

---

# Mikrosiebe mit foulingabweisenden Nanobeschichtungen und UV-Entkeimung für die Mikrofiltration

---

**Ilka Gehrke, Volkmar Keuter**  
Fraunhofer UMSICHT

nANO meets water II, Oberhausen, November 29, 2010

# 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



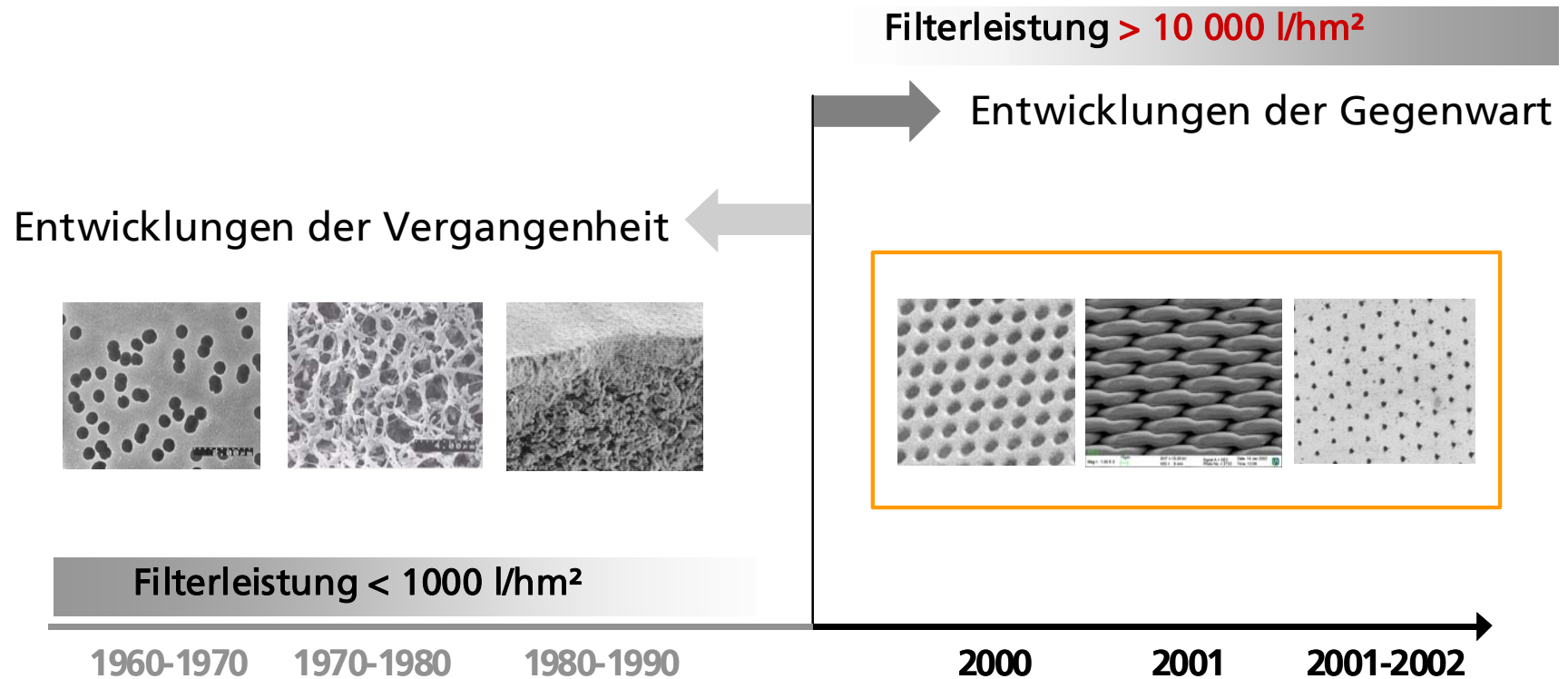
# Ziel

Neue funktionalisierte Mikrofilter für die (Ab-)Wasserbehandlung

- höhere Leistung
- geringerer Energieverbrauch
- reduzierter Reinigungsaufwand

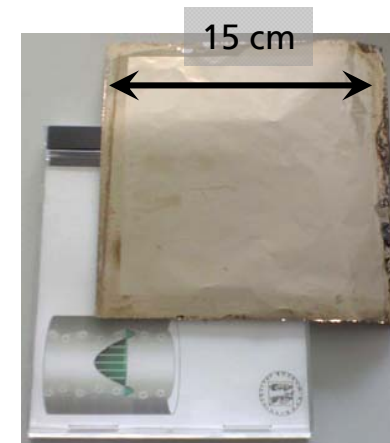
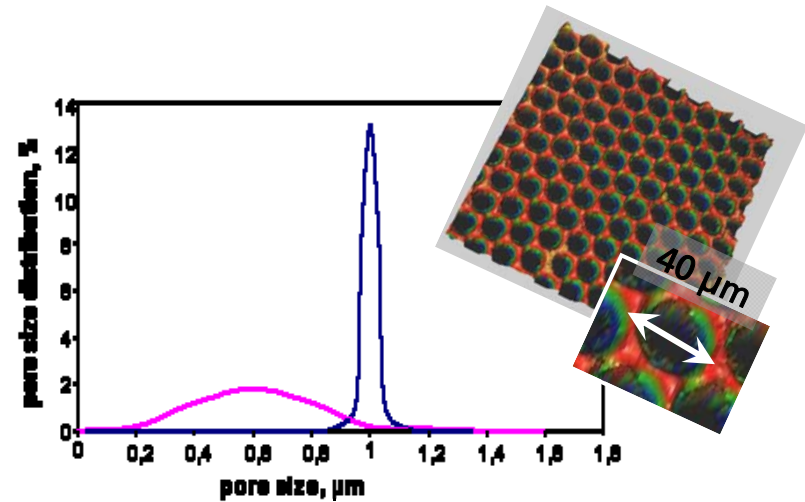


# Grundlagen der Mikrosiebfiltration



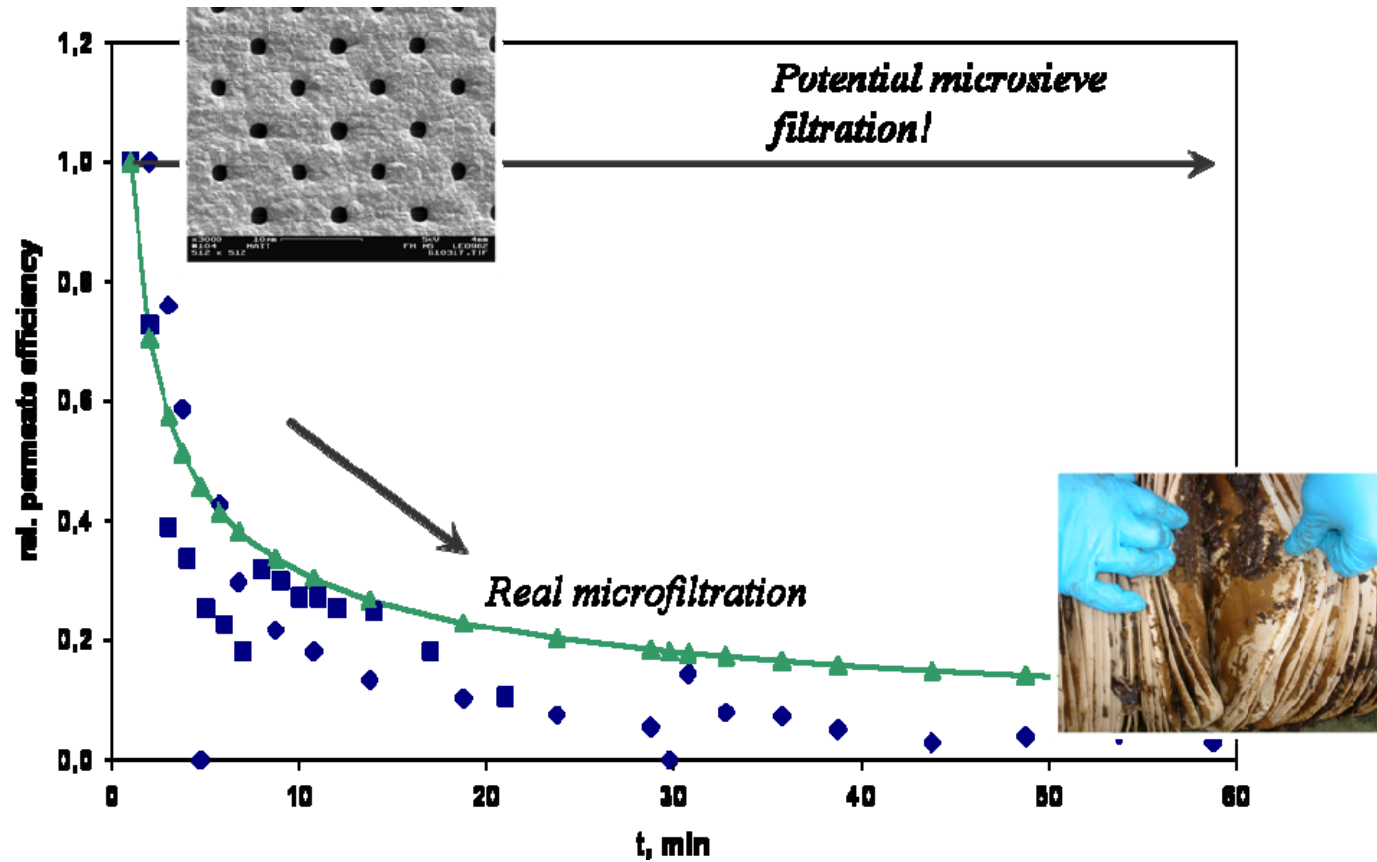
# Eigenschaften der UMSICHT-Mikrosiebe

- sehr homogene Porengrößenverteilung (Größenbereich von 0,5 bis 40  $\mu\text{m}$ )  
→ hohe Selektivität
- metallische Werkstoffe  
→ hohe mechanische, thermische und chemische Stabilität
- geringe Filterdicke, glatte Oberfläche  
→ hoher Permeatfluss



# Membran-Fouling

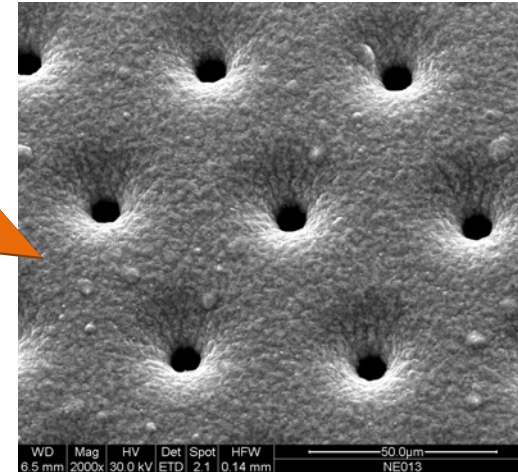
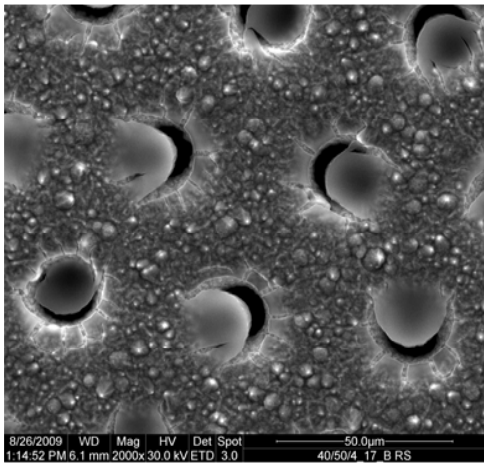
„Membran-Fouling in Abwasser- und Entsalzungssystemen verursacht jährliche Kosten von mehr als einer Milliarde Euro.“ (AMBIO\*)



# Nano-Beschichtung

## Fouling abweisende und bakterizide Oberflächen

- nasschemische Beschichtung mit Titandioxid-Nanopartikeln (Sol-Gel-Prozess)
- physikalische Beschichtung von nanoskaligen Kompositschichten



# Anforderungen an die Beschichtung

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

# Abrasionstests I

Mikrosieb	Abrasions- Test <sup>1</sup>	Beschichtung
317	-	Hombikat UV 100
318	+	PK 1245
321	+	Hombikat XXS 100
322	+	PK 1245
323	+	PK 1245
330	+	PK 1245
362	+	PK 1245
NE 012	+/-	Hombikat UV 100
NE 013	+/-	Hombikat UV 100

# Abrasionstest II

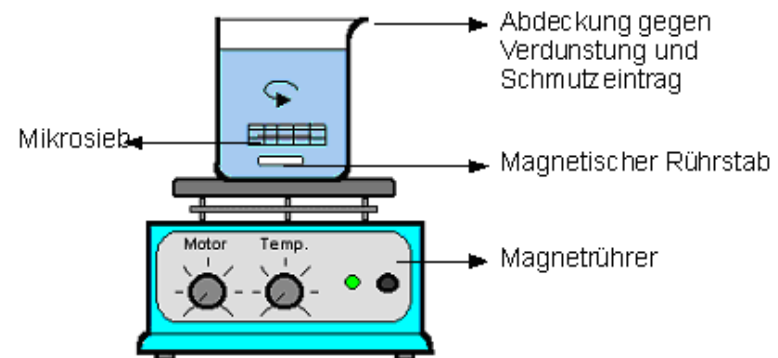
Abrasionsmedium	Konzentration	Beschichtet	Unbeschichtet
Quarzmehl <i>SF 800</i> (Mittelwert: $d(\text{Korn}) = 2 \mu\text{m}$ )	0,1 %	Keine Veränderung	Keine Veränderung
	1 %	Keine Veränderung	Keine Veränderung
Quarzmehl <i>W10</i> (Mittelwert: $d(\text{Korn}) = 20 \mu\text{m}$ )	0,1 %	Keine Veränderung	Keine Veränderung
	1 %	Minimale Ablösungen	Keine Veränderung

Nur positiv getestete bis leicht abrasionsanfällige Mikrosiebe im Tesa- und Radiergummi-Test

# Chemische Beständigkeit

Medium	Korrosionsdauer	Proben-Spezifikation
Meerwasser (DIN 50905-4)	615 h	Nr. 38, Dip Coating, 15 min/ 150 °C, 30/min 300 °C, VP PK1523
Eisen-III-Chlorid	346 h	Nr. 323, Dip Coating, 15 min/150 °C, 30 min/300 °C, x-clean PK1245

- Masseverlust
- Mikroskopische Untersuchung
- Temperatur



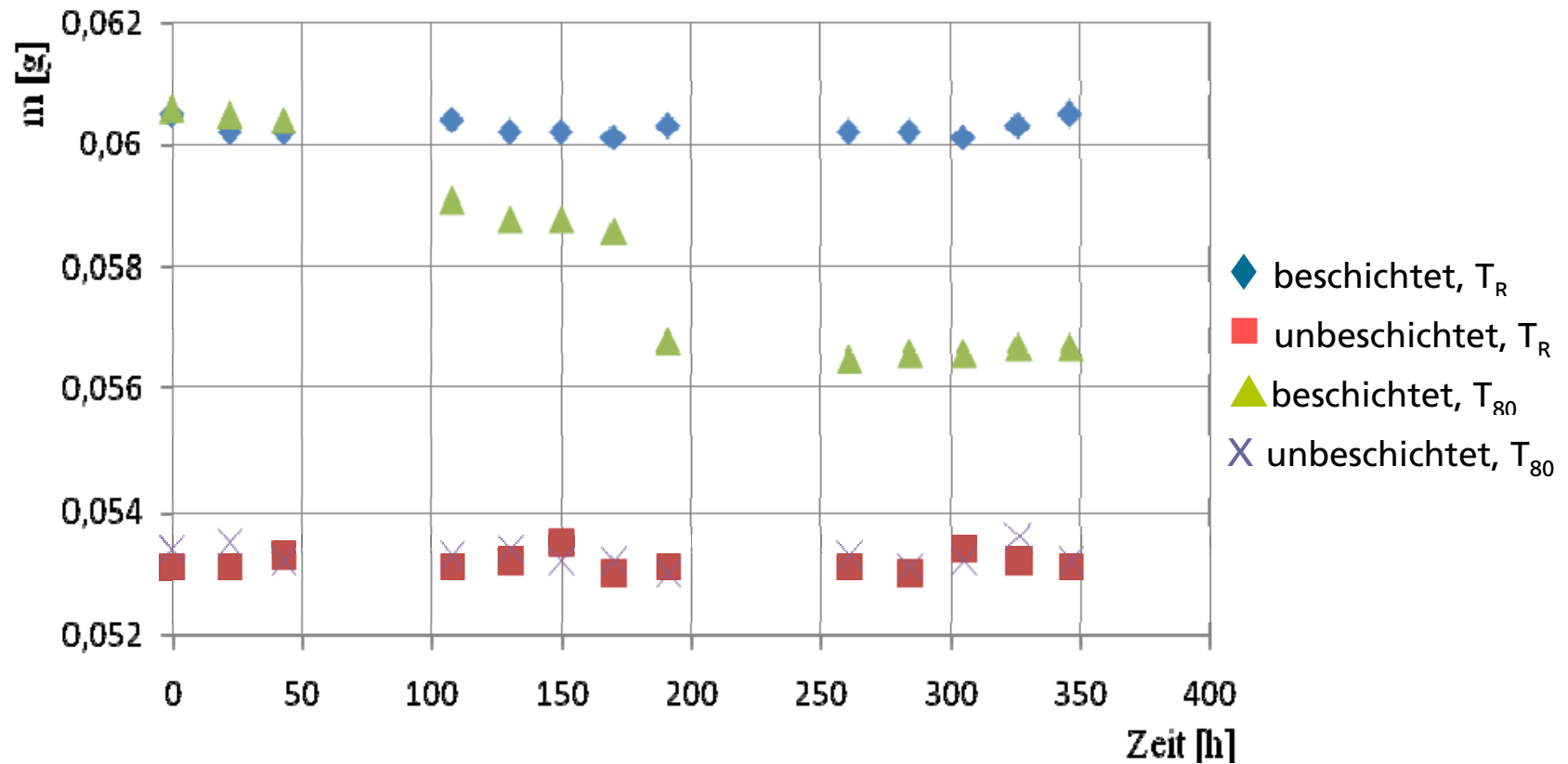
# Chemische Beständigkeit

## ■ Meerwasser

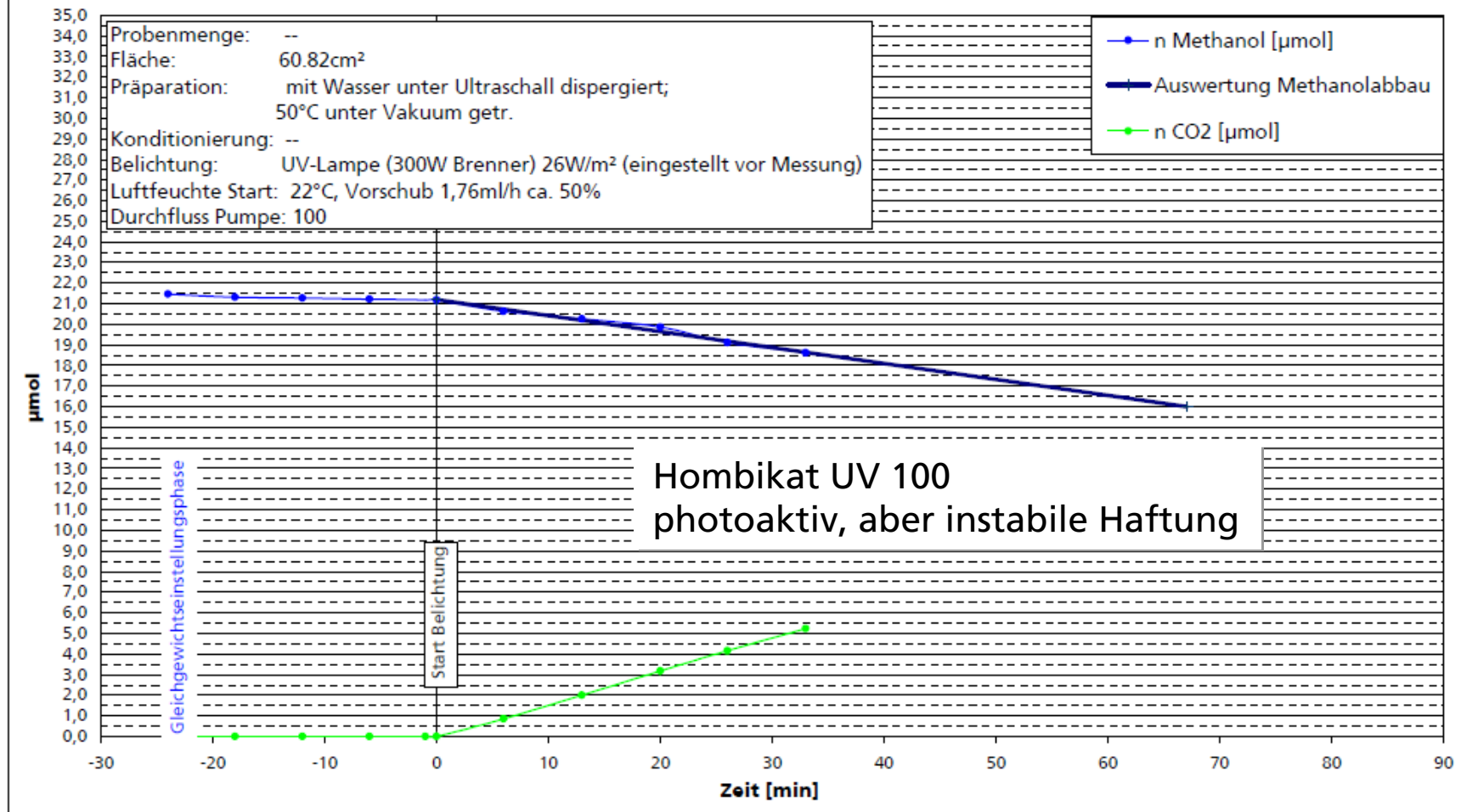
Zeit [h]	B1 [g]	T [°C]	UB1 [g]	T [°C]	B2 [g]	T [°C]	UB2 [g]	T [°C]
0	0,0413		0,0392		0,0420		0,0386	
24	0,0412	23	0,0384	23	0,0430	70	0,0417	70
48	0,0410	25	0,0385	25	0,0434	60	0,0417	60
68	0,0411	28	0,0382	28	0,0430	54	0,0418	57
140	0,0410	25	0,0384	25	0,0433	53	0,0676	58
186	0,0411	28	0,0382	28	0,0450	50	0,0433	60
226	0,0412	23	0,0388	23	0,0462	52	0,0437	46
300	0,0412	23	0,0386	24	0,0431	62	0,0408	57
345	0,0411	26	0,0383	28	0,0439	68	0,0416	62
390	0,0416	24	0,0393	25	0,0454	60	0,0422	54
456	0,0409	20	0,0388	21	0,0450	57	0,0430	51
502	0,0411	21	0,0385	21	0,0467	54	0,0440	52
547	0,0410	20	0,0384	21	0,0463	57	0,0436	51
615	0,0410	20	0,0382	20	0,0460	52	0,0436	46
615	0,0408	20	0,0381	20	0,0437	52	0,0398	46
<b>Δ m</b>	<b>-0,0005</b>		<b>-0,0011</b>		<b>0,0015</b>		<b>0,0012</b>	

# Chemische Beständigkeit

## ■ Eisen-III-Chlorid



**2010010110/2 Belichtung von 1,0µl Methanol (=> 24.7µmol)  
bei Probe Nr. 317 Ni-Mikromembran, TiO<sub>2</sub> beschichtet**



Adsorptionsanteil Methanol bei 0 Min.: **14 %**

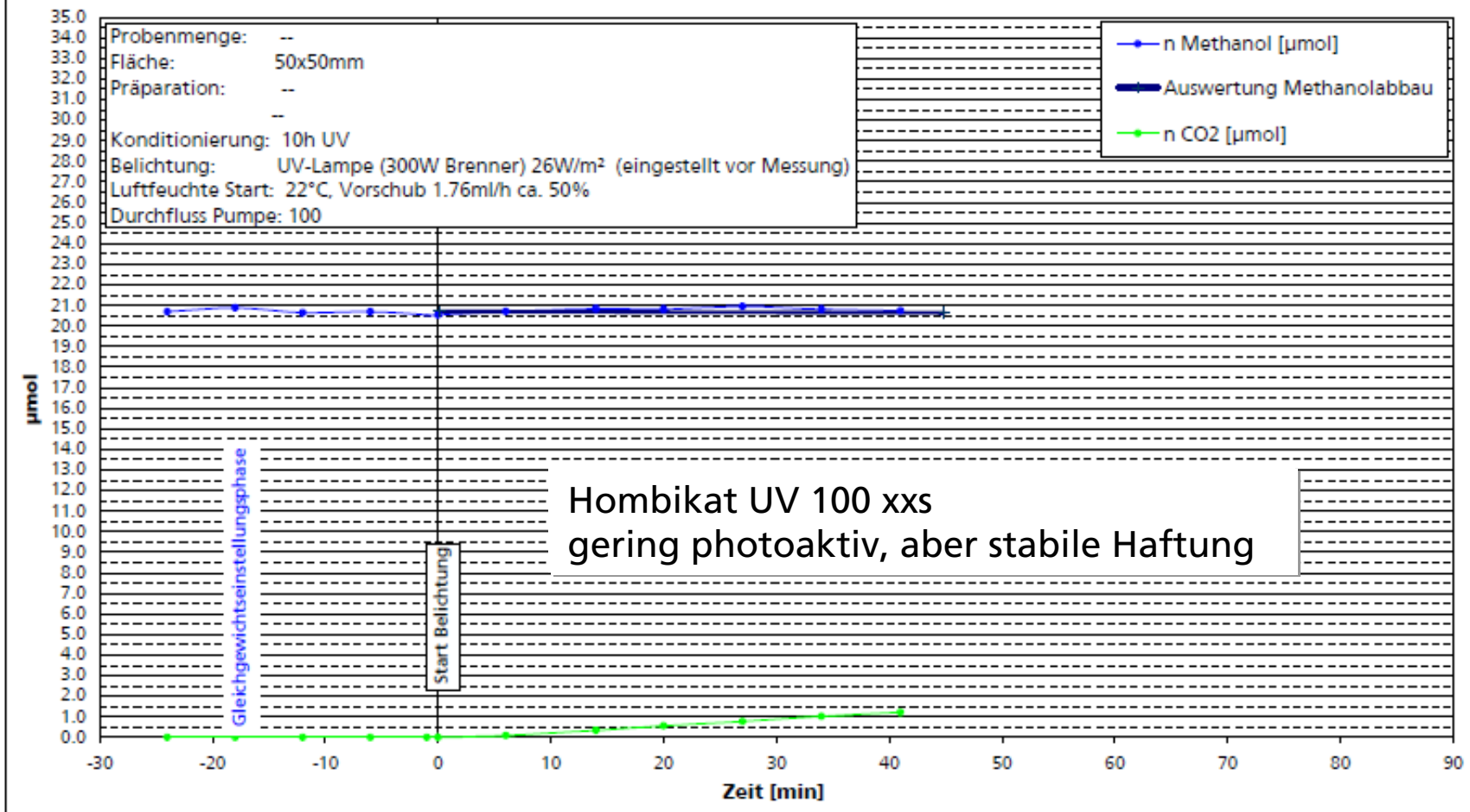
Spezifische Methanolabbaurate \*: **0,76 mmol/(h\*m<sup>2</sup>)**

Spezifische Methanolabbaurate \*\*: **0,75 mmol/(h\*m<sup>2</sup>)**

\* Tagentialverfahren

\*\* 5-Punkt-Regression

2010024278/2 Belichtung von 1,0µl Methanol (=> 24.7µmol)  
bei Glassubstrat mit VP PK NE 036



