
Nanoefficiency / Effiziente Wassertechnik mit funktionalen Oberflächen



Ilka Gehrke
Fraunhofer UMSICHT

Effizienzfabrik-Treff, November 14, 2011, Frankfurt

Weltweite Wasserknappheit (UN Chronicle)

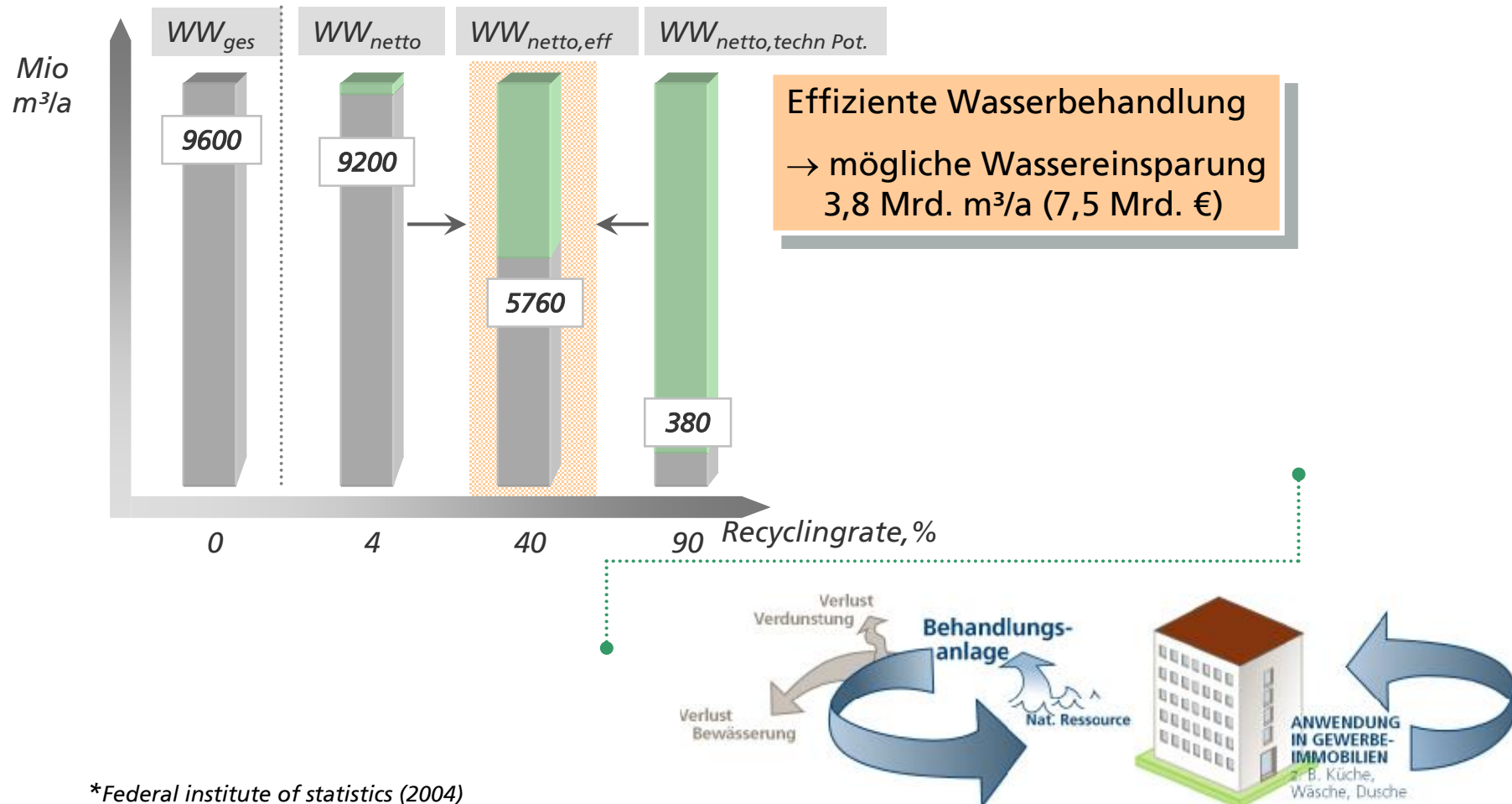
- 1 Mrd. Menschen fehlt der Zugang zu sauberem Trinkwasser, 2,6 Milliarden sind ohne einfache sanitäre Versorgung.
- 2030 werden 47% der Weltbevölkerung in Gebieten mit hohem "Wasserstress" leben (UN World Water Development Report 3, 2009).

Wassersituation in Deutschland

- 2007 wurden nur 17 % des potentiellen Wasserangebots genutzt
- 20 % des Gesamtstroms kommunaler Infrastruktur verbrauchen Kläranlagen
- Arzneimittelrückstände, Spurenstoffe (PFT, Bisphenol-A), Bakterien



Wassereinsparpotentiale in Deutschland



*Federal institute of statistics (2004)

**UNESCO

Ziele und Aufgaben der Wassertechnik



- 1. Sichere Grundver- und -entsorgung
- 2. Hohe Wasserqualität
- 3. Wenig Energie- und Wasserverluste

- Prozessintensivierung
- Neue Prozesse und Materialien

- effizient
- zuverlässig
- flexibel



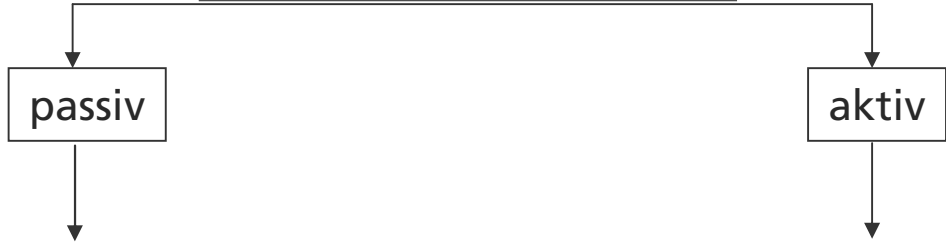
EVERS AQUATECH INDIA Pvt. Ltd.
Edamattom Kerala, India

School in Kathmandu, Nepal

Möglichkeiten der Oberflächenfunktionalisierung



Funktionale Oberflächen in der Wassertechnik



- Verschleißschutz
- antikorrosiv
- reibminimiert ($\zeta \downarrow$)

