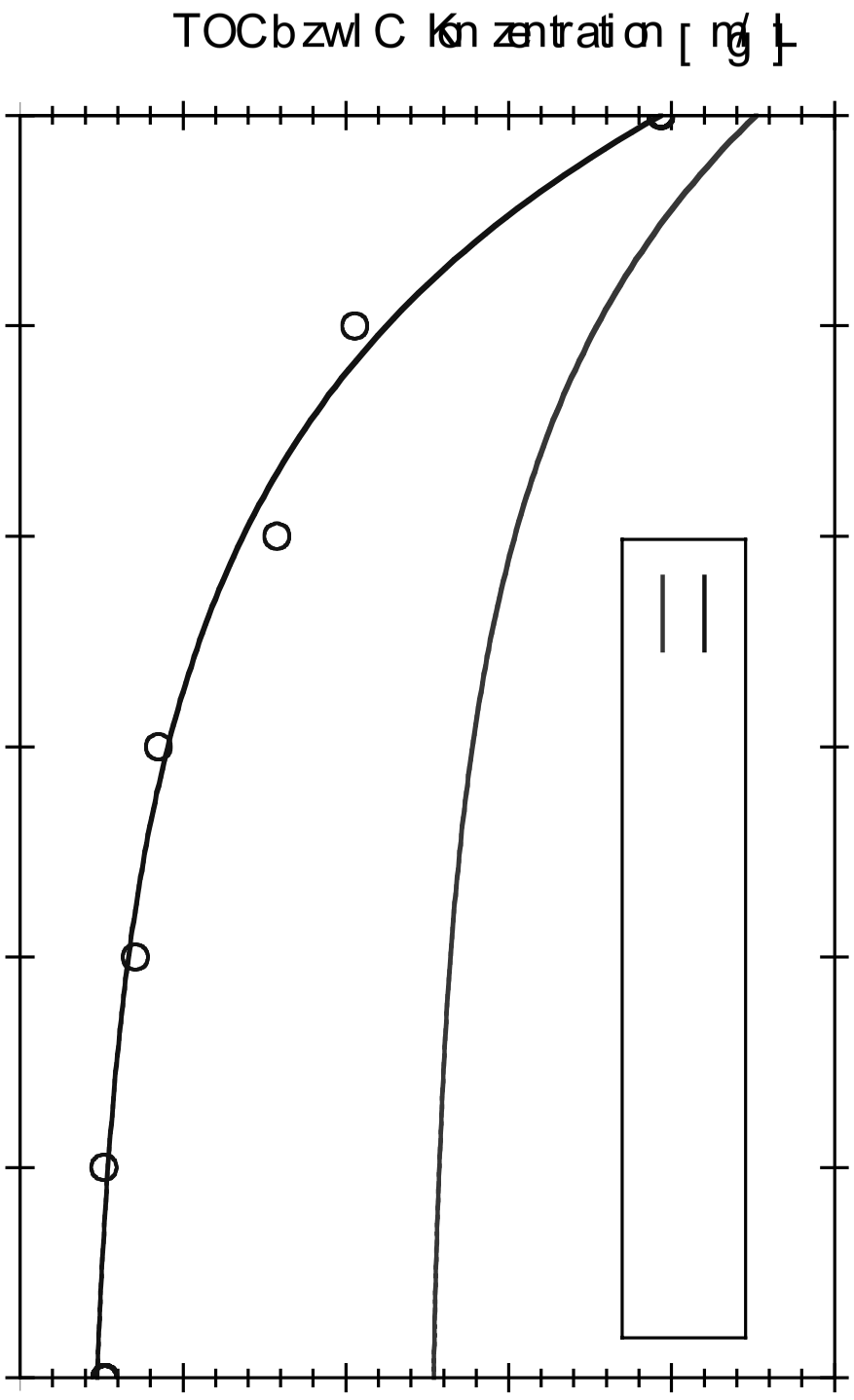


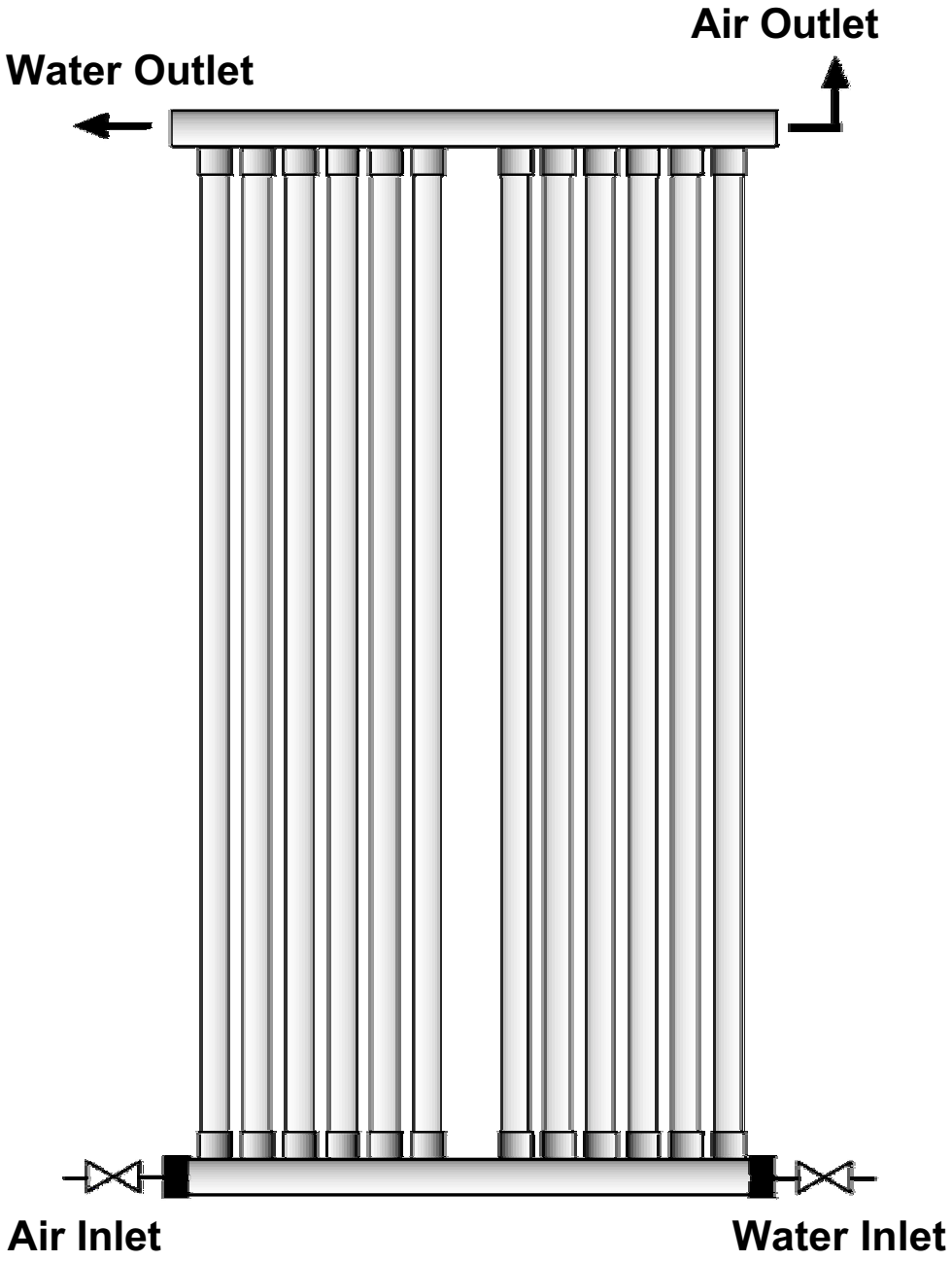









TOC bzw. DOC-Konzentration [mg/L]



Industrial Production of an ACP-Reactor (Scheme)

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

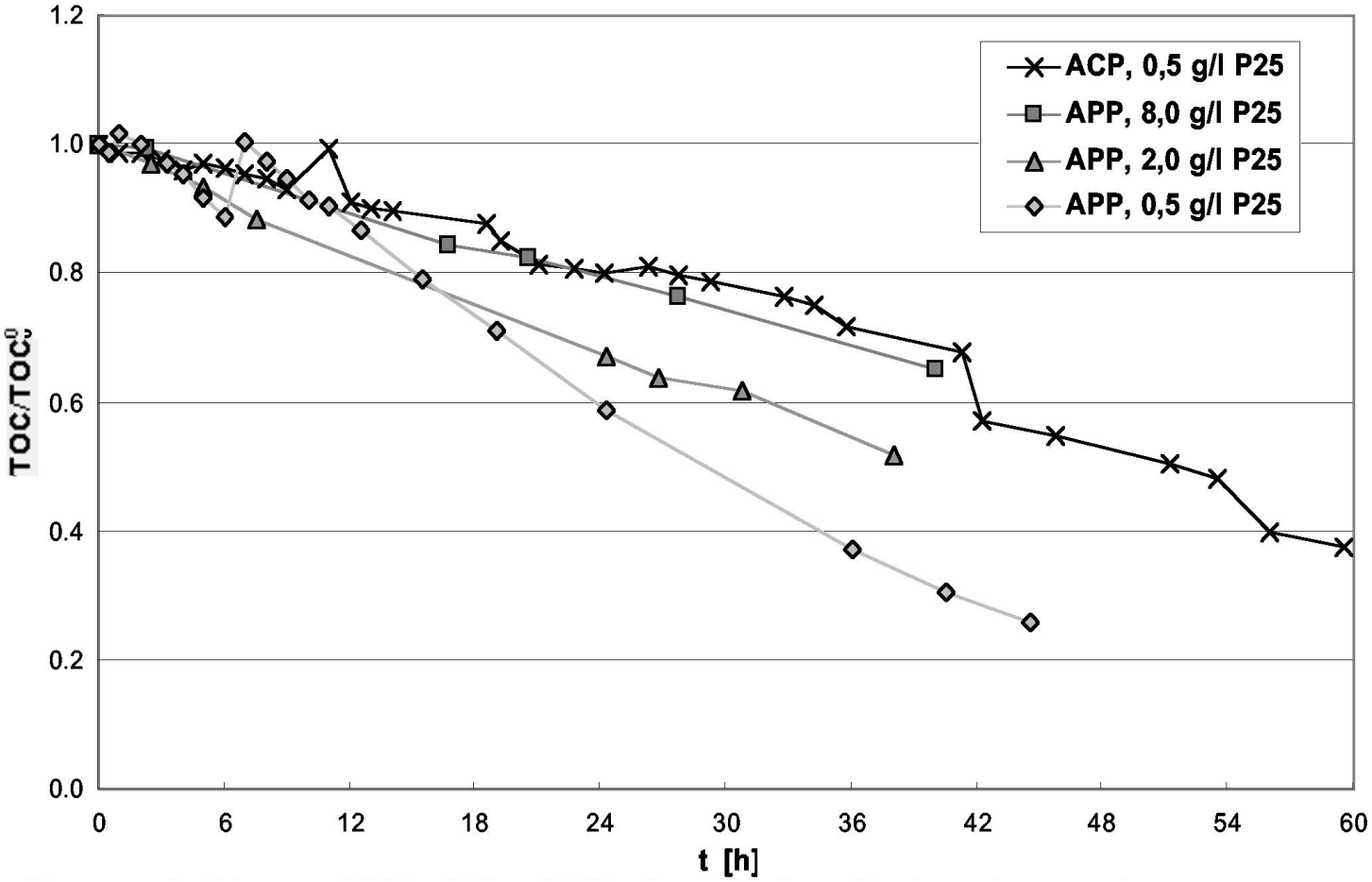
Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Industrial ACP-Reactor Production (Realization)

