



Fraunhofer

UMSICHT

FRAUNHOFER INSTITUT FÜR UMWELT-, SICHERHEITS- UND ENERGIETECHNIK UMSICHT

„nanoPurification“

Ilka Gehrke

3. Clustertreffen,
14.-15. Januar 2013, Frankfurt

Folie 1
© Fraunhofer UMSICHT



Weltweite Wasserknappheit 2012

- Die Hälfte aller Europäischen Länder (ca. 70 % der Bevölkerung) leiden unter Wasserknappheit.
- In großen Gebieten der USA wird mehr Wasser aus den Reservoirs entnommen als wieder aufgefüllt wird.
- In Israel wird trotz aller neuen Wasserspartechnologien mehr Wasser verbraucht als vorhanden ist.
- In China leiden 550 von 600 der größten Städte unter Wassermangel. Die stark verschmutzten großen Flüsse sind nicht zur Bewässerung geeignet.



F. Macedonio et al., Chem. Eng. and Proc. 51 (2012) 2-17

Weltweite Wasserknappheit und Klimawandel

- Der Weltklimarat prognostiziert, dass bis 2020 in Afrika 75 bis 250 Mio. Menschen zu wenig Wasser haben und teilweise flüchten müssen.
- Amerika erlebt die schlimmste Dürre seit 50 Jahren.
- Starkregenereignisse können in Deutschland Abschwemmungen bewirken, bei denen neben Bodenbestandteilen und Nährstoffen auch Krankheitserreger in die Gewässer eingetragen werden.
- Erhöhte Luft- und Rohwassertemperaturen können die Trinkwasserhygiene in Trinkwasserspeichern (Hochbehältern) oder im Leitungsnetz beeinträchtigen.



*Klimawandel und Wasserwirtschaft: Maßnahmen und Handlungskonzepte
in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel, MUNLV*

Ziele und Aufgaben der Wassertechnik

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

- Prozessintensivierung
- Neue Prozesse und Materialien

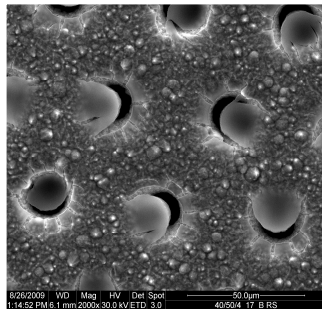
- effizient
- zuverlässig
- flexibel



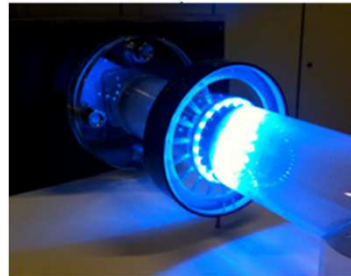
School in Kathmandu, Nepal

“Nano enhanced” Wasseraufbereitungsverfahren

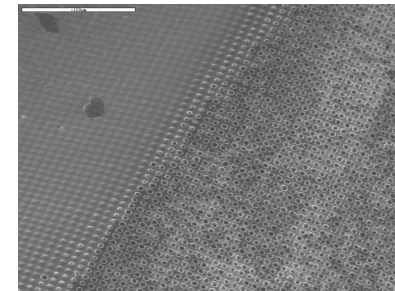
Ni-Mikrosiebe mit Nanobeschichtung



Dekontaminierung mit LEDs



Mikrostrukturierte Mikrosiebe mit Ultrakurzpulslaser



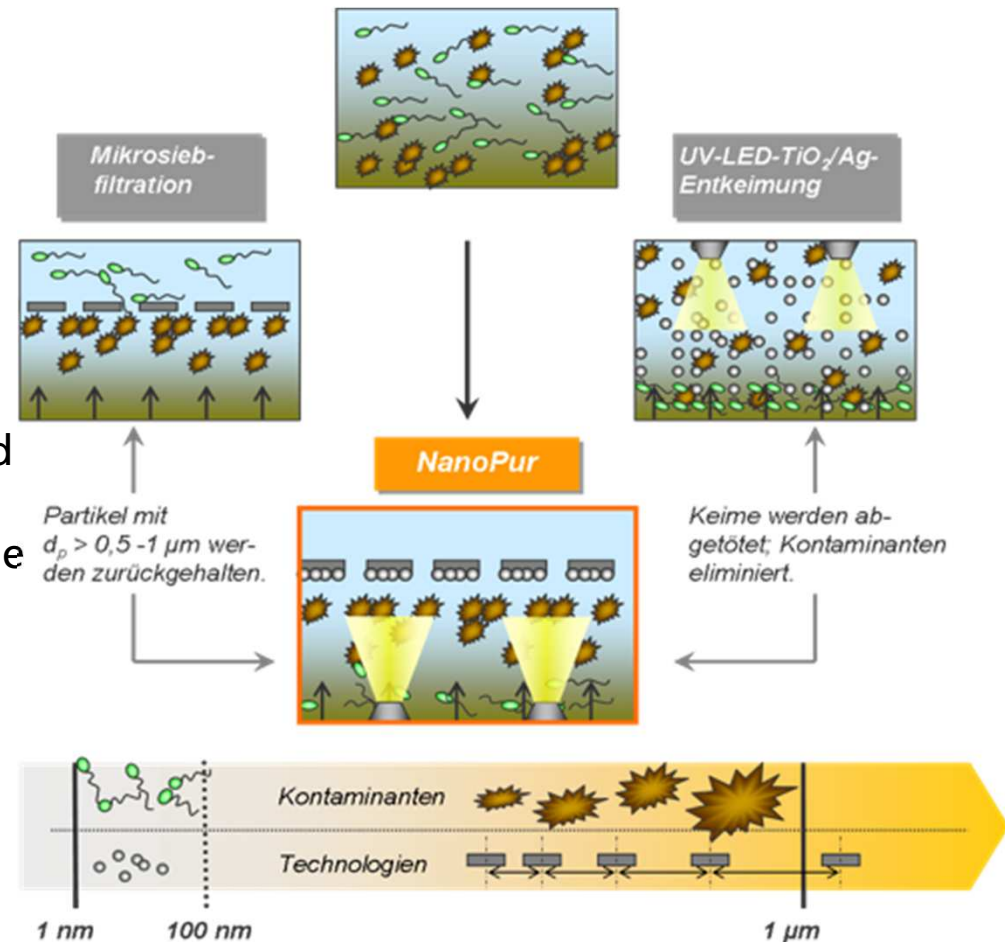
- ➔ geringerer Energieverbrauch, Reduzierung des Chemikalieneinsatzes
- ➔ hohe Effizienz, hohe Abbaurate

Idee

Entwicklung eines Hybrid-Systems (nanoPur), das:

- nanoskaliges photokatalytisches und bakterizides TiO_2/Ag zur Dekontamination von (Ab)Wasser
- auf einem metallischen Mikrosieb zur Mikrofiltration immobilisiert und
- energiesparende LEDs verwendet, die
- die Photokatalyse von Titandioxid intensivieren.

⇒ Multibarrierenwirkung



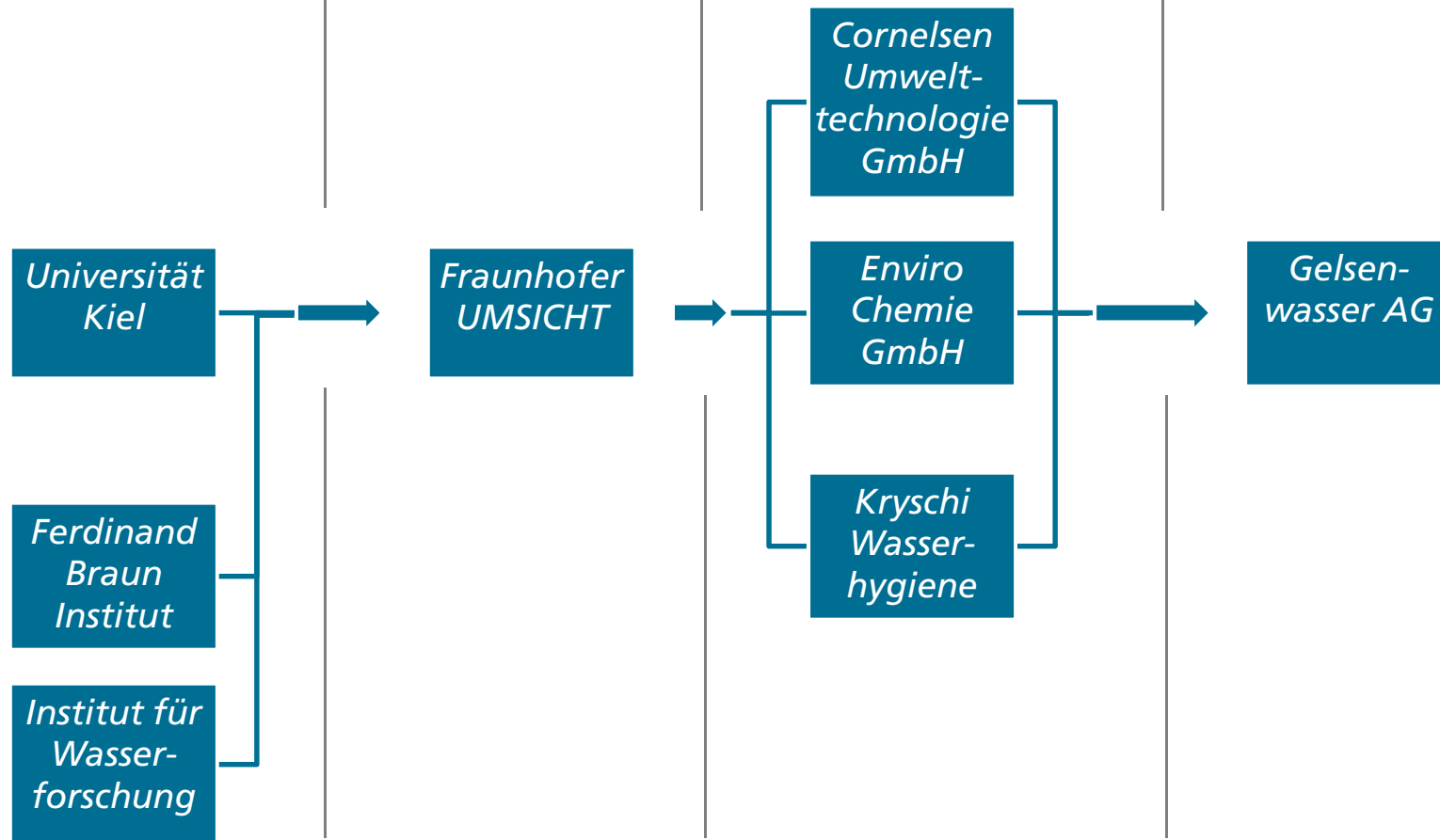
Konsortium

Grundlagen

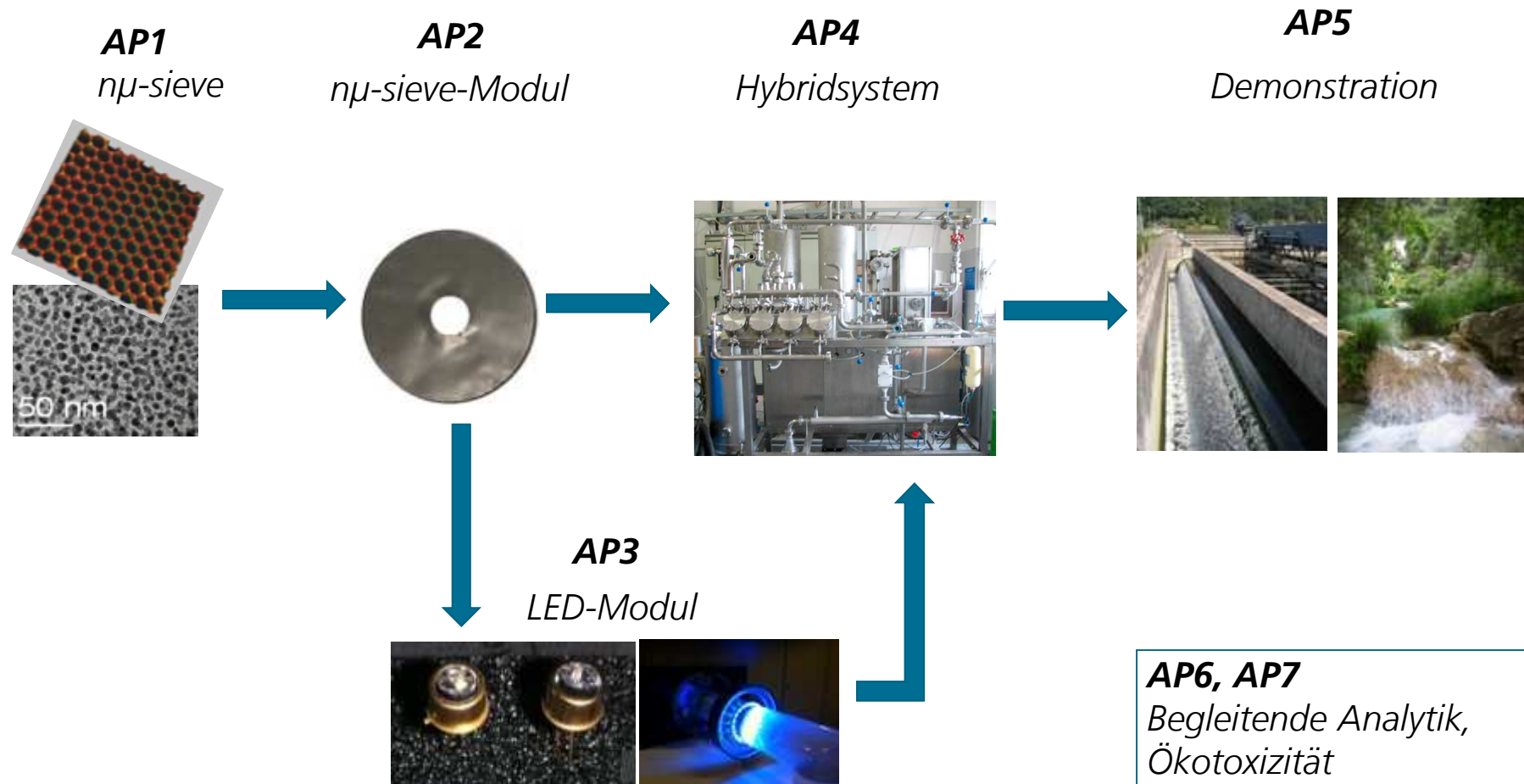
Transfer

Anlagenbau

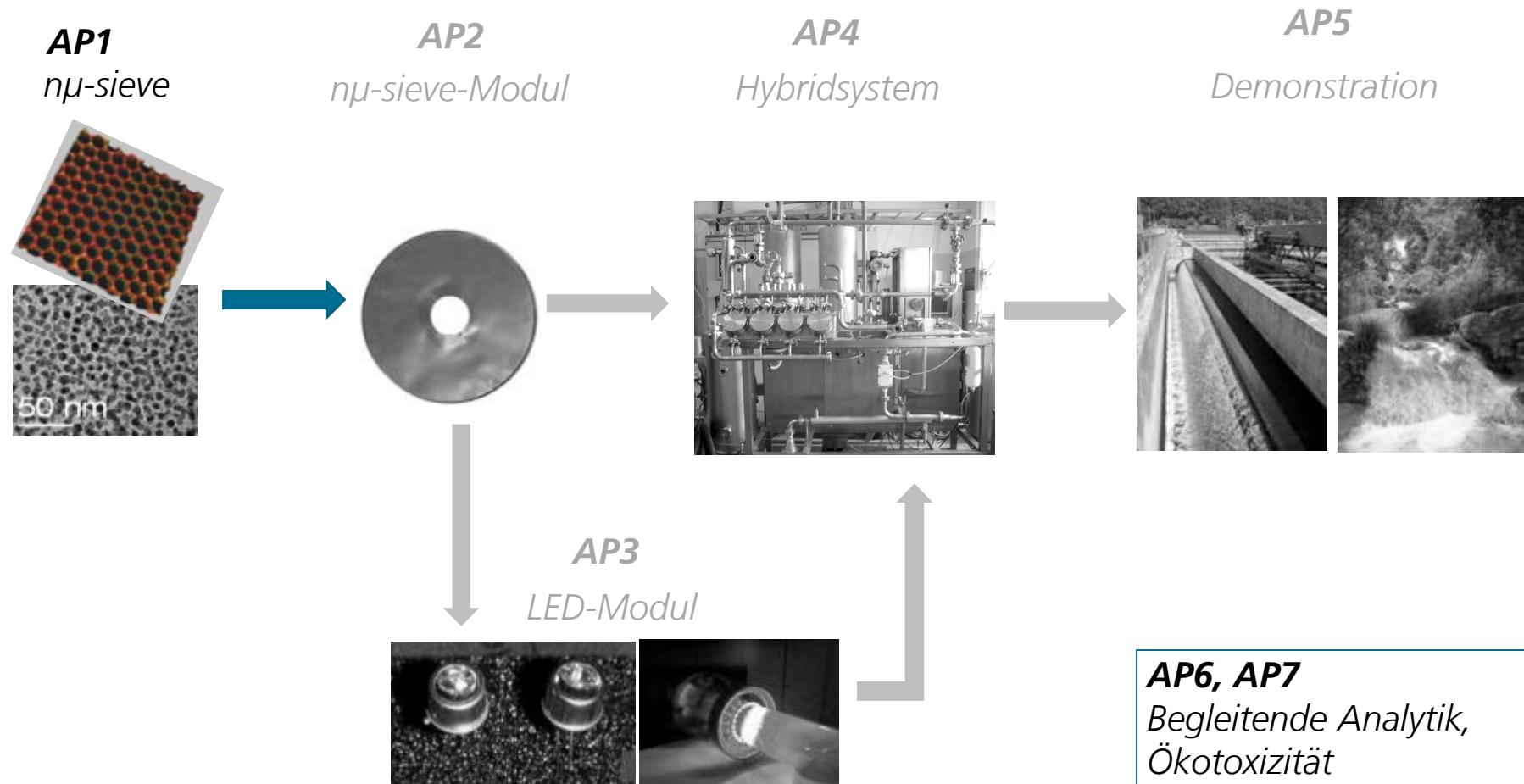
Anwendung



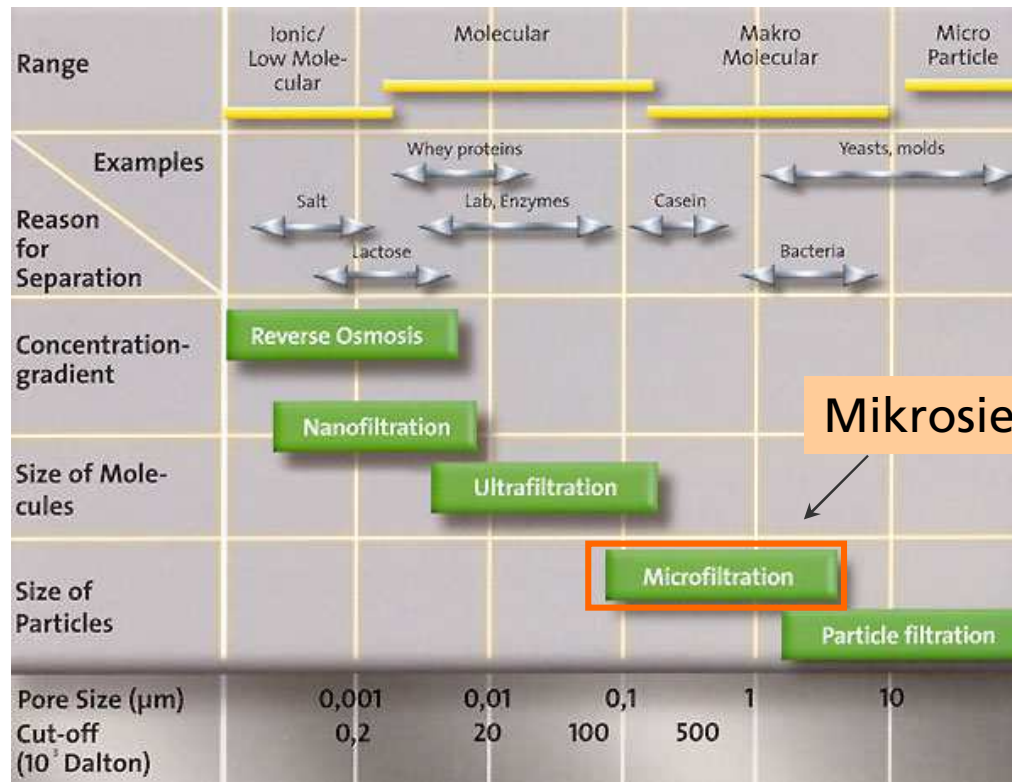
Lösungsweg



Lösungsweg



Membranfiltration



■ Mikrofiltration

Desinfektion, Trübstoffe, Vorfiltration etc.

■ Ultrafiltration

Proteinabtrennung etc.

■ Nanofiltration

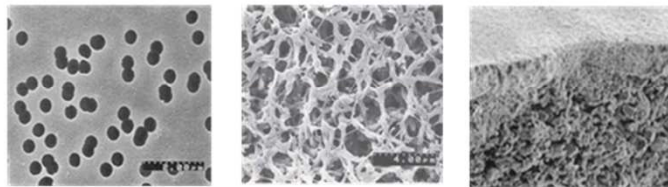
Entalkoholisierung, Beizsäurerückgewinnung etc.

■ Umkehrosmose

Meerwasserentsalzung

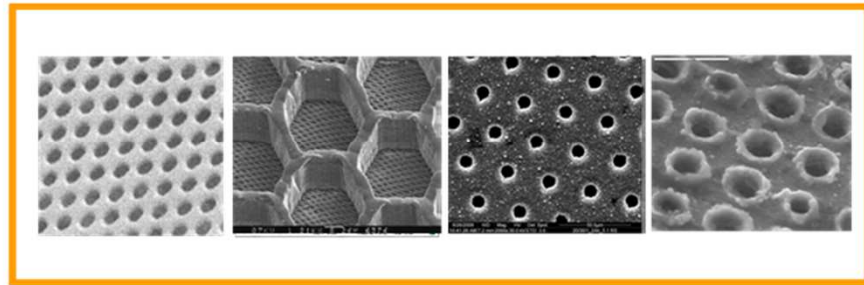
Grundlagen der Mikrosiebfiltration

Past technical developments



Permeate efficiency < 1000 l/(hm²) ↓

