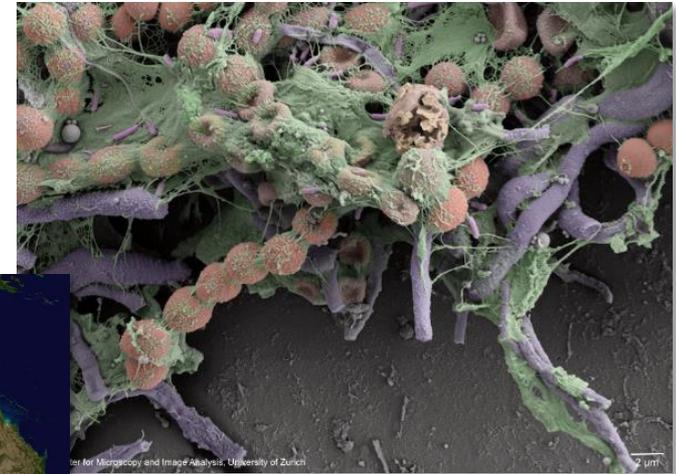


Legionellen in Gebäudeinstallationen Erfahrungen aus der Praxis

Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE
Zentrum für Integrale Gebäudetechnik

Franziska Rölli
Wissenschaftliche Mitarbeiterin

T direkt +41 41 349 38 44
franziska.roelli@hslu.ch





Mikrobiologie in Installationen & Beprobung



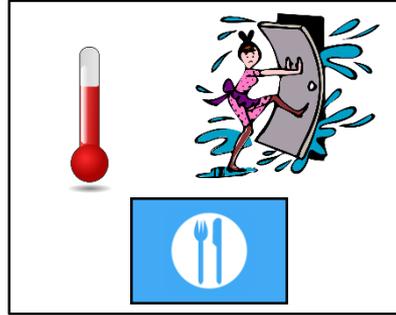
Fallbeispiel 1: Kaltwasser



Fallbeispiel 2: Thermische Desinfektion

Ökosysteme: Vielfältige Wechselwirkungen

**abiotische Faktoren:
Temperatur, Nährstoffe ...**



**biotische Faktoren:
Lebensgemeinschaften**



**Wechsel-
wirkungen**



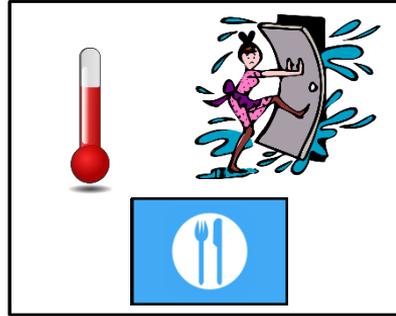
**Repräsentative
Stichprobe**



Ökosystem



**abiotische Faktoren:
Temperatur, Nährstoffe ...**



**biotische Faktoren:
Lebensgemeinschaften**



**Wechsel-
wirkungen**

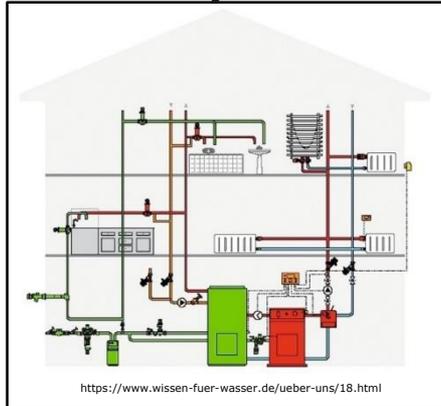


**Repräsentative
Stichprobe**



duran-group.com

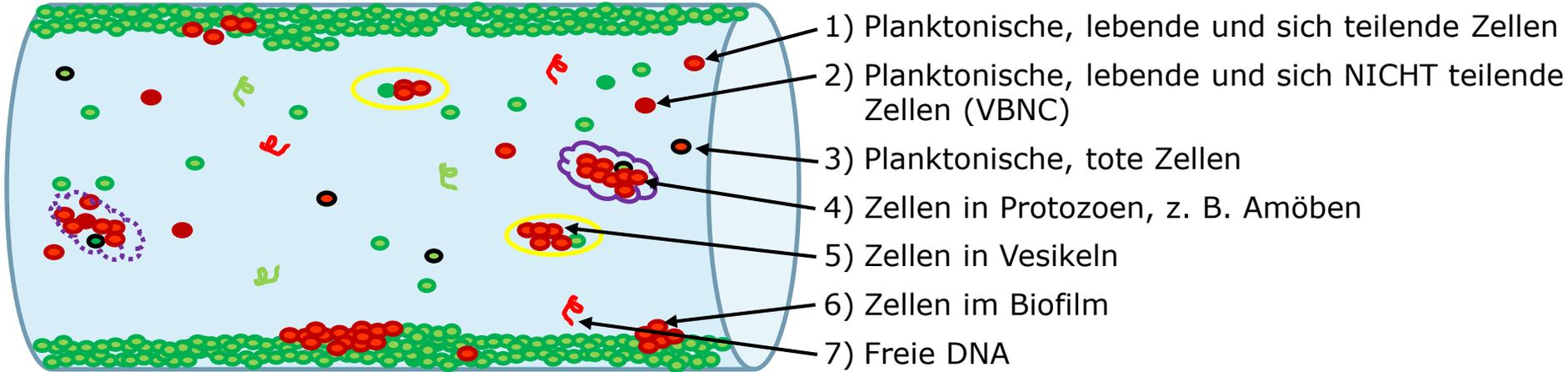
Ökosystem



<https://www.wissen-fuer-wasser.de/ueber-uns/18.html>



- Anzahl und Artzusammensetzung der vorhandenen Mikroorganismen zwischen Installationsabschnitten stark variabel, wie auch zwischen Biofilm- und Wasserphase
- Beispiel **Legionellen** (und **andere heterotrophe Bakterien**):