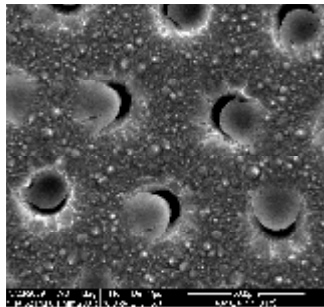
- bakterizid
- katalytisch
- adsorptiv



Obeflächenfunktionalisierung bei UMSICHT

“Nano enhanced” Wasseraufbereitungsverfahren

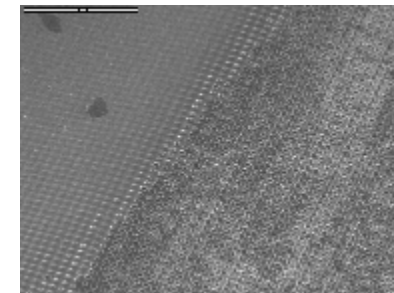
Ni-Mikrosiebe mit
Nanobeschichtung



Dekontaminierung
mit LEDs

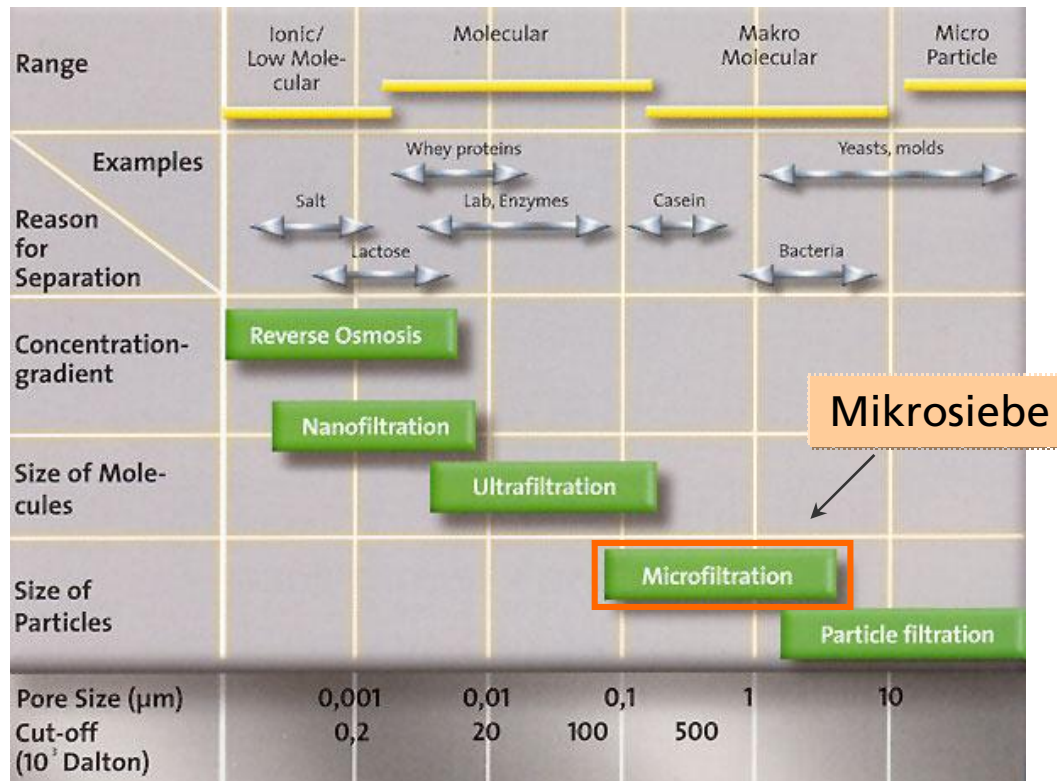


Mikrostrukturierte
Mikrosiebe mit
Ultrakurzpulslaser



- geringerer Energieverbrauch, Reduzierung des Chemikalieneinsatzes
- hohe Effizienz, hohe Abbauraten

Membranfiltration

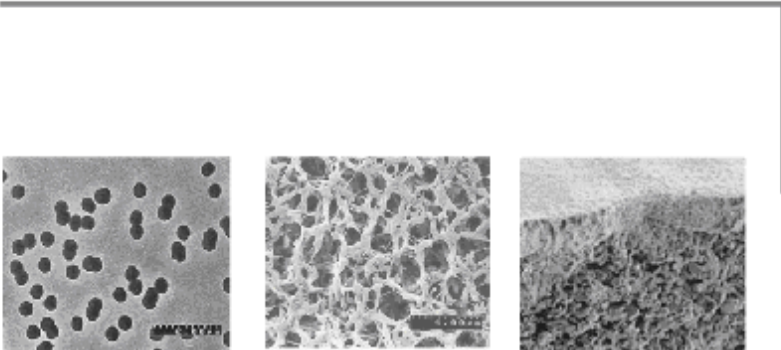


- **Mikrofiltration**
Desinfektion, Trübstoffe, Vorfiltration etc.
- **Ultrafiltration**
Proteinabtrennung etc.
- **Nanofiltration**
Entalkoholisierung, Beizsäurerückgewinnung etc.
- **Umkehrosiose**
Meerwasserentsalzung

