

OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Field study Legionella in Domestic Hot Water Systems

110 predominantly small objects in Eastern Switzerland

Dr. Michel Haller, Head of Research SPF

12. Mai 2021



INSTITUT FÜR
SOLARTECHNIK

Overview

- What are Legionella?
- Results field study 2019
- Results field study 2020
- Conclusions

Field study Legionella

What are Legionellae?

Legionella are germs that can cause Legionnaires' disease, which can be fatal



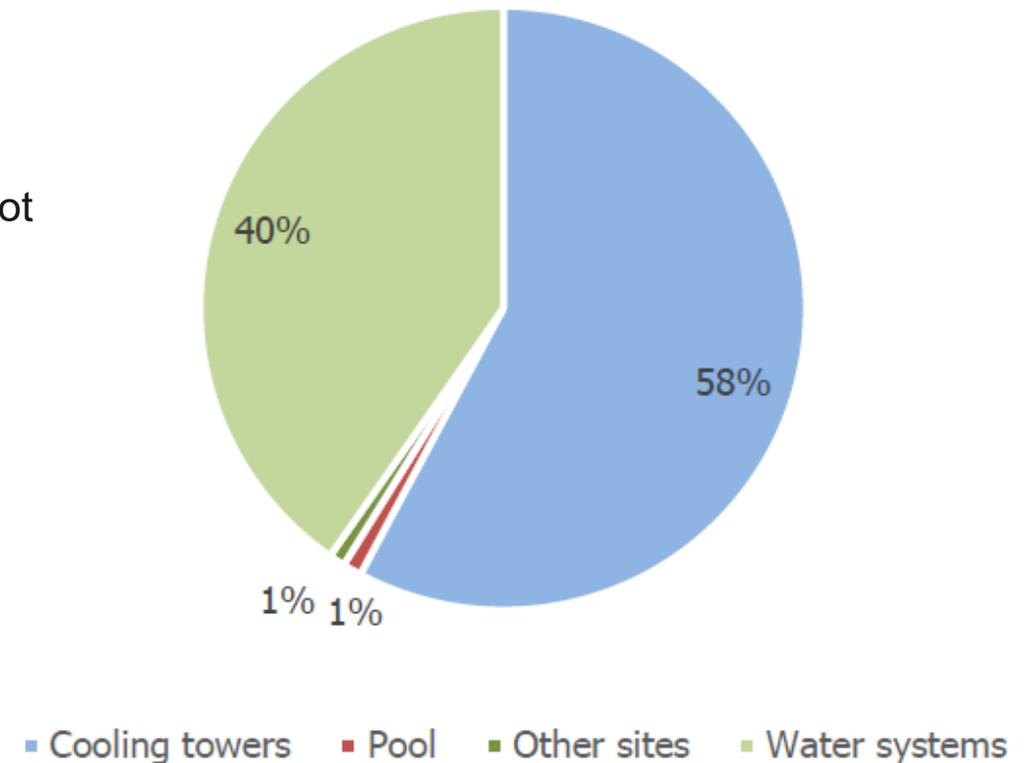
Source: CDC (PHIL #1187) - CDC Public Health Image Library., <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=841034>

- The most significant species for human diseases is Legionella pneumophila, which causes legionellosis (e.g. Legionnaires' disease or Pontiac fever).
- Infection occurs via the lungs (droplets / aerosol).
 - As far as is known, drinking water contaminated with legionella is not harmful.
- High population increase (growth) in the temperature range 25 - 37 - 45 °C; Growth stops at 45 °C, decrease in reproducible legionella at 50 °C and above.
- Legionellosis is fatal in 5-10% of cases, with a markedly higher risk for older or weakened people.
- Current number of registered cases of legionellosis in Switzerland: approx. 400 per year.

Field study Legionella

Sources of Legionella Infections

- Wet cooling towers
- Hot water pipes that are too cold and cold water pipes that are too hot
- Ornamental fountains and spas
- General (warm) water spraying equipment, e.g.
 - showers, high-pressure cleaners, sewage treatment plants, car washes, windscreen wiper fluids from vehicles, dental facilities (dentist)
- Compost



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

Two field studies of SPF - OST

2019

LegioSafeCheck:

- Field study with 110 properties
- SFH, DFH, few MFH
- 416 water samples, solar: Jan - April
- 60 systems with solar thermal
- Sampling of main and secondary showers and storage tank bottom

2020

LegioSafePlus:

- Field study: Follow-up investigations
- 14 objects with > 1000 CFU/L in the previous year
- Initial sampling Jan- March
- Survey of user behavior
- Sampling of main and secondary showers

In each case temperature recordings min. 7 days before sampling
Measurement via culture method according to ISO 11731:2017 (AVSV SG)

All reports available at: www.spf.ch/legiosafe

Field study Legionella

Results field study 2019

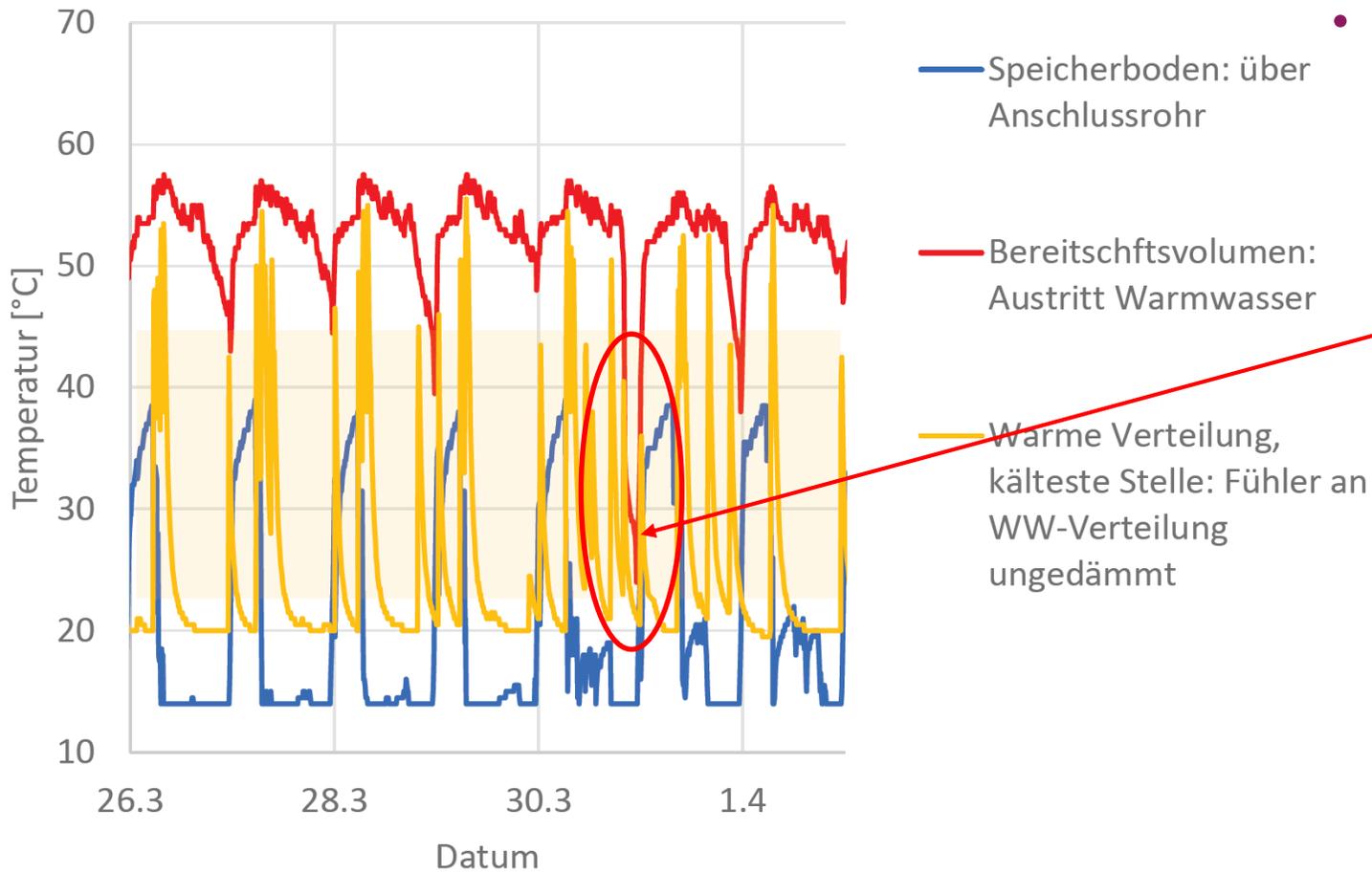
- In total, Legionella was detected in at least one shower water sample in 24 of the 110 buildings.
- In 18 properties, the maximum value for public showers of 1,000 CFU/L (Swiss Directive TBDV) was exceeded.

NOT significant (2019)

- Secondary showers were not more frequently infested than main showers
- Time elapsed since last shower had no significant effect on legionella
 - Attention: Samples taken only after reaching 37 °C in tap water
- Size of the heat storage tank -> no significant influence...
- Temperatures in the storage tank and at the sampling points -> dito...

Field study Legionella

Case with highest contamination at the shower



- Electric boiler without solar

- 460 litres storage volume for two residential units together
- Storage volume is not enough!
 - Temperature in the standby volume regularly drops well below 50 °C, partly "showered empty": < 30 °C!
- Storage bottom: 12'000 CFU/L
- Main shower: 260'000 CFU/L
- Secondary shower: 120'000 CFU/L
- (L. pneumophila)

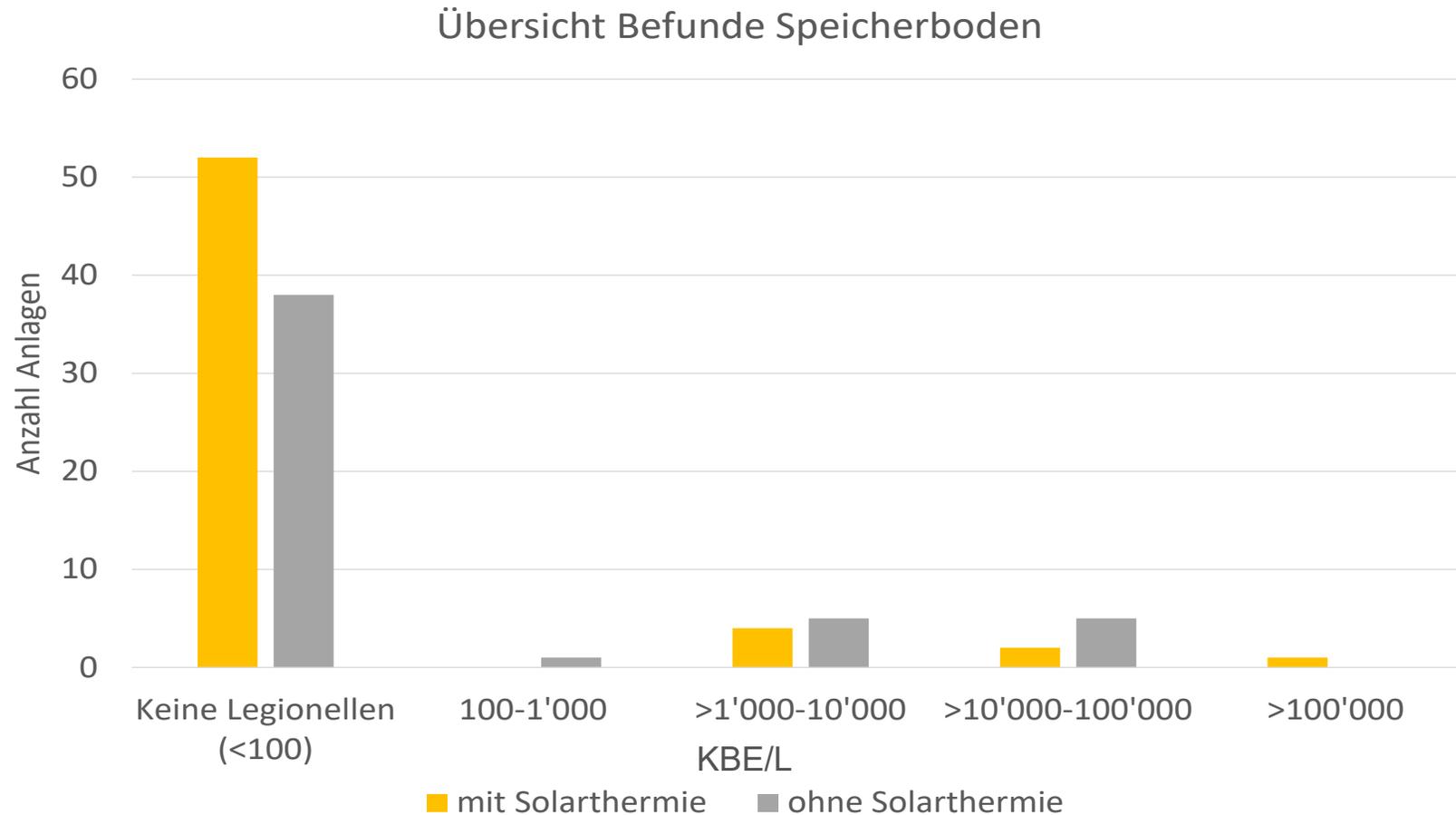
Field study Legionella

Legionella > 1000 CFU/L at shower sampling points correlated with:

- the presence of a central cold water admixture (scald protection) in combination with hot water circulation ($p = 0.01$)
- the complaint about odor or taste ($p = 0.04$)
- with the presence of a thermostatic mixer in the shower ($p = 0.046$)
- with the presence of a solar thermal system (main shower $p = 0.01$; secondary shower $p = 0.46$)

Field study Legionella

But: with solar thermal less frequent L. in the storage bottom!



Probes taken Jan. – April for solar thermal, Jan. – June for systems without solar thermal

Significant results for L. in storage bottom

- Younger or more recently maintained tanks had more Legionella > 1,000 CFU/L in the tank bottom than older or longer unmaintained tanks.
- A HIGHER minimum value of the measured temperatures in the storage tank bottom correlated with Legionella in the storage tank bottom ($p = 0.01$)
 - Attention: Temperatures in the storage tank bottom are usually much lower than in the stand-by volume, i.e. much lower than 40 °C!
- A LOWER maximum value of the temperature in the standby volume correlated with Legionella in the storage tank bottom ($p = 0.04$)

Interim conclusion / hypotheses

- For Legionella in the storage tank bottom, the temperatures in spring are TOO COLD for systems with solar thermal (little solar radiation -> often $T < 25\text{ °C}$).
- The higher findings for L. at the shower tapping points of the solar thermal systems cannot be attributed to a growth in the lower storage tank area, there must be other reasons for this finding...

Adherence to recommendations of the Swiss SIA standard

- Swiss standard SIA 385/1:2020 "Installations for domestic hot water in buildings - General requirements":
 - 50 °C must be reached at the tapping points (after 7 times the purge time).
 - The flow and return of any circulation must be at a temperature level of 60/55 °C (standard) or 55/52 °C (ideal installation, low hygienic risk conditions).
- Findings "Reaching 50 °C at the tapping point":
 - 50% of the systems with solar thermal did NOT reach this value!
 - 30% of the systems without solar thermal did NOT reach this value!
- Temperatures in 25 systems with circulation (both with and without solar):
 - Temperatures in the distribution pipe $\geq 60/55$ °C (flow/return)
 - 0/25
 - Temperatures in the distribution pipe $\geq 55/52$ °C (SIA "ideal installation")
 - 2/25

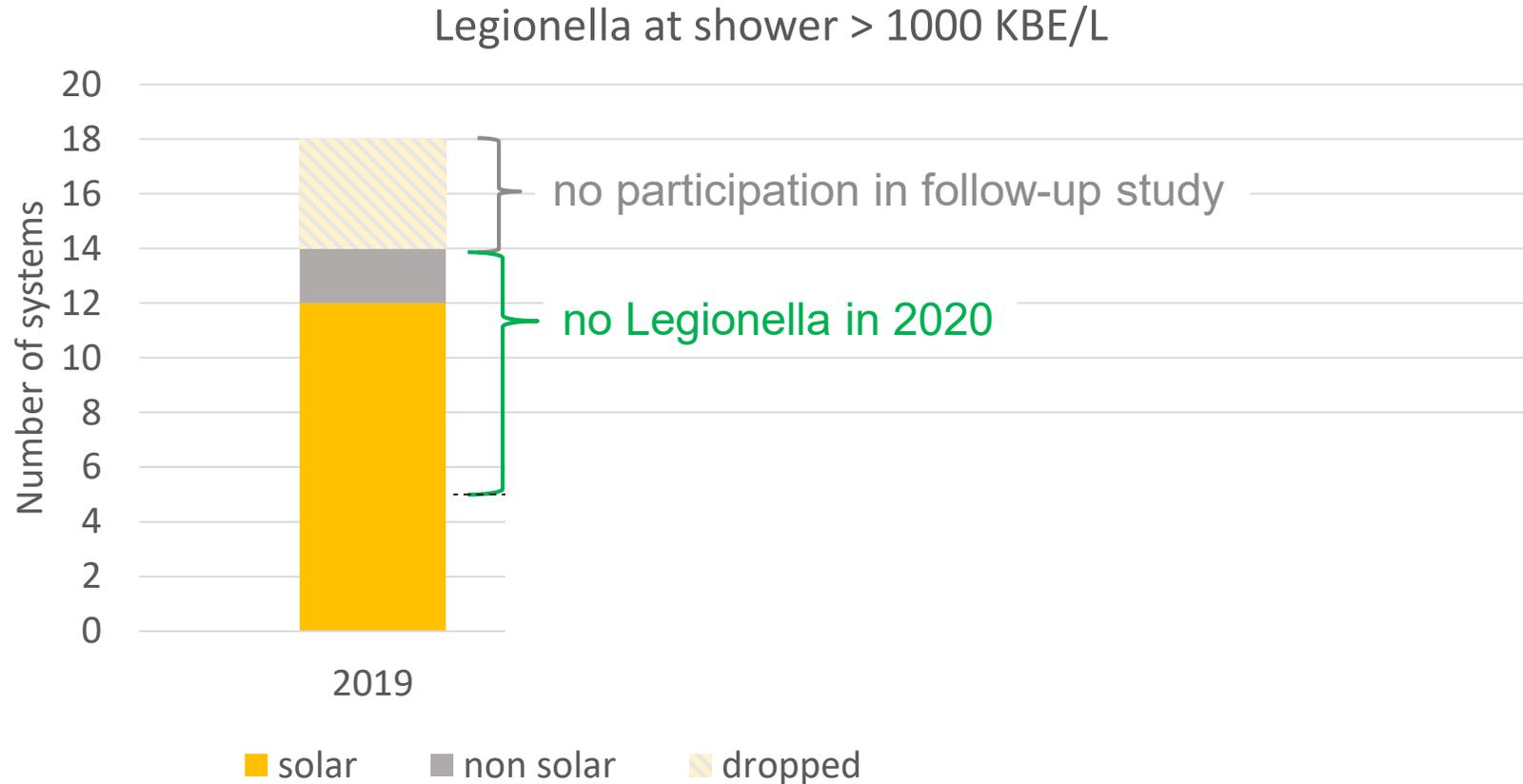
Differences for systems with and without solar thermal

Systems with solar thermal energy had ...

- on average significantly lower switch-on (- 1.8 K) and switch-off temperatures (- 2.3 K) of the auxiliary heating system
- ... lower maximum temperatures at the taps:
 - -3.5 K on average
 - < 50 °C in 51% of the systems with vs. 30% of the systems without Solar thermal
- were significantly younger than the other systems (7 -11 years younger on average)
- had significantly more often storage tanks for DHW and space heating combined (combi storage tank or buffer with FWM) compared to other systems (33% vs. 0%)
- significantly larger storage volumes than others (max. 1000 litres vs. max. 500 litres)
- significantly less often auxiliary electric heating than other systems (7% vs. 26%)

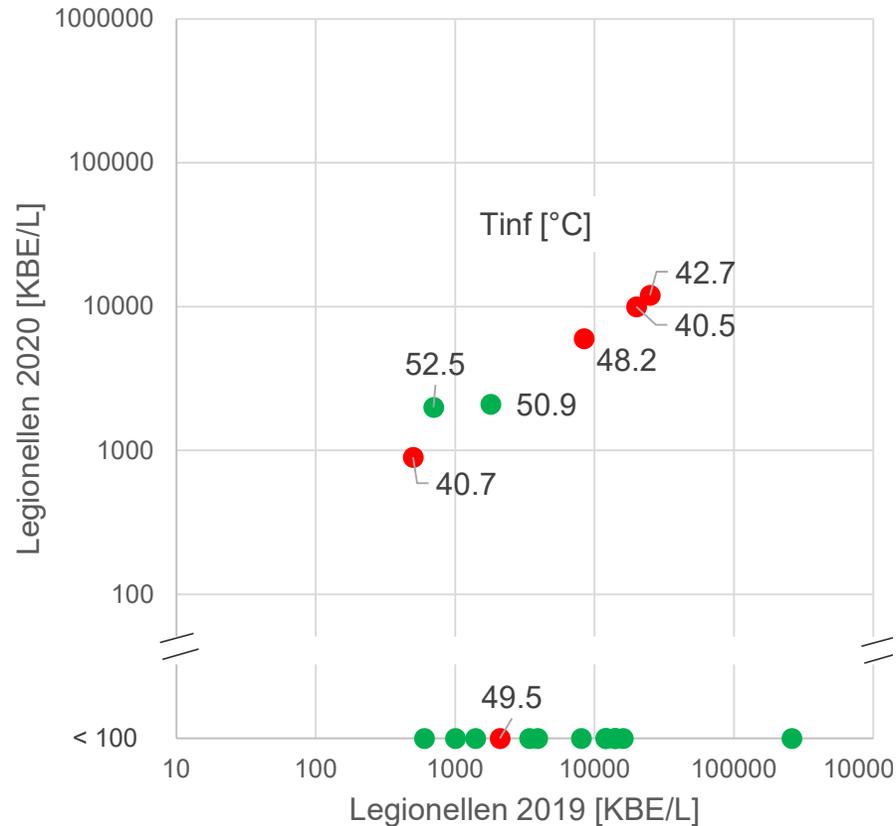
-> Follow-up investigation in 2020 was requested...

Success of measures - follow-up study 2020



Field study Legionella

Correlation of findings 2020 with 2019 (14 objects, 26 showers)



- Correlation for "still" contaminated sampling sites is higher than expected!

● Tinf < 50 °C ● Tinf ≥ 50 °C Tinf = temperature reached at hot water tap

Significant results 2020

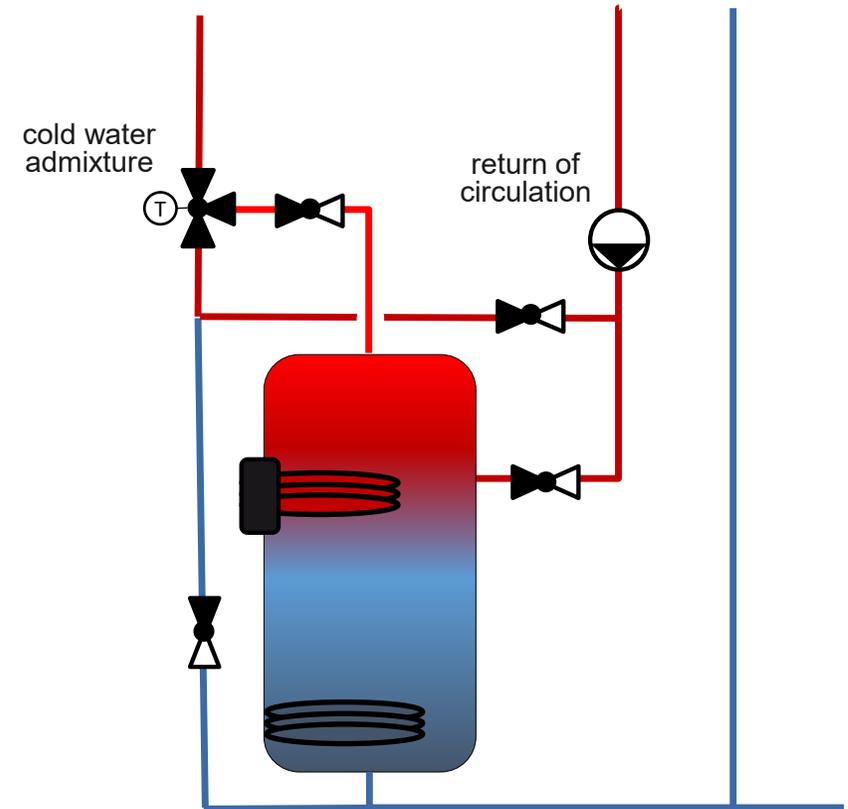
In the 2020 follow-up survey, the finding of Legionella in the shower samples correlated with the following temperature issues of the system:

- Does the temperature at the sampling point reach 50 °C? (p=0.03)
- Is the switch-on storage-temperature for triggering DHW heating by the auxiliary heater ≥ 50 °C? (p=0.01)
- Is the temperature setting of the central cold water admixture (if present) > 50 °C? (p=0.02)

Field study Legionella

4 / 5 "positive" systems with faults in hot water distribution

- 1 x heat ribbon which only reached 45.5 ° C
- 1 x gravity circulation instead of pump:
 - circulating in the wrong direction
- 2 x faulty combination of hot water circulation with central cold water admixture (scald protection)
 - Preparation of a leaflet on the correct combination is in progress (SPF, suissetec, Swissolar, GKS, supported by EnergieSchweiz).



*Correct combination of circulation
and cold water admixture*

Field study Legionella

Conclusions / Risk factors

- insufficient temperature in the standby volume of storage tanks ($< 50\text{ °C}$) or the setting of the central scald protection (cold water admixing),
- distribution lines which are kept warm, especially if
 - these have an insufficient temperature ($< 50\text{ °C}$), e.g. if hydraulic setup is complex, hydraulic balancing of branched lines not ok (known from other studies),
 - there is a faulty combination of DHW circulation with cold water admixture (scald protection),
- taps that are never flushed $\geq 50\text{ °C}$ (thermostatic mixer, user behavior),
- heat storage tanks or stand-by volumes that are too small
 - lukewarm water from the storage tank bottom enters the distribution without further heating (thermal disinfection).

Field study Legionella

Thank you for your attention

michel.haller@ost.ch



Questions?

Project partners



OST
Ostschweizer
Fachhochschule

Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE
LUZERN**

eawag
aquatic research ooo

Acknowledgement / Financing



Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Energieforschung und Cleantech



Kanton Bern
Canton de Berne



energieschweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.



Konferenz Kantonaler Energiefachstellen
Conférence des services cantonaux de l'énergie
Conferenza dei servizi cantonali dell'energia
Conferenza dals posts spezialisads chantunals d'energia

Legionellen, Änderungen und Neuerungen in der neuen SIA-Norm 385/1:2020

Die neue SIA 385/1 zu Trinkwarmwasser in Gebäuden

Am 1. November 2020 trat die überarbeitete SIA 385/1:2020 in Kraft. Diese definiert Grundlagen und Anforderungen an Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden. Die neue Version berücksichtigt aktualisierte Erkenntnisse bezüglich der Gefahr, die von Legionellen in Trinkwassersystemen ausgeht, und bringt zudem einige Änderungen und Neuerungen.

Text Michel Haller, SPF*
Grafiken zVg

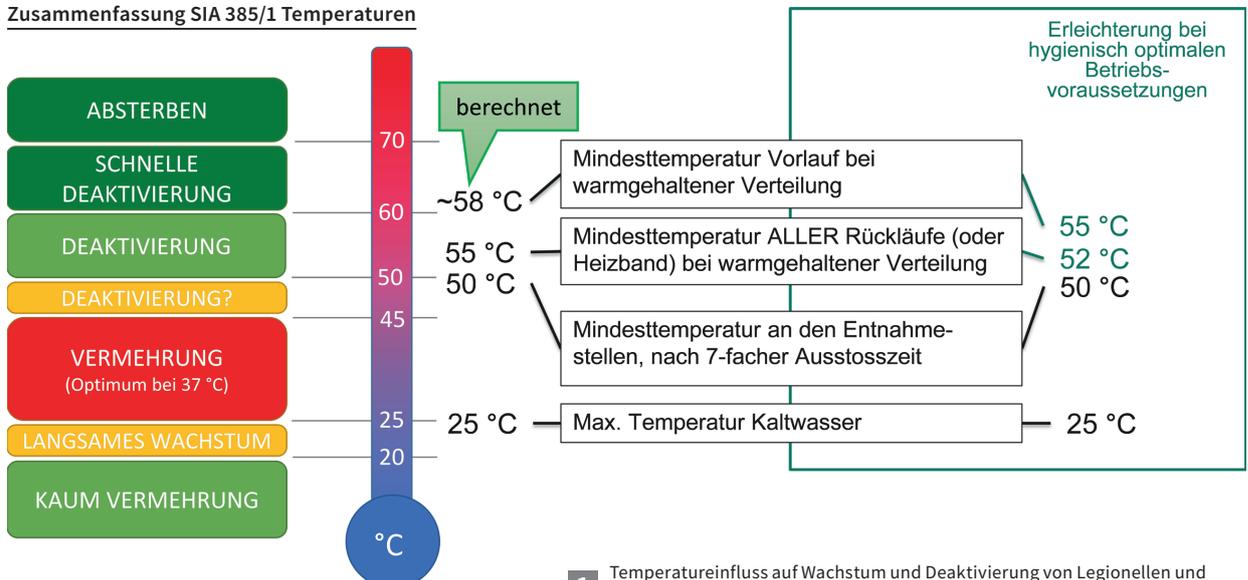
Die SIA 385/1 soll Planungssicherheit im Bereich von Trinkwarmwasser in Gebäuden schaffen, mit dem Ziel, wirtschaftlich vertretbare und praxistaugliche Systeme zu ermöglichen, welche hygienisch einwandfrei und energieeffizient sind. Anpassungen gegenüber der Norm von 2011 betreffen vor allem die hygienischen Anforderungen, Dämmvorschriften, Wärmesiphons und die Warmwassererwärmung mit Wärmepumpen. Die Norm soll für NEUE Warmwasserversorgungen in Gebäuden gelten. Bei Umbauten, Erweiterungen und Sanierungen von bestehenden Anlagen sind die Anforderungen und Empfehlungen im Rahmen des technisch Möglichen einzuhalten. Für Spitäler, Alters- und

Pflegeheime können zusätzliche Anforderungen gelten, die von der SIA 385/1 nicht behandelt werden.

Was sind Legionellen?

Legionellen sind humanpathogene Keime, welche in natürlichen Wassersystemen und Böden vorkommen. Sie können die zwei wichtigsten Formen der Legionellose auslösen: das Pontiac-Fieber oder die Legionärskrankheit. Legionellosen verlaufen in 5–10% der Fälle tödlich. Betroffen von schweren Verläufen sind meist ältere oder geschwächte Personen, und Männer erkranken etwa doppelt so häufig wie Frauen. In der Schweiz werden derzeit pro Jahr etwa 500 Fälle von Legionellosen

Zusammenfassung SIA 385/1 Temperaturen



1 Temperatureinfluss auf Wachstum und Deaktivierung von Legionellen und Temperaturvorgaben der SIA 385/1:2020.

gemeldet. Probleme mit Legionellen treten vor allem dann auf, wenn durch Einwirkung des Menschen Bedingungen geschaffen werden, welche eine übermässige Vermehrung fördern. Das Wachstum von Legionellen findet vorwiegend in Biofilmen auf Oberflächen im Temperaturbereich von 25–45 °C statt, mit einem Maximum bei ca. 37 °C (Abb. 1). Voraussetzung für eine Erkrankung ist das Einatmen von legionellenhaltigen Tröpfchen oder Aerosolen. Deshalb ist darauf zu achten, dass Wasser, welches längere Zeit im kritischen Temperaturbereich von 25–45 °C verweilt, danach nicht ohne vorgängiges Erhitzen auf höhere Temperaturen oder anderweitige Desinfektionsmassnahmen versprüht wird. Neben einer Infektion über Duschwasser sind auch andere Infektionswege bekannt, wie zum Beispiel Nassrückkühlanlagen, Autowaschanlagen, Zierbrunnen und Sprudelbäder. Der ausgeprägte Sommerpeak der gemeldeten Infektionen könnte ein Indiz dafür sein, dass eine sehr hohe Zahl von Infektionen nicht über Duschwasser erfolgt, sondern über Nassrückkühler und andere Systeme, welche diese saisonale Ausprägung erklären können. Dennoch ist eine Infektion über Trink- respektive Duschwasser prinzipiell möglich, und es braucht sinnvolle Massnahmen, um Anlagen für Trinkwarmwasser hygienisch einwandfrei betreiben zu können.

Neue Erkenntnisse

Eine wichtige Erkenntnis aus den Recherchen bezüglich Legionellenkontamination in Trinkwassersystemen von Gebäuden ist, dass Probleme mit Legionellen nicht durch eine isolierte Betrachtung einzelner Komponenten gelöst werden können. So ist zum Beispiel ein Fokus alleine auf die

Temperaturen im Warmwasserspeicher nicht zielführend, weil sich Legionellen selbst dann im Verteilsystem und in den Entnahmestellen des Warm- oder Kaltwassers einnisten können, wenn die Temperaturen im Warmwasserspeicher ausreichend sind, und sie in diesem nicht nachgewiesen werden können. Feldproben zeigen häufiger Legionellen im Rücklauf der Warmwasserzirkulation und in Mischwasserproben in der Peripherie als am Austritt des Warmwasserspeichers. Entsprechend reicht es auch nicht, nur eine Temperatur am Austritt des Speichers zu fordern. Ein weiterer Punkt, dem nun eine grössere Beachtung geschenkt wird, ist die Tatsache, dass Legionellen nicht nur das Warmwassersystem befallen können, sondern auch das Kaltwassersystem. Während in Warmwassersystemen zu tiefe Temperaturen als häufige Ursache für die Vermehrung von Legionellen angesehen werden, sind es im Kaltwassersystem zu hohe Temperaturen (> 25 °C), die sich hygienisch nachteilig auswirken.

Wie warm ist warm genug?

Prinzipiell gilt, unabhängig von der Art des Aufbereitungs- und Verteilsystems, dass an jeder Entnahmestelle die Temperatur des entnommenen Warmwassers nach einer definierten Ausstosszeit bei voll geöffneter, ganz auf warm eingestellter Entnahmearmatur mindestens 50 °C erreichen muss. Weitere Vorgaben werden gemacht für verschiedene Aufbereitungs- und Verteilsysteme. Dabei wird unterschieden, ob eine Warmhaltung der Trinkwarmwasserverteilung vorhanden ist und ob ein Trinkwarmwasserspeicher vorhanden ist. Über Zirkulation oder Warmhaltebänder warmgehaltene Verteilleitungen müssen auf

..... kompakt

385/1

Die revidierte SIA-Norm 385/1:2020 zu Trinkwarmwasser in Gebäuden ist seit 1. November 2020 in Kraft (Bezug via shop.sia.ch).
2-stündige FWS-Info «Trinkwarmwasser in Gebäuden – Effizienz und Hygiene» als Webinar ab 18.2.21: fws.ch/aus-und-weiterbildung.

einer Temperatur von mindestens 55 °C gehalten werden. Dies gilt im Falle der Zirkulation insbesondere auch für den Rücklauf. Bei verzweigten Zirkulationsleitungen betrifft dies nicht nur den gesammelten Rücklauf aller Stränge, sondern die Temperatur im Rücklauf jedes einzelnen Zirkulationsstranges (Abb. 2). Systeme ohne warmgehaltene Verteilung sollen am Austritt des Warmwasserspeichers 55 °C einhalten.

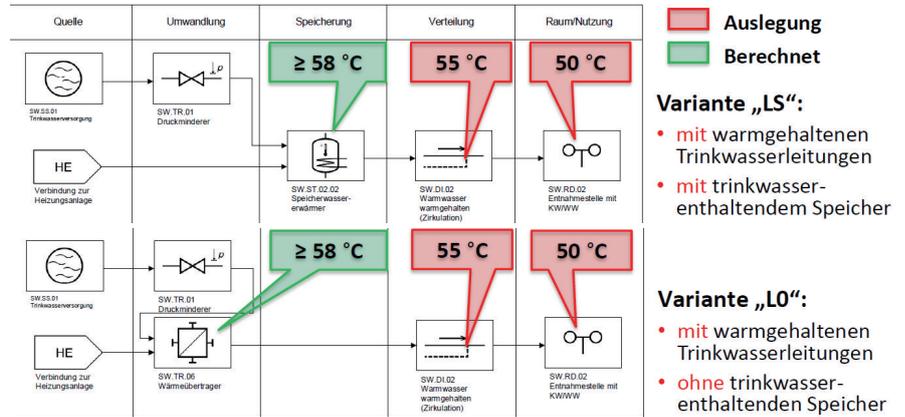
Erleichterungen in Bezug auf die Temperatur

Systeme ohne Trinkwasser im Speicher und ohne warmgehaltene Verteilungen müssen 52 °C am Austritt des Warmwasser-Wärmeübertragers einhalten. Eine Erleichterung in Bezug auf die Temperaturanforderungen wird für die übrigen Systeme ermöglicht, wenn mit der Planung und Installation hygienisch optimale Betriebsvoraussetzungen geschaffen wurden. In diesen Fällen kann, unter Berücksichtigung der Selbstkontrolle des Eigentümers bzw. des Betreibers, die Inbetriebnahme der warmgehaltenen Leitungen bei 52 °C erfolgen (Abb. 3). Auch diese Temperatur betrifft jeweils den Rücklauf aller Stränge im Falle einer Warmwasser-Zirkulation.

Keine Legionellenschaltungen mehr

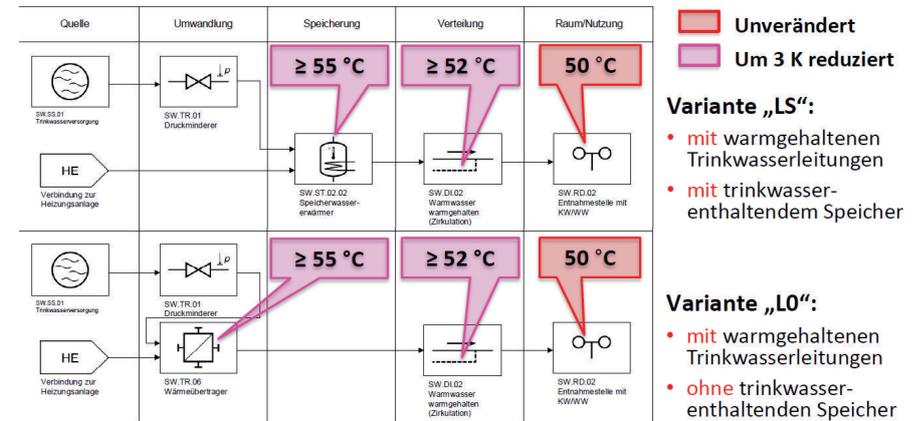
Eine wesentliche Änderung gegenüber der bisherigen Praxis ist, dass neu die sogenannten Legionellenschaltungen nicht mehr empfohlen werden. Mit der Legionellenschaltung wurde der Speicher einmal in der Woche oder auch in kürzeren Intervallen auf höhere Temperaturen von 60 °C oder gar 70 °C erhitzt. Es wurde angenommen, dass damit eine Sterilisation des Speichers stattfinden würde, und somit ein sicherer Betrieb möglich sei. Feldstudien haben jedoch gezeigt, dass diese Massnahme nicht zu weniger Legionellen im Duschwasser führt. Dies steht im Einklang mit der Erkenntnis, dass der Legionellenaufwuchs meistens in den Verteilungen und in der Peripherie stattfindet, und nicht unbedingt im Speicher. Ein periodisches Erhitzen des Speichers würde entsprechend nur dann etwas nützen, wenn gleichzeitig alle Warmwasser-Entnahme-

Auslegungstemperaturen mit warm gehaltener Verteilung



2 Auszug aus SIA 385/1:2020 mit Ergänzungen.

Betrieb mit reduzierter Temperatur



3 Auszug aus SIA 385/1:2020 mit Ergänzungen.

stellen gespült werden, was aber kaum praktisch umsetzbar ist. In manchen Feldstudien waren Anlagen mit Legionellenschaltungen sogar häufiger von Legionellen an der Entnahmestelle betroffen als andere Anlagen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass Anlagen mit Legionellenschaltungen ausserhalb des Zeitfensters der Temperaturerhöhung eventuell tiefere Temperaturen im Speicher aufwiesen als die anderen. Entsprechend fühlte man sich mit der Legionellenschaltung wohl oft in falscher Sicherheit.

Wie kalt ist kalt genug?

Kaltwasserleitungen sollten eine Temperatur von höchstens 25 °C erreichen. Deshalb muss eine Erwärmung durch parallel laufende Warmwasser- oder Heizungsleitun-

gen konsequent vermieden werden. Dies kann vor allem in Installationen mit Warmwasserzirkulation oder Warmhaltebändern bedeuten, dass Warm- und Kaltwasserleitungen in getrennten Schächten verlegt werden müssen. Auch nicht ständig warmgehaltene Leitungen und Wärmeübertrager müssen so geplant und installiert werden, dass sie nach der Entnahme von Warmwasser möglichst schnell wieder unter 25 °C abkühlen. Folglich sollen Komponenten, die nicht ständig warmgehalten werden, auch NICHT wärme gedämmt werden. Dies betrifft zum Beispiel die Warmwasserverteilung in Systemen ohne Warmhaltung (Abb. 4). Eine weitere Massnahme zur Verhinderung von Zonen mit ungünstigen Temperaturen ist die konsequente Trennung warmgehaltener Kompo-

nenten von kalten oder temporär auskühlenden Komponenten durch einen Wärmesiphon. Dieser verhindert, dass warmes Wasser aufgrund seiner geringeren Dichte in kältere Leitungen aufströmt, dort abkühlt und wieder abwärts zurückströmt. Diese unerwünschte Einrohrzirkulation (manchmal auch als «Gegenstromzirkulation» bezeichnet) würde zu einer undefinierten Temperatur im entsprechenden Abschnitt führen, und somit Möglichkeiten für Legionellenvermehrung schaffen.

Vorwärmzonen: Solar und Wärmerückgewinnung

Für die Speicherung grösserer Wärmevervorräte soll vorwiegend Betriebswasser eingesetzt werden und nicht Trinkwasser. Dennoch bleiben Systeme mit einem geringen Trinkwasservolumen in Vorwärm- oder Mitteltemperaturzonen des Speichers, zum Beispiel für Solarwärmeanlagen und Wärmerückgewinnung, zulässig. Dies unter der Voraussetzung, dass das Spitzendeckungsvolumen im Bereitschaftsteil genügend gross ist, sodass eine allfällige Bakterienpopulation aus den Vorwärm- und Mitteltemperaturzonen dezimiert werden kann. Für eine Temperatur von 60 °C im Bereitschaftsvolumen beträgt dieses Volumen mindestens die grösste Zehnminutenspitze, bei einer Temperatur von 55 °C die grösste Stundenspitze (nach SIA 385/2:2015).

In gewissen Fällen grosszügiger Dimensionierung von Trinkwasser-Vorwärmvolu-

men wird ein monatliches Aufheizen des Vorwärmvolumens auf 60 °C während sechs Stunden oder eine andere anerkannte Massnahme zur Einhaltung der Trinkwasserhygiene gefordert. Dies ist dann der Fall, wenn das Trinkwasservolumen in einer Vorwärmzone 150 % des täglichen Warmwasserbedarfs übersteigt, und nicht davon ausgegangen werden kann, dass dieses Volumen in den Sommermonaten (März bis Oktober) regelmässig über 50 °C erhitzt wird. Ebenfalls betroffen von dieser Regelung sind kombinierte Speicher für Raumwärme und Warmwasser, sofern diese mehr als 30 % des Tagesbedarfs in Form von Trinkwasser in der Vorwärm- und Mitteltemperaturzone speichern. Insgesamt dürften diese Fälle relativ selten eintreten, da die meisten solarthermischen Systeme nicht über so grosse Mengen Trinkwasser im unteren Speicherbereich verfügen.

Keine Toträume im System

Weil Wasser in Toträumen lange liegen bleiben und die Temperatur in Totleitungen und Toträumen nicht kontrolliert werden können, versteht es sich von selbst, dass diese zu vermeiden sind. Insbesondere muss bereits bei der Planung und Installation darauf geachtet werden, dass der Abgang von Stichleitungen von der Hauptleitung zugänglich bleibt, sodass bei einer Ausserbetriebnahme eines Anschlusses die Stichleitung unmittelbar

an diesem Abgang gekappt werden kann und kein Totleitungsabschnitt zurückbleibt.

Stagnation und Ausstossen vor Gebrauch

Bereits bei der Planung soll darauf geachtet werden, dass keine Warmwasser-Entnahmestellen eingeplant werden, welche über längere Zeiträume (> 3 Tage) nicht benützt werden.

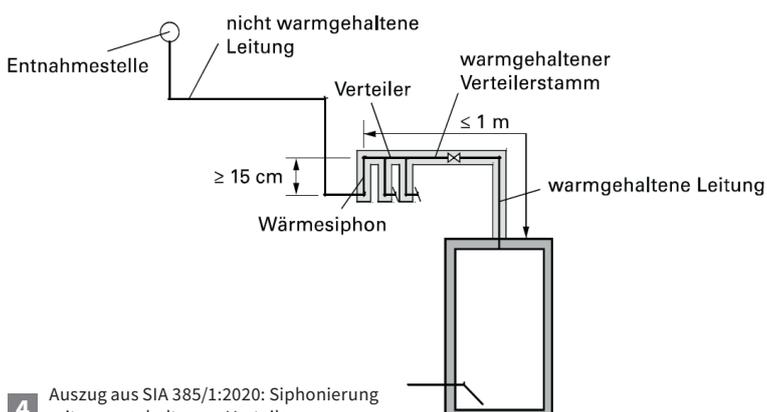
In Systemen mit warmgehaltenen Verteilungen sollte nach dem Öffnen der Warmwasserarmatur spätestens nach 10 Sekunden eine Temperatur von 40 °C erreicht werden. Bei Systemen ohne warmgehaltene Verteilung beträgt diese «Ausstosszeit» maximal 15 Sekunden. Neben dem Komfort und den geringeren Wärme- und Trinkwasserverlusten soll damit gewährleistet werden, dass keine längeren Leitungen geplant und installiert werden, in welchen grössere Mengen Trinkwasser bei unkontrollierten Temperaturen stagnieren.

Ausreichende Temperaturen im System sind nur die halbe Miete. Es muss auch dafür gesorgt werden, dass diese Temperaturen an den Entnahmestellen ankommen. Wird eine Entnahmestelle länger als eine Woche lang nicht benutzt, so soll vor einem erneuten Einsatz sowohl Warmwasser als auch Kaltwasser nacheinander geöffnet werden, bis eine Temperaturkonstanz erreicht wird. Dies macht deutlich, dass letztendlich nicht nur die Installation, der Unterhalt und die Betriebsparameter des installierten Systems einen Einfluss auf die Legionellensicherheit haben, sondern auch das Nutzerverhalten, das von der Norm jedoch nicht abschliessend abgedeckt werden kann. ■

Autor

*Michel Haller, Mitglied der Kommission SIA 385 Warmwasseranlagen, Leiter Forschung SPF, OST – Ostschweizer Fachhochschule, spf.ch

sia.ch
spf.ch



4 Auszug aus SIA 385/1:2020: Siphonierung mit warmgehaltenem Verteiler