

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

 IWW

# AUSWIRKUNGEN DER ULTRAFILTRATION AUF DIE NÄHRSTOFFVERHÄLTNISSE IM TRINKWASSER

IWW-Kolloquium | 20.06.2024

Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz – ein Widerspruch?

Andreas Nocker, Bernd Bendinger,  
Benjamin Meyer, Mark Pannekens



An-Institut der

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

Offen im Denken



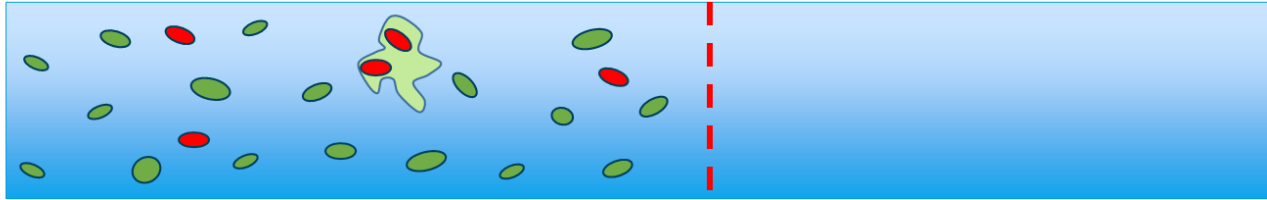
Mitglied im DVGW-  
Institutsverbund



MITGLIED Jährliche-Reis-  
DER Forschungsgemeinschaft

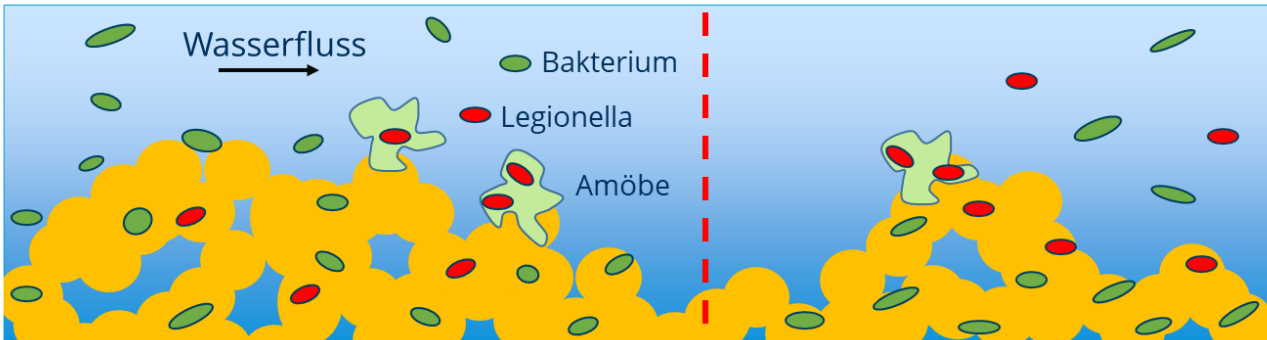
# Auswirkung der Ultrafiltration auf Bakterien und Amöben

TW-Installation (idealisiert)



Mikroorganismen werden „abfiltriert“.

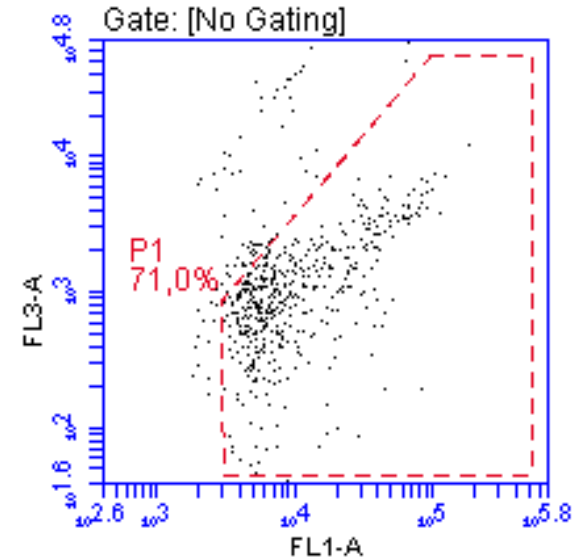
TW-Installation im Bestandsgebäude



Im Bestandsgebäude ist TWI mit **Biofilm** besiedelt. Keine Nachlieferung von Mikroorganismen aufgrund der Barriere.

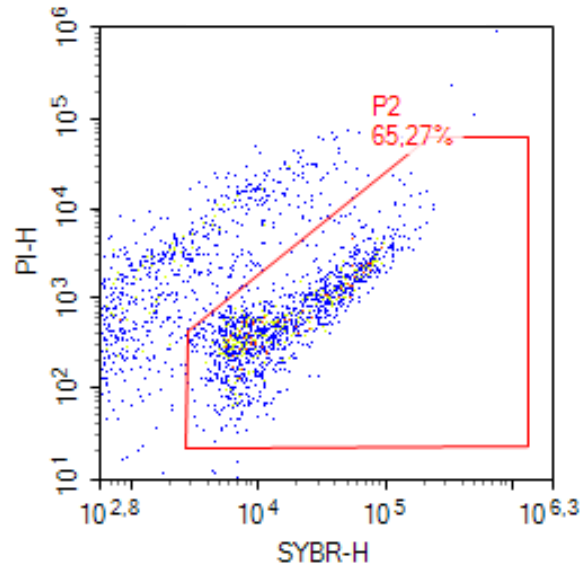
Die Anwesenheit von Legionellen und Amöben ist in Biofilmen der TWI von Bestandsgebäuden zu erwarten (selbst bei negativem kulturellem Nachweis)