Mikrofiltration

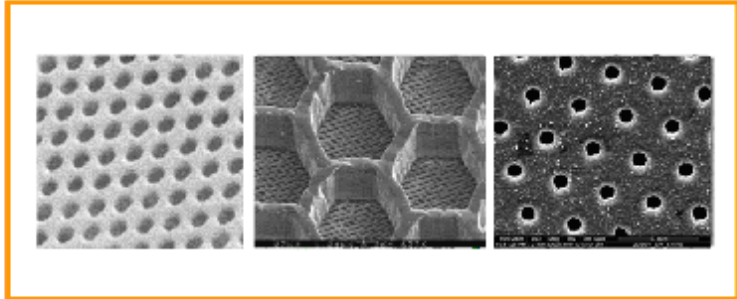


Past technical developments



Permeate efficiency < 1000 l/(hm²) ↓

Current technical developments



Permeate efficiency > 10 000 l/(hm²) ↑

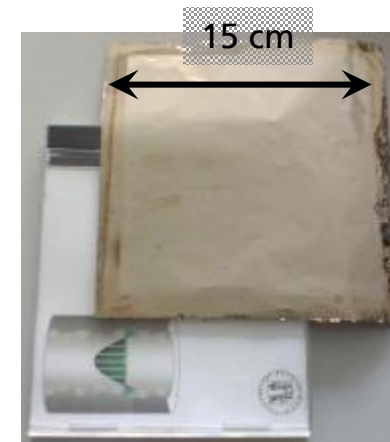
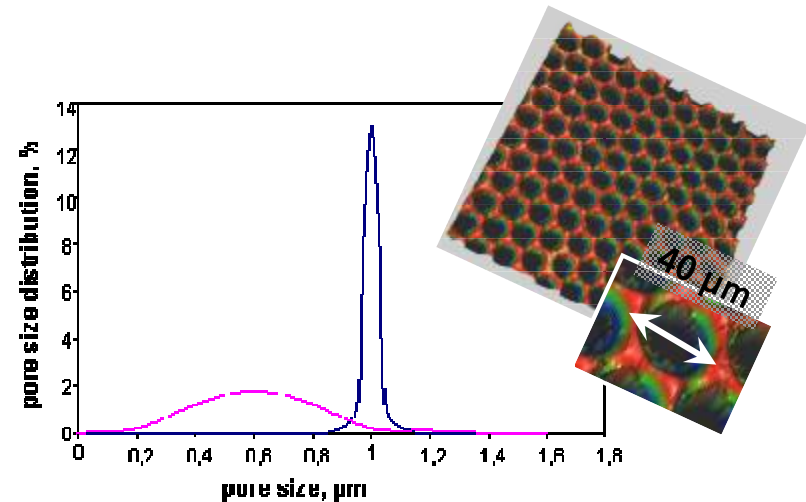


L. t. r.: Co. Oxyphen, D; Co. Membrana, D; Co. Aquamarijn, NL, Co. Haver & Boecker, D; Fraunhofer UMSICHT

Eigenschaften der UMSICHT-Mikrosiebe

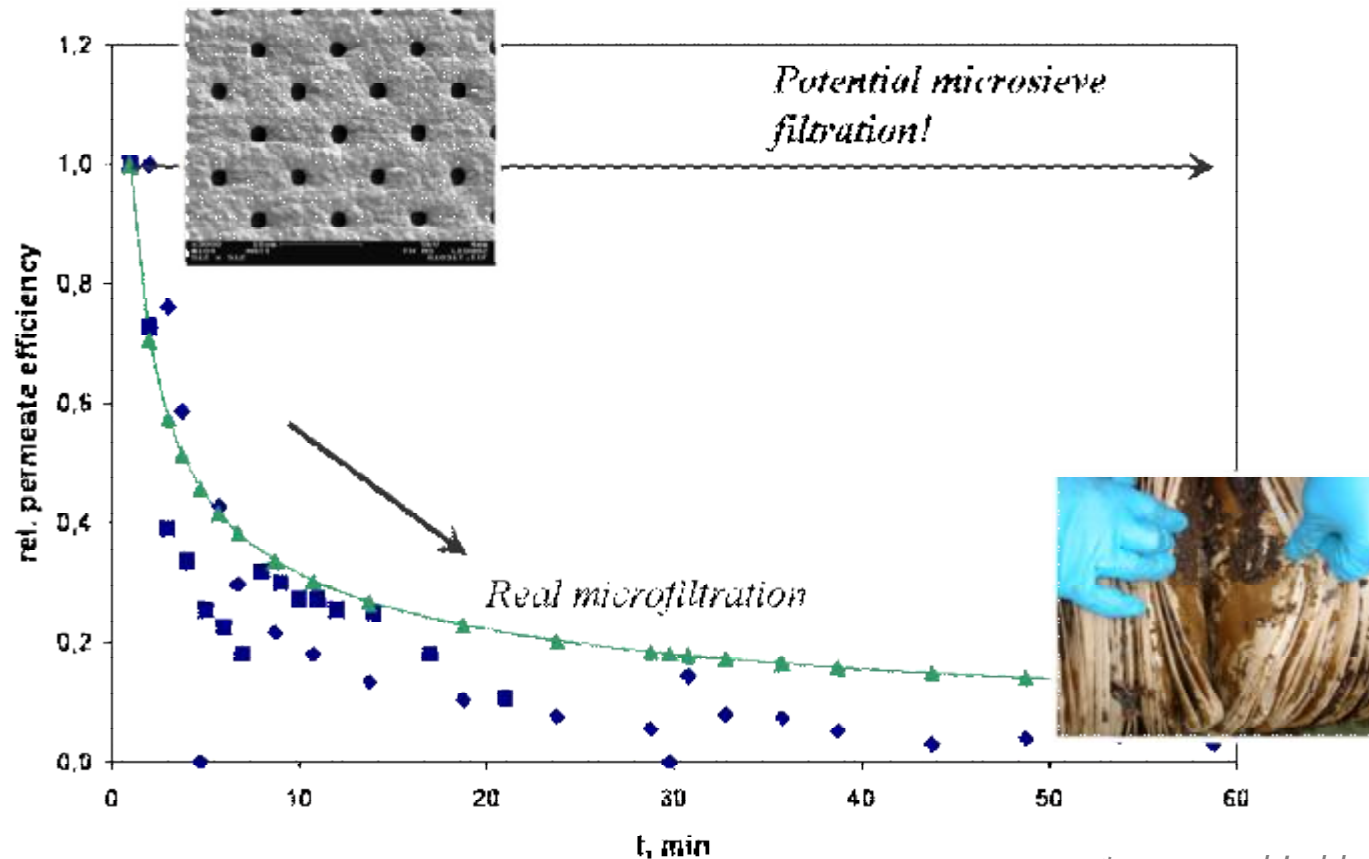


- sehr homogene Porengrößenverteilung (Größenbereich von 0,5 bis 40 μm)
→ hohe Selektivität
- metallische Werkstoffe
→ hohe mechanische, thermische und chemische Stabilität
- geringe Filterdicke, glatte Oberfläche
→ hoher Permeatfluss



Membran-Fouling

„Membran-Fouling in Abwasser- und Entsalzungssystemen verursacht jährliche Kosten von mehr als einer Milliarde Euro.“ (AMBIO*)



