

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

Hygienische Situation in Gebäuden mit zentraler Trinkwassererwärmung und Temperaturabsenkung

Vortragender Martin Hippelein, CAU Kiel, Universitätsklinikum Schleswig Holstein
Autoren Forschungspartner im ULTRA-F-Projekt

IWW-Kolloquium: Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz – ein Widerspruch? – 20. Juni 2024

Das erwartet Sie:

Auswertung der UF-Felduntersuchungen in Trinkwasserinstallationen

- **Verlauf der Untersuchungen**
- **Objekte mit:**
 - **prinzipiell erfolgreichem Verlauf**
 - **trinkwasserhygienisch bedingtem Abbruch**
 - **technisch bedingtem Abbruch**
- **Ausgewählte Ergebnisse**
- **Fazit**

Verlauf der UF-Felduntersuchungen



Geplanter Verlauf der Felduntersuchungen

- **Erstbegehung:** Technische Prüfung, Einhaltung der DVGW-Rahmenbedingungen
- **Betrieb ohne UF/AF-Anlage** $T_{TWW} = 60\text{ °C}$
 - Nachweis thermohydraulischer Abgleich
 - Probenahme P0_60: Alle Parameter, zentral und peripher an allen Strängen
 - Bedingung für Versuchsstart: Legionellenkultur TWW < 2 KBE/100ml, TWK ≤ 100 KBE/100ml
- **Inbetriebnahme der UF/AF-Anlage** $T_{TWW} = 60\text{ °C}$
 - Thermohydraulische Messungen, Nachweis thermohydraulischer Abgleich
 - Probenahme P1_60: Ausgewählte Parameter, zentral und peripher an ausgewählten Strängen
- **Temperaturabsenkung in 5 K – Schritten:** $T_{TWW} = 55\text{ °C}, 50\text{ °C}, 45\text{ °C}$; jeweils:
 - Thermohydraulische Messungen, Nachweis thermohydraulischer Abgleich
 - Probenahmen 2, 6, 12 Wochen nach Temperaturabsenkung:
Ausgewählte Parameter, zentral und peripher an ausgewählten Strängen
 - Niedrigste Temperaturstufe: Betrieb über 50 Wochen
- **Abschlussuntersuchung**
 - Nachweis thermohydraulischer Abgleich
 - Probenahme Pn_xx: Alle Parameter, zentral und peripher an ausgewählten Strängen

Durchgeführter Verlauf der Felduntersuchungen

- **Kontinuierliche Entscheidung über weiteren Verlauf durch Bewertung folgender Kriterien:**
 - Technischer Zustand der Trinkwasserinstallation und -erwärmung
 - Ergebnisse der thermohydraulischen Messungen (z. B. Volumenströme, Drücke)
 - Nachweis des thermohydraulischen Abgleichs der Zirkulationsstränge
 - Besonderheiten im Nutzerverhalten (z. B. Leerstand, Mehr-/Minderverbrauch)
 - Gemessene Temperaturen bei der Probenahme
 - Häufigkeit positiver kultureller Legionellennachweise
 - Auftreten von Legionellen im Trinkwasser kalt
 - Auftreten von Legionellen in den zentralen oder peripheren Bereichen
 - Wertung der Legionellenkonzentrationen nach Trinkwasserverordnung 2018
 - Differenzierung zwischen Legionella pneumophila und *L. non-pneumophila*
- **Jedes Feldobjekt zeigte individuellen Verlauf und ist als Einzelfall zu betrachten**

Durchgeführter Verlauf der Felduntersuchungen

- **33 akquirierte Objekte**
- **13 untersuchte Objekte**
- **16 Versuchsreihen**
- **Etwa 3500 Proben mit bis zu 14 Einzelparametern**
- **Laufzeiten der Versuchsreihen von 14 bis 54 Monaten**
- **Zeitverzögerungen und Unterbrechungen durch:**
 - Technische Unzulänglichkeiten initial und bei Temperaturabsenkung
 - Unterbrechungen während Corona-Pandemie
 - Nachkontrollen und Maßnahmen auf Grund von Legionellennachweisen
 - Mieterwechsel

Objekte mit prinzipiell erfolgreichem Verlauf



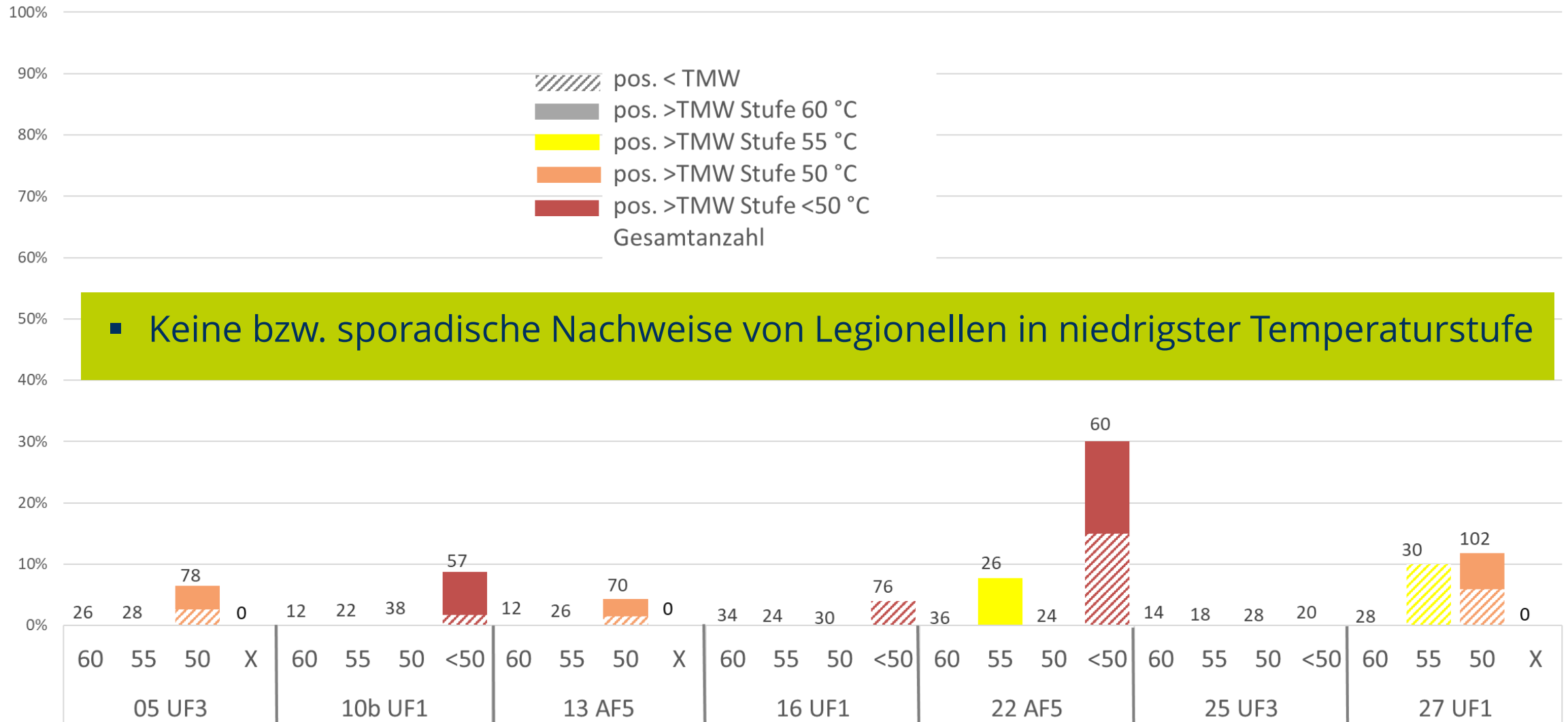
Übersicht der prinzipiell erfolgreichen Versuchsreihen

Feld-objekt Nr.	UF/AF	Ort	Typ	WE	Stränge	Neubau	Altbau (unsanierte TWI)	Altbau (sanierte TWI)	THA thermoelektrisch	angestrebte Temperaturstufe TWW [°C]	Niedrigste Temp.stufe			Legionellen-vorkommen	Nachgewiesene Legionella Spezies	Versuchs-abbruch	Empfohlene Temp.stufe TWW/T _{Zirk,min} in °C bei Betrieb	
											Dauer in Wochen	TWW [°C]	TWWz [°C]				mit UF	ohne UF
10b	UF1	Kiel	MFH	10	2			x		45	82 W	48	45	selten	<i>L. non-p., L. p.</i>	nein	48/45**	55/50**
16		Hamburg	MFH	32	10			x		45	124 W	48	44	mittel	<i>L. non-p.</i>	nein	48/45**	55/50**
27		Hamburg	MFH	16	8			x	x	45	51 W	50	46	mittel	<i>L. non-p., L. p.</i>	nein	50/45	55/50*
5	UF3	Hameln	MFH	12	6			x		45	64 W	49	48	mittel	<i>L. non-p.</i>	nein	50/45**	55/50**
25		Bonn	MFH	16	4		x		x	45	21 W	45	42	nein	-	nein	48/45	55/50*
13	AF5	Dresden	MFH	10	2	x				50	126 W	50	48	selten	<i>L. non-p.</i>	nein	-	55/50**
22		Berlin	MFH	42	9			x	x	45	73 W	46	43	mittel	<i>L. non-p.</i>	nein	-	55/50*

- T_{TWW}-Absenkung in TWWz zwischen 42 und 48 °C war in 7 Objekten möglich.
- Einbau von thermoelektrischen Zirkulationsventilen ist im Dauerbetrieb zwingend notwendig.

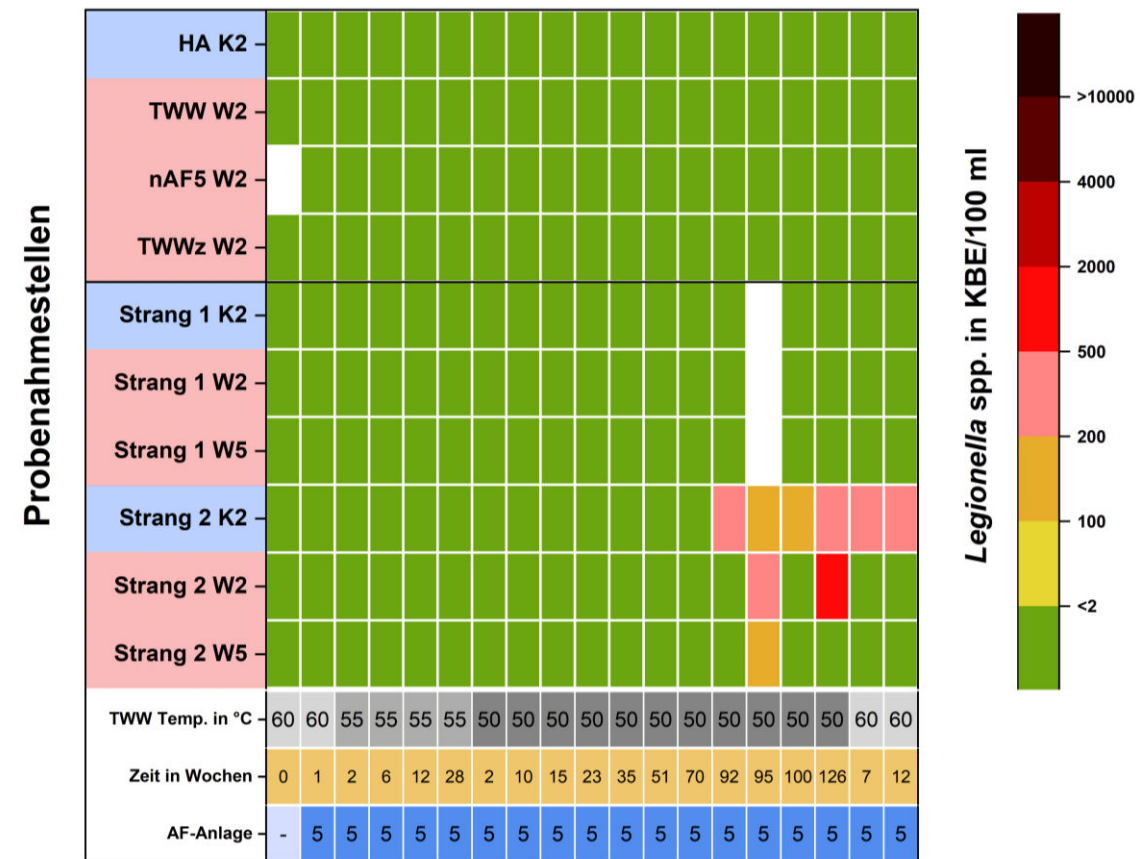
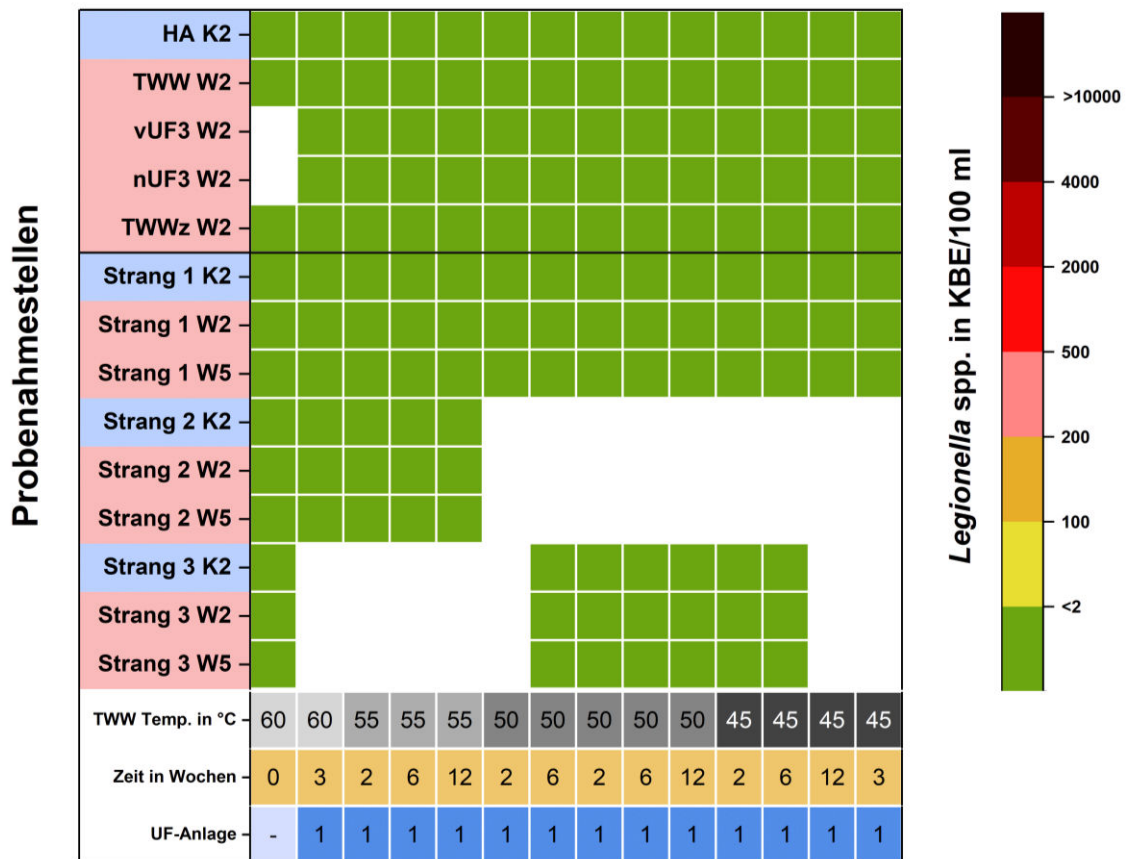
Legionellen kulturell: Anteil positiver Nachweise in den verschiedenen Temperaturstufen im TWW

Legionellen kulturell - proz. Anteil pos. Nachweise an Gesamtzahl der Proben



Keine bzw. sporadische Nachweise von Legionellen in niedrigster Temperaturstufe

Legionellen kulturell bei Temperaturabsenkung



Objekt 025 UF3: Kein Nachweis

Objekt 013 AF5: seltener Nachweis
Langfristige Überwachung ist notwendig

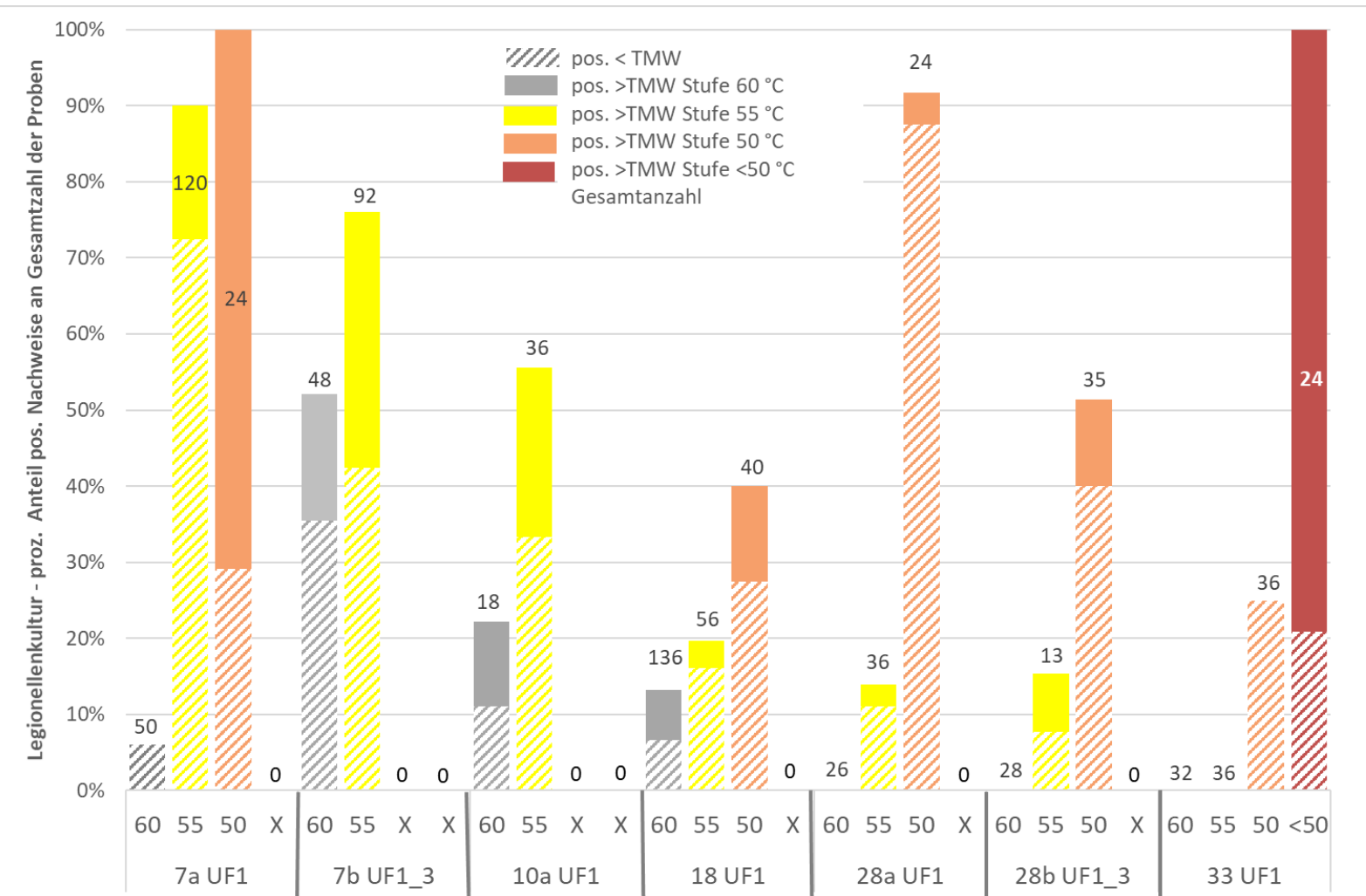
Objekte mit trinkwasserhygienisch bedingtem Abbruch

Übersicht der wegen Legionellennachweisen abgebrochenen Versuchsreihen

Feld-objekt Nr.	UF/AF	Ort	Typ	WE	Stränge	Neubau	Altbau (unsanierte TWI)	Altbau (sanierte TWI)	THA thermoelektrisch	angestrebte Temperaturstufe TWW [°C]	Niedrigste Temp.stufe			Legionellen-vorkommen	Nachgewiesene Legionella Spezies	Versuchs-abbruch	Empfohlene Temp.stufe TWW/T _{Zirk,min} in °C bei Betrieb	
											Dauer in Wochen	TWW [°C]	TWWz [°C]				mit UF	ohne UF
7a	UF1	Neuruppin	MFH	90	18		x			45	7 W	50	48	häufig	<i>L. non-p., L. p.</i>	L	-	60/55
10a		Kiel	MFH	10	2		x			45	6 W	56	51	häufig	<i>L. non-p., L. p.</i>	L	-	60/55
18		Dresden	MFH	21	8	x				45	12 W	50	49	häufig	<i>L. non-p.</i>	L	-	60/55
28a		Hamburg	MFH	16	8			x	x	45	6 W	50	45	häufig	<i>L. non-p., L. p.</i>	L	55/50	60/55
33		München	GH	30	9	x				45	6 W	45	43	häufig	<i>L. non-p.</i>	L	-	60/55
7b	UF1&3	Neuruppin	MFH	90	18		x			45	26 W	55	53	häufig	<i>L. non-p., L. p.</i>	L	-	60/55
28b		Hamburg	MFH	16	8			x	x	45	15 W	50	46	häufig	<i>L. non-p.</i>	L	-	60/55

T_{WW}-Absenkung in TWWz zwischen 43 und 53 °C war in 7 Versuchsreihen von 5 Objekten nicht möglich.

Legionellen kulturell: Anteil positiver Nachweise in den verschiedenen Temperaturstufen im TWW



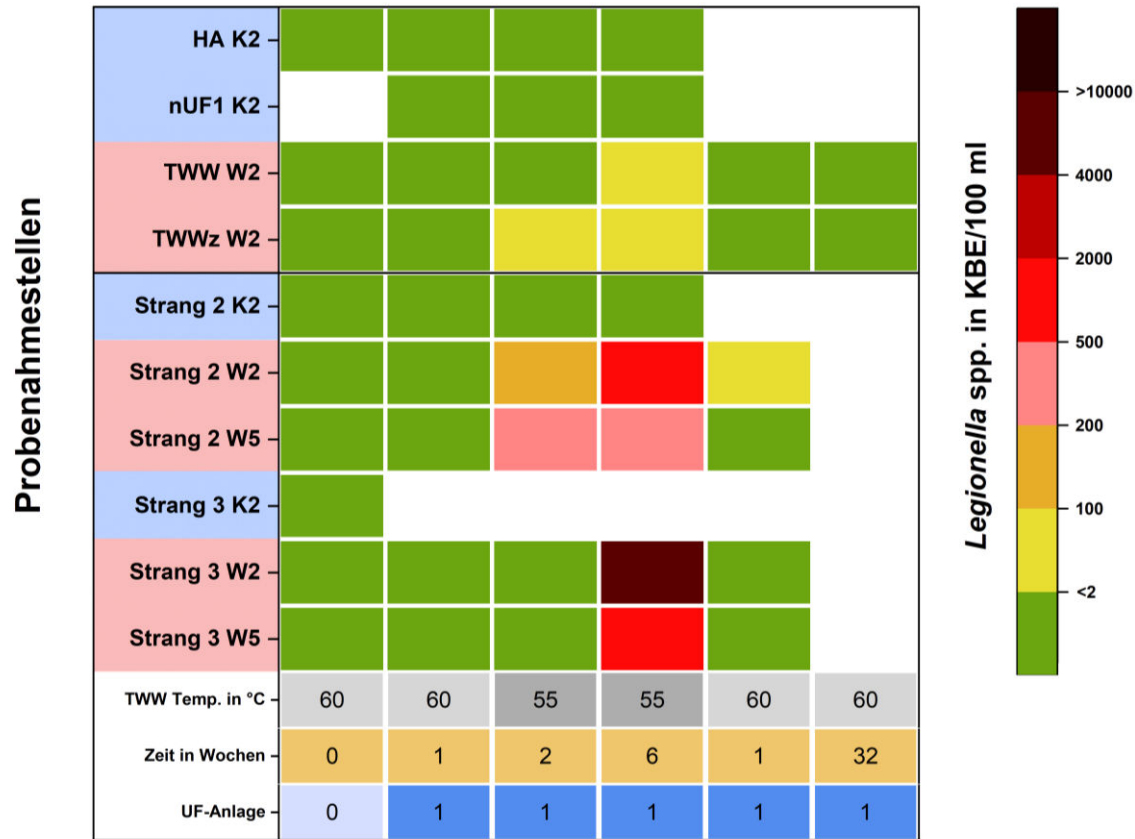
TWW-Temperaturabsenkung führt zu:

- Anstieg des Anteils positiver Nachweise an zentralen und peripheren Probenahmestellen
- höheren Konzentrationen von Legionellen
- Anstieg der Anzahl peripherer Probenahmestellen mit Legionellen

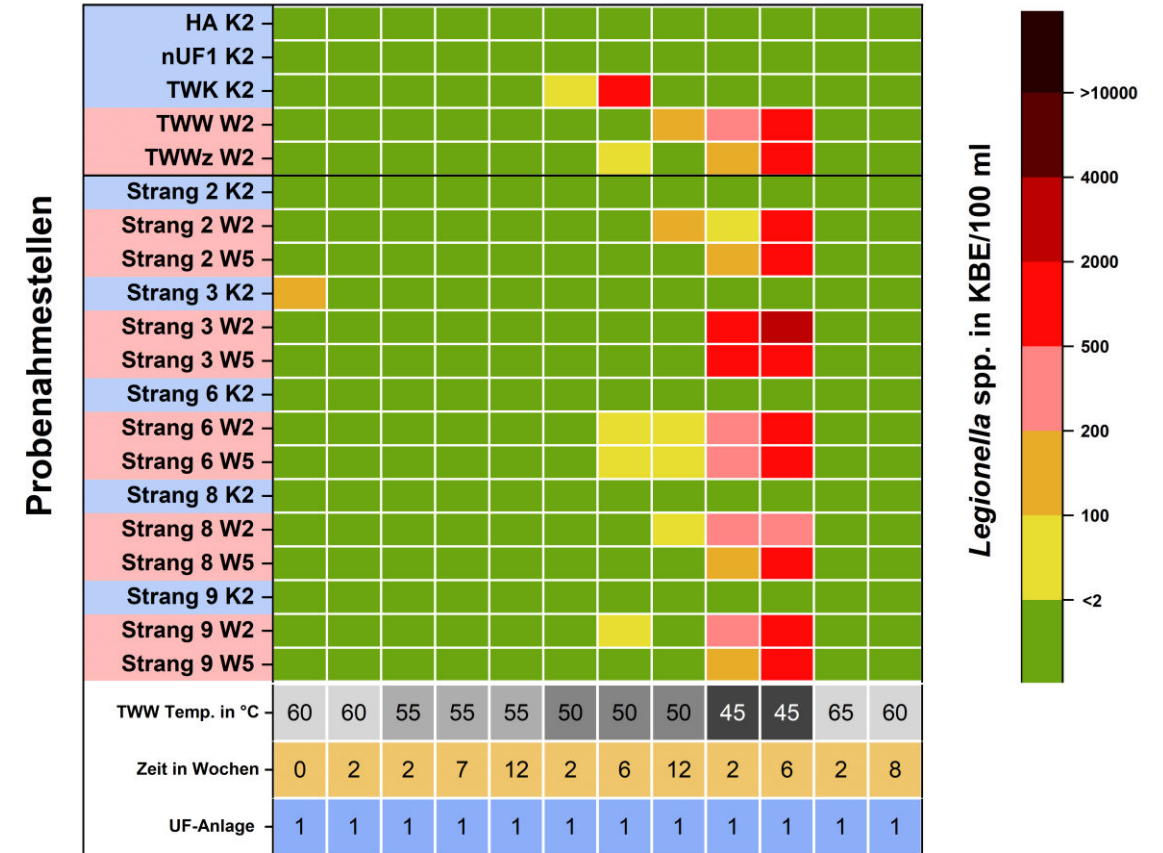
Hauptgründe für Abbruch

- Vermehrung von Bestandslegionellen
- Eintrag aus dem Trinkwasser kalt der TWI

Legionellen kulturell bei Temperaturabsenkung

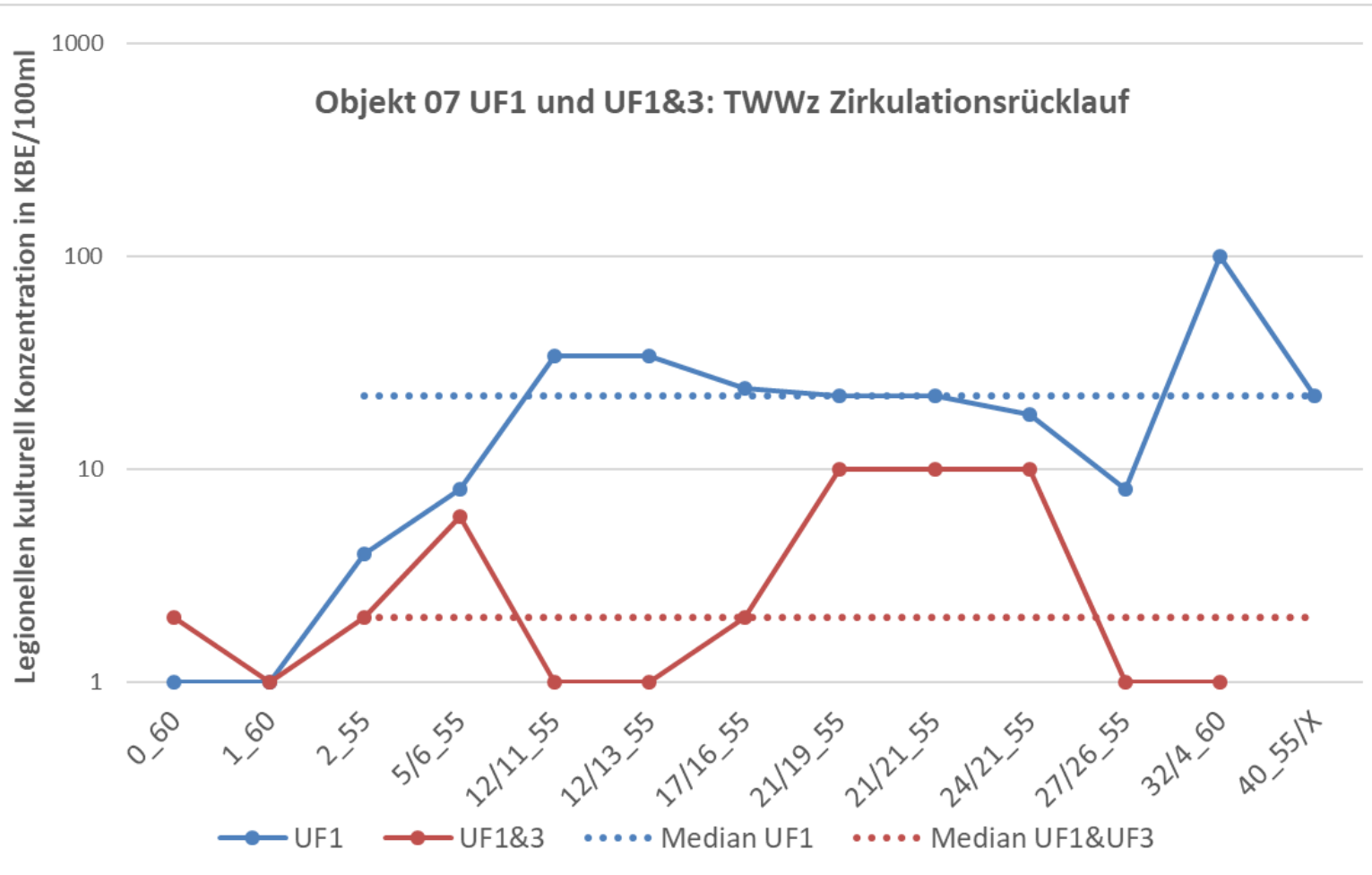


Objekt 010a UF1:
 Vermehrung von Legionellen durch technische Mängel und Stagnation können durch UF-Anlage nicht verhindert werden



Objekt 033 UF1:
 Neubau mit TWK, das seit Inbetriebnahme mit UF1 filtriert wurde und technische Mängel aufwies

Vergleich Legionellenkonzentrationen UF1 mit UF1&UF3: Objekt 07



- Reduktion um Faktor 10 im zentralen Bereich des TWW
- Reduktion im peripheren Bereich TWW gering (hier nicht dargestellt)
- Keine vollständige Beseitigung
- Weitere technische Maßnahmen notwendig
- Bestätigung in Objekt 28

Objekte mit technisch bedingtem Abbruch

Übersicht der wegen technischer Probleme abgebrochenen Versuchsreihen

Feld-objekt Nr.	UF/AF	Ort	Typ	WE	Stränge	Neubau	Altbau (un sanierte TWI)	Altbau (sanierte TWI)	THA thermoelektrisch	angestrebte Temperaturstufe TWW [°C]	Niedrigste Temp.stufe			Legionellen-vorkommen	Nachgewiesene Legionella Spezies	Versuchs-abbruch	Empfohlene Temp.stufe TWW/T _{Zirk,min} in °C bei Betrieb	
											Dauer in Wochen	TWW [°C]	TWWz [°C]				mit UF	ohne UF
1	UF1	Ochsenfurt	GH	14	6		x		x	45	33 W	59	53	nein	-	T	-	60/55
11		Hamburg	GH	48	7		x			45	1 W	55	52	mittel	<i>L. non-p., L. p.</i>	T	-	60/55

Gründe für den Abbruch

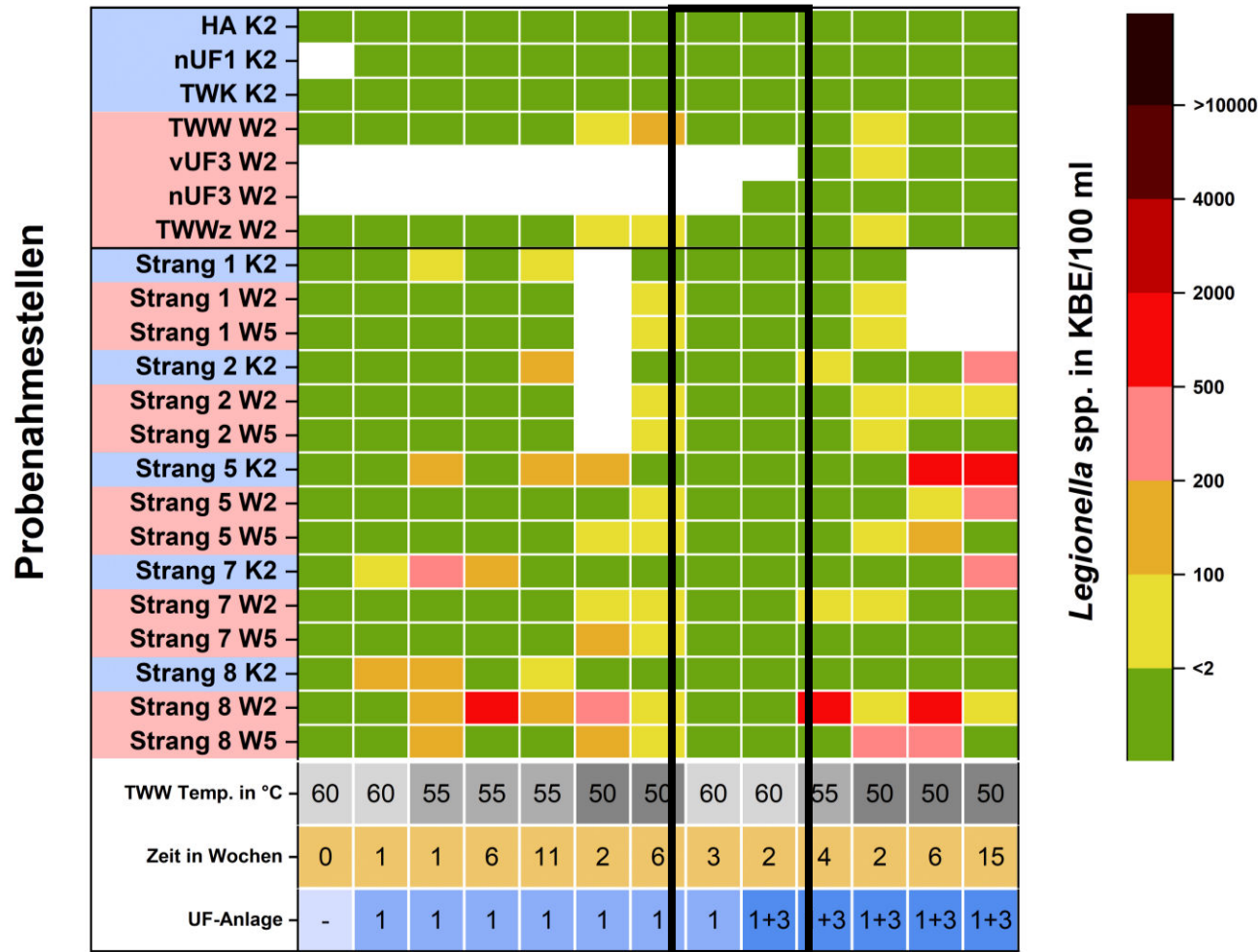
- Wiederholte technische Sanierungen während der Versuchsreihe
- Ablagerungen und Steinbildung in den Rohrleitungen
- Nicht nachvollziehbare Manipulationen an der Trinkwasserinstallation
- Grobe Mängel in der Wärmebereitstellung und deren Regelung lassen keine stabilen Temperaturen am TWE-Ausgang zu: bis zu 7 Wiederholungen der THM-Messungen

Bei Temperaturabsenkung im Trinkwasser ist die Wärmebereitstellung durch die Heizungsanlage, insbesondere deren Regelung, optimal einzustellen.

Ausgewählte Ergebnisse der UF-Felduntersuchungen



Wirkung des Wiederanhebens auf $T_{TWW} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$



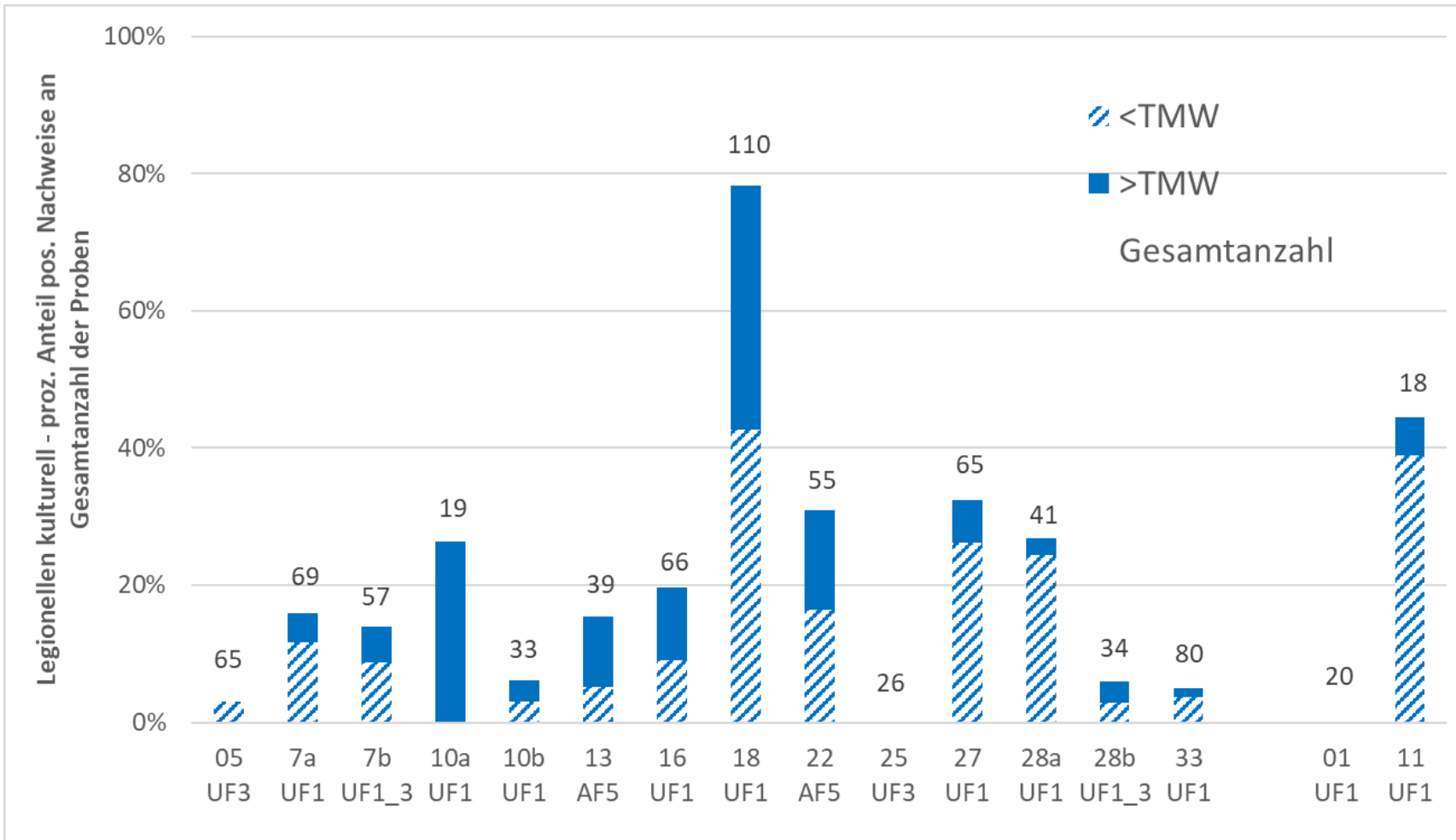
- Vermehrung von Legionellen bei Temperaturabsenkung im TWI-Versuchsstand, in Objekten 10aUF1 und 28UF1
- Wiederanheben auf $T_{TWW} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
- Keine weiteren Maßnahmen getroffen

Nach Legionellenvermehrung ist in thermohydraulisch abgeglichenen Systemen eine Anhebung auf $T_{TWW} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ausreichend, um die Konzentrationen unter den technischen Maßnahmenwert zu senken

Legionellenkonzentrationen
in Objekt 28 UF1

$T_{TWW} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$

Vorkommen von Legionellen im Trinkwasser kalt

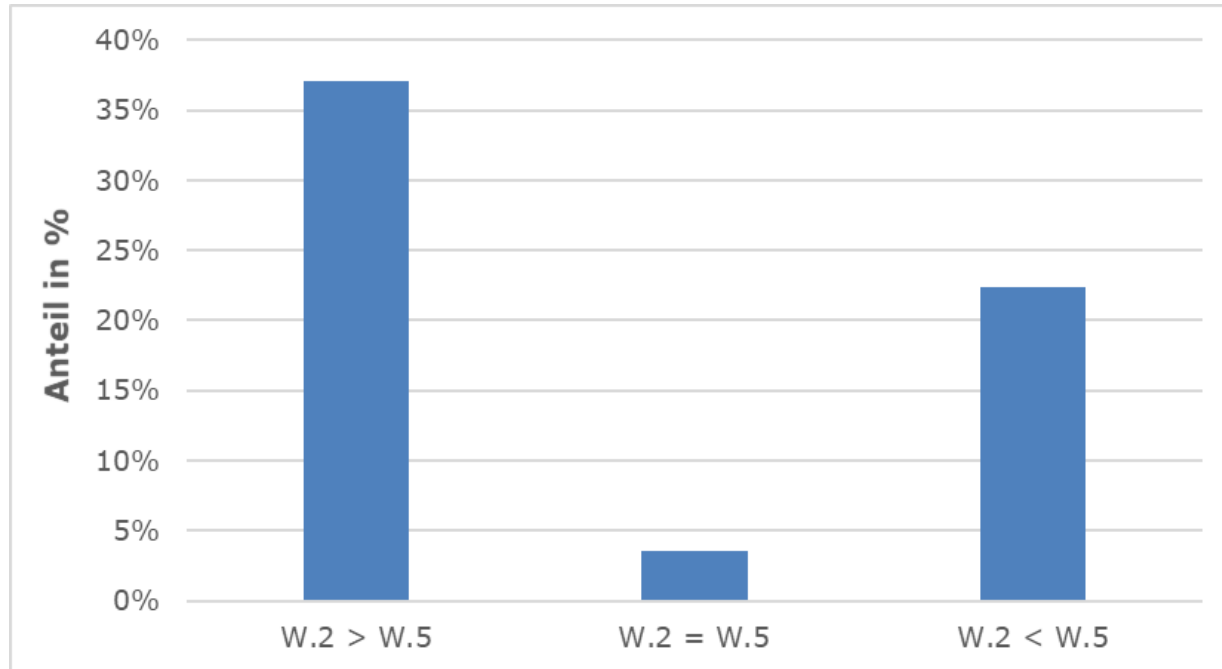


- In 14 von 16 Versuchsreihen waren Legionellen im TWK nachweisbar
- Anteil positiver Nachweise in 3 bis 79 % der Proben
- In 13 Versuchsreihen Werte > Techn. Maßnahmenwert
- Dabei Anteil positiver Nachweise oft in TWK > TWW, trotz Temperaturabsenkung
- Dabei handelt es sich im TWK überwiegend um *L. non-pneumophila*

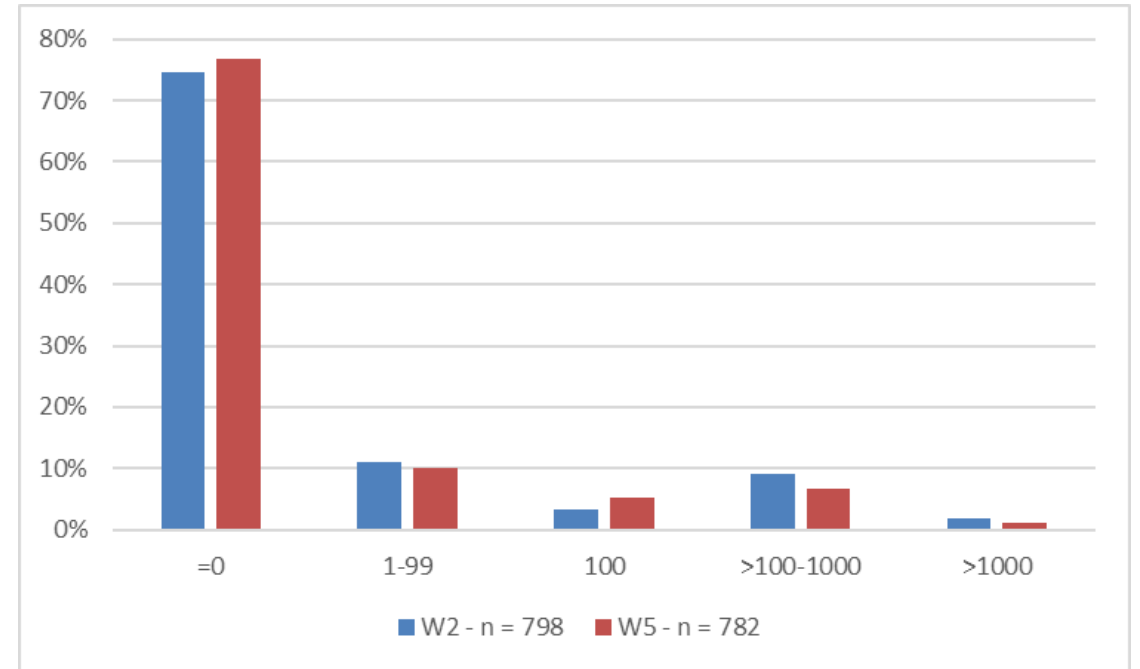
Das Trinkwasser kalt spielt eine bedeutende Rolle im Vorkommen von Legionellen in der TWI.

Legionellen kulturell: Vergleich Peripherie TWW 2. und 5. Liter

Proben mit mindestens einem Nachweis von Legionellen im 2. oder 5. Liter: Anzahl = 394



Alle Proben im TWW peripher



- Im 2. Liter sind i. d. R. höhere Legionellenkonzentrationen zu finden als im zeitgleich genommenen 5. Liter der gleichen Probenahmestelle
- Die Probenahme am Zapfhahn des Waschtisches wird durch peripheres Legionellenvorkommen beeinflusst und lässt bei positivem Nachweis von Legionellen keine sichere Aussage über ein Vorkommen im zentralen Bereich zu.

In ULTRA-F angewandte Risikobewertung zum Vorkommen von Legionellen in der TWI

Kultureller Nachweis von Legionellen unter Berücksichtigung objektspezifischer Gegebenheiten

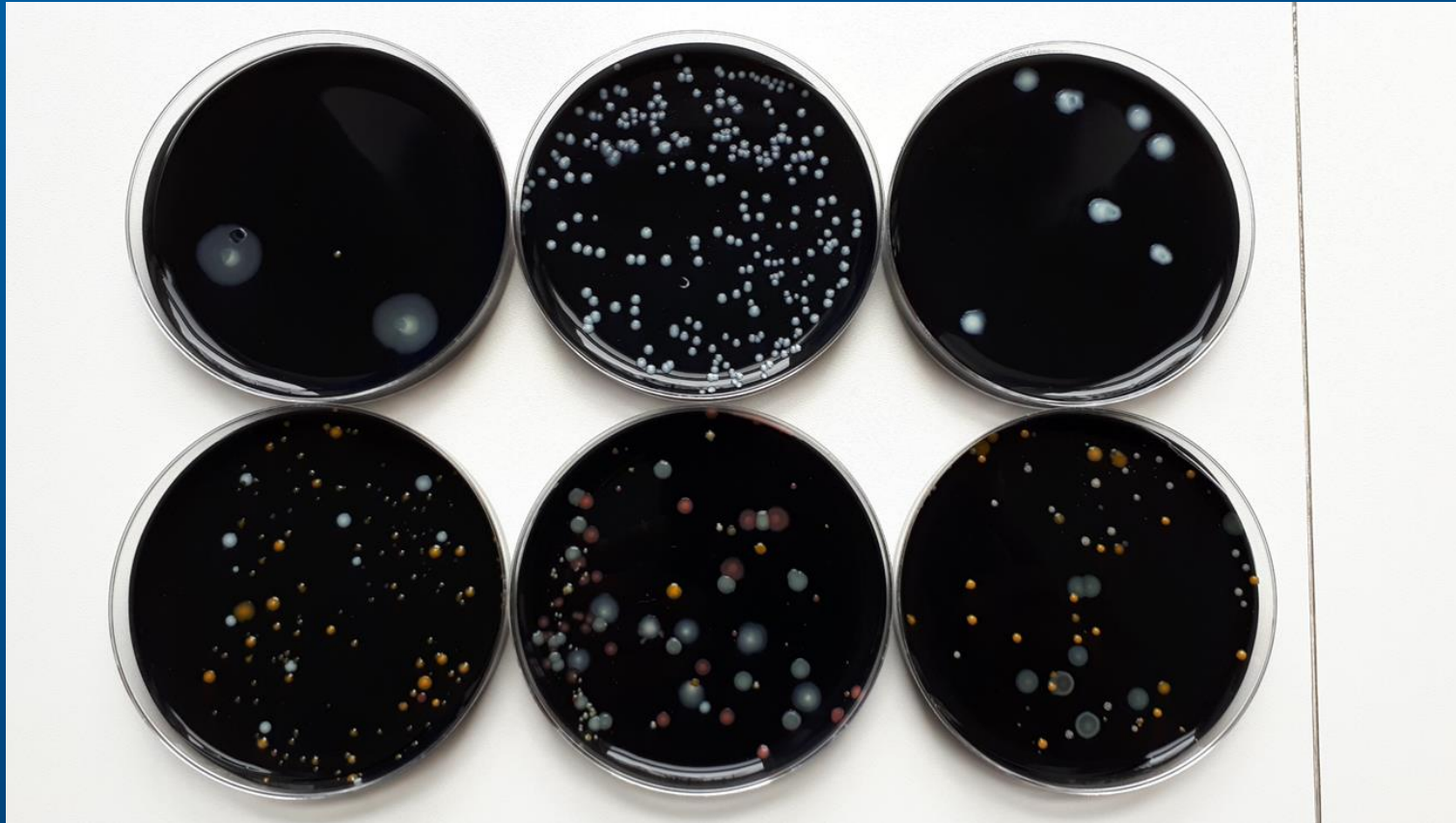
- Niedriges Risiko:
 - Sporadisches Vorkommen (in < 10 % der Anzahl an Proben) in peripheren Proben TWK oder TWW
- Mittleres Risiko:
 - Wiederkehrender Nachweis (10 bis 30 % der Proben) in peripheren Proben TWK und TWW
- Hohes Risiko:
 - Jeglicher Nachweis im zentralen Bereich oder
 - häufiger Nachweis (> 30 % der Proben) in peripheren Proben TWK und TWW

Niedriges Risiko kann auch bei $T_{TWW} = 60 \text{ °C}$ gegeben sein

Fazit aus den UF-Felduntersuchungen:

**Eine Temperaturabsenkung
im zentralen Bereich auf $T_{\text{zirk,min}} \geq 45 \text{ °C}$
mit UF/AF-Anlagen ist unter
den im ULTRA-F-Projekt geforderten Bedingungen
und mit zusätzlichen Beprobungen möglich**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!!!



Dr. Martin Hippelein, Institut für Krankenhaus- und Umwelthygiene, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
martin.hippelein@uksh.de, Tel.: 0431-500-16405