# Durchflusszytometrie zur Bestimmung des mikrobiol. Ist-Zustandes

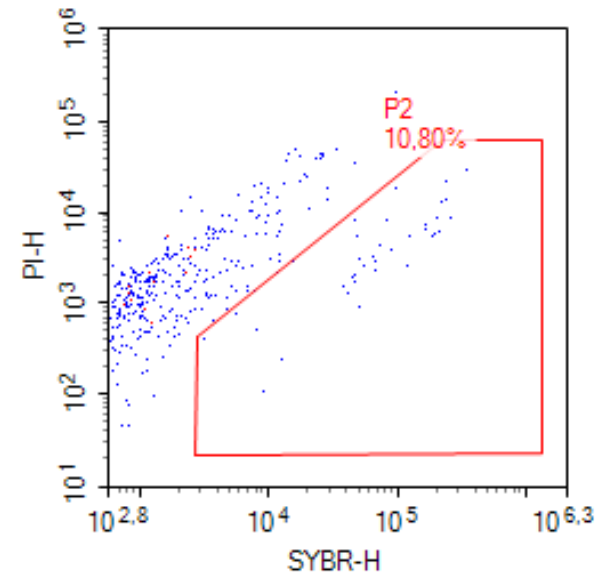


# Bakterien auf der Filtratseite direkt nach der UF sind nicht überraschend

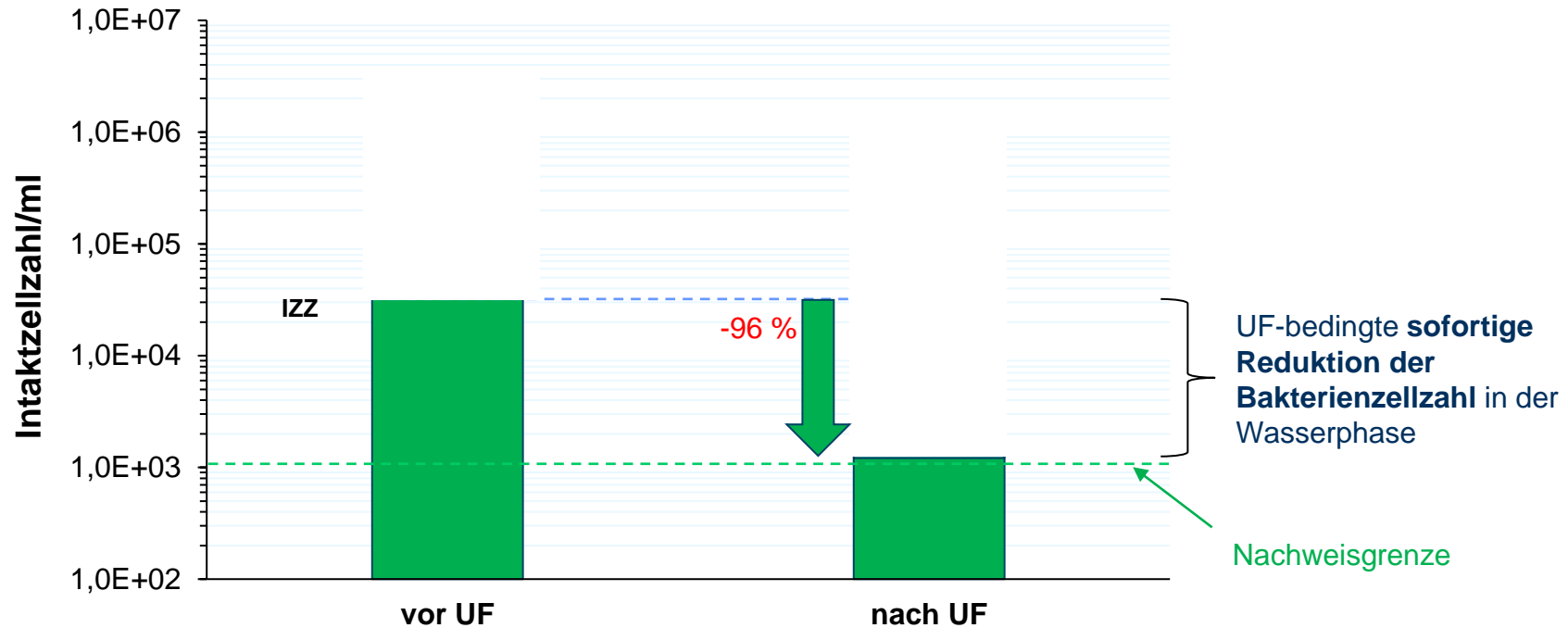
vor UF



nach UF

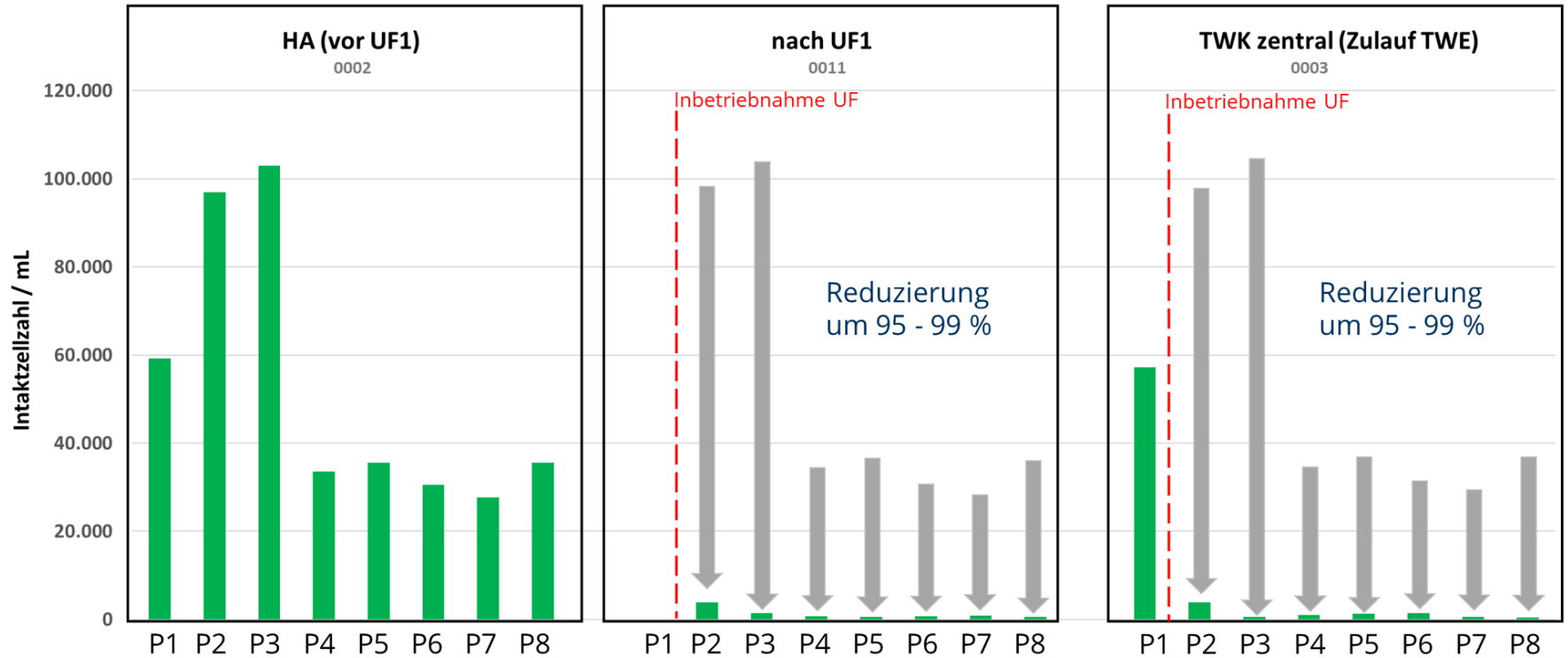


