

2024

Berliner **ENERGIETAGE**

Energiewende in Deutschland

EnOB: ULTRA-F – Ultrafiltration als Element der Energieeffizienz in der Trinkwasserhygiene (FKZ: 03ET1617)

Peripherie und 3-Liter-Regel

Untersuchungen im kleintechnischen Maßstab

Autor:innen Nicole Zacharias, Thomas Kistemann, IHPH UK Bonn

Vortragender Thomas Kistemann

Session P.490 Sichere Trinkwasserhygiene und Energieeinsparung - Geht das? – 16. Mai 2024



Fragestellung: Können mittels einer UF- / AF-Anlage die peripheren Leitungen einer kontaminierten Trinkwasserinstallation dekontaminiert werden?

Kann eine solche Dekontamination bei niedrigeren Temperaturen stattfinden?

Wichtige Randbedingungen:

- geringe Entnahme
- stark kontaminierte Systeme mit (Emulator I, IHPH Bonn) bzw. ohne (Emulator II, MiVi Dresden) stetigen Eintrag von Legionellen ins TWI-System
→ **Worst worst** bzw. **Worst Case-Bedingungen**
- Versuche ohne UF1 / UF3 / AF5 = Referenz
- Fokus auf die Befunde in der Peripherie der TWI.

Versuchsaufbau und -durchführung



Peripherie und 3-Liter-Regel Untersuchungen im kleintechnischen Maßstab
UK Bonn, Institut für Hygiene & Public Health / Prof. Dr. Thomas Kistemann M.A.
Berliner Energietage / Session P.490 / 16.05.2024

Folie 3



Versuchsaufbau: Emulatoren

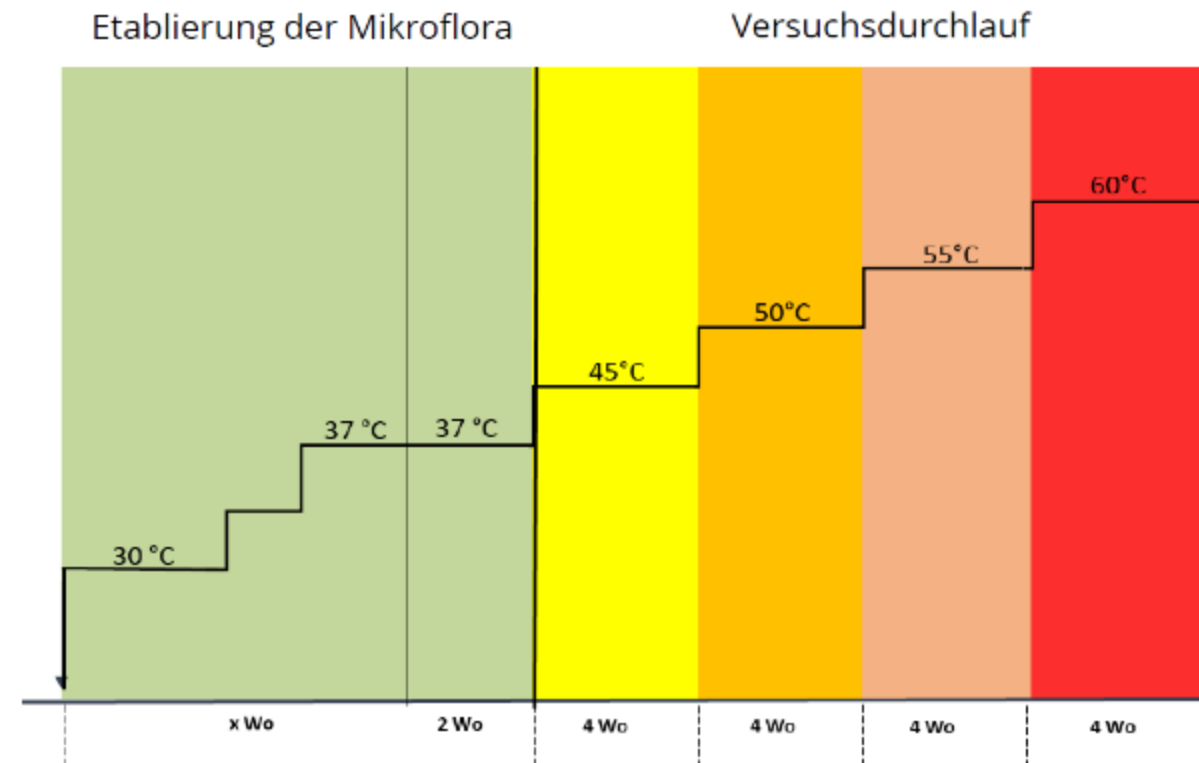


- **Emulator** = System, welches ein anderes in bestimmten Teilaspekten nachbildet. (v.a. in der IT; lat. aemulari, „nachahmen“)
- Kompakte häusliche Trinkwasserinstallation.
- Peripherie:
 - Drei kurze und drei lange Stränge (3,0 L)
 - drei Leitungspaare (jeweils kurzer und langer Strang)
 - Ausgeführt in PE, Edelstahl (EST) bzw. Kupfer (Cu)
- **Geringe Entnahme** → niedrigster EU-reference tapping cycle (EU-r.t.c. type 1): 36,8 Liter/Tag bei 60 °C
- Zentrale Wärmequelle: elektronisch geregelter Durchlauferhitzer
- Keine periphere TWK-Installation

