

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Zukunft der Trinkwasserinstallation und – bereitstellung

Ergebniszusammenfassung

Fokustreffen Modul 2 (Gebäude) der Wissenschaftlichen Begleitforschung
Energiewendebauen (BF EWB)

Februar 2022

verfasst von Yizhuo Zhang¹, Nico Fuchs¹, Jan Richarz¹, Heike Erhorn-Kluttig², Dirk Müller¹

¹ RWTH Aachen University, E.ON Energieforschungszentrum, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimotechnik (EBC)

² Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)

Inhalt

1. Kurzzusammenfassung	2
2. Danksagung	3
3. Einleitung.....	3
4. Vorträge aktueller Forschungsprojekte und aus der Praxis	5
4.1 Wie zukunftsfähig ist unsere Trinkwasser-Installation?.....	5
4.2 Analyse und Erarbeitung notwendiger Maßnahmen zur Absenkung der Trinkwarmwassertemperatur in Niedertemperatur-Versorgungssystemen	6
4.3 Wichtige Eigenschaften von zentralen Durchfluss-Trinkwassererwärmern für solare Kombisysteme	9
4.4 Zukunft der Trink(warm)wasserinstallation und bereitstellung im Bestand	11
4.5 Trinkwasser im Bestand	13
4.6 Erfahrungen aus der Praxis und Regelsetzung aus Sicht des DVGW.....	13
4.7 Zukunft der Trink(warm)wasserinstallation und –bereitstellung aus Sicht des BTGA.....	15
5. Diskussionsgruppen.....	16
5.1 Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasserinstallation	16
5.2 Trinkwasserinstallation im Bestand	19
6. Fazit	23

1. Kurzzusammenfassung

In den letzten Jahren sind die Anforderungen an den Wärmeschutz in Gebäuden stetig gestiegen, wodurch diese einen Beitrag zur Treibhausgaseinsparung leisten. Durch höhere Gebäudehüllenstandards steigt der Anteil der Trinkwarmwasserbereitstellung am Energiebedarf eines Gebäudes und rückt damit immer mehr in den Fokus von Forschung und Praxis. In dieser Veranstaltung wurden die aktuell zentralen Fragen der Trinkwasserinstallation- und -bereitstellung diskutiert. Hierzu kamen 270 Expert:innen aus Forschung und Praxis zusammen. Vielversprechende Konzepte und Transformationsmaßnahmen zur Trinkwassertemperaturabsenkung werden in der Forschung untersucht und wurden mit ihren Vor- und Nachteilen zu Beginn dieser Veranstaltung erläutert. Weitere Vorträge konzentrierten sich auf die Herausforderungen in der Praxis und Normung. Anschließend wurden Potentiale zur baldigen Umsetzung der Forschungskonzepte in der Praxis in zwei thematisch unterteilten Diskussionsgruppen besprochen. Zentrale Ergebnisse der Veranstaltung sind, dass die Absenkung der Temperatur des warmen Trinkwassers von aktuell vorgegebenen Werten hohe Einsparpotentiale hat und mit größeren Herausforderungen zur Einhaltung der Hygiene einhergeht. Auch die Erwärmung des kalten Trinkwassers sollte vor diesem Hintergrund vermieden werden. In Simulations-, Labor- und Feldstudien konnte die Temperaturabsenkung unter Hygiene Einhaltung für zentrale und dezentrale TWW-Systeme gezeigt werden, was die Grundlage für eine Umsetzung in der Breite darstellt. In der Normung ist die Vereinheitlichung bestehender Regelwerke notwendig und in der Praxis sollte es vor allem Informationsangebote für alle beteiligten Akteure geben um die neuen Konzepte und Systeme einsetzen zu können.

2. Danksagung

Die wissenschaftliche Begleitforschung bedankt sich sehr herzlich bei Fr. Dr. Karin Rühling (Technische Universität Dresden), Fr. Dr. Anna Kallert (Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik), Hr. Pärisch (Institut für Solarenergieforschung in Hameln, ISFH), Hr. Prof. Dr. Lars Kühl (Ostfalia Hochschule Wolfenbüttel), Hr. Prof. Dr. Arno Dentel (Technische Hochschule Nürnberg), Fr. Hannah Wippermann (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, DVGW) und Hr. Stefan Tuschy (Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V., BTGA) für die spannenden Vorträge im Rahmen dieser Veranstaltung. Außerdem gilt unser Dank Fr. Dr. Karin Rühling und Hr. Prof. Dr. Arno Dentel für die Übernahme der Moderation der Diskussionsgruppen. Des Weiteren bedanken wir uns bei allen Teilnehmenden für die angeregten Diskussionen.

3. Einleitung

Der Einstieg in die Thematik erfolgte durch einen Impulsvortrag von Prof. Dr. Dirk Müller (RWTH Aachen, Modul 2 BF EWB). Nach kurzer Vorstellung der Inhalte in Modul 2 der Wissenschaftlichen Begleitforschung (BF EWB) ging er auf die energetische Bedeutung der Warmwasserbereitstellung ein: Im Jahr 2019 hatte das Trinkwarmwasser einen Anteil von 15 % am Endenergieverbrauch im Sektor der Haushalte in Deutschland und eine fossil geprägte Wärmebereitstellungsstruktur (zu 71 % aus Gas und Öl). Unter den Energieträgern für Warmwasserbereitstellung sollten die Anteile von Gas und Öl bis zum Jahr 2030 abnehmen und die von Strom und Erneuerbaren Energien zunehmen. Außerdem wurden die Anteile des Nutzenergiebedarfs zur Trinkwasseraufbereitung am gesamten Nutzenergiebedarf in Gebäuden mit unterschiedlichen energetischen Standards aufgeführt (Abbildung 1). Daraus ist eine steigende Tendenz beim Nutzenergiebedarfsanteil für Trinkwarmwasseraufbereitung bei abnehmendem flächenspezifischen Nutzenergiebedarf des Gebäudes zu erkennen. In KfW 40-Gebäuden und Passivhäusern ist der Nutzenergiebedarfsanteil für Trinkwarmwasseraufbereitung höher als der von Heizwärme. Daher spielt die Dekarbonisierung der Trinkwarmwasseraufbereitung eine wichtige Rolle zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands.

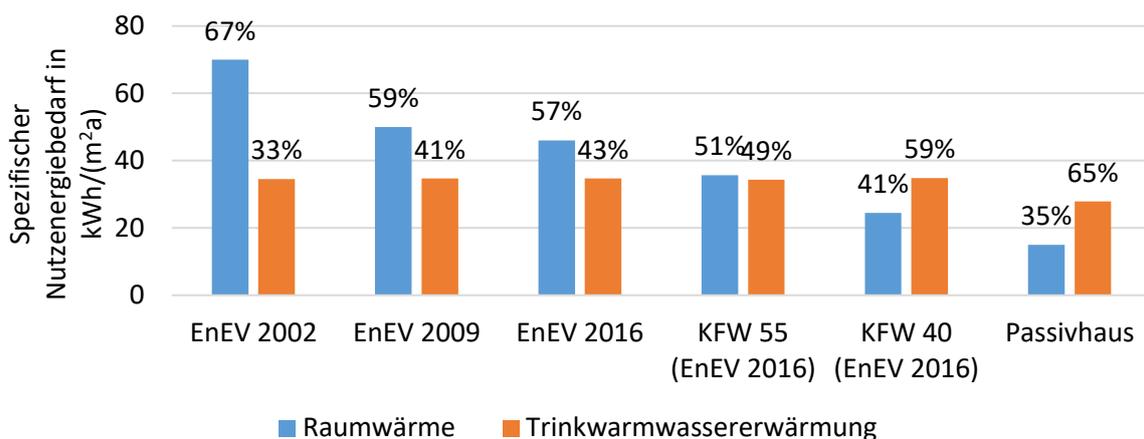


Abbildung 1: Entwicklung der energetischen Bedeutung von Trinkwasser (Datenquelle: J. Zeisberger, Beitrag zur energieeffizienten Trinkwassererwärmung, 2017)

Danach stellte Prof. Müller die Konflikte zwischen Theorie und Praxis im Spannungsfeld zwischen Energieeffizienz und Hygiene für Trinkwasser vor. Aus Sicht der Energieeffizienzsteigerung und

vermehrter Nutzung regenerativer Energien sollte warmes Trinkwasser möglichst niedrige Temperaturen haben. Die Trinkwasserverordnung gibt vor, dass Trinkwasser „rein und genussauglich sein“ muss. Daher sollte kaltes Trinkwasser so kalt und warmes Trinkwasser so warm sein, dass der Temperaturbereich mit begünstigtem Legionellenwachstum in Trinkwassersystemen vermieden wird. Vor diesem Hintergrund müssen die folgenden Kernfragen bei der Transformation der Trinkwassersysteme beantwortet werden:

- Aus Sicht der Hygiene: Wie weit kann die Trinkwarmwassertemperatur temporär gesenkt werden?
- Aus Sicht der Energieeffizienz: Wie können technische Verluste minimiert werden?
- Aus Sicht der Systemumwandlung: Wie können vermehrt regenerative Energien eingebunden werden?

Zur Bearbeitung dieser Fragestellungen im Rahmen dieser Veranstaltung wurden Expert:innen aus der Forschung und Praxis zur Diskussion eingeladen.

Es nahmen insgesamt 270 Personen an der Veranstaltung teil. Eine Kurzumfrage im Anschluss an die Veranstaltung ergab folgende Teilnehmendenverteilung auf Tätigkeitsbereiche, wobei eine Mehrfachauswahl möglich war:

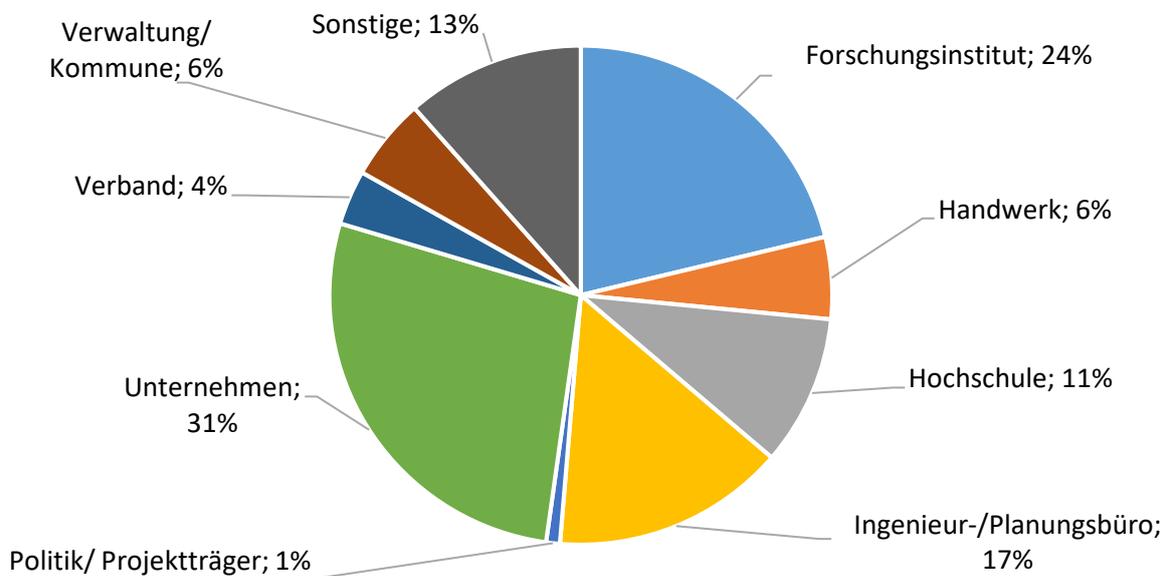


Abbildung 2. Verteilung der Teilnehmenden auf Tätigkeitsbereiche

4. Vorträge aktueller Forschungsprojekte und aus der Praxis

Zur Verbreitung der Forschungserkenntnisse des in dieser Veranstaltung adressierten Themenbereichs und Einblicke in die aktuellen Herausforderungen der Praxis wurden sieben Vorträge gehalten, die im Folgenden beschrieben sind.

4.1 Wie zukunftsfähig ist unsere Trinkwasser-Installation?

Ausgewählte Erkenntnisse zu Energieeffizienz und Hygiene

Der erste Vortrag, gehalten von Fr. Dr. Karin Rühling der Technischen Universität Dresden, handelte von Erkenntnissen bei kombinierter Betrachtung von Energieeffizienz und Hygiene der Trinkwasserinstallation (TWI). In den vorgestellten Projekten *EE+HYG@TWI*³ und *ULTRA-F*⁴ wurden energetische Einsparungen durch das Absenken der Trinkwarmwassertemperatur und Einhaltung der Hygiene in Bezug auf Legionellenwachstum gegenübergestellt und bewertet. Es wurden Feldversuche, Technikumsversuche und Simulationen durchgeführt.

In den Felduntersuchungen wurde der Temperaturbereich von Wohngebäuden bei einem Mindestzeitraum von 14 Tagen gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Einhaltung einer Trinkwarmwasser (TWW)-Temperatur über 55 °C allein kein Garant für die Vermeidung von Legionellenbildung ist, auch wenn diese außerhalb des optimalen Wachstumsbereichs für Legionellen liegt (Abbildung 3). Auch das kalte Trinkwasser müsse beachtet werden. Zudem zeigte sich in den Felduntersuchungen, dass die angenommenen Gleichzeitigkeitswerte zur Entnahme von Trinkwarmwasser tendenziell zu hoch waren und die tatsächlichen Werte deutlich unter den nach Norm berechneten lagen.

Im Anschluss betonte Fr. Dr. Rühling, dass die Erwärmung des kalten Trinkwassers durch das warme Trinkwasser unbedingt vermieden werden müsse. Hierzu stellte sie eine Simulationsstudie vor, welche den Einfluss einer Kanaltrennwand auf die Temperatur des kalten Trinkwassers quantifiziert. Diese Trennwand verringert die Wärmeübertragung zwischen kaltem und warmem Trinkwasser, womit das Einhalten der jeweiligen Temperaturgrenzen möglich ist.

Schließlich präsentierte sie das Projekt *ULTRA-F*⁵, welches die Wirksamkeit der Ultrafiltration (UF) hinsichtlich der Sicherung eines hygienisch einwandfreien Betriebs bei abgesenkten Trinkwarmwassertemperaturen untersucht. Außerdem werden die primärenergetische Wirkung und Effekte der CO₂-Emissionsminderung durch die Ultrafiltration untersucht. Abschließend wies Fr. Dr. Rühling darauf hin, dass nur unter korrekter Wartung und Instandhaltung die Funktionalität des UF-Systems gewährleistet werden kann.

³ EE+HYG@TWI - Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation, https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/forschung/forschungsprojekte/eneff_waerme_ee_hyg_twi.

⁴ ULTRA-F - Ultrafiltration als Element der Energieeffizienz in der Trinkwasserhygiene, <https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/forschung/forschungsprojekte/ultra-f>.

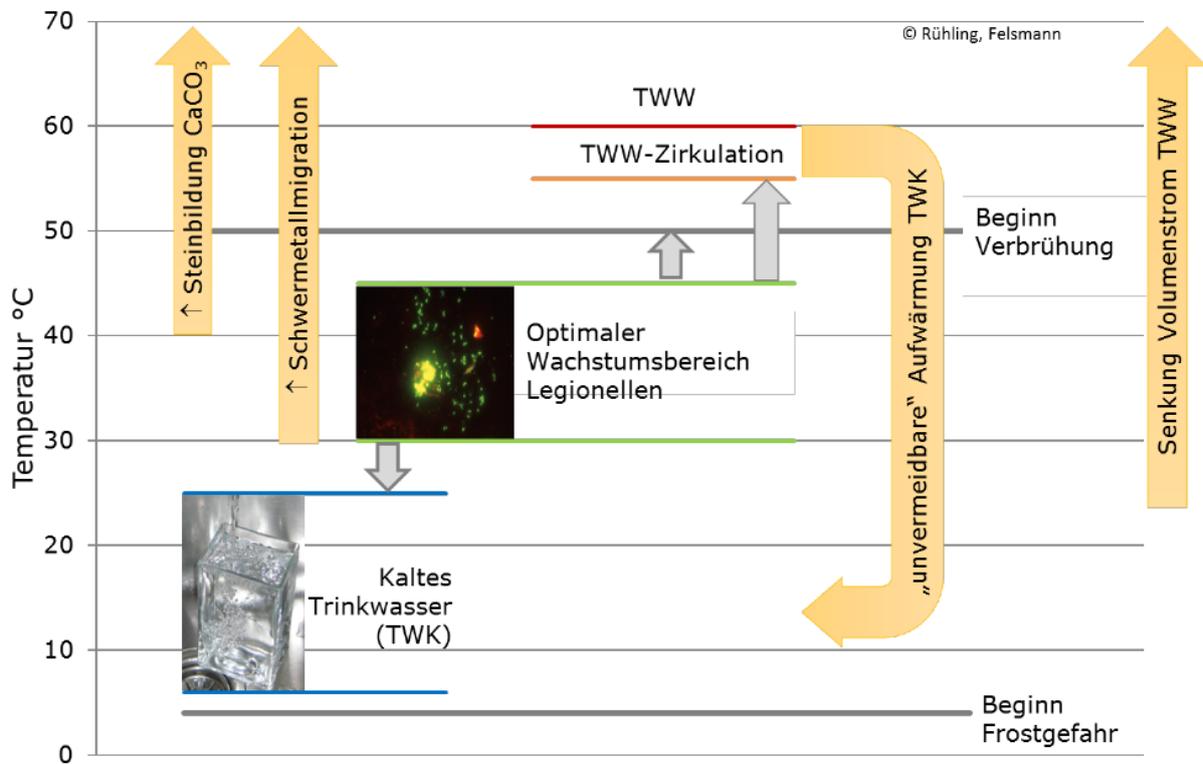


Abbildung 3: Wichtige Aspekte für die Festlegung des Temperaturniveaus in der Trinkwasser-Installation (TWI). Bildquelle: Vortrag Fr. Dr. Rühling im Rahmen dieser Veranstaltung.

4.2 Analyse und Erarbeitung notwendiger Maßnahmen zur Absenkung der Trinkwarmwassertemperatur in Niedertemperatur-Versorgungssystemen

Im zweiten Vortrag stellten Fr. Dr. Anna Kallert und Hr. Christopher Graf vom Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten zur Absenkung der Trinkwarmwassertemperatur vor und erklärten deren Wirkungsweise im Rahmen des Projekts *Trans2NT-TWW*⁵. Das Gesamtziel des Projekts besteht in der Identifikation und Analyse notwendiger technischer Maßnahmen zur gezielten Absenkung der TWW-Temperatur, um den vermehrten Einsatz regenerativ-basierter Trinkwassererwärmer (TWE) in Niedertemperatur-Versorgungssystemen hygienisch sicherzustellen. Die Arbeiten konzentrieren sich vornehmlich auf die dezentrale Trinkwarmwasserbereitung unter besonderer Berücksichtigung von Potentialen der Sektorenkopplung (inklusive Flexibilisierungsoptionen) und der leitungsgebundenen Niedertemperaturversorgungslösung. Zur Erreichung der Projektziele werden zunächst Transformationsmaßnahmen identifiziert, die im Zuge von simulationsgestützten Analysen umfassend bewertet werden. Daran anknüpfend erfolgen hygienisch-mikrobiologische Technikumsversuche im Labor und die Nutzung eines Emulators zur Abbildung weiterer Maßnahmen und Validierung der Versuchsergebnisse. Eine Demonstration ausgewählter und zukunftsweisender Maßnahmen erfolgt im Feld. Aus den im Projekt gewonnenen Erkenntnissen wird die Erstellung eines Maßnahmenkatalogs/Leitfadens und Fortschreibung des normativen Rahmens vorgenommen.

⁵ Trans2NT-TWW - Analyse und Erarbeitung notwendiger Maßnahmen zur Absenkung der Trinkwarmwassertemperatur in Niedertemperatur-Versorgungssystemen, <https://www.iee.fraunhofer.de/de/projekte/suche/laufende/EnOB.html>

Vor dem Hintergrund des Themas der Veranstaltung wird vor allem auf die Transformationsmaßnahmen eingegangen. Zuerst wurden Transformationsmaßnahmen für Trinkwassersysteme in Gebäuden vorgestellt, um die TWW-Temperatur für den vermehrten Einsatz regenerativ basierter TWE in Niedertemperatur-Versorgungssystemen abzusenken. Gleichzeitig werden die hygienischen Anforderungen sichergestellt. Dabei werden zwei Systeme, beide mit zentraler Wärmebereitstellung, als Referenzsysteme für die folgenden Transformationsmaßnahmen genutzt. Referenzsystem 1 besitzt ein zentrales Speichersystem und Referenzsystem 2 ein zentrales Durchflusssystem. Im Folgenden werden die einzelnen Transformationsmaßnahmen erläutert.

Die erste Transformationsmaßnahme (Abbildung 4) enthält ein zweistufiges Durchflusssystem. Dabei wird über einen Wärmerzeuger, beispielsweise eine Wärmepumpe, Trinkwarmwasser erzeugt, welches im Weiteren an die Entnahmestellen geliefert wird. Besonders an diesem System ist die Absenkung der Rücklauftemperatur zum Wärmeerzeuger und die Nutzung der Rücklauftemperatur im Wärmeübertrager. Darin wird das Wasser durch den Heizungsrücklauf vorgewärmt und mit dem Heizungsvorlauf nachgewärmt, um den Gesamtnutzungsgrad zu erhöhen und Energie einzusparen. Die zweite Transformationsmaßnahme (Abbildung 5) bezieht sich auf dezentrale Wohnungsstationen mit einer Heizungsvorlauftemperatur von mehr als 50 °C. Hier wird ein geschlossener Heizkreislauf betrachtet, an dessen Entnahmestellen jeweils ein Wärmeübertrager angebracht ist, welcher das kalte Trinkwasser erwärmt. Somit kann die Rücklauftemperatur im Heizkreis genutzt werden, um den Nutzungsgrad zu erhöhen und eine TWW-Zirkulation entfällt. Transformationsmaßnahme drei (Abbildung 6) beschreibt dezentrale Wohnungsstationen mit Heizungsvorlauftemperaturen von weniger als 50 °C. Wie auch in der vorherigen Transformationsmaßnahme wird hier das zentral erhitze Wasser an den Entnahmestellen genutzt, um über einen Wärmetauscher das kalte Trinkwasser zu erwärmen. Jedoch muss hier, aufgrund der geringen Vorlauftemperatur, an den Entnahmestellen ein separater elektrischer Erhitzer angebracht werden, welcher das Warmwasser nochmal erwärmt. Grundsätzlich steht aufgrund der geringeren Vorlauftemperatur von 50 °C ein Nachweis der hygienischen Unbedenklichkeit bei dezentralen Systemen noch aus. Die letzte Transformationsmaßnahme (Abbildung 7) zeigt einen Kaltwasserspeicher mit Ultrafiltration. Der Speicher sei hier nicht zwingend benötigt aber mit dargestellt, da sich diese Maßnahme aktuell noch in der Untersuchung im Projekt befindet, wurde bei der Diskussion zum Vortrag ergänzt. Bei der letzten Transformationsmaßnahme erfolgt die gesamte Erwärmung des Trinkwassers direkt an den Entnahmestellen. Um die Bildung von Legionellen im Trinkwasser zu vermeiden, wird an den Zulauf des zentralen Kaltwasserspeichers eine Ultrafiltrationsanlage gesetzt. Auf die Rückfrage, welche dieser Maßnahmen denn am vielversprechendsten sei, antwortete Fr. Dr. Anna Kallert, dass Wärmepumpen mit Pufferspeicher grundsätzlich große Potenziale aufweisen, da diese regenerative Wärme bereitstellen können sowie Sektorenkopplung und Lastmanagement ermöglichen.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

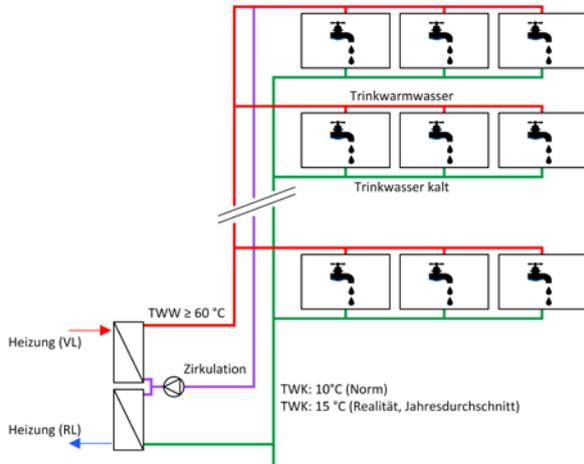


Abbildung 4: Zweistufiges Durchflusssystem

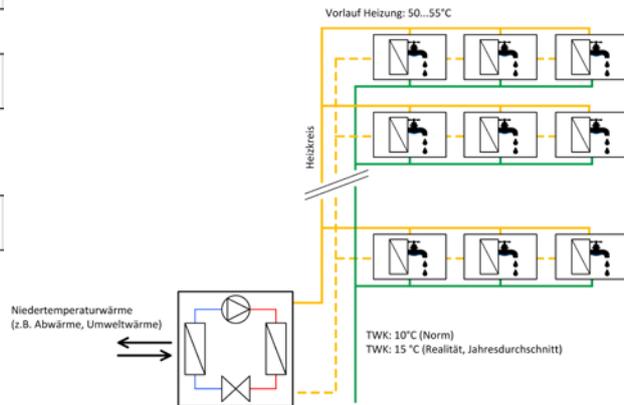


Abbildung 5: Dezentrale Wohnungsstationen (> 50 °C)

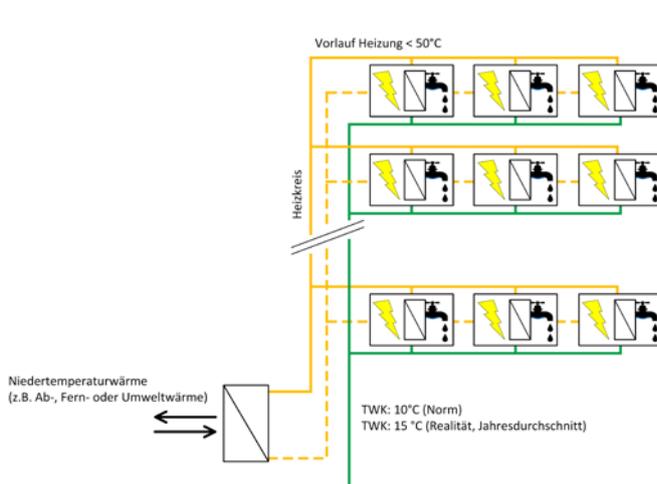


Abbildung 6: Dezentrale Wohnungsstationen (< 50 °C)
Bildquellen: Vortrag Fr. Dr. Kallert im Rahmen dieser Veranstaltung.

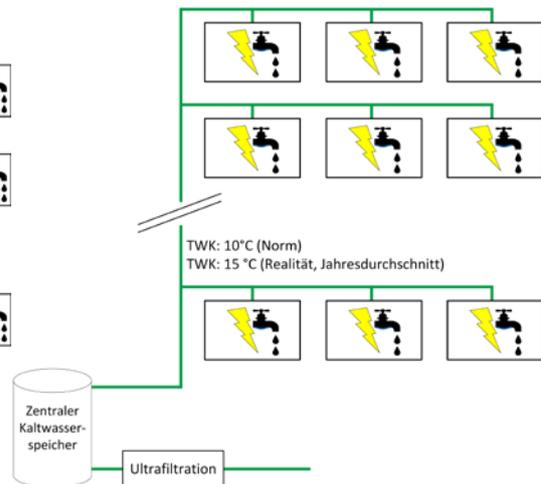


Abbildung 7: Kaltwasserspeicher mit Ultrafiltration,

Im Folgenden wurden die Simulationen auf Wohnungsebene vorgestellt, welche zum Ziel haben, einen hygienischen und energetischen Vergleich zwischen verschiedenen TWI darzustellen. Dabei wird immer eine Wohneinheit betrachtet. Außerdem wurden Simulationen vorgestellt, in denen die vorher genannten wohnungsspezifischen Simulationsmodelle zu einem Mehrfamilienhaus zusammengesetzt werden. In diesen Simulationen variieren die Beteiligten des Projekts die Heizsysteme, Wärmeerzeuger und den Energiemix aus Wärme und elektrischem Strom.

4.3 Wichtige Eigenschaften von zentralen Durchfluss-Trinkwassererwärmern für solare Kombisysteme

Im dritten Vortrag stellte Hr. Peter Pärisch vom Institut für Solarenergieforschung Hameln Erkenntnisse aus dem Projekt *TA-DTE-XL*⁶ zu zentralen Durchfluss-Trinkwassererwärmern (DTE) vor. Dabei wurde zunächst auf die Motivation und den Aufbau von DTE eingegangen und daraufhin das Vorgehen zum Vergleich technischer Eigenschaften von DTE beschrieben.

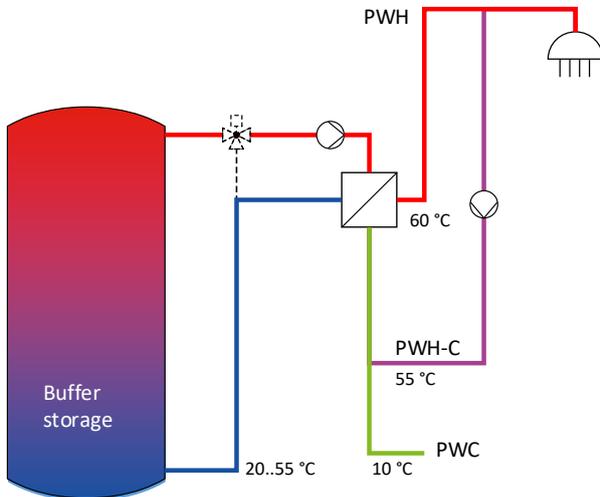
Als Motivation zur Nutzung von DTE wurden das reduzierte Volumen und die verkürzte Verweilzeit von Trinkwarmwasser erwähnt. Infolgedessen könnte gemäß dem Stand der Forschung eine Temperaturabsenkung des Warmwassers erlaubt werden und die Effizienz großer Wärmepumpen sowie solarthermischer Anlagen begünstigt werden. Eine Einsparung von ca. 5,3 Mio. t CO₂ pro Jahr sei durch eine Absenkung von 60 auf 55 °C des Trinkwassers möglich.

Bei der Beschreibung des Aufbaus eines DTE wird der Fokus auf den Wärmeübertrager gelegt. Bei diesem handelt es sich um einen Plattenwärmeübertrager, dessen Übertragungsleistung mit einem UA-Wert quantifiziert wird. Am TWE ist ein Pufferspeicher angeschlossen, dessen notwendige Temperatur sich durch einen höheren UA-Wert absenken lässt.

Das Vorgehen des Vortrags wird in vier Teile gegliedert: eine Marktanalyse für DTE-Konzepte, Labortests, eine Black-Box Modellierung und eine Systemsimulation mit TRNSYS. Die Marktanalyse zeigt vier verschiedene Modelle auf. Das erste wird als Standard-Produkt beschrieben (Abbildung 8, links). Hierbei wird auf die Schichtung im Pufferspeicher verzichtet und nur ein Wärmeübertrager eingesetzt. Im Vergleich zum ersten Modell verfügt das zweite Produkt (Abbildung 8, rechts) über ein Rücklaufventil, welches eine Schichtung im Speicher ermöglicht. Der dritte DTE (Abbildung 9, links) besitzt ein Zirkulationsmodul welches parallel zum TWE geschaltet ist. Dadurch können schnelle Umschaltzeiten für den Rücklauf und mittlere UA-Werte der Wärmeübertrager erzielt werden. Wird nun, wie in Produkt vier (Abbildung 9, rechts), das Zirkulationsmodul in Reihe zum Heizkreislauf geschaltet, können hohe UA-Werte erreicht werden. In den Labortests wurden sechs DTE auf ihre Leistung untersucht. Quantifiziert wurden diese mit der Bestimmung der UA-Werte, abhängig von Primäreintrittstemperatur und dem Zapfvolumenstrom. Klassifiziert werden die einzelnen DTE mit UA-Werten in einem bestimmten Bereich mit einem dimensionslosen Faktor f . Umso größer dieser Wert ist, desto größer ist auch der UA-Wert des TWE. Genauso korreliert ein höherer Volumenstrom mit einem höheren UA-Wert. Als Resultat ergibt sich eine breite Variation der UA-Werte, die ein DTE annehmen kann, wobei die größte Spanne zwischen 1 kW/K und 14 kW/K liegt.

⁶ TA-DTE-XL - Technische Anforderungen an Durchfluss-Trinkwassererwärmer zur Steigerung von Energieeffizienz und Komfort großer, regenerativer Wärmezentralen, <https://isfh.de/ta-dte-xl/>

Standard-Produkt
kleiner UA-Wert, Rücklauf immer unten



Standard-Produkt+Ventil für Rücklaufverteilung
mittlerer UA-Wert, Umschaltzeit 18-130 s

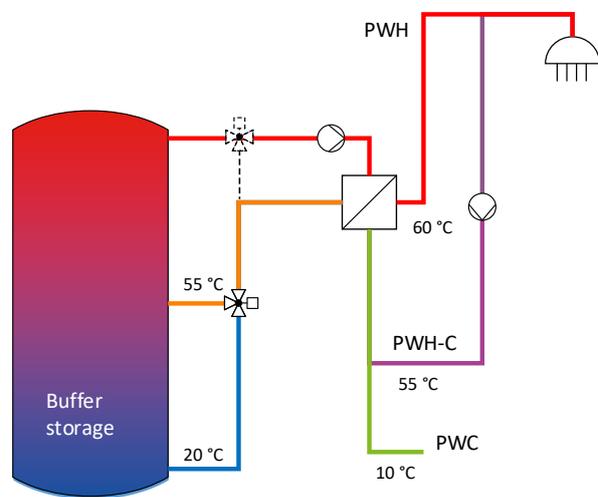
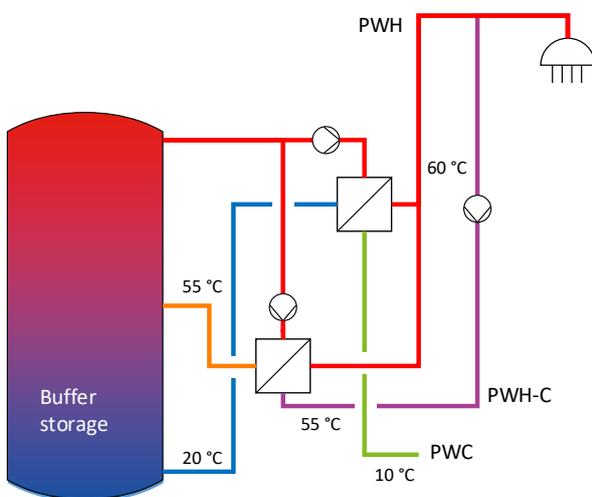


Abbildung 8: DTE-Konzepte (Teil 1), Bildquelle: Vortrag Herr Pärisch im Rahmen dieser Veranstaltung.

Standard+Zirkulationsmodul parallel
mittlerer UA-Wert, Umschaltzeit <2 s



Standard+Zirkulationsmodul in Reihe
hoher UA-Wert, Umschaltzeit <2 s

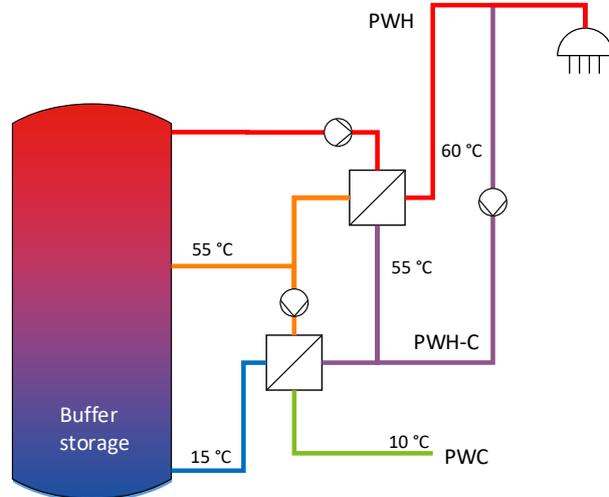


Abbildung 9: DTE-Konzepte (Teil 2), Bildquelle: Vortrag Herr Pärisch im Rahmen dieser Veranstaltung.

Im Weiteren erfolgte eine Simulation mit einem Black-Box Modell. Dabei wird angenommen, dass der Zirkulationsvolumenstrom während der Entnahme von Trinkwasser zu Null wird, eine ideale Temperaturregelung vorliegt (also keine Regelverzögerungen) und keine elektrische Hilfsenergie benötigt wird. Auf die Black-Box Simulation folgte eine Systemsimulation eines Mehrfamilienhauses mit 8 Wohneinheiten. Dabei wird das Heizsystem durch Solarthermie unterstützt. Als täglicher Wasserbedarf werden 440 Liter für insgesamt 16 Personen angenommen, wobei die Zirkulationslast variiert wird. Dazu wurden die Solarkollektoren in ihrer Auslastung variiert. Als Ergebnis der Simulation konnte gezeigt werden, dass ein höherer f -Wert und eine schnelle Rücklaufverteilung zu einer höheren CO_2 -Einsparung führt. Die Erhöhung der Einsparung bei hohem UA-Wert ($f=2,5$) und schneller Rücklaufverteilung beträgt etwa 30 % im Vergleich zu dem Referenz-DTE mit einem f -Wert von 1.

Zum Schluss wurde ein Ausblick auf die Zukunft von zentralen Durchfluss-Trinkwarmwassererwärmern gezeigt. Dabei wird befürwortet, dass DTE mit Pufferspeichern die konventionellen Trinkwarmwasserspeicher flächendeckend ersetzen, was hygienische Vorteile bringt und einen effizienten Betrieb mit regenerativen Wärmeerzeugern mit signifikanter CO₂-Einsparung ermöglicht.

4.4 Zukunft der Trink(warm)wasserinstallation und bereitstellung im Bestand **Energetische und hygienische Analyse und Optimierung von Trinkwarmwasserverteilnetzen im Bestand**

Im vierten Vortrag stellte Hr. Prof. Dr. Lars Kühl von der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften die Problemstellungen bei energetischer und hygienischer Optimierung von Trinkwarmwasserverteilnetzen im Bestand vor und erörterte Optimierungspotentiale in TWW-Systemen. Der Vortrag beinhaltete auch eine kurze Vorstellung des Forschungsvorhabens *Optisan*⁷.

Eingeleitet wurde der Vortrag durch eine Aufführung der Problemstellungen der TWW-Systeme im Gebäudebestand, bzw. in der Hydraulik, im Temperaturniveau und im Fachhandwerk. Als Beispiele wurden veränderte Rohrquerschnitte durch Kalkablagerungen, fehlende oder beschädigte Wärmedämmungen an Rohrleitungen und schlechte oder fehlende Dokumentation der Anlagen genannt. Dies führt zu hohen Energieverlusten und hygienischen Problemen im Anlagenbetrieb. Zudem sind Umsetzungen von Sanierungsmaßnahmen oft weder ziel- noch problemorientiert.

Im Folgenden wurde der Fokus auf Probleme in der Hydraulik gesetzt, genauer auf den hydraulischen Abgleich im System. Wenn dieser fehlt, führt dies im System in der Regel zu einem erheblichen Abfall der Wassertemperatur mit zunehmender Entfernung von der Zapfstelle. Als Folge dessen kann ein hygienisch einwandfreier Betrieb der Trinkwarmwasserbereitstellung nicht mehr gewährleistet werden. Um an allen Stellen des Systems eine ausreichende Wassertemperatur trotz fehlendem hydraulischen Abgleich bereitzustellen, wird in der Praxis in der Regel die Soll-Temperatur am Warmwasserspeicher erhöht. Wird das System nun durch einen hydraulischen Abgleich optimiert, kann die Warmwasserspeichertemperatur auf die maximal notwendigen 60 °C verringert werden. Somit sinken Energieverbrauch und CO₂-Emissionen. Unzureichende Durchströmung und beschädigte Wärmedämmung können einen hygienisch einwandfreien Betrieb der Trinkwasserbereitstellung nicht mehr gewährleisten. Dadurch wird das kalte Trinkwasser erwärmt und das warme Trinkwasser abgekühlt; bis in den Bereich hinein, in dem Legionellenwachstum begünstigt wird. In Kaltwasserleitungen kann die schadhafte Vermehrung von Legionellen verhindert werden, wenn diese regelmäßig gespült werden.

Eine Beispielrechnung zum Energieeinsparpotential eines in einem Hotel durchgeführten hydraulischen Abgleichs wurde anschließend vorgestellt. Werden Energiemengen zum Aufheizen des Trinkwarmwassers, Wärmeverluste am Speicher und Zirkulationsverluste zusammengenommen, entsteht ein Energiebedarf von 330 MWh pro Jahr an Erdgas für eine Temperatur des Warmwassers von 70 °C. Durch einen einwandfreien hydraulischen Abgleich kann die Warmwassertemperatur um 10 K reduziert werden. Dadurch ergeben sich eine Energieeinsparung von ca. 30 MWh pro Jahr und entsprechende Reduzierung der CO₂-Emissionen von 7,3 t pro Jahr (Bezug Gas-Heizkessel).

⁷ Optisan - Softwaregestützte energetische u. hygienische Analyse u. Optimierung von TWW-Verteilernetzen in Bestandsgebäuden. <https://www.ostfalia.de/cms/de/v/forschung/forschungsprojekte/>

Zum Schluss ging Hr. Prof. Kühl auf das Forschungsvorhaben *Optisan* ein. In diesem soll eine Software zur energetischen und hygienischen Analyse und Optimierung von Trinkwarmwasserverteilnetzen in Bestandsgebäuden entwickelt werden. In dem Projekt sollen Verteilnetze in Bestandsgebäuden digitalisiert und das Trinkwassersystem aus Standard-Hydrauliken schrittweise aufgebaut werden. Daraufhin lässt sich das Trinkwasser-Verteilssystem im Gebäude bewerten und im Folgenden wirtschaftlich, energetisch und hygienisch optimieren. Ziel ist es, dass Ausführende, Betreibende und Planende diese Software einsetzen können, um das Trinkwasser-System von Bestandsgebäuden aufzunehmen, zu bewerten und Optimierungspotentiale zu erfassen. Der Projektablauf wird in Abbildung 10 gezeigt.

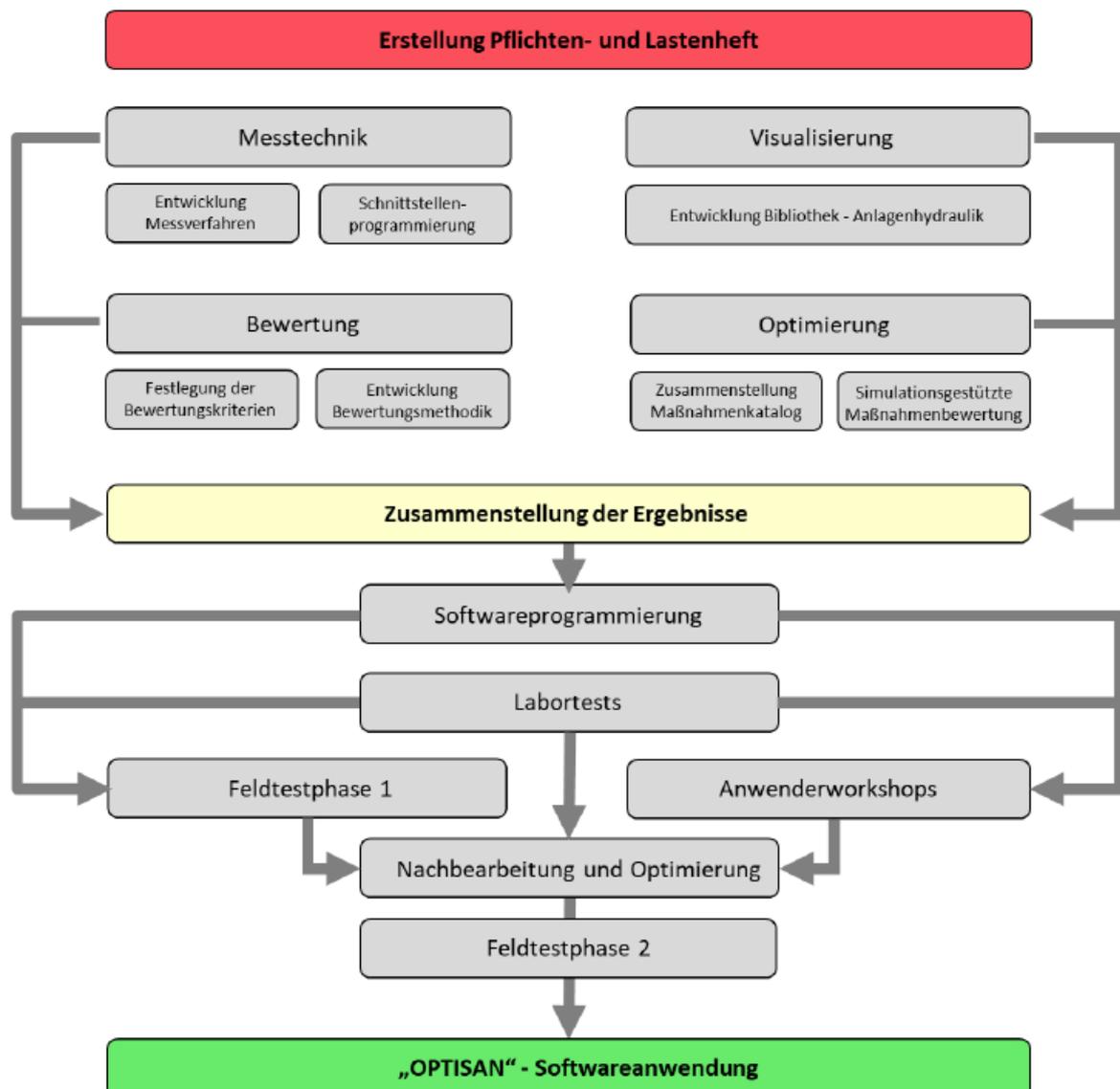


Abbildung 10: Projektablauf Forschungsvorhaben *Optisan*, Bildquelle: Vortrag Hr. Prof. Dr. Kühl im Rahmen dieser Veranstaltung.

4.5 Trinkwasser im Bestand

Im fünften Vortrag stellte Hr. Prof. Dr. Arno Dentel von der Technischen Hochschule Nürnberg die derzeitige Situation und Probleme im Gebäudebestand in Bezug auf Trinkwasser vor. Dabei ging er auf Anlagen- und Systemkonzepte im Bestand ein.



Abbildung 11: Beispielfoto aus einer Bestandsaufnahme eines Trinkwassersystems, Bildquelle: Vortrag Hr. Prof. Dr. Dentel im Rahmen dieser Veranstaltung.

Als Erstes wurde auf Mängel in den Anlagen von Bestandsgebäuden eingegangen. Dabei wurden große Rohrdurchmesser genannt, die kaum bis keine Wasserbewegung im Netz zur Folge haben. Darüber hinaus werden oft Erweiterungen im Bestand durchgeführt, welche zu größeren Leitungslängen führen, die teilweise nicht oder mangelhaft isoliert sind. Ebenso stellen unkontrollierte Abzweige und Erwärmungen von kalten Wasserleitungen ein Problem dar. Als Ursachen für diese Mängel werden auch vergangene oder veraltete Normen genannt. Im Vergleich dazu sind in modernen Normen die Berechnungsdurchflüsse geringer und die Ermittlung der Spitzendurchflüsse verändert.

Als Zweites wurden ineffiziente Systemkonzeptionen aufgezeigt, welche sich nicht auf ältere Anlagen beschränken, sondern auch bei neueren anzutreffen sind. Zum Beispiel wird für Wärmepumpen ein hoher Sollwert für die Trinkwarmwassertemperatur angenommen, welcher aufgrund von falschem Kältemittel oder unzureichender Regelung kaum erreicht wird. Bei der Beantwortung einer Rückfrage zum mangelhaften

Betrieb der Wärmepumpe gab Hr. Prof. Dentel zu bedenken, dass dem schlechten Betrieb zu lange Kältemittelleitungen zugrunde liegen, welche einen Temperaturverlust von 15 K bereits innerhalb der Wärmepumpe zur Folge haben können. Zudem führen zu lange Leitungswege und deren mangelhafte Dämmung zu großen Zirkulationsverlusten.

Als letztes wurde auf Systeme eingegangen, die die mangelhafte Situation in Bestandsgebäuden verbessern könnten. Einen großen Punkt stellt dabei die dezentrale Warmwassererzeugung dar. Es muss eine optimierte Platzierung des dezentralen Trinkwarmwassererzeugers gewählt werden, um möglichst kurze Leitungslängen zu erreichen. Diese Warmwassererzeuger können mit elektrischem Strom funktionieren, um den Installationsaufwand gering zu halten. In der Diskussion wurde die Frage gestellt, welche weiteren Herausforderungen sich im Bestand im Vergleich zum Neubau stellen, woraufhin der Referent die generell hohen Kosten zur Durchführung von Sanierungen nannte.

4.6 Erfahrungen aus der Praxis und Regelsetzung aus Sicht des DVGW

Im sechsten Vortrag stellte Hanna Wippermann vom Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) aktuelle Anforderungen aus dem Regelwerk zur Trinkwasserhygiene und Ansatzpunkte für die zukünftige Warmwasserbereitstellung in der Trinkwasser-Installation vor.

Frau Wippermann begann ihren Vortrag mit einer Einführung, dass die geforderten Temperaturen in der Trinkwasser-Installation benötigt werden, um eine Vermehrung von Mikroorganismen (insbeson-

dere Legionellen) zu vermeiden. Dementsprechend gelten die grundlegenden Regeln der Trinkwasserhygiene: Kaltes Wasser muss kalt sein ($\leq 25\text{ °C}$) und warmes Wasser muss warm sein ($\geq 55\text{ °C}$). Zudem muss das Trinkwasser fließen und ausgetauscht werden, ein Eintrag von Nährstoffen muss vermieden werden und die Trinkwasser-Installation regelmäßig instandgehalten werden.

Zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T) für die TWI wird u.a. das Arbeitsblatt W 551 des DVGW-Regelwerks genannt. Die Version aus dem Jahr 2004 wurde regelmäßig inhaltlich überprüft und durch die DVGW-Gremien bestätigt. Auf Rückfrage wies Frau Wippermann darauf hin, dass sich das Regelwerk zum Moment des Vortrags bereits auf Grund der zurzeit laufenden Forschungsprojekte in der Überarbeitung befindet.

Im Folgenden wurde die Risikobewertung in Bezug auf Legionellen aufgezeigt. Je nach Größe der Anlage zur Trinkwassererwärmung ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Temperatur. Zu Großanlagen zählen solche, die über einen Wasserinhalt des Trinkwassererwärmers von mehr als 400 Litern verfügen und/oder mehr als drei Liter Wasser in jeder Rohrleitung zwischen Ausgang des Trinkwassererwärmers und Entnahmestelle haben. In solchen Systemen sind eine Mindesttemperatur des Trinkwarmwassers von 55 °C im gesamten Zirkulationssystem und eine Temperatur von mindestens 60 °C am Austritt des Warmwassererzeugers vorgegeben. Bei Anlagen mit einer Vorwärmstufe muss der gesamte Wasserinhalt der Vorwärmstufe einmal täglich auf mehr als 60 °C gebracht werden. Den Kleinanlagen werden Anlagen zugeordnet, wenn der Trinkwassererwärmer ≤ 400 Liter fasst und jede Rohrleitung zwischen Ausgang des Erzeugers und Entnahmestelle ≤ 3 Liter Wasser enthält. In diesem Fall ist eine Mindesttemperatur von 50 °C vorgegeben und eine Temperatur von 60 °C wird empfohlen. In dezentralen Anlagen gilt ebenfalls eine Obergrenze des Leitungsvolumens von 3 Litern und eine empfohlene Mindesttemperatur des Trinkwarmwassers von 50 °C .

Als nächstes wurde auf den Konflikt zwischen Energieeinsparung und Trinkwasserhygiene eingegangen. Laut Gebäudeenergiegesetz steht der Schutz der menschlichen Gesundheit eindeutig über dem Ziel der Energieeinsparung. Hierzu hat das Umweltbundesamt eine Kollisionsregel zwischen Trinkwasserverordnung und GEG veröffentlicht.

Fr. Wippermann führte an, dass für die Umsetzung der Anforderungen aus Trinkwasserverordnung und Regelwerk verstärkt Aufklärungs- und Informationsarbeit bei Planenden, Ausführenden und Betreibenden geleistet werden müsse.

Als letztes wurde ein Ausblick mit möglichen Ansatzpunkten für die Zukunft der Warmwasserbereitung gezeigt. Zurzeit steht die Bereitstellung einer Warmwassertemperatur von 55 °C aufgrund der Legionellenvermehrung zum Erreichen der hygienischen Sicherheit im Mittelpunkt.

Für die Zukunft der Warmwasserbereitung im Hinblick auf das Spannungsfeld Energieeinsparung und Schutz der menschlichen Gesundheit wurden folgende Ansätze aufgezeigt:

- die Nutzung von dezentraler Trinkwassererwärmung ohne Zirkulationssysteme
- neue Verfahren wie z. B. Ultrafiltration
- optimierter Wasseraustausch und Volumenreduktion
- Vermeidung von Wärmeübergängen durch Dämmung und getrennte Schachtführung
- und die Nutzung von Digitalisierung.

Bei allen diesen Ansätzen muss bewertet werden, ob die Maßnahmen im Gesamtsystem nachhaltig sind.

Der Vortrag wurde mit einem Fazit abgeschlossen, dass zur Dekarbonisierung der TWW-Systeme ein Gesamtkonzept, mit dem Einsatz verschiedener Maßnahmen aus diversen Perspektiven und verstärkter Kommunikationen unter unterschiedlichen Akteuren, betrachtet werden müssen.

4.7 Zukunft der Trink(warm)wasserinstallation und –bereitstellung aus Sicht des BTGA

Zielkonflikt Energieeffizienz & Hygiene – Wo sich Theorie und Praxis begegnen

Im letzten Vortrag stellte Hr. Stefan Tuschy vom Bundesverband für Technische Gebäudeausrüstung e.V. (BTGA) die Konflikte zwischen Theorie und Praxis im Spannungsfeld zwischen Energieeffizienz und Hygiene vor. Dabei ging er stark auf Probleme bei den öffentlichen Stimmen, der Komplexität der Normen und der Kommunikation ein.

Als erste Problemstellung zeigte Hr. Tuschy den Konflikt zwischen Hygiene und Energieeffizienz auf, der in den populären Medien ausgetragen wird. Als Konsequenz dessen ist eine Unsicherheit beim Endverbraucher zu erkennen, welcher Weg nun der richtige ist. Weitere Unsicherheit entsteht durch die Uneinigkeit über Hygienemaßnahmen. Als Beispiel wird die Mindesttemperatur genannt, ab der ein hygienischer Betrieb von Trinkwarmwasserleitungen gewährleistet werden kann. Diese steht aus hygienischer Sicht bei mindestens 55 °C, jedoch nennen Stimmen aus dem Bereich der Energieeffizienz Temperaturen von 40 °C. Dadurch entsteht ein Spannungsfeld, welches durch gegensätzliche Aussagen von Fach- und Tagespresse gleichermaßen erzeugt wird.

Als zweite Problemstellung zeigte Hr. Tuschy den Umfang an Normen und Richtlinien zum Thema der TWI auf. Demnach gibt es in verschiedenen Papieren zu gleichen Sachverhalten unterschiedliche Aussagen. Zudem sorgen Verweise in den Normen dafür, dass immer wieder zwischen den Normen hin und her gewechselt werden muss, sodass die Übersichtlichkeit leide. Als Beispiel rechnete der Vortragende wie viele Normen und Richtlinien erworben werden müssten, wenn eine Norm oder Richtlinie durchschnittlich 30 bis 40 Verweise auf zusätzliche Papiere enthält. Er kam auf einen Kostenaufwand von 2.500 € bis 3.000 €.

Als dritte Problemstellung wurde die Tatsache genannt, dass zum Sachverhalt der Temperaturen verschiedene Aussagen existieren. Als Beispiel wird die empfohlene Temperatur des kalten Trinkwassers genannt, die entweder unter 25 °C oder unter 20 °C liegen solle. Ein weiteres Beispiel sind die Stagnationszeiten, die von vier Stunden bis zu sieben Tagen variieren.

Als vierte Problemstellung wurde ein zu großer Interpretationsspielraum genannt. Als Beispiele wurden Dinge wie Trinkwasserenthärtung oder die 30-Sekunden-Regel⁸ genannt. Zudem ging Herr Tuschy auf die verwirrende Benennung von Normen und Richtlinien ein.

Zum Schluss wurde verschiedene Lösungsansätze aufgezeigt. Als erstes wurde eine erhöhte Kommunikation zwischen Politik, Wissenschaft, Regelsetzern und Verbänden genannt. Somit sollen einheitliche Aussagen generiert werden und zu einem erhöhten Verständnis der Normen und Richtlinien führen. Zudem sollen technisch-wissenschaftlich belegte Nachweise neuer Technologien gefördert werden, um eine zielorientierte Regelsetzung zu ermöglichen. Hier gab ein Teilnehmender zu bedenken, dass noch nicht alle Bereiche erforscht sind und deshalb teilweise keine technisch-

⁸ Die DIN 1988-200 legt im Kapitel 3.6 – Betriebstemperatur – fest: „Bei bestimmungsgemäßem Betrieb darf maximal 30 s nach dem vollen Öffnen einer Entnahmestelle die Temperatur des Trinkwassers kalt 25 °C nicht übersteigen und die Temperatur des Trinkwassers warm muss mindestens 55 °C erreichen.“

wissenschaftlich belegten Nachweise und Regelsetzungen möglich sind. Als zweites wurde gefordert, dass Aussagen zielgerichtet weitergetragen werden sollen. Als Beispiel wurde hier die EU-Trinkwasserrichtlinie genannt, welche in Deutschland bis 2023 umgesetzt werden muss. Aufgrund dieser Entwicklung haben der Bundesverband für Technische Gebäudeausrüstung e.V. (BTGA), die Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V. (figawa) und der Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) einen bundeseinheitlichen Weiterbildungsplan *Fit für Trinkwasser*⁹ aufgelegt und interessierte Verbände, Partner usw. können sich gerne dazu anmelden.

5. Diskussionsgruppen

Im Anschluss an die Vorträge wurde im Rahmen von zwei Diskussionsgruppen zu den Themen *Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasserinstallation* und *Trinkwasserinstallation im Bestand* diskutiert. Die Inhalte der Diskussionen sind im Folgenden zusammengefasst.

5.1 Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasserinstallation

Moderation: Fr. Dr. Karin Rühling (Technische Universität Dresden)

Fr. Dr. Rühling startete den Austausch in der Diskussionsgruppe, an der knapp 140 Personen teilnahmen, mit kurzen Impulsen auf einigen Folien. Basierend auf den damit angestoßenen Themen wurde in der Gruppe über folgende Punkte diskutiert:

- Wachstums- und Absterbekinetik von Legionellen (*Legionella pneumophila*)
- Konträre Zielsetzungen Energieeffizienz und Hygiene - Welche minimale Trinkwarmwassertemperatur ist zukünftig anzustreben?
- Vorgaben für kaltes Trinkwasser
- Ultra-Filtration
- Allgemein anerkannte Regeln der Technik
- Vorbeugende thermische Desinfektion
- Regelungstechnische Probleme
- Trinkwassererwärmung der Zukunft
- Details dezentraler thermische Durchflusssysteme
- Definition Groß-/Kleinanlagen und zentrale/dezentrale Trinkwarmwasser-Bereitung

Wachstums- und Absterbekinetik von Legionellen

Anhand des WHO-Diagramms aus dem Jahr 2008 wurde über die Minimaltemperaturen von Trinkwarmwasser und die Maximaltemperaturen von kaltem Trinkwasser diskutiert. Das Diagramm sollte auf Basis der neuen Vorschriften für die Bestimmung von Legionellenbefunden kulturell überprüft werden (Vorgaben ISO und UBA). Die Minimaltemperaturen von Systemen mit zentraler Trinkwassererwärmung sollten von derzeit 60 °C nicht stärker als auf 55 °C am Austritt des zentralen Trinkwassererwärmers und 50 °C am Eintritt Zirkulation abgesenkt werden, um die hygienischen Anforderungen zur Legionellenvermeidung einzuhalten. Einer weitergehenden Absenkung der Temperaturen zur Erreichung höherer Energieeinsparung wurde in der Diskussion nicht zugestimmt.

⁹ www.fit-fuer-trinkwasser.de

Konträre Zielsetzungen Energieeffizienz und Hygiene - Welche minimale Trinkwarmwassertemperatur ist zukünftig anzustreben?

Es wurde nochmals betont, dass die Absenkung der Trinkwarmwassertemperaturen an der Zapfstelle automatisch eine Steigerung der Energieeffizienz nach sich zieht. Dies basiert auf der Senkung von Verlusten in der Trinkwasser-Installation selbst und vor allem auf Effizienzsteigerungen in den Anlagen der Wärmebereitstellung für die Trinkwassererwärmung (z. B. Steigerung der Effizienz von Wärmepumpen und Solarthermieanlagen). Trotzdem war es letztendlich Konsens, dass 38 °C nicht zielführend sind. Der Trend ging zu 45 °C als Mindesttemperatur, ggf. sogar 50 °C. Hierbei wurde auch die Notwendigkeit eines Mindestvolumenstromes Trinkwasser (kalt) an den Mischstellen (z. B. Dusche) diskutiert, um nicht wegen zu niedriger Entnahmen dort die Gefahr positiver Legionellenbefunde zu erhöhen.

Vorgaben für kaltes Trinkwasser

Kaltes Trinkwasser muss bis zur Entnahmestelle kalt (< 25 °C) bleiben, da sich sonst ebenfalls eine zunehmende Wahrscheinlichkeit für positive Legionellenbefunde ergibt. Dafür ist es wichtig, die Leitungen für das Trinkwasser kalt bzw. warm in getrennten Schächten zu führen. Dies wird bereits in der VDI 6023 gefordert, findet jedoch in der Praxis oftmals weder bei Sanierungen noch bei Neubauten Beachtung, da bei Bauplanenden und Architekt:innen die Wichtigkeit nicht bekannt ist. Im Sommer können verstärkt durch den Klimawandel Raumtemperaturen von über 25 °C auch nachts auftreten, sodass die Gefahr der Erwärmung des kalten Trinkwassers sich erhöht. Hier wurde angemerkt, dass der sommerliche Wärmeschutz von Gebäuden eine Raumtemperatur von 26 °C und mehr zulässt. Das wird kritisch gesehen. Südliche Länder mit höheren Temperaturen setzen Chlor im Trinkwasser ein. Eine Beprobung des kalten Trinkwassers auf Legionellen an der Zapfstelle ist bei bekannt gewordenen Überschreitungen von 25 °C wichtig.

Ultra-Filtration

Für die Ultra-Filtration gibt es unterschiedliche Stellen der möglichen Anbringung. In der Diskussionsrunde wurde nochmals gefragt, ob die Ultra-Filtration am Hauseingang nicht der Problemlöser wäre. Die Expert:innen konnten dem aber nicht zustimmen. Legionellen können auch anders eingetragen werden (beispielsweise bei der Montage des Rohrleitungssystems). Es wurde diskutiert, ob eine Ultra-Filtration, da sie das Trinkwasser verändert, vom Gesundheitsamt genehmigt werden muss und ob jeder Nutzende (Mietende) dem Einsatz zustimmen muss. Hier waren die Meinungen differenziert, aber es wurde von den Expert:innen darauf hingewiesen, dass derzeit für den Bereich der Trinkwasser-Installation (TWI) die „Rahmenbedingungen für die hygienisch sichere Erprobung der Ultrafiltration bei wissenschaftlich begleiteten Feldversuchen innerhalb von Forschungsprojekten ...“ des DVGW bzw. einschlägige ähnliche regionale Richtlinien wie z. B. in Niedersachsen vom NLGA gelten. An der Ultra-Filtration in der TWI wird derzeit noch weiter geforscht. Sie ist noch relativ weit entfernt von der Standardnutzung nach Einschätzung der Teilnehmenden, jedoch sind bei allen Einsatzfällen Investitions- und Betriebskosten sowie die Wartungs- und Instandhaltungskosten den Einsparungen gegenüber zu stellen und es ist dem Betreibenden die Verantwortung bewusst zu machen.

Allgemein anerkannte Regeln der Technik

Es muss besser durchgesetzt werden, dass nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik gebaut und die Anlagen auch betrieben werden, so z. B. Trinkwasserleitungen kalt von allen „warmgehenden

Leitungen“ getrennt werden, auf kleine Trinkwasservolumina geachtet wird, eine ausreichende Spülung durch den Nutzer erfolgt und ein hydraulischer Abgleich der Trinkwarmwasser-Zirkulation stattfindet, etc.

Vorbeugende thermische Desinfektion

Von einer vorbeugenden thermischen Desinfektion ohne gleichzeitige Spülung an der Abnahmestelle wird abgeraten. Diese verursacht einen hohen Energieaufwand, aber verhindert nicht Legionellen im Bereich der Abnahmestellen, wenn es nicht zu einem gleichzeitigen Ausspülen an den Entnahmestellen kommt.

Regelungstechnische Probleme

Es ergeben sich bei Anlagen der Wärmebereitstellung mit mehreren Wärmeerzeugern oftmals Probleme bei übergeordneten Regelungen für die Sicherstellung der geforderten Trinkwarmwassertemperatur am Austritt des Trinkwassererwärmers. Hier sind insbesondere die Modulationsgrade der einzelnen Wärmeerzeuger sinnvoll abzustimmen. Hinweise auf entsprechend entwickelte Tools wurden von den Teilnehmenden gegeben.

Trinkwassererwärmung der Zukunft

Die Trinkwassererwärmung der Zukunft wurde diskutiert. Während die Expert:innen im Neubaubereich eine klare Tendenz in Richtung dezentraler Warmwasserbereitung sehen (Wärmespeicherung in sogenannten Heizungspufferspeichern, kein Trinkwarmwassernetz, weniger Legionellen“gefahr“) mit entweder elektrischen oder thermischen Durchlauferhitzern (Frischwasserstationen), müssen für die Bestandsgebäude noch gute und praktikable Lösungen gefunden werden. Hier werden auch weiterhin zentrale Lösungen genutzt und optimiert werden müssen.

Details dezentraler thermischer Durchflusssysteme

In dezentralen Trinkwarmwassersystemen muss die Größe der Wärmeübertrager auf die Temperatur des Erzeugers angepasst werden. Bei Niedertemperatursystemen ist eine große Wärmeübertragerfläche nötig, bei Hochtemperatursystemen kann die Wärmeübertragerfläche klein sein. Leider wird nicht immer der passende Wärmeübertrager eingesetzt. Überdies wurde darauf hingewiesen, dass auch hier gilt: Kaltes Trinkwasser muss kalt bleiben. Deshalb ist es bei thermischen Durchflusssystemen erforderlich, die Überströmung der Heizkreis-Zirkulation vor der Station und damit auch vor den Wärmezähler einzubauen. So ist gleichzeitig Kostengerechtigkeit gegeben.

Definition Groß-/Kleinanlagen und zentrale/dezentrale Trinkwarmwasser-Bereitung

Es wurde angemerkt, dass es sich bei den Trinkwarmwassersystemen um komplexe Fragestellungen handelt, bei denen auch Fachleute manchmal überfordert sind, da u. a. die auch in der Trinkwasserverordnung verankerten Definitionen von Groß- und Kleinanlage nicht mehr ausreichend bzw. zutreffend sind. Angeregt wurde deshalb, dass die Begrifflichkeiten und Definitionen von Groß- und Kleinanlagen bzw. zentrale und dezentrale Trinkwarmwasserbereitung in den Verordnungen aufeinander abgestimmt werden sollten.

Von der Diskussionsgruppe wurde der Austausch gelobt und das Hinzunehmen von Wohnungsbauträgern für künftige Diskussionen empfohlen.

5.2 Trinkwasserinstallation im Bestand

Moderation: Hr. Prof. Dr. Arno Dentel (Technische Hochschule Nürnberg)

Hr. Prof. Dentel eröffnete die Diskussionsgruppe, an der ca. 70 Personen teilnahmen, mit der Vorstellung von Leitfragen für die kommende Diskussion. Die folgenden Themen stellten eine Grobgliederung der Diskussion dar:

- Welche Probleme kennen Sie bei der Trinkwasserinstallation aus dem Bestand?
- Welche Systeme setzen Sie in der Sanierung ein?
- Wie können es Forschungsergebnisse in die Praxis schaffen?

Jeder Themenblock wurde dabei durch Hr. Prof. Dentel mit einer Aktivierung der Teilnehmenden über eine *Mentimeter*-Abfrage eröffnet. Auf Basis der gesammelten Nennungen der *Mentimeter*-Abfrage erfolgte eine vertiefende Diskussion in der Gruppe.

Welche Probleme kennen Sie bei der Trinkwasserinstallation aus dem Bestand?

Zunächst wurden die Probleme, die den Teilnehmenden bei der Trinkwasserinstallation im Bestand begegnen, diskutiert. Dieser erste Teil der Diskussion füllte aufgrund der regen Teilnahme der Teilnehmenden den wesentlichen Anteil der Diskussion aus.

Im Bestand begegnen den Workshopteilnehmenden verschiedene Herausforderungen, die einen effizienten *Betrieb von Trinkwassersystemen* behindern. Hier wurde u. a. ein fehlender hydraulischer Abgleich als Hemmnis zur Erschließung von Effizienzpotentialen genannt. Das Nutzerverhalten oder Nutzungsänderungen können zu Unterschieden zwischen geplantem und tatsächlichem Betrieb führen, was in einer ineffizienten Betriebsweise resultiert. Ein Teilnehmender merkte außerdem an, dass Wärmeverluste in Rohrnetzen bisher durch die Normung unterschätzt würden und die Verteilungs- und Zirkulationsverluste in der Realität meist höher ausfallen, als bislang angenommen. In der Praxis begegnen den Teilnehmenden weiterhin häufig Ablagerungen in Rohrsystemen, die eine Gefahr für die Trinkwasserhygiene darstellen. Längere Nