

Forschungsergebnisse zu *Pseudomonas aeruginosa* und Legionellen

Dr. A. Korth
Versorgungstechnisches Kolloquium Trinkwasserhygiene
Erfurt, 12.11.2025

Einleitung

- Die Vermehrung von *Pseudomonas aeruginosa* und Legionellen wurden in verschiedenen Forschungsprojekten untersucht
- *Pseudomonas aeruginosa* und Legionellen sind opportunistische Krankheitserreger
- Ziel war es, die Vermehrungsansprüche zu identifizieren und entsprechende Prozessvorstellungen zu entwickeln
- Prozessvorstellungen sind wesentlich, für gezielte Maßnahmen und die Risikobewertung
- Die Präsentation fasst Erkenntnisse aus verschiedenen Forschungsprojekten zusammen
- Forschungsergebnisse sind in W 551-4 und W 551-1 (derzeit Endphase) eingeflossen

Pseudomonas aeruginosa

Pseudomonas aeruginosa

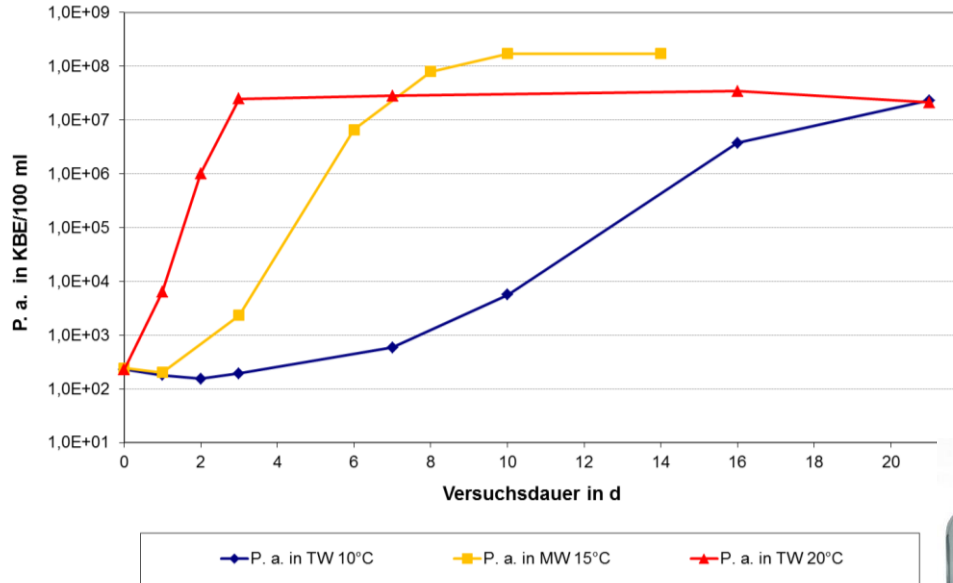
- Pseudomonas aeruginosa ist ein weit verbreiteter Umweltkeim.
- Zählt zu den relevantesten bakteriellen Krankheitserregern weltweit.
- Besonders relevant in medizinischen Einrichtungen (Krankenhauskeim).
- Fakultativ pathogen: Kann Krankheiten auslösen, muss aber nicht.
- Gefährlich bei:
 - Kontakt mit verletzter Haut oder Schleimhäuten
 - Invasiven medizinischen Geräten (z. B. Katheter, Beatmungsschläuche)
 - Vorerkrankungen wie Mukoviszidose
- Nicht gefährlich für gesunde Menschen bei:
 - Kontakt mit intakter Haut
 - Orale Aufnahme über Trinkwasser

Ergebnisse der Forschung

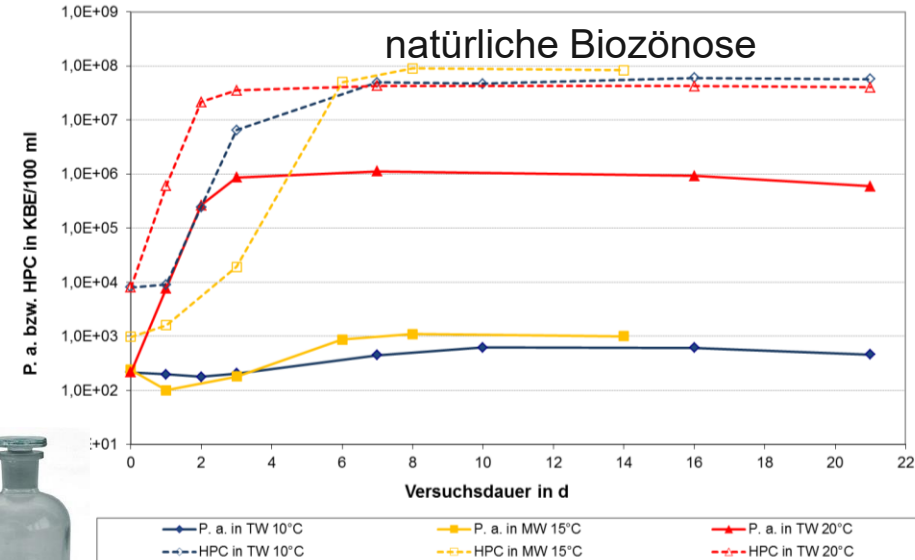
- Erhöhte Temperaturen begünstigen Vermehrung
- Neue Oberflächen werden intensiv besiedelt (schneller Erstbesiedler)
- Sukzessive Verdrängung durch autochthone Trinkwasserbakterien
- Im Durchfluss keine Vermehrung auf Oberflächen, jedoch sehr lange Nachweisdauer
- Durch Wasser- und Luft/Wasser-Spülungen keine vollständige Beseitigung von Oberflächen
- Bei Desinfektionsmittelrestkonzentrationen gemäß TrinkwV Beseitigung von Oberflächen, mit Ausnahme von EPDM
- Bei Desinfektionsmittelkonzentrationen entsprechend Vorgabe für Anlagendesinfektion Beseitigung von Oberflächen, mit Ausnahme von EPDM

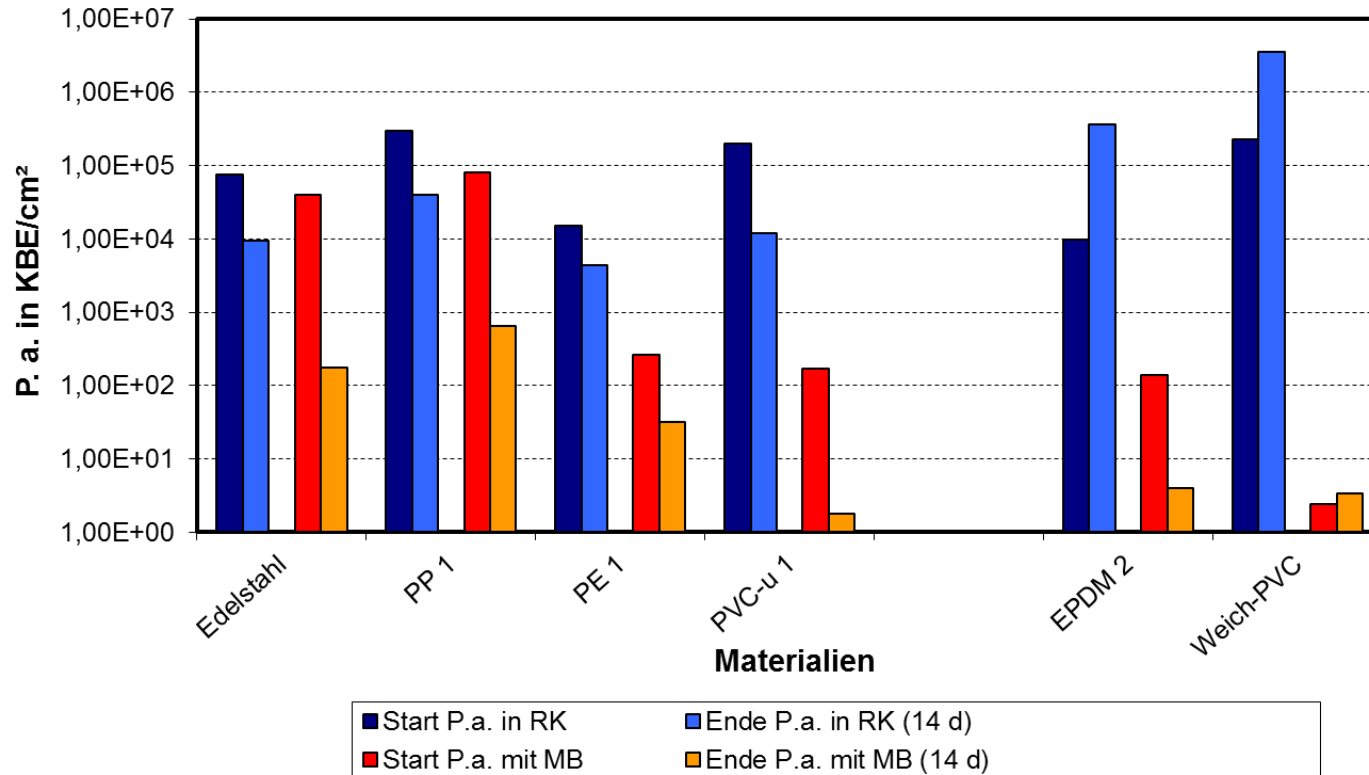
Vermehrung *Pseudomonas aeruginosa* im Wasserkörper