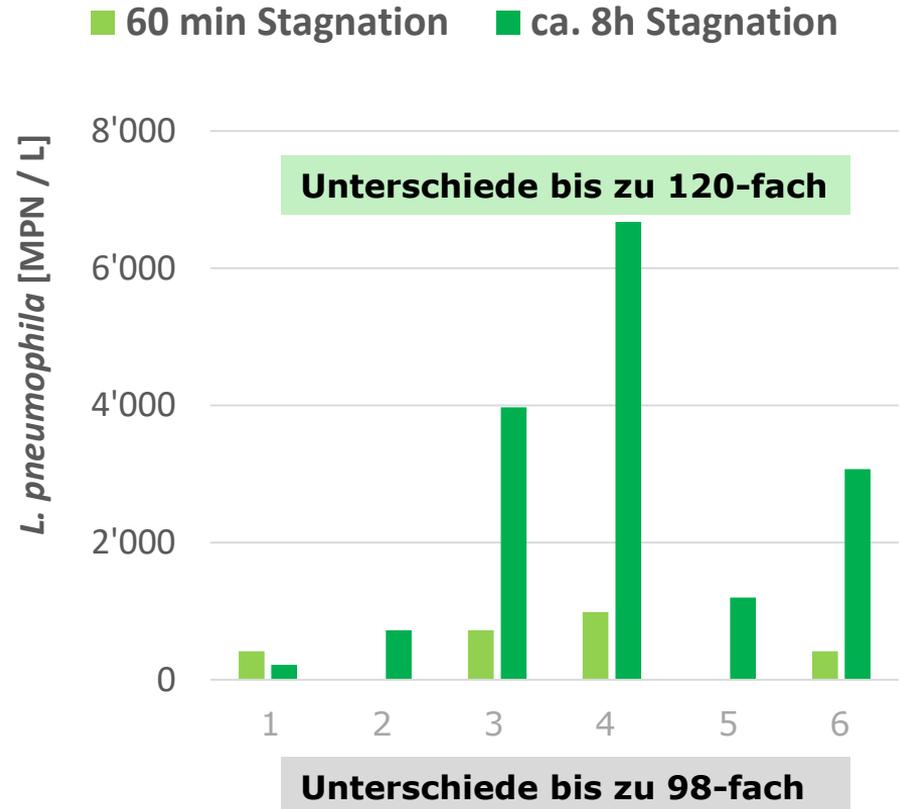
Eine Wasserprobe repräsentiert nicht zwingend das gesamte System, sondern gibt in der Regel nur ein lokales Abbild.

Örtliche & zeitliche Heterogenität



- Beprobungsergebnisse eines Objekts: 6 von mehreren hundert Entnahmestellen
- Jede Entnahmestelle wurde sowohl nach 60-minütiger Stagnation wie auch nach 8-stündiger Stagnation beprobt
- Die Anzahl Legionellen in derselben Trinkwasserinstallation unterschied sich sowohl örtlich wie auch in Abhängigkeit der Stagnationsdauer.

Eine Wasserprobe ist in der Regel nur eine Momentaufnahme eines lokal begrenzten Abschnitts und ist zudem durch weitere Faktoren wie Stagnation oder Durchflussgeschwindigkeit beeinflusst.

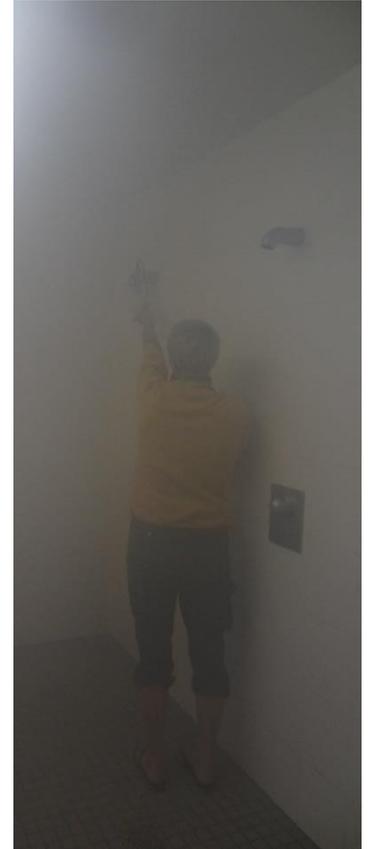


Überprüfung des hygienischen Zustandes: einfach gemacht?



➤ **Nein, da komplexes und dynamisches System!**

- Die **Heterogenität und Dynamik** des Ökosystems müssen sowohl bei der Probenahmestrategie wie auch Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.
- **Anlagen- und nutzungsspezifische Aspekte** müssen miteinbezogen werden.
- **Weitere Details:**
 - SN EN ISO 19458 (2006): Probenahme für mikrobiologische Untersuchungen
 - Legionellen und Legionellose BAG-/BLV-Empfehlungen (2018): Modul 10
- **ACHTUNG bei Schlussfolgerungen, wenn Probenahmestrategie unbekannt!**





Mikrobiologie in Installationen & Beprobung



Fallbeispiel 1: Kaltwasser



Fallbeispiel 2: Thermische Desinfektion

Fallbeispiel 1: Übersicht



Objekt

- Hotel, Inbetriebnahme 2012
- 146 Hotelzimmer + Räume Versorgungs- und Spa-Bereich + Medizinischer Bereich
- grosse komplexe Installation mit 27 Steigzonen
- Speicher 60 °C + 1 x wöchentlich thermische Desinfektion mit 70 °C
- Auslastung und somit Wasseraustausch gerade anfangs stark limitiert