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

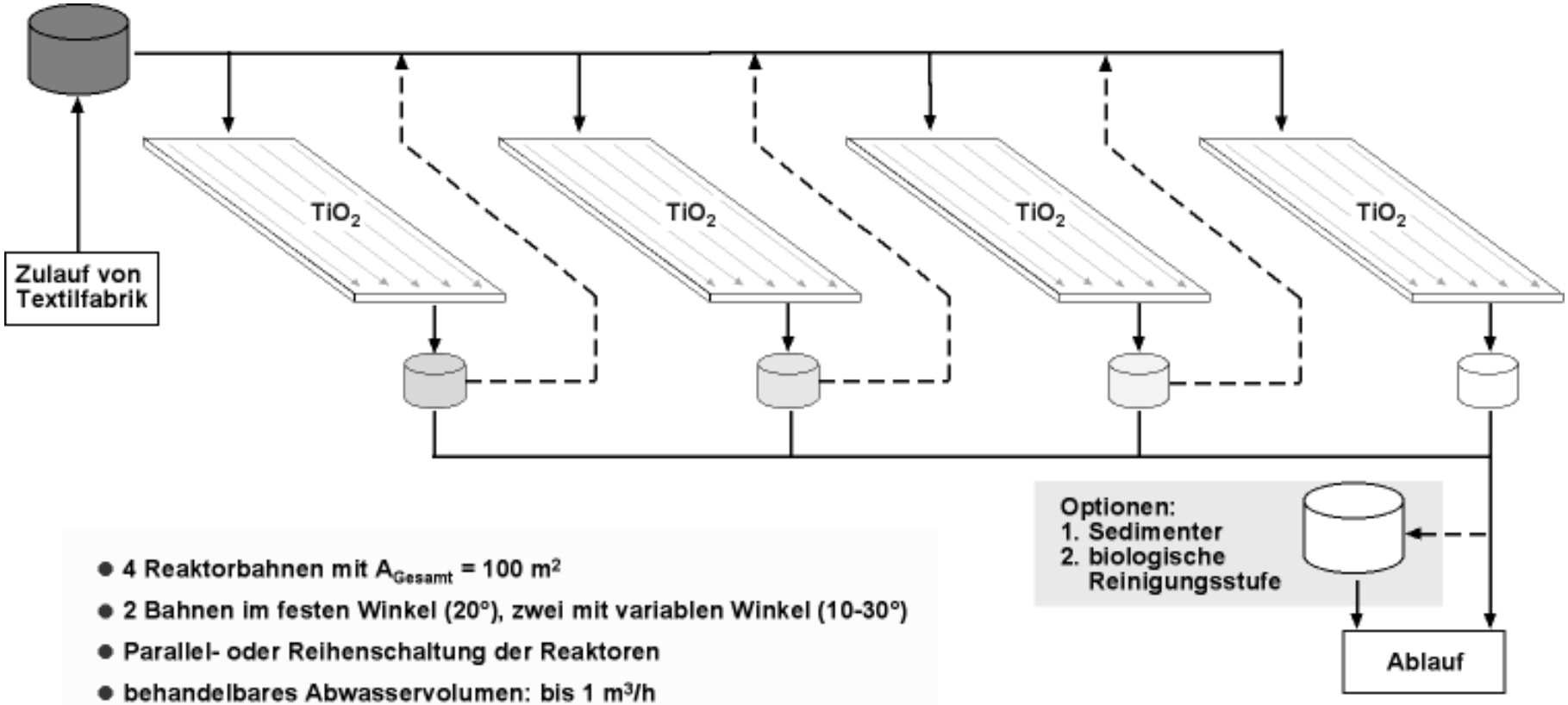
Comparison of the ACP and the APP Reactor for the Degradation of DCA



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Thin-Film Fixed Bed Reactor (TFFBR)



- 4 Reaktorbahnen mit A_{Gesamt} = 100 m^2
- 2 Bahnen im festen Winkel (20°), zwei mit variablen Winkel (10-30°)
- Parallel- oder Reihenschaltung der Reaktoren
- behandelbares Abwasservolumen: bis 1 m^3/h
- Möglichkeit der Nutzung als Suspensionsreaktor

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Thin-Film Fixed Bed Reactor (TFFBR)

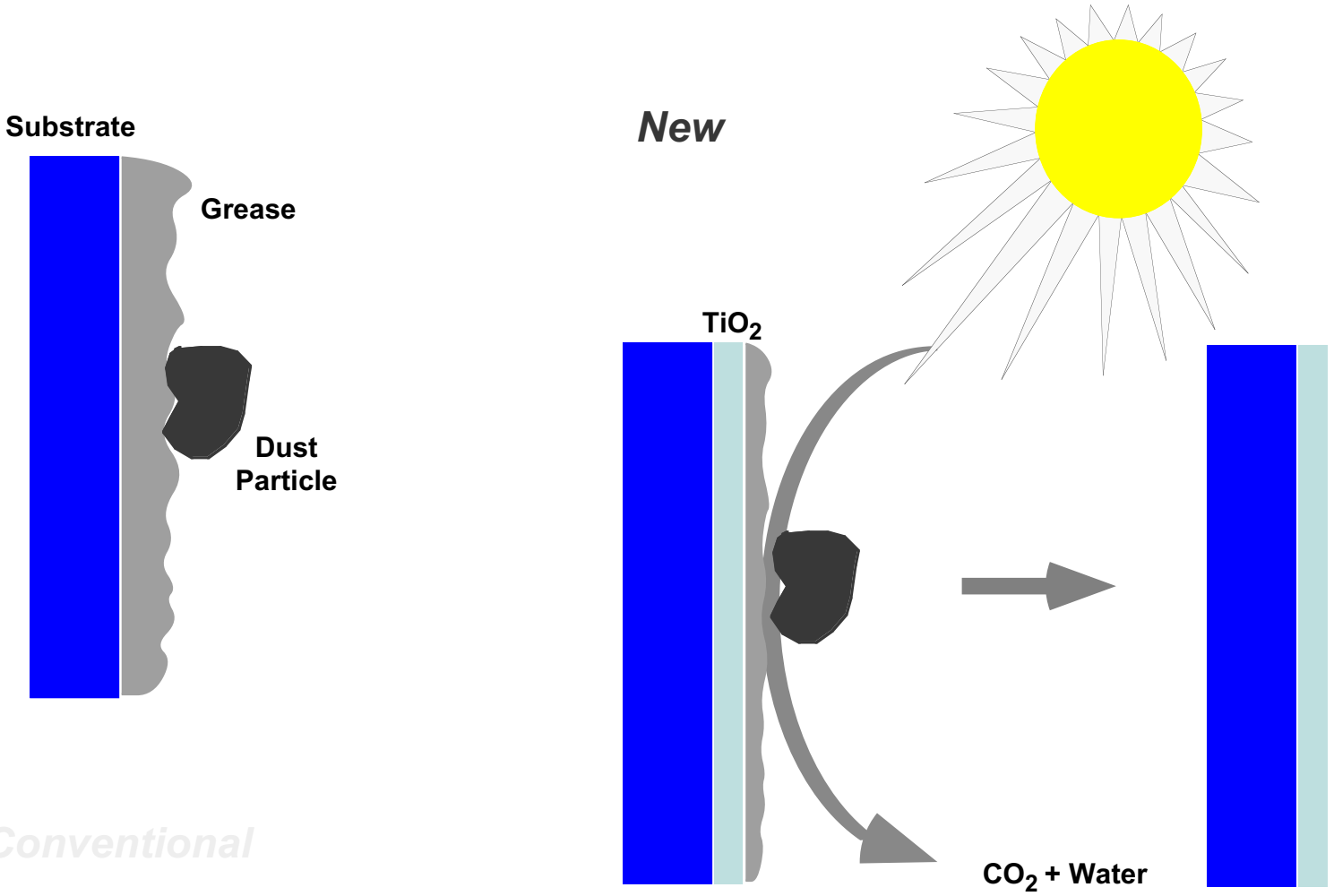
1995 in Almeria/Spanien

2003 in Tunis/Tunesien

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

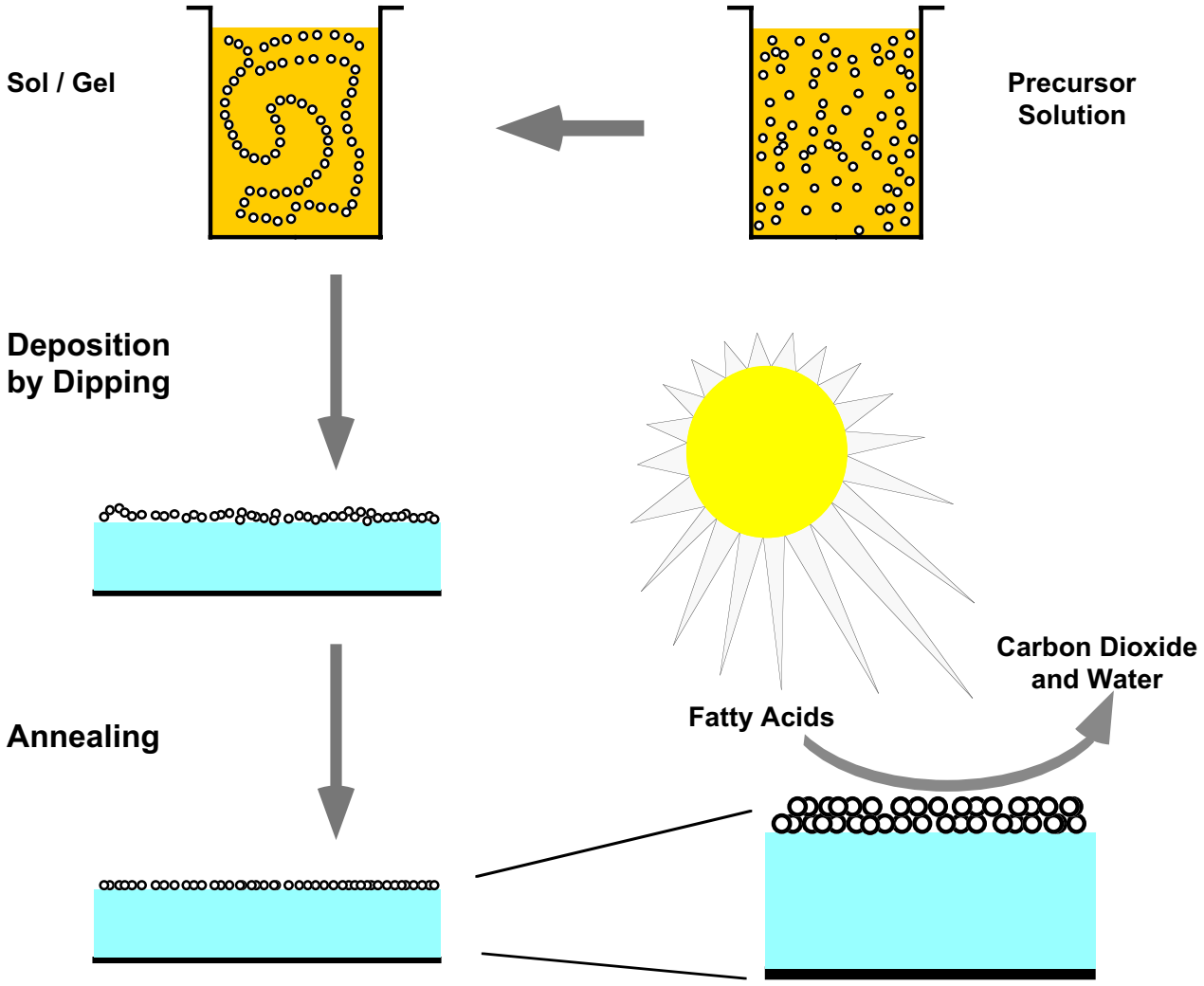
The „Self“–Cleaning Principle



bahnemann@iftc.uni-hannover.de

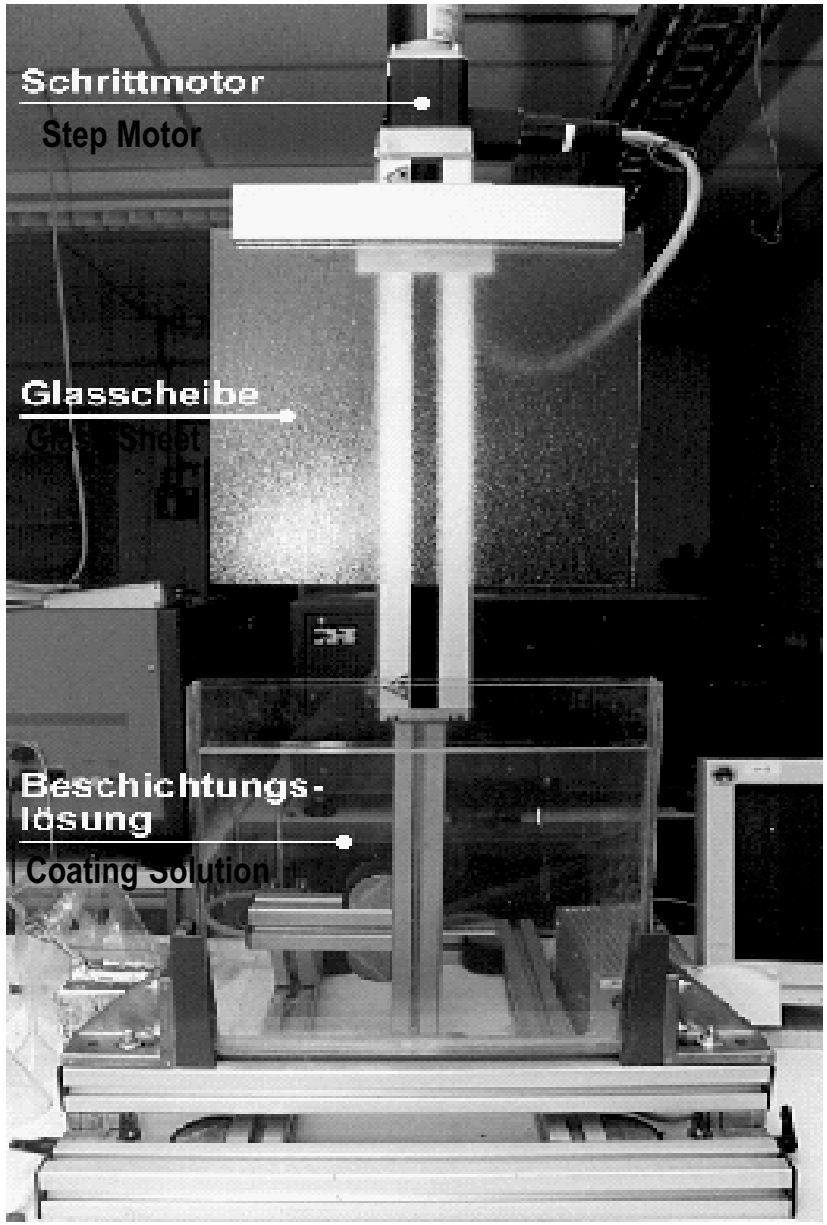
Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Sol–Gel Film Synthesis



