

Resultate der im IGE-Labor im Rahmen einer Bachelorarbeit energetischen und hygienischen Untersuchungen an einem transparenten Speicher flossen ins Arbeitspaket 5 des Leco-Forschungsprojektes.

Foto: Daniel Dyntar

# Das Warmwassersystem und seine Hygieneklappen

*Die gemeldeten Legionärskrankheitsfälle in der Schweiz steigen Jahr für Jahr. Der Bund lancierte 2020 das Forschungsprojekt «Legionellen-Bekämpfung in Gebäuden» (kurz: LeCo). Als Teil eines interdisziplinären Forschungsteams untersuchte das Institut für Gebäudetechnik und Energie (IGE) der Hochschule Luzern (HSLU) mögliche Schwachstellen bei der Speicherung und bei den Stockwerksverteilungen für Warmwasser und legte Lösungsansätze dar.*

**Text: Reto von Euw, Institut für Gebäudetechnik und Energie (IGE)**





Ein Team des IGE bearbeitete im Arbeitspaket 5 des LeCo-Projekts die Frage, wie Warmwasserspeicher optimal angeschlossen und beladen werden können, um einen hygienischen und energieeffizienten Betrieb zu gewährleisten. Im Rahmen dieses Teilprojekts wurden unter anderem 15 bestehende Wassererwärmungsanlagen erfasst sowie im IGE-Labor Messungen an einem transparenten Speicher durchgeführt. Die Feldmessungen umfassten Anlagen in Sportstätten, Altersheimen, Spitälern und Wohnbauten.

Auf Grundlage einer ersten Begehung und der mit dem Gebäudeleitsystem erfassten Temperaturen wurde festgelegt, an welchen Stellen neben den bestehenden Temperaturfühlern zusätzliche Sensoren an der Wassererwärmungsanlage anzubringen und auszuwerten sind. Anschliessend erfolgte die Beurteilung des hygienischen Zustands anhand der Messdaten und der Vor-Ort-Aufnahmen. Zusätzlich wurden im IGE-Labor im Rahmen einer Bachelorarbeit energetische und hygienische Untersuchungen an einem transparenten Speicher durchgeführt. Um die Strömungsdynamik während verschiedener Beladungsarten sichtbar zu machen, wurde das einströmende Wasser eingefärbt. Die mikrobiologische Verteilung im Speicher wurde während der Beladung in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Eawag mithilfe des Bakteriums *Enterococcus* untersucht.

Auf Basis der Feld- und Labormessungen sowie der Vor-Ort-Beobachtungen werden nachfolgend zentrale Schwachstellen aufgezeigt, die sowohl im Hinblick auf die Mikrobiologie des Warmwassers als auch auf die Energieeffizienz im Betrieb unerwünschte Auswirkungen haben. Zudem schlagen wir Massnahmen vor, mit denen sich diese negativen Effekte vermeiden oder zumindest reduzieren lassen.

#### HYGIENISCHE HERAUSFORDERUNGEN

Insbesondere bei den Feldmessungen möchten wir vier von neun erkannten Problemstellungen bezüglich der mikrobiologischen Hygiene hervorheben:

##### PROBLEMBESCHREIBUNG 1)

Die Kaltwassereintrittstemperatur in den Speicher liegt über 25°C und die Einströmgeschwindigkeit in den Speicher ist zu hoch.

- **Mögliche Auswirkungen:** Hohe Kaltwassertemperaturen können zu mikrobiologisch kritischen Situationen in den Kaltwasserleitungen und

damit auch im Warmwasserspeicher führen. Zudem können zu hohe Einströmgeschwindigkeiten die Sedimente und die mikrobiologische Masse im gesamten Speicher verteilen.

- **Massnahmen:** Innerhalb des Warmwasserspeichers ist ein Kaltwasservolumen vorzusehen, das – bei richtiger Anordnung des AUS-Fühlers – nicht erwärmt werden kann. Ausserdem sind die Kaltwasserleitungen mindestens gemäss dem Suissetec-Merkblatt «Technische Dämmung in der Gebäudetechnik» zu dämmen. Die Einström-Geschwindigkeit sollte nicht über 0,1 m/s betragen.

##### PROBLEMBESCHREIBUNG 2)

Die Ansaugung der Ladeleitung erfolgt von unten über die Kaltwasser-Anschlussleitung des Speichers.