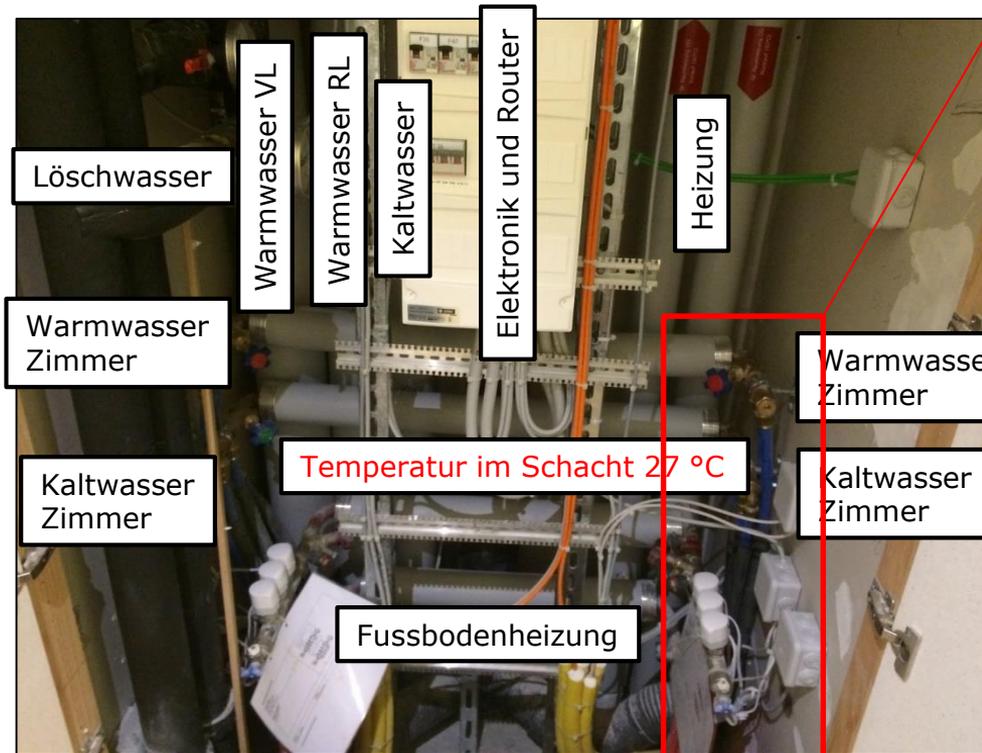
Kontamination im WW

- **Positivbefund** für *Legionella pneumophila* SG1 in «Warmwasserproben»
- unterschiedliche **Optimierungs-massnahmen** Warmwasseraufbereitung und -verteilung sowie Austausch von Duschschräuchen und regelmässige manuelle Spülungen
- trotzdem keine Verminderung der Legionellen-Zahlen an den Entnahmestellen

Kontamination im KW?

- Organisation «Runder Tisch» mit verschiedenen Akteuren/Spezialisten
- Systematisches Vorgehen, Situationsanalyse
- **Feststellung:** Duscharmaturen mit Verbrührungsschutz → die schon analysierten Warmwasserproben enthielten auch einen Teil Kaltwasser
- **erhöhte Schachttemperaturen**

Fallbeispiel 1: Schachttemperaturen



Kaltwassertemperatur in gewissen Zimmern nach Spülung innerhalb von 60 min Stagnation um 10 -15 K angestiegen, auf gegen 27 °C.

Fallbeispiel 1: Ergebnisse Beprobung



- Netzwasser am Hauseingang: keine Auffälligkeiten und Legionellen
- 12 Warmwasserproben (sowohl Speicher, sowie Rücklauf und Lavabo-Armaturen)
- bis auf eine Probe keine Höchstwert-Überschreitungen
 - trotz Komplexität der Installation greifen Präventionsmassnahmen (60 °C Speicher, 1x wöchentlich 70 °C und manuelle Spülungen)
- 11 Kaltwasserproben
- in allen 11 mittlere bis erhöhte Legionellenwerte
- 64 % über dem Höchstwert von 1'000 KBE/L mit einem Maximum bei 5'900 KBE/L
 - wachstumsfördernde Bedingungen im Kaltwasser (z. B. erhöhte Temperaturen) haben in weiten Teilen der Installation zu einem Legionellenaufwuchs geführt

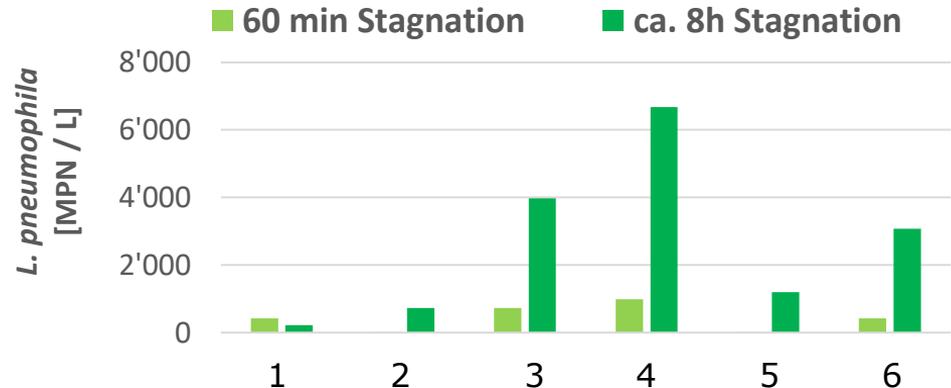
Fallbeispiel 1: Massnahmen und Ergebnisse der Nachfolgebeprobung



- **Vorschlag Massnahmenpaket** (u. a. Sanierungsmassnahmen wie Desinfektion oder mechanisch/chemische Reinigung des Systems)
 - vorgeschlagene Massnahmen wurden seitens Betreiber aus Kostengründen abgelehnt
 - stattdessen Ausdehnung der manuellen Spülungen und Hoffen auf bessere Auslastung
 - erneute Kontrollproben wurden ausschliesslich im Warmwassersystem gezogen

➤ 2 Jahre später...