Current technical developments

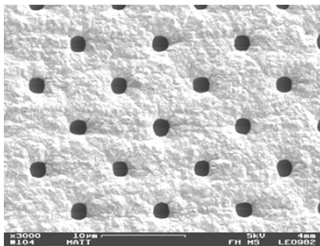


Permeate efficiency > 10 000 l/(hm²) ↑



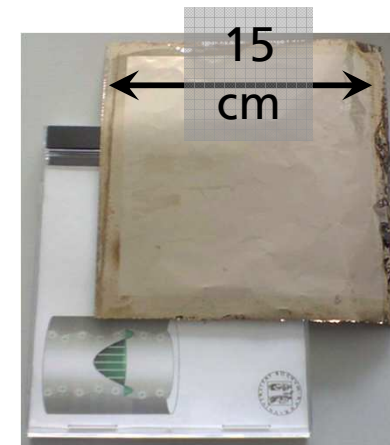
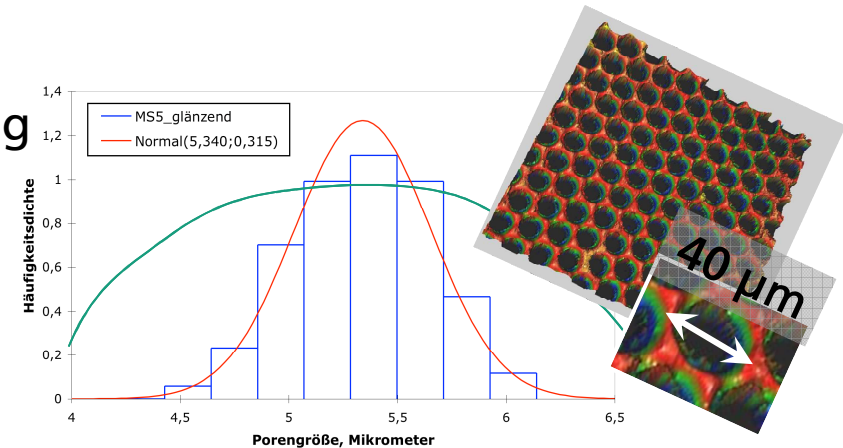
L. t. r.: Co. Oxyphen, GER; Co. Membrana, GER; Co. Aquamarijn, NL, Co. Haver & Boecker, GER; Fraunhofer UMSICHT; Fraunhofer UMSICHT

Mikrosiebherstellung

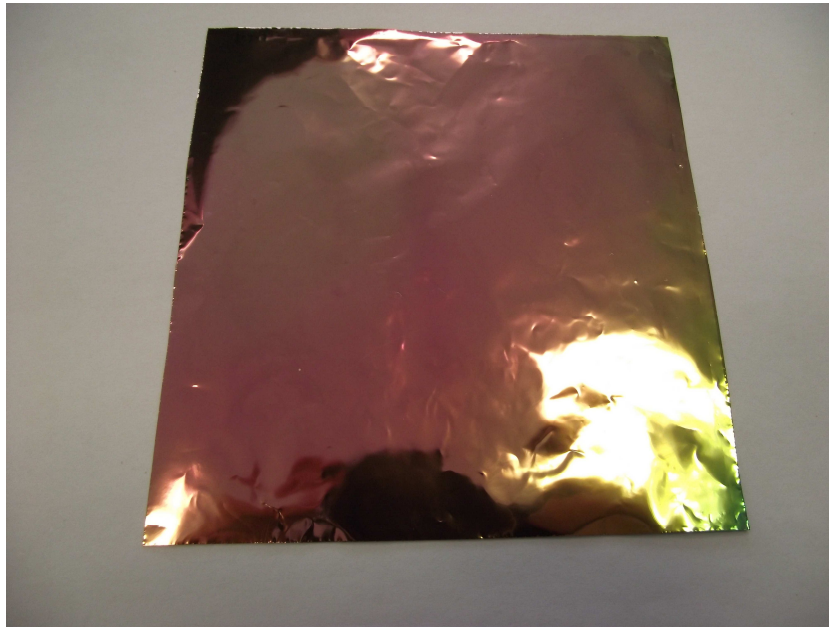


Eigenschaften der UMSICHT-Mikrosiebe

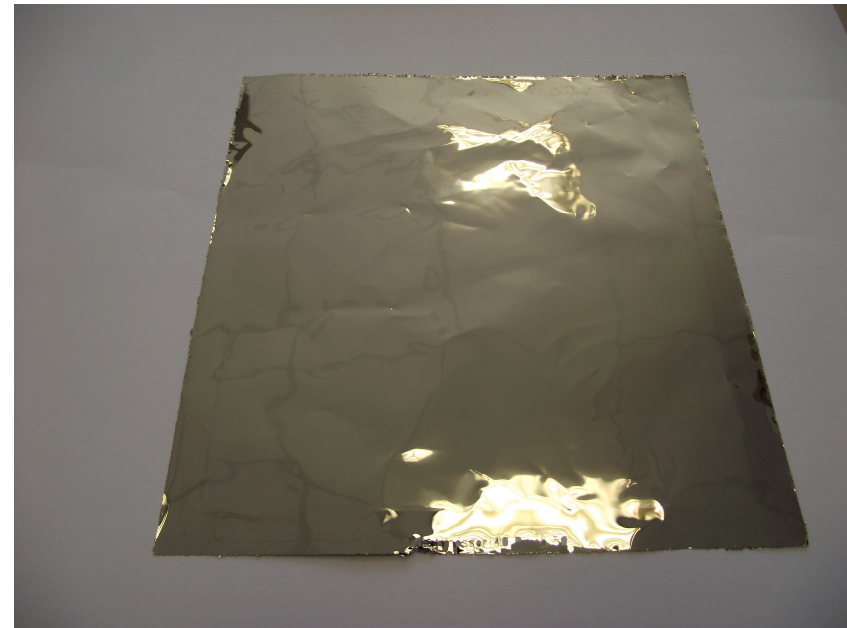
- sehr homogene Porengrößenverteilung (Größenbereich von 1 bis 20 μm)
→ hohe Selektivität
- metallische Werkstoffe
→ hohe mechanische, thermische und chemische Stabilität
- geringe Filterdicke, glatte Oberfläche
→ hoher Permeatfluss



Beschichtung: PVD-Prozess

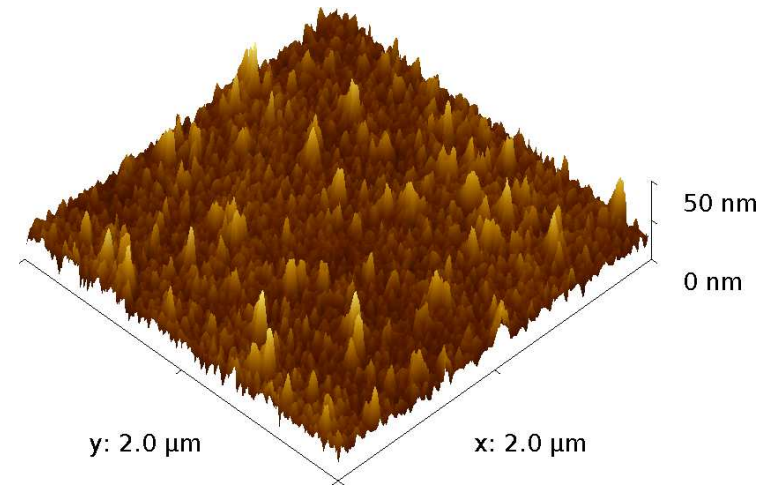
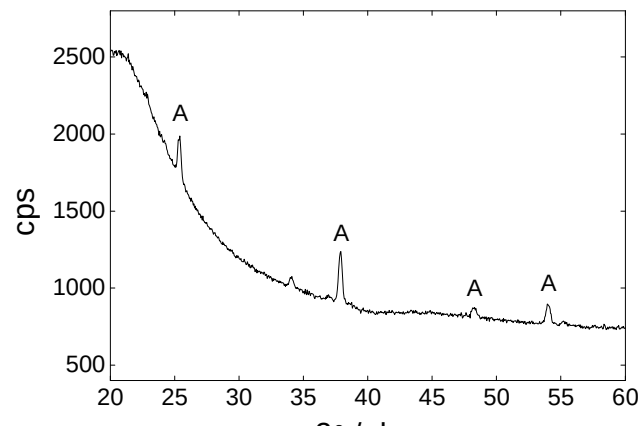


Beschichtetes Mikrosieb (DC-Sputtern)



Unbeschichtetes Mikrosieb

Rekativspattern



XRD-Aufnahme →Anatasphase

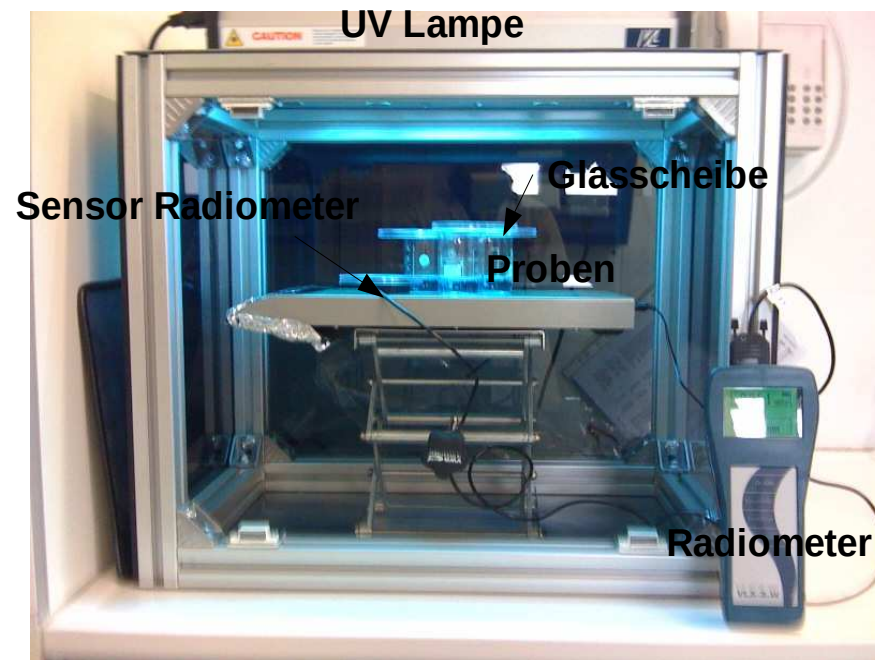
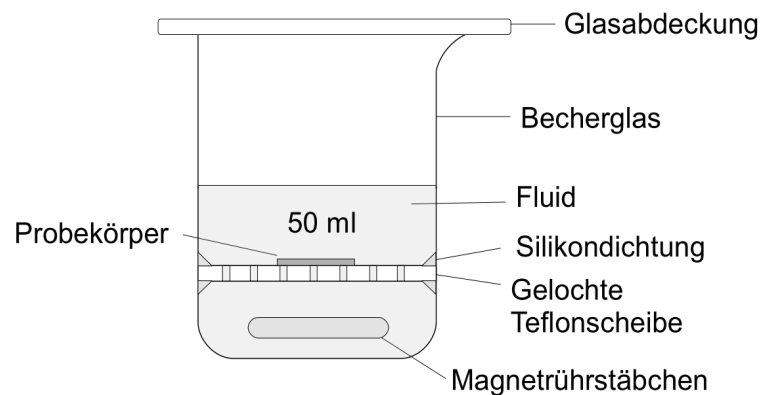
Rasterkraftmikroskopie-Aufnahme

Stabilität der Beschichtung

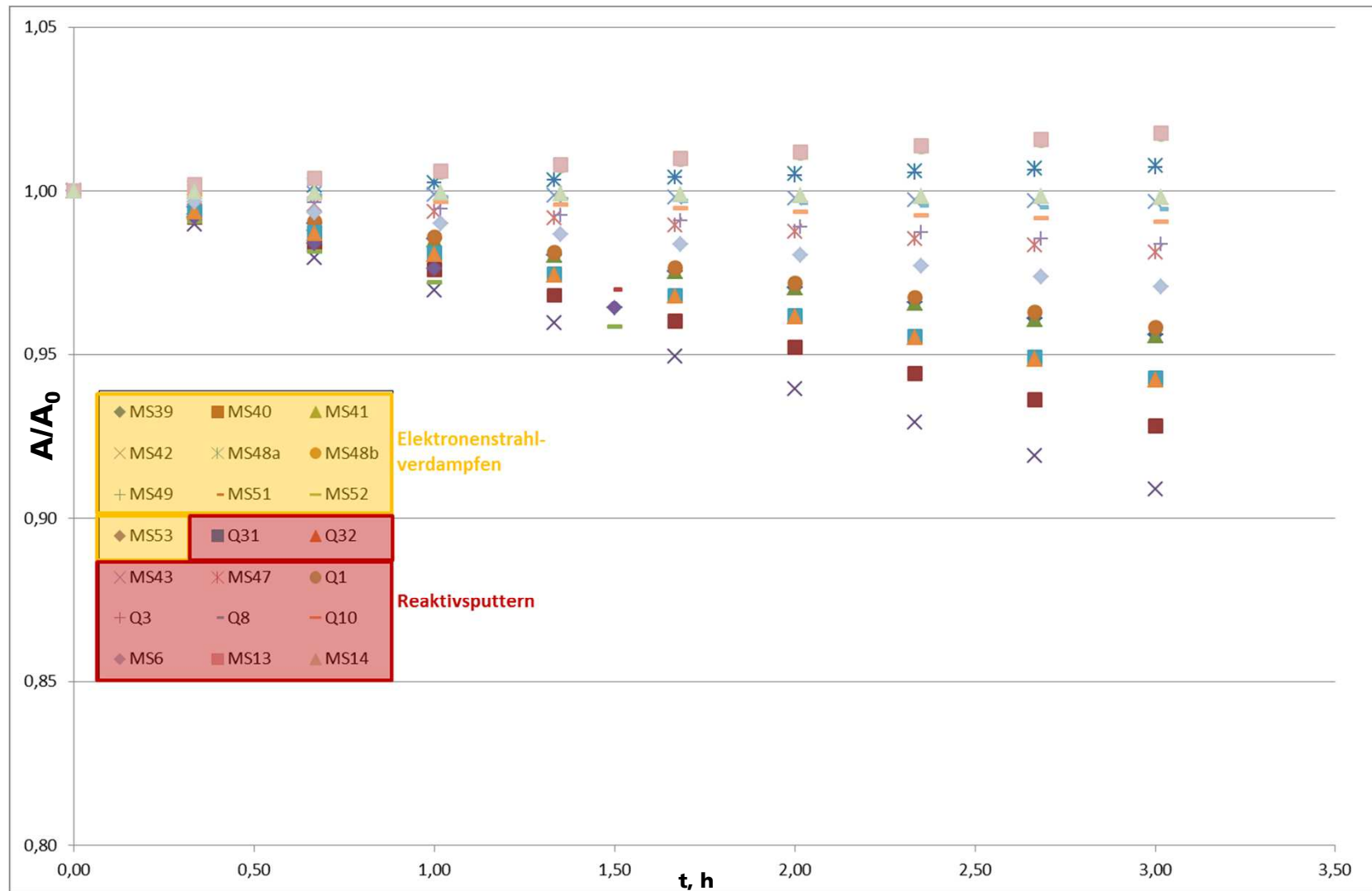
Mikrosiebe	Beschreibung	Herstellverfahren	Tapetest *	Radiertest *
MS5	TiO ₂ -Ag: 10,5% 100nm	RF-Sputtern	1	1
MS6	TiO ₂ -Ag: 6% 100nm	RF-Sputtern	1	1
MS7	TiO ₂ -Ag: 6% 200nm	RF-Sputtern	1	1
MS8	TiO ₂ : 100nm	RF-Sputtern	6	6
MS13	TiO ₂ : 100nm	RF-Sputtern	3	3
MS14	TiO ₂ : 100nm	RF-Sputtern	6	3
MS39	SiO ₂ /TiO ₂ (200-300nm)	Elektronenstrahlverdampfen	3	3
MS40	SiO ₂ /TiO ₂ (200-300nm)	Elektronenstrahlverdampfen	1	3
MS41	SiO ₂ /TiO ₂ (200-300nm)	Elektronenstrahlverdampfen	3	3
MS42	SiO ₂ /TiO ₂ (200-300nm)	Elektronenstrahlverdampfen	3	6
MS43	SiO ₂ (100nm), Seed(50nm), TiO ₂ (250nm)	Reaktivsputtern	6	6
MS44	SiO ₂ (50nm), Seed(100nm), TiO ₂ (200nm)	Reaktivsputtern	6	1
MS46	SiO ₂ (50nm), Seed(50nm), TiO ₂ (50nm)	Reaktivsputtern	6	3
MS47	SiO ₂ (50nm), Seed(50nm), TiO ₂ (250nm)	Reaktivsputtern	3	6
MS51	75nm SiO ₂ , 150nm TiO ₂	Elektronenstrahlverdampfen	6	1
MS52	75nm SiO ₂ , 300nm TiO ₂	Elektronenstrahlverdampfen	6	3
MS53	75nm SiO ₂ , 400nm TiO ₂	Elektronenstrahlverdampfen	6	3
* 1=mangelhaft, 3=befriedigend, 6=sehr gut				

