

STANDARDISIERUNG EINES NACHWEISVERFAHRENS FÜR DEN VIRENRÜCKHALT VON UF-MEMBRANEN

Forum Wasseraufbereitung, 12.11.2015, Mülheim/Ruhr

Dr.-Ing. Pia Lipp / Dr.-Ing. Andreas Nahrstedt  **IWW**



ÜBERSICHT

- Einführung
- Membranfiltration
 - Definition der Verfahren – Abgrenzung der UF
 - Membranen / Module der UF
- Rückhalt von Viren durch Membranen
 - Größenvergleich zu Membranporen
 - Einflussgrößen
- Versuchsdurchführung
 - Festlegung Testbedingungen
 - Versuchsplan
- Ergebnisse und Diskussion
- Prüfgrundlage

W 4/01/12-A - PROJEKTBEARBEITUNG

Erarbeitung eines standardisierten Phagen-Rückhaltetests
zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Ultrafiltrationsmembranen

Projektlaufzeit: 01.05.2013 – 30.04.2015
verlängert bis 31.12.2015

als Prüfgrundlage im Sinne
des DVGW-Regelwerks

Projektleiter

Dr.-Ing. P. Lipp (TZW) **Koord.**

Dr.-Ing. B. Hambsch (TZW)

Projektbegleitung

P. Rentzsch (DVGW)

Dr. S. Herb (LFU Bayern)

Dr.-Ing. S. Krause (BW Universität München)

Dr. I. Hübner (Rheinenergie Köln)

Dr. J. Meyer (ZV BWV)

V. Schumacher (SW Düsseldorf)

W 4/01/12-B

Projektleiter

Dr.-Ing. A. Nahrstedt (IWW)

Dipl.-Bio. B. Lange (IWW)