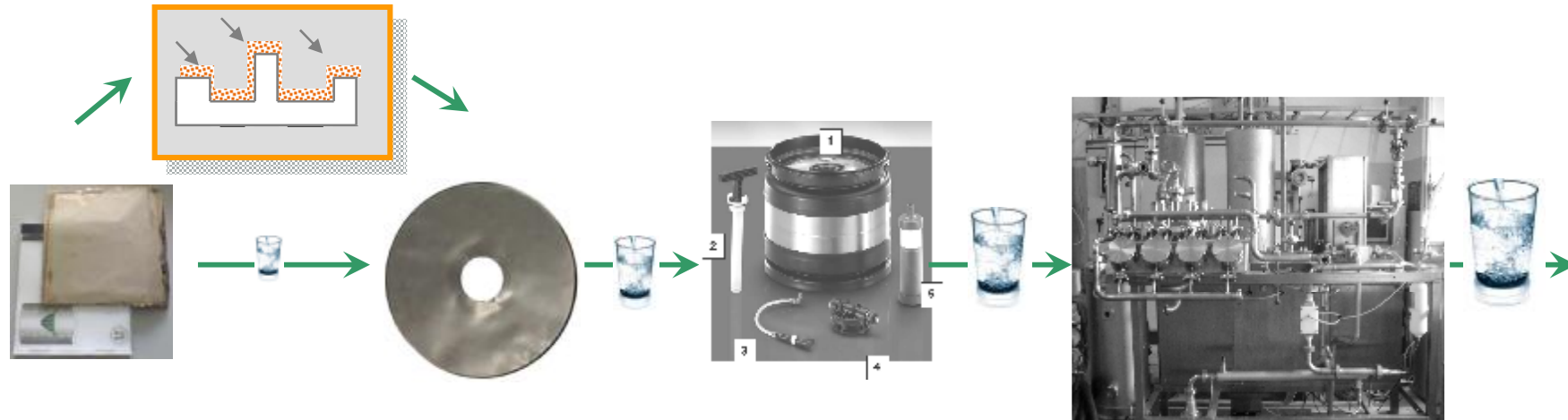
* www.ambio.bham.ac.uk

Ziel von Nanoefficiency



Neue funktionalisierte Mikrofilter für die (Ab-)Wasserbehandlung

- höhere Leistung
- geringerer Energieverbrauch
- reduzierter Reinigungsaufwand



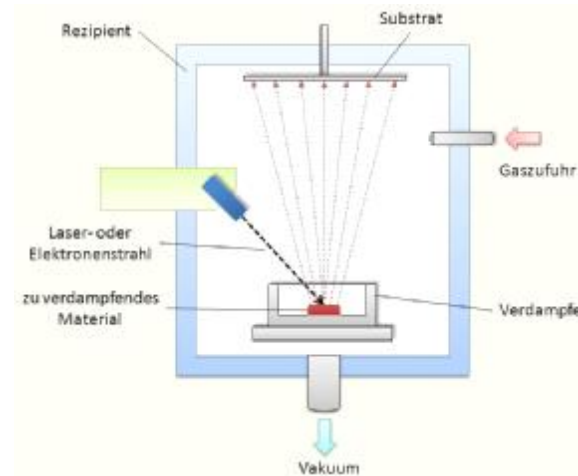
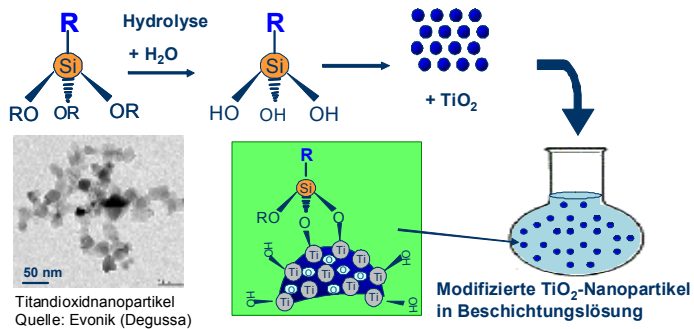
Nano-Beschichtung



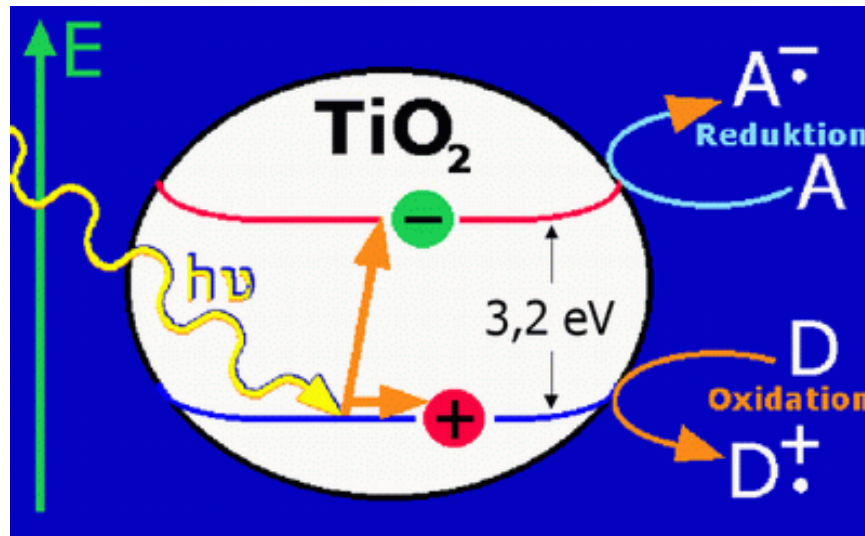
Deckschichtreduzierte, bakterizide, dekontaminierende Oberflächen

nasschemische Beschichtung mit Titandioxid-Nanopartikeln (Sol-Gel-Prozess)

physikalische Beschichtung nanoskaliger Titandioxid / Silber-Kompositschichten



Photokatalyse mit Titandioxid



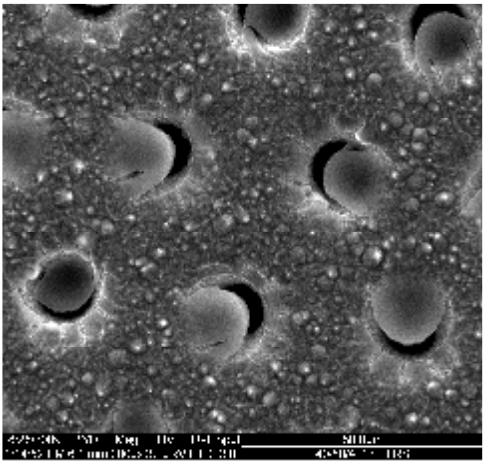
- **Erforderlich: UV-A (Schwarzlicht)**

Wellenlänge λ [nm]	Farbe	Frequenz ν [10^{14} Hz]
800	Nahes Infrarot	3.75
700	Rot	4.3
600	Orange	5.0
500	Gelb	6.0
400	Blau Violett	7.5
300	Nahes Ultraviolett	10.0