Versuchsdurchführung

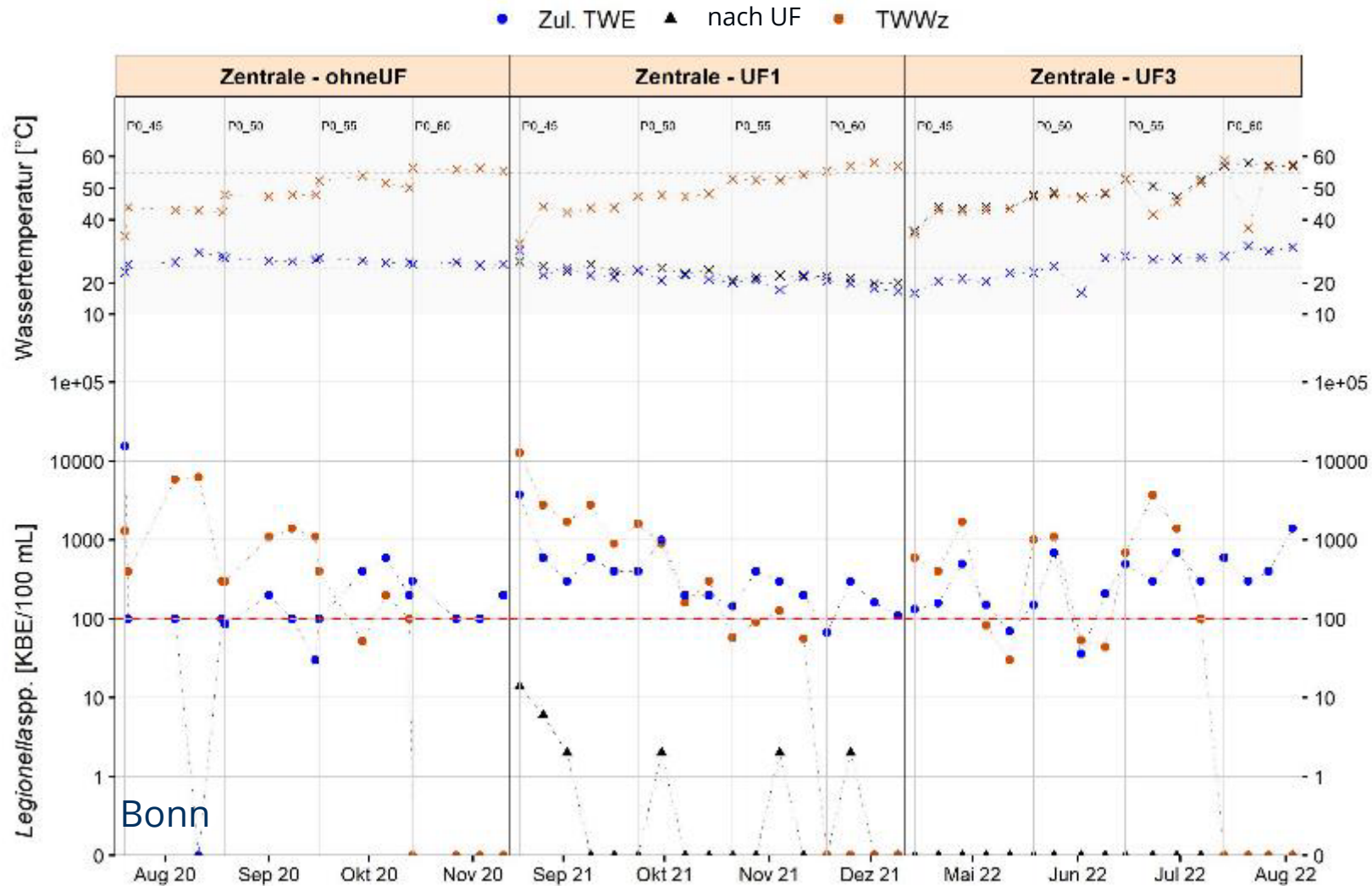
- Stark mit **Legionellen kontaminierte** Systeme = *Worst Case*-Bedingungen.
Etablierung eines Biofilms unter optimalen Wachstumsbedingungen.
 - **Temperaturverlauf ansteigend ≠ Feldversuche**
 - Versuche wegen möglicher Gesundheitsgefährdung nur im Labor möglich.
- **Versuche an zwei Emulatoren**

Versuchsreihe	Emulator I	Emulator II
Standort	IHPH Bonn	MiVi Dresden
Ohne UF / AF	X	X
UF1	X	X
UF3	X	
AF5		X
Vorfilter am Wasser-zufluss (-/+)	Nach Etablierung <u>kein</u> Einbau eines 0,2 µm Filters am Eingang des Emulators: Stetiger Zufluss von Legionellen von außen	Nach Etablierung Einbau eines 0,2 µm Filter am Eingang des Emulators: Verhinderung des Zuflusses von Bakterien von außen



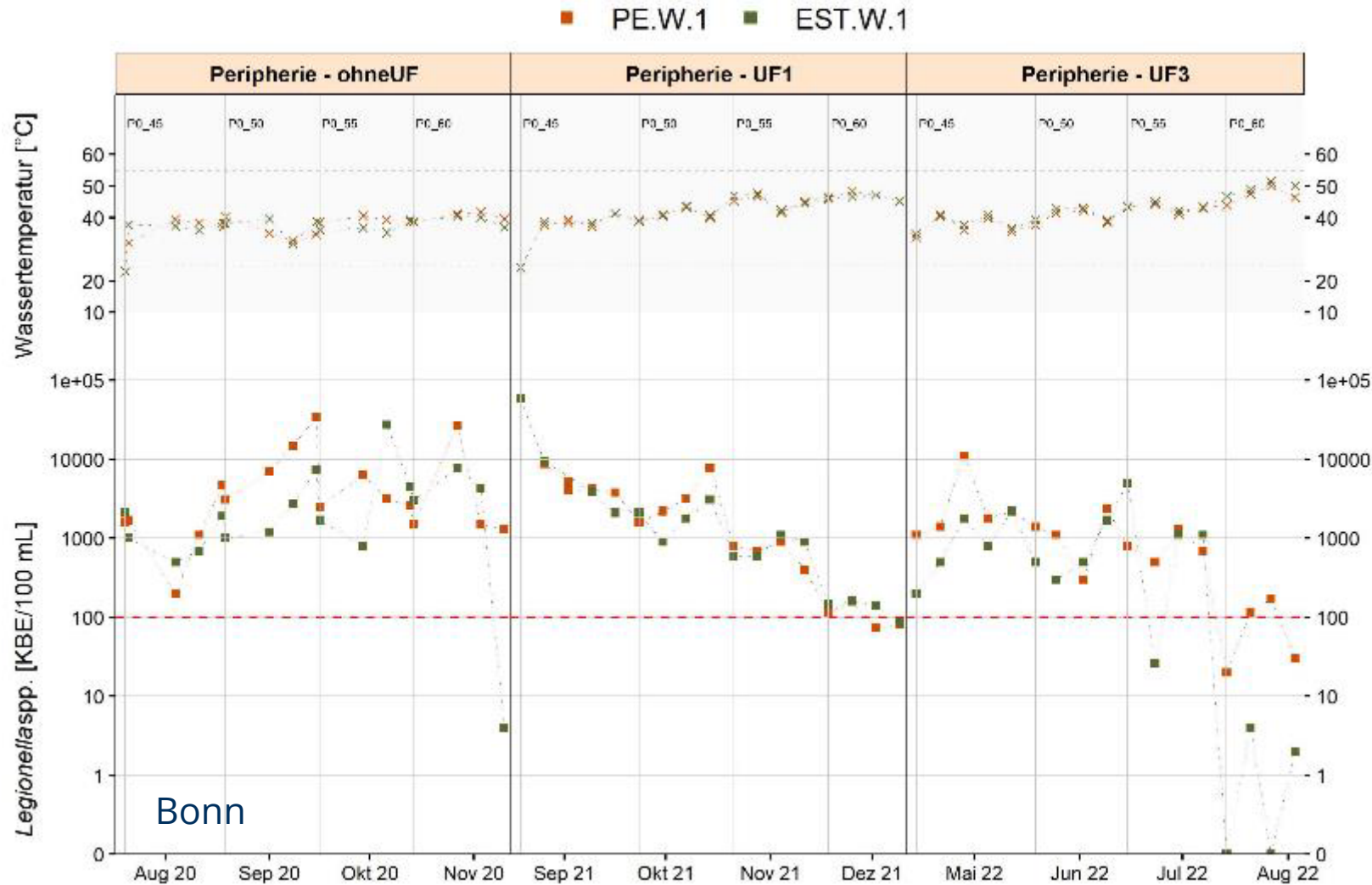
Legionella spp. Kultur und *L. pneumophila* qPCR – Ergebnisse aus der Peripherie der Emulatoren I+II

Emulator I ohne Vorfilter – Legionellen in der Zentrale (Kultur)