Treffen am
08.10.2013
23.10.2014
19.05.2015

ARBEITSPAKETE 1 - 5

AP1 Bestandsaufnahme

- Literatur / Ergebnisse Forschungsvorhaben / Daten der Membranhersteller

AP2 Festlegung der Prüfbedingungen

- praxisrelevant / halbtechnisch / zum Testbetrieb realisierbar

AP3 Auswahl Phagen

- Eignung / Einflussfaktoren / Aussagekraft

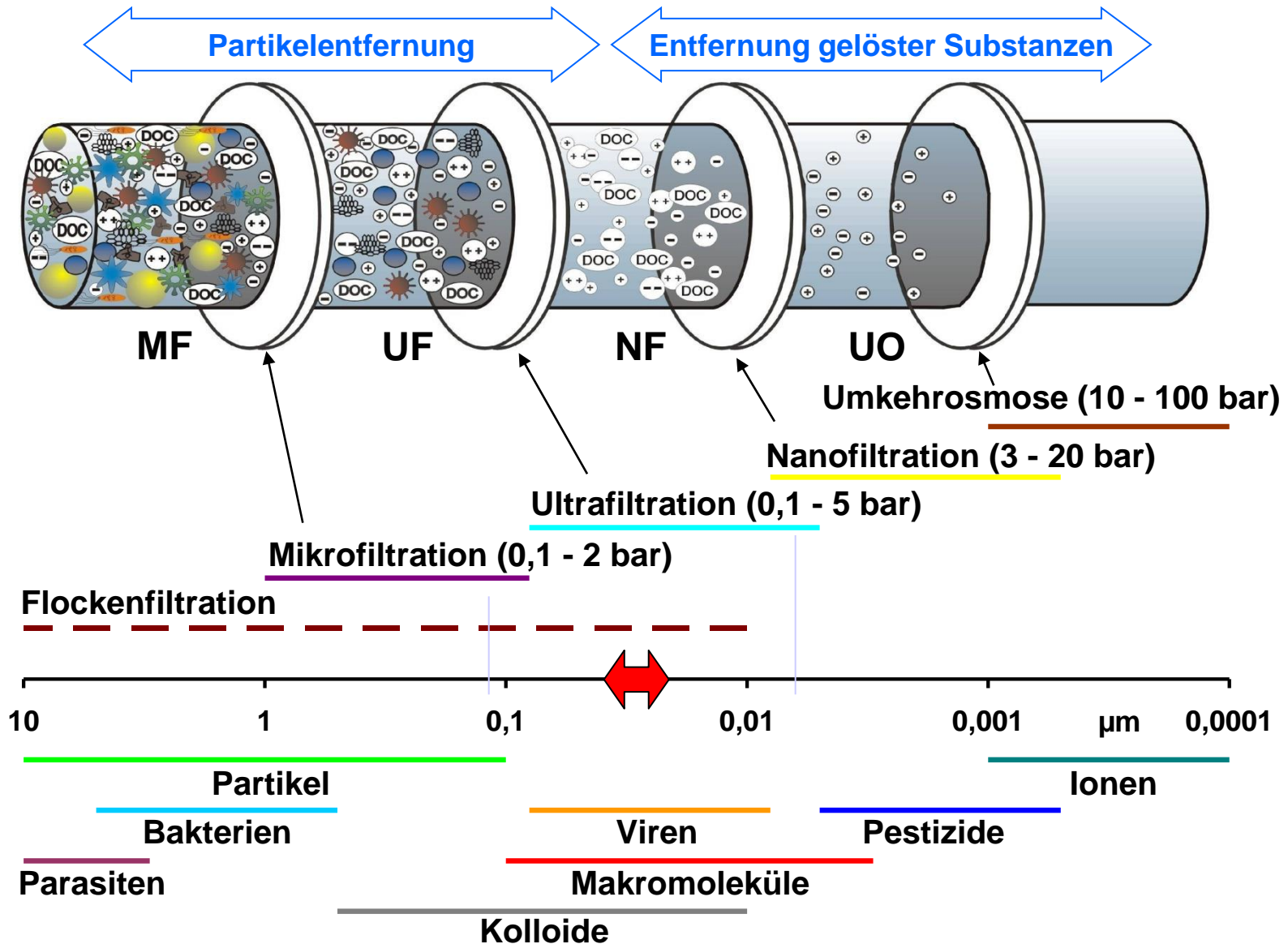
AP4 Membranversuche

- Vergleich IWW / TZW anhand der Bedingungen aus AP1 - AP3

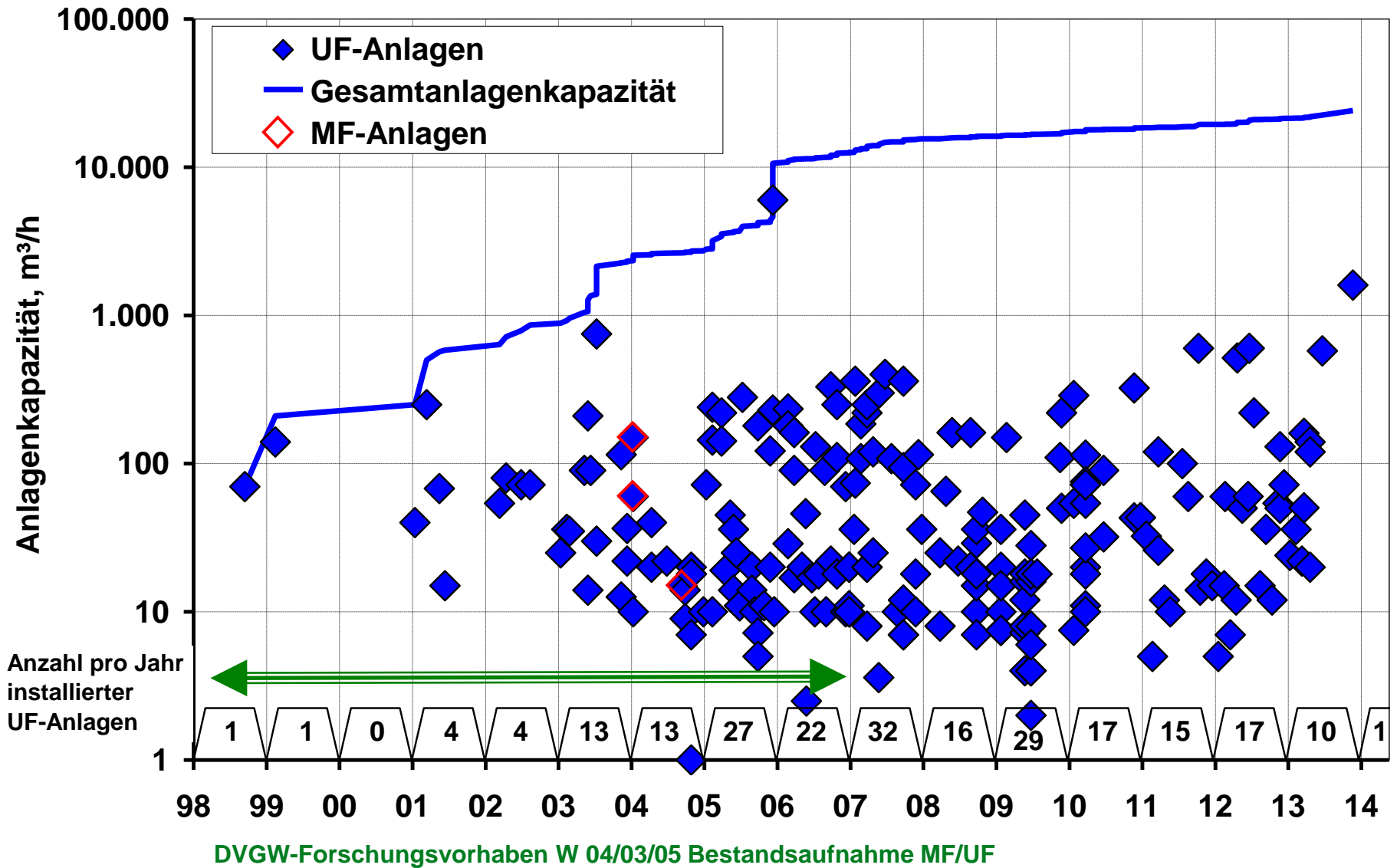
AP5 Festlegung des Prüfverfahrens mit Anforderungen

- Ziel: Erarbeitung einer Prüfgrundlage

MEMBRANFILTRATION

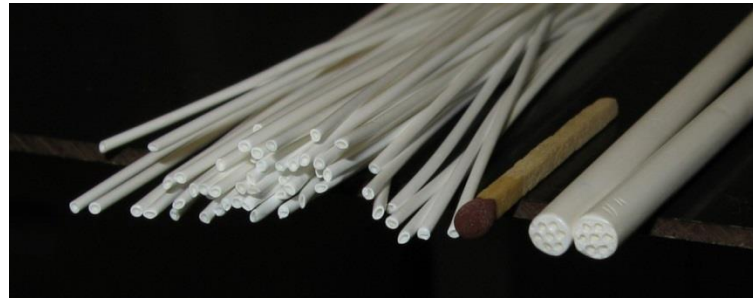
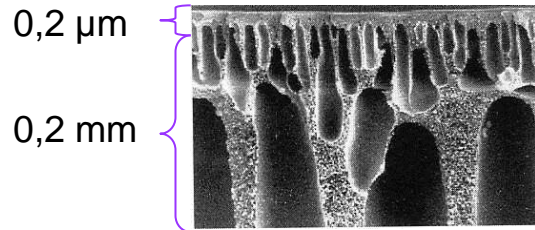


UF IN DER TRINKWASSERVERSORGUNG



MEMBRANEN UND MODULE

- Kapillarrohrmembranen (MF/UF) aus PES, PVDF



Fotos: Lipp, TZW

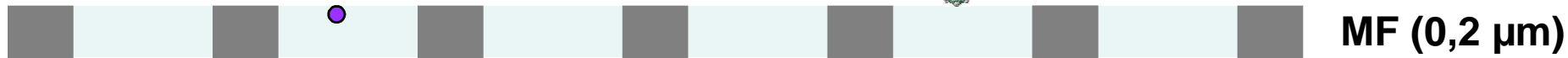
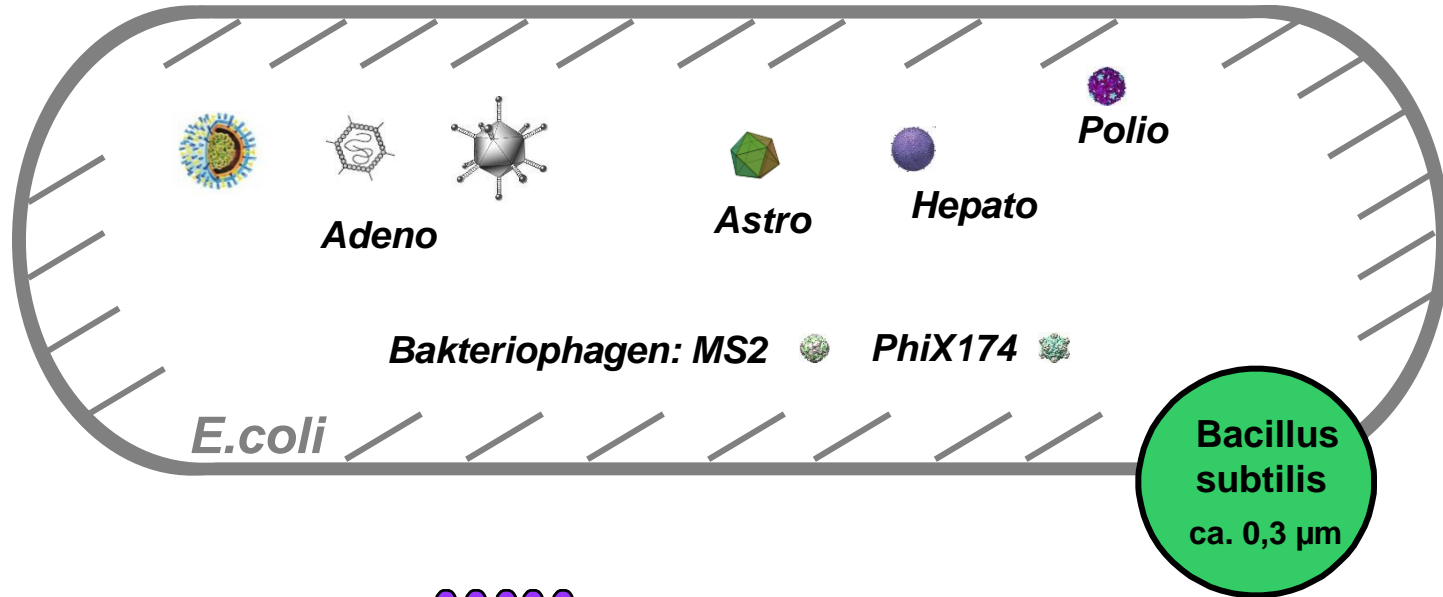
- Membranmodule – technische Einheiten



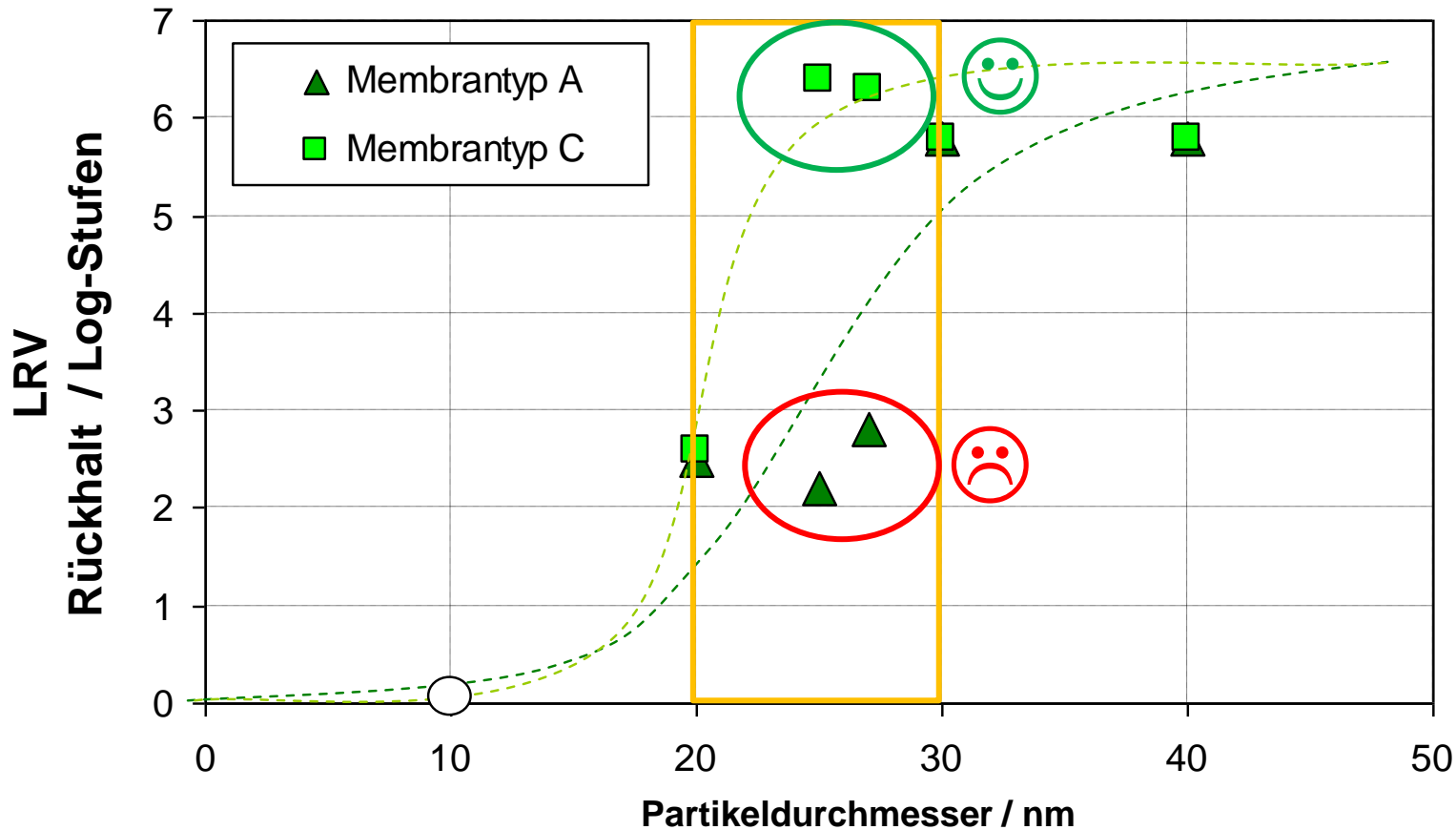
PROJEKTZIEL

- Nachweis von 4 Log-Stufen Rückhalt für kleinste Viren als Kriterium für „echte“ Ultrafiltrationsmembranen (DVGW-Arbeitsblatt W213-5)
- Entwicklung einer Prüfgrundlage zum Nachweis des Virenrückhalts von UF-Membranen
- nicht Gegenstand des Projektes:
Überwachung des Rückhalts während des laufenden Betriebs der UF-Anlage

GRÖßENVERGLEICH



TRENNGRENZE VON UF-MEMBRANEN

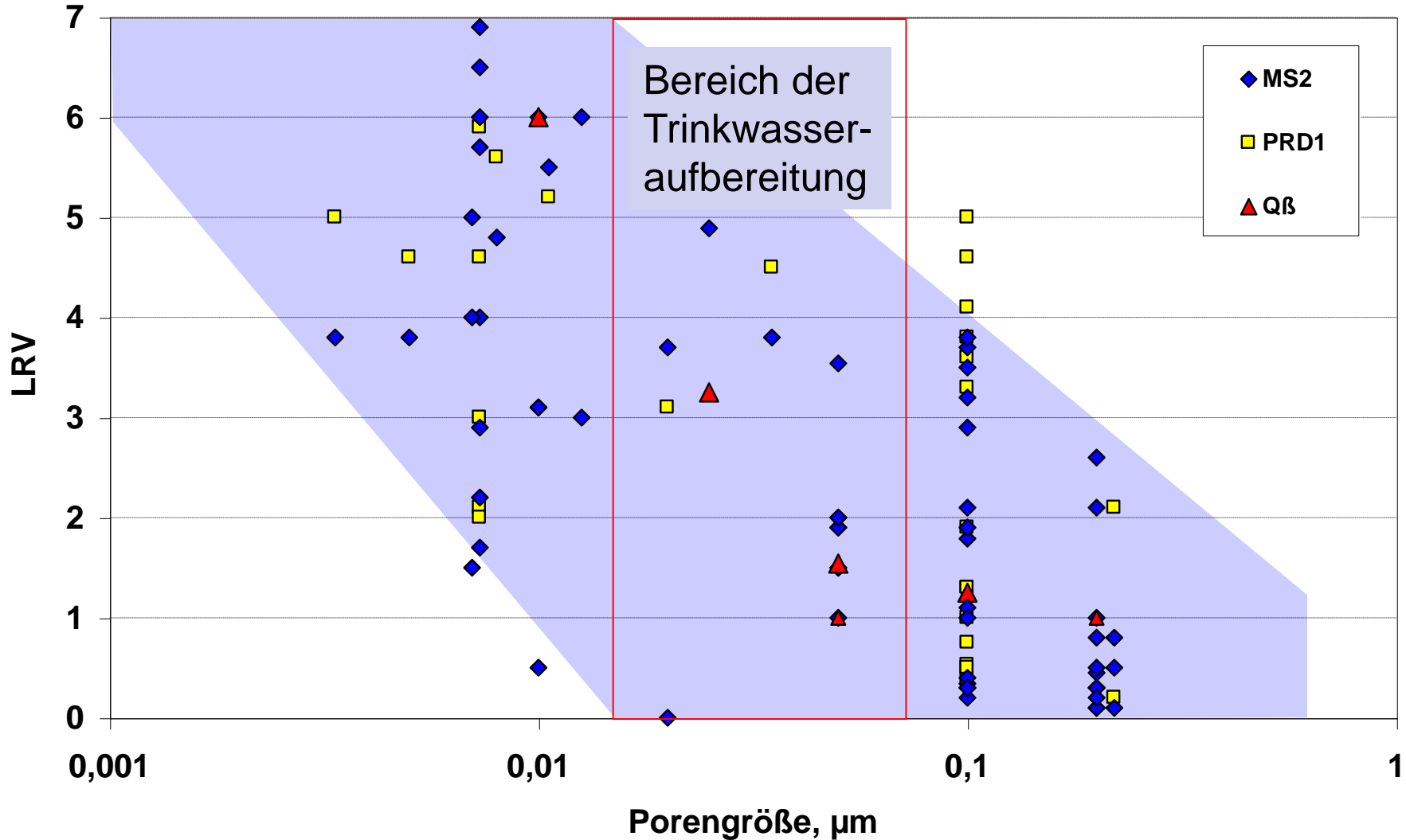


Polystyrolpartikel (20 nm, 30 nm, 40 nm)

Bakteriophagen MS2 (25 nm), phiX174 (27 nm)

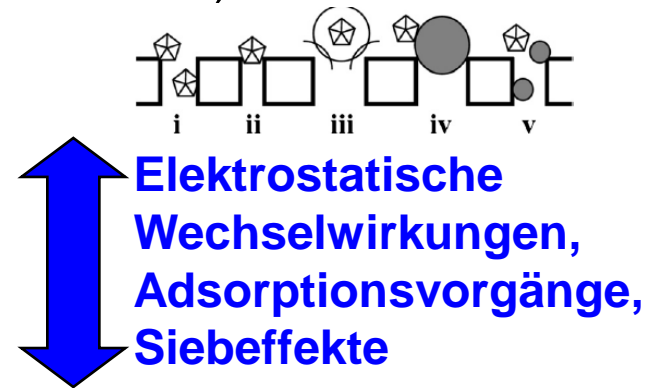
VIRENRÜCKHALTUNG MIT MEMBRANEN

Literaturlauswertung



EINFLUSSGRÖßEN AUF DEN RÜCKHALT

- Membranmaterial
 - Trenngrenze der Membran (Porengröße, MWCO)
 - Oberflächenladung (Zetapotential, Kontaktwinkel)
 - Oberflächenstruktur (Rauigkeit, Dicke)
- Eigenschaften der Organismen
 - Größe / Struktur
 - Ladung (isoelektrischer Punkt)
- Wassermatrix
 - Ionenstärke (z. B. Ca^{2+}), pH-Wert, Temperatur
 - Gehalt gelöster organischer Wasserinhaltsstoffe (NOM)
- Betriebsbedingungen
 - Flächenbelastung, Druckverhältnisse, Scherkräfte
- Modulverarbeitung
 - Herstellung, Potting, Abdichtung