- **Mögliche Auswirkungen:** Sedimente und Mikroorganismen können in die Ladeleitung gelangen und sich im oberen Speichervolumen verteilen.
- **Massnahmen:** Die Ansaugung sollte an der Seite des Speichers im Bereich der Misch- bzw. Kaltzone erfolgen.

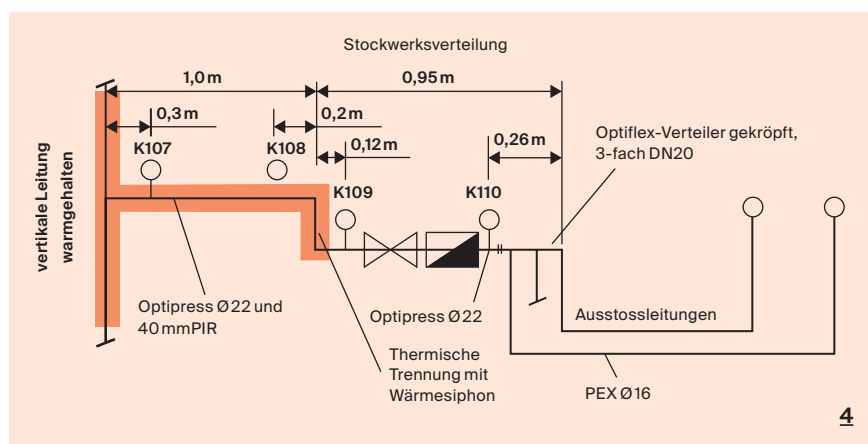
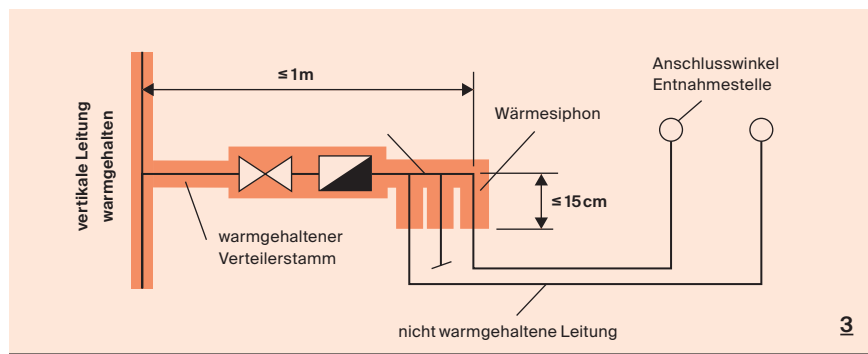
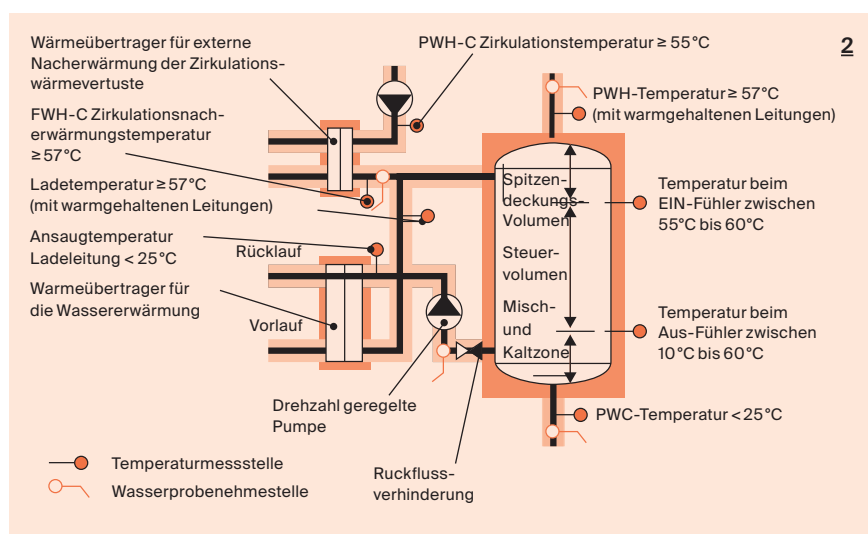
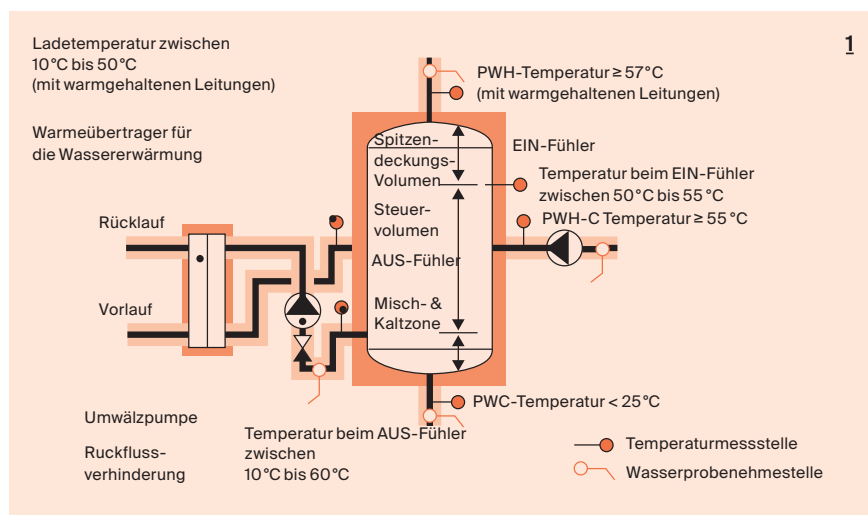
##### PROBLEMBESCHREIBUNG 3)

Die Einströmgeschwindigkeit der Ladeleitung in den Speicher ist zu hoch und es gibt keine thermische Trennung zwischen Speicher und Ladeleitung.

- **Mögliche Auswirkungen:** Zu hohe Einströmgeschwindigkeiten in den Speicher sowie das Fehlen eines Wärmesiphons führen zu zusätzlichen Wärmeverlusten. Das Fehlen eines Wärmesiphons verursacht zudem eine Gegenstromzirkulation und kann neben erhöhten Wärmeverlusten auch zu mikrobiologisch kritischen Temperaturen in den Ladeleitungen führen.
- **Massnahmen:** Das erwärmte Wasser muss entsprechend den Regelwerken impulsarm in den Speicher einströmen. Bei Einstufenladung direkt in das Spitzendeckungsvolumen, bei Mehrstufenladung in die Speichermitte. Ein Wärmesiphon verhindert Gegenströmungen und damit eine unerwünschte Auskühlung des Speichers. Diffusoren gewährleisten eine impulsarme Einström-Geschwindigkeit von  $\leq 0,1$  m/s.

##### PROBLEMBESCHREIBUNG 4)

Der Rücklauf von der Zirkulation wird nicht korrekt in den Warmwasserspeicher eingebunden. —//



- **Mögliche Auswirkungen:** Wird der Zirkulationsrücklauf direkt wieder in den Warmwasservorlauf oder direkt in das Spitzendeckungsvolumen eingespeist, kann keine thermische Desinfektion erfolgen.
- **Massnahmen:** Der Zirkulationsrücklauf ist in der Mitte des Speichers einzubinden. Aus energetischen Gründen sollten die Zirkulationswärmeverluste mit einem separaten Wärmeerzeuger ausserhalb des Speichers erwärmt werden.

## ENERGETISCHE HERAUSFORDERUNGEN

Neben den mikrobiologischen Untersuchungen wurde im Rahmen der Feldmessungen auch die Energieeffizienz während des Betriebs bewertet. Besonders hervorzuheben sind dabei drei der sieben identifizierten Problemstellungen:

### PROBLEMSTELLUNG A)

Warmgehaltene Leitungen (hauptsächlich Speicheranschlüsse) sind nicht durchgehend gedämmt.

- **Mögliche Auswirkungen:** Ungedämmte Bereiche verursachen zusätzliche Wärmeverluste.
- **Massnahmen:** Alle warmgehaltenen Leitungen und Bauteile sind gemäss den Vorschriften durchgehend zu dämmen.

### PROBLEMSTELLUNG B)

Höhere RL-Temperaturen können auf Kalkablagerungen in den Wärmeübertragern hinweisen.

- **Mögliche Auswirkungen:** Kalkablagerungen führen zu einer Reduzierung des Wärmedurchgangskoeffizienten und damit zu einer energetisch ineffizienten Wärmeübertragung.

**Abb. 1:** Mögliche Messstellen für Temperatur und Wasserproben von einer Wassererwärmungsanlage mit Mehrstufenladung.

**Abb. 2:** Mögliche Messstellen für Temperatur und Wasserproben von einer Wassererwärmungsanlage mit Einstufenladung

**Abb. 3:** Anordnung von Wärmesiphons und Anschlüssen einzelner Ausstossleitungen (gem. Fig. 3 aus SIA 385/1)

**Abb. 4:** Messaufbau der Stockwerksverteilung ohne Strömungswiderstände innerhalb der passiv warmgehaltenen Teilstrecke.

- **Massnahmen:** Kalkablagerungen in den Wärmeübertragern sind regelmässig zu entfernen.

#### PROBLEMSTELLUNG C)

Zirkulationswärmeverluste werden über den Speicher gedeckt.

- **Mögliche Auswirkungen:** Dies kann zu zusätzlichen Speicherladungen führen. Bei geringem Warmwasserbezug erfolgt die Nachladung auf hohen Speichertemperaturen und damit hohen RL-Temperaturen. Dies verhindert einen energieeffizienten Ladebetrieb.
- **Massnahmen:** Zirkulationswärmeverluste extern durch einen kleineren Wärmeerzeuger decken.

#### «DER PERFEKTE SPEICHER» – OPTIMALE WASSERERWÄRMUNG

Am Speicher sollten für eine Erstbeurteilung der Hygiene und der Effizienz der Wassererwärmung ausreichend und gut zugängliche Temperaturmessstellen (Abb. 1 und 2) vorgesehen werden. Sie dienen zugleich der Dokumentation der Temperaturen in der Wassererwärmungsanlage. Zudem sind Probenahmestellen gemäss SVGW-Richtlinie W3/E3 erforderlich. —//

## Das LeCo-Projekt

Mit der Einführung der Trink-, Bade- und Duschwasser-Verordnung (TBDV) im Mai 2017 rückte die Trinkwasserqualität in Gebäuden stärker in den Fokus. Klimawandel sowie Trends wie verdichtetes Bauen, bessere Dämmung, Energie- und Wassereinsparung und verändertes Nutzerverhalten haben die Versorgung mit hygienisch einwandfreiem Trinkwasser komplexer gemacht. Die jährlich steigende Zahl von Legionärskrankheitsfällen zeigt zudem, dass der Wasserhygiene mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Als Reaktion darauf lancierte das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) gemeinsam mit dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) und dem Bundesamt für Energie (BFE) 2020 das Forschungsprojekt LeCo (Legionellenbekämpfung in Gebäuden).

Unter diesem Titel koordinierten involvierte Forschende des Wasserforschungsinstituts Eawag, des Schweizerischen Tropen- und Public Health-Instituts (Swiss TPH), des Kantonalen Labors Zürich (KLZH) und der Hochschule Luzern (HSLU) ihre Arbeiten zu diversen, auch neuen Fragestellungen zu Legionellen in Trinkwassersystemen – und zwar in 8 Arbeitspaketen. Teilaspekte sind u.a. Risikobewertung, verbesserte Probenahmestrategien, standardisierte Schnellnachweise, die Beziehung zwischen Umweltquellen und Krankheitsausbrüchen sowie generell die Ökologie von Legionellen. Dem IGE-Team an der HSLU wurde das Arbeitspaket 5 zugeteilt (Forschung an Stockwerksverteilungen sowie Warmwasserspeichern).



Mehr Details zu den Ergebnissen der Arbeitspakete in einem Kurzvideo:  
<https://t1p.de/eikxh>

## INEO – INSTALLATIONSSYSTEM FÜR GANZHEITLICHE UND EFFIZIENTE BADGESTALTUNG

- Flexible Installations-Elemente – für WCs, Waschtische, Urinale und Duschwannen
- Ausgereifte Spültechnik – montagefreundlich, funktional, extrem leise
- Hochwertige Betätigungsplatten – in zahlreichen Stilen und Farben

Das ist INEO – normgerecht sowie ästhetisch und technisch perfekt aufeinander abgestimmt.