Photoaktivität | Methylenblauabbau

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

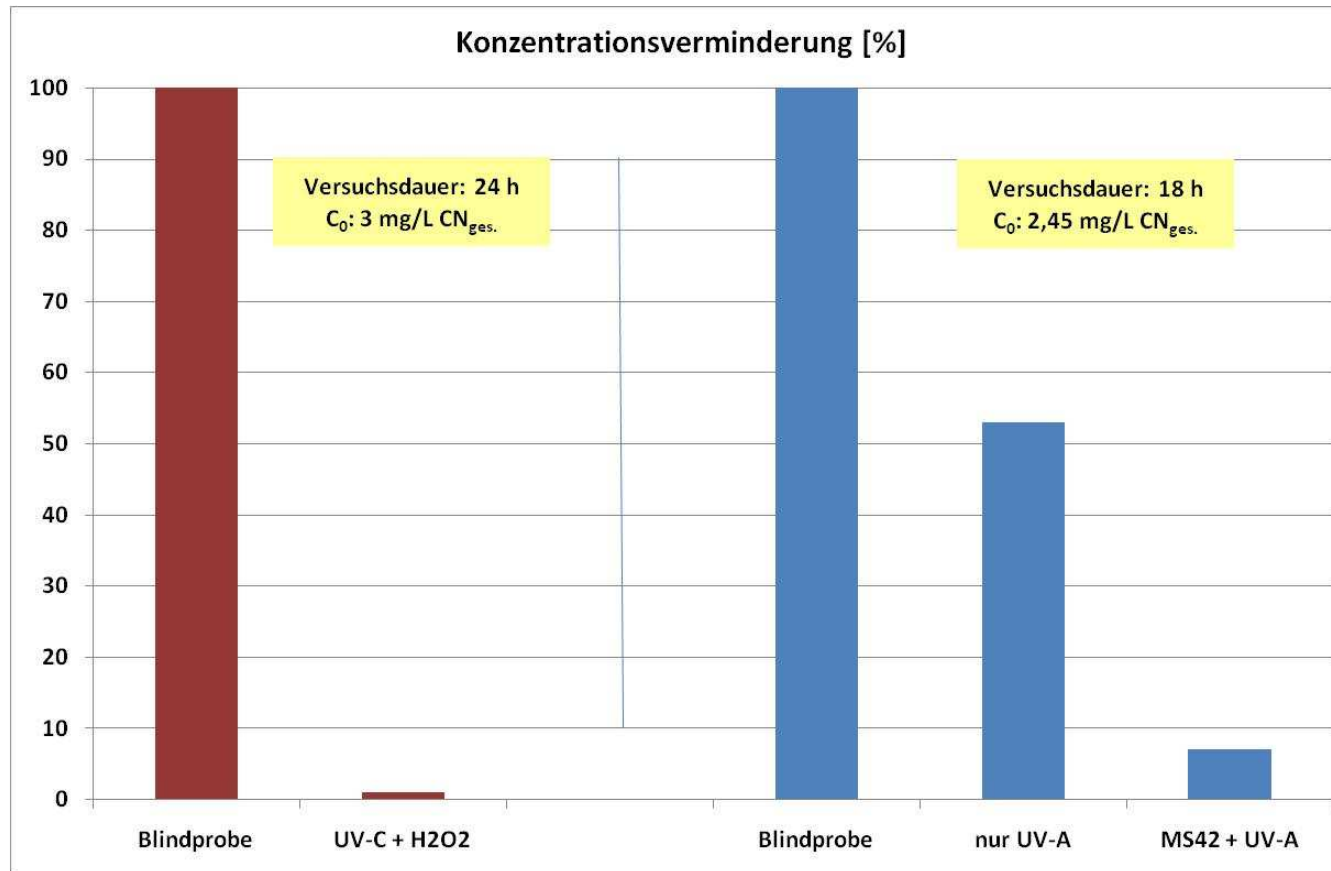


Methylenblau-Abbau | Übersicht



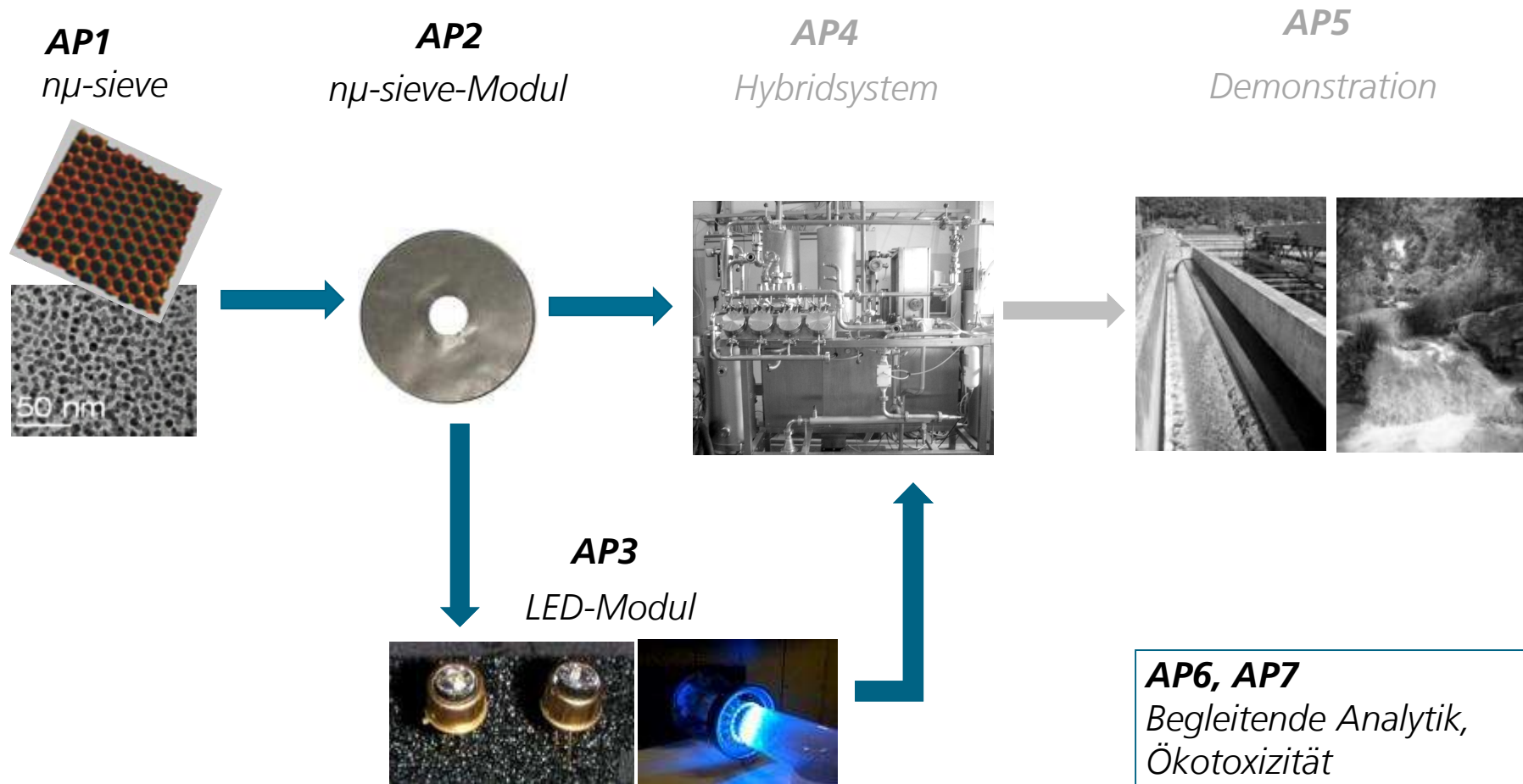
Photoaktivität | Abbau freier Cyanide (KCN, KSCN)