Pseudomonas aeruginosa als Reinkultur



Pseudomonas aeruginosa und natürliche Biozönose (HPC)

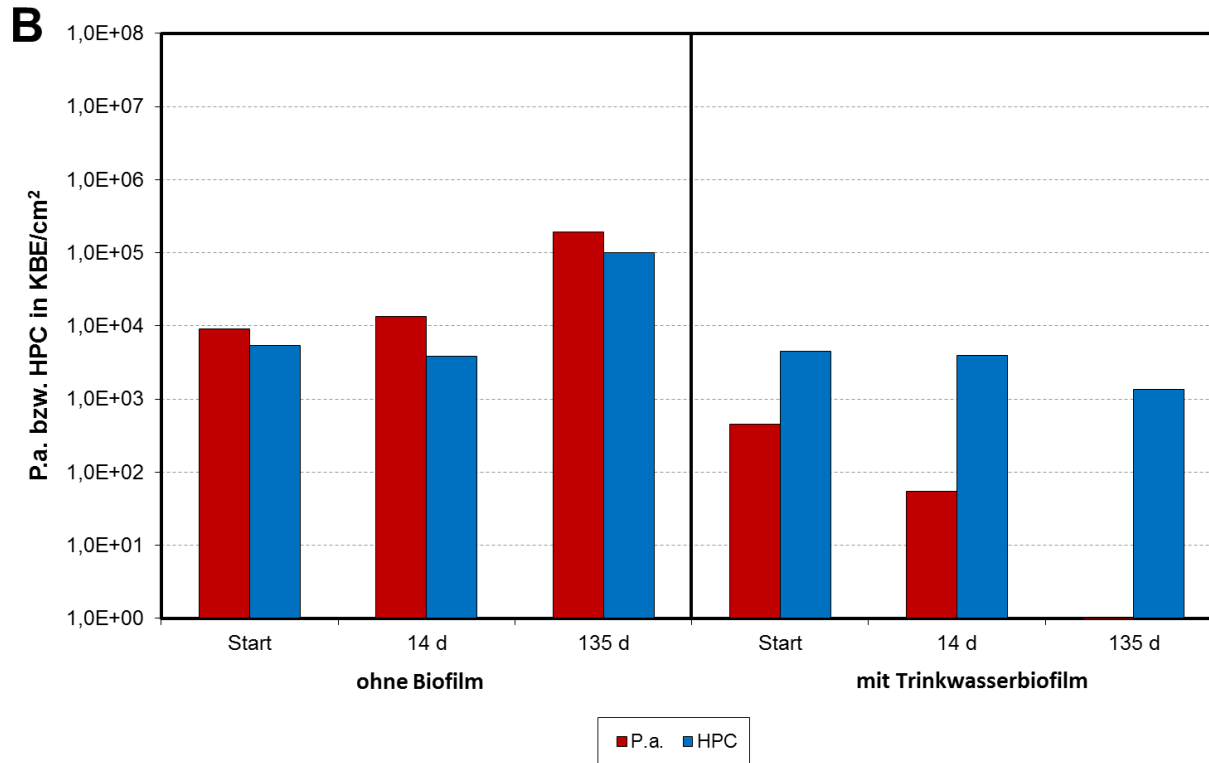




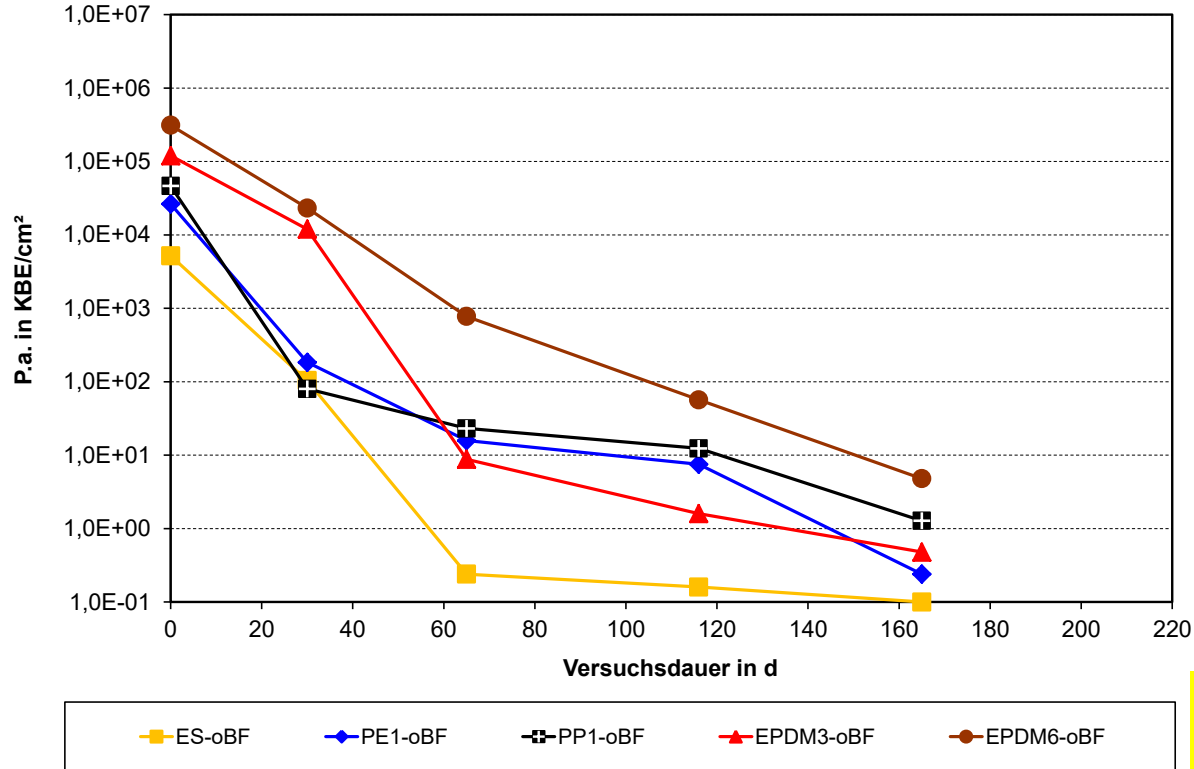
Bevorzugte Besiedlung neuer Oberflächen (ohne Biofilm)



