

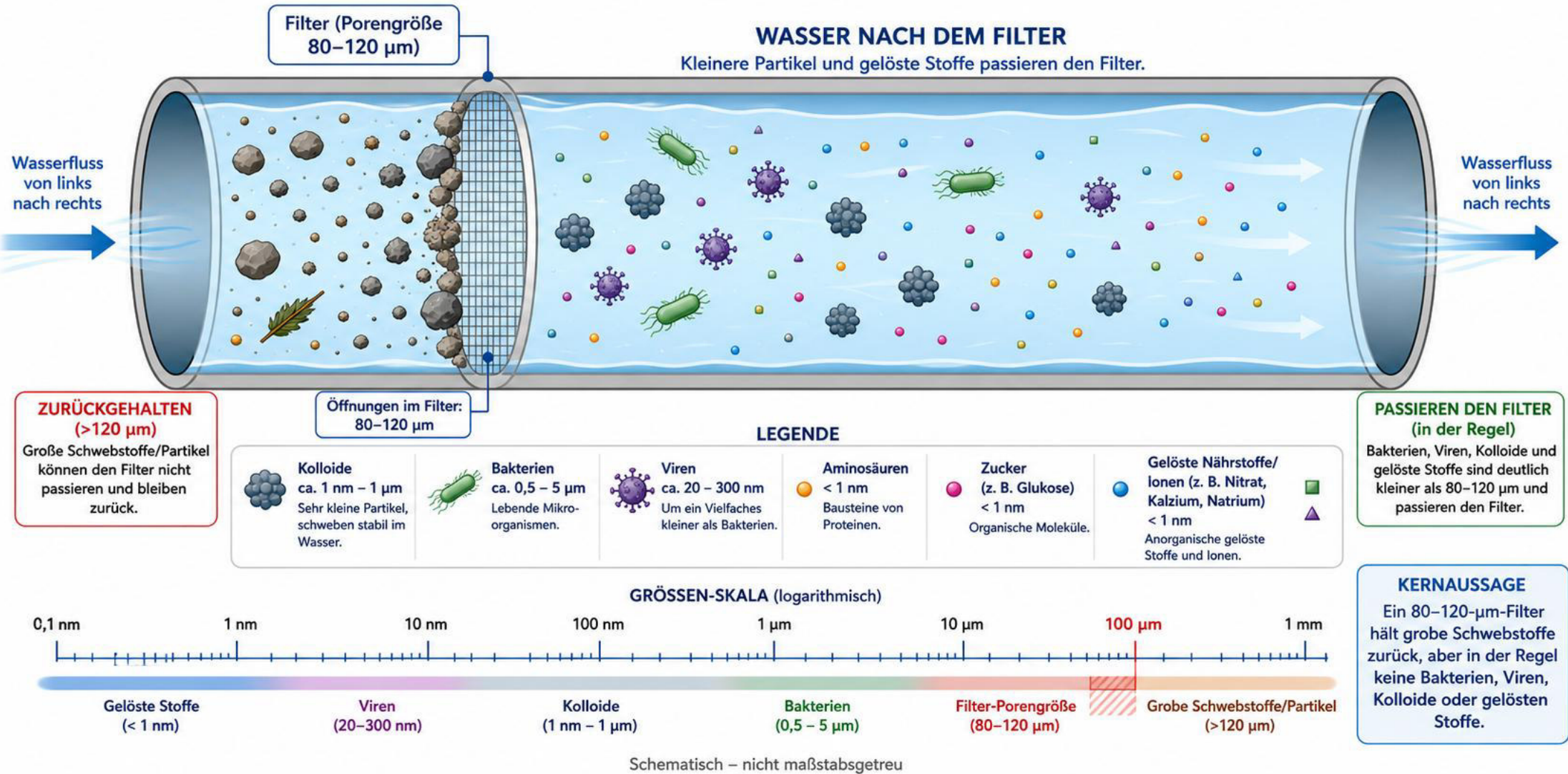


Trinkwassertag 2026 des VFGL e.V. – 10. September 2026
Veranstaltungsort: Hotel an der Wasserburg – Wolfsburg

Partikel und Biomasse in Trinkwasserinstallationen. Wichtige Faktoren zur Hygienesicherheit!

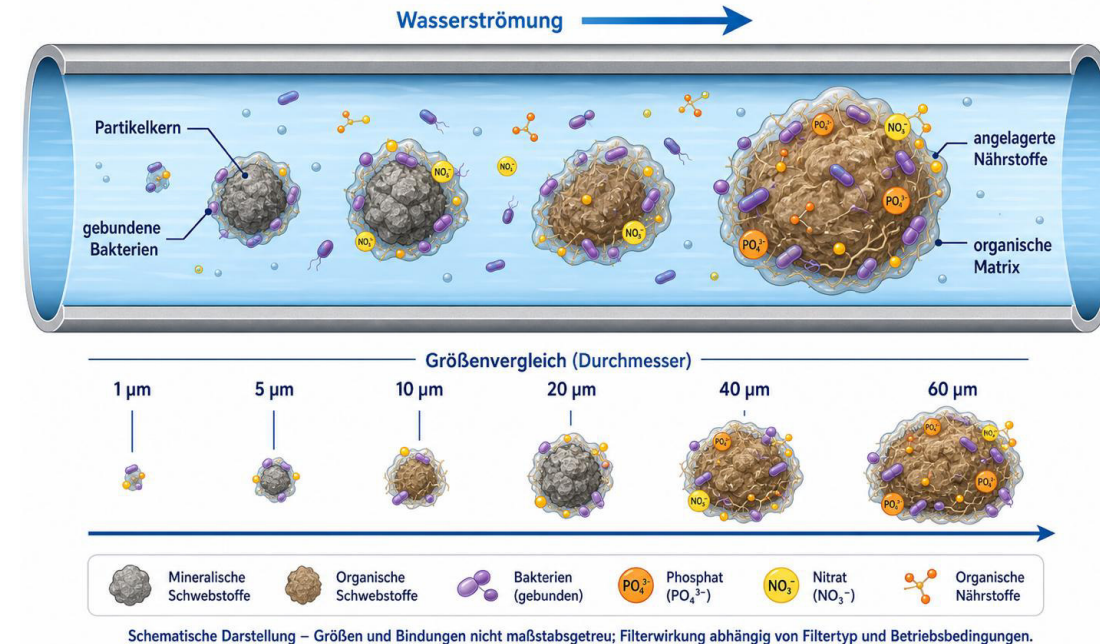


Ein 80–120- μm -Filter hält viele grobe Schwebstoffe zurück, lässt jedoch kleinere Partikel und gelöste Stoffe passieren.



Relevanz von Partikeln in der Trinkwasserinstallation.

- Partikel können Nährstofflieferanten für unerwünschte Mikroorganismen sein.
- Mikroorganismen können an Partikel gebunden oder bei Flockenbildung in diese eingeschlossen sein.
- Partikel verursachen Nutzerbeschwerden durch Färbung.
- Partikel bedingen einen höheren Desinfektionsmittelbedarf. Studien zeigen, dass die Desinfektionsmittelmenge um ca. 50% reduziert werden kann.¹⁾ ! DBPs!
- Vermehrtes Vorkommen von Mikroplastik.
- Ein wichtiges (Teil)Schutzziel wäre ein möglichst partikelarmes Trinkwasser zur Verbesserung der Trinkwasserqualität!



„Erhöhte Partikellast im Bereich von ca. 1 bis 60 µm kann Biofilm, Schutzräume und Keimtransport fördern und damit das Legionellenrisiko erhöhen.“

1) M.Marechal et.al.; Characterization and chlorine reactivity of particulate matter released by bathers in indoor swimming pools, Chemosphere, Volume 313, 2023, Elsevier

Messtechnik zur Partikelzählung im Trinkwasser.

- Zur Beurteilung oder Optimierung des Aufbereitungsprozesses bei den Versorgern ist es erforderlich, den Gehalt an Partikel analytisch zu bestimmen.
- Partikelzählung etwa im Bereich $> 1\mu\text{m}$ bis ca. $60\mu\text{m}$ im Sinne einer hygienischen Relevanz sinnvoll, ein größeres Spektrum wäre möglich. Übliche Messbereiche: 1 bis $100\mu\text{m}$.
- „Hintergrundwerte“ variieren in Studien: von 20 bis 500 Partikel/ml oder auch ca. 500.000 Partikel/l! Diese Hintergrundwerte wurden bei Untersuchungen in Wasserverteilsystemen von Versorgern und von Schwimmbadwässern mit unterschiedlicher Aufbereitung (von Sand- bis UF-Filter) festgestellt.

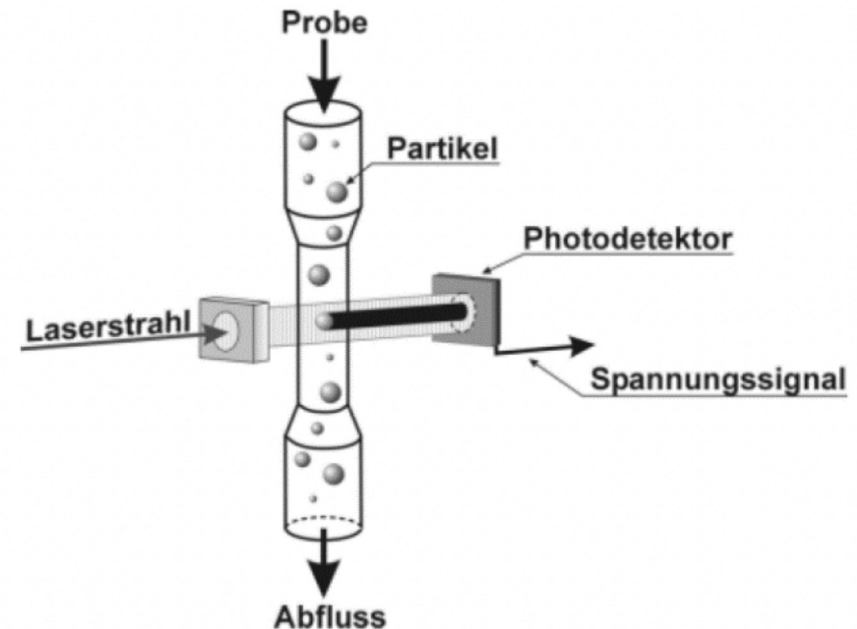


Bild: Werkbild DVGW W 213-6, Überwachung mittels Trübungs- und Partikelmessung, 2021, S.18

Partikuläre Eigenschaften in Trinkwasserinstallationen.

1. 1 bis 5 μm

- besonders relevant für das Aerosol- und Inhalationsrisiko.
- kann Keime gut mitführen.
- oft „analytisch unsichtbar“, wenn nur die Trübung betrachtet wird.

2. 5 bis 20 μm

- häufig biofilm- und sedimentationsassoziiert.
- wichtig für Aggregat-/Flockenbildung und Schutz vor Desinfektion.

3. 20 bis 60 μm

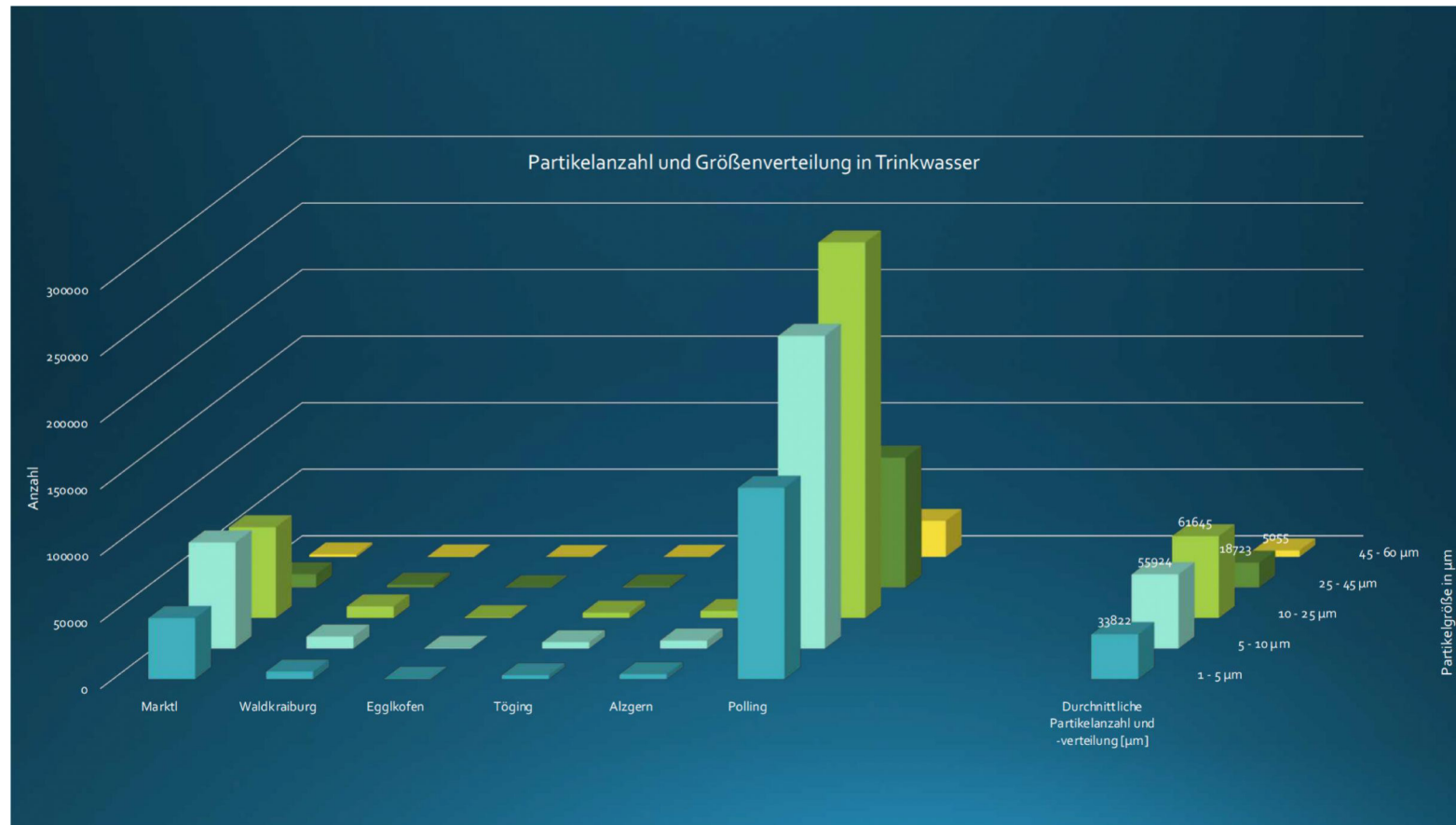
- eher als Sediment-, Korrosions- oder Ablagerungspartikel.
- relevant für Ablagerungen, Stagnationszonen und Partikelfreisetzung.
- können bei Störung plötzlich große Keimmengen freisetzen.

Bedenke! – Partikel können die mikrobiologische Risikolage deutlich verändern!

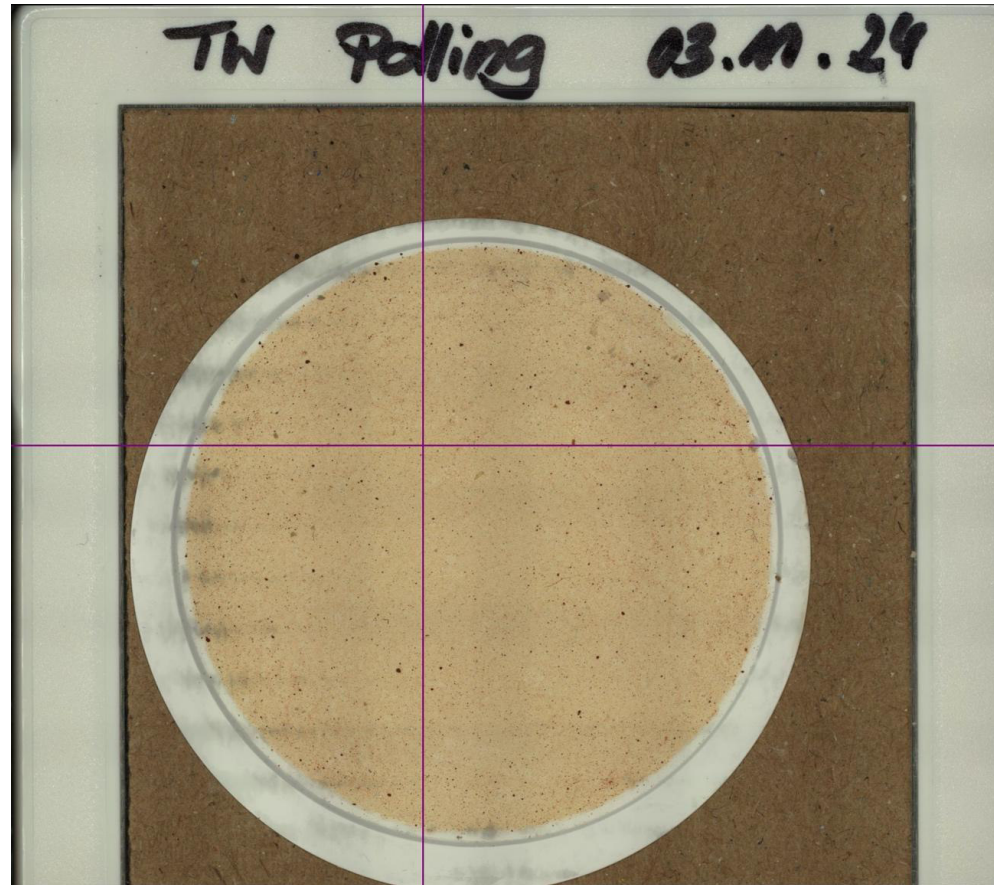
Rolle von Partikeln bei Legionellenvorkommen in der TRWI.

- Trägerfunktion: Feinpartikel können Legionellen an sich binden und so im Wasser transportieren (Zirkulationsleitung).
- Schutzwirkung: In Partikeln oder an deren Oberfläche sind Bakterien teilweise vor Desinfektionsmitteln, Temperatur und Scherkräften geschützt.
- Biofilmförderung: Partikel dienen als Anheftungsfläche für Biofilme, in denen sich Legionellen bevorzugt vermehren.
- Nährstoff- und Ablagerungsquelle: Korrosionsprodukte, Kalk und Sedimente fördern Ablagerungen, in denen sich Legionellen und ihre Wirte, z.B. Amöben, ansiedeln können.
- Freisetzung bei Betriebseinflüssen: Durch Strömungsschwankungen, Temperaturwechsel oder Wartungsarbeiten können Partikel und die daran gebundenen Keime wieder gelöst werden.

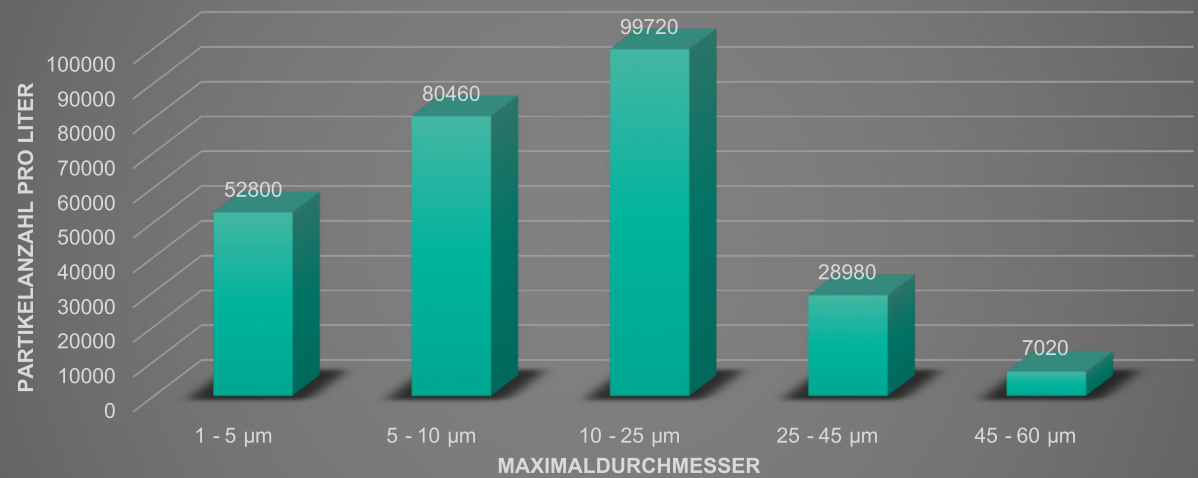
Partikel-Stichproben aus privaten Trinkwasser-Installationen im Rahmen der Methodenentwicklung.



Filterprobe aus Trinkwasserinstallation – Korrosionspartikel.

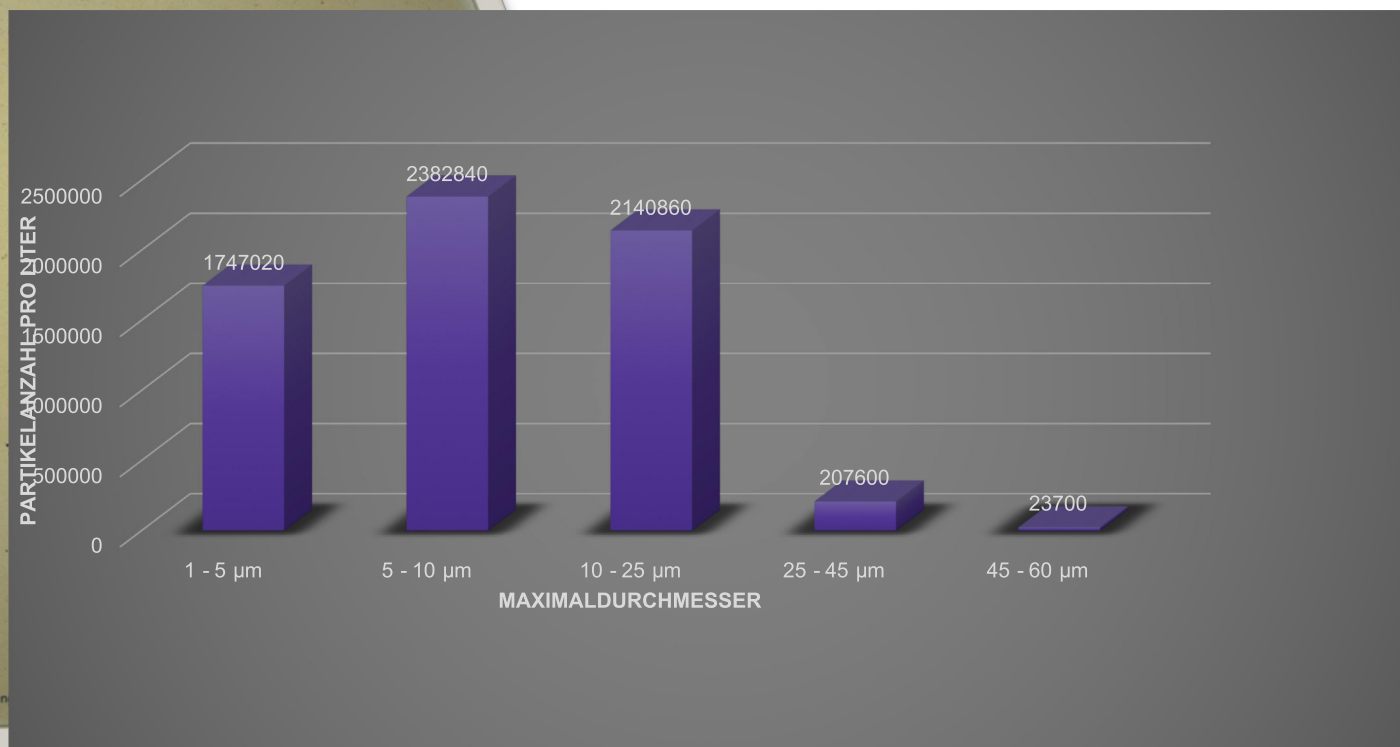


PWC – nach Zähler.

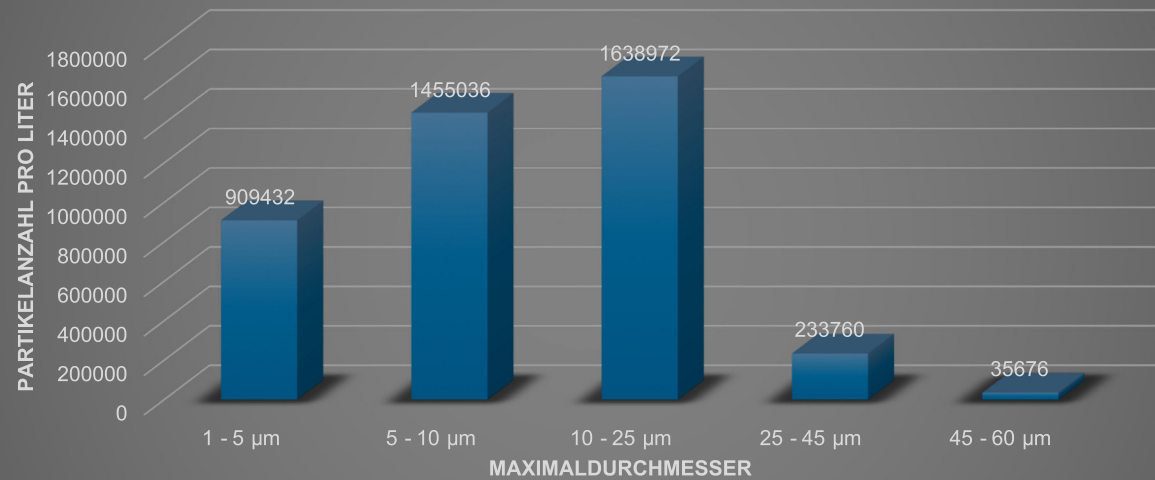
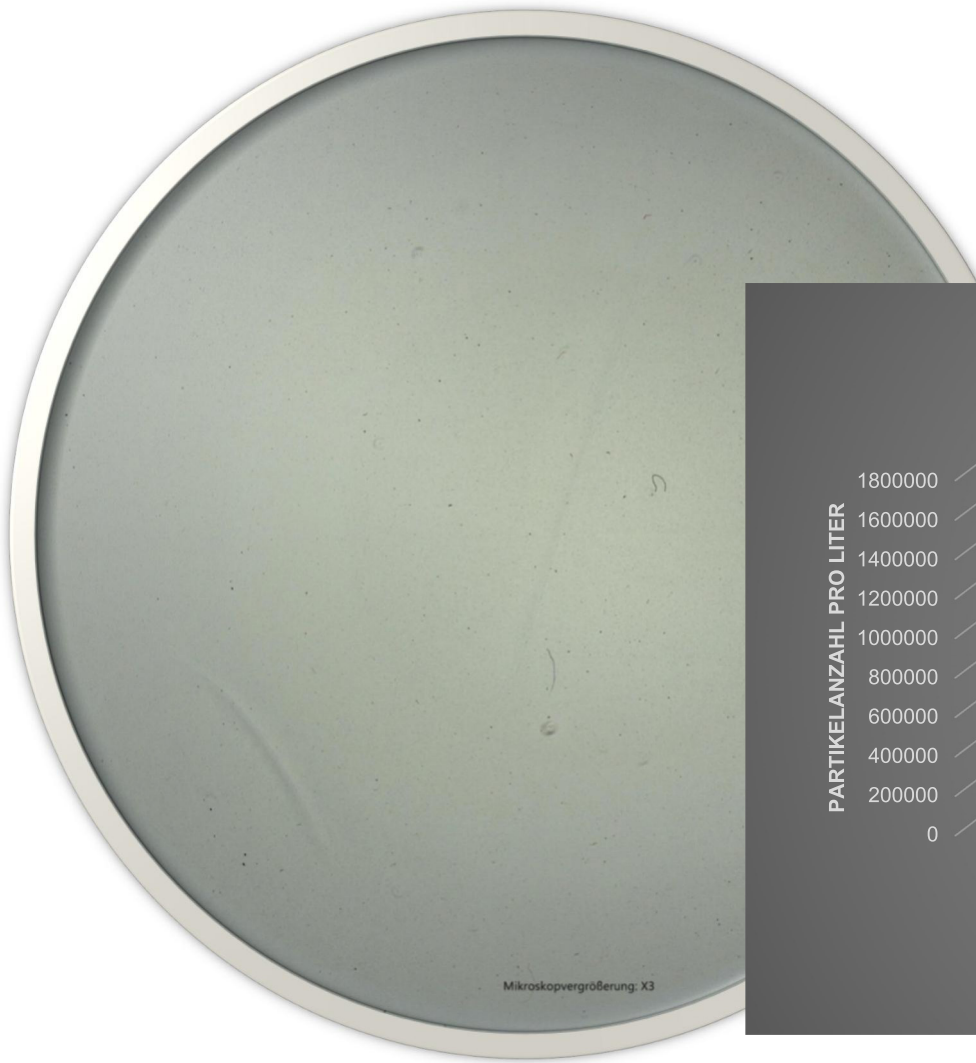


Mikroskopvergrößerung:

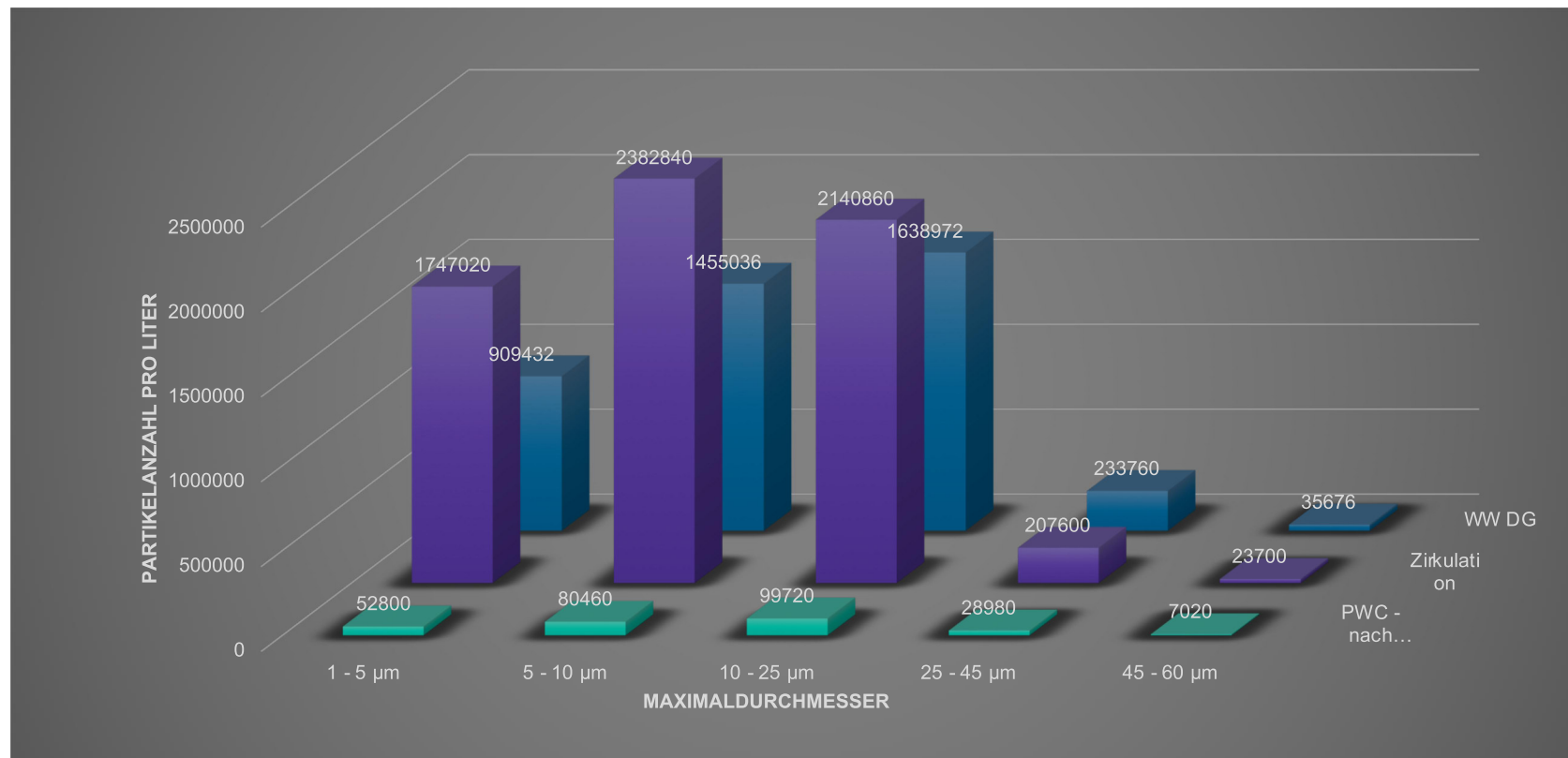
Zirkulation.



WW – DG-Wohnung.



Überblick der Partikellast im untersuchten Objekt.



Höhere Partikel im Warmwasser!

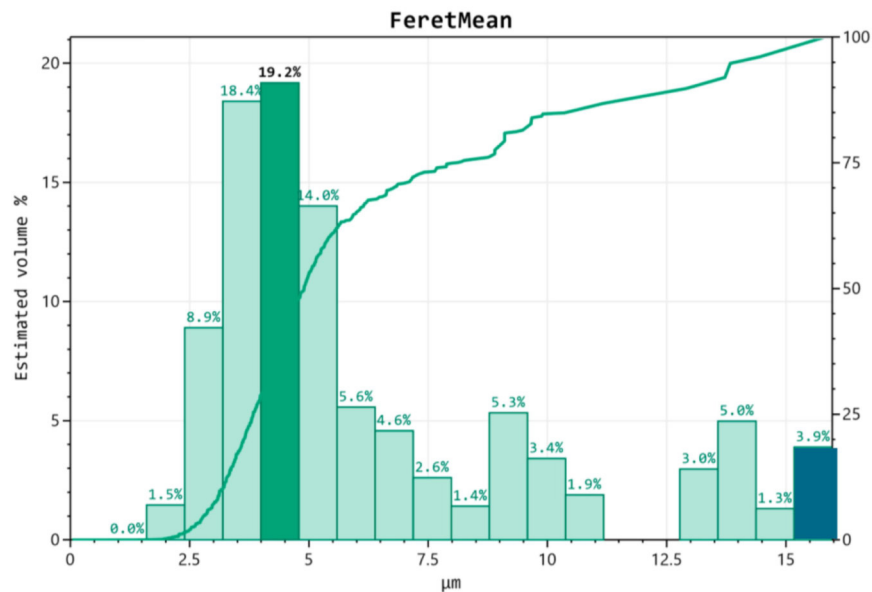
1. **Höhere Temperatur beschleunigt Korrosion und Materialalterung.**
 - bei warmen Wasser laufen chemische Reaktionen schneller ab.
 - Metalle können stärker korrodieren, dabei entstehen feine Korrosionspartikel.
 - Auch Dichtungen, Kunststoffe und Beschichtungen altern bei Wärme schneller.
2. **Kalk- und Mineralausfällungen nehmen zu.**
 - Warmes Wasser kann gelöste Stoffe schlechter in Lösung halten.
 - Vor allem Calciumcarbonat fällt bei Erwärmung leichter aus.
 - Diese Kalkpartikel liegen häufig genau im Mikrometerbereich.
3. **Biofilm und mikrobielles Wachstum.**
 - Temperaturen im Warmwasserbereich fördern häufig Biofilmwachstum.
 - Biofilm kann sich lösen und wird dann als feine Partikel ins Wasser abgegeben.
4. **Ablösung von Ablagerungen in Leitungen und Speicher.**

In Warmwasserspeichern, Zirkulationsleitungen und Armaturen setzen sich mit der Zeit Sedimente ab (Durch Druckstöße, Strömungsschwankungen, Temperaturwechsel oder Wartungseinflüsse können diese aufgewirbelt werden).
5. **Längere Verweilzeiten und Zirkulationssysteme.**

Warmwasser ist länger im System als Kaltwasser und hat mehr Kontakt mit den Innenoberflächen. Mehr Kontakt bedeutet auch mehr Möglichkeit zur Partikelbildung und –freisetzung.

Präzise Auswertung von partikulären Prüfergebnissen.

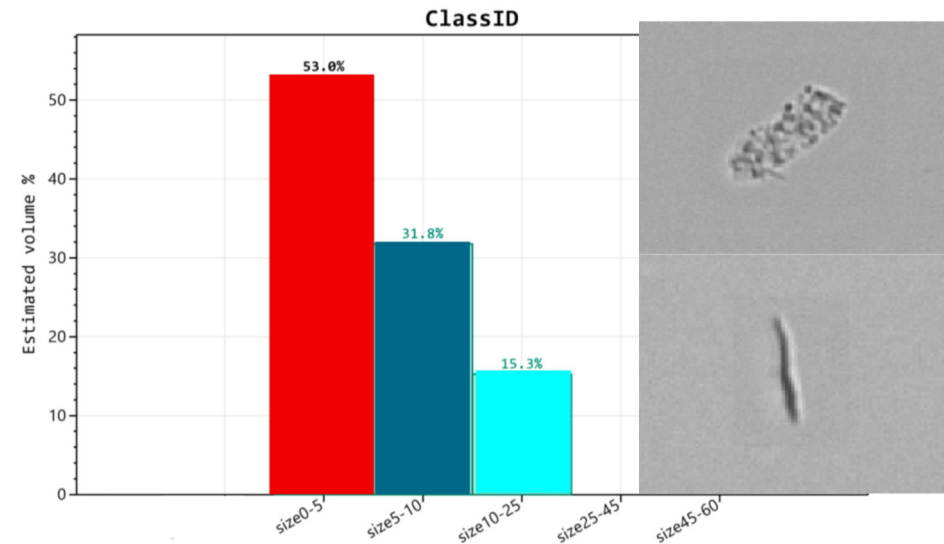
Volume weighted results (1189 particles)



Volume distribution:
Objects = 1189
Mean = 6.37 µm
Median = 4.89 µm
DV₁₀ = 3.16 µm
DV₅₀ = 4.89 µm
DV₉₀ = 12.99 µm

Particles count = 4.97e+5 /mL
size0-5 = 4.38e+5 /mL (Red)
size5-10 = 5.64e+4 /mL (Blue)
size10-25 = 2.93e+3 /mL (Cyan)
size25-45 = 0.00e+0 /mL (Magenta)
size45-60 = 0.00e+0 /mL (Yellow)
above60 = 0.00e+0 /mL (Green)

Volume weighted results (1189 particles)



Volume distribution:
Objects = 1189
Mean = 6.37 µm
Median = 4.89 µm
DV₁₀ = 3.16 µm
DV₅₀ = 4.89 µm
DV₉₀ = 12.99 µm

Particles count = 4.97e+5 /mL
size0-5 = 4.38e+5 /mL (Red)
size5-10 = 5.64e+4 /mL (Blue)
size10-25 = 2.93e+3 /mL (Cyan)
size25-45 = 0.00e+0 /mL (Magenta)
size45-60 = 0.00e+0 /mL (Yellow)
above60 = 0.00e+0 /mL (Green)

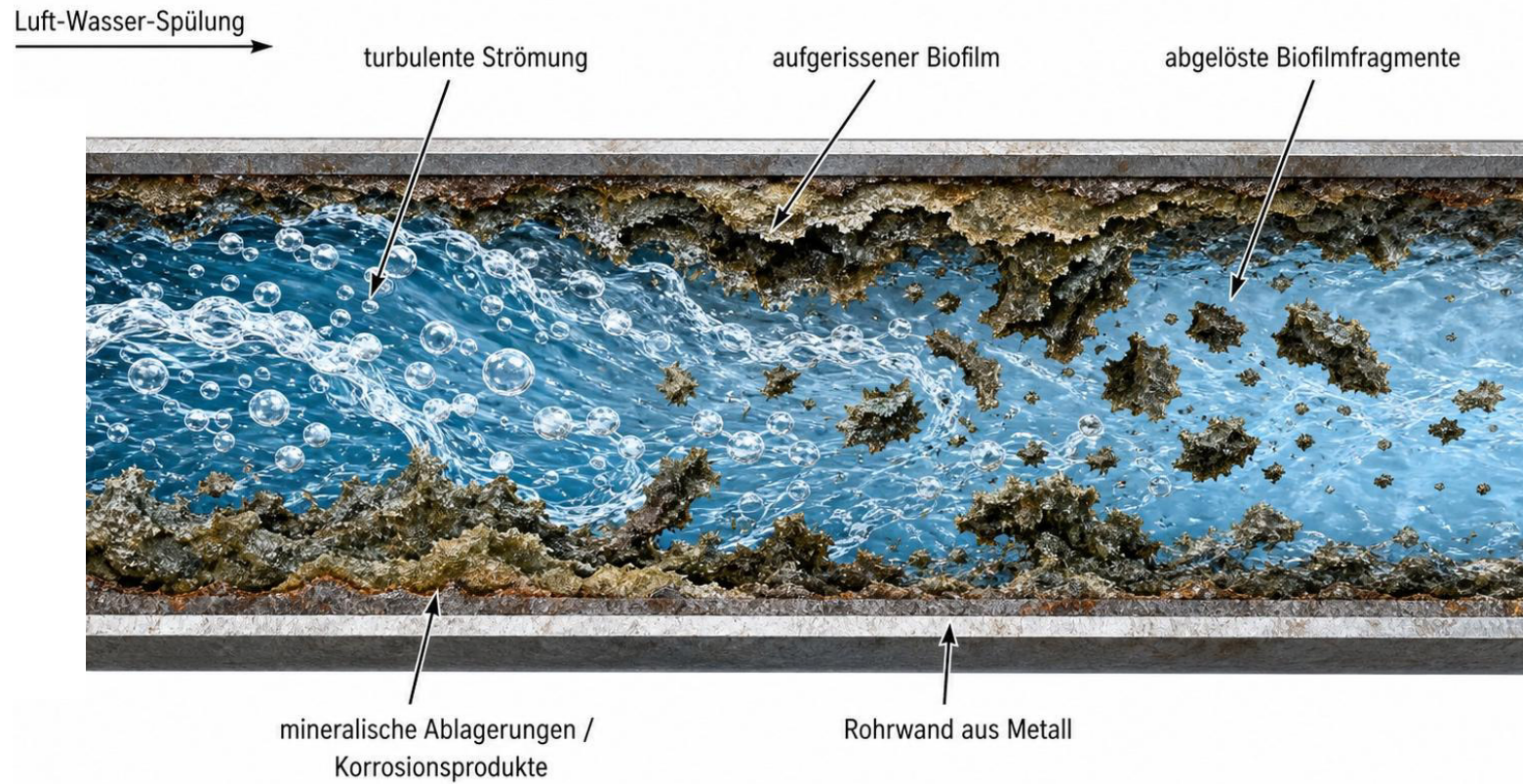
Partikelmessungen: QS-Maßnahme bei Spüldienstleistungen?



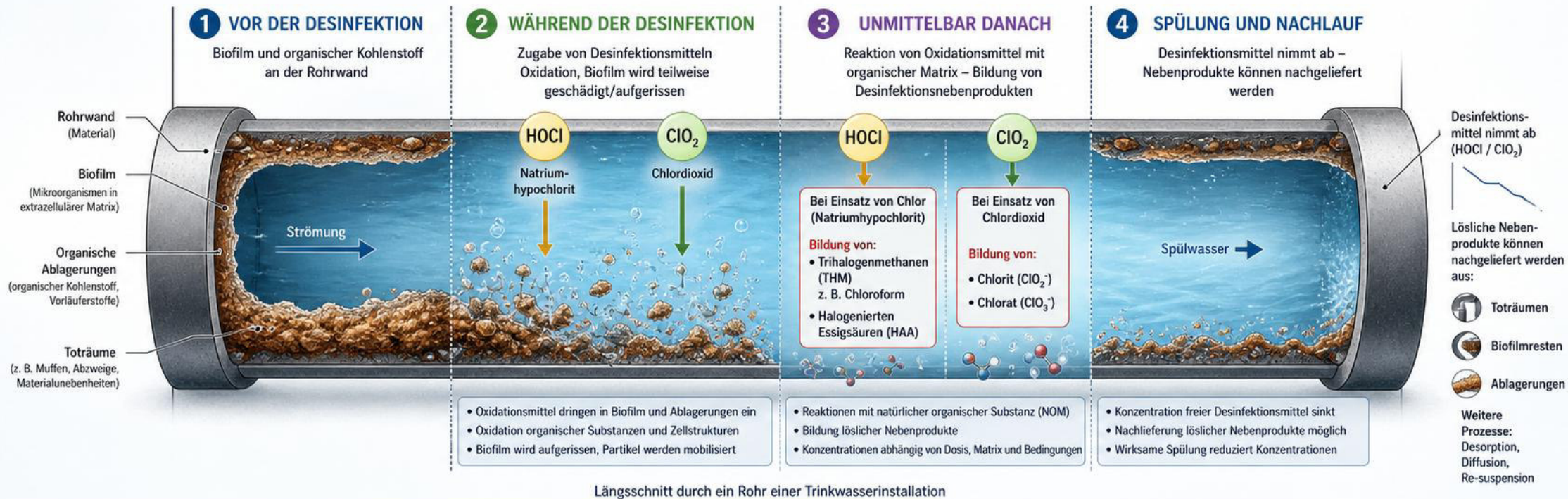
Bild: Hammann GmbH

- Das Luft-Wasser-Spülen von Trinkwasserinstallationen ist eine sehr effektive Maßnahme zur Reduktion von mikrobiellen Kontaminationen (Biofilmaustrag!).
- Luft-/ Wasserspülung ist Goldstandard!
- Bisher keine validierten Untersuchungsmethoden für die Reinigungseffizienz verfügbar – es werden bis jetzt Trübungsmessungen und mikrobielle Untersuchungen zur QS angewendet.
- Eine Partikelmessung in Verbindung mit der Überprüfung des freien und intrazellulären ATP-Gehalts vor- und nachher ist als QS-Maßnahme sehr gut geeignet.