Betriebliches Abwasser



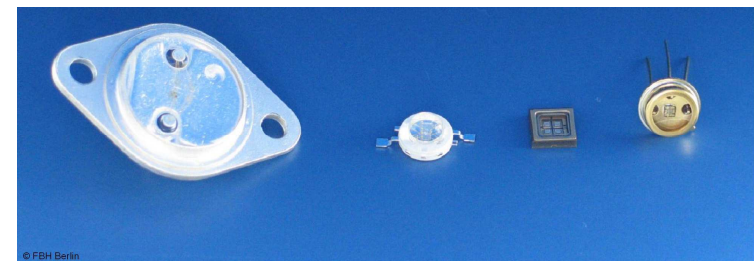
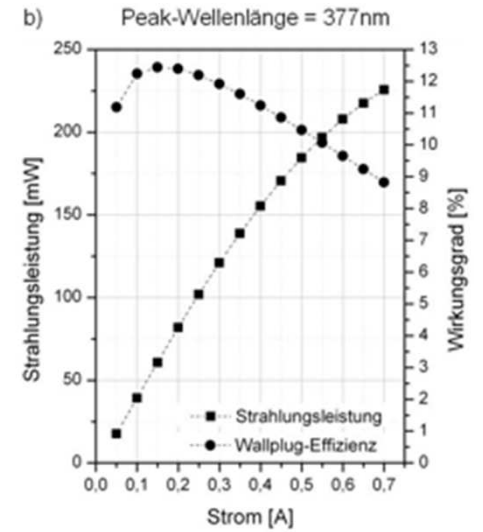
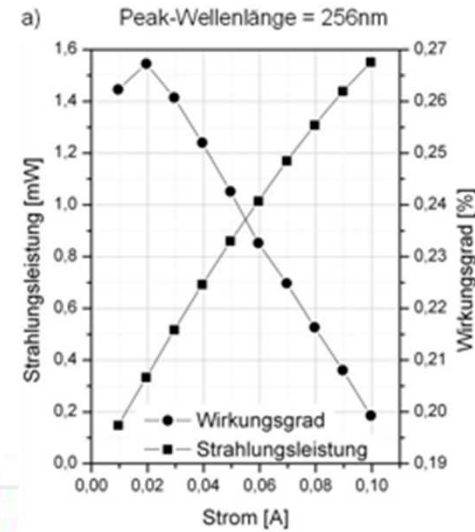
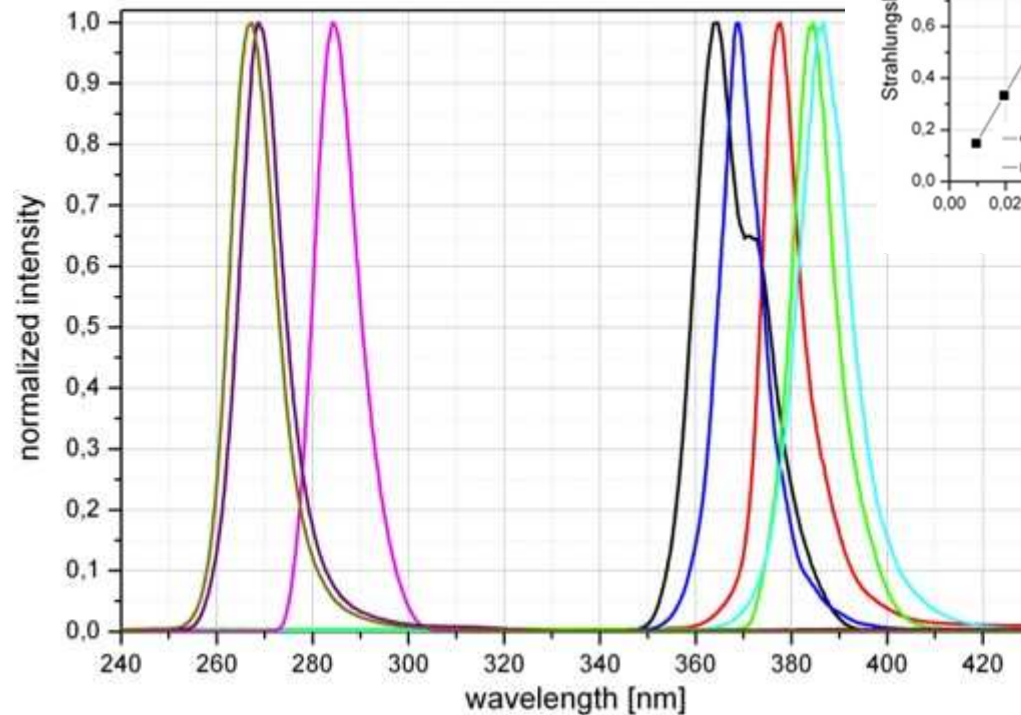
Mikrosieb, ESV, A 86,75 cm²

Lösungsweg

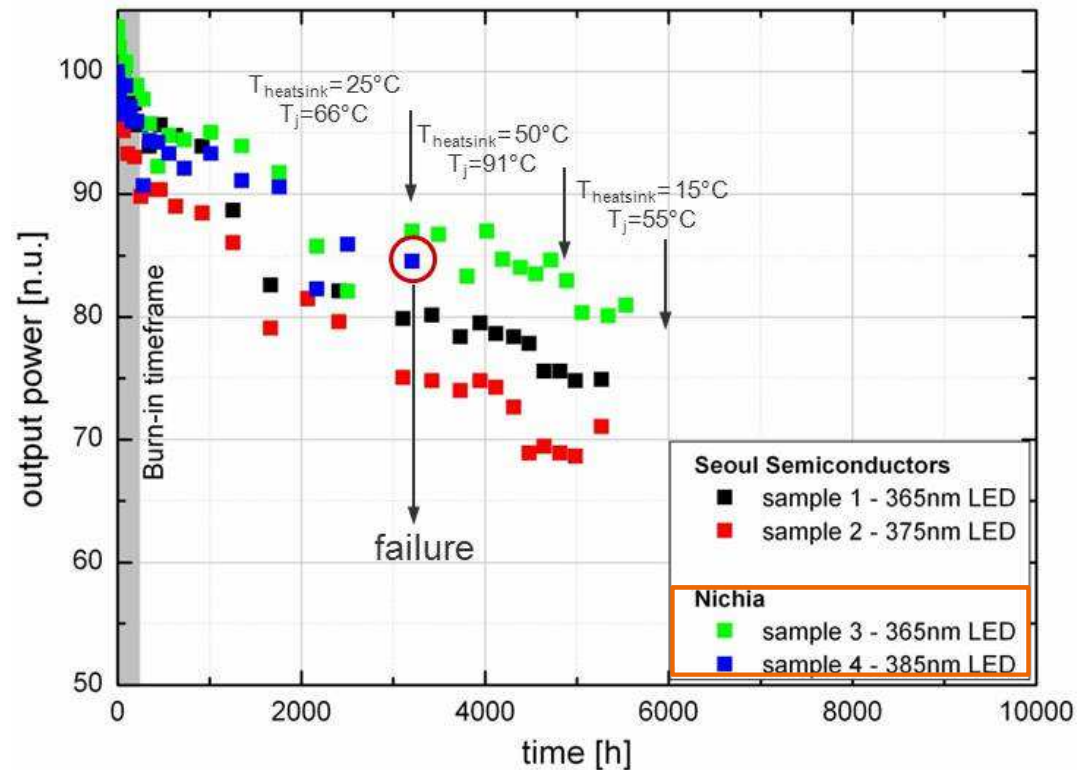


LED-Belichtung

- nahezu monochromatisches Licht
- hohe Leistungsdichte
- lange Lebensdauer
- kompakte Bauweise



LED-Charakterisierung



- Annahme von experimentell ermitteltem Alterungsverhalten bei einer Betriebstemperatur der LEDs im Modul $\leq 100^{\circ}\text{C}$.
- Lebensdauer von ≥ 10000 Stunden für die Nichia 365nm LED wird erwartet. (Ausfall-Kriterium: Abfall auf 70% der zu Beginn der Experimente gemessenen optischen Leistung als)