# UF 1 verringert die Zellzahl

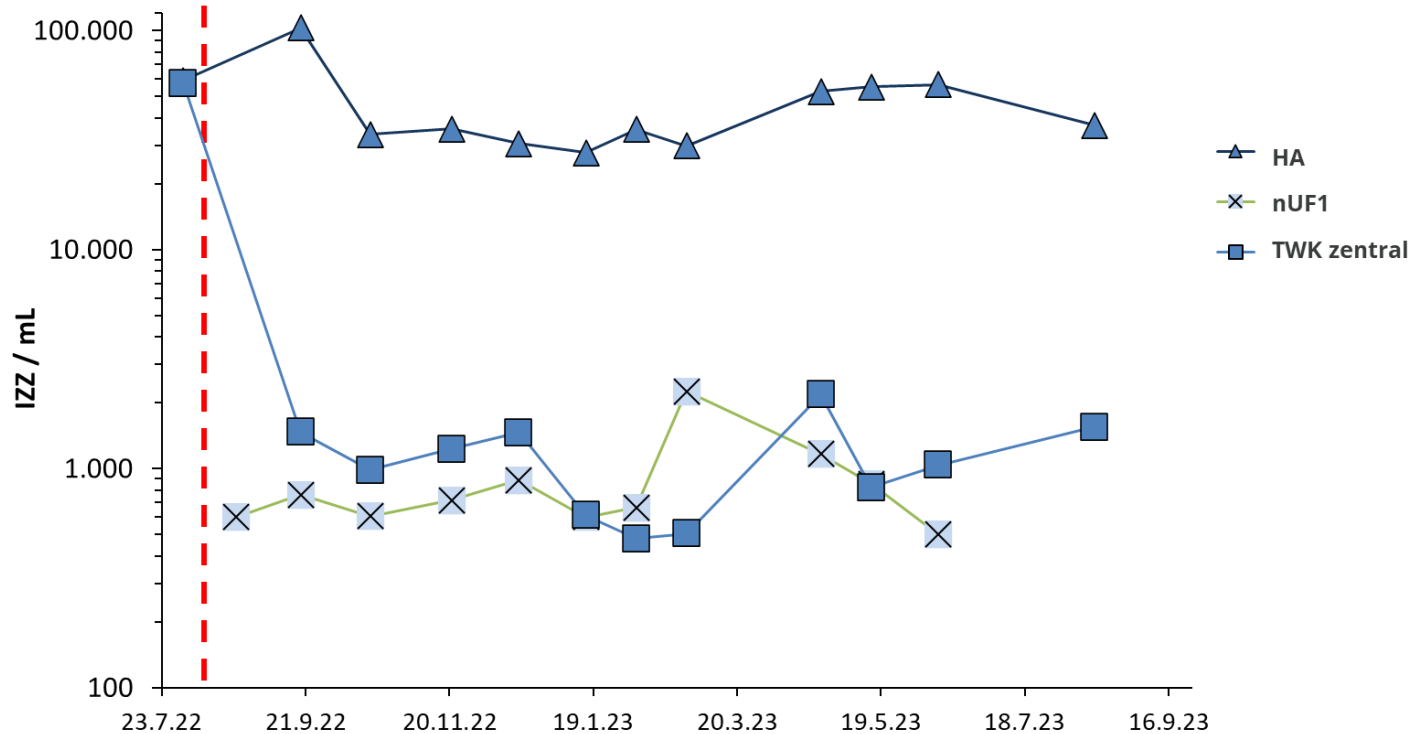


Die UF1 bewirkt in dem Bestandsgebäude eine sofortige Reduktion der Zellzahl um 96 % (Beispiel).

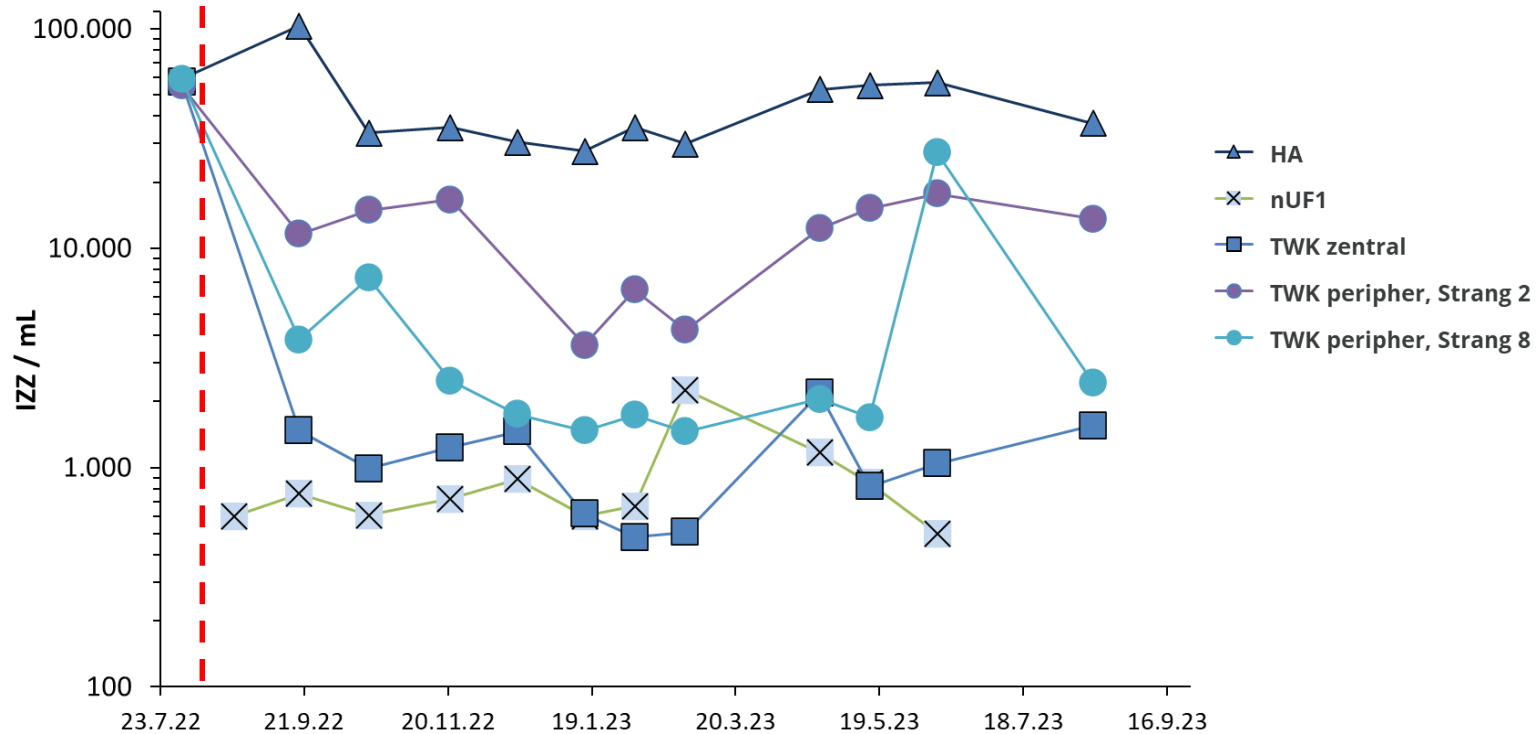
# UF 1 verringert die Anzahl der Bakterien im Kaltwasser (Objekt 028)



# UF 1 erniedrigt langfristig das Niveau der Zellzahlen in der TWI (Objekt 028)

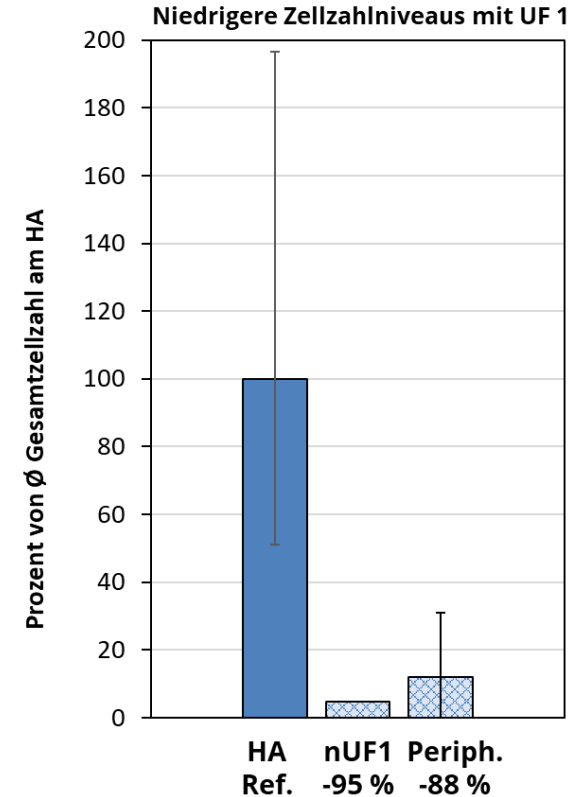
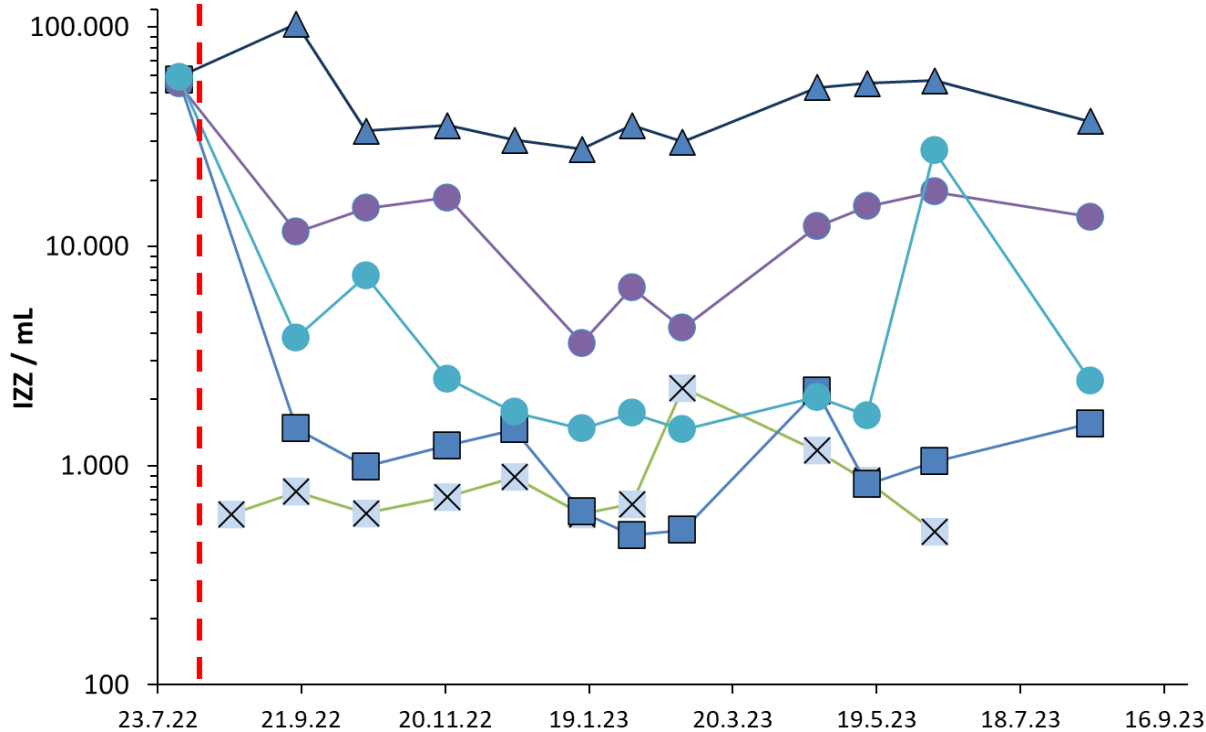


# UF 1 erniedrigt langfristig das Niveau der Zellzahlen in der TWI (Objekt 028)



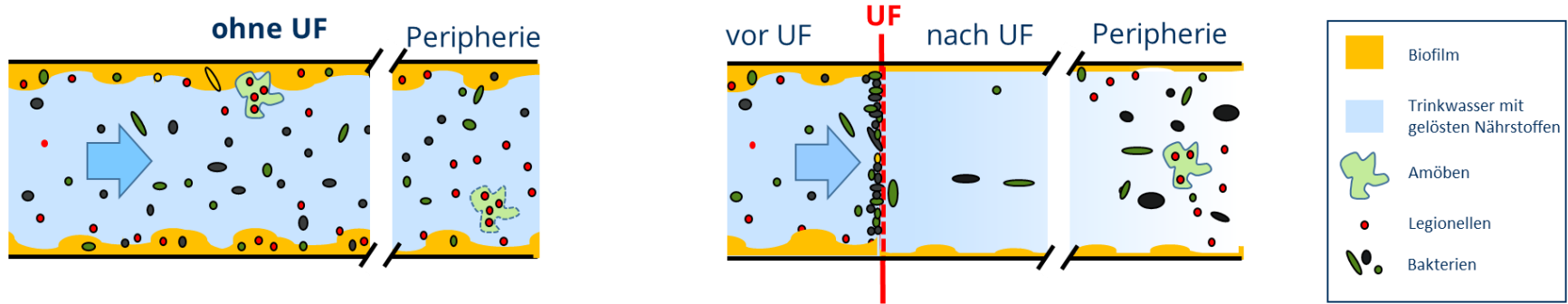


# UF 1 erniedrigt langfristig das Niveau der Zellzahlen in der TWI (Objekt 028)



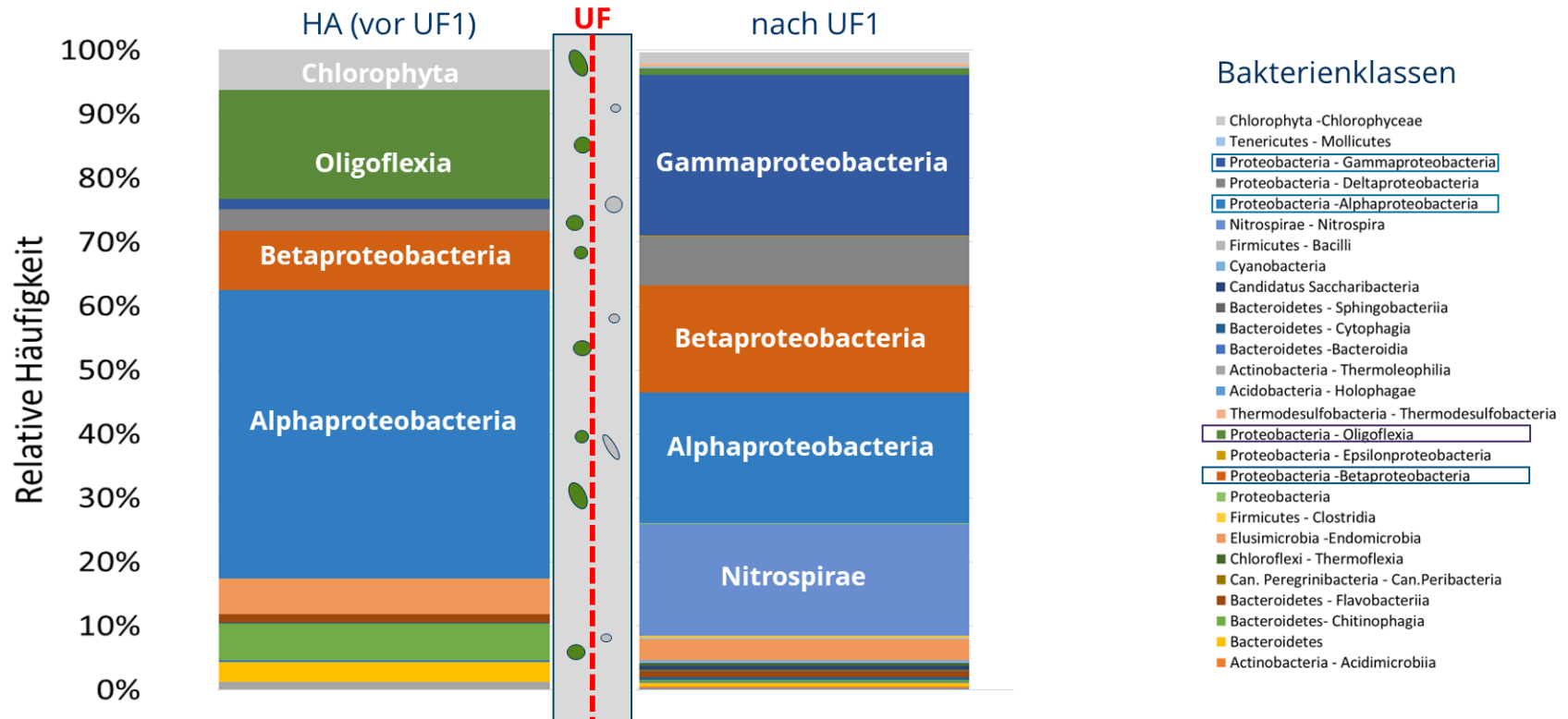
UF1 führte langfristig (12 Monate) zu einem um 88 % niedrigeren Niveau der Zellzahlen in der Peripherie (TWK)