Entfernung von Biofilmen aus Trinkwasserinstallationen.

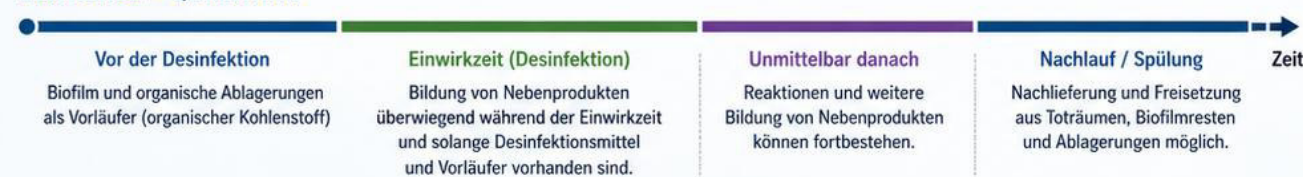


DESINFEKTIONSNEBENPRODUKTE NACH CHEMISCHER DESINFEKTION EINER TRINKWASSERINSTALLATION



Längsschnitt durch ein Rohr einer Trinkwasserinstallation

ZEITACHSE – QUALITATIV



DAUER NICHT PAUSCHAL ANGEIßBAR

Die Dauer der Nebenproduktbildung und Nachlieferung ist abhängig von:

- Dosis der Desinfektionsmittel
- Temperatur
- pH-Wert
- Organische Belastung (NOM)
- Kontaktzeit / Einwirkzeit
- Rohrmaterial
- Durchfluss / hydraulische Bedingungen
- Art und Intensität der Spülung

LEGENDE

- Strömung / Spülrichtung
- ↔ Prozesse / Reaktionen
- Desinfektionsmittel
- Nebenprodukte
- Organische Partikel / Ablagerungen

WARNHINWEIS: FREIGABE ERST NACH FACHGERECHTER SPÜLUNG UND ANALYTISCHER KONTROLLE

Nebenprodukte können gesundheitlich relevant sein. Die Trinkwasserinstallation erst nach vollständiger Spülung und analytischer Kontrolle gemäß geltender Regelwerke wieder in Betrieb nehmen.



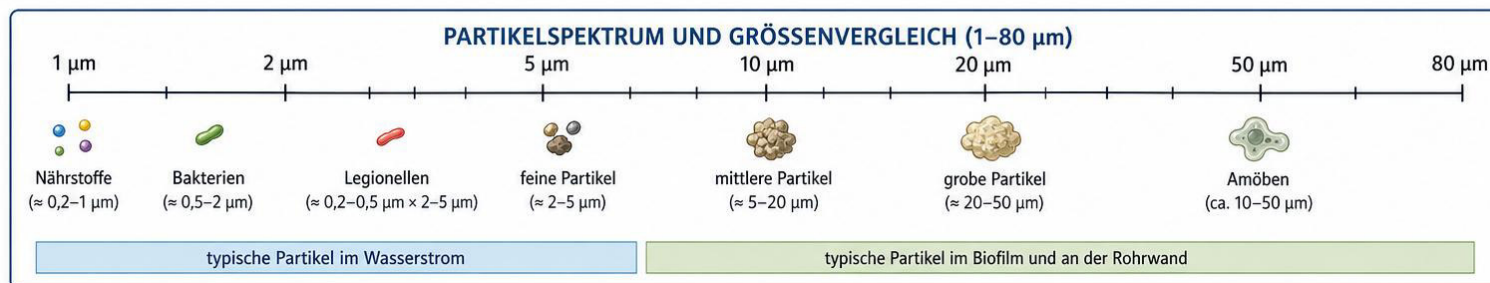
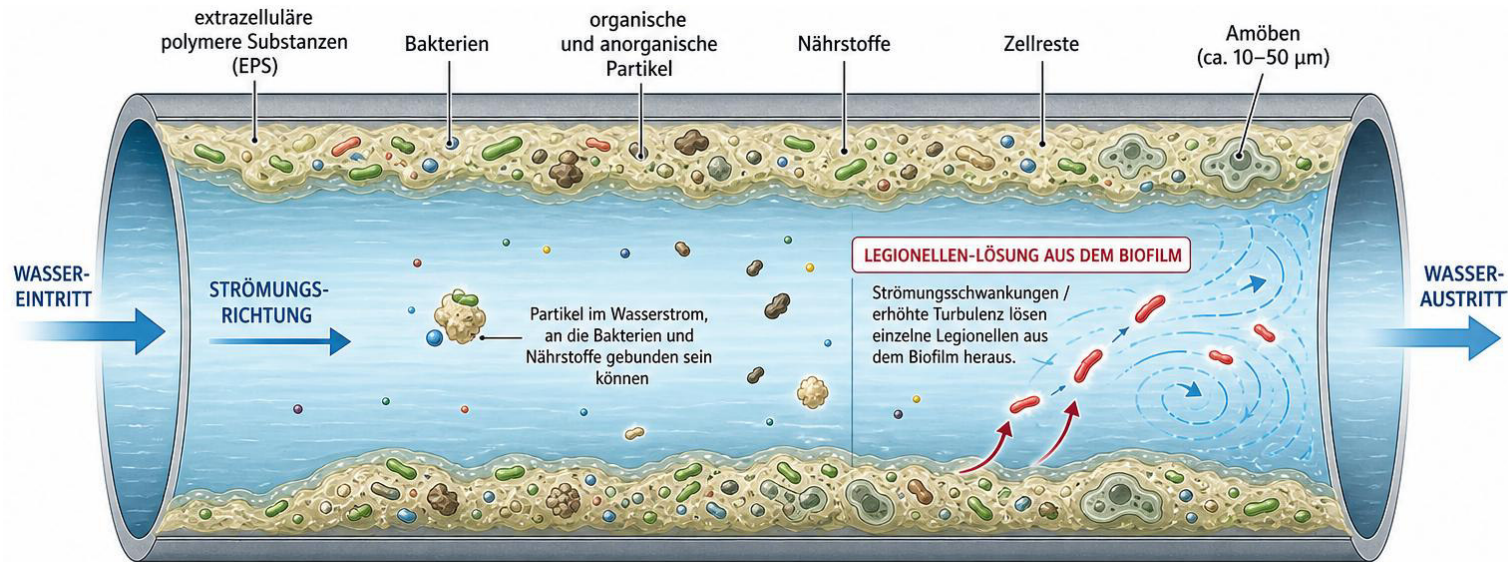
ZIEL: Reduktion von Biofilm, Keimen und organischer Belastung – bei kontrollierter Nebenproduktbildung durch angepasste Desinfektion und wirksame Spülung.

Hinweis: Darstellung schematisch – nicht maßstabsgetreu.

Biomasse und Biofilme in Trinkwasserinstallationen.

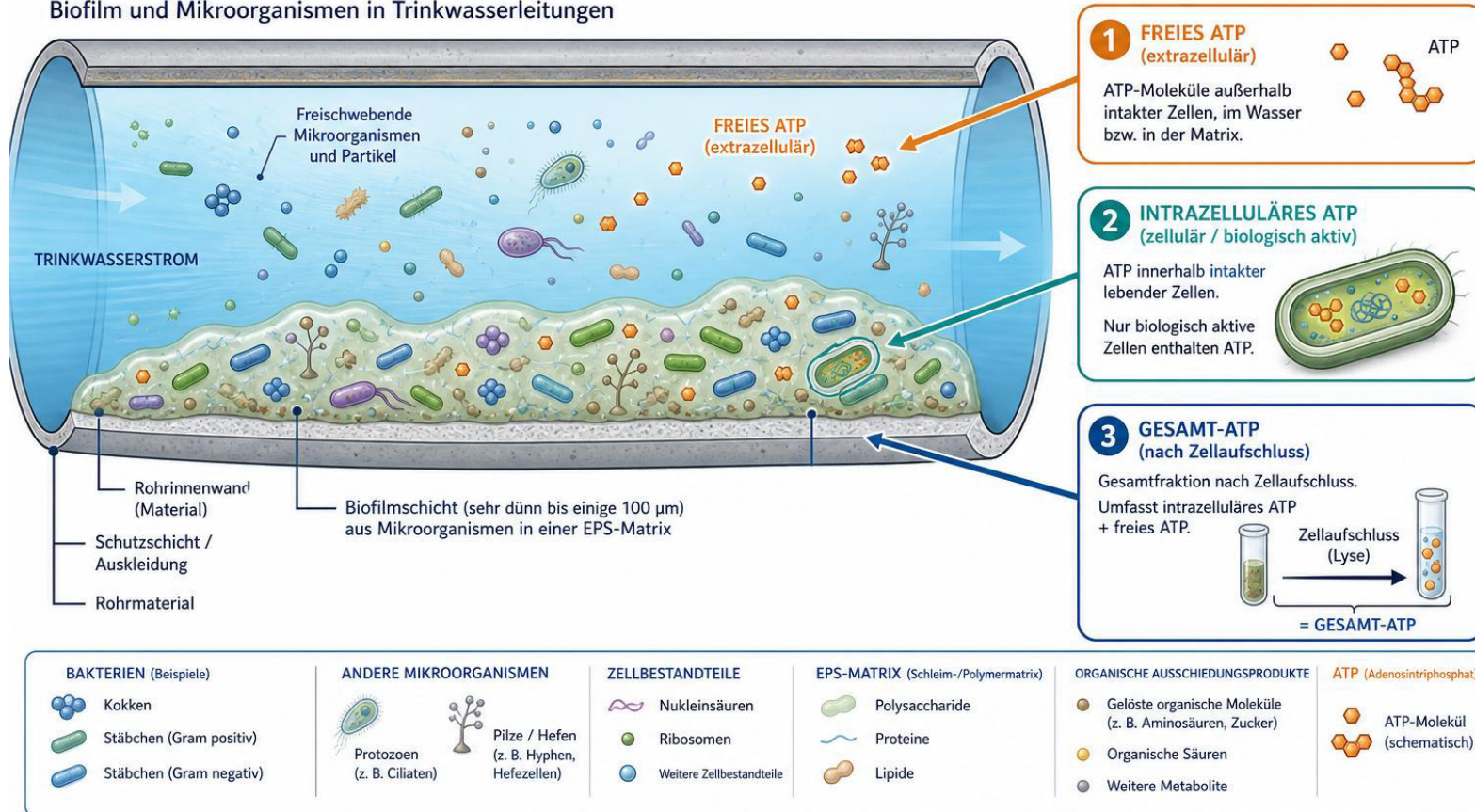
Biomasse	Biofilm
▪ Gesamtheit der biologischen Substanz, ▪ umfasst lebende und abgestorbene Mikroorganismen sowie Zellwandbestandteile (z.B. Bakterien, Einzeller...), ▪ Kann frei im Wasser, an Partikel gebunden oder an Oberflächen angelagert vorliegen, ▪ ATP dient als Summenparameter zur Abschätzung der biologisch aktiven bzw. zellulär vorhandenen Biomasse.	▪ An Oberflächen anhaftende, organisierte Lebensgemeinschaft von Mikroorganismen, ▪ Eingebettet in eine selbst gebildete Matrix aus extrazellulären polymeren Substanzen (EPS), ▪ EPS besteht aus Polysacchariden, Proteinen, Lipiden, Nukleinsäuren und Wasser, ▪ Kann zusätzlich Partikel, Korrosionsprodukte und organische Stoffe einlagern, ▪ Besiedelt bevorzugt Rohrwandungen, Armaturen..... ▪ Bestandteile können freigesetzt werden.

Wie viel Biomasse haben wir in unseren Systemen?



ATP (Adenosintriphosphat) zur Abschätzung der Biomasse.

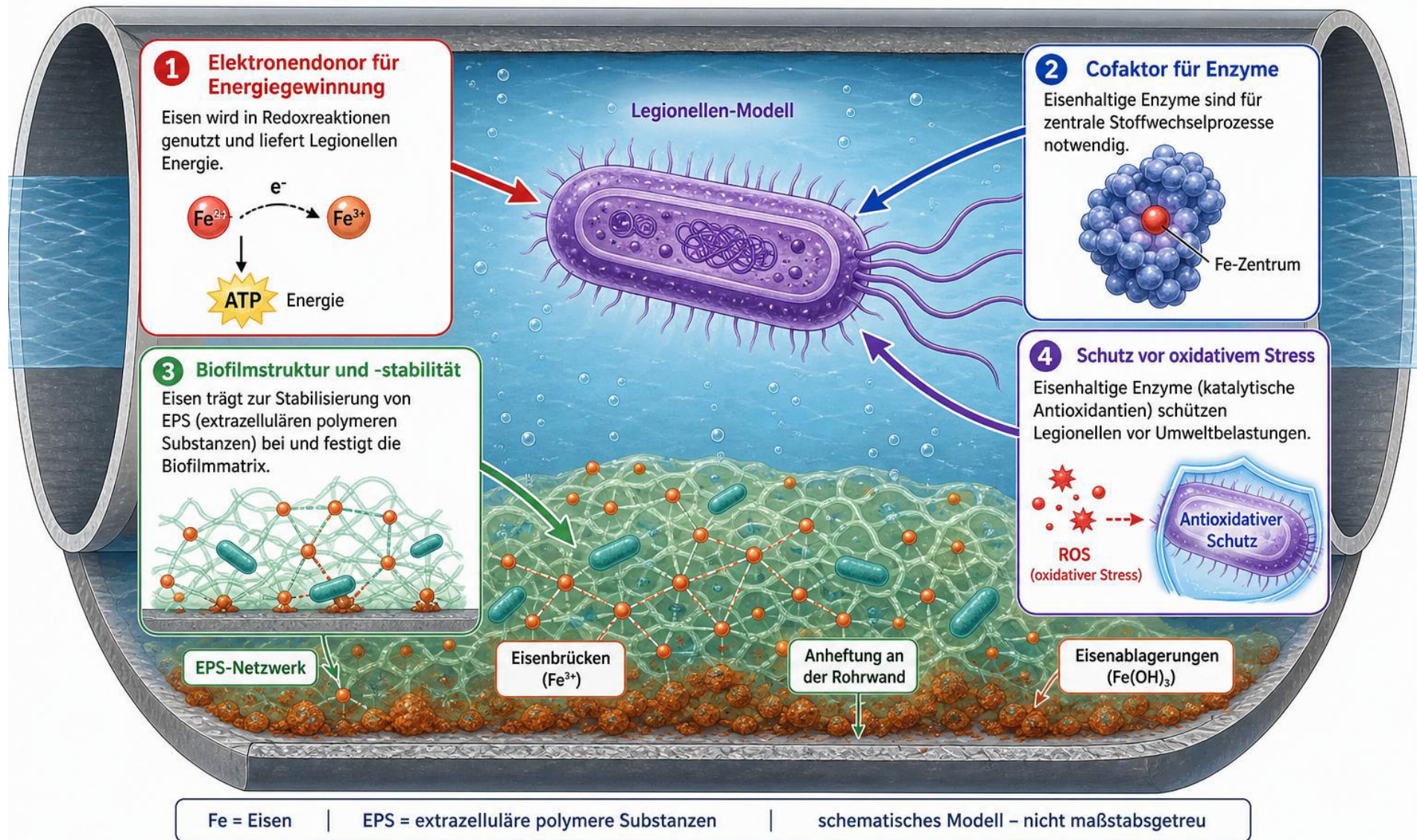
Biofilm und Mikroorganismen in Trinkwasserleitungen



ATP ist ein schneller Summenparameter zur Abschätzung biologisch aktiver bzw. zellulär vorhandener Biomasse.