# LAUFEN

INEO INSTALLATIONSSYSTEM  
 LAUFEN 1892 | SWITZERLAND

HALLE 1.2  
 STAND A41





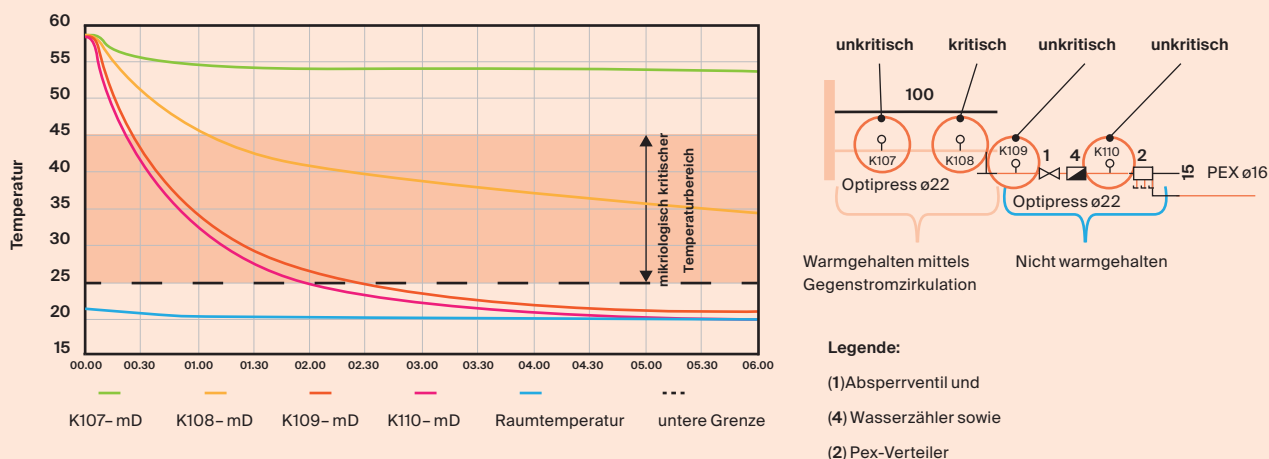


Abb.5: Temperaturverlauf des Messaufbaus Stockwerksverteilung ohne Strömungswiderstände innerhalb der warmgehaltenen Teilstrecke; mit Dämmung (40 mm PIR).

derlich, um mikrobiologische Untersuchungen durchführen zu können.

Wie bereits bei den Erläuterungen zu den Problemstellungen erwähnt, sind die Ladeleitungen bei der Einstufen- und Mehrstufenladung seitlich des Speichers im Bereich der Misch- bzw. Kaltzone anzuordnen. Dadurch werden Ablagerungen am Speicherboden nicht angesaugt und im Speicher verteilt.

Messungen haben gezeigt, dass bei der Mehrstufenladung eine Wärmepumpe energieeffizienter betrieben werden kann. So lässt sich gegenüber der Einstufenladung eine Energieeinsparung von rund 15 % erzielen. Neben der energetischen Bewertung sind bei beiden Ladearten auch die mikrobiologischen Aspekte zu berücksichtigen. Aus den Beobachtungen am transparenten Speicher lassen sich für beide Ladearten folgende Erkenntnisse ableiten:

#### ...MIT MEHRSTUFENLADUNG

Bei der Mehrstufenladung wird das Speichervolumen durch freie Konvektion infolge von Temperaturdifferenzen umgewälzt. Der Wärmeerzeuger erhöht die Rücklauftemperatur bei konstantem Massenstrom jeweils nur um eine bestimmte Temperaturdifferenz. Dadurch wird die Speichertemperatur bei jedem Durchlauf um diesen Wert angehoben. Gegen Ende der Ladung kann es durch Konvektionsströmungen im oberen Bereich des Speichers – dem Spitzendeckungsvolumen – kurzzeitig zu einer Reduktion um bis zu 3 Kelvin kommen, was die thermische Barriere negativ beeinflusst.

Somit empfehlen wir, die Mehrstufenladung in Gebäuden einzusetzen, in denen Personen mit geringerer Empfindlichkeit gegenüber Gesundheitsrisiken leben; beispielsweise in Ein- und Mehrfamilienhäusern oder in Gebäuden mit niedrigem Warmwasserbedarf.

#### ...MIT EINSTUFENLADUNG

Bei der Einstufenladung wird das Speichervolumen von oben nach unten auf die definierte Speichertemperatur erwärmt. Unabhängig von der Rücklauftemperatur heizt der Wärmeerzeuger den Vorlauf stets auf den festgelegten Sollwert. Da die Temperatur im Spitzendeckungsvolumen während der gesamten Ladephase konstant gehalten wird, ist es sinnvoll, diese Ladeart vor allem für Gebäude mit gesundheitlich sensiblen Personen; etwa Krankenhäuser, Altenheime oder Sportanlagen mit Duschen.

#### WARMGEHALTENE STOCKWERKS-VERTEILUNG

Über die Massnahmen am Warmwasserspeicher hinaus sind auch bei der horizontalen Verteilung von erwärmtem Trinkwasser innerhalb eines Stockwerks entsprechende Vorkehrungen zu treffen. Die Stockwerksverteilung beginnt am Abgang einer aktiv warmgehaltenen Leitung (z. B. durch Zirkulation oder Warmhalteband), die eine Zone oder Wohnung mit Warmwasser versorgt.

Gemäss SIA 385/1:2020 (Abb. 3) kann der erste Meter passiv durch Gegenstromzirkulation warmgehalten werden. Dabei wird angenommen, dass bei Stagnation infolge von Temperatur- und Dichteunterschieden

eine Strömung in beide Richtungen entsteht, die als Einrohrzirkulation bezeichnet wird. Im Anschluss daran erfolgt eine thermische Trennung durch einen Wärmesiphon. Diese Vorrichtung verhindert eine Gegenströmung in der nicht warmgehaltenen Leitung, reduziert Wärmeverluste und sorgt dafür, dass sich die Leitung auf Umgebungstemperatur abkühlt.

Die richtige Ausführung der Stockwerksverteilung ist daher entscheidend: Nur so lässt sich sicherstellen, dass die in den Regelwerken vorgesehenen passiv warmgehaltenen und nicht warmgehaltenen Teilstrecken auch während längerer Stagnationsphasen nicht in den mikrobiologisch kritischen Temperaturbereich von 25 °C bis 45 °C fallen. Dadurch werden Bedingungen vermieden, die das Wachstum von Legionellen begünstigen, und gleichzeitig Wärmeverluste minimiert.

#### EINFLUSSFAKTOREN AUF DIE GEGENSTROMZIRKULATION

Im IGE-Labor führten die Forschenden Messungen an drei in der Praxis häufig eingesetzten Stockwerksverteilungen durch (Abb. 4). Dabei analysierten sie den Einfluss der Dämmung (40 mm PIR) sowie von Strömungswiderständen, die durch Absperrventile und Wasserzähler verursacht werden, auf die Gegenstromzirkulation in der passiv temperierten Teilstrecke. Die Effizienz der Gegenstromzirkulation wurde über den Temperaturabfall bestimmt. Um eine konstante Umgebungstemperatur sicherzustellen, erfolgten die Messungen in der Klimakammer des IGE-Labors.

## MESSERGEBNISSE

Die Messergebnisse zeigen, dass bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C und einer Starttemperatur von 58 °C die Temperatur in der Nähe der aktiv warmgehaltenen Leitung (K107) über 50 °C gehalten werden kann. In 80 cm Entfernung von dieser Leitung (K108) sinkt die Temperatur dagegen bereits nach einer Stunde in den mikrobiologisch kritischen Bereich ab und verbleibt dort für mehrere Stunden (Abb. 5). Ähnliche Temperaturverläufe traten auch in den Messreihen mit Strömungswiderständen in den passiv warmgehaltenen Teilstrecken auf.

Nach dem Wärmesiphon hingegen fällt die Temperatur rasch auf Umgebungstemperatur ab. Damit liegt sie in dieser Teilstrecke nur für kurze Zeit im mikrobiologisch kritischen Bereich, solange die Umgebungstemperatur unter 25 °C bleibt.

## MÖGLICHE STOCKWERKS-VERTEILUNGEN

Eine Messreihe, bei der die Stockwerksverteilung mit einem Gefälle von 5 % verlegt wurde, zeigte, dass die Gegenstromzirkulation in einer ein Meter langen warmgehaltenen Teilstrecke wirksam ist und die Temperatur nicht in den mikrobiologisch kritischen Bereich absinkt. Daraus lassen sich zwei Typen von Stockwerksverteilungen ableiten (Abb. 6), bei denen die Temperaturen ebenfalls ausserhalb des mikrobiologisch kritischen Bereichs bleiben.