PE-Material



Besiedlung von Oberflächen – Durchflussbedingungen

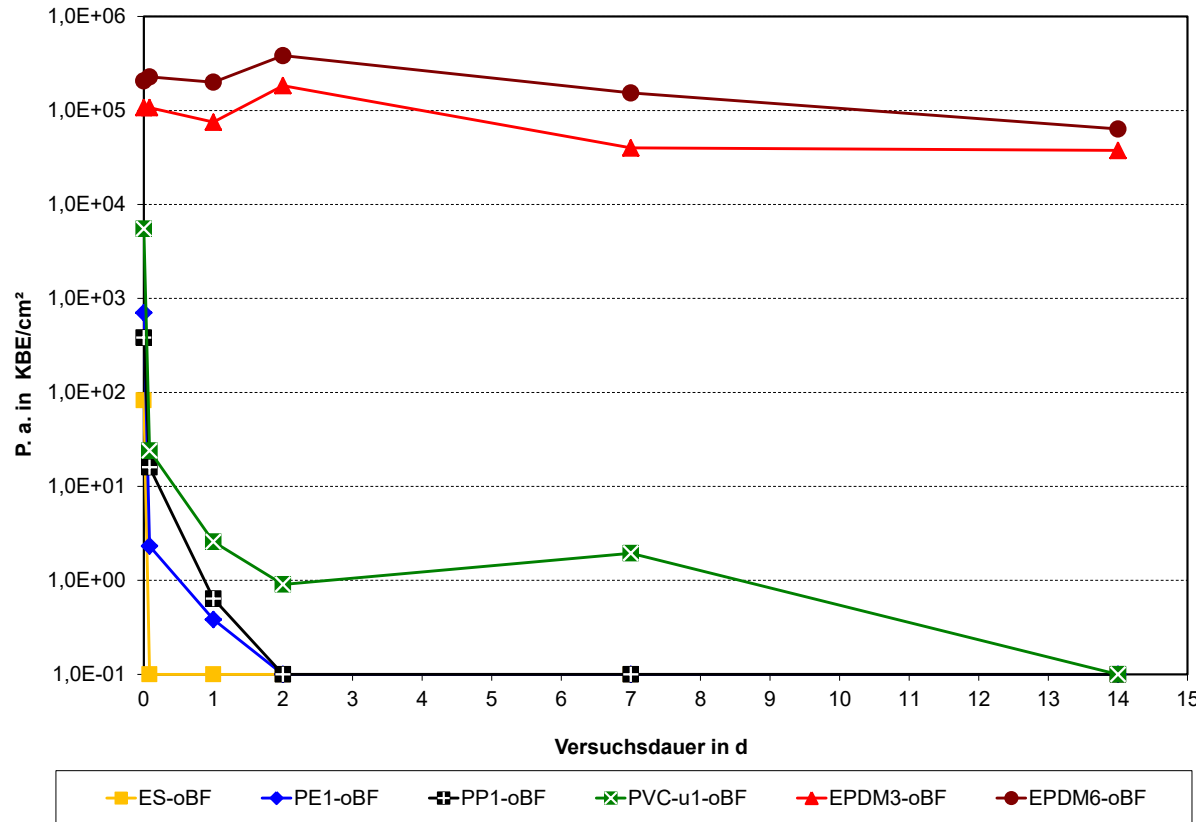


Durchfluss-Versuchsanlage



Keine Vermehrung auf
Oberflächen im
Durchfluss

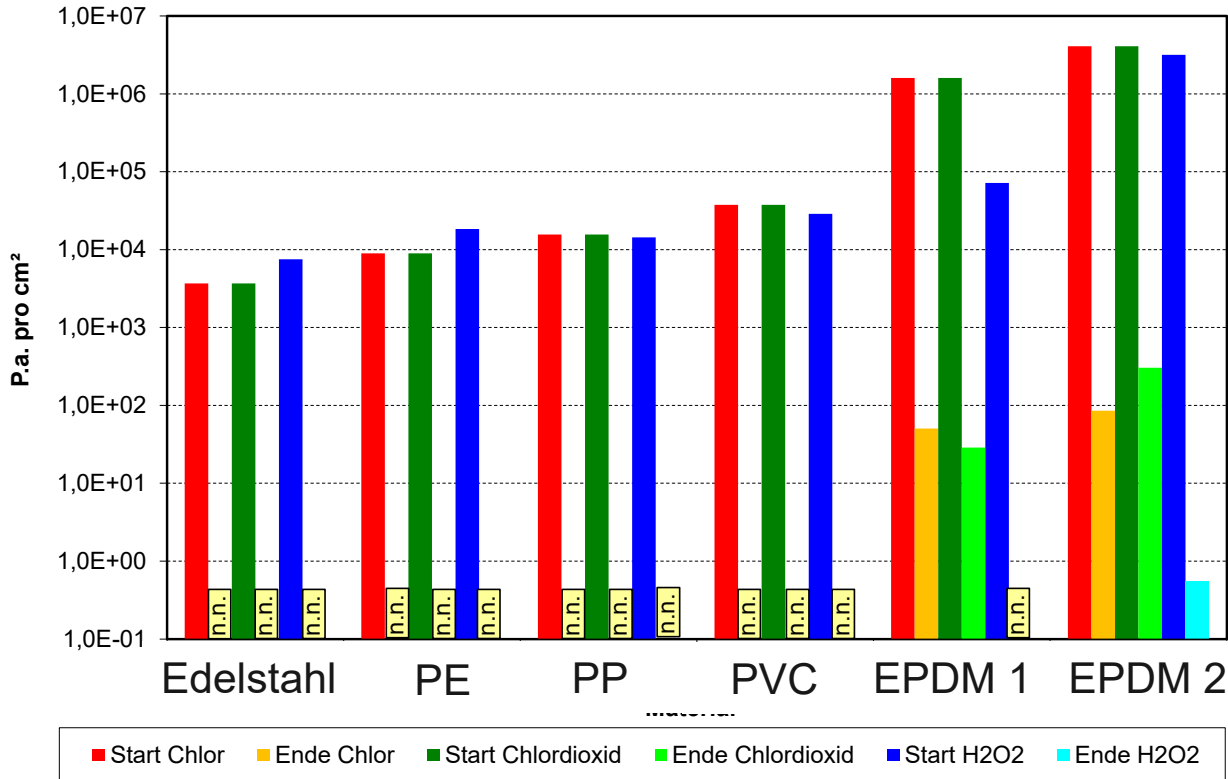
Effekt von 0,1 mg/l Chlor – Durchflussbedingungen



Durchfluss-Versuchsanlage mit Trinkwasserchlorung



Beseitigung von Oberflächen mit Ausnahme von EPDM

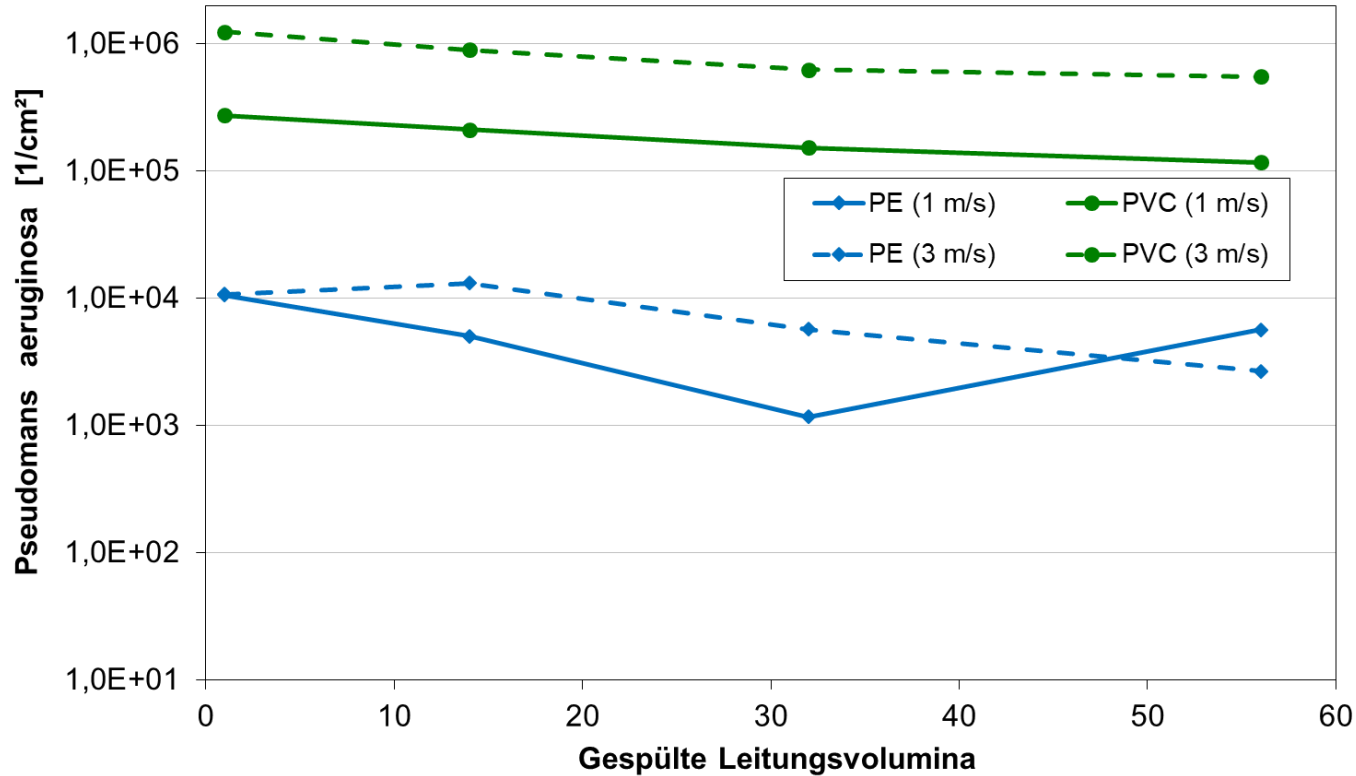


W291:

100 mg/l H2O2
50 mg/l Chlor
10 mg/l Chlordioxid

Beseitigung von
Oberflächen mit
Ausnahme von EPDM

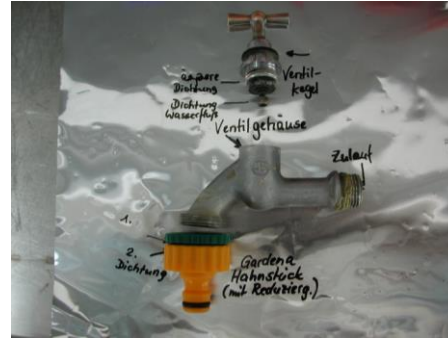




Keine Beseitigung von Oberflächen durch Wasserspülung (auch kein Effekt Luft/Wasser-Spülung)

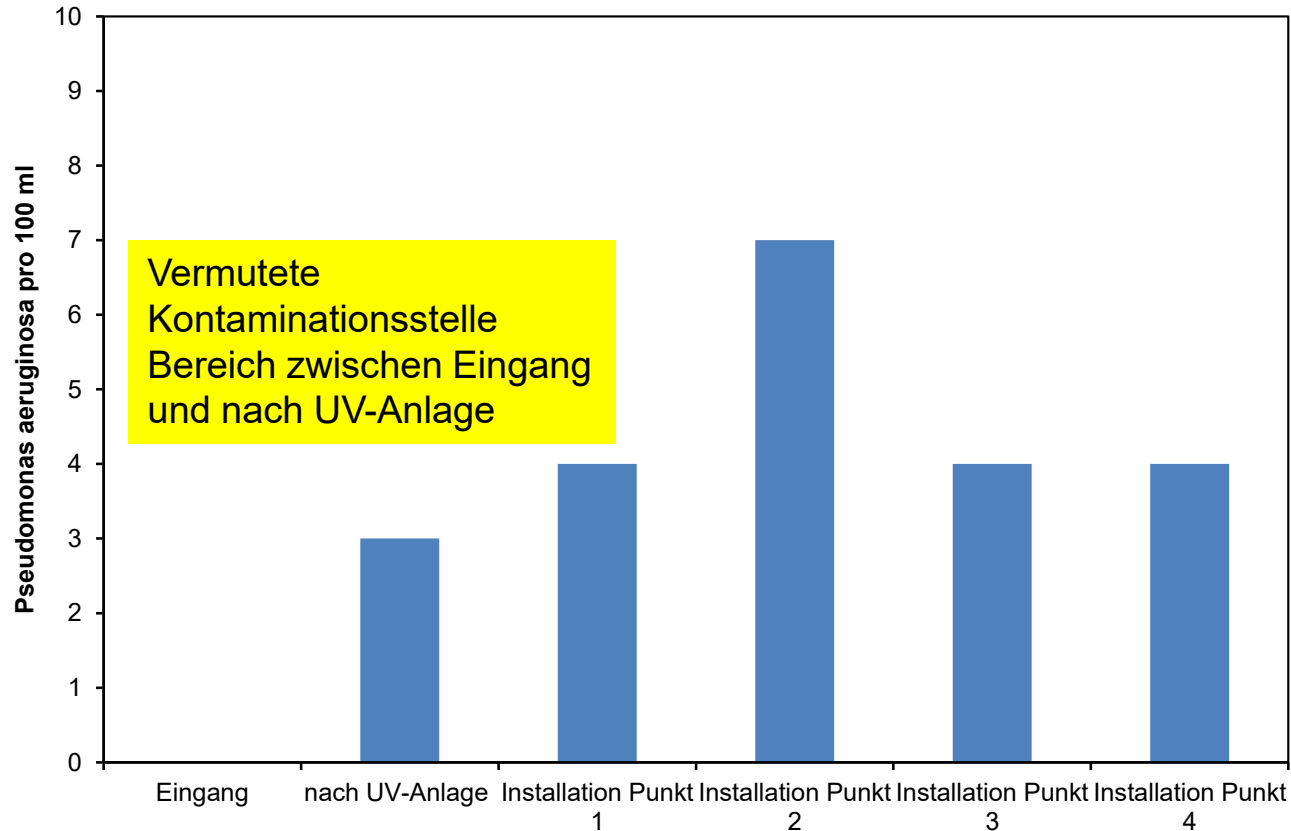
Rohrdimension und Fließbedingungen

- Mikrobiologische Prozesse laufen auf den Oberflächen ab
- Die Prozesse auf den Oberflächen haben Rückwirkungen auf den Wasserkörper
- Der im Wasserkörper gemessene Effekt wird beeinflusst u.a. von
 - Rohrdimension (O/V DN10: 0,4, O/V DN100: 0,04)
 - Aufenthaltszeit/Fließgeschwindigkeit
- Bei einer bestimmten Abgabegeschwindigkeit von Bakterien von der Oberfläche in den Wasserkörper, treten bei kleinen Rohrdimensionen mit geringer Fließgeschwindigkeit deutlich höhere Werte auf als bei großer Rohrdimension mit hoher Fließgeschwindigkeit



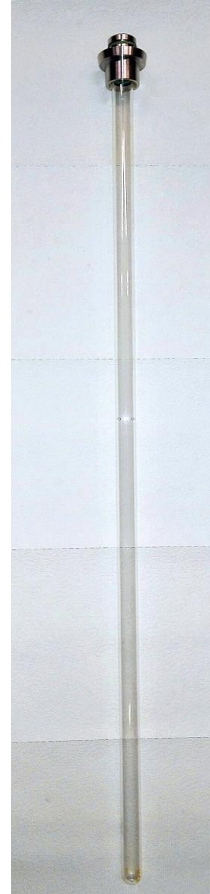
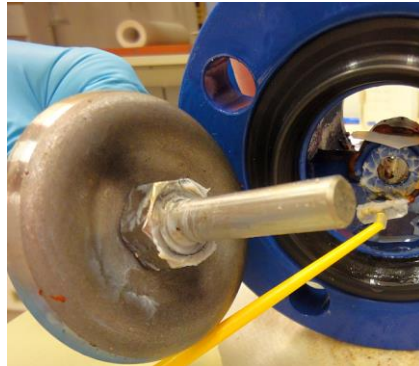
- Befunde für P. a. in neuer TWI in Geschäftsgebäude
- Anlagendesinfektion führte zu keiner Beseitigung
- Besiedlung von Schiebern und Dichtungen in Druckstation
- Beseitigung durch Auswechselung der Armaturen

Fall 2: Befundsituation TWI einer Industrieanlage



Fall 2: Bereich mit vermuteter Kontaminationsstelle





Identifizierte Kontaminationspunkte

- Partikelfilter
- Drahtgewebefilter in einem Systemtrenner
- Hüllrohr eines UV-Strahlers

Befundsituation nach Entfernung

Punkt	Ps. aeruginosa pro 100 ml
Eingang	0
Installation Punkt 1	0
Installation Punkt 2	0
Installation Punkt 3	0
Installation Punkt 4	0

- Sauberkeit beim Bau neuer Anlagen und Installationen ist wesentlicher Faktor zur Vermeidung einer Kontamination, da intensive Besiedlung neuer Oberflächen stattfindet
- Bei anhaltenden Befunden von *Pseudomonas aeruginosa* ist von einer materialbedingten Kontaminationsstelle auszugehen (Vermehrung durch verfügbare Nährstoffe)
- In solchen Fällen ist die Wahrscheinlichkeit der vollständigen Beseitigung durch Spül- und Desinfektionsmaßnahmen als gering einzuschätzen
- Für eine nachhaltige Beseitigung ist die Kontaminationsstelle zu identifizieren und zu beseitigen

Legionellen

Legionellen

Allgemeines

- Stäbchenförmige Bakterien, vorkommend in aquatischen Umgebungen
- Vermehrung in Amöben; fakultativ pathogen für den Menschen
- 60 Arten, ≥ 79 Serogruppen; wichtigste Art: *Legionella pneumophila*

Krankheitsbilder

- Pontiac-Fieber: grippeähnlich
- Legionellen-Pneumonie (Legionärskrankheit): schwere Lungenentzündung

Infektionswege

- Einatmen von Aerosolen aus vernebeltem Wasser (z. B. Duschen)
- Keine Infektionsgefahr beim Trinken oder Kochen mit Trinkwasser

Risikogruppen

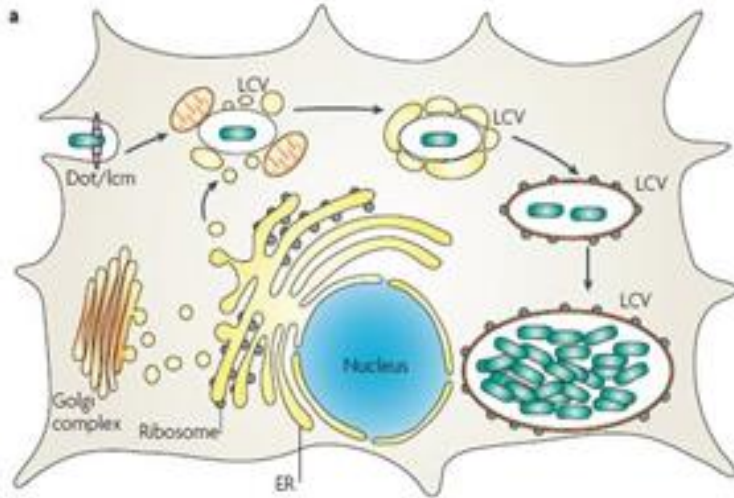
- Personen mit geschwächtem Immunsystem
- Vorerkrankungen (Herz, Atemwege), Raucher

Vorkommen

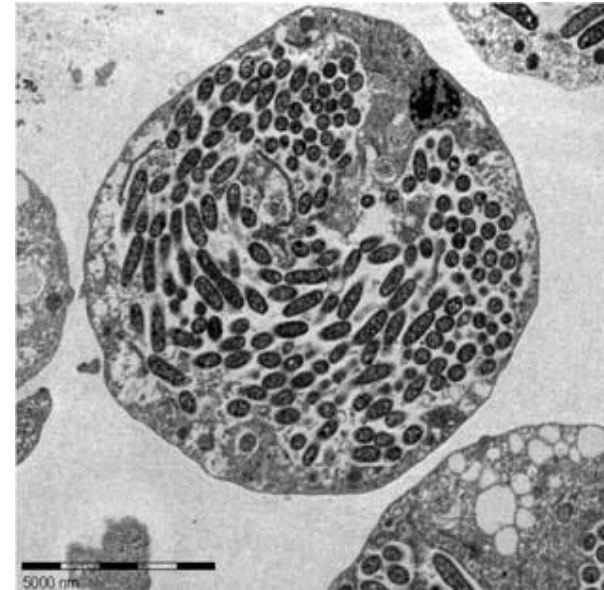
- In natürlichen Gewässern: sehr geringe Konzentrationen
- Eintrag über Trinkwasser an Übergabestelle (i. d. R. $<$ Nachweisgrenze)

Vermehrung von Legionellen in Amöben

- Legionella pneumophila kann sich in bestimmten Amöben bei bestimmten Randbedingungen vermehren



Vermehrungsprozess von *L. pneumophila* in Amöbe, Isberg et al. 2009

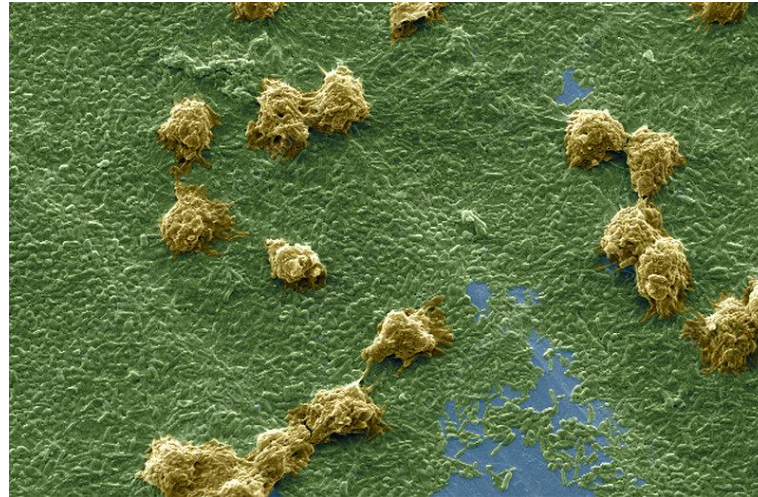


Amöbe *Hartmannella vermiformis* gefüllt mit *Legionella pneumophila*

Foto: Holland/Özel, Robert Koch-Institut

Vermehrung von Amöben

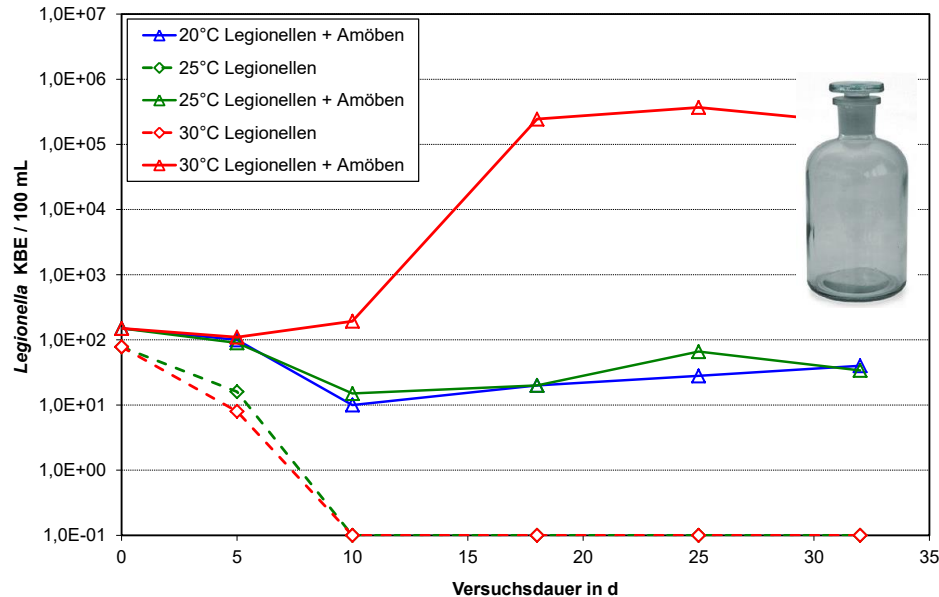
- Nahrungsgrundlage für Amöben ist der Biofilm
- Biofilmbeschaffenheit bestimmt die Vermehrung der Amöben
- Je ausgeprägter der Biofilm (Wasserbeschaffenheit, Material), desto höher die Amöbendichte



Amöbe *Hartmannella vermiformis* auf einem Bakterienbiofilm - Foto: *sciencephoto.com*

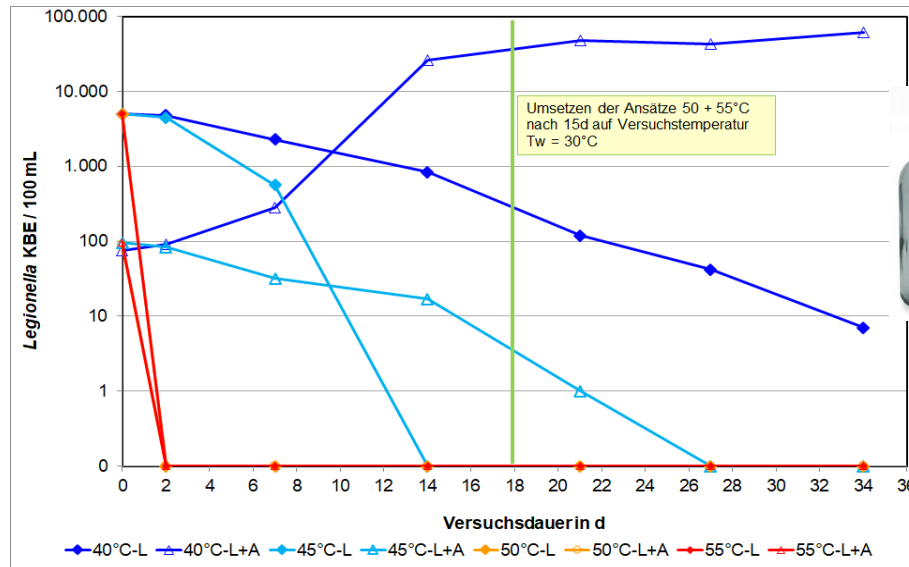
Vermehrung *Legionella pneumophila* im Batchansatz

- Temperaturen 20 – 30 °C, mit und ohne Amöben
- Vermehrung bei > 25 °C und Anwesenheit von Amöben



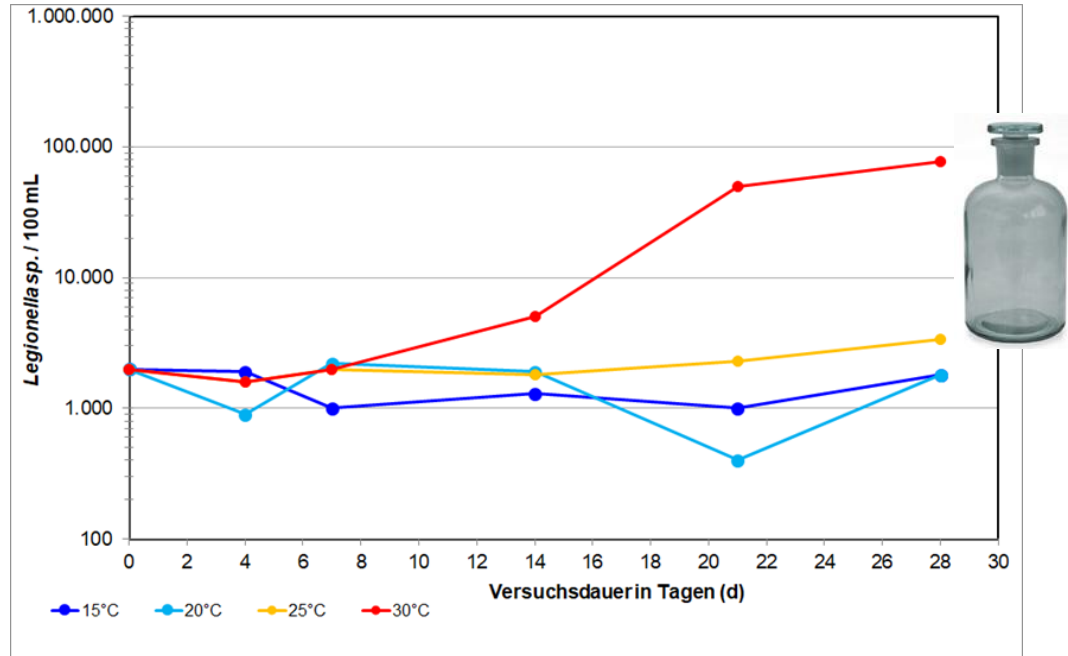
Vermehrung *Legionella pneumophila* im Batchansatz

- Temperaturen 40 – 55 °C, mit und ohne Amöben
- Vermehrung nur bei 40 °C und mit Anwesenheit von Amöben



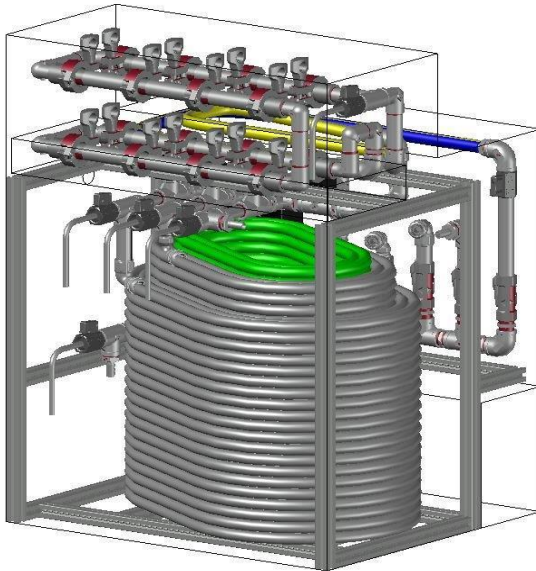
Vermehrung *Legionella anisa* im Batchansatz

- Temperaturen 15 – 30 °C, mit Amöben
- Vermehrung bei > 25 °C



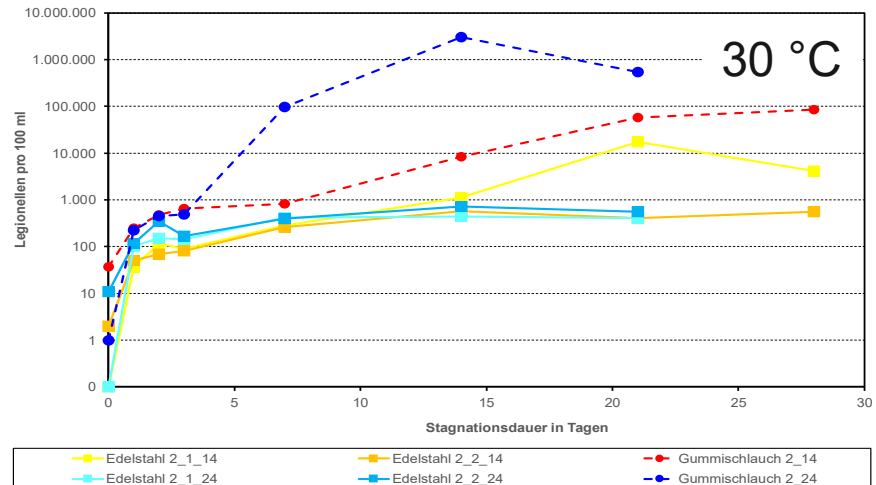
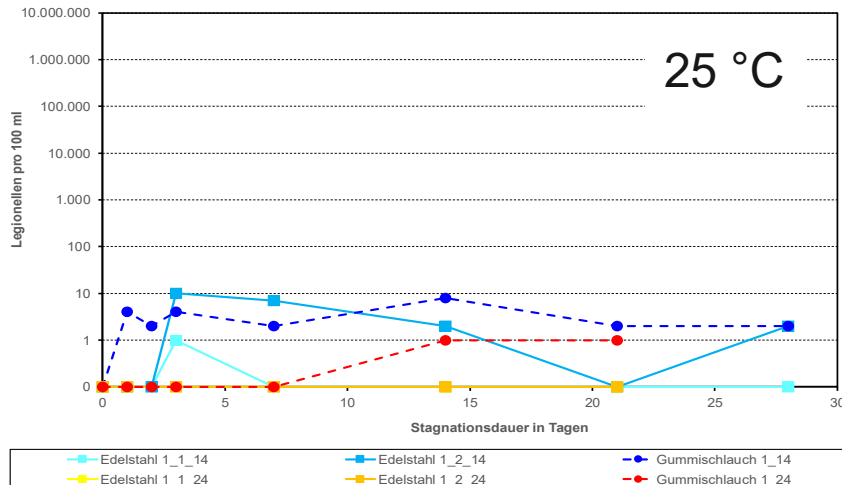
Untersuchungen mit Trinkwasser-Modellinstallation

- Installation Modellinstallation in Gebäuden mit Legionellenbelastungen
- Einsatz von Edelstahl (Trinkwasserbiofilm) und Gummischlauch (dicker Biofilm)



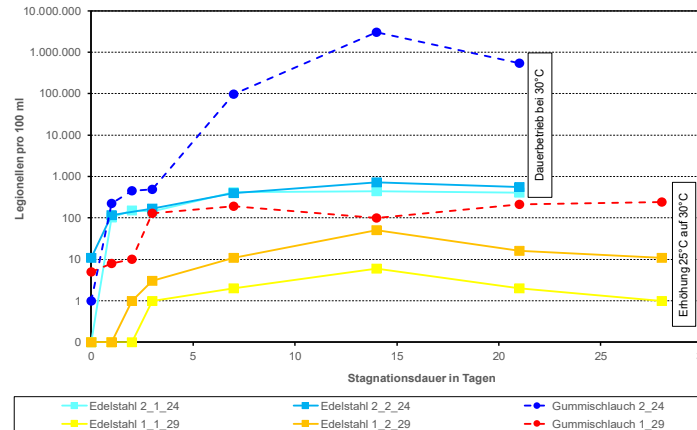
Vermehrung bei unterschiedlichen Temperaturen

- Durchführung von Stagnationsversuchen
- Keine Vermehrung bei 25°C, unabhängig von Biofilmbeschaffenheit
- Geringe Vermehrung bei 27°C
- Deutliche Vermehrung bei 30°C, abhängig von Biofilmbeschaffenheit

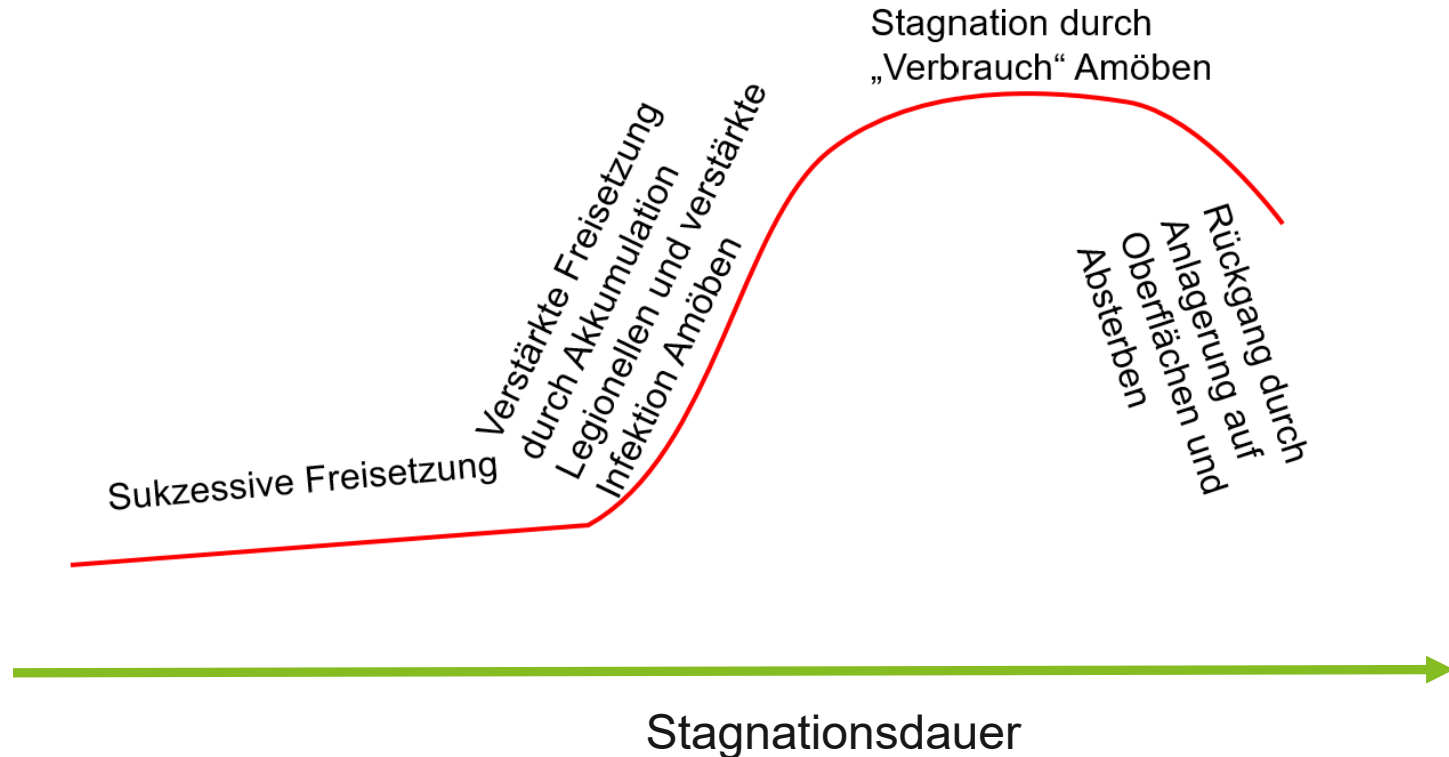


Effekt kurzzeitiger Temperaturerhöhung

- Erhöhung Betriebstemperatur von 25 °C auf 30 °C
- Nur geringe Vermehrung von Legionellen gegenüber konstant 30 °C
- Kurzfristige Temperaturerhöhung führt nicht unmittelbar zu einer starken Vermehrung von Legionellen
- Biologische Prozesse passen sich sukzessive an neue Randbedingungen an

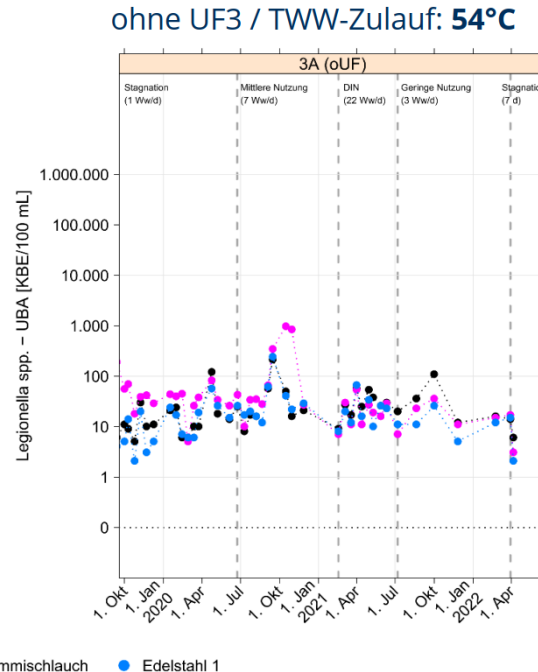
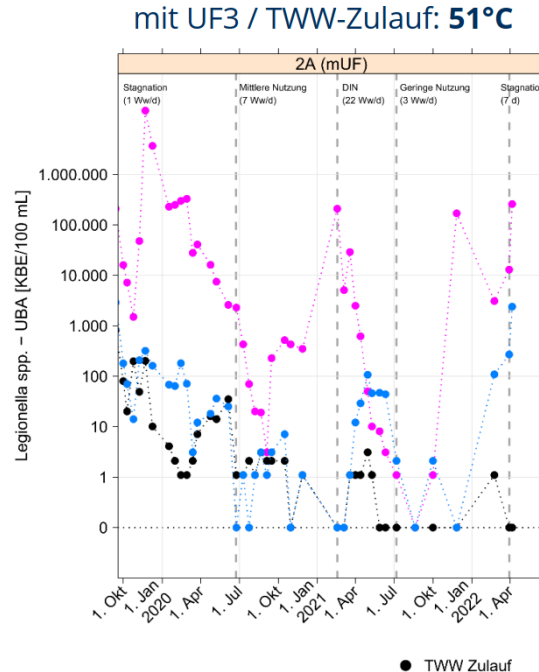


Prozessvorstellungen für lange Stagnation



Vermehrung im Warmwasser

- Untersuchung unterschiedlicher Temperaturen und Betriebsweisen
- Deutlicher Effekt bei geringem Temperaturunterschied



Stagnations-
temperatur
30 °C

Vermehrungsuntersuchungen in einem Wasserwerk

- Installation einer großen Trinkwasser-Modellinstallation in einem Wasserwerk
- Betriebstemperatur 30 °C
- Aufbereitung von Oberflächenwasser, somit war potenzielle Legionellenbelastung vorhanden
- Keine Befunde für Legionellen
- Schlussfolgerung: Wasser enthält keine infektiösen Legionellen

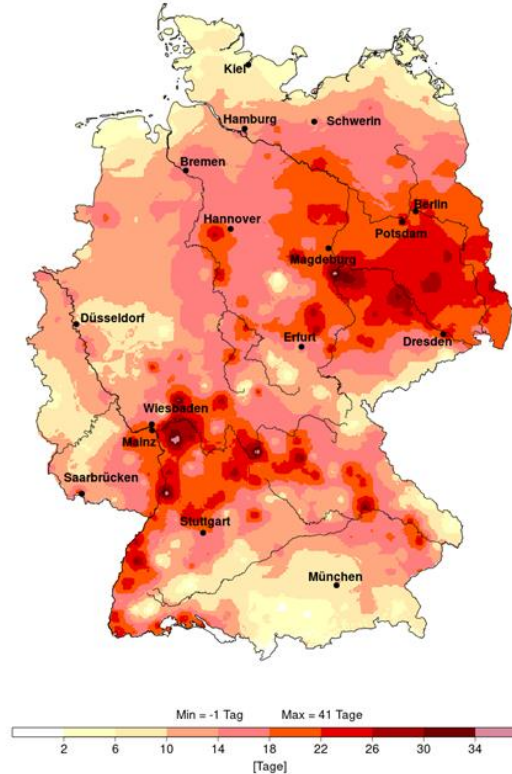


Klimaveränderung: Steigende Anzahl von Hitzetagen (> 30 °C)

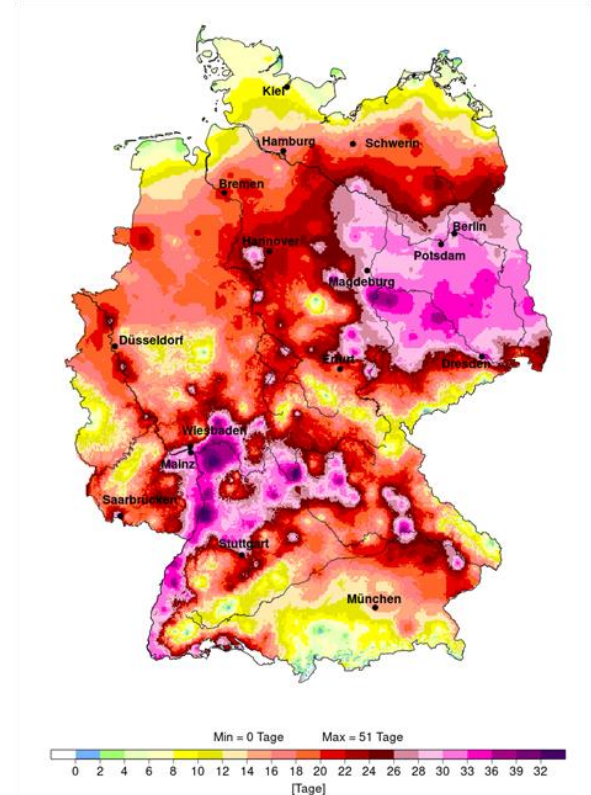
Normalwert 1971-2000



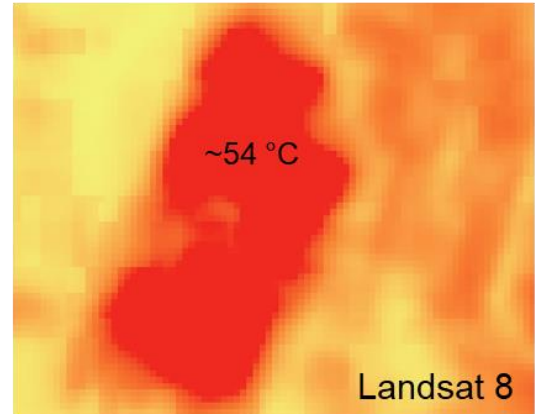
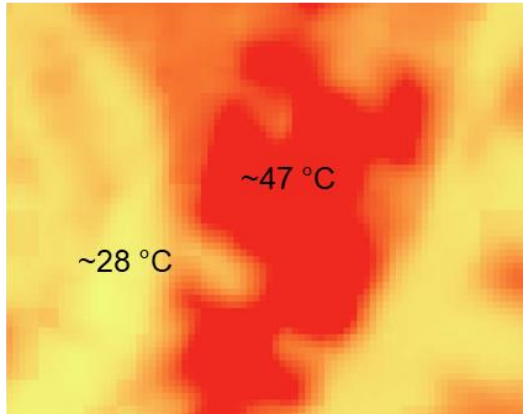
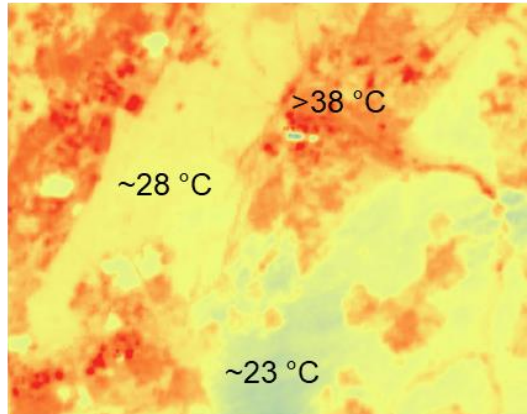
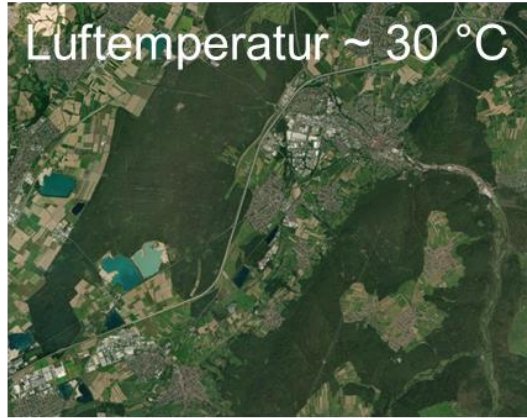
Abweichung 2018 zum Normalwert



Absolutwert 2018

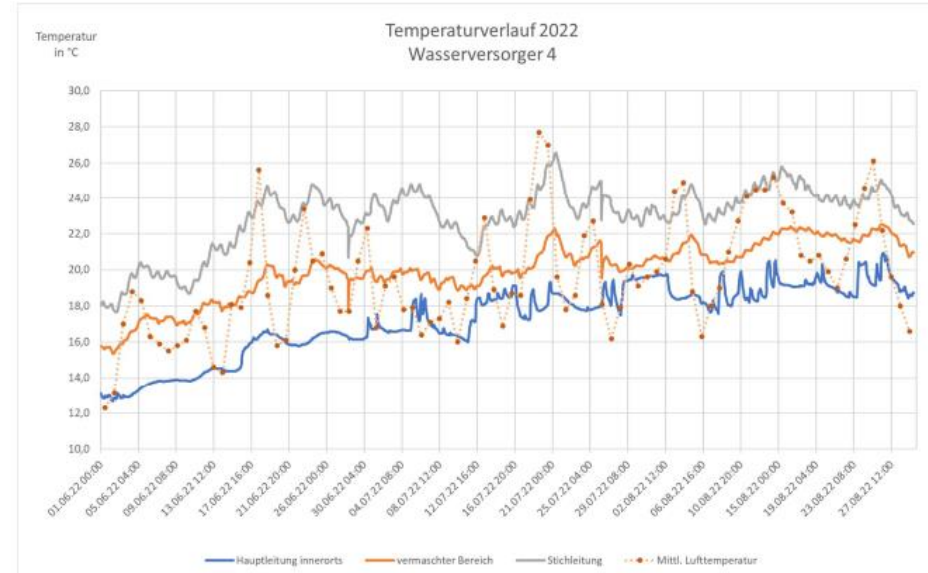
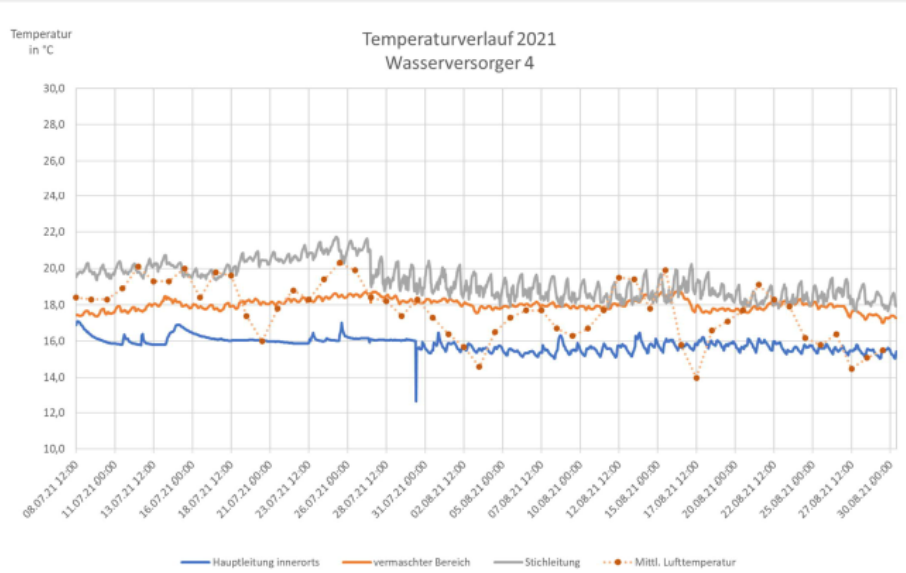
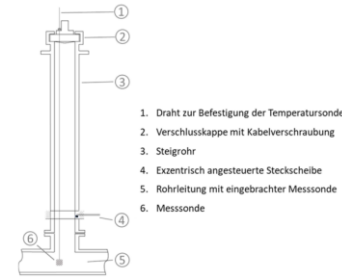


Landnutzung und Temperatur (14. August 2021)



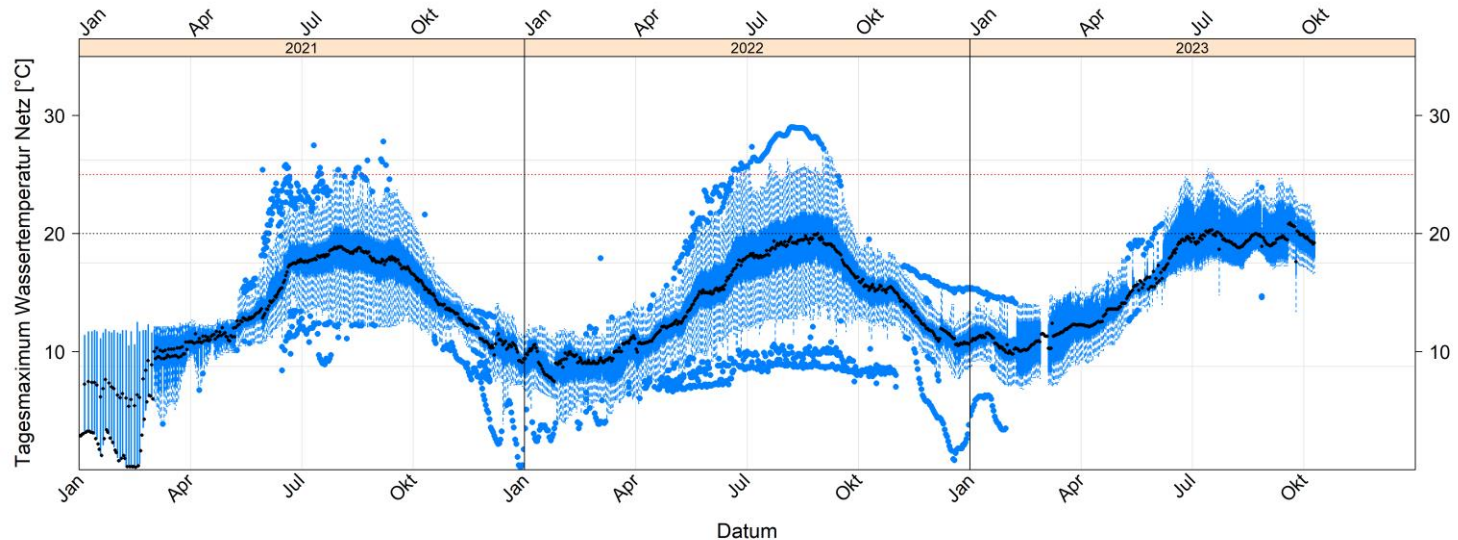
Wassertemperaturentwicklung in einem Verteilungssystem

- Durchschnittliche Verlegetiefe 1,0 m
- Messungen im Sommer 2021 und 2022
- Wassertemperaturen steigen mit Verweilzeit
- Wassertemperaturen werden beeinflusst von Umgebungstemperatur



Wassertemperaturen in 12 Verteilungssystemen

- Jahreszeitlicher Temperaturverlauf
- Korrelation von Sommertemperatur und maximaler Wassertemperatur
- Maximalwerte: Median bei 20 °C, Maximum bei > 25°C
- In allen Netzen Max-Werte von 20 °C, bei > 50 % der Netze Max-Werte von $\geq 25^\circ\text{C}$



Legionellen in Trinkwasserverteilungssystemen

- Trotz Temperaturphasen von $> 25\text{ °C}$ keine Befunde für Legionellen
- Schlussfolgerungen: Der Vermehrungsprozess von Legionellen kann sich unter derzeitigen Randbedingungen nicht etablieren
- Durch Klimaveränderung wird die Trinkwassertemperatur weiter ansteigen, wodurch das Legionellenpotenzial im Verteilungssystem steigt
- Das Trinkwasser aus dem Verteilungssystem besitzt phasenweise keinen oder nur einen geringen „Kältepuffer“ für die Trinkwasserinstallation, wodurch das Legionellenpotenzial steigt
- Die Relevanz der Thematik Legionellen wird zukünftig zunehmen, u.a. durch Klimaveränderung und Ausbau Wärme emittierender Infrastruktur

Fazit

- Der Vermehrungsprozess von Legionellen findet in bestimmten Amöben statt und ist daher komplexer als von vielen anderen Bakterien
- Vermehrung in technischen Anlagen mit Biofilm und Temperaturen von 25–40/45 °C
 - Keine relevante Vermehrung unter 20 °C
 - Hemmung ab 50 °C, Absterben ab > 60 °C
- Bei der Beurteilung von Befunden sind die Randbedingungen, insbesondere Rohrdimension und Fließbedingungen zu beachten
- Durch die zunehmende Erwärmung der Umwelt und die Absenkung der Temperaturen im Warmwasserbereich sind Legionellen ein wichtiges Zukunftsthema für die Trinkwasserversorgung
- Die Bewertung unterschiedlicher Spezies der Legionellen (anisa vs. pneumophila) ist zu diskutieren

Kontakt

Dr. Andreas Korth
Abteilungsleiter Wasserverteilung
Außenstelle Dresden
+49 351 8521154
andreas.korth@tzw.de

FORSCHEN
BERATEN
PRÜFEN
www.tzw.de