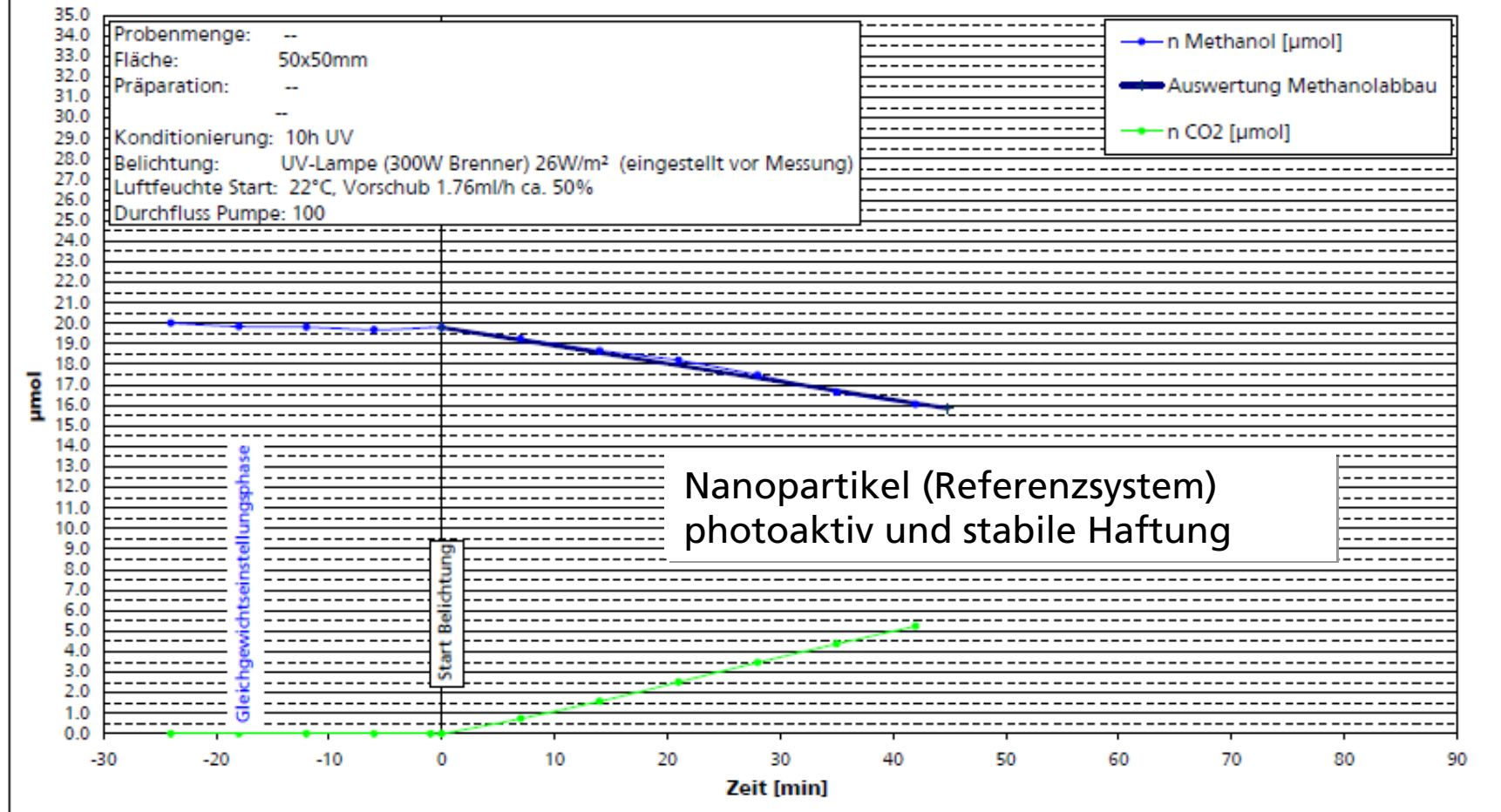
Adsorptionsanteil Methanol bei 0 Min.: **17 %**

Spezifische Methanolabbaurate: **<0.1 mmol/(h\*m<sup>2</sup>)\***  
Spezifische Methanolabbaurate: **<0.1 mmol/(h\*m<sup>2</sup>)\***

(Tagentialverfahren)  
(5-Punkt-Regression)

\* Die Messunsicherheit beträgt ±10% des Messwertes.

2010024278/1 Belichtung von 1,0µl Methanol (=> 24.7µmol)  
bei Glassubstrat mit VP PK 1442



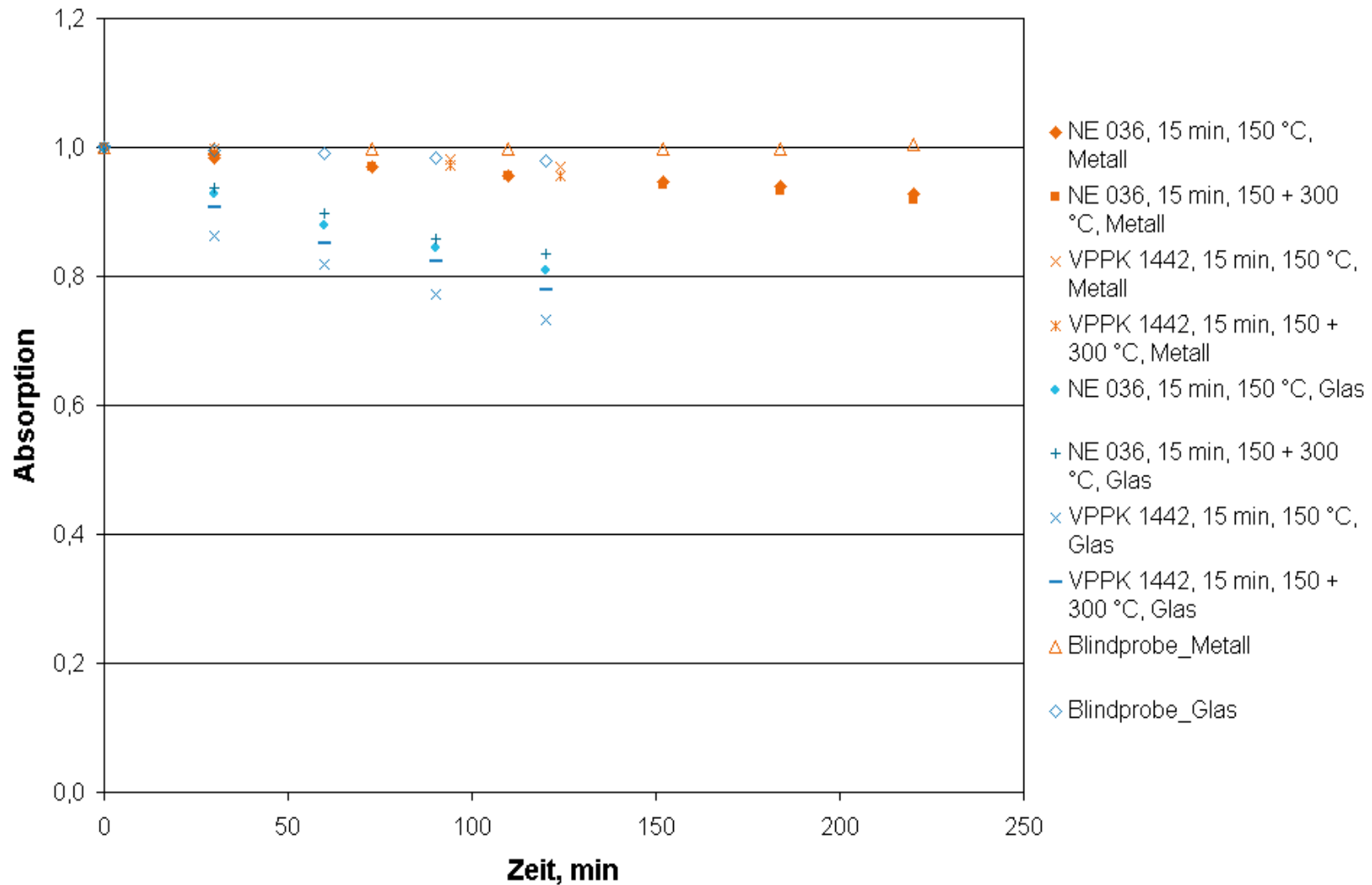
Adsorptionsanteil Methanol bei 0 Min.: 20 %

Spezifische Methanolabbaurate: 2.1 mmol/(h\*m<sup>2</sup>)\*  
Spezifische Methanolabbaurate: 2.1 mmol/(h\*m<sup>2</sup>)\*

(Tangentenverfahren)  
(5-Punkt-Regression)

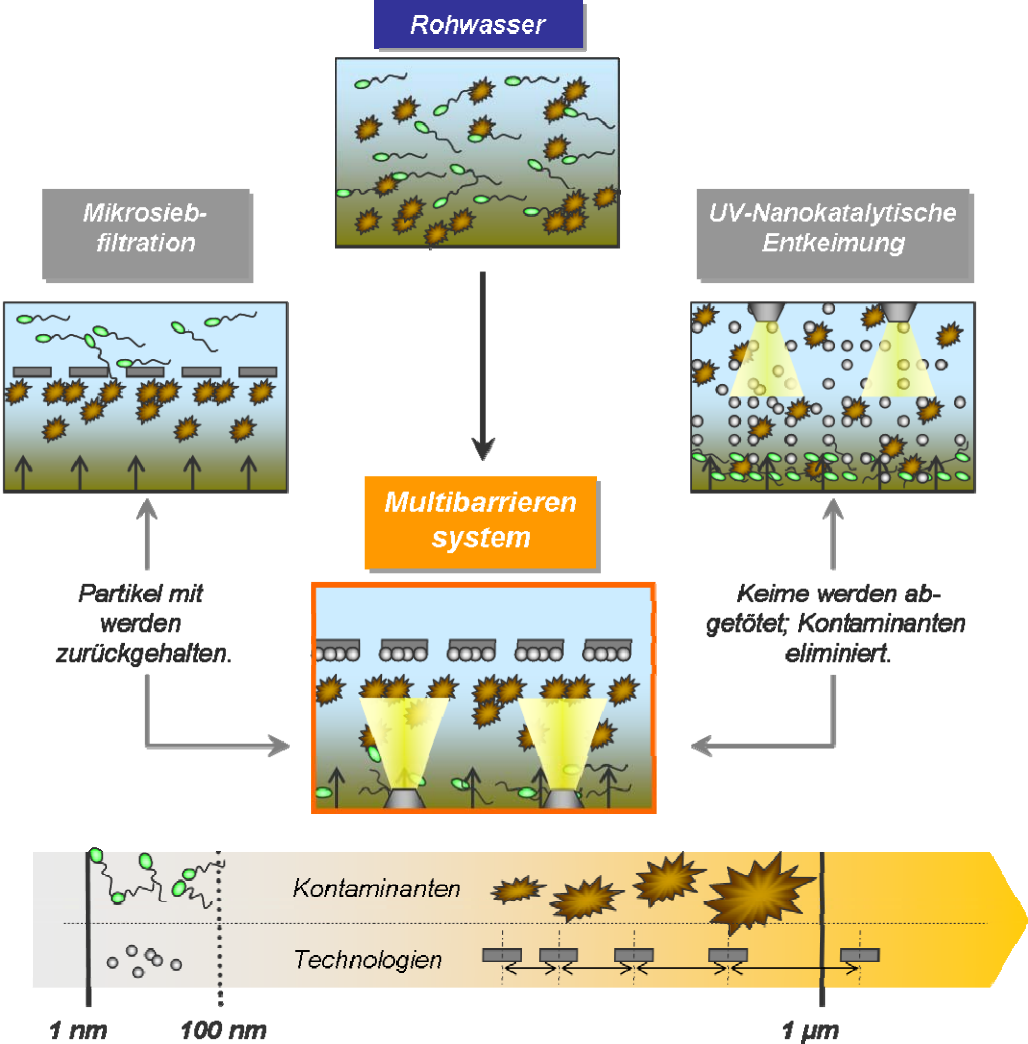
\* Die Messunsicherheit beträgt ±10% des Messwertes.

# Methylenblau-Test

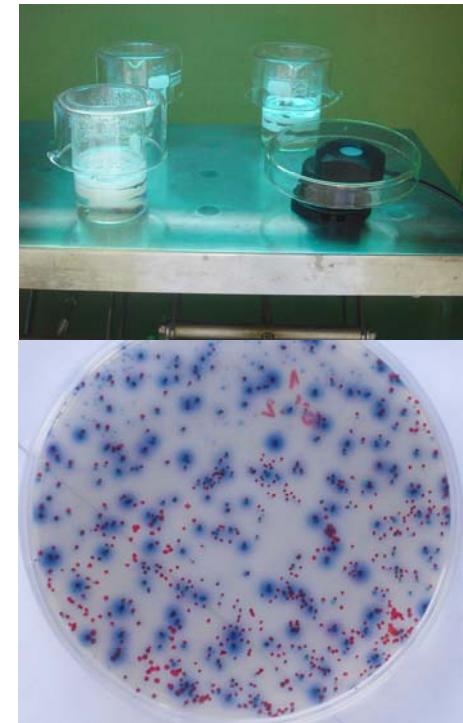
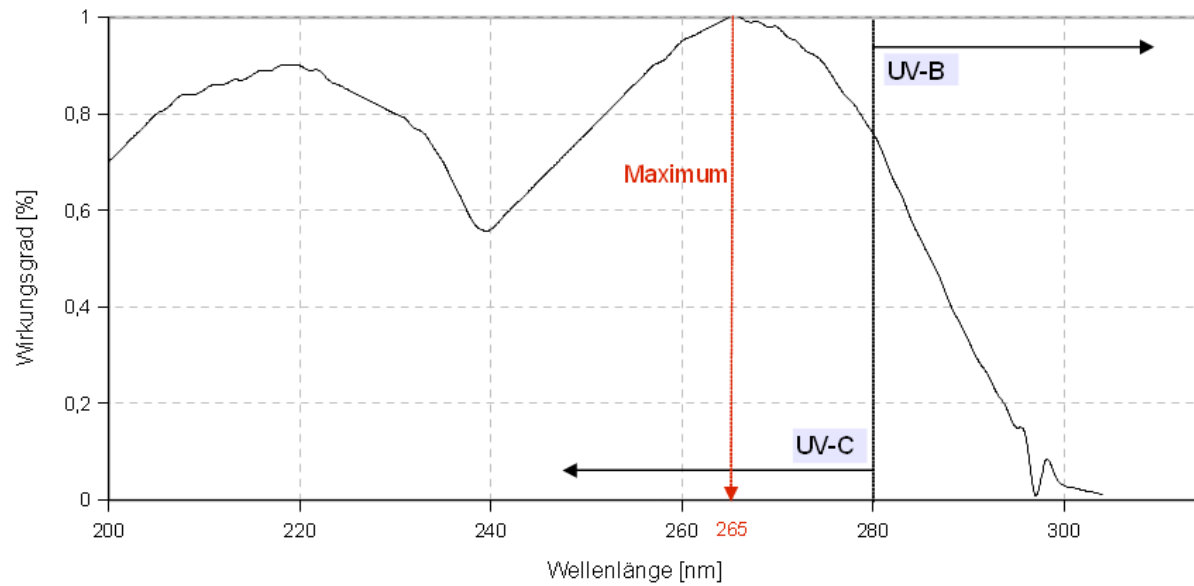


# Verwendung in Multibarrierensystem

Funktionalisiertes Mikrosieb + energiesparende UV-Lichtquelle



# Wellenlängenabhängigkeit des Wirkungsspektrums zur Inaktivierung von E. Coli



# Zusammenfassung und Ausblick

- Mikrosiebe bilden mit Titandioxid einen stabilen Verbund.
- Beschichtete Mikrosiebe sind in wassertechnisch relevanten Versuchsmedien chemisch beständig.
- Stabile, photoaktive Titandioxid-Beschichtungen konnten auf Glas hergestellt werden; die Beschichtungslösungen müssen für metallische Oberflächen angepasst werden.
- Die Effizienz der funktionalisierten Mikrosiebe wird in Laborversuchen mit praxisrelevanten Versuchsmedien getestet.
- Modelle zur photokatalytischen Desinfektion werden entwickelt.
- Die funktionalisierten Mikrosiebe werden in ein Hybridsystem in Kombination mit einer energiesparenden UV-Entkeimung umgesetzt.

# FRAUNHOFER UMSICHT

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kooperationspartner:



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**Ansprechpartner:**

**Fraunhofer UMSICHT**  
Osterfelder Straße 3  
46047 Oberhausen

**Dr.-Ing. Ilka Gehrke | Dipl.-Ing. Volkmar Keuter**  
Telefon: 0208-8598-1260 | -1113  
E-Mail: [ilka.gehrke@umsicht.fraunhofer.de](mailto:ilka.gehrke@umsicht.fraunhofer.de)  
[volkmar.keuter@umsicht.fraunhofer.de](mailto:volkmar.keuter@umsicht.fraunhofer.de)