Diese Erkenntnisse sollen nun in die Arbeitsgruppen zur Norm SIA 385/1 und zur SVGW-Richtlinie W3 eingebracht und gegebenenfalls in die überarbeiteten Fassungen übernommen werden. □

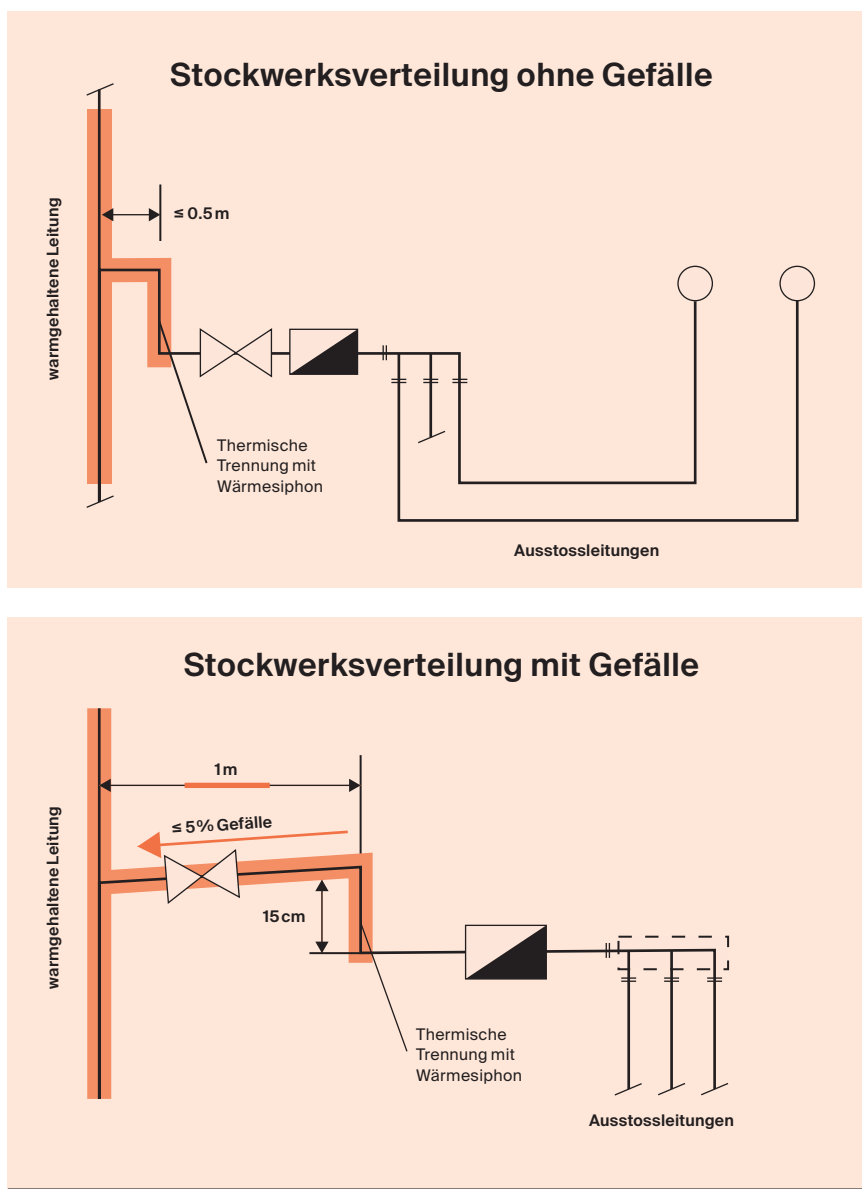


Abb. 6: Optimale Stockwerksverteilung ohne und mit Gefälle sowie der Anordnung von Strömungswiderständen.

# Die neue Grundfos ALPHA GO – schneller, besser, intelligenter



Entdecken Sie unsere neue, bahnbrechende Baureihe! Zwei intelligente und universelle Umwälzpumpen für den schnellen Austausch und die präzise Inbetriebnahme. **Jetzt QR-Code scannen und mehr über unsere neue ALPHA GO-Baureihe erfahren!**

**GRUNDFOS**

Possibility in every drop