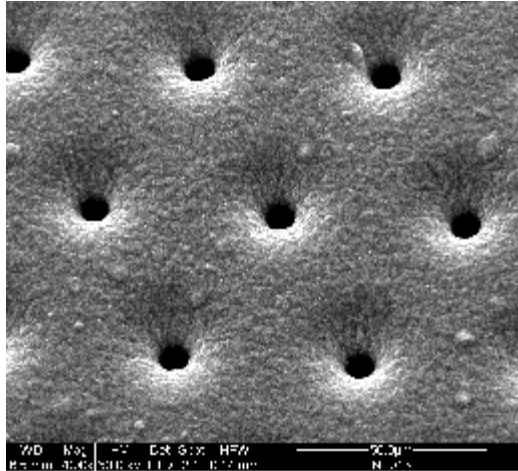
- **Optional**
- Dotierung mit Fremdionen (Fe, W, Co, V)
- Beschichtung mit Metallen (Pt, Ag, Pd, Au)

E-P. Ng, S.Mintova, Microporous and Mesoporous Materials 114 (2008) 1–26

Sol-Gel-Prozess



1. Dip coating



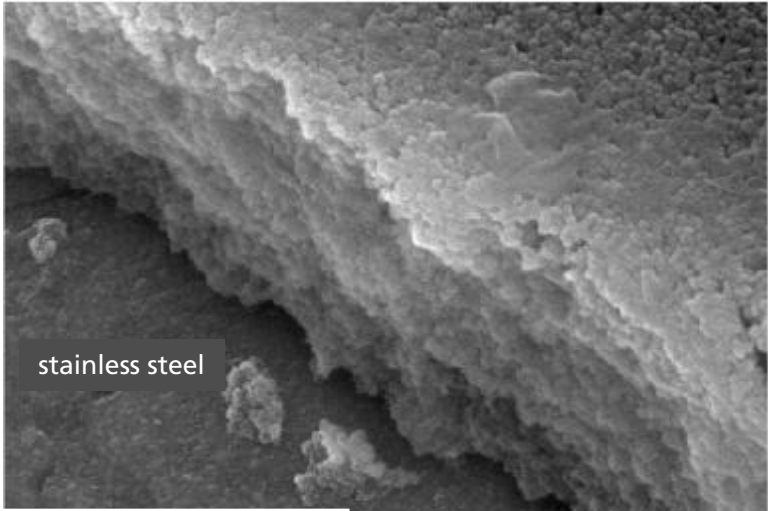
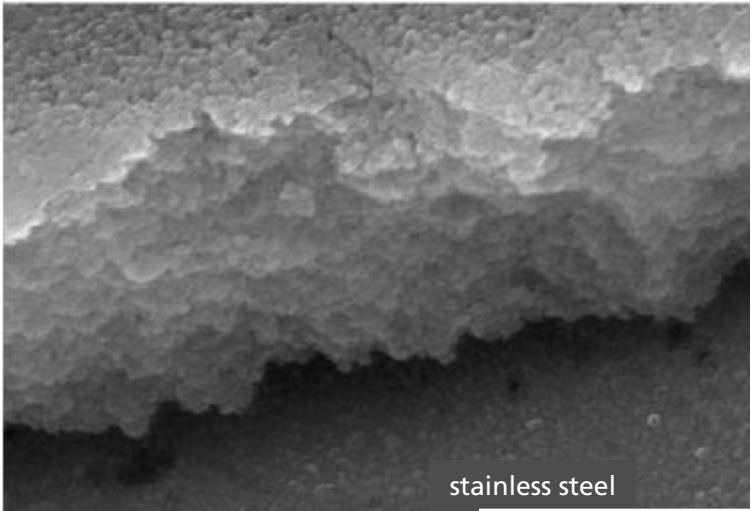
2. Vacuum coating



Sol-Gel-Prozess



Photokatalytische (TiO₂) Antifouling-Beschichtung

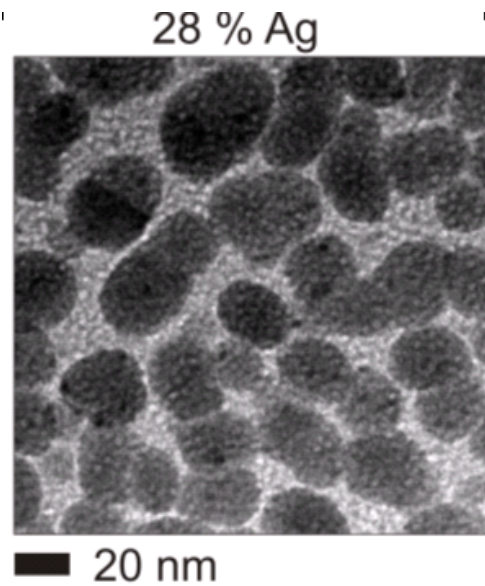


28210-1 10.0kV 15.4mm x50.0k SE(M) 12/7/2010 2010024997/3 Edelstahl 5x5cm mit VP PK 1442 (M) 12/7/2010 14:06 1.00um

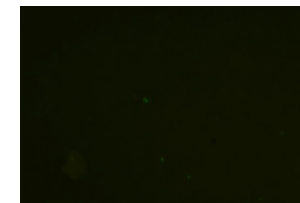
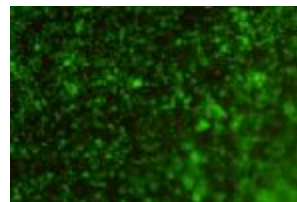
2010024997/3 Edelstahl 5x5cm mit VP PK 1442
(Ch. 20101006_Moe915)
gehärtet bei 150 °C; 15min +1h 300 °C

PVD-Prozess

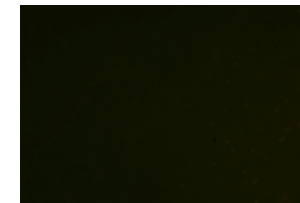
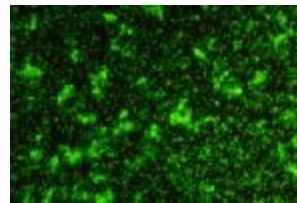
Nanokomposite, Beispiel mit Silber NPs



1 h Incubation



6 h Incubation



24 h Incubation

POM/PTFE

POM/PTFE Ag 25%

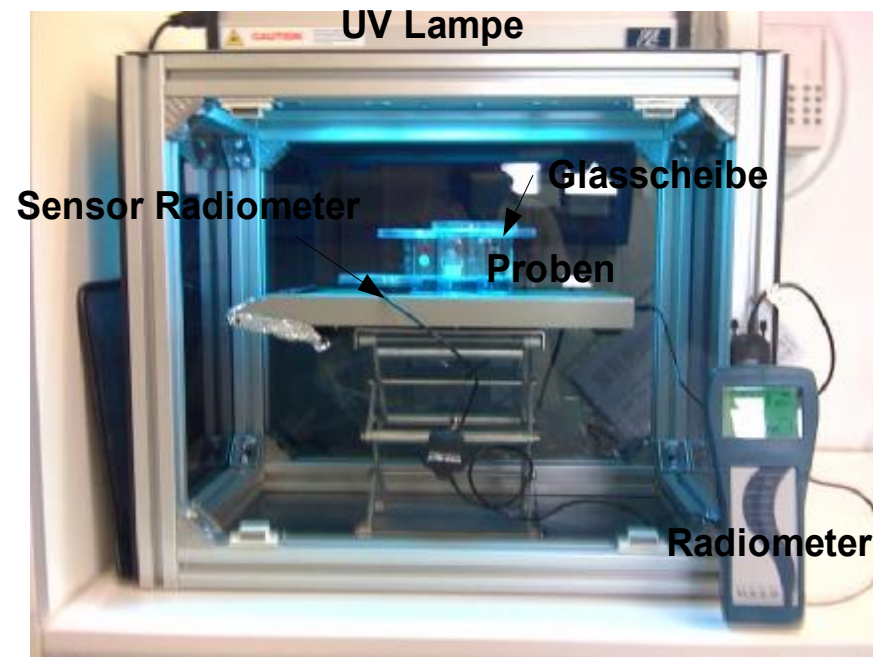
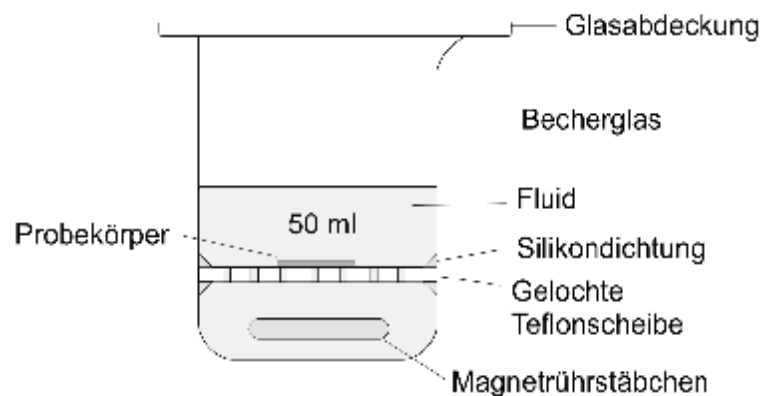
Anforderungen an die Beschichtung

- beständig gegen Abrasion (Tape-Test, Radiergummi, Quarzmehlsuspension)
- photoaktiv (Methylenblautests in der flüssigen Phase, Methanolabbau in der Gasphase)
- chemisch beständig (Meerwasser, Fe-III-Chlorid, Membranreiniger) ✓

Photoaktivität I

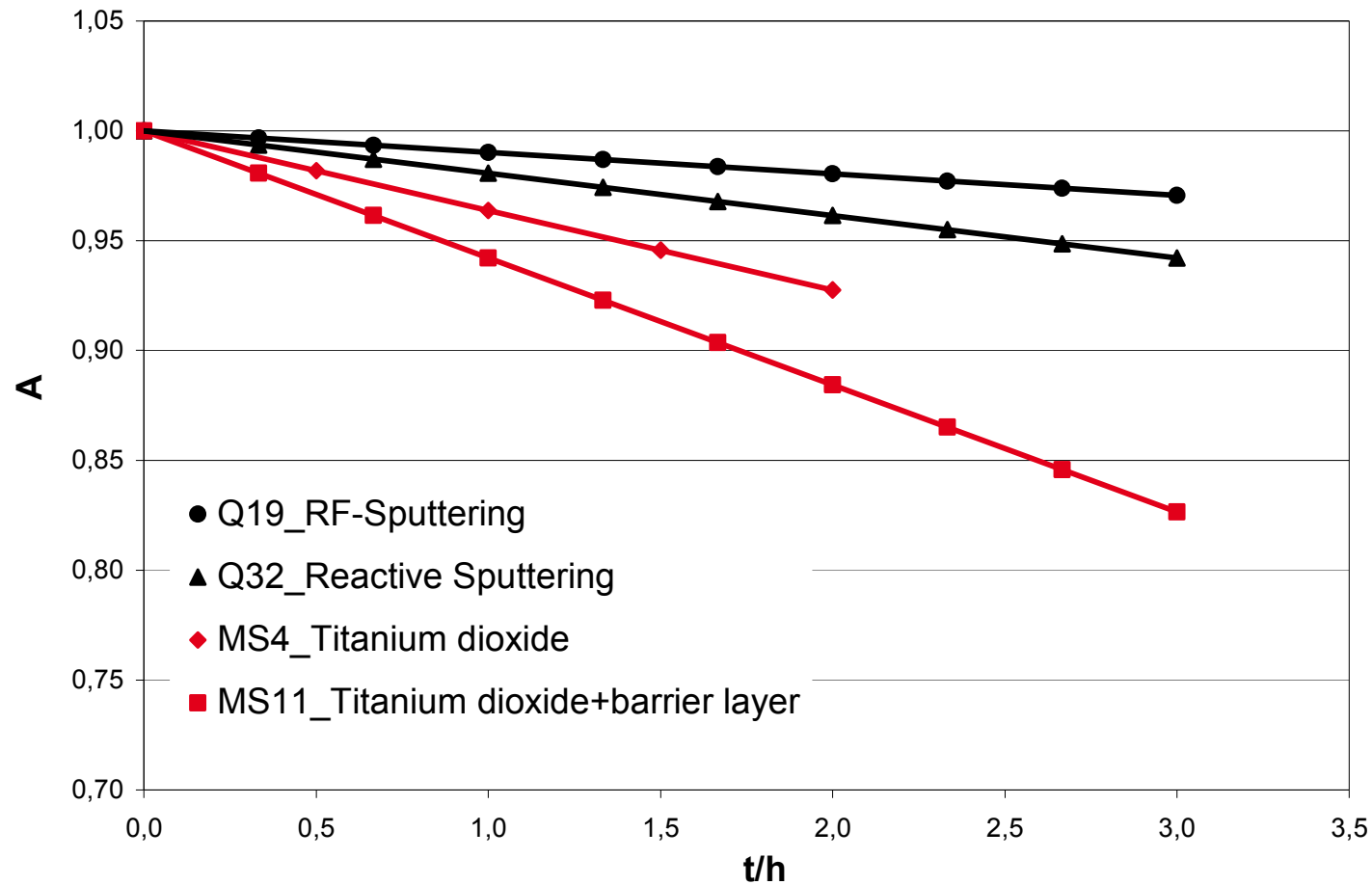
Methylenblau-Test (DIN 52980)