- deutlich bessere Auslastung und dadurch Steigerung des Wasserverbrauchs von 6 m³/d auf ca. 15 m³/d
- Durchführung einer weiteren umfassenden Beprobung der Kaltwasserverteilung



Fallbeispiel 1: Fazit



- Die Nicht-Berücksichtigung des Kaltwassers und die unwissentliche Beprobung von Mischwasser hatte eine schnelle Ursachenfindung und das Ergreifen von zielgerichteten Massnahmen lange verunmöglicht bzw. verzögert und stattdessen zu Verunsicherung und Mehraufwand geführt
- Der Legionellen-Befall im Kaltwassersystem konnte durch den erhöhten Wasserverbrauch + manuelles Spülen nicht beseitigt werden.
- Die Legionellen-Thematik ist Fachbereichs-übergreifend.
- Der Zusammenzug von Spezialisten verschiedener Seiten erleichtert eine zielgerichtete, effiziente und nachhaltige Vorgehensweise.



Mikrobiologie in Installationen & Beprobung



Fallbeispiel 1: Kaltwasser

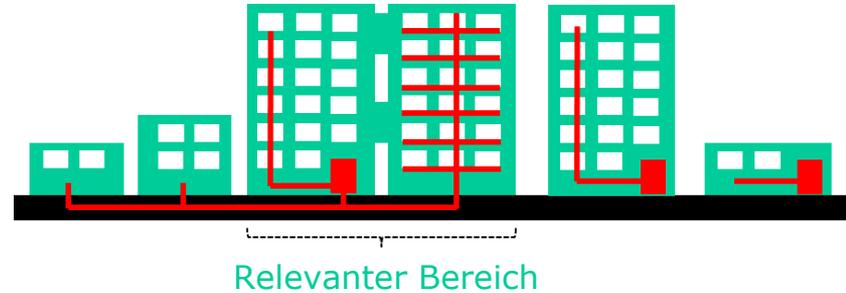


Fallbeispiel 2: Thermische Desinfektion

Fallbeispiel 2: Ausgangslage



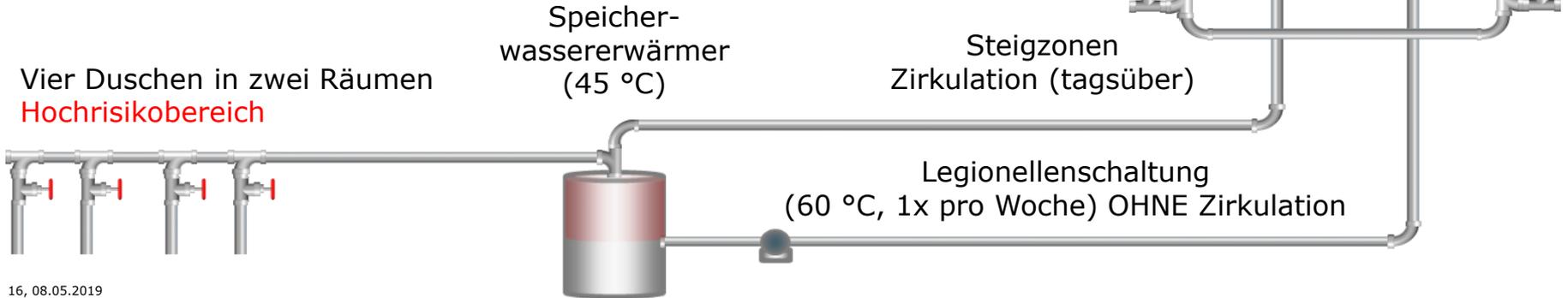
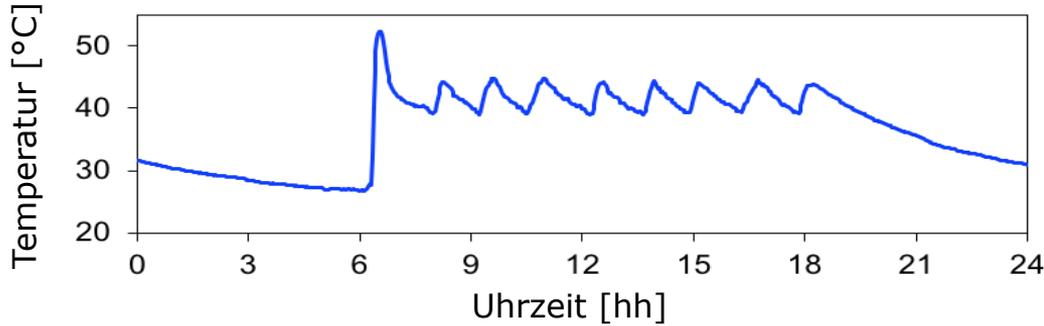
Zusammenhängende Gebäude mit unterschiedlichem Baujahr



- Unzufriedenheit Warmwassertemperaturen in zwei grossen Blöcken
- auf allen Stockwerken Wasserproben positiv für *Legionella pneumophila*: > 1'000 MPN/L (Legiolert, IDEXX)
- Pläne nicht aktualisiert, schwierig nachzuvollziehen
- viele Temperaturanzeiger funktionieren nicht mehr & fehlende Probenahmeventile
- anfänglich eingeschränkte Kooperation seitens technischer Dienst:
 - Auskunftsbereitschaft limitiert, Auskünfte teilweise falsch
 - erschwerter Zugang zu Anlagenteilen
 - Änderungen Temperatureinstellungen/Durchführung Spülungen ohne Absprache und Mitteilung

Fallbeispiel 2: Übersicht Situation

- Lange Stagnationszeiten
- Niedrige Temperaturen
- Ineffiziente Legionellenschaltung



Fallbeispiel 2: Sofortmassnahmen

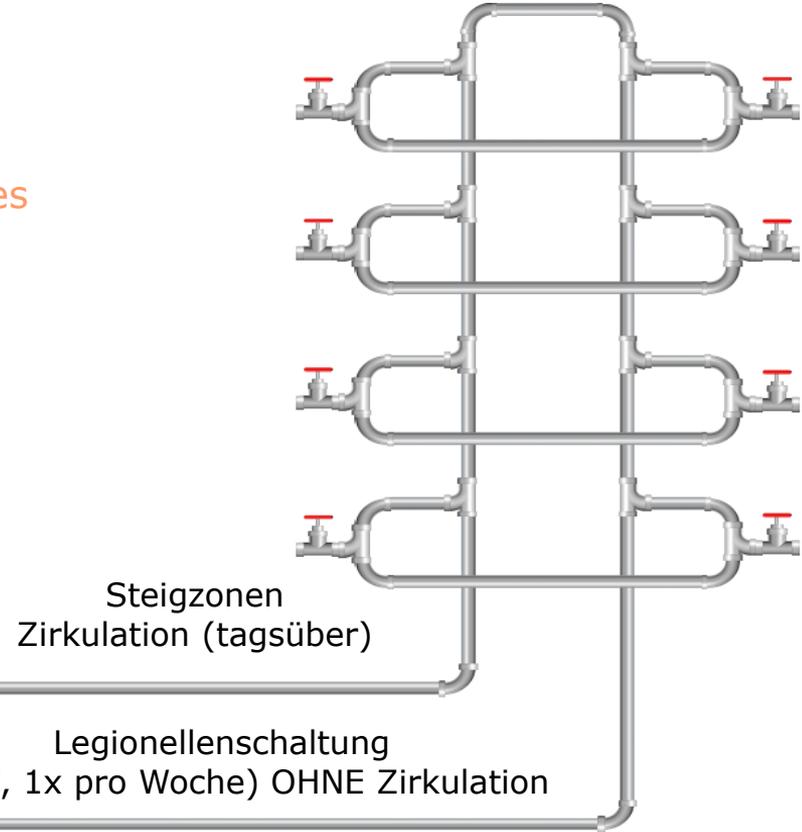


Sofortmassnahmen

- Information des Betreibers und des techn. Dienstes
- Information an die Installationsnutzer
- Installation spezieller Filterduschköpfe

- ➔ Elimination Infektionsrisiko im Hochrisikobereich
- ➔ Absegnung und Planung versch. Testphasen

Vier Duschen in zwei Räumen
Hochrisikobereich

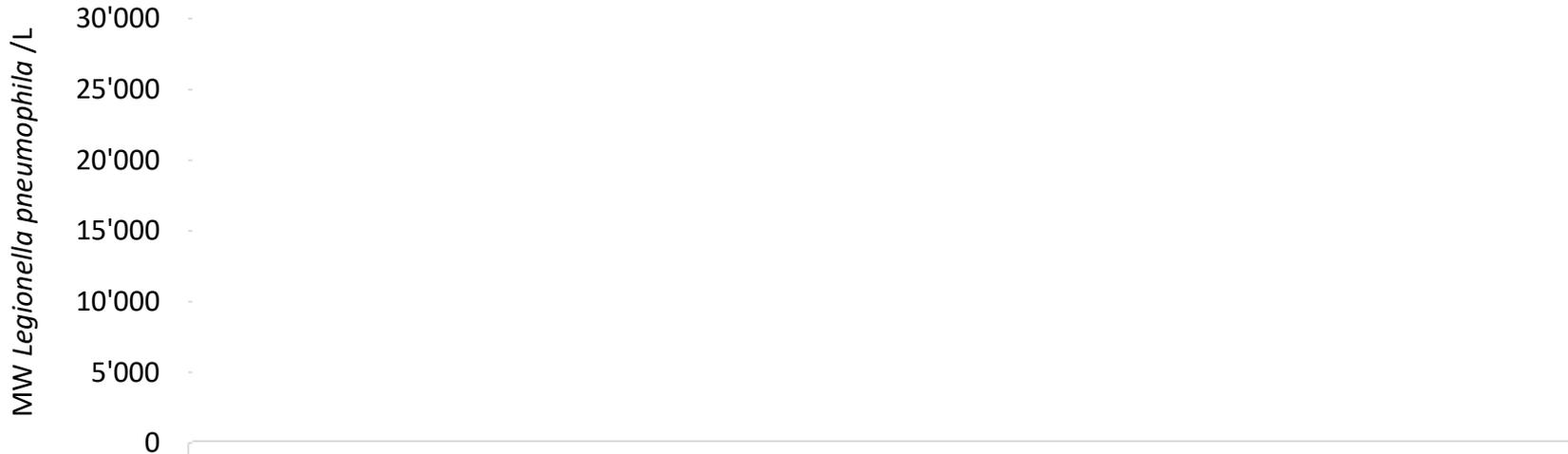


Fallbeispiel 2: Ergebnisse



Duschen Übrige Etagen

- Massnahmen im Rahmen von 4 Testphasen
- Begleitende Messungen während über 8 Monaten mit mittlerweile mehreren hundert Messwerten, u.a. *Legionella pneumophila* mittels Legiolert (IDEXX)
- Werte jeweils pro Probenahmetag und Stockwerk gemittelt



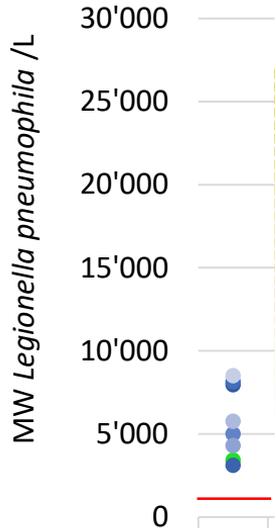
	T0	T1	T2	T3	T4
Speicher C°					
LS: °C					
LS: Zirkul.					

