

Faktenrecherchen zu Legionellen im Warmwasser

Diskussion der SIA 385/1

Michel Haller, 6.11.2018



HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL
FHO Fachhochschule Ostschweiz



INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK

Übersicht

- **Geschichte und «Outbreaks»**
- **Fallzahlen und Entwicklung Schweiz, Saisonalität**
- **Leben und Sterben der Legionellen**
- **Quellen für Infektionen**
- **Vorkommen in Warmwassersystemen**
 - Feldstudien – Mythen und Fakten
 - Quellenangaben jeweils in eckigen Klammern []
 - ca. 150 Quellen analysiert (überwiegend “original research papers”)

Für den Inhalt und die präsentierten Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieser Präsentation verantwortlich, eine Abstimmung der Präsentation mit anderen Stellen (zum Beispiel SIA-Kommission, BFE oder BAG/BLV) hat nicht stattgefunden.

Keine Diskussion der aktuell diskutierten Formulierungen der SIA 385/1. Diese sind Gegenstand der Diskussionen in der SIA Kommission, die Resultate liegen voraussichtlich Ende Jahr / Anfang 2019 vor.

Legionellen: Geschichte und Outbreaks

■ 1976, Philadelphia (USA):

- Rätselhafte Erkrankung von Kriegsveteranen (Legionären): 182 Personen erkrankt, Todesrate 16%
- Nassrückkühler auf Hoteldach war Auslöser
- Kurzfilm (22 min., englisch):
<https://thelegionnaireslawyer.com/history-legionnaires-disease/>



Outbreaks

- Bei „Outbreaks“ auch heute noch meist Nasskühler als Ursache
 - Aber: die meisten Infektionen sind Einzelinfektionen / keine Outbreaks

Jahr	Stadt	Infektionsquelle	Erkrankt	Gestorben
2010	Wales, United Kingdom	Wahrscheinlich Nasskühler	22	9%
2012	Québec City, Canada	Wahrscheinlich Nasskühler	180	7%
2012	Edinburgh, Scotland, UK	Wahrscheinlich Nasskühler	92	3%
2012	Pittsburgh, Pennsylvania	unbekannt	22	27%
2014	Portugal	unbekannt	375	3%
2015	Bronx, New York	Nasskühler	113	11%
2015	Quincy, Illinois	unbekannt	58	28%
2015	Genesee County, Michigan	Vermutlich Wasserversorgung	87	14%
2017	Anaheim, California	Nasskühler	22	5%
2017	Lisbon, Portugal	Nasskühler	56	9%
2018	Washington Heights, New York	Nasskühler	27	4%

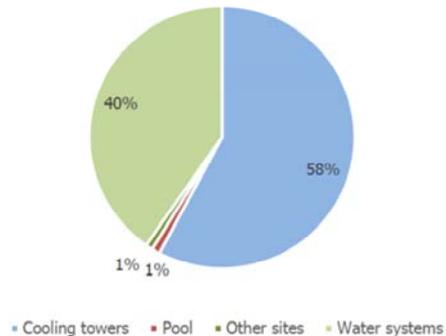
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Legionnaires%27_disease_outbreaks#cite_note-c+d-52

Source:

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Legionnaires%27_disease_outbreaks#cite_note-c+d-52

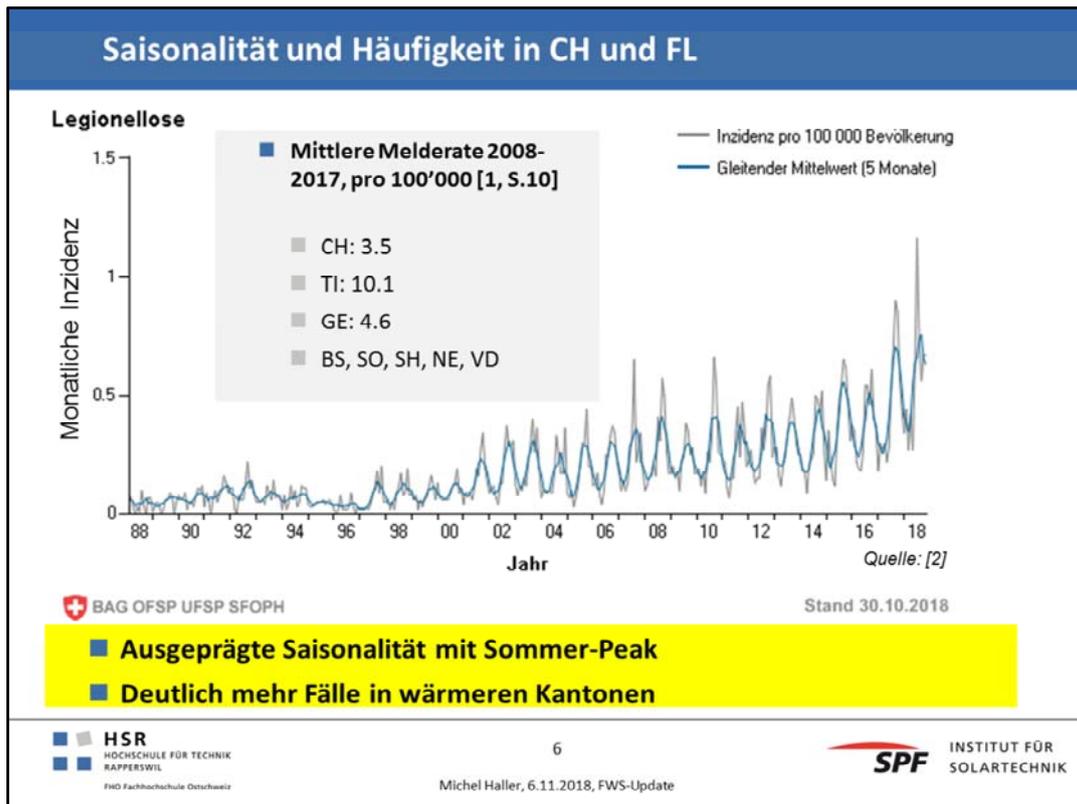
Quellen für Legionellose-Infektionen

- Nass-Rückkühler, Kühltürme
- zu kalte Warmwasserleitungen und zu warme Kaltwasserleitungen
- Zierbrunnen
- Sprudelbäder
- Allg. Sprüheinrichtungen, z. Bsp.
 - Duschen, Druckreiniger, Kläranlagen, Autowaschanlagen, Scheibenwischerflüssigkeiten von Fahrzeugen, Dentaleinrichtungen (Zahnarzt)
- Komposterde