# Ultrafiltration als Barriere für Bakterien



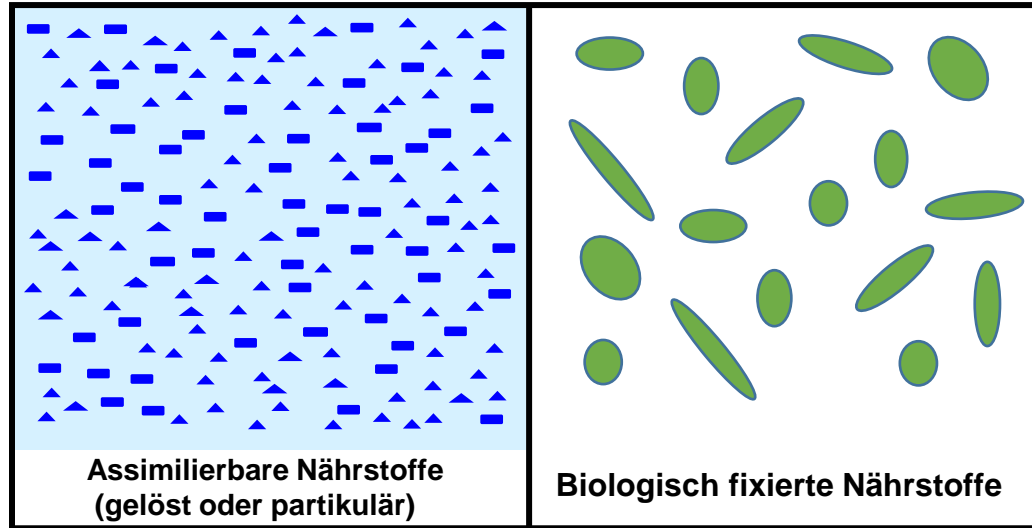
- UF hält Partikel und Bakterien zurück (Rückhaltegrade von  $> 1 \times 10^7$ )
- Legionellen im zuströmenden Wasser (**Import-Legionellen**) werden abfiltriert, Legionellen, die sich schon vor Einbau der UF in der TW-Installation befanden (**Bestands-Legionellen**) werden nicht beeinflusst

# UF 1 verändert die Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaft

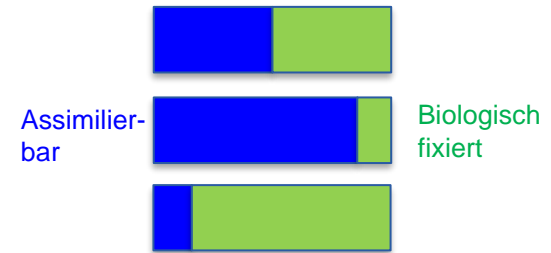


**UF hat Barrierefunktion !**

## Gesamter Nährstoff-Pool



Wo ist das Gleichgewicht?



- Nährstoffe liegen entweder gelöst oder partikulär (z.B. in Biomasse fixiert) vor
- Eine UF kann nur die partikulären Nährstoffe (größtenteils Bakterien oder Amöben) entfernen
- Je größer der Anteil der partikulären Nährstoffe ist, um so effektiver ist die UF

# Bestimmung des Nährstoffgehaltes mittels des Aufkeimungspotentials



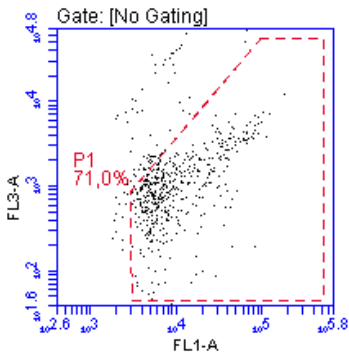
22 °C für Kaltwasser



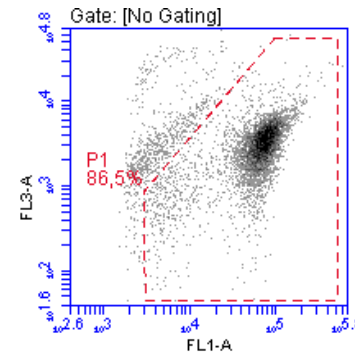
Inkubation für 7 Tage in AOC-freien Gefäßen



**Intaktzellzahl (IZZ) am Tag 0**



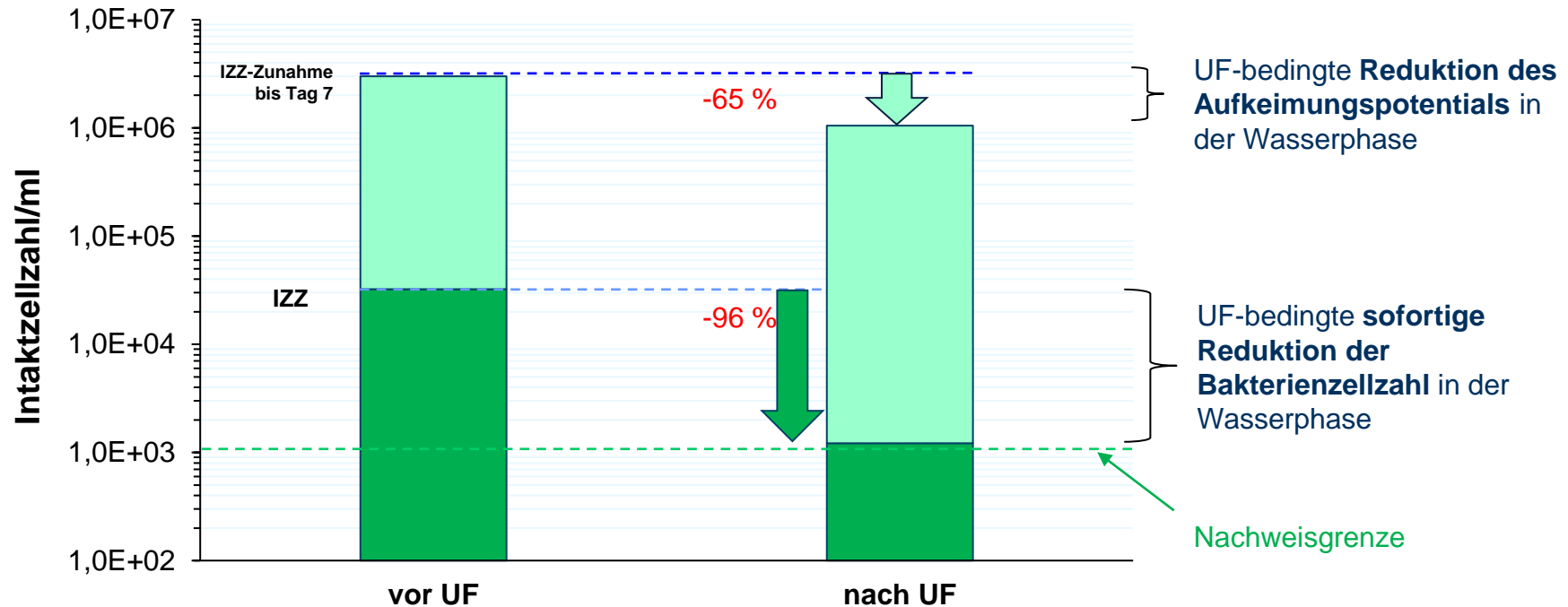
**Intaktzellzahl (IZZ) am Tag 7**



Die Zunahme der Zellzahl  
an natürlichen Bakterien im Wasser  
ist proportional  
zur Nährstoffkonzentration

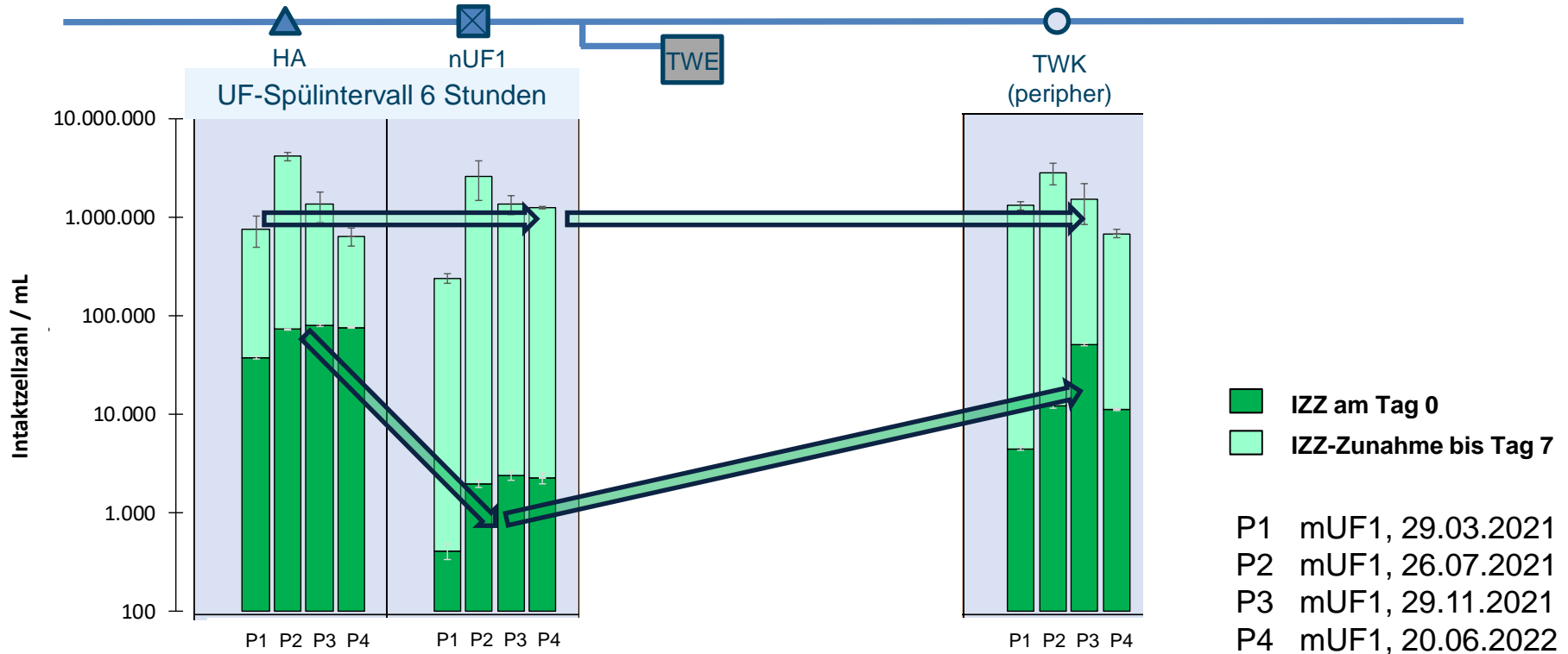
(Messung mit Durchflusszytometrie)

# UF 1 verringert das Aufkeimungspotential geringfügiger als die Zellzahl



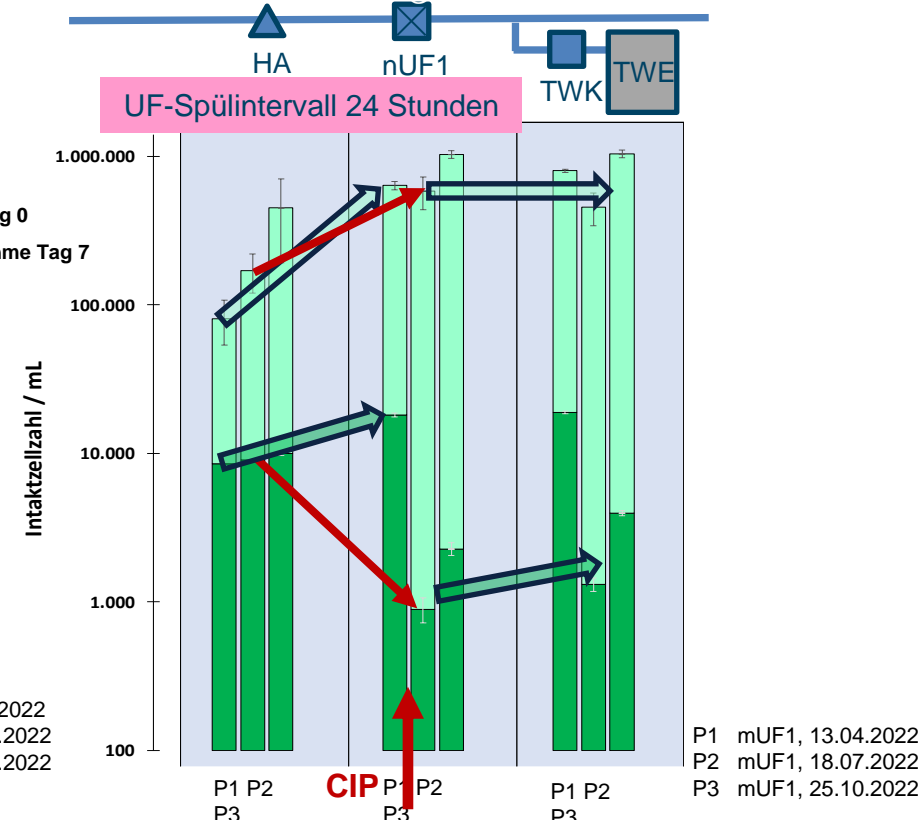
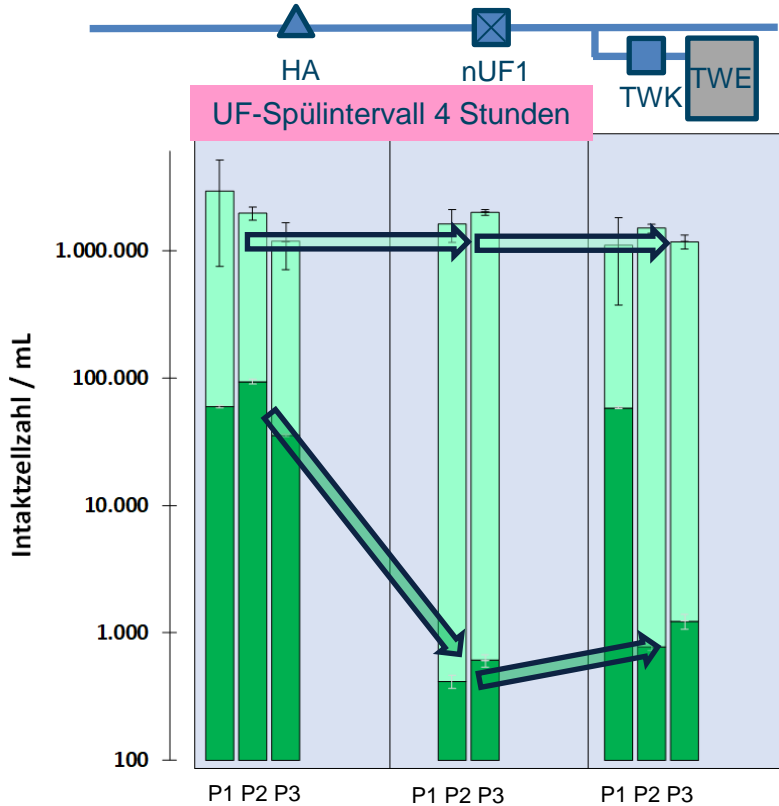
Die UF1 bewirkt in dem Bestandsgebäude eine sofortige Reduktion der Zellzahl um 96 %, aber eine geringere Reduktion des Aufkeimungspotentials um 65 % (Beispiel).

# UF 1 verringert das Aufkeimungspotential geringfügiger als die Zellzahl (Objekt 010)



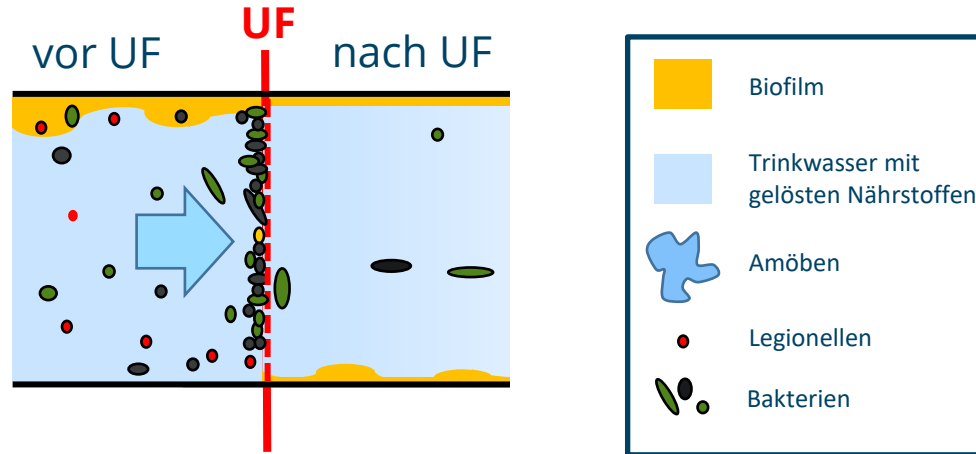
- UF verringert sofort die IZZ um 97-99 %, diese steigt in der Peripherie jedoch wieder an.
- Keine wesentliche Veränderung des AKP weder direkt nach UF noch in der Peripherie.

# Nach UF 1: IZZ und Aufkeimungspotential sind abhängig vom Spülintervall



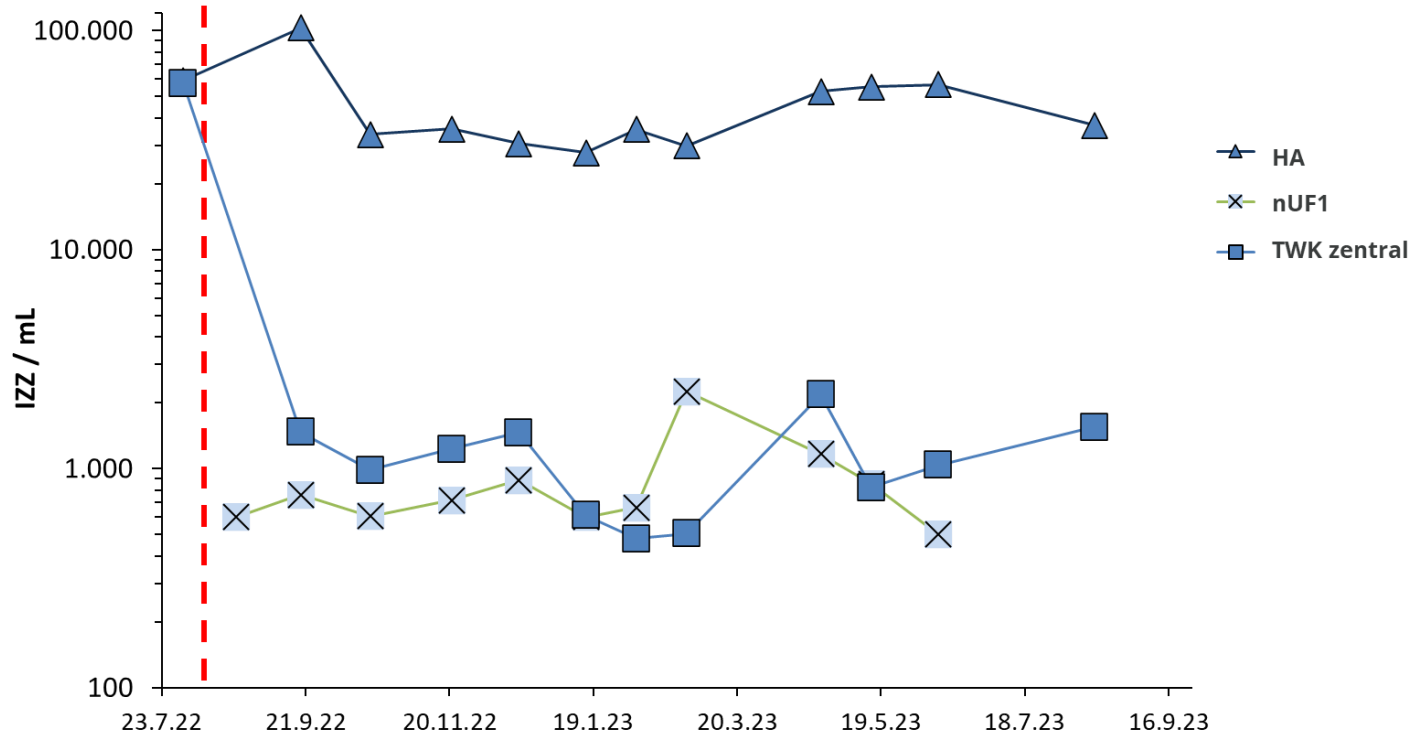
- Ein zu langes Spülintervall der UF (z. B. 24 h) kann die IZZ und das AKP hinter der UF deutlich erhöhen
- Ein CIP (cleaning in place) verringert die IZZ, aber nicht das AKP



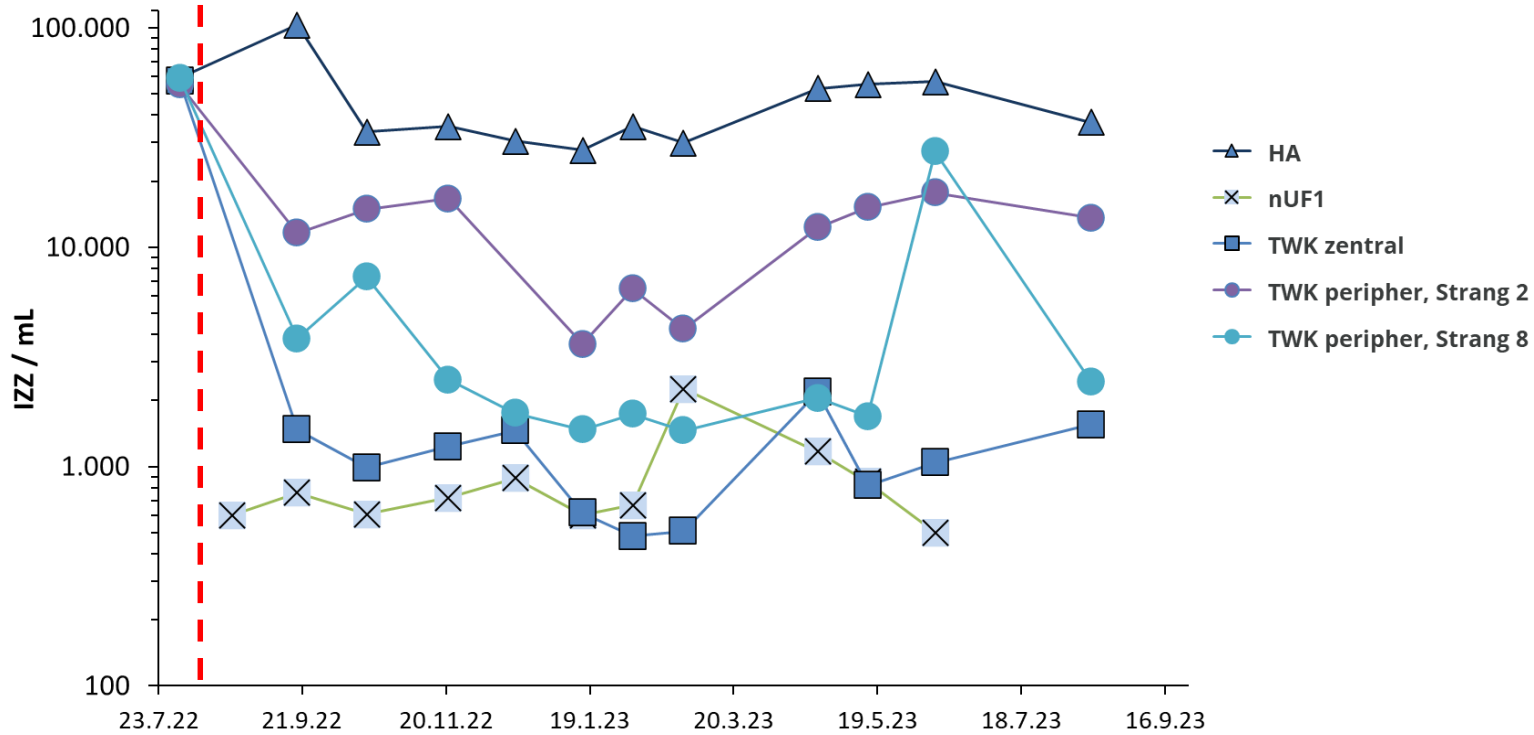


Akkumulierte Bakterien auf der UF-Membran sterben ab, lysieren und geben ihre intrazellulären Nährstoffe in das Filtrat ab. Durch die Transformation der biologisch fixierten Nährstoffe in gelöste Nährstoffe werden diese membrangängig.

# UF 1 erniedrigt langfristig das Niveau der Zellzahlen in der TWI (Objekt 028)



# UF 1 erniedrigt langfristig das Niveau der Zellzahlen in der TWI (Objekt 028)

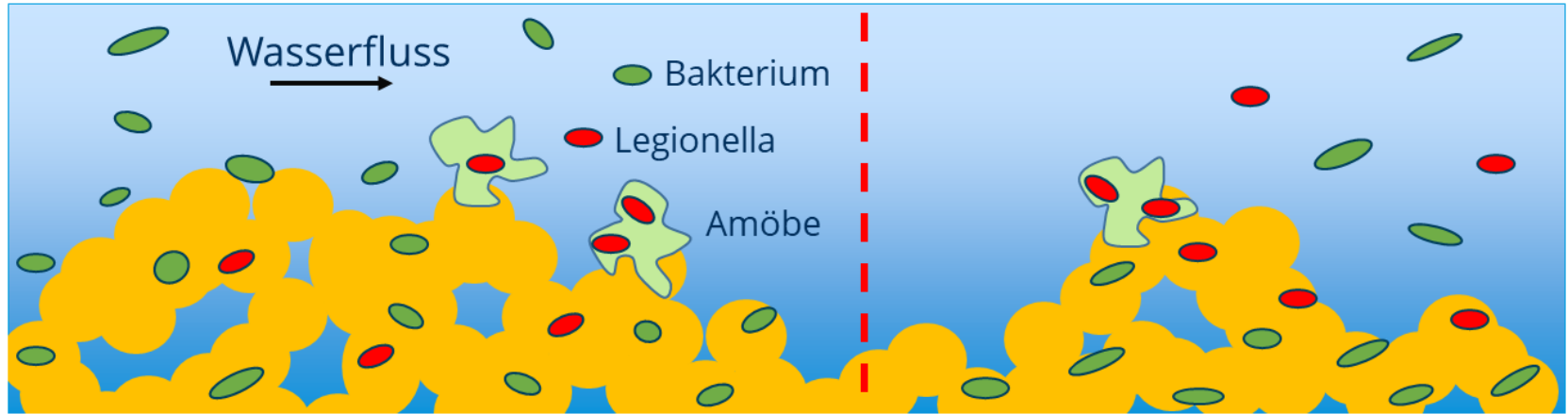


## UF stellt eine Barriere für Partikel, aber nicht für gelöste Nährstoffe dar

1. Die Trinkwasserpopulation (inkl. Import-Legionellen) aus dem HA wird zurückgehalten
  - ↳ UF verringert sofort die Zellzahlen um ca. 95 bis 99 %
  - ↳ Die UF1 führt langfristig zu einer Verringerung der Zellzahlen in der Peripherie (GZZ  $\varnothing$  -84 % im TWK)
2. UF führt zu einer veränderten Zusammensetzung der Bakterienpopulation in der TWI
3. Bestands-Legionellen werden nicht entfernt
4. UF hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Verringerung des Aufkeimungspotentials
  - ↳ Gelöste Nährstoffe ermöglichen in der TWI weiterhin die Bakterienvermehrung
5. Auf der Zulaufseite der UF-Membran angereicherte Zellen lysieren mit der Zeit und geben gelöste Nährstoffe ins Filtrat ab
  - ↳ Zur Vermeidung ist Spülung der UF in kurzen Zeitintervallen notwendig

## Woher kommen die Nährstoffe?

## TW-Installation im Bestandsgebäude **UF**



- Bakterien sind im Trinkwasser nach der UF immer vorhanden und vermehren sich in Abhängigkeit vom Nährstoffangebot (aus dem Trinkwasser selbst, aus dem Biofilm oder aus Installationsmaterialien).
- Ultrafiltration kann die Vermehrung von Legionellen auf der Filtratseite nicht verhindern. Die Frage, ob Biofilme langfristig „ausgehungert“ werden können, bleibt offen.



IWW ZENTRUM WASSER

IWW Institut für Wasserforschung  
gemeinnützige GmbH

Moritzstraße 26  
45476 Mülheim an der Ruhr  
Telefon: +49 (0) 208 4 03 03-0  
Fax: +49 (0) 208 4 03 03-80



Dr. Benjamin Meyer



Dr. Andreas Nocker



Dr. Mark Pannekens



Dr. Bernd Bendinger

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



An-Institut der  
UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN  
*Offen im Denken*

  
Mitglied im DVGW-  
Institutsverbund

  
MITGLIED Johannes-Rau-  
DER Forschungsgemeinschaft