Fallbeispiel 2: Ergebnisse



Duschen Übrige Etagen

Überall > 1'000
KBE / L



Ausgangslage

Speichertemperatur
- 45 °C

Legionellenschaltung
- 1x pro Woche
- 60 °C
- Keine Zirkulation

Laufzeit
- X Jahre

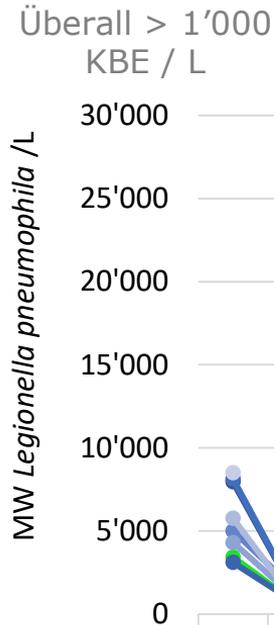
- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H

	T0
Speicher °C	45 °C
LS: °C	1x60°C
LS: Zirkul.	-

Fallbeispiel 2: Ergebnisse



Duschen Übrige Etagen



TEST 1
 Speichertemperatur
 - 45 °C
 Legionellenschaltung
 - 1x pro Woche
 - 70 °C
 - Mit Zirkulation
 Laufzeit
 - 3 Wochen

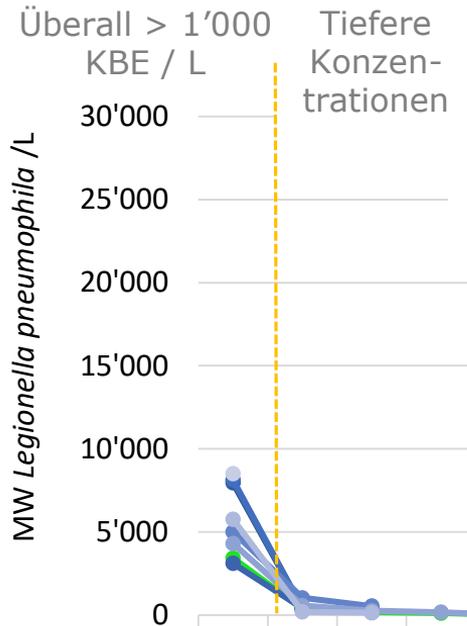
- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H

	T0
Speicher °C	45 °C
LS: °C	1x60°C
LS: Zirkul.	-

Fallbeispiel 2: Ergebnisse



Duschen Übrige Etagen



TEST 2
 Speichertemperatur
 - 60 °C

 Legionellenschaltung
 - keine

 Laufzeit
 - 3 Wochen

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H

	T0	T1
Speicher °C	45 °C	45 C°
LS: °C	1x60°C	1 x 70°C +?
LS: Zirkul.	-	Ja

Fallbeispiel 2: Testphasen



Update 1

Zusätzlicher Speicher

- 60 °C

Legionellenschaltung

- keine
- Zufuhr Warmwasser vom Hauptspeicher

Laufzeit

- unbestimmt

TEST 3

Speichertemperatur

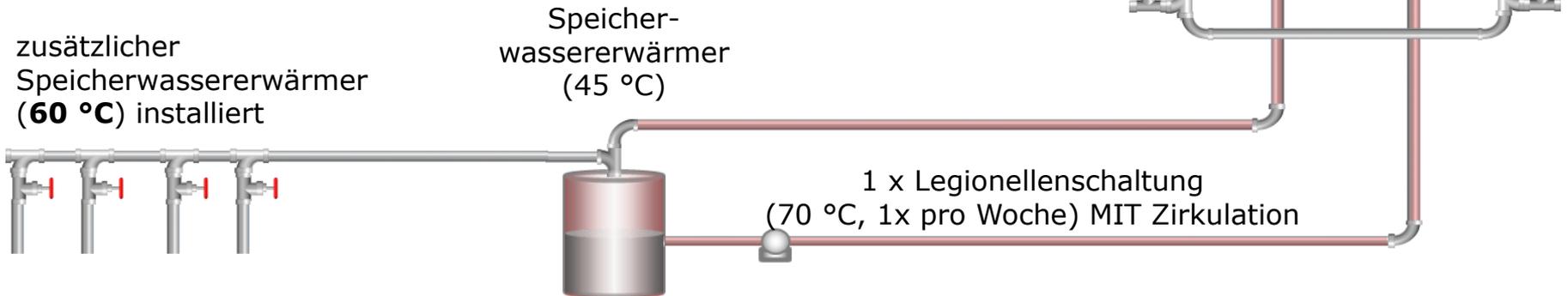
- 45 °C

Legionellenschaltung

- 1x pro Woche
- 70 °C
- Mit Zirkulation

Laufzeit

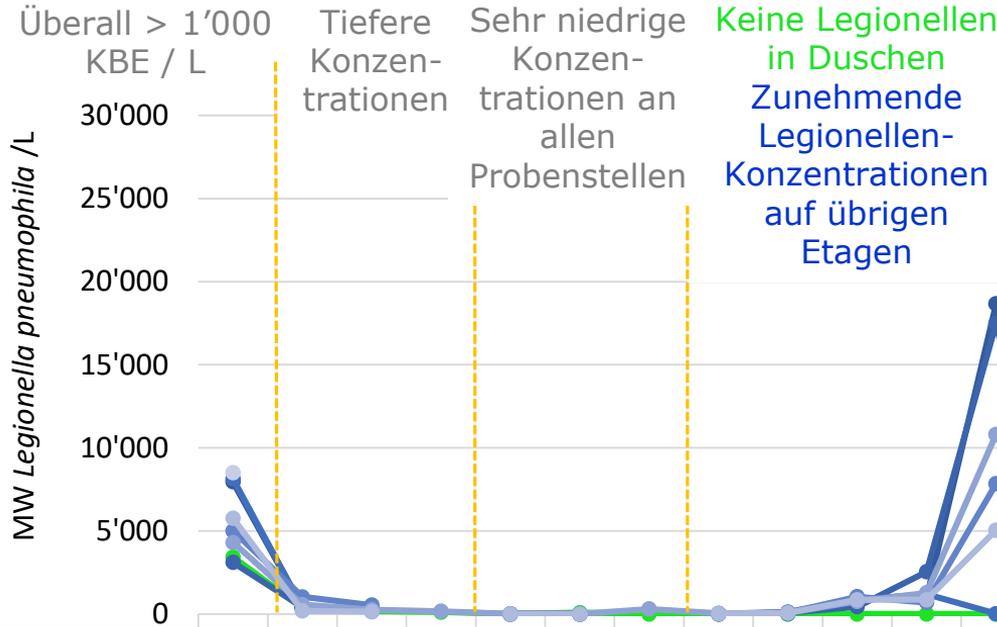
- 5 Wochen



Fallbeispiel 2: Ergebnisse



Duschen Übrige Etagen



	T0	T1	T2	T3
Speicher °C	45 °C	45 C°	60 °C	60 °C, 45 °C
LS: °C	1x60°C	1 x 70°C +?	-	-, 1 x 70 °C
LS: Zirkul.	-	Ja	-	-, Ja

Update 1

Neuer Speicher

- 60 °C

Legionellenschaltung

- keine

- Zufuhr Warmwasser vom Hauptspeicher

Laufzeit

- unbestimmt

TEST 3

Speichertemperatur

- 45 °C

Legionellenschaltung

- 1x pro Woche

- 70 °C

- Mit Zirkulation

Laufzeit

- 5 Wochen

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H

Fallbeispiel 2: Testphasen



Update 1

Neuer Speicher
- 60 °C

Legionellenschaltung
- keine
- Zufuhr Warmwasser vom Hauptspeicher

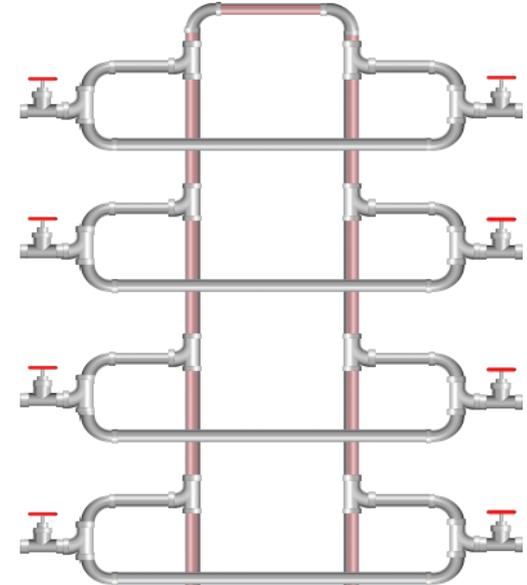
Laufzeit
- unbestimmt

TEST 4

Speichertemperatur
- 45 °C

Legionellenschaltung
- 3x pro Woche
- 70 °C
- Mit Zirkulation

Laufzeit
- 24 Wochen



Zusätzlicher
Speicherwassererwärmer
(60 °C) installiert

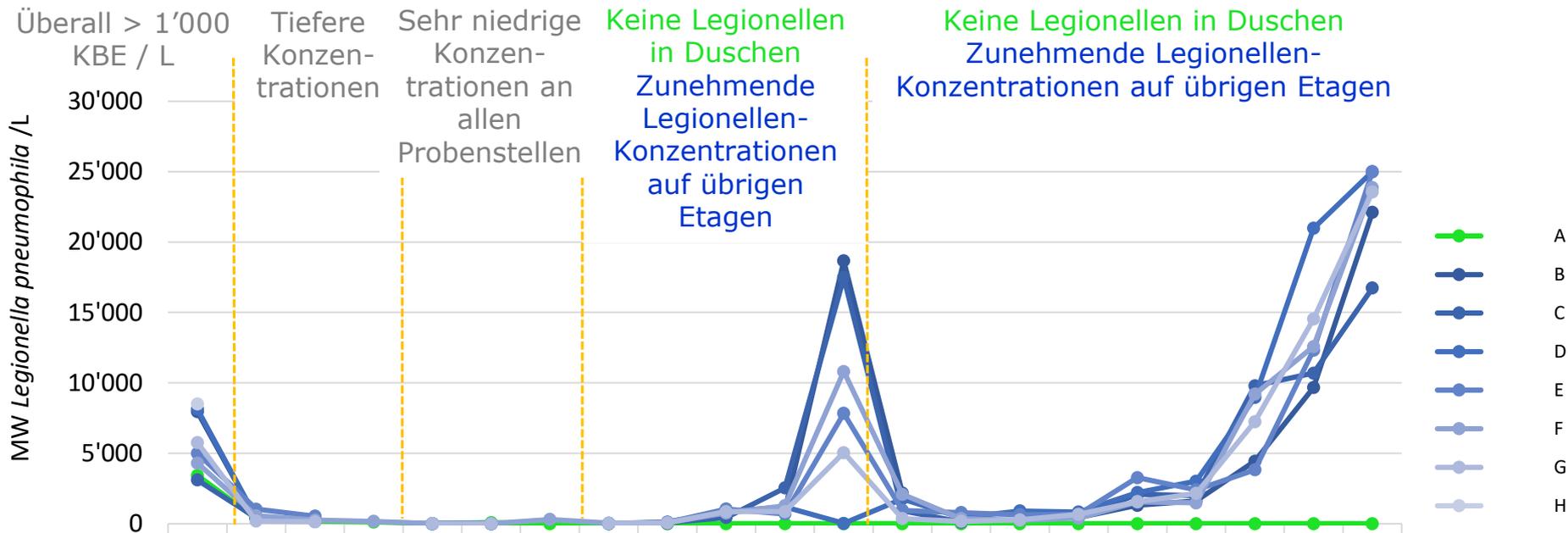
Speicher-
wassererwärmer
(45 °C)

Legionellenschaltung
(70 °C, 3x pro Woche) MIT Zirkulation

Fallbeispiel 2: Ergebnisse



Duschen Übrige Etagen



	T0	T1	T2	T3	T4
Speicher °C	45 °C	45 C°	60 °C	60 °C, 45 °C	60 °C, 45 °C
LS: °C	1x60°C	1 x 70°C +?	-	- , 1 x 70 °C	- , 3 x 70 °C
LS: Zirkul.	-	Ja	-	- , Ja	- , Ja

Fallbeispiel 2: Fazit



- Die anfänglich eingeschränkte Kooperation seitens techn. Leitung erhöhte den Aufwand für die Bearbeitung des Falls massiv
- Viele Anlagen und Nutzungsspezifische Aspekte mussten experimentell ermittelt werden
- Dank dem Einsetzen von Duschköpfen mit Filtern als Überbrückung und der späteren Installation eines mit 60 °C betriebenen kleinen Boilers, konnte das grösste Risiko (Duschen) entschärft werden.
- Während des Betriebs der restlichen Installationsteile mit kontinuierlich 60 °C sanken die Legionellenzahlen auf < 10 Legionellen pro Liter
- Der nachfolgende Betrieb mit den ursprünglichen 45 °C gekoppelt mit einer thermischen Desinfektion 1x bzw. 3x wöchentlich bei 70 °C führte hingegen über längere Zeit zu einem erneuten massiven Aufwuchs.
- Ausblick: momentan Mo-Fr 60 °C, Sa-So 45 °C
sobald Legionellen-Werte wieder gut, etappenweise ein Wochentag mehr mit 45 °C

Der Zeitpunkt der Kontrolle des Sanierungserfolgs spielt eine grosse Rolle.

Zsf: Erfahrungen aus der Praxis I

Situationsanalyse



Erheben von anlagen- und nutzungsspezifischen Aspekten

- **Umsetzung:** oft fehlend oder sehr oberflächlich
- **Überblick:** Hauptansprechpersonen und Zuständigkeiten nicht immer sofort klar
- **Auskunft:**
 - Kooperationsbereitschaft teilweise eingeschränkt, Informationen vage oder falsch (Unwissen bis Angst vor Rufschädigung oder dem Aufdecken potenzieller Verfehlungen)
 - wenig Detailwissen vorhanden z.B. bezüglich Leitungsführung, Zirkulationsbetrieb, Speichertemperaturen, Legionellschaltungen, Anzahl Entnahmestellen, Nutzungshäufigkeit etc.
 - Fehlerhafte / Fehlende Temperaturanzeigen
 - fehlende bzw. nicht aktualisierte Pläne der Installation



Zsf.: Erfahrungen aus der Praxis II

Bestand



Viele Installationen (auch Neubauten!) entsprechen nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik, z. B.:

- bzgl. Temperatur, Ausstosszeiten, Dämmungen
- hydraulischem Abgleich
- Dimensionierung, Wasseraustausch / Nutzungshäufigkeit
- Totleitungen
- Instandhaltung (Wartung, Kontrolle, Instandsetzung)



Zsf.: Erfahrungen aus der Praxis III

Probenahme



- Zugang zu geeigneten Probenahmestellen teilweise erschwert
 - eingeschränkter Kooperationswille (Aufwand, Befürchtung Aufdecken von Verfehlungen,...)
 - laufender Betrieb/Nutzung (z. B. Mietwohnung, Hotelbetrieb)
 - fehlende bzw. ungeeignete Probenahmestellen und -ventile
- Probenahmestrategien oft nicht an Fragestellung angepasst
- gerade in grösseren Gebäuden Probenanzahl oft zu klein um generelle Aussagen zum Zustand der Gesamtinstallation zu machen
- erhebliches Risiko für Fehlinterpretationen der Ergebnisse, z.B. bzgl.:
 - Gesamtzustand der Installation
 - Ausmass der Kontamination und Ursache
 - Sanierungserfolg



Zusammenfassung: Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Beprobung/Sanierung

Herausforderung	Lösungsansatz
Kontaminationen oft punktuell statt systemisch sowie zeitlich dynamisch	Mehrere bis viele Proben nötig Systematische Beprobung einzelner Installationsabschnitte
Legionellen primär im Biofilm, intrazellulär	Längere Stagnation zeigt deutlicheres Bild
Techn. Details und Nutzung der Installation können Probenergebnisse beeinflussen und sind auch wichtig für den Sanierungserfolg	Beides erfassen, dokumentieren und Beprobungsstrategie sowie Interpretation der Ergebnisse und Sanierungsmassnahmen darauf basieren → Zusammenarbeit über mehrere Akteure/Spezialisten hilfreich
KW immer öfters Teil/Ursache vom Problem	Bei Beprobung/Interpretation sowohl Kalt- wie auch Warmwasser miteinbeziehen, ACHTUNG bei Mischwasser!
Ohne Identifikation und Lokalisierung der Ursache ist Sanierung = Roulette	Ursache ist mittels erweitertem Probenset zu identifizieren und zu lokalisieren, Sanierungsstrategie muss bei Ursache ansetzen
Sanierungserfolg lässt sich <u>nicht</u> anhand nur einer Probe kurz nach Abschluss der Massnahmen überprüfen	Überprüfung über längere Zeit wichtig (einerseits techn. Massnahmen wie Temperatur, andererseits mikrobiologische Werte)

Foto: Lisa Neu, Frederik Hammes, Eawag

Stefan Köttsch

Frederik Hammes

Caitlin Proctor

Lisa Neu

Franziska Böni

Aline Morger

Isabelle Kunz

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

2 μ m

Image Pixel Size = 4,167 nm

Mag = 20.00 K X

Signal A = SE2

Aperture Size = 30.00 μ m

EHT = 3.00 kV

WD = 3.0 mm

Stage at T = 0.0 °

File Name = 7809_3_08.tif

Date :22 May 2017

ZMB