bahnemann@iftc.uni-hannover.de

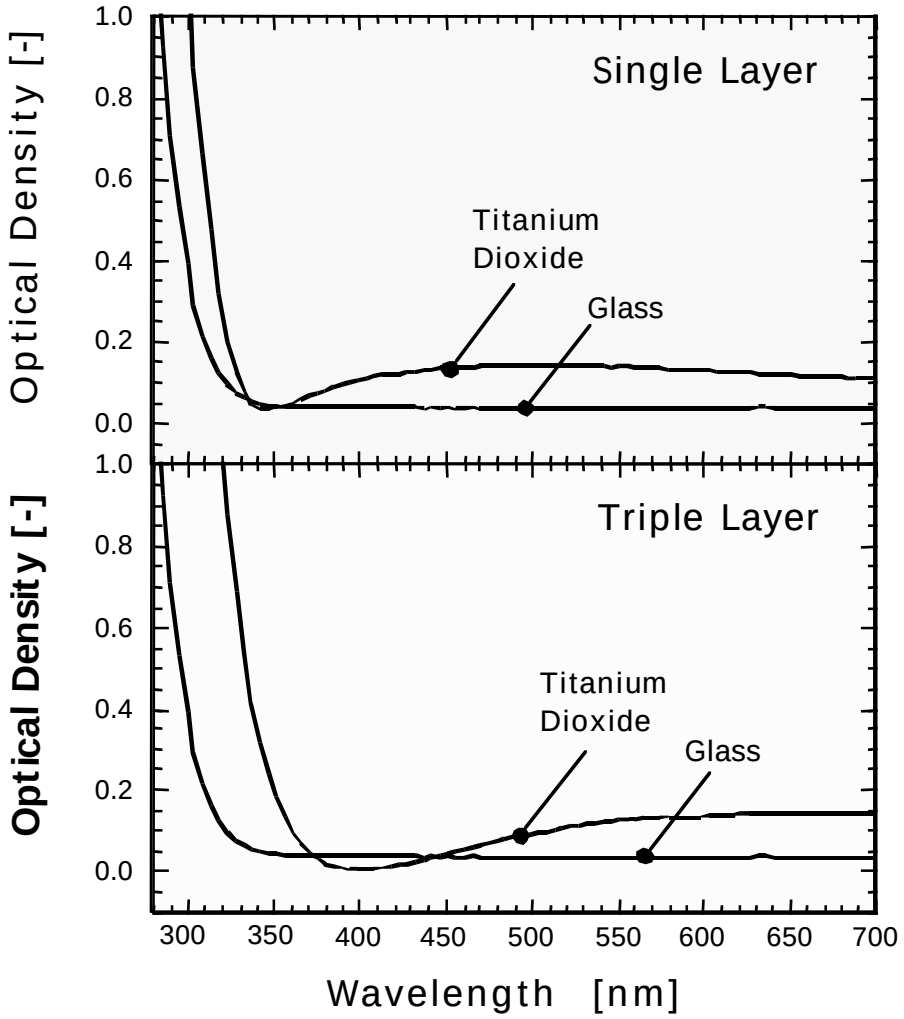
Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie



Sol–Gel Film Synthesis: *The Apparatus*

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

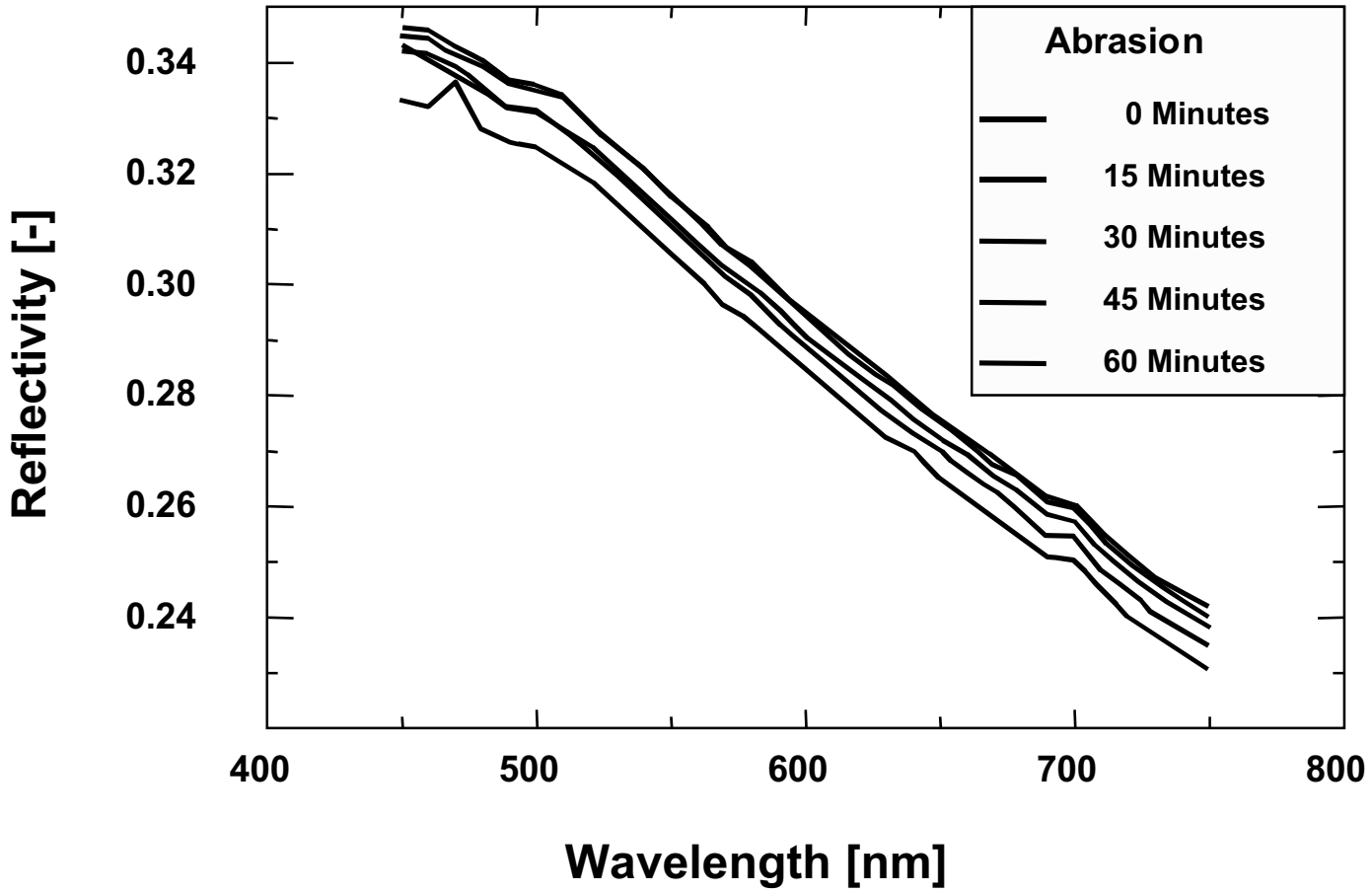


TiO_2 Films on Glass: *60 nm per Dip*

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

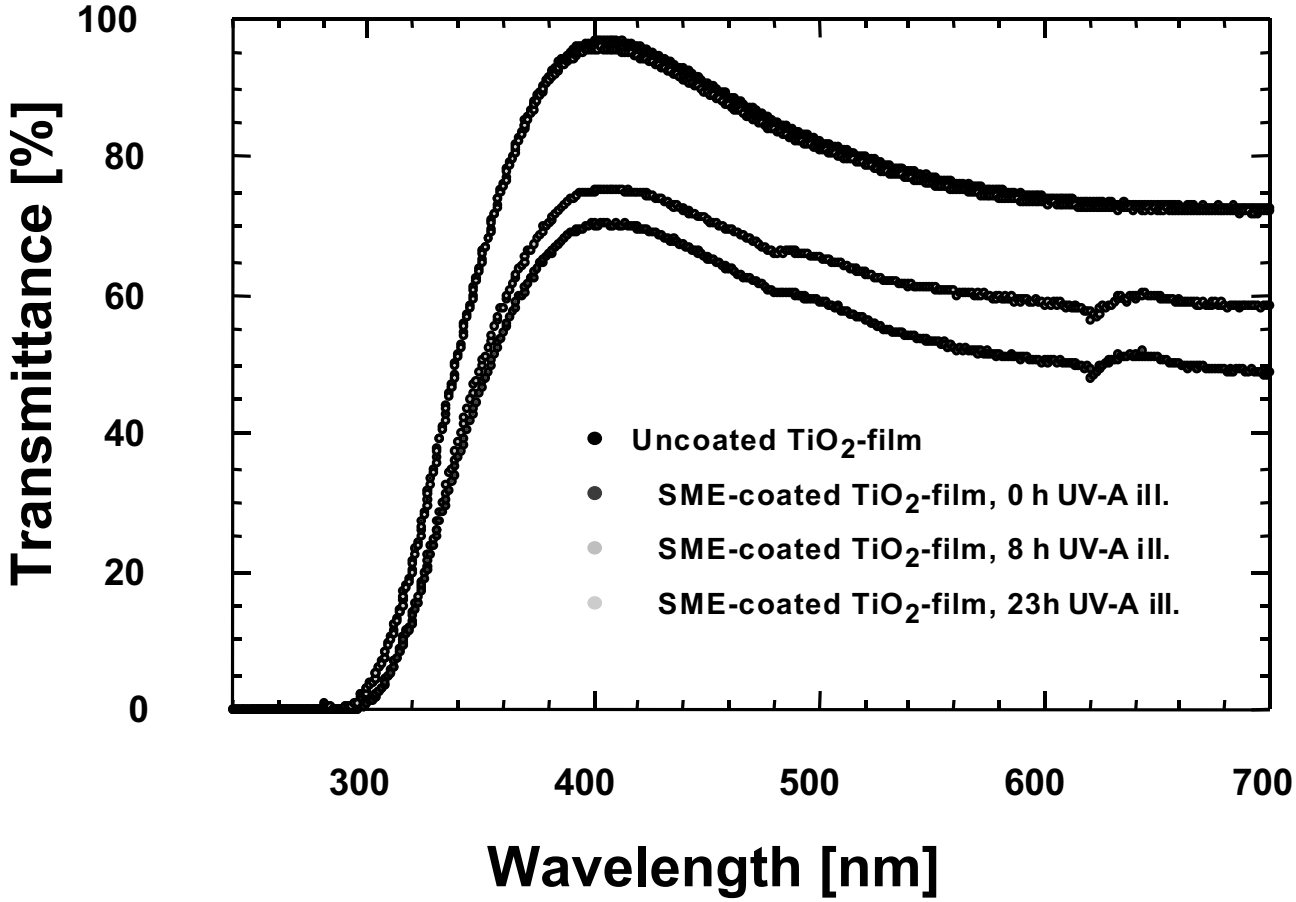
Stability of Sol/Gel-Derived TiO_2-Films



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

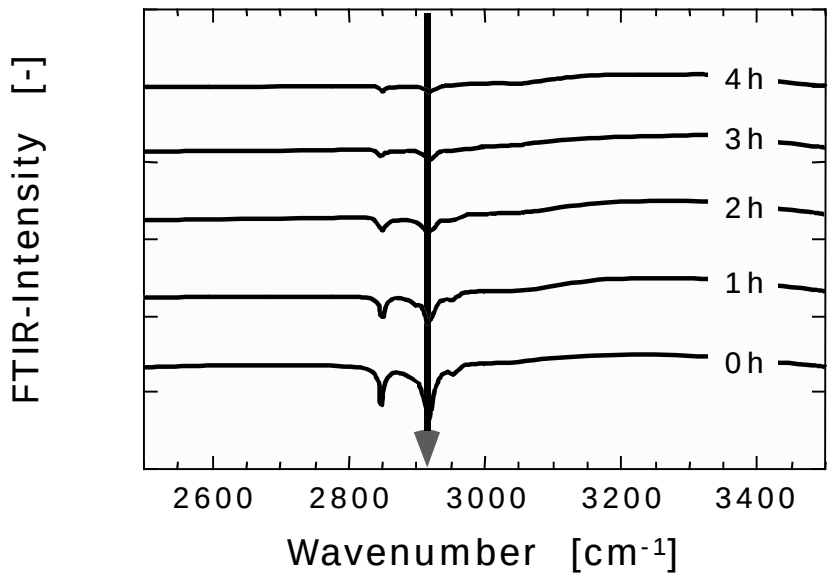
Testing the Photocatalytic Activity:
UV/vis-Spectra of Methylstearate adsorbed on the TiO_2-Films

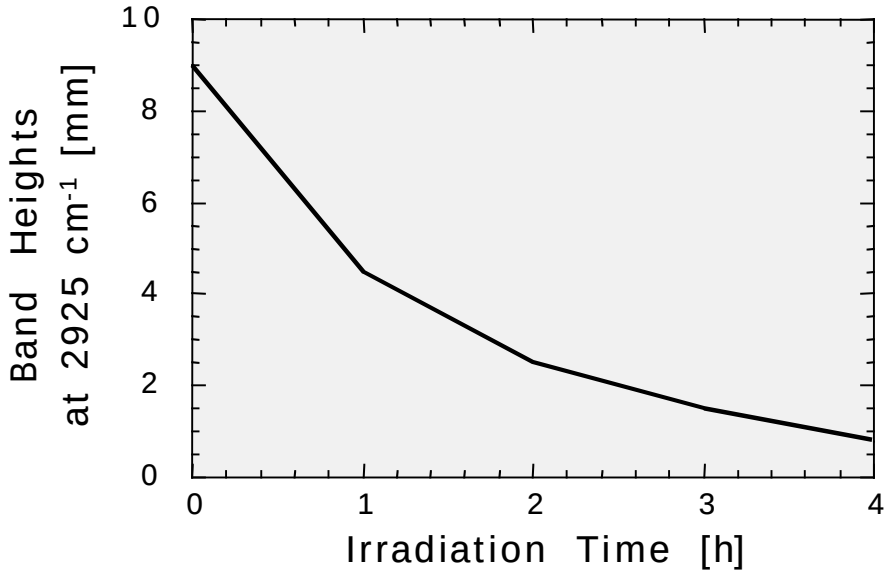


Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Testing the Photocatalytic Activity:
FTIR-Signals of Methylstearate adsorbed on the TiO_2-Films

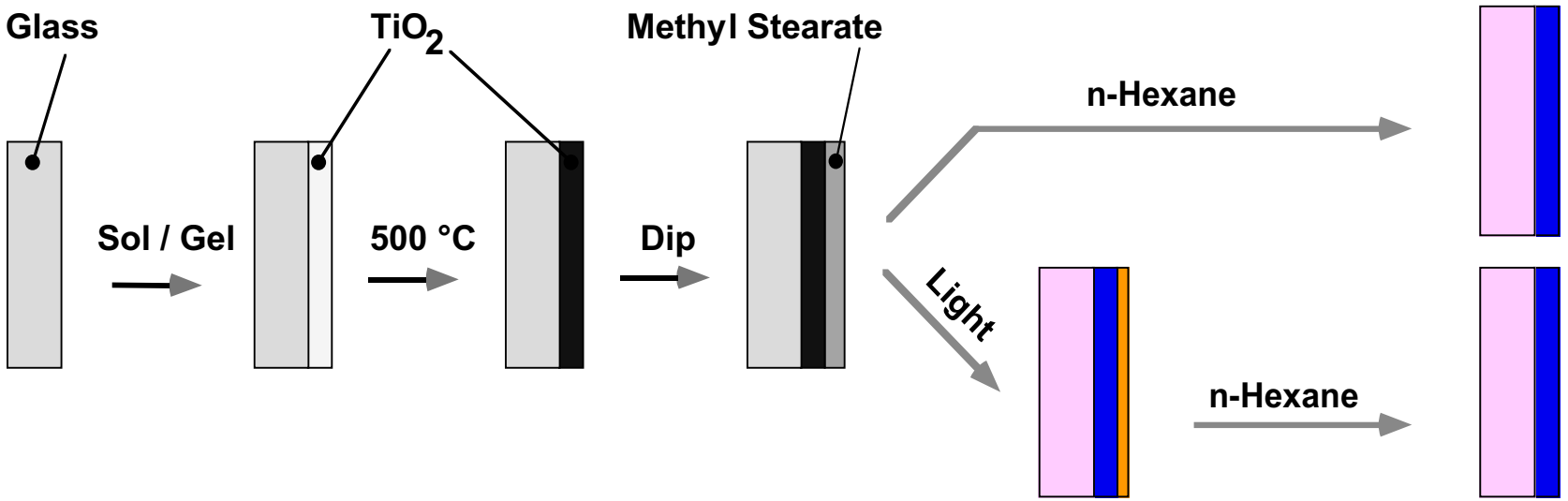




bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

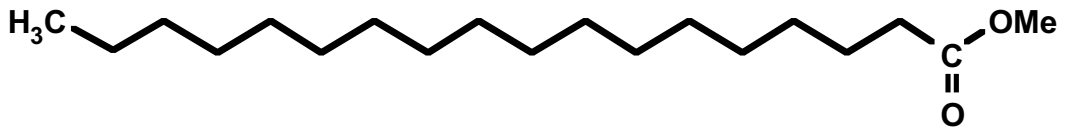
Testing the Photocatalytic Activity:
Quantitative GC-Analysis of Methylstearate adsorbed on the TiO_2-Films

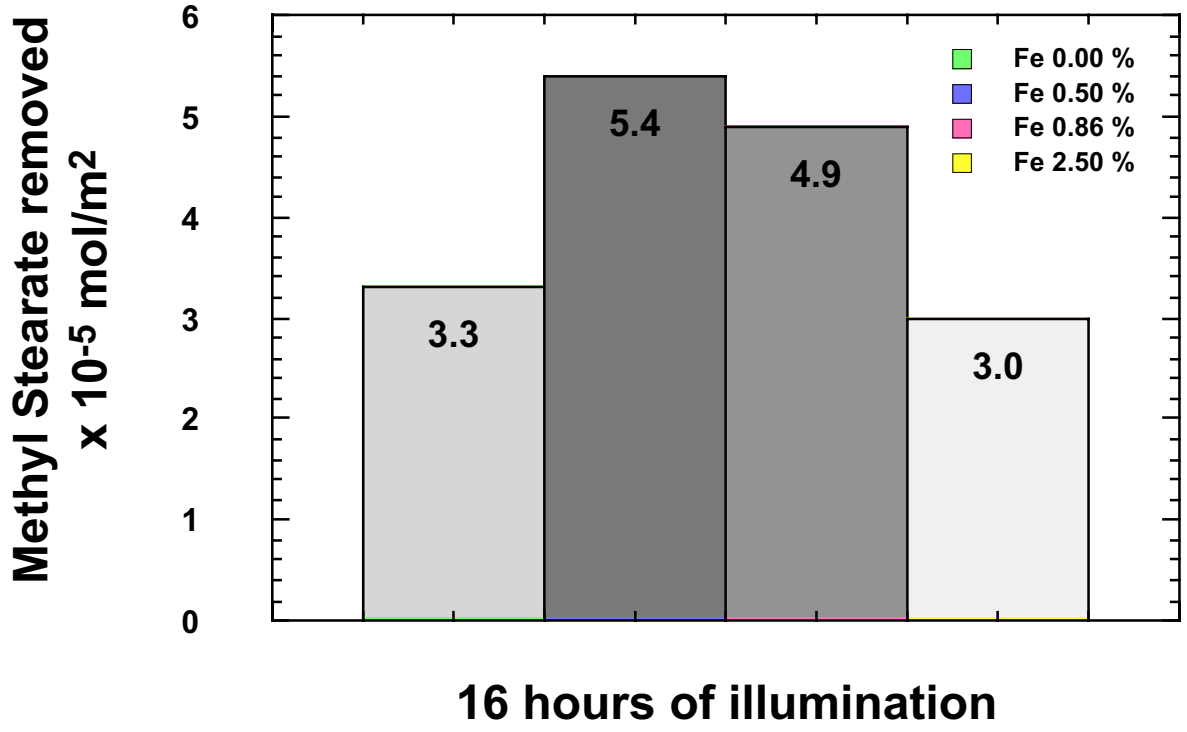


bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Testing the Photocatalytic Activity:
Rates of Methylstearate Removal

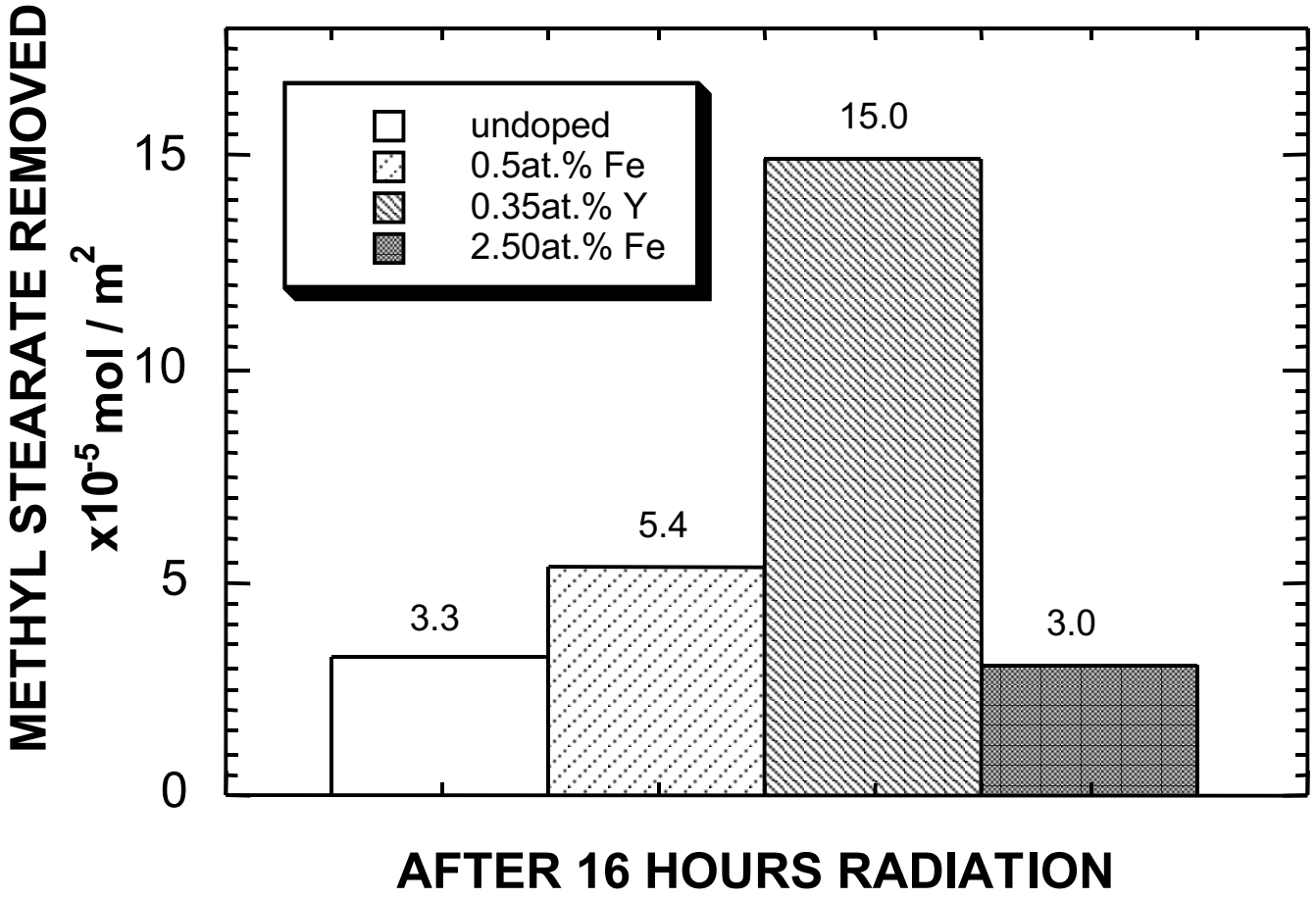




Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

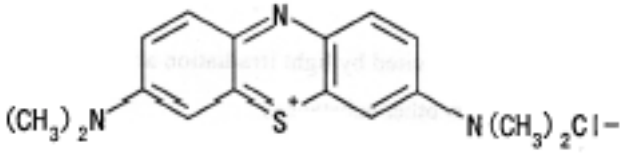
Photocatalytic Activity of Fe^{3+}– and Y^{3+}–doped TiO_2

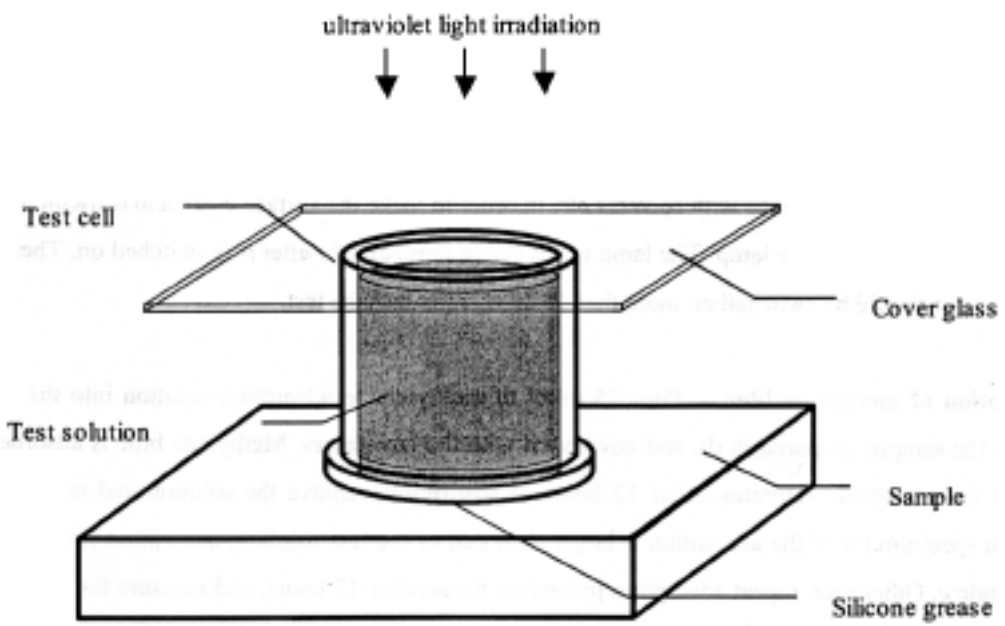


Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalytic Activity Tests: Methylenblue Degradation

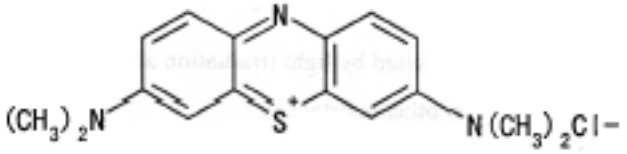


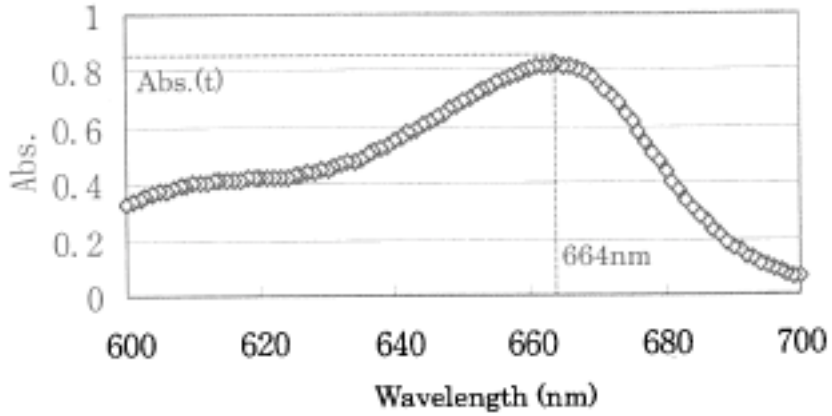


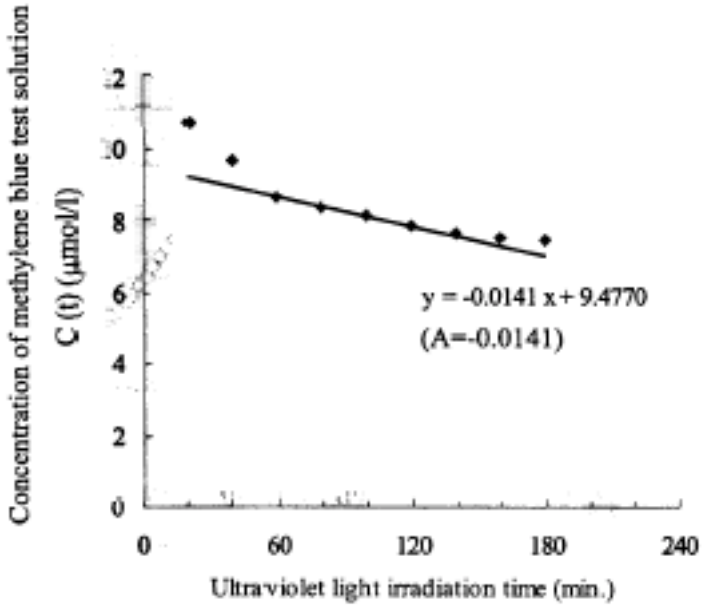
Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalytic Activity Tests: Methylenblue Degradation





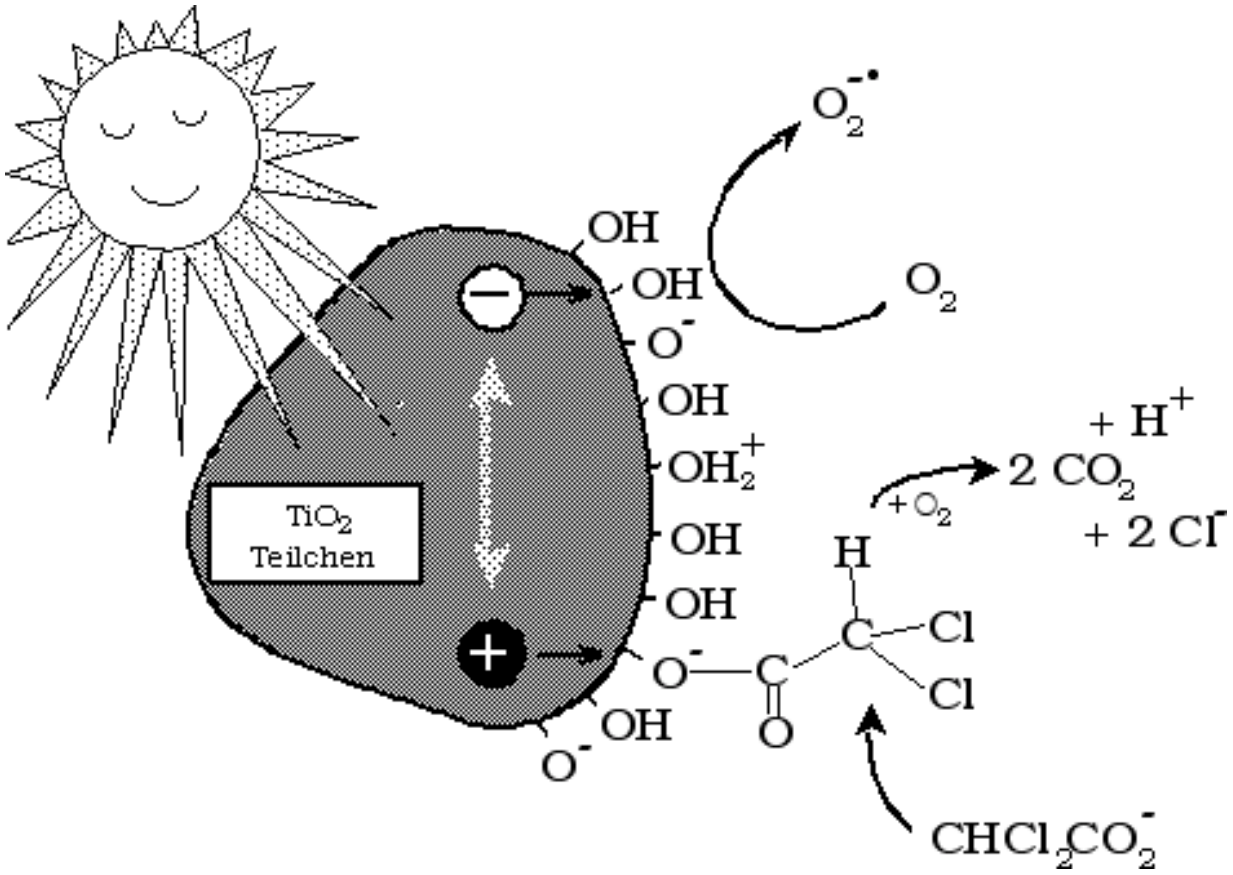


Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

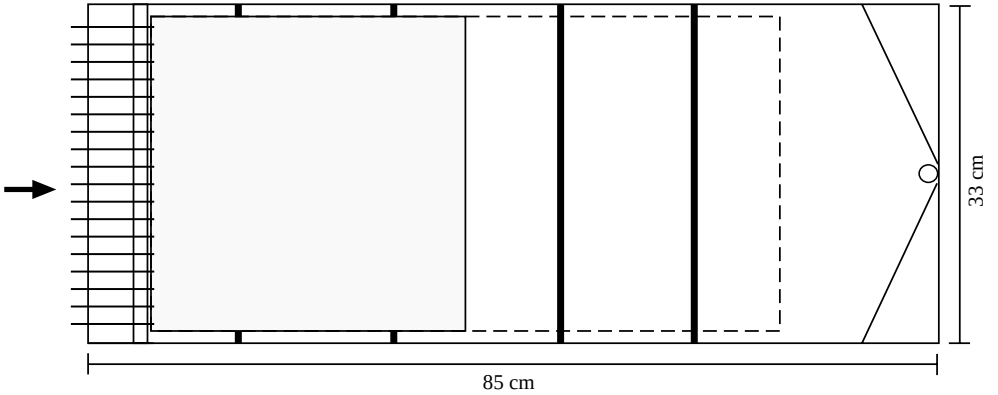
Photocatalytic Activity Tests:

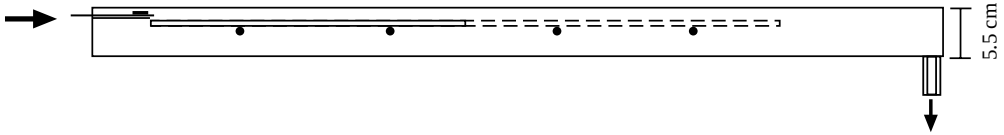
Dichloroacetate (DCA) Degradation

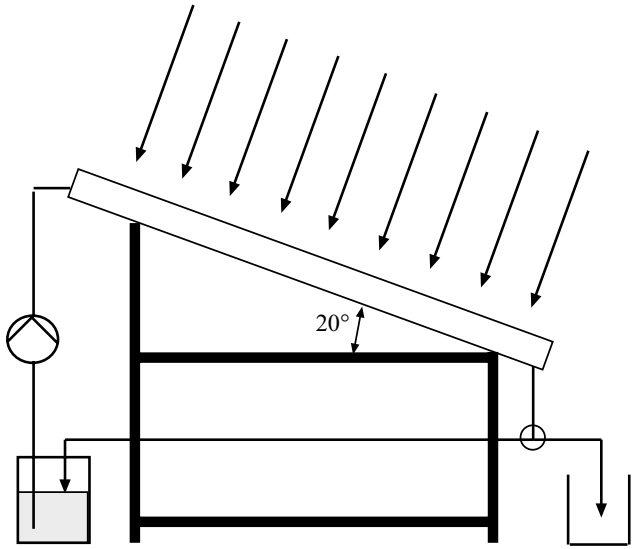


Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de







Photocatalytic Activity Tests:

The Thin Film Fixed Bed Reactor (TFFBR)

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

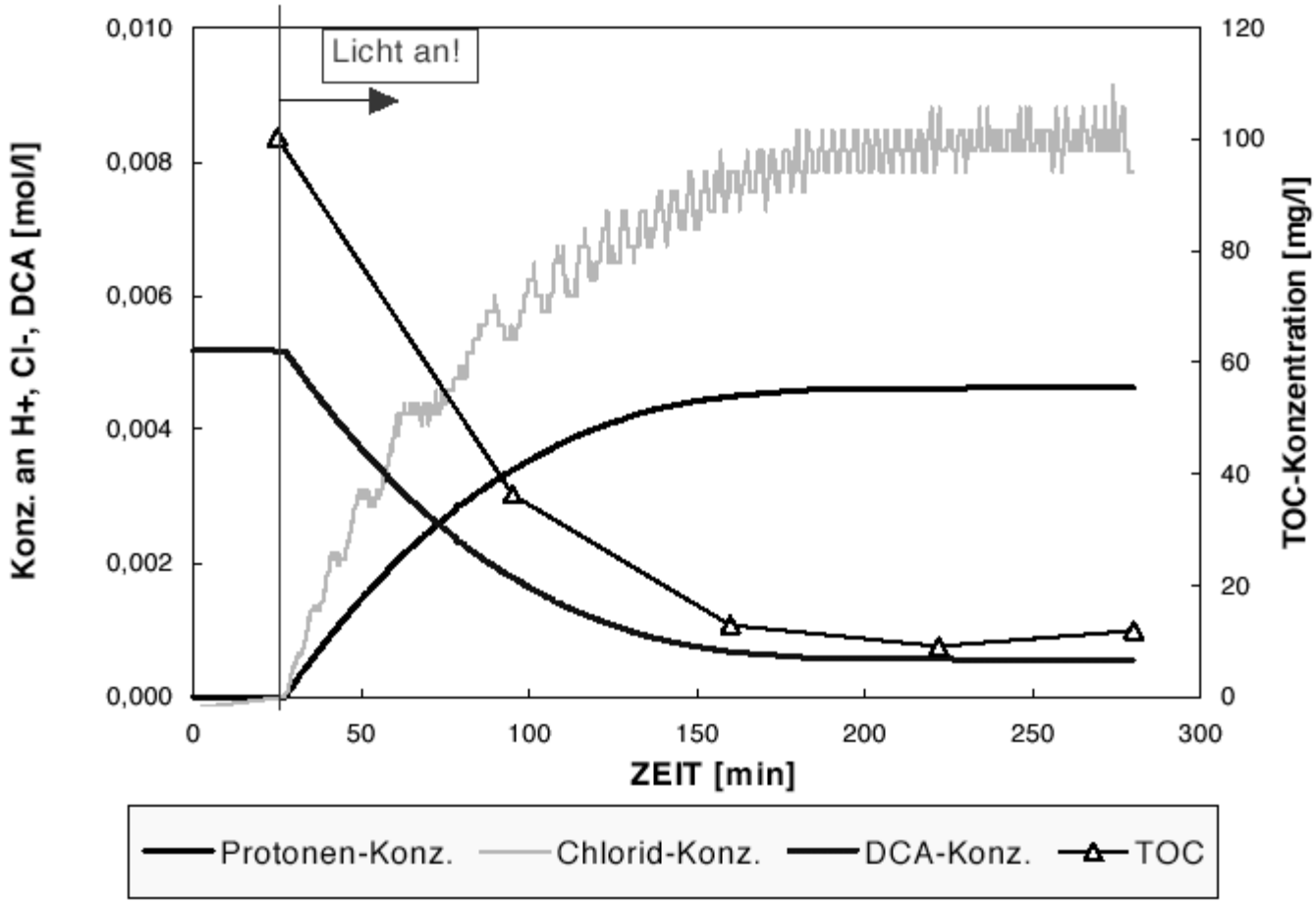
Photocatalytic Activity Tests:

The Thin Film Fixed Bed Reactor (TFFBR)

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalytic Activity Tests: Dichloroacetate (DCA) Degradation



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalytic Activity Tests: DCA Degradation – Effect of Binders

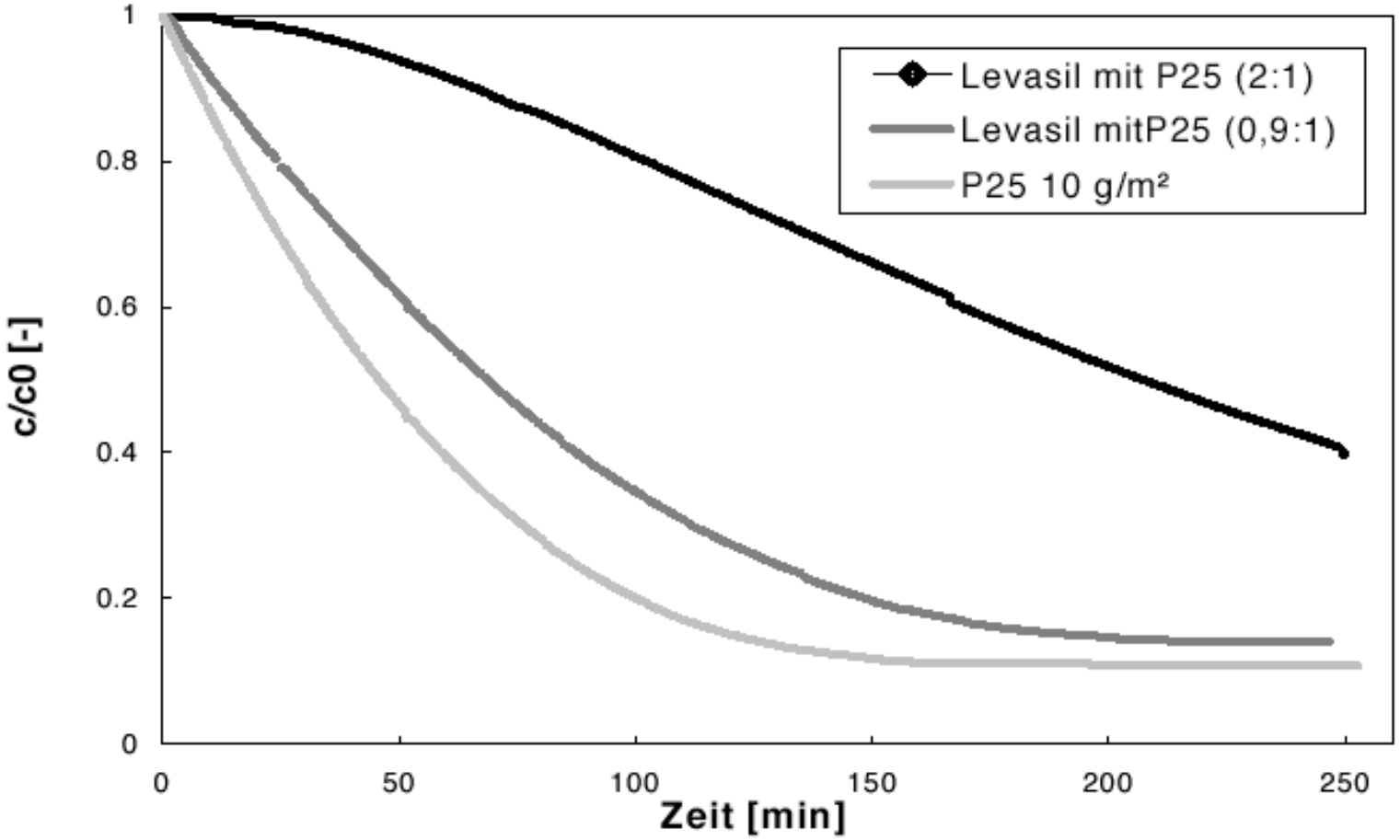


Bild 5-7: DCA-Abbau im TFFBR berechnet aus der Protonenbildung, Modellabwasser: 5mM DCA, Dauer: 4h, E = 25 $W*m^{-2}$, pH-Wert = 3, Verdunstungstitration: 0,840 $ml*min^{-1}$, Spraytechnik auf Glasplatten, Katalysatoren: P25 (300x600 mm), Levasil® mit P25: SiO_2:TiO_2=2:1 (300x600 mm), Levasil® mit P25: SiO_2:TiO_2=0,9:1 (2 Platten zu 300x300 mm)

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Photocatalytic Coatings:
Examples

Selbst-reinigendes Zelt-Dach

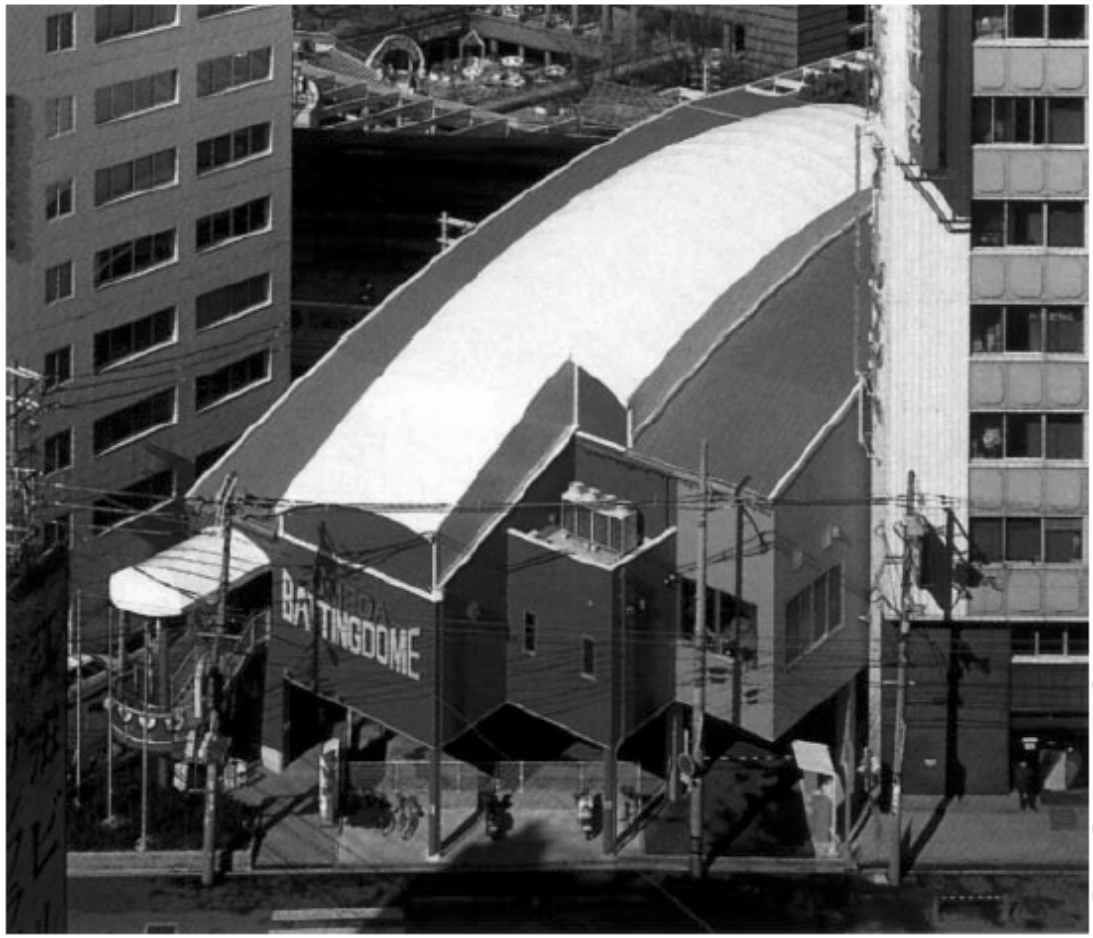


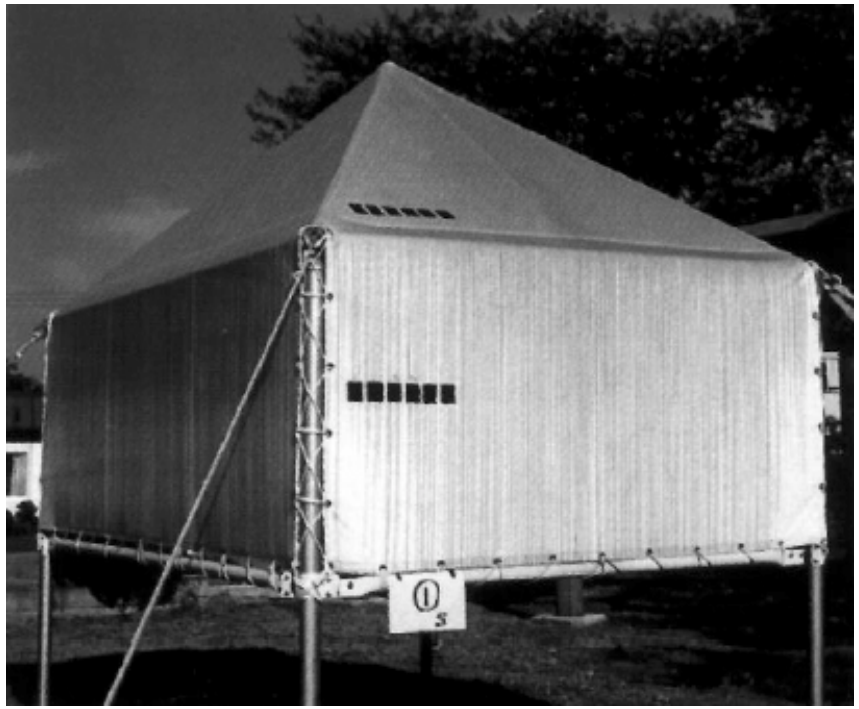
Foto:
Taiyo
Kogyo
Corporation
Corporation

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalytic Coatings:

Examples



Kleine Testzelte
auf dem
Fabrik-Gelände,
Saitama-Präfektur
nahe Tokyo

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Photocatalytic Coatings:
Examples

Fahrzeug-Lackierung mit "Hydrotect".Beschichtung

Foto: Toto Ltd.

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalytic Coatings:
Examples

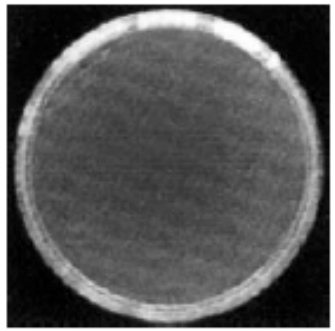
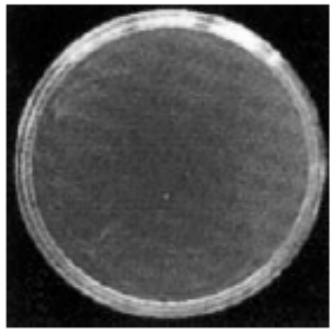
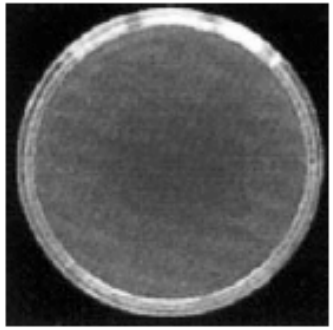
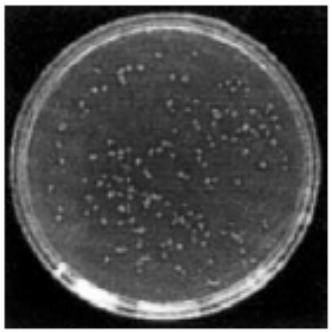
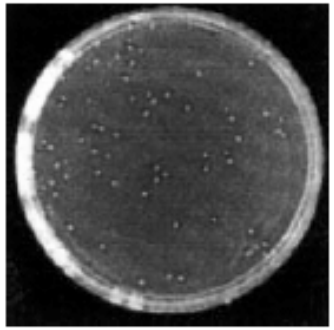
Selbst-reinigende Jalousie

Foto: Nichibei Trading Co., Ltd.

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Photocatalysis:
Antibacterial Properties

		E. coli	Methicillin-resistente Staph. aureus	Pseudomonas aeruginosa
Photokatalytisch aktive Kacheln	1 Stunde mit 1000 Lux belichtet			
Normale Kacheln	mit 1000 Lux belichtet			

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalysis:
Antibacterial Tiles

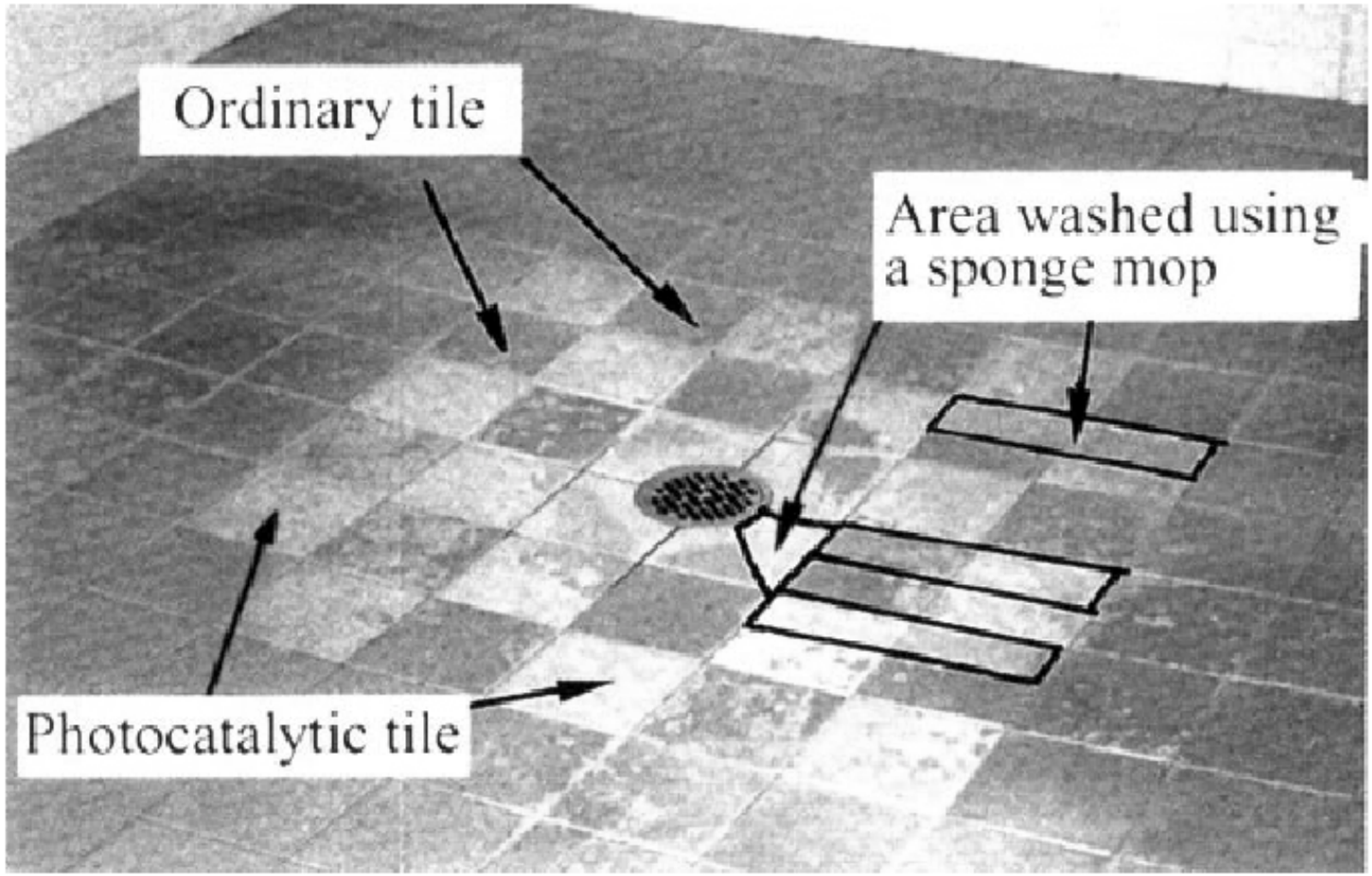
Operationssaal

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalysis:
Antibacterail Tiles

Duschraum in Studentenwohnheim



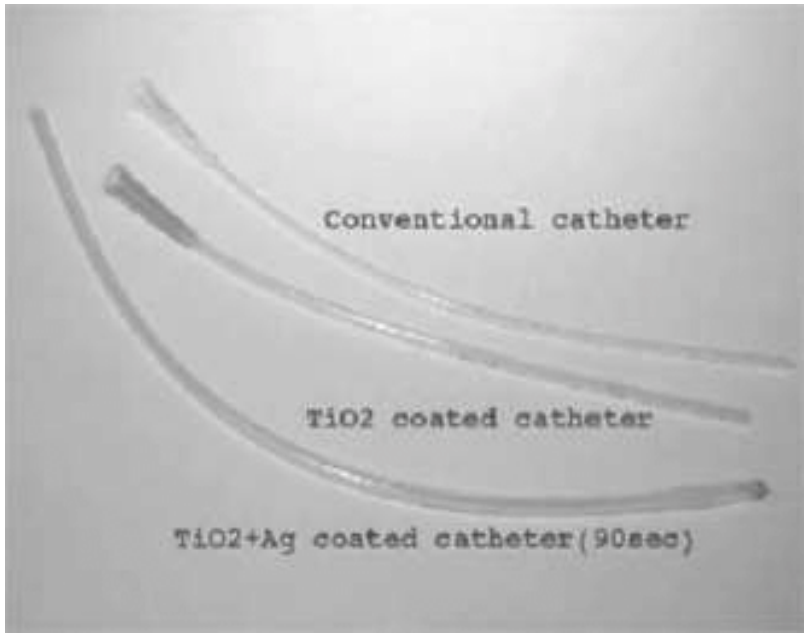
Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Antibacterial/fungal performance

Medical applications

Wall of operating room

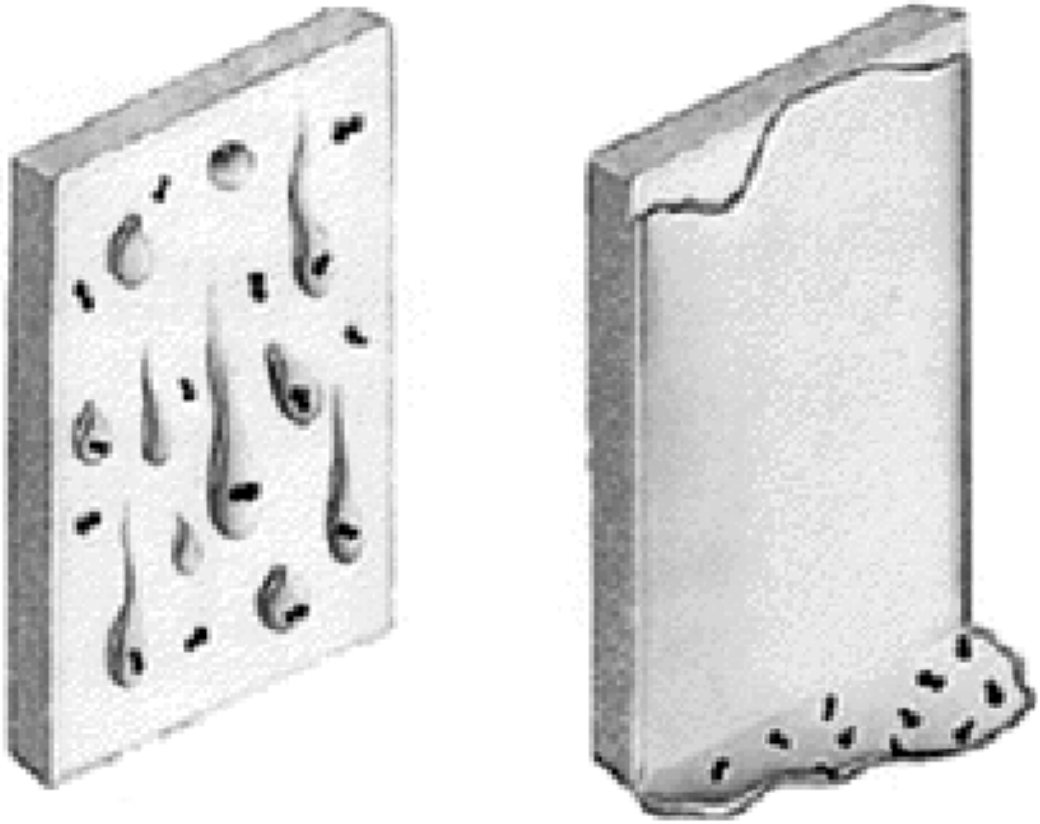


Catheter

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Photocatalysis:
Superhydrophilicity



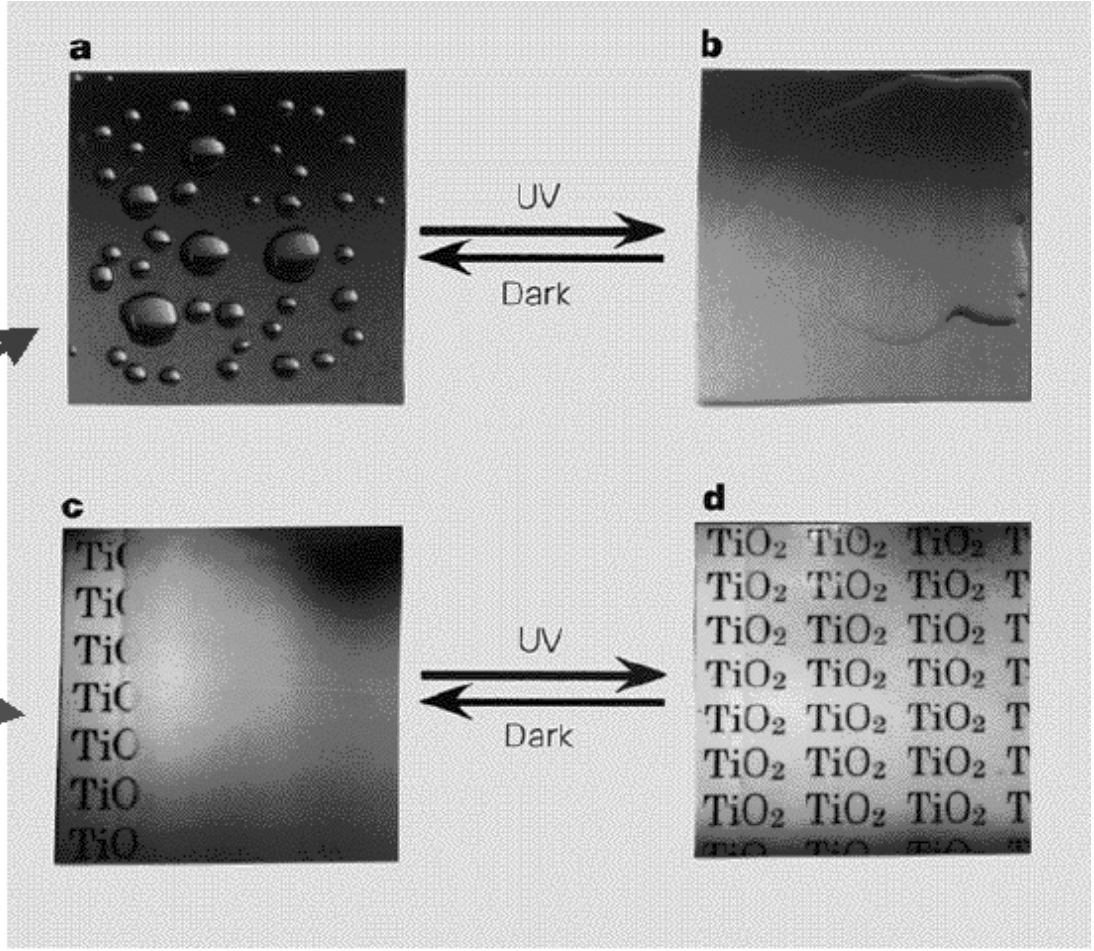
ordinary uncoated tile hydrophilic tile coated by TiO_2

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalysis:
Superhydrophilicity

Photogeneration of amphiphilic surface through UV irradiation



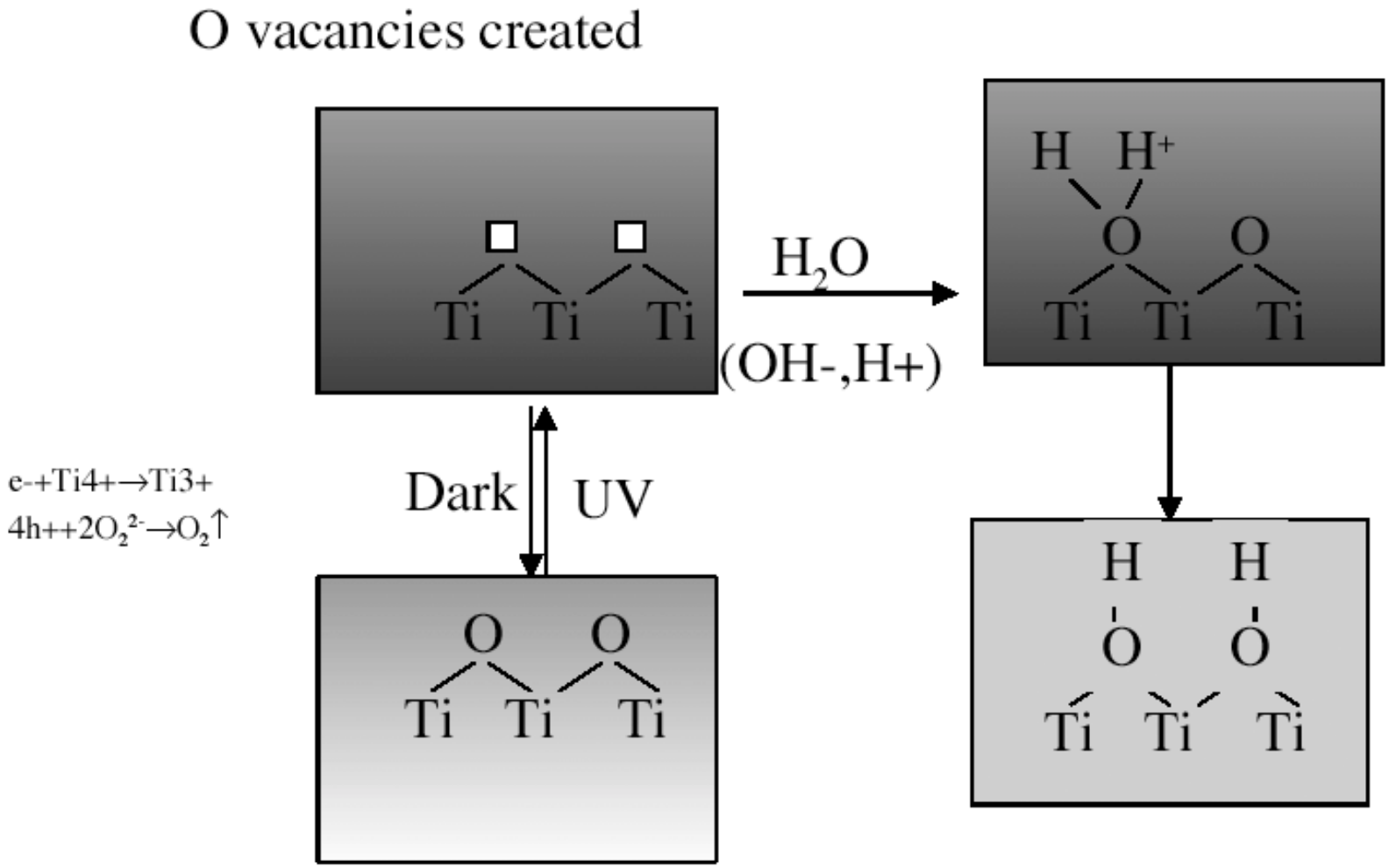
Wang, et al.Nature, **388** p. 431

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Photocatalysis:

Mechanism of Superhydrophilicity



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Photocatalytic Coatings:
Examples of Superhydrophilicity

Halb beschichteter Spiegel

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

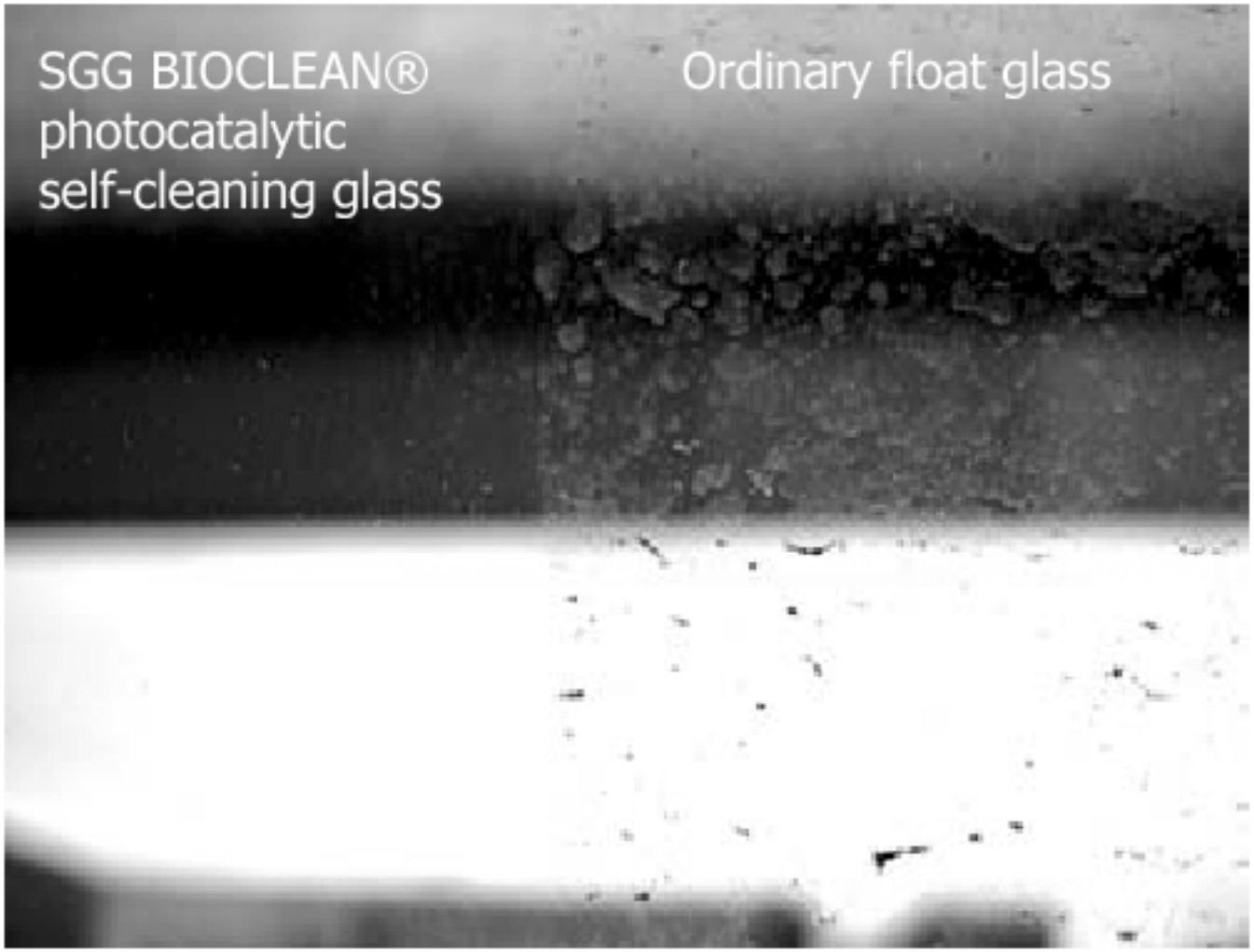
Photocatalytic Coatings:
Examples of Superhydrophilicity

Außenspiegel mit "Hydrotect".Beschichtung

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Saint Gobain Bioclean



Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Pilkington Activ

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

MACHT SICH SAUBER.

ERLUS

ERLUS LOTUS

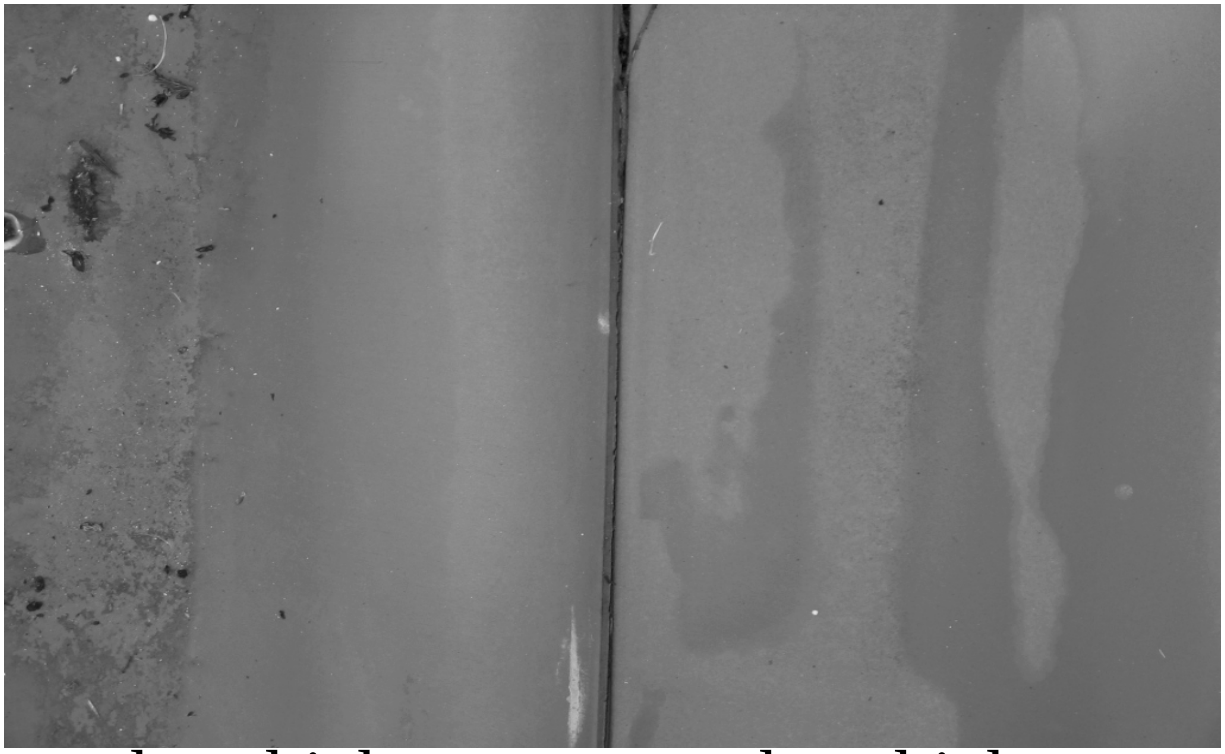
Das erste selbstreinigende Tondach der Welt.

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

ERLUS

Comparison



unbeschichtete beschichtete

Rooftiles after 1 Year Outdoor Exposure

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Standardization in Germany:
The DIN Working Committee

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Arbeitsausschuss NMP 293

"Photokatalyse"

Bericht

über die 01. Sitzung des NMP 293

"Photokatalyse"

am 09. Juni 2004 in Berlin

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Standardization in Germany:

The DIN Working Committee Members

- Herr Ackerhans/Erlus Baustoffwerke AG
- Herr Bahnemann/Universität Hannover
- Herr Biedermann/Titam Oberflächenschutz
- Herr Goer/Pilkington Deutschland AG
- Herr Mannheim/Deutsche Steinzeug AG
- Herr Menzel/Degussa AG
- Herr Plüschke/Dachziegelwerke Nelskamp GmbH
- Herr Proft/SACHTLEBEN Chemie GmbH
- Herr Naumann/CC-NanoChem
- Herr Rubbert/Saint Gobain Glass
- Herr Suthoff/Profine GmbH

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Standardization in Germany:

The New DIN Working Committee Members

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Standardization in Germany:

The DIN Working Programme

NMP 293 beginnt mit der Normung von Prüfverfahren für photokatalytische Effekte auf Oberflächen als Grundlage für zu erarbeitende Anforderungsnormen.

Als Rahmen-Arbeitsprogramm wurden folgende Schwerpunkte festgehalten:

- Prüfverfahren für photokatalytischen Abbau von chemischen und biologischen Modellsystemen;
- Prüfverfahren für photoinduziertes Benetzungsverhalten;
- Prüfverfahren für photophysikalische Effekte.

Die Erarbeitung des Arbeitsprogrammes soll mit folgenden Arbeitsschritten vorangebracht werden:

- Bewertung und Vereinheitlichung von bereits vorhandenen, internen Prüfvorschriften;
- Festlegung einer Prioritätenliste;
- Bewertung von internationalen Normungsvorschlägen;
- Definition von Standard-Beleuchtungsbedingungen;
- Initiierung eines Technischen Komitees bei CEN.

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Concluding Remarks

Part I: Basic Studies

- **Mechanistic Investigations**
  - → **Slow Reaction of e^- with O_2**
  - → **Different Energetic Trap Levels for h^+**
  - → **The Antenna Mechanism**
  - → **The Thermal Deaggregation Mechanism**

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

Concluding Remarks

Part II: Applications

- **Water Treatment**
  - → **Complex Reaction Mechanisms**
  - → **The DSSR Reactor & the ACP Concept**
  - → **The TFFBR Reactor**
  - → **Beyond the Pilot Plant Scale**
- **Self-Cleaning Surfaces**
  - → **Transparent Coatings are (easily?) prepared**
  - → **Photocatalytic Properties are quantifiable**
  - → **Improvement through Fe and/or Y doping**

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

The Research Team

Research Group during the Sommer 2003

On the picture:

- ***Mohammad Muneer***
- ***Sven Brumma***
- ***Cecilia Mendive-Hansmann***
- ***Dirk Scheffler***
- ***Detlef Bahnemann***
- ***Volker Selzer***
- ***Lei Liu***

Not shown:

- ***Dirk Hufschmidt***
- ***Siham Yousef Al-Qaradawi***
- ***Anja Hülsewig***

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

Now you may relax...

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de

...since I am no longer in your way!

Universität Hannover
Institut für Technische Chemie
Photochemie und Nanotechnologie

bahnemann@iftc.uni-hannover.de