- UV-Bestrahlung (10 W/m^2): 365 nm
- Methylenblau ($10 \mu\text{mol/l}$)
- Proben: beschichtetes Mikrosieb, unbeschichtetes Mikrosieb, Blindprobe



Photoaktivität II

Methylenblau-Abbau



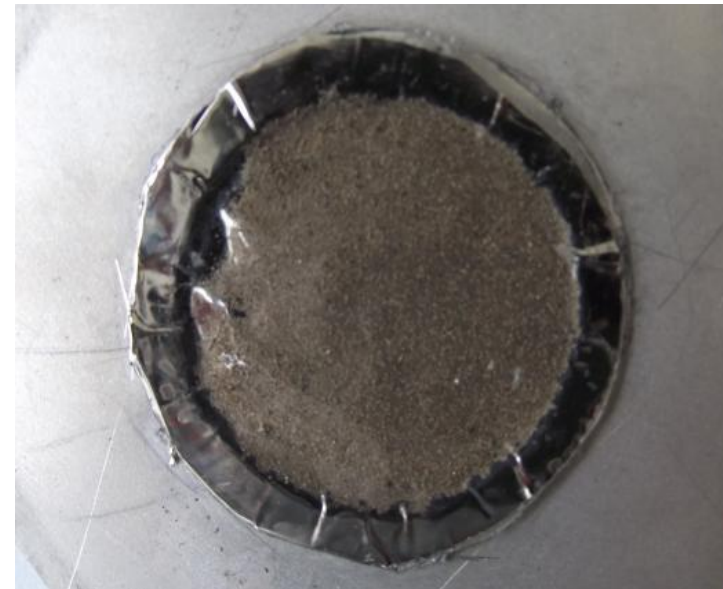
Antifouling-Effekt



■ Versuchsdurchführung



Rührzelle

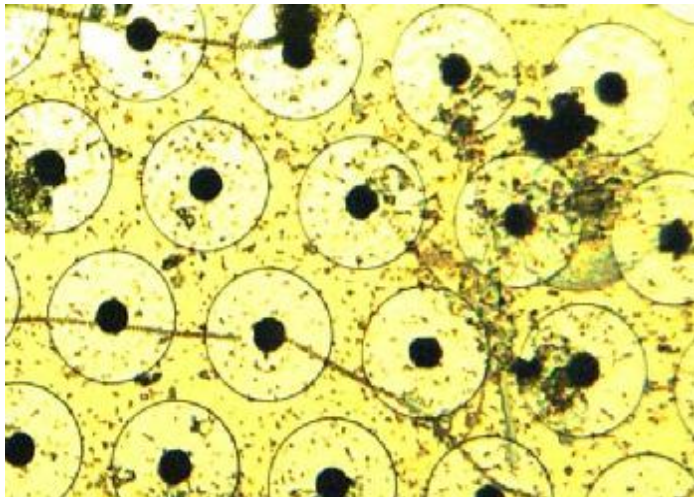


Filterkuchen

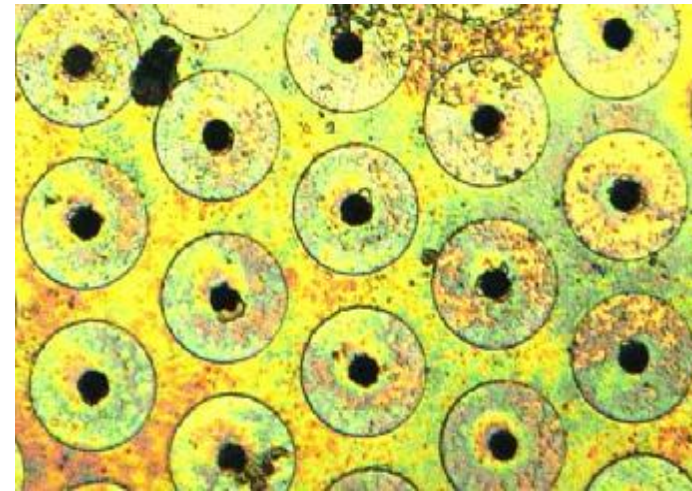
Antifouling-Effekt



- Belebtschlamm (TS = 6 %), nach 12 Tagen kontinuierliche UV-Bestrahlung



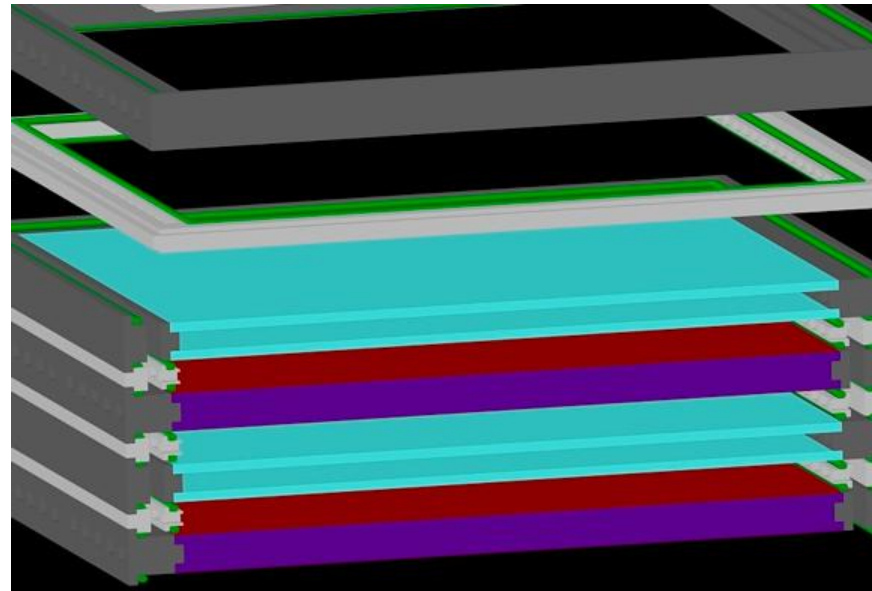
Mikrosieb ohne Beschichtung



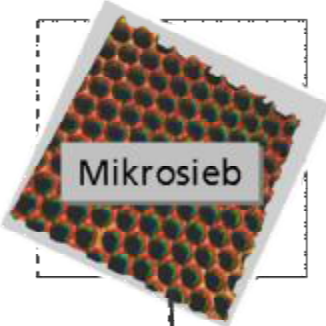
Mikrosieb mit TiO₂-Beschichtung

Mikrosieb-Module

- kompaktes Filtermodul
- UV-Aktivierung

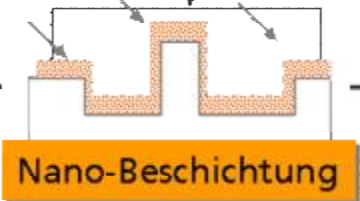


Anwendungen



Abwasserreinigung,
Trinkwassergewinnung,
Kühlwasserrecycling usw.

Trinkwassergewinnung
in Krisengebieten, unter-
entwickelten Ländern usw.



Multibarrierensystem

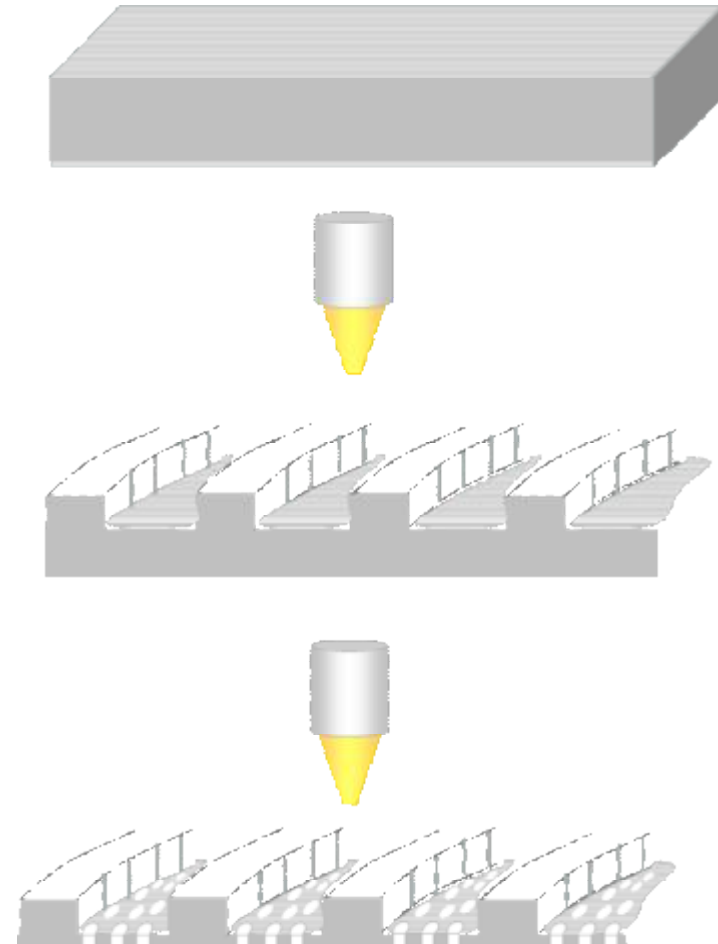


Mobiler Wasserfilter

Ausblick I: Mikrostrukturierung mit Ultrakurzpulslasern



- Verschiedene Materialien (Edelstahl, Polymere, Metalle, Kompositmaterialien)
- Unterschiedliche Porengeometrien (Loch, Schlitz)
- Oberflächenstrukturierung (Strömungsprofile, Stabilisierung)



Zusammenfassung und Ausblick

- Die Effizienz von Prozessen der Wassertechnik kann durch die Funktionalisierung von Oberflächen verbessert werden.
- Photokatalytisch aktive Oberflächen erhöhen die Effizienz der Mikrofiltration (Antifoulingwirkung).
- Kompositbeschichtungen mit Silber erhöhen die Wasserqualität (bakterizide Wirkung).
- Mikro- und nanostrukturierte Oberflächen erhöhen die Energieeffizienz (Reibminderung)
(D.W. Bechert et al., 28th AIAA Fluid Dynamics Conference, 1997, CO, Lee,S.-J. ; Lee,S.-H., Experiments in Fluids 30 (2001), 153-166)
UMSICHT baut eigenes Laserlabor zur Oberflächenstrukturierung auf.
- Neue Prozesse mit oberflächenmodifizierten Materialien werden in der Trinkwassergewinnung und Abwasserreinigung umgesetzt. Erste Filtermodule wurden hergestellt und werden in dezentrale kleine Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung umgesetzt.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



www.nano-water.de