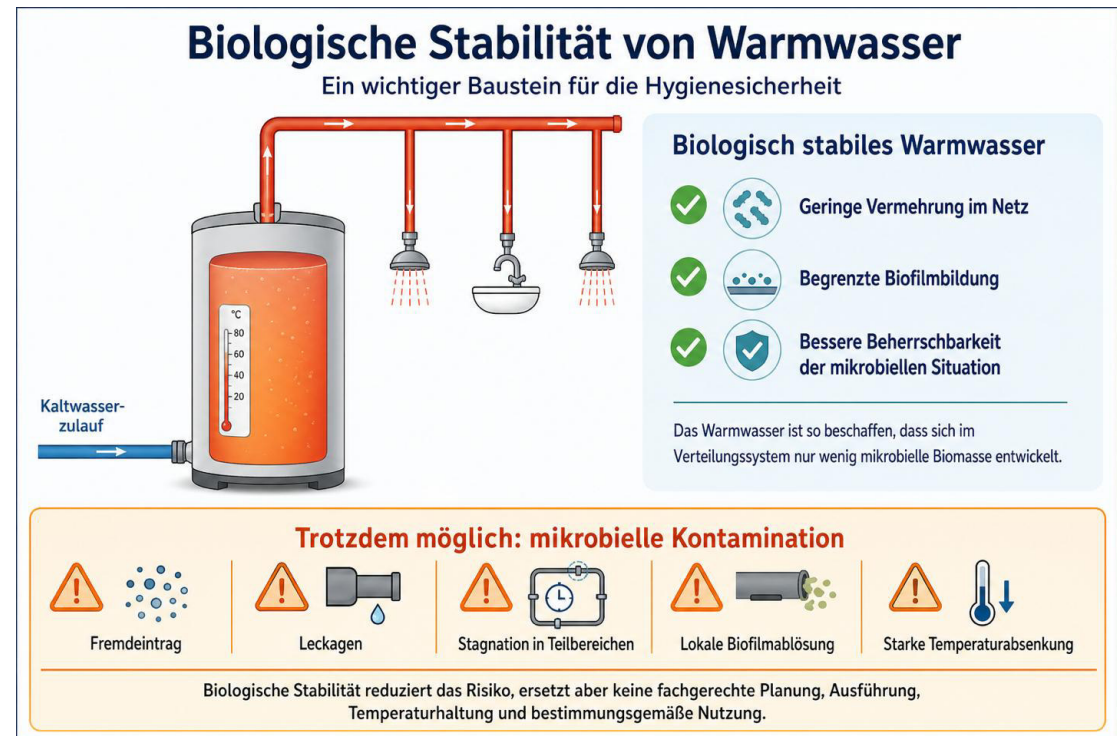
ATP weist keine bestimmten Mikroorganismen nach und ersetzt weder kulturelle, molekularbiologische noch hygienisch-mikrobiologische Untersuchungen.

Biologische Rolle von Eisen in Trinkwasserinstallationen



Wie ist der Informationsgehalt von periodischen Untersuchungen nach TrinkwV einzuschätzen?

- Oberstes Gebot: Eine Trinkwasserinstallation muss **sicher** sein!
- Periodische Untersuchungen sind **Momentaufnahmen!**
- Information zu Biomasse und Wiederverkeimung?
- Die Risikoabschätzung nach TrinkwV beschreibt im Wesentlichen den technischen Zustand und die Betriebsbedingungen (Zuordnung von Prüfergebnissen im Kontext?).
- Ein **mehrdimensionaler** Bewertungsindex schafft Wissen zum Wiederverkeimungspotential und zur Betriebssicherheit!



Der BSI – Biologischer Stabilitäts Index TRWI.

Wissenschaftlich basiertes **Scoring-System** zur Bewertung des Legionellen-Wachstumspotentials für Trinkwasserinstallationen in Gebäuden.

Prüfparameter	Beschreibung
Temperatur	Hauptfaktor für Legionellen-Wachstum, steuert enzymatische Aktivität und Membranfluidität.
$ATP_{Ges} = iATP + fATP$	ATP_{Gesamt} gesamte mikrobielle Biomasse, Unterscheidung von aktivem und stagnierendem Biofilm im BSI ebenfalls berücksichtigt.
DOC + AOC	Gelöste und assimilierbare organische Stoffe (Zucker, Aminosäuren....), hohes DOC = mehr Nährstoffe.
Partikel 1 bis 60 Mikrometer	Unterscheidung in 4 Größenklassen (1 bis 5, 5 bis 10, 10 bis 30, 30 bis 60 μm). Partikelzahl + Volumengewichtung.
Gesamt-Eisen; gelöstes Eisen	Legionellen haben Eisen-Transporter, Fe^{2+} hochgradig verfügbar! K-Faktor = Bioverfügbarkeitskorrektur.
Legionellen	Hohe Gewichtung, 4 Scoring-Klassen gem. DVGW W551-1
BAP – Biofilm Activation Potential (AOC x Fe)	Synergistischer Verstärker, Legionellen-Wachstum ist nicht additiv, sondern multiplikativ abhängig von Nährstoffen und Elektronenakzeptoren ($r=0,91$).

Praxisbeispiel TRWI – BSI-Interpretation

Kaltwasser Hauseingang

Messstelle: Kaltwasser nach Temperaturkonstanz, Probenentnahme nach am Absperrventil

Parameter	Messwert	Einheit	Status
1. Temperatur	14,6°C	°C	
2. ATP-Gesamt	1	Baseline	
3. iATP %	25%	%	Leicht erhöht
4. DOC	0,4	mg C/L	
5. Partikel 1 bis 60 µm	26.463	Partikel/L	Baseline
5. Eisen-Gesamt	0,04	mg/L	Sehr gering Verfügbar
6. Fe-Gelöst (K=25%)	0,01	mg/L	Moderate Löslichkeit
7. Legionellen	n.n.	KBE/100mL	

BSI Berechnung & Biofilm Activation Potential (BAP)

Parameter	Wert	Interpretation
AOC (Näherungswert 15% DOC)	0,06 mg C/L	assimilierbarer Kohlenstoff
BAP	0,15	Nährstoffangebot gering
BSI v2.5 Score	1,8	Routinekontrolle, Trendbeobachtung

Interpretation & Empfehlungen

Ausgezeichnete Wasserqualität, leicht erhöhtes intrazelluläres ATP, sehr geringer Gehalt an Eisen bei moderater Löslichkeit, kein Handlungsbedarf – Routinekontrolle und Trendbeobachtung.

Entfernte Warmwasser-Entnahmestelle (Bad)

Messstelle: Waschtischarmatur, ohne Anbauteile, Temperatur nach 1L Ablauf

Parameter	Messwert	Einheit	Status
1. Temperatur	43,3°C	°C	Probenahme nach 1l Ablauf
2. ATP-Gesamt	3,2×	× Baseline	Erhöhte Biofilmbildung möglich
3. iATP %	68%	%	Hoher zellassoziierter Anteil
4. DOC	1,2	mg C/L	Erhöhtes Nährstoffpotential
5. Partikel 1 bis 60 µm	1,6	× Baseline	Mögliche Mobilisierung des Biofilms
5. Eisen-Gesamt	0,14	mg/L	Deutlich erhöht
6. Fe-Gelöst (K=57%)	0,08	mg/L	Erhöhte Verfügbarkeit
7. Legionellen	240	KBE/100mL	Mittlere Kontamination

BSI Berechnung & Biofilm Activation Potential (BAP)

Parameter	Wert	Interpretation
AOC (Näherungswert 15% DOC)	0,18 mg C/L	Geringes potentielltes Angebot
BAP	7,2	Sehr hohe Synergie
BSI Score	4,9	Erhöhte biologisch Auffälligkeit

Interpretation & Empfehlungen

Erhöhtes Biofilm-Wachstumspotenzial erkannt! Ein hoher prozentualer Wert für iATP sowie der BAP-Wert erfordert macht ein kurzfristiges Handeln notwendig – sehr hohes Aufkeimungspotenzial. Der Volumenanteil von Partikeln ist im Bereich 5 bis 15 µm am Höchsten – biofilm- und sedimentationsassoziiert. Die Temperatur ist für einen Liter Ablauf vor der Probenahme in Ordnung, trotzdem Zielwert nach 3l Ablauf prüfen.

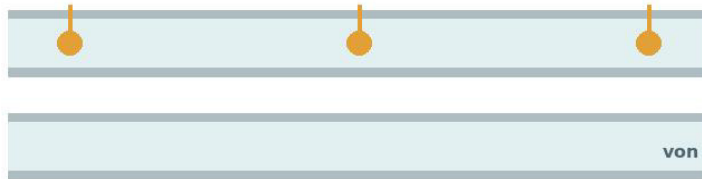
Kurzfristige Reinigung bzw. Desinfektion des Steigstrangs wird empfohlen.

Reaktives Handeln möglicherweise unnütze Kosten

Zustandsinformation der wasserführenden Bereiche unterstützt die Systembeherrschung.

PERIODISCHE ÜBERWACHUNG

Momentaufnahme zur Legionellenproblematik



Einzelne Messpunkte

Ein Messwert beschreibt den Zustand nur zum Zeitpunkt der Probenahme. Veränderungen in anderen Bereichen können unentdeckt bleiben.

- **Spät erkannt**
Auffälligkeiten werden oft erst nach einem Befund sichtbar.
- **Unspezifische Reaktion**
Maßnahmen müssen unter Zeitdruck geplant werden.
- **Kostenrisiko**
Pauschale Eingriffe können unnötige Kosten verursachen.



BIOLOGICAL STABILITY INDEX

Zustandsorientierte Einordnung



Mehrere Zustandsindikatoren zusammenführen

Der Index unterstützt die strukturierte Bewertung biologischer Stabilität und macht Veränderungen sowie Prioritäten im System besser herleitbar.

- **Früher orientieren**
Trends und kritische Konstellationen werden strukturierter bewertet.
- **Konkreter handeln**
Maßnahmen lassen sich auf betroffene Bereiche und Ursachen ausrichten.
- **Gezielter investieren**
Ressourcen werden dort eingesetzt, wo der Handlungsbedarf am höchsten ist.

Kernaussage: Eine zustandsorientierte Bewertung ermöglicht konkretere und besser priorisierte Handlungsmaßnahmen.

Hinweis: Der Biological Stability Index ergänzt die erforderliche fachliche, hygienische und normative Überwachung; er ersetzt sie nicht.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Kontakt:
Dipl.-Ing.(FH) Robert Priller
robert.priller@dfw.info

www.dfw.info