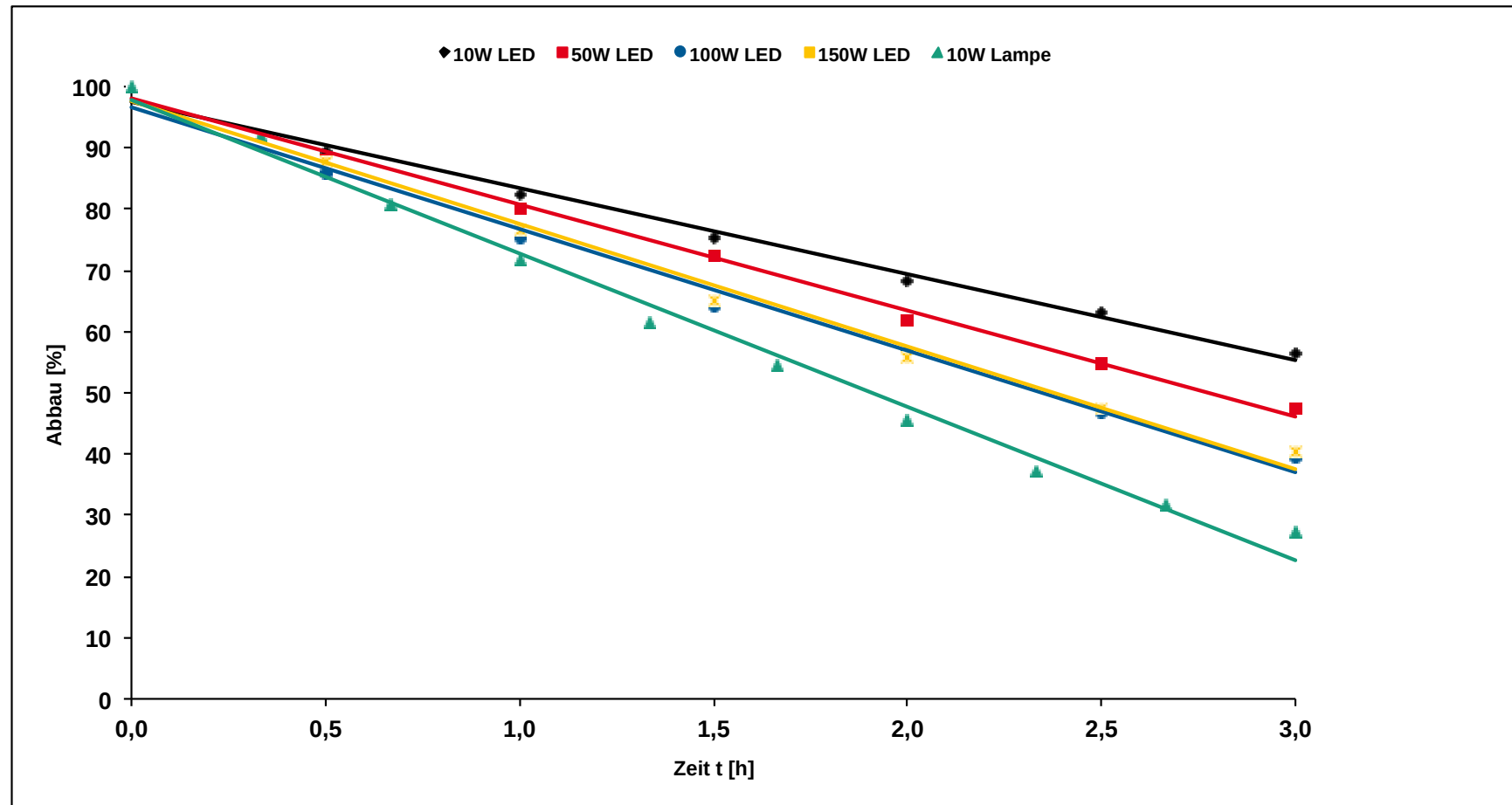
LED-Modul

- 6 Stück à 365nm LEDs
- Wellenlänge $\lambda = 368 \text{ nm} \pm 0,1 \text{ nm}$
- optische Leistung $P_{\text{opt}} > 7 \text{ W}$
- Homogenität der Bestrahlungsstärke = 74%
- erwartete LED Lebensdauer >10.000 Stunden

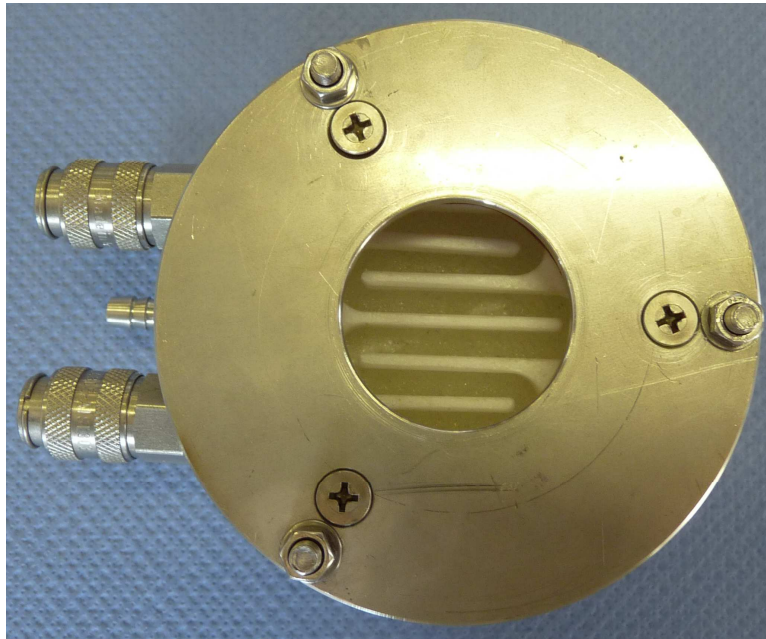


Abhängigkeit der Photoaktivität von der LED-Leistung

Methylenblau-Abbatest



Laborteststand

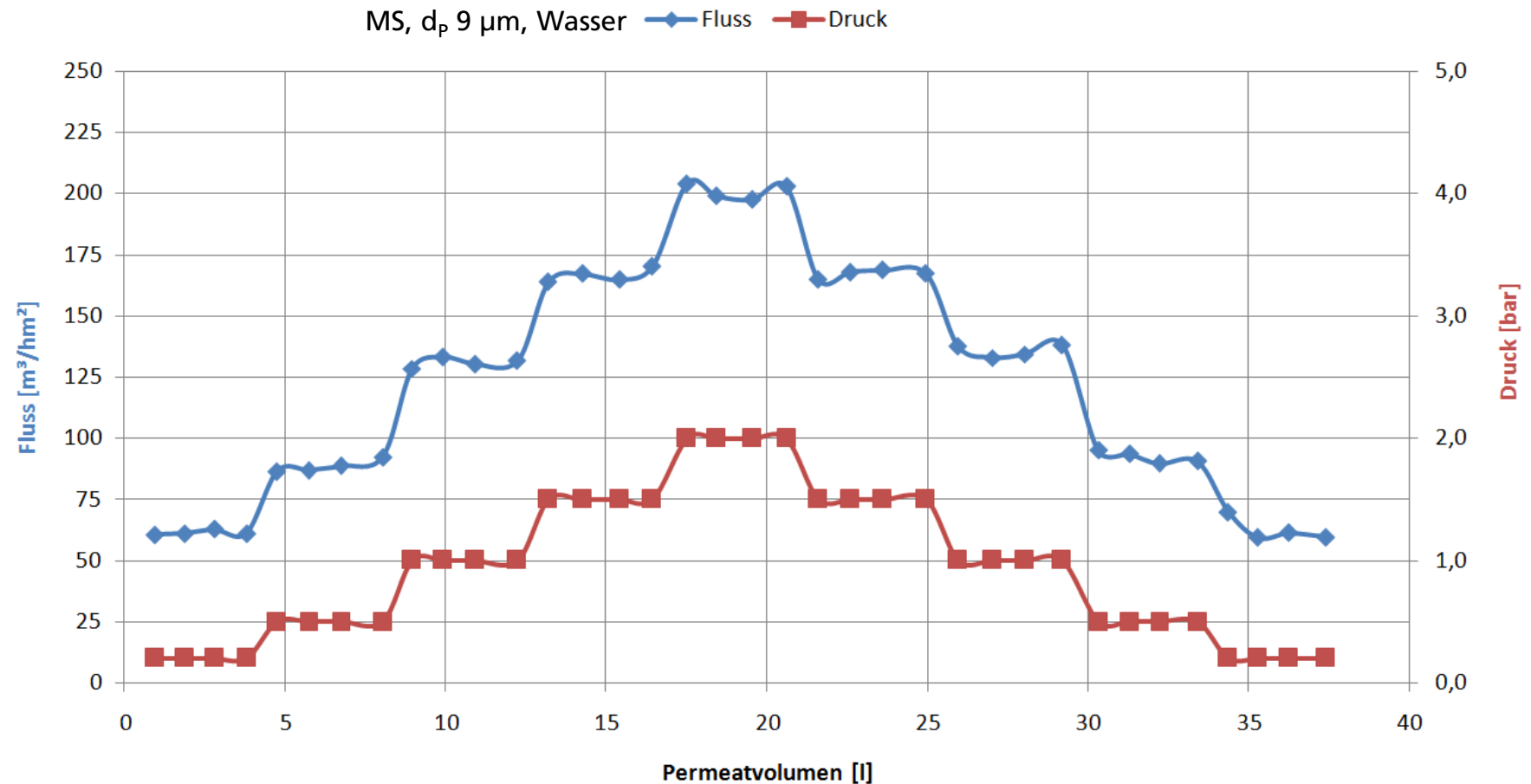


Testzelle mit Spanneinheit

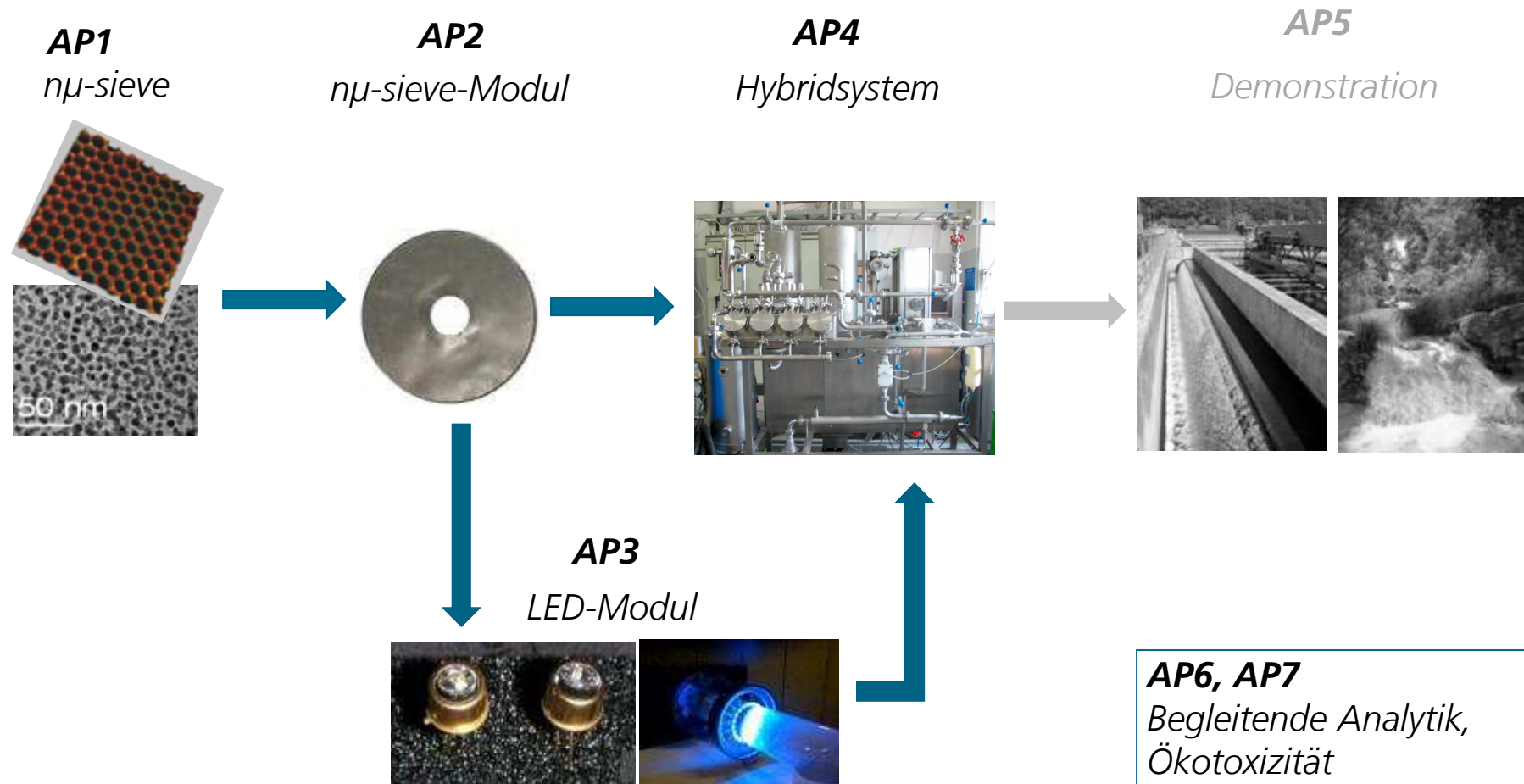


UV-Filterteststand

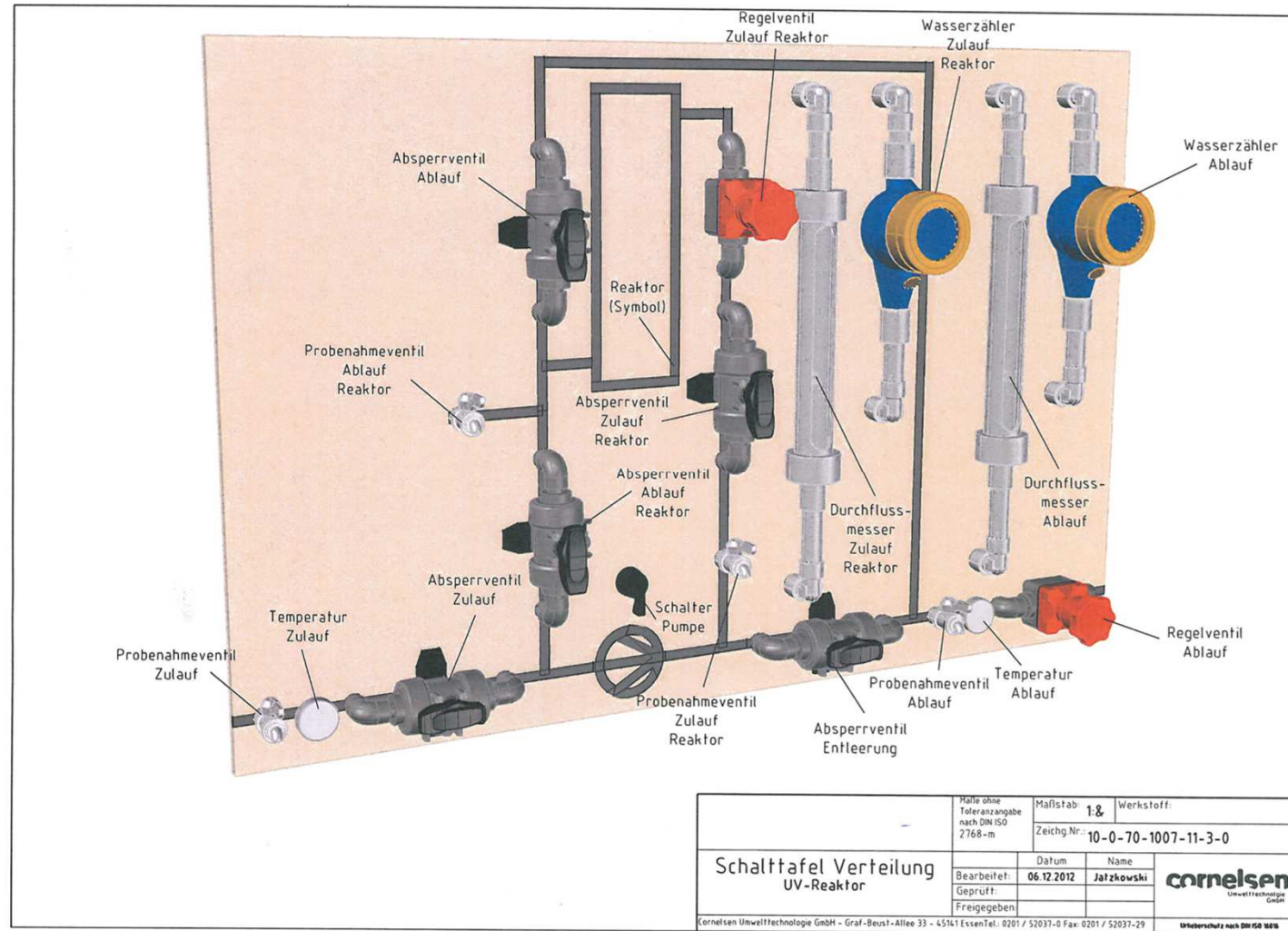
Permeatleistung



Lösungsweg



Technikumsanlage | Trinkwasser



Technikumsanlage | Abwasser



Vorsprung in Wassertechnik 
ENVIROCHEMIE

Zusammenfassung

- > 100 Mikrosiebe wurden hergestellt und ca. 50 beschichtet.
- Die meisten Beschichtungen sind haftstabil.
- Elektronenstrahlverdampfen ist besser geeignet als Reaktivsputtern.
- Photoneneffizienzen bis zu 0,06 % wurden erreicht.
- Ein LED-Modul wurde hergestellt.
- Eine Anlage im Labor- und eine Anlage im Technikumsmaßstab wurden aufgebaut.

Ausblick

- Versuche zum Abbau von Spurenstoffen und Arzneimitteln im Labor mit praxisrelevanten Wässern.
- Fertigstellung des Trinkwasser-Moduls.
- Fertigstellung des Teststands für Versuche mit Trinkwasser.
- Durchführung von Feldversuchen.

FRAUNHOFER UMSICHT

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kooperationspartner:

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

GELSENWASSER



cornelsen
Umwelttechnologie
GmbH



Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

KRYSCHI
WASSERHYGIENE

Institut für
Wasserforschung



www.nano-water.de

Ansprechpartner:

Fraunhofer UMSICHT
Osterfelder Straße 3
D-46047 Oberhausen

Dr.-Ing. Ilka Gehrke
Telefon: +49-208-8598-1260
E-Mail: ilka.gehrke@umsicht.fraunhofer.de

Vorsprung in Wassertechnik
ENVIROCHEMIE

C|A|U
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

GELSENWASSER



KRYSCHI
WASSERHYGIENE

cornelsen
Umwelttechnologie
GmbH

Institut für
Wasserforschung



Fraunhofer
UMSICHT