LITERATURAUSWERTUNG – UF

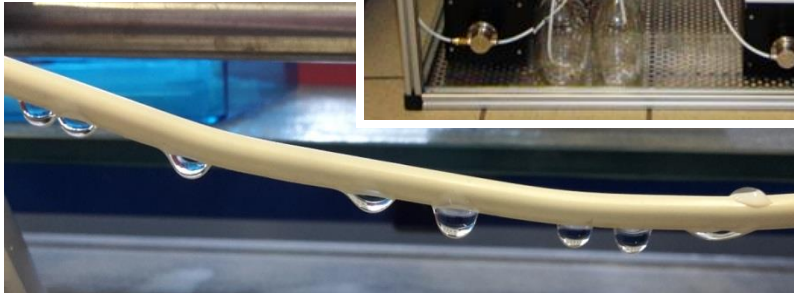
- Bakteriophagen
 - geeignete Ersatzparameter zum Nachweis des Virenrückhalts
 - vorwiegender Einsatz von MS2, seltener phiX174
 - Vergleichsmessungen mit anderen Phagen (Q β , GA, T4, etc.)
- Wasserbeschaffenheit
 - sehr oft Einsatz von Leitungswasser
 - häufig auch Modellwasser (demin. + Salze / Puffer)
 - seltener Oberflächenwasser oder Kläranlagenablauf
 - manchmal mit Einsatz von Flockungsmittel
- UF-Teststand
 - kleine Membranflächen (5 – 360 cm², 0,1-0,2 m², 1-10 m²)
 - Transmembrandruck (kleiner TMP => höherer LRV)

FESTLEGUNG DER TESTBEDINGUNGEN

Ergebnisse der Abstimmungen mit der Projektbegleitgruppe:

- Teststände wie verfügbar
- Testwasser mit geringem Foulingpotential (worst case)
- Membranmodule ca. 0,2 m² (Einzelfasern, großtechnische Module)
- Flächenbelastung 80 L/m²/h (< 20 L/m²/h; > 100 L/m²/h)
- Filtrationsbetrieb praxisnah
- MS2-Phagen (10⁵ – 10⁶ Phagen pro mL im Zulauf zur UF)
- Nachweis gemäß DIN EN ISO 10705-1 (2002-01)
- Membranhersteller liefern Membranmodule für Vergleichsmessungen

TESTSTÄNDE (TZW)

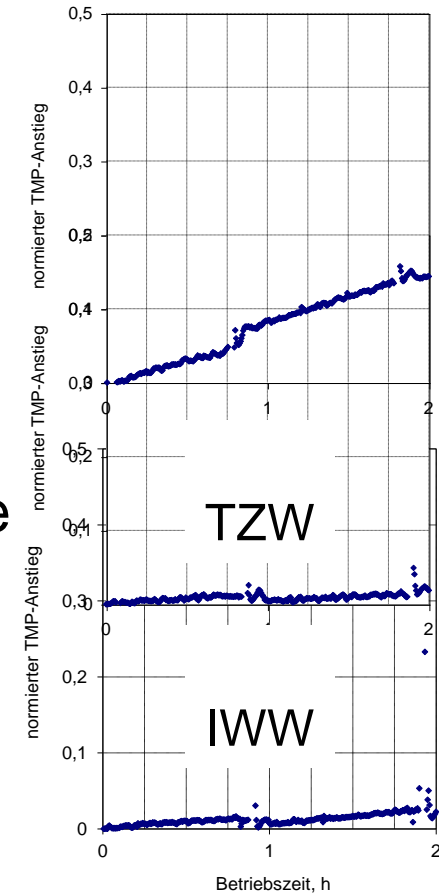


TESTSTAND (IWW)



VORGEHENSWEISE

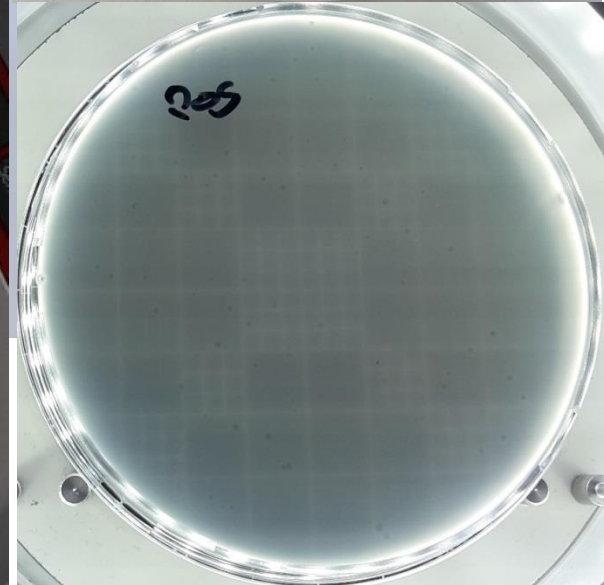
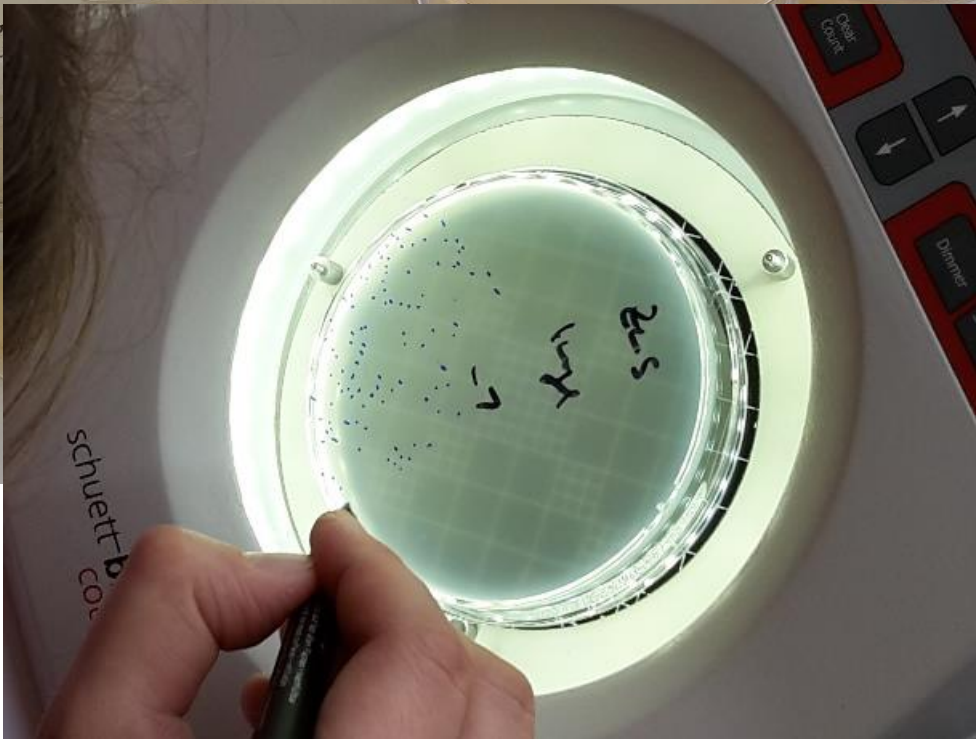
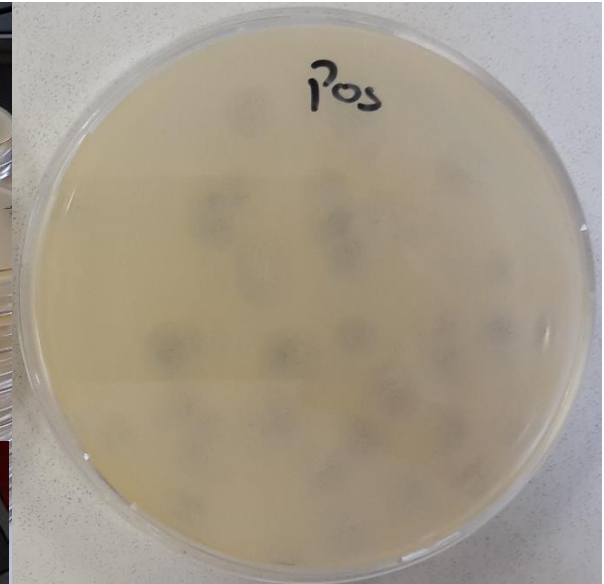
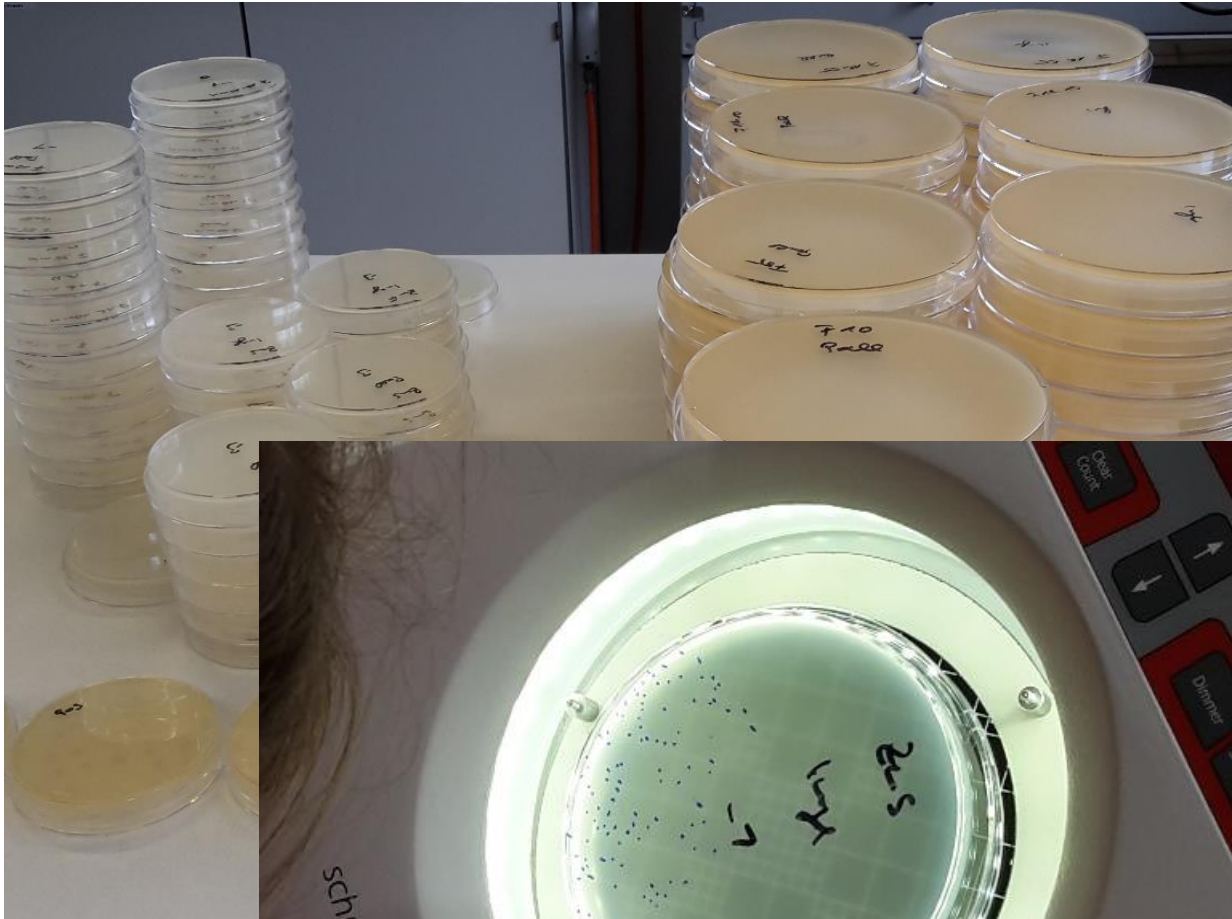
- Charakterisierung der Testwässer
 - phys.-chem. Wasserinhaltsstoffe
 - Foulingpotential
- Charakterisierung der Membranmodule
 - Reinwasserpermeabilität
- Ermittlung der Bedingungen für die Probenahme
 - Festlegung Probevolumen
 - Festlegung optimaler Zeitpunkt
- Überprüfung der Reproduzierbarkeit
 - konstante Bedingungen, verschiedene Module
- Ermittlung des Einflusses der Filtratspülung der Membran
 - Betrieb mit / ohne Spülung



VERSUCHE ZUR REPRODUZIERBARKEIT

- 63 Versuche (TZW) / 57 Versuche (IWW)
- Membranen von 6 Membranherstellern
- Einzelfasern / Labor- / halb- und großtechnische Module
- Membranflächen (0,0025 / 0,01 / 0,02 / 0,07 / 0,1 / 0,2 / 0,5 m²)
(großtechnisch: 25 / 36 / 46 / 50 / 60 / 70 m²)
- Je Modul zwei Versuchsreihen
- Je Versuchsreihe mindestens 2 Zulauf- und 2 Filtratproben
- Testwasser: Karlsruher Leitungswasser / IWW-Testwasser
- MS2-Phagen-Konzentration im Zulauf ca. 10⁶ pro mL
- Überprüfung der Permeabilität ohne und mit Phagen

NACHWEIS MS2-PHAGEN



VERDÜNNUNGSREIHEN – BEISPIEL

Verdünnung	1,00E+02										1,00E+00		1,00E-01		1,00E-02		1,00E-03	
Zulauf Start	Beispiel A										-	-	64	75	11	11	2	0
Zulauf Ende	Beispiel A										-	-	97	77	8	16	2	0
Filtrat 10 min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Filtrat 55 min	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-	-	-	-
Filtrat 1h 10 min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Filtrat 1h 55 min	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Zulauf Start	Beispiel B										-	-	wa	wa	49	60	6	5
Zulauf Ende	Beispiel B										-	-	wa	wa	53	48	7	2
Filtrat 10 min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Filtrat 55 min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Filtrat 1h 10 min	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	6	0	0	0	-	-	-	-
Filtrat 1h 55 min	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	-	-	-	-

$$\text{LRV} = \text{Log}_{10}(\text{Zulaufkonzentration}/\text{Filtratkonzentration})$$

Beispiel A:

$$\Rightarrow \text{LRV} = \text{Log}_{10}((750+873)/2 / 0,01) = 4,9 \quad \text{bzw.} >4,9$$

Beispiel B:

$$\Rightarrow \text{LRV} = \text{Log}_{10}((5450+5050)/2 / <0,01) = >5,7$$

$$\Rightarrow \text{LRV} = \text{Log}_{10}((5450+5050)/2 / 0,06) = 4,9$$

$$\Rightarrow \text{LRV} = \text{Log}_{10}((5450+5050)/2 / 0,03) = 5,2$$

ZUSAMMENFASSUNG

- Reproduzierbarkeit ist gegeben
- Übertragbarkeit von Einzelfaser auf Modul ist gegeben
- Flächenbelastung im gewählten Bereich ohne Einfluss
- Transmembrandruck im gewählten Bereich ohne Einfluss
- Spülung beeinflusst LRV nicht
- Bei den Versuchen wurden für unterschiedliche Membranen verschiedener Hersteller unterschiedliche Rückhalte erzielt
- Optimierung des Rückhalts durch den Membranhersteller möglich

FRAGEN?

Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruhe



Kontakt: pia.lipp@tzw.de

<http://www.tzw.de>