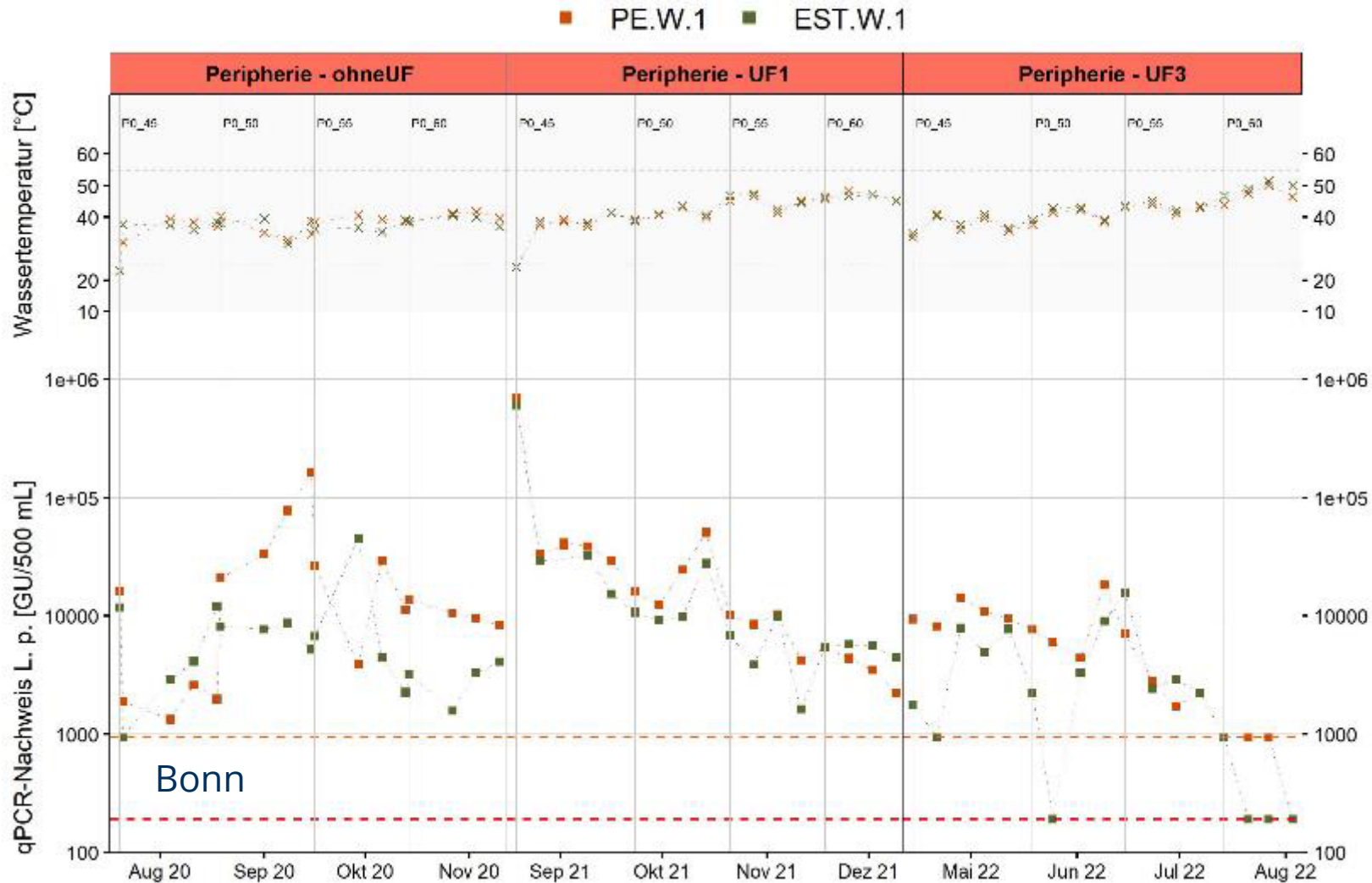
- 3 Versuchsreihen
- Stetiger Zustrom von Legionellen (meist >TMW) in den Emulator
- Referenzversuch (ohne UF) zeigte zentral Legionellen-Reduktion mit Temperaturanstieg
- Bei 60°C kulturell keine Legionellen nachweisbar
- Versuche mit UF1 und UF3 zeigen ähnliche Ergebnisse wie der Referenzversuch
- Nachweise von Legionellen nach UF1 sind leitungsbedingt

Emulator I ohne Vorfilter - Legionellen in der Peripherie (Kultur)



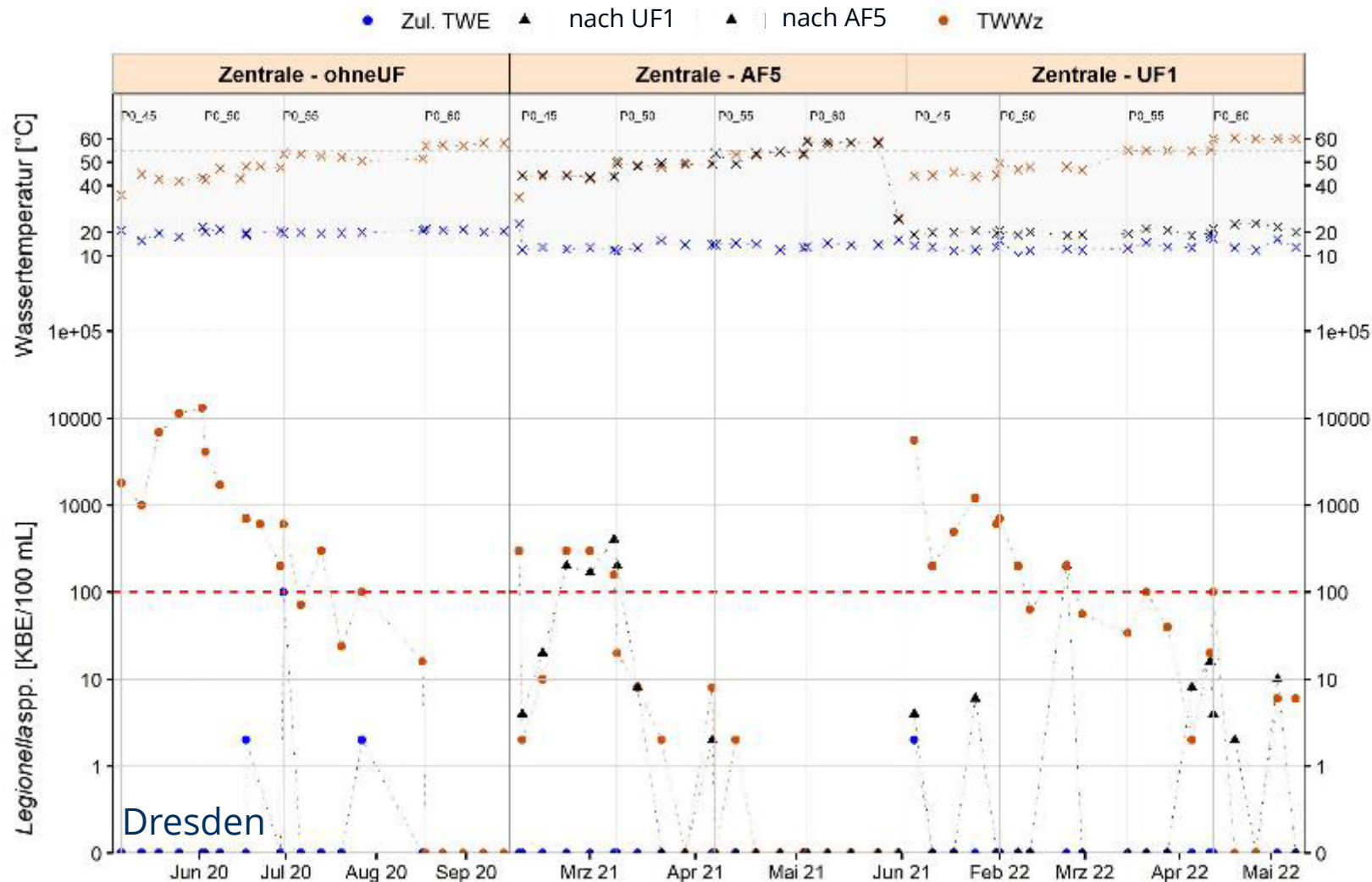
- 3 Versuchsreihen
- Referenzversuch (ohne UF): bei Temperaturanstieg in der Zentrale keine Legionellen-Reduktion in der Peripherie
- Versuche mit UF1 und UF3: bei Temperaturanstieg in der Zentrale Reduktionseffekt in der Peripherie
- PE und EST zeigen sehr ähnliche Ergebnisse

Emulator I ohne Vorfilter - Legionellen in der Peripherie (qPCR)



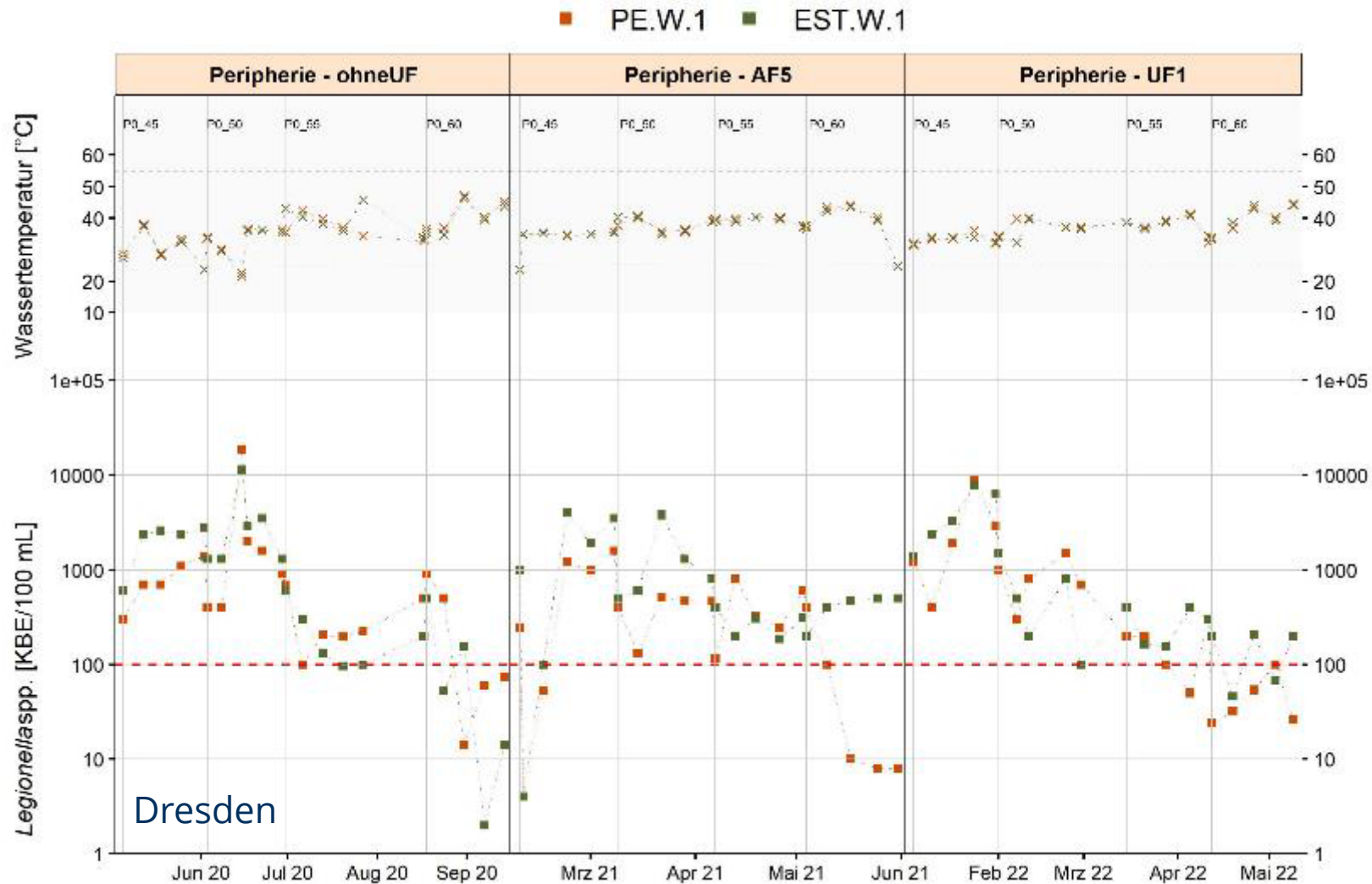
- 3 Versuchsreihen
- Nachweise des Gen-Materials von *L. pneumophila* schwanken ohne UF innerhalb von 2 Log-Stufen, ohne klaren Einfluss der Temperatur
- Bei UF1 bzw. UF3 Reduktion mit Temperaturanstieg
- Genmaterial in allen Temperaturstufen nachweisbar (außer UF3/60°C/EST)
- PE und EST zeigen sehr ähnliche Ergebnisse

Emulator II mit Vorfilter – Legionellen in der Zentrale (Kultur)



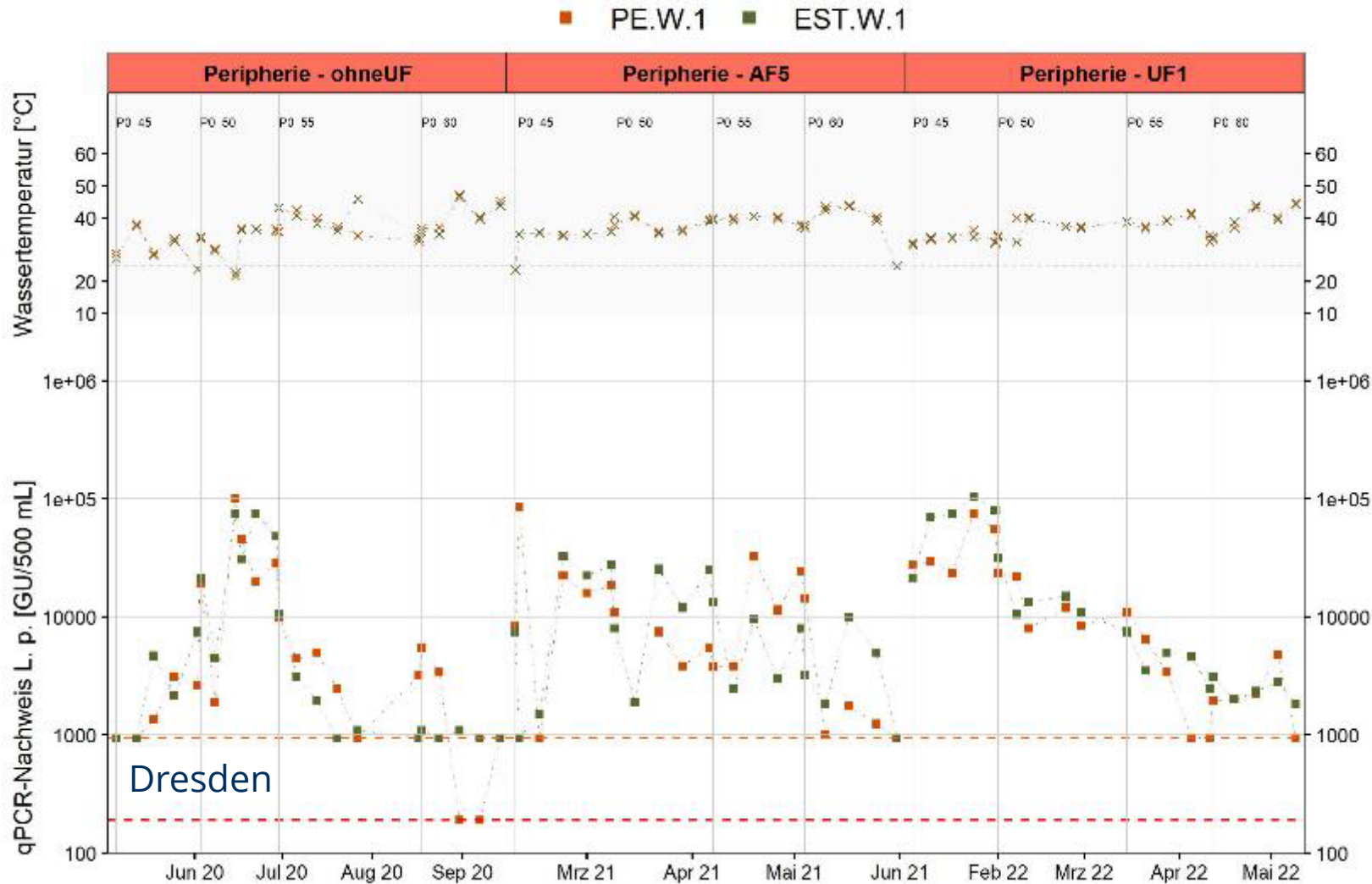
- 3 Versuchsreihen
- seltene Nachweise von *Legionella* spp. im Zulauf
- Referenzversuch (ohne UF): mit Temperaturanstieg zentrale Legionellen-Reduktion
- Bei 60°C zentral kulturell keine Legionellen mehr nachweisbar
- Versuche mit AF5 bzw. UF1: in TWWz ähnliche Ergebnisse wie Referenzversuch
- Nachweise von Legionellen nach UF1 leitungsbedingt
- Nach AF5 keine Reduktion

Emulator II mit Vorfilter – Legionellen in der Peripherie (Kultur)



- 3 Versuchsreihen
- Referenzversuch (ohne UF): mit Temperaturanstieg in der Zentrale Legionellen-Reduktion in der Peripherie
- Versuche mit AF5 bzw. UF1: kein signifikanter zusätzlicher Reduktionseffekt in der Peripherie
- PE und EST zeigen sehr ähnliche Ergebnisse

Emulator II mit Vorfilter – Legionellen in der Peripherie (qPCR)



- 3 Versuchsreihen
- Nachweise des Gen-Materials von *L. pneumophila* schwanken ohne UF bzw. mit AF5 innerhalb von 2 Log-Stufen, ohne klaren Einfluss der Temperatur
- Versuche mit AF5 bzw. UF1: keine signifikante zusätzliche Reduktion in der Peripherie
- PE und EST zeigen sehr ähnliche Ergebnisse
- Genmaterial bleibt immer nachweisbar

Zusammenfassung der Befunde in der Peripherie

1. Bei stetigem Zulauf von Legionellen (=Emulator I):
Mäßige Reduktion von *Legionella* spp. mit Temperatur-Anstieg in der Zentrale + UF1/UF3
2. Kein stetiger Zulauf von Legionellen (=Emulator II):
Mäßige Reduktion mit Temperatur-Anstieg in der Zentrale, kein zusätzl. Effekt durch AF5/UF1
[Zentral: Reduktion von Legionella spp. mit Anstieg der Temperatur, kein zusätzlicher Effekt durch UF1/UF3/AF5]
3. qPCR *L. pneumophila*:
Genmaterial stetig nachweisbar, möglicher Reduktionseffekt nur bei UF3/60°C/EST angedeutet
4. Keine relevanten Unterschiede bei verschiedenen Materialien

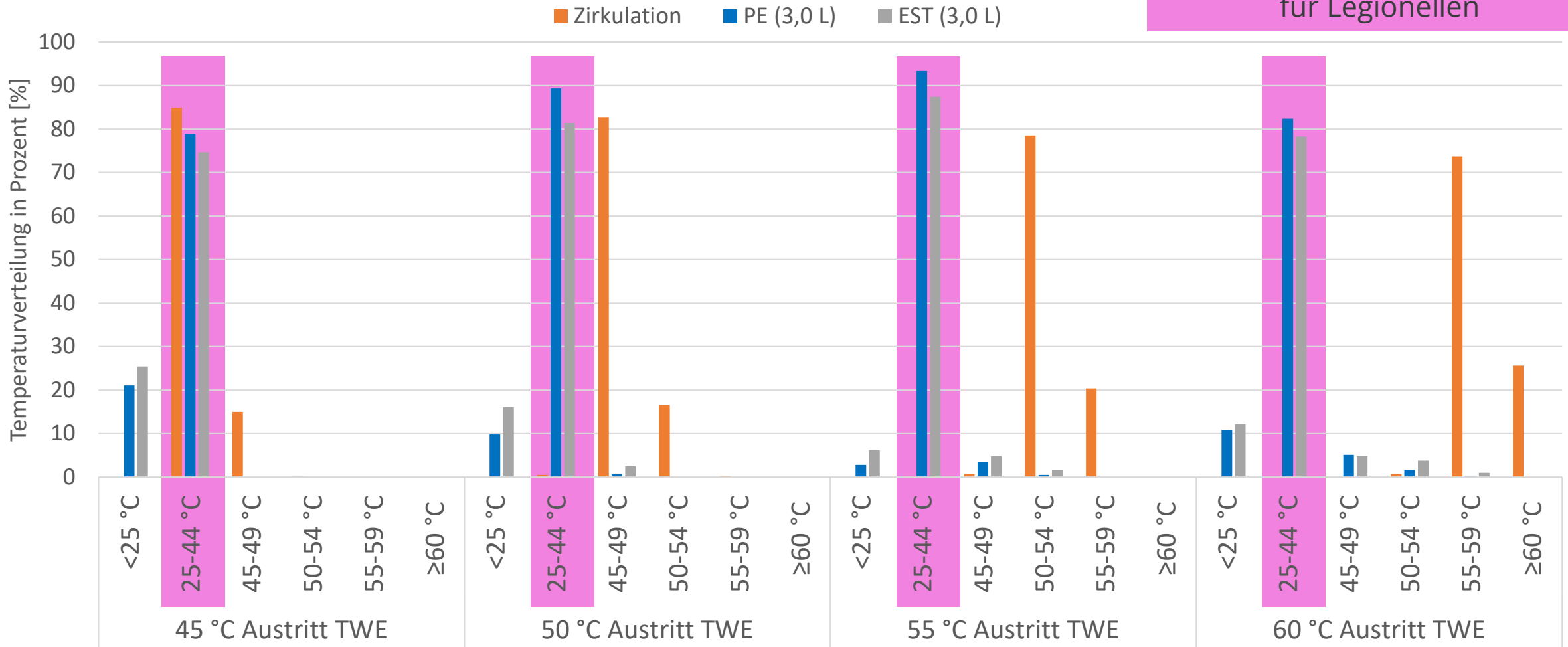
FAZIT: UF/AF sind nicht geeignet, um die Dekontamination peripherer Leitungen in einer kontaminierten TWI signifikant zu unterstützen bzw. bei Temperaturen <60°C zu ermöglichen.

FRAGE:

Warum reagiert die Peripherie weniger deutlich auf die eingestellte Temperatur als die Zentrale?

Zeitliche Temperaturverteilung in der Peripherie (Tag, Emulator II)

Günstige Wachstumstemperatur für Legionellen



Dresden, Auswertung aus dem Projekt EE+Hyg@TWI (2014-2017)

Schlussfolgerungen zur Peripherie Legionella-kontaminierter Anlagen



Peripherie und 3-Liter-Regel Untersuchungen im kleintechnischen Maßstab
UK Bonn, Institut für Hygiene & Public Health / Prof. Dr. Thomas Kistemann M.A.
Berliner Energietage / Session P.490 / 16.05.2024

Folie 15



Schlussfolgerungen

1. Bei einer mit Legionellen kontaminierten Trinkwasserinstallation ist der Einsatz einer UF- bzw. AF-Anlage zur Dekontamination der peripheren Leitungen nicht geeignet.
Ein reduzierender Effekt in Bezug auf Legionellen konnte für die UF- bzw. AF-Anlagen in der Peripherie der TWI unter *Worst Case* Bedingungen nicht eindeutig belegt werden.
2. Bestands-Legionellen können sich über die gesamte Versuchsreihe auch ohne Eintrag von außen (= Situation am Emulator II) in der TWI behaupten.
3. Auch wenn in der Zirkulation des Emulators (bei 60/55°C) Legionellen kulturell nicht nachgewiesen werden konnten, so waren diese in der Peripherie doch immer nachweisbar (Versuche ohne und mit UF/AF).
4. Die Peripherie reagiert weniger deutlich auf die eingestellte Temperatur als die Zentrale, da die Temperatur der Zirkulation bei üblichen Entnahmebedingungen in der Peripherie nur selten und diskontinuierlich erreicht wird.

Zur Übertragbarkeit der Emulator-Ergebnisse

Grundsätzlich ist Übertragbarkeit das erklärte Ziel der Versuche an kleintechnischen Emulatoren:

- Randbedingungen wie Leitungslängen (3,0 L) , Leitungsquerschnitte und -materialien (PE und EST) entsprechen so weit wie möglich Real-Installationen.
- Zirkulierende und nicht zirkulierende Bereiche entsprechen Real-Installationen.
- Entnahmesituationen (tapping cycles) wurden standardisiert.

Dennoch: Einige **Limitationen** des Übertrags in Realobjekte sind zu beachten:

- *Worst Case* Bedingungen wurden simuliert.
- Der Endverbraucher in Hausinstallationen ist nicht standardisierbar.
- Die realen Auskühlzeiten in der Peripherie sind von diversen Randbedingungen abhängig, nicht nur vom Nutzerverhalten.

**Danke für Ihr
Interesse!**



Prof. Dr. med. Thomas Kistemann
thomas.kistemann@ukbonn.de



Dr. rer. nat. Nicole Zacharias
nicole.zacharias@ukbonn.de

Wir danken Dr. Markus Petzold und seinem Team am Institut für Medizinische Mikrobiologie und Virologie des UK Gustav Carus Dresden sowie unserem gesamten Team am IHPH.



IHPH - Institut für Hygiene und Public Health, GeoHealth Centre –
Universität und Universitätsklinikum Bonn

Venusberg-Campus 1
53127 Bonn



Peripherie und 3-Liter-Regel Untersuchungen im kleintechnischen Maßstab
UK Bonn, Institut für Hygiene & Public Health / Prof. Dr. Thomas Kistemann M.A.
Berliner Energietage / Session P.490 / 16.05.2024

Folie 18