Distribution of sampling sites which tested positive for Legionella, EU/EEA, 2014

1. Schwake, D.O., Alum, A. & Abbaszadegan, M., 2015. *Automobile windshield washer fluid: A potential source of transmission for Legionella*. Science of The Total Environment, 526, p.271–277.
2. Anon., 2006. *Französische AKWs spucken Legionellen*. die tageszeitung.
3. ee-news, 2011. *Kernkraftwerk Leibstadt: Legionellen-Bekämpfung war erfolgreich*. Available at: http://www.ee-news.ch/de/article/22665/kernkraftwerk-leibstadt-legionellen-bekaempfung-war-erfolgreich?utm_source=newsletter46&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter46 [Accessed August 2, 2011].
4. ee-news, 2013. *Kernkraftwerk Leibstadt: Legionellen-Bekämpfung verlängert*. Available at: http://www.ee-news.ch/de/article/26500/kernkraftwerk-leibstadt-legionellen-bekaempfung-verlaengert?utm_source=newsletter173&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter173 [Accessed May 22, 2013].



1. BAG - Bundesamt für Gesundheit, 2017. *Die Legionärskrankheit in der Schweiz und im Fürstentum Lichtensteig, 2008 bis 2017*. *BAG Bulletin*, 21(18), p.7–11.
2. BAG - Bundesamt für Gesundheit, *Zahlen zu Infektionskrankheiten*. Available at: <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/zahlen-und-statistiken/zahlen-zu-infektionskrankheiten.html> [Accessed November 4, 2018].

Leben und Sterben von Legionellen

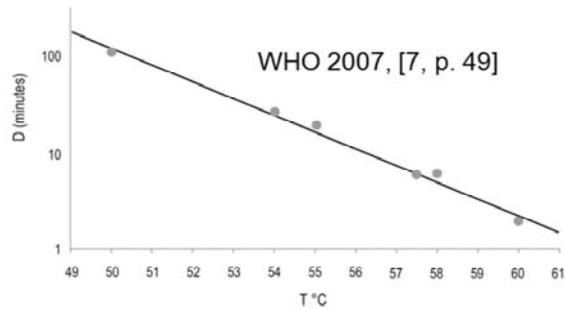
■ Mythos: Legionellen vermehren sich auch über 50 °C noch...

- ... stimmt nach heutiger Kenntnis nicht! [Quellen: 1-7]
- Wachstum zwischen 20 °C und 45 °C verifiziert
- Verdoppelungsrate ca. 6 h unter Idealbedingungen (35 – 40 °C)
 - evt. unter Anwesenheit von Amöben schnellere Verdoppelung möglich

■ Ab 45 – 50 °C nimmt die Konzentration kultivierbarer Legionellen (KBE = Kolonie Bildende Einheiten) ab [1-7]

■ Dieser Rückgang ist stark abhängig von der Temperatur

- D = 100 min @ 50 °C
- D = 2 min @ 60 °C
- D = Dezimierung: 90% unschädlich



Decimal reduction time (D) = time in minutes to kill 90% of the population of *Legionella*
 Source: data combined from Dennis, Green & Jones (1984); Schulze-Robbecke, Rodder & Exner (1987)

1. Yee, R.B. & Wadowsky, R.M., 1982. Multiplication of *Legionella pneumophila* in unsterilized tap water. *Applied and Environmental Microbiology*, 43(6), p.1330–1334.
2. Wadowsky, R.M., Yee, R.B., Mezmar, L., Wing, E.J. & Dowling, J.N., 1982. Hot water systems as sources of *Legionella pneumophila* in hospital and nonhospital plumbing fixtures. *Applied and Environmental Microbiology*, 43(5), p.1104–1110.
3. Schulze-Röbbecke, R., Rödder, M. & Exner, M., 1987. Multiplication and killing temperatures of naturally occurring legionellas. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene. Serie B, Umwelthygiene, Krankenhaushygiene, Arbeitshygiene, präventive Medizin*, 184(6), p.495–500.
4. Dennis, P.J., Green, D. & Jones, B.P.C., 1984. A note on the temperature tolerance of *Legionella*. *Journal of Applied Bacteriology*, 56(2), p.349–350.
5. De Luca, G., Stampi, S., Lezzi, L. & Zanetti, F., 1999. Effect of heat and acid decontamination treatments on the recovery of *Legionella pneumophila* from drinking water using two selective media. *The New Microbiologica*, 22(3), p.203–208.
6. Cervero-Aragó, S., Rodríguez-Martínez, S., Puertas-Bennasar, A. & Araujo, R.M., 2015. Effect of Common Drinking Water Disinfectants, Chlorine and Heat, on Free *Legionella* and Amöbae-Associated *Legionella*. *PLOS ONE*, 10(8), p.e0134726.
7. WHO, W.H.O., 2007. *Legionella and the prevention of legionellosis*. Geneva, Switzerland, p. 49

Aber: keine KBE heisst nicht, dass keine Legionellen da sind!

■ VBNC – Viable, But Not Culturable [1-10]

- Legionellen haben die **Möglichkeit**, bei widrigen Bedingungen (hohe Temperaturen, hoher Chlorgehalt, Fehlen von Nährstoffen) den Stoffwechsel herunterzufahren und «**inaktiv**» zu werden.
- In diesem Zustand bringt man sie auf Nährboden nicht zum wachsen (**kein Nachweis über Kultivierung** möglich (KBE = 0), daher der Name VBNC: VIABLE (lebensfähig), BUT NOT CULTURABLE)
- Es spricht einiges dafür, dass die Legionellen erst durch Aufnahme in einer Amöbe (evt. auch menschliche Makrophage) wieder zum Wachstum angeregt werden
- Die **Elimination von VBNC-Stadien dauert auch bei 70 °C über eine Stunde!**
- VBNC liefern die Erklärung dafür, dass einmal befallene Systeme auch nach erfolgreicher Sterilisation mit 60 °C (-> KBE = 0) sehr schnell wieder befallen werden (aus den VBNC-Stadien!)
- Ob das Inhalieren von VBNC-Legionellen eine Erkrankung auslösen kann ist derzeit nicht klar – ist Stand der gegenwärtigen Forschung

1. Allegra, S., Berger, F., Berthelot, P., Grattard, F., Pozzetto, B. & Riffard, S., 2008. *Use of Flow Cytometry To Monitor Legionella Viability*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 74(24), p.7813–7816.
2. Alleron, L., Merlet, N., Lacombe, C. & Frère, J., 2008. *Long-Term Survival of Legionella pneumophila in the Viable But Nonculturable State After Monochloramine Treatment*. *Current Microbiology*, 57(5), p.497–502.
3. Casini, B., Baggiani, A., Totaro, M., Mansi, A., Costa, A.L., Aquino, F., Miccoli, M., Valentini, P., Bruschi, F., Lopalco, P.L. & Privitera, G., 2018. *Detection of viable but non-culturable legionella in hospital water network following monochloramine disinfection*. *Journal of Hospital Infection*, 98(1), p.46–52.
4. Dietersdorfer, E., Kirschner, A., Schrammel, B., Ohradanova-Repic, A., Stockinger, H., Sommer, R., Walochnik, J. & Cervero-Aragó, S., 2018. *Starved viable but non-culturable (VBNC) Legionella strains can infect and replicate in amoebae and human macrophages*. *Water Research*, 141, p.428–438.
5. Ducret, A., Chabaliere, M. & Dukan, S., 2014. *Characterization and resuscitation of 'non-culturable' cells of Legionella pneumophila*. *BMC Microbiology*, 14(1), p.3.
6. Dusserre, E., Ginevra, C., Hallier-Soulier, S., Vandenesch, F., Festoc, G., Etienne, J., Jarraud, S. & Molmeret, M., 2008. *A PCR-Based Method for Monitoring Legionella pneumophila in Water Samples Detects Viable but Noncultivable Legionellae That Can Recover Their Cultivability*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 74(15), p.4817–4824.
7. Epalle, T., Girardot, F., Allegra, S., Maurice-Blanc, C., Garraud, O. & Riffard, S., 2015. *Viable but Not Culturable Forms of Legionella pneumophila Generated After Heat Shock Treatment Are Infectious for Macrophage-Like and Alveolar Epithelial Cells After Resuscitation on Acanthamoeba polyphaga*. *Microbial Ecology*, 69(1), p.215–224.
8. Marinelli, L., Cottarelli, A., Solimini, A.G., Del Cimmuto, A. & De Giusti, M., 2017. *Evaluation of timing of re-appearance of VBNC Legionella for risk assessment in hospital water distribution systems*. *Annali Di Igiene: Medicina Preventiva E Di Comunita*, 29(5), p.431–439.
9. Steinert, M., Emödy, L., Amann, R. & Hacker, J., 1997. *Resuscitation of viable but nonculturable Legionella pneumophila Philadelphia JR32 by Acanthamoeba castellanii*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 63(5), p.2047–2053.
10. Turetgen, I., 2008. *Induction of Viable but Nonculturable (VBNC) state and the effect of multiple subculturing on the survival of Legionella pneumophila strains in the presence of monochloramine*. *Annals of Microbiology*, 58(1), p.153–156.

Feldstudien – wo und wann findet man Legionellen (KBE)

- Die meisten Feldstudien fokussieren auf grosse Objekte (MFH, Altersheim, Spital, Hotel)
- Relativ wenig Daten zu Ein- und Zweifamilienhäusern
- Einige wenige Studien zu Solarwärme, keine Studie spezifisch für WP-Wassererwärmer gefunden
- Mythen und Fakten: was die Feldstudien zeigen und was nicht:
 - ~~grössere Speichervolumen fördern Legionellenwachstum~~
 - ~~60 °C Vorlauf macht die Anlage sicher~~
 - ~~delta-T Vorlauf zu Rücklauf Zirkulation 5 K vermindert Legionellenrisiko~~
 - ~~Frischwassermodule machen die Anlage legionellensicher~~
 - ~~Mehrfamilienhäuser und Einfamilienhäuser sind gleich gefährdet~~
 - ~~Unterbrechung der Zirkulation in der Nacht fördert auch bei EFH Legionellen~~
 - ~~Solarwärmeanlagen haben eher ein Problem mit Legionellen als andere Anlagen~~
 - ~~Legionellenschaltung (1x in der Woche auf 60 oder 70 °C reduziert Legionellenrisiko)~~

Mythos 1: Speichervolumen

- **Nicht richtig: grössere Speichervolumen fördern Legionellenwachstum**
- **Richtig: Legionellen wachsen hauptsächlich in warmen Verteilsystemen [4, S.36], [5], [6], [7],[8],[9],[10],[11], [16]**
 - insbesondere in nicht häufig benutzten Stichelungen und in Verteilungen mit mehreren parallelen Strängen (mit eventuell unterschiedlichen Temperaturen) [3, S. 181],[5],[11]
- **Richtig: Speichervolumen welche über 50 °C sind (Bereitschaftsvolumen) sollten genügend gross dimensioniert werden [10, 11]**
 - ... insbesondere im Verhältnis zu eventuell vorhandenen Vorwärmvolumen (< 50 °C) [Daten aus 4], [11]
- **Richtig: Kritisch sind Speicherbodensatz oder Speicherzonen < 50 °C ... [10, 12, 13, 14, 15, 17]**
 - ... wenn diese NIE auf Temperaturen über 50 °C geheizt werden, evt. auch über Jahre nicht!
- **Die sogenannte 400 l – Regel (DE) konnte bisher durch keine Feldstudie bestätigt werden**
 - das in Deutschland angewendete Kriterium von 400 l Speichervolumen, ab welchem die Legionellengefahr zunimmt, konnte in Feldstudien nicht bestätigt werden [1, S. 77], [2, S. 182], und es widerspricht dem Grundsatz von [11]

Zitate:

- Rühling et al. 2018, S.181: «Die Zirkulationsstranglänge (Länge der TWW- und der Zirkulationsleitung) und das Entnahmeverhalten beeinflussen das Legionellenvorkommen. Periphere Probenahmestellen (PNS) mit großen Zirkulationsstranglängen sowie PNS mit geringem Verbrauch sind häufiger und stärker mit Legionellen kontaminiert.»
 - Leoni et al. 2005, Abstract: «apartments with centralized heating (41.6% [...]). The apartments with independent heating systems showed a lower level of colonization (3.6% for Legionella species).»
 - Barna et al. 2016: «Centrally produced hot water was found to be a key risk factor (46% of the samples were positive vs. 16% in individual systems)»
 - Kruse et al. 2016: «positive central samples were taken in 84 of the 233 contaminated buildings (36.1%). In 149 of the contaminated buildings (63.9%), Legionella spp could exclusively be found in peripheral samples.»
 - Burger 1993: «Die Verhältnisse in Ein- und Zweifamilienhäusern mit kleinen Wasservolumina in der Trinkwasserinstallation und hinreichendem Wasservolumen im Speicher bieten Legionellen keine Möglichkeit der Vermehrung. Die aus wirtschaftlichen Gründen bevorzugten Speicherwassertemperaturen zwischen etwa 48 und 60 °C führen in Ein- und Zweifamilienhäusern nicht zur Legionellenvermehrung in den Speichern. Größer dimensionierte Speicher-Wasserverwärmer sind unter diesen Bedingungen offensichtlich besser geeignet, das Legionellenwachstum zu verhindern als unterdimensionierte Warmwasserspeicher.»
 - Tiefenbrunner 1993: «Beim Vergleich der durchschnittlichen Speichervolumina pro Person zeigt sich [Anmerkung: zeigen positiv beprobte Anlagen] jedoch im Mittel mit 50 l/Person ein geringeres Speichervolumen pro Person, als die negativen Speicheranlagen mit 68 l/Person.»
 - Borella 2004: «A central warm water system and distance of the water from the heating point >10 m were strongly associated with the risk for Legionella contamination (OR 9.24 and 8.10, respectively, p < 0.001).»
 - Alary & Joly 1991: Speicherproben welche vom Entleerungsstutzen von Elektroboiler (also ganz unten) genommen wurden waren häufiger befallen als die Zapfstellen. Dies sei auf das Design der der Speicher zurückzuführen, welches den Speicherboden nur auf 30 °C beheizt im Vergleich zu den weniger häufig befallenen fossil beheizten Speichern welche am Boden 49 °C erreichten.
1. Rühling, K. & Rothmann, R., 2012. *Untersuchungen zur Verifizierung von Sicherheitsabständen zur Zone des Legionellenwachstums in der Trinkwassererwärmung.*
 2. Mathys, W., Stanke, J., Harmuth, M. & Junge-Mathys, E., 2008. *Occurrence of Legionella in hot water systems of single-family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating.* *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211(1), p.179–185.
 3. Rühling, K., Rothmann, R., Haupt, L., Hoppe, S., Löser, J., Schreiber, C., Wasser, F., Zacharias, N., Kistemann, T., Lück, C., Koshkolda, T., Petzold, M., Schaule, G., Nocker, A., Wingender, J., Kallert, A., Schmidt, D. & Egelkamp, R., 2018. *EnEff: Wärme – Verbundvorhaben Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation - Koordinierter Schlussbericht.*
 4. Harmuth, M., 2006. *Untersuchungen über das Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern.* PhD Thesis Thesis, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster.
 5. Leoni, E., De Luca, G., Legnani, P.P., Sacchetti, R., Stampi, S. & Zanetti, F., 2005. *Legionella waterline colonization: detection of Legionella species in domestic, hotel and hospital hot water systems.* *Journal of applied microbiology*, 98(2), p.373–379.
 6. Al-Matawah, Q.A., Al-Zenki, S.F., Qasem, J.A., Al-Waalan, T.E. & Ben Heji, A.H., 2012. *Detection and Quantification of Legionella pneumophila from Water Systems in Kuwait Residential Facilities.* *Journal of Pathogens*, 2012.
 7. Barna, Z., Kádár, M., Kálmán, E., Scheirich Szax, A. & Vargha, M., 2016. *Prevalence of Legionella in premise plumbing in Hungary.* *Water Research*, 90, p.71–78.
 8. Kruse, E.-B., Wehner, A. & Wisplinghoff, H., 2016. *Prevalence and distribution of Legionella spp in potable water systems in Germany, risk factors associated with contamination, and effectiveness of thermal disinfection.* *American Journal of Infection Control*, 44(4), p.470–474.
 9. Borella, P., Montagna, M.T., Romano-Spica, V., Stampi, S., Stancanelli, G., Triassi, M., Neglia, R., Marchesi, I., Fantuzzi, G., Tatò, D., Napoli, C., Quaranta, G., Laurenti, P., Leoni, E., De Luca, G., Ossi, C., Moro, M. & D'Alcalá, G.R., 2004. *Legionella Infection Risk from Domestic Hot Water.* *Emerging Infectious Diseases*, 10(3), p.457–464.
 10. Tiefenbrunner, F., 1993. *Zum Vorkommen von Legionellen in Trinkwasserversorgungsanlagen von Ein- und Zweifamilienhäusern.* *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene*, 91-Legionellen II, p.131–148.
 11. Burger, H., 1993. *Gerätetechnische Voraussetzungen für hygienische Trinkwassererwärmung.* *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene*, 91-Legionellen II, p.99–104.
 12. Bechem, H., 1993. *Temperaturschichtungen und ihre Auswirkungen in Serienspeichern.* *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene*, 91-Legionellen II, p.83–89.
 13. Stout, J.E., Yu, V.L., Yee, Y.C., Vaccarello, S., Diven, W. & Lee, T.C., 1992. *Legionella pneumophila in residential water supplies: environmental surveillance with clinical assessment for Legionnaires' disease.* *Epidemiology and Infection*, 109(1), p.49–57.
 14. Alary, M. & Joly, J.R., 1991. *Risk factors for contamination of domestic hot water systems by legionellae.* *Appl. Environ. Microbiol.*, 57(8), p.2360–2367.
 15. Lee, T.C., M.S, J.E.S. & M.D, V.L.Y., 1988. *Factors Predisposing to Legionella pneumophila Colonization in Residential Water Systems.* *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 43(1), p.59–62.
 16. Borella, P., Montagna, M.T., Romano-Spica, V., Stampi, S., Stancanelli, G., Triassi, M., Neglia, R., Marchesi, I., Fantuzzi, G., Tatò, D., Napoli, C., Quaranta, G., Laurenti, P., Leoni, E., De Luca, G., Ossi, C., Moro, M. & D'Alcalá, G.R., 2004. *Legionella Infection Risk from Domestic Hot Water.* *Emerging Infectious Diseases*, 10(3), p.457–464.
 17. Alary, M. & Joly, J.R., 1991. *Risk factors for contamination of domestic hot water systems by legionellae.* *Appl. Environ. Microbiol.*, 57(8), p.2360–2367.

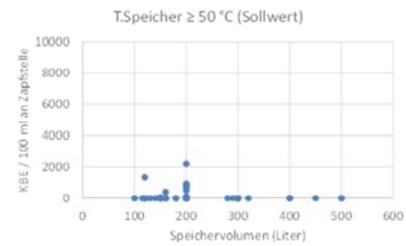
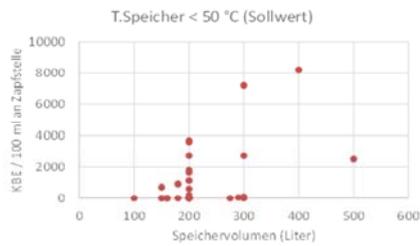
Mythos 1: Speicher(volumen) vs. warme Verteilung (EFH und ZFH)

Harmuth et al. 2006 (200 Ein- und Zweifamilienhäuser):

Zirkulationsleitung vorhanden	insgesamt	mit Legionellen	ohne Legionellen	mit Legionellen in %
Ja	184	38	146	20,7
Nein	15	0	15	0,0
keine Angabe	1	0	1	0,0
Summe	200	38	162	19,0

- Solaranlagen positiv: (2/48, 2%, bei beiden Tspeicher < 50 °C)
- Wärmepumpen positiv: (2/2, bei beiden Tspeicher < 50 °C)

Daten aus Harmuth et al. (2006)



Harmuth, M., 2006. *Untersuchungen über das Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern*. PhD Thesis, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster.

Mythos 2a: Grenztemperatur 60 °C

- ~~Nicht richtig: 60 °C Vorlauf (+ 5 K Regel) machen eine Anlage legionellensicher~~
- Richtig: Das allgemeine Temperaturniveau, respektive (mit hoher Wahrscheinlichkeit) die tiefste Temperatur in der Zirkulation / warmgehaltenen Leitung, bestimmt das Legionellenrisiko
 - Zitat aus (Rühling et al., 2018): S. 137 + S. 355: «Eine Grenztemperatur am Austritt des Trinkwassererwärmers [...] oberhalb derer eine Kontamination ausgeschlossen werden kann, lässt sich für Bestandsobjekte nicht ableiten.»
 - Felduntersuchung 264 Anlagen (2968 Proben) [2, S. 48]: Hohe Legionellenzahlen unterhalb 50 (55) °C im Speicher (siehe nächste Folie); Übereinstimmend mit [3, S. 38], [4]
 - Eine moderne, nach allen Regeln der Technik geplante, installierte und betriebene Anlage kann mit Vorlauf 55 °C und Rücklauf 52 °C betrieben werden, ohne dass Legionellenprobleme zu erwarten sind (Rühling et al. 2018)
 - Bei alten, unübersichtlichen Anlagen mit Totwinkeln und stillgelegten Stichleitungen reichen auch 60 °C im Vorlauf oft nicht aus, um die Legionellen in den Griff zu bekommen
 - Fazit: Wenn 55 °C nicht reichen um 52 °C im Rücklauf zu gewährleisten, ...
 - dann muss die Vorlauftemperatur entsprechend angepasst werden – notfalls auch über 60 °C!
 - die 52 °C im Rücklauf gelten sowohl für jeden einzelnen Teilstrang und jede Steigzone als auch für den Wiedereintritt in den Erwärmer

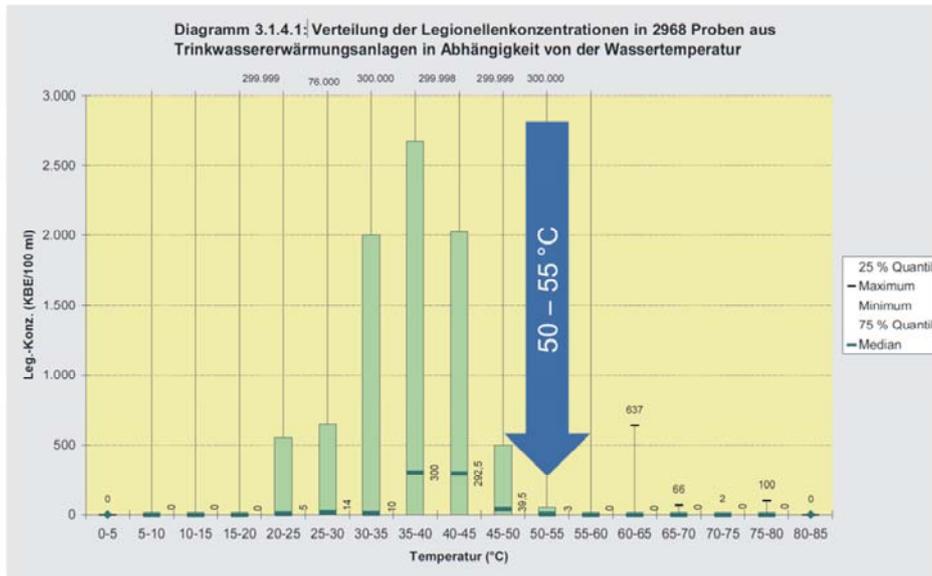
Pleischl. 2004, S. 48: Unterhalb von 20 °C und oberhalb von 55 °C wurden Legionellen nur in Konzentrationen deutlich unter 1'000 KBE/100 ml gefunden.

Mathys et al. 2008: «raising hot water temperatures to > 60 °C had no influence on Legionella counts».

Borella et al. 2004: “an operating temperature >50°C was predictive of noncontaminated samples (OR 0.25; 95% CI 0.11 to 0.98, p < 0.05).”

1. Rühling, K., Rothmann, R., Haupt, L., Hoppe, S., Löser, J., Schreiber, C., Wasser, F., Zacharias, N., Kistemann, T., Lück, C., Koshkolda, T., Petzold, M., Schaule, G., Nocker, A., Wingender, J., Kallert, A., Schmidt, D. & Egelkamp, R., 2018. *EnEff: Wärme – Verbundvorhaben Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation - Koordinierter Schlussbericht*.
2. Pleischl, S., 2004. *Zum Vorkommen von Legionellen in wasserführenden, technischen Systemen und der Wirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen unter Praxisbedingungen*. PhD Thesis, Verlag nicht ermittelbar.
3. Harmuth, M., 2006. *Untersuchungen über das Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern*. PhD Thesis, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster.
4. Burger, H., 1993. *Gerätetechnische Voraussetzungen für hygienische Trinkwassererwärmung*. *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene*, 91-Legionellen II, p.99–104.
5. Mathys, W., Stanke, J., Harmuth, M. & Junge-Mathys, E., 2008. *Occurrence of Legionella in hot water systems of single-family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211(1), p.179–185.
6. Borella, P., Montagna, M.T., Romano-Spica, V., Stampi, S., Stancanelli, G., Triassi, M., Neglia, R., Marchesi, I., Fantuzzi, G., Tatò, D., Napoli, C., Quaranta, G., Laurenti, P., Leoni, E., De Luca, G., Ossi, C., Moro, M. & D'Alcalà, G.R., 2004. *Legionella Infection Risk from Domestic Hot Water*. *Emerging Infectious Diseases*, 10(3), p.457–464.

Mythos 2a: Grenztemperatur 60 °C



Quelle: Pleischl, 2004

1. Pleischl, S., 2004. *Zum Vorkommen von Legionellen in wasserführenden, technischen Systemen und der Wirksamkeit von Sanierungsmassnahmen unter Praxisbedingungen*. PhD Thesis.

Mythos 2b: die 5 K delta-T Regel

- **Nicht richtig:** ~~Die Differenz zwischen Vor- und Rücklauf von 5 K reduziert das Legionellenrisiko (Regel heute in DE und in EN 806-2)~~
- **Richtig:** Die Rücklauftemperatur in Zirkulationssystemen muss auf einem Temperaturniveau sein, welches Legionellenwachstum verhindert
 - Dies ist ab 50 – 52 °C der Fall!
 - Zitat: Rühling et al. 2018: «Das Einhalten der 5 K - Regel hat keinen Einfluss auf die Legionellenkontamination»
- **Aber:** **Mindesttemperatur im Rücklauf gilt sowohl für jeden einzelnen Teilstrang und jede Steigzone als auch für den Wiedereintritt in den Erwärmer**

Anzahl Objekte mit Legionellennachweis mit/ohne Einhaltung der 5 K Regel:

Studie	Objekte	5 K eingehalten	5 K nicht eingehalten
Rühling et al. 2018	Gemischt/ DE	32% (15/47)	16% (3/19)

1. Rühling, K., Rothmann, R., Haupt, L., Hoppe, S., Löser, J., Schreiber, C., Wasser, F., Zacharias, N., Kistemann, T., Lück, C., Koshkolda, T., Petzold, M., Schaule, G., Nocker, A., Wingender, J., Kallert, A., Schmidt, D. & Egelkamp, R., 2018. *EnEff: Wärme – Verbundvorhaben Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation - Koordinierter Schlussbericht.*

Mythos 3: Frischwassermodule

- **Nicht richtig: Frischwassermodule schützen vor Legionellen, weil kein Wasser gespeichert wird** [1, S. 118]
- **Richtig: Da sich die Legionellen hauptsächlich in der warmen Verteilung vermehren, sind Frischwassermodule nicht prinzipiell als sicherer anzusehen**
 - Frischwassermodule müssen dieselben Anforderungen an die Temperaturen in der Verteilung erfüllen wie Speicher
- **Frischwassermodule haben gegenüber Speicher sowohl Vor- als auch Nachteile**
 - Vorteil: kein «Speichervolumen» oder «Speicherbodensatz» oder «Vorwärmvolumen» welches durch lange Zeit auf ungenügendem Temperaturniveau Potenzial zur Legionellenvermehrung bietet
 - Nachteil: keine genügend lange Verweilzeit des Wassers im Modul oder im heißen Vorlauf > 55 °C, um eventuelle Kontamination aus dem Rücklauf (aus der Peripherie) zu eliminieren

Rühling et al. 2018, S. 118: «Die Art der zentralen Trinkwassererwärmung, unterteilt in die Ausprägungen TWW-Speicher, Speicherladeprinzip [Anmerkung Haller: = externer WT zur Beladung] und Zentrales Durchflussprinzip (Zentr. DF), führt hinsichtlich der im Wasser nachweisbaren *L. pneumophila*-Gene (qPCR) zu höchst signifikanten Verteilungsunterschieden. Der größte Anteil Gen-positiver Proben ist mit 34-48 % (je nach Teilstichprobe) bei TWI mit Speicherladeprinzip zu finden. In TWW-Systemen mit TWW-Speicher lassen sich hingegen nur in 11-14 % der Proben *L. pneumophila*-Gene nachweisen. TWI mit zentralem Durchflussprinzip liegen mit 20-29 % dazwischen. Für das Kulturverfahren nach TrinkwV zeigt die Art der zentralen Trinkwassererwärmung hingegen keinerlei statistisch signifikanten Einfluss auf eine Legionellen-Kontamination auf.»

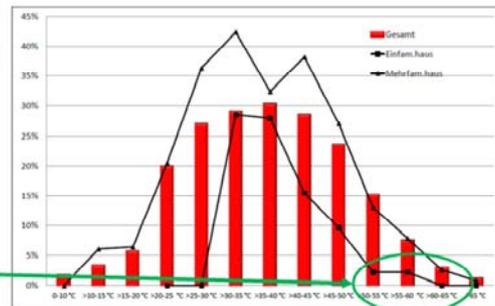
Borella 2004: «gas-heated independent systems had little contamination (10.0% of those with tank and 16.4% of those without)»

1. Rühling, K., Rothmann, R., Haupt, L., Hoppe, S., Löser, J., Schreiber, C., Wasser, F., Zacharias, N., Kistemann, T., Lück, C., Koshkolda, T., Petzold, M., Schaule, G., Nocker, A., Wingender, J., Kallert, A., Schmidt, D. & Egelkamp, R., 2018. *EnEff: Wärme – Verbundvorhaben Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation - Koordinierter Schlussbericht*.
2. Borella, P., Montagna, M.T., Romano-Spica, V., Stampi, S., Stancanelli, G., Triassi, M., Neglia, R., Marchesi, I., Fantuzzi, G., Tatò, D., Napoli, C., Quaranta, G., Laurenti, P., Leoni, E., De Luca, G., Ossi, C., Moro, M. & D'Alcalà, G.R., 2004. *Legionella Infection Risk from Domestic Hot Water. Emerging Infectious Diseases, 10(3), p.457–464.*

Mythos 4: EFH vs. MFH

- ~~Nicht richtig: Die Gefährdung ist in EFH gleich gross wie in MFH~~
- **Richtig: Einfamilienhäuser sind deutlich weniger häufig von Legionellenbefall betroffen als Mehrfamilienhäuser [1,2,3,4]**
- **Generell sind EFH OHNE WARMER VERTEILLEITUNG praktisch nie betroffen, ...**
 - ... wenn die Speichertemperatur auf über 50 °C eingestellt ist
- **Für EFH MIT warmer Verteilung...**
 - ... gelten dieselben Anforderungen wie für MFH

Prozentsatz der Betroffenen EFH (≥ 100 KBE/100ml) mit Probertemperaturen 50 – 55 °C gleich gross wie MFH mit Probertemperaturen 60 – 65 °C



Rühling & Rothmann 2012

Pleischl, S. 47: In Grossanlagen bei 34 – 66 % der Anlagen Handlungsbedarf (Grenzwerte mindestens bei einer Probe überschritten). Bei Ein- und Mehrfamilienhäusern (Kleinanlagen) nur in einem Fall von 48 (2%).

Zitate Tiefenbrunner, 1993: "Das Vermehrungspotential für Legionellen in Trinkwasserleitungssystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern ist gering im Vergleich zu Großgebäuden wie z.B. Krankenhäusern oder Hotels. Dies erklärt sich aus den kürzeren Leitungen bzw. kleineren Rohrdurchmessern und den daraus resultierenden geringen besiedelbaren Oberflächen. [...] Anlagen mit Zirkulation und Dauerbetrieb der Pumpe oder mit einer Zeitschaltuhr und Betrieb über längere Zeiträume, waren frei von Legionellen. Zwei Anlagen [Anmerkung Haller: die Legionellen aufweisen] betrieben die Pumpe nur einmal täglich für eine halbe Stunde, andere waren Naturumlaufsysteme.»

1. Pleischl, S., 2004. *Zum Vorkommen von Legionellen in wasserführenden, technischen Systemen und der Wirksamkeit von Sanierungsmaßnahmen unter Praxisbedingungen*. PhD Thesis, Verlag nicht ermittelbar.
2. Tiefenbrunner, F., 1993. *Zum Vorkommen von Legionellen in Trinkwasserversorgungsanlagen von Ein- und Zweifamilienhäusern*. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 91-Legionellen II, p.131–148.
3. Rühling, K. & Rothmann, R., 2012. *Untersuchungen zur Verifizierung von Sicherheitsabständen zur Zone des Legionellenwachstums in der Trinkwassererwärmung*
4. Exner, M., G.J. Tuschewitzki, G.J., Langer, B., Wemicke, F. & Pleischl, S., 1993. *Vorkommen und Bewertung von Legionellen in Krankenhäusern und anderen Großgebäuden*. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 91-Legionellen II, p.105–117.

Mythos 5: Zirkulationsunterbrechung in EFH

- **Nicht richtig: Die Unterbrechung der Zirkulation in der Nacht in EFH erhöht das Legionellenrisiko**
- **Richtig: Eine Zirkulation die angeschlossen, aber nicht betrieben wird, erhöht das Legionellenrisiko**
- **Richtig: grosse Objekte (MFH, etc.) ohne aktive Zirkulation erhöhen das Legionellenrisiko [1]**
- **Richtig: in EFH und ZFH erhöht das Vorhandensein einer warmen Verteilleitung an sich (Heizband oder Zirkulation) das Legionellenrisiko [1]**
- **Ein Zusammenhang zwischen einem nächtlichen Unterbruch der Zirkulation (8h) und Legionellenhäufigkeit konnte bisher in keiner Feldstudie nachgewiesen werden**
 - Mathys et al. 2008 (EFH/DEFH) [1] : «neither interrupting the hot water circulation for some hours at night, nor [...] had a significant effect on Legionella counts.» (14.3% der 126 Objekte ohne Unterbruch befallen, 12.2% der 246 Objekte mit Unterbruch)
 - Ähnlicher Befund auch von Tiefenbrunner, 1993 (EFH/DEFH) [2]
 - **Achtung: Für MFH ist der Fall weniger klar / nicht eindeutig**

1. Mathys, W., Stanke, J., Harmuth, M. & Junge-Mathys, E., 2008. *Occurrence of Legionella in hot water systems of single-family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 211(1), p.179–185.*
2. Tiefenbrunner, F., 1993. *Zum Vorkommen von Legionellen in Trinkwasserversorgungsanlagen von Ein- und Zweifamilienhaeusern. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 91-Legionellen II, p.131–148.*

Mythos 6: Solarwärme

- **Nicht richtig: Solarwärmeanlagen haben auf Grund der niedrigen Temperatur im Verwärmvolumen eher Probleme mit Legionellen**
- **Richtig: Solaranlagen sind deutlich weniger von Legionellen befallen als konventionelle Anlagen [1,2,3,4],**
 - nur eine einzige uns bekannte Studie fand keinen aignifkanten Unterschied zwischen solar beheizter zentraler Wassererwärmung und nicht-solar beheizter Erwärmung [5]

Studie	Objekte	Jahreszeit	Ohne Solar	Mit Solar
Mathys u.a., 2008 (incl. Harmuth)	EFH / DE	Jan. – Mai	13% (46/352)	5% (2/48)
Mouchtouri u.a., 2007	Hotels / GR	Jan. – Sep.	21% (80/385)	10% (8/80)
Totaro, 2017	MFH / IT	n.d.	38% (24/64)	35% (12/35)

Zitat Mathys et al. (2008): «Although hot water systems using solar energy to supplement conventional hot water supplies operate at temperatures 3 °C lower than conventional systems, this technique does not seem to promote proliferation of the bacterium. Water with a temperature below 46 °C was most frequently colonized and contained the highest concentrations of legionellae.»

1. Harmuth, M., 2006. Untersuchungen über das Vorkommen von Legionellen in Warmwassersystemen von Ein-und Zweifamilienhäusern. PhD Thesis Thesis, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster.
2. Mathys, W., Stanke, J., Harmuth, M. & Junge-Mathys, E., 2008. Occurrence of Legionella in hot water systems of single-family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 211(1), p.179–185.
3. Rühling, K. & Rothmann, R., 2012. Untersuchungen zur Verifizierung von Sicherheitsabständen zur Zone des Legionellenwachstums in der Trinkwassererwärmung. TU Dresden - Fakultät Maschinenwesen - Institut für Energietechnik, Dresden, Germany.
4. Mouchtouri, V., Velonakis, E., Tsakalof, A., Kapoula, C., Goutziana, G., Vatopoulos, A., Kremastinou, J. & Hadjichristodoulou, C., 2007. Risk Factors for Contamination of Hotel Water Distribution Systems by Legionella Species. Applied and Environmental Microbiology, 73(5), p.1489–1492.
5. Totaro, M., Valentini, P., et al., 2017. Presence of Legionella spp. in Hot Water Networks of Different Italian Residential Buildings: A Three-Year Survey. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(11).

Mythos 7: Legionellenschaltung

- **Nicht richtig: Eine Legionellenschaltung (1x in der Woche oder 1x täglich) reduziert das Legionellenrisiko**
 - Zitat Rühling et al. 2018 (S. 355): «Ist eine „technische Desinfektion“ (vorbeugende thermische Desinfektion ohne Befund z. B. einmal täglich oder wöchentlich) trinkwasserhygienisch sinnvoll und energetisch zeitgemäß? - Nein!»
- **Richtig: bisherige Feldstudien beweisen eher das Gegenteil: Die Legionellengefahr steigt wenn eine Legionellenschaltung in Betrieb ist!**
 - Rühling et al. 2018, S. 355 (Zitat):
 - «Von 6 Objekten ist bekannt, dass mit einer vorbeugenden wöchentlichen Temperaturerhöhung auf ca. 70 °C gearbeitet wird. Von diesen Objekten weisen 50 % einen positiven kulturellen Befund auf.»
 - Mathys et al., 2008 (Zitat):
 - «[...] raising hot water temperatures to 60 °C only periodically and for very short time intervals seems to favour growth of Legionella and cannot be recommended from the results obtained in this study.»

1. Rühling, K., Rothmann, R., Haupt, L., Hoppe, S., Löser, J., Schreiber, C., Wasser, F., Zacharias, N., Kistemann, T., Lück, C., Koshkolda, T., Petzold, M., Schaule, G., Nocker, A., Wingender, J., Kallert, A., Schmidt, D. & Egelkamp, R., 2018. *EnEff: Wärme – Verbundvorhaben Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation - Koordinierter Schlussbericht*.
2. Mathys, W., Stanke, J., Harmuth, M. & Junge-Mathys, E., 2008. *Occurrence of Legionella in hot water systems of single-family residences in suburbs of two German cities with special reference to solar and district heating*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211(1), p.179–185.

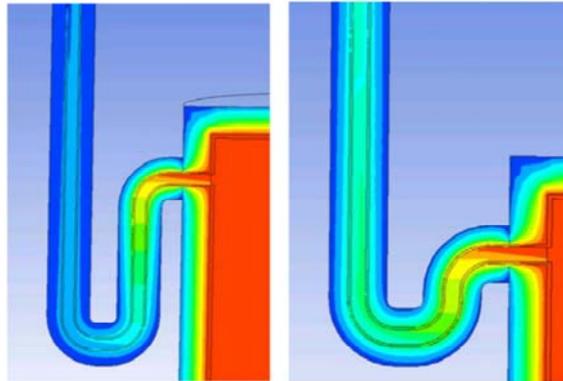
Fakten

- **Je mehr Steigzonen die Zirkulation aufweist, umso wahrscheinlicher der Befall mit Legionellen [1]**
 - Aber: die Anzahl angeschlossener Wohnungen war kein Indikator für Legionellenbefall (!)
- **Je entfernter eine Zapfstelle ist, und je weniger häufig sie benutzt wird, umso wahrscheinlicher ist ein (lokaler) Befall (diverse Studien)**
- **Je grösser und unübersichtlicher die Verteilung desto eher ein Befall (diverse Studien)**
 - es können stillgelegte Entnahmestellen mit stagnierendem Wasser vorhanden sein
 - es können Teilstränge mit ungenügender Durchspülung und ungenügenden Temperaturen vorhanden sein
 - Es können in nicht isolierten Verteilbalken welche nicht komplett belegt sind Toträume vorhanden sein.
- **Je mehr in der Anlage Probleme bekannt sind (Rost, Temperaturen), desto eher ein Befall [1], [2] u.a.**

1. Rühling, K., Rothmann, R., Haupt, L., Hoppe, S., Löser, J., Schreiber, C., Wasser, F., Zacharias, N., Kistemann, T., Lück, C., Koshkolda, T., Petzold, M., Schaule, G., Nocker, A., Wingender, J., Kallert, A., Schmidt, D. & Egelkamp, R., 2018. *EnEff: Wärme – Verbundvorhaben Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation - Koordinierter Schlussbericht*.
2. Kruse, E.-B., Wehner, A. & Wisplinghoff, H., 2016. *Prevalence and distribution of Legionella spp in potable water systems in Germany, risk factors associated with contamination, and effectiveness of thermal disinfection. American Journal of Infection Control*, 44(4), p.470–474.

Bisher zu wenig beachtet: Thermische Siphonierung

- Auf Grund der Schwerkraft steigt warmes Wasser in kälteren Rohren in denen das Wasser «stagniert» aufwärts, kühlt in diesen ab, und fließt wieder zurück in den Speicher oder in das wärmere Rohr
- Übertragen auf die Warmwasserverteilung: Ausstossleitungen, welche unsiphoniert von warmen Verteilern abgehen, sind lauwarm und bieten den Legionellen Wachstumsmöglichkeiten



Wie weiter...

- **Einige weit verbreitete «Annahmen» und «Halbwissen» erweisen sich bei näherer Betrachtung als falsch, respektive durch Feldstudien nicht belegbar oder sogar widerlegbar**
- **Sowohl die SIA 385/1 als auch die Europäische Norm EN 806-2 befinden sich derzeit in Überarbeitung**
 - Die hier dargestellten Erkenntnisse fliessen in die Diskussionen ein
- **Bezüglich Solarwärme und Wärmepumpe**
 - Bezüglich Solarwärmespeicher kann vorerst Entwarnung gegeben werden
 - Bezüglich Wärmepumpen-Warmwassererwärmung sind zu wenig Felduntersuchungen publiziert – derzeit keine Aussage möglich
 - für beide Systeme wären mehr Felddaten wünschenswert (Feldstudien teilweise in Vorbereitung)
- **Keine Polemik angesagt bezüglich Warmwassersystemen**
 - aber auch keine Entwarnung: Temperaturregimes müssen eingehalten werden, v.a. Zirkulationssysteme müssen überall die notwendigen Temperaturen sicher stellen, nicht häufig benutzte Ausstossleitungen sind ein (unlösbares?) Problem!

Danke für ihre Aufmerksamkeit

michel.haller@spf.ch

Wir danken dem BFE für die finanzielle Unterstützung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Federal Office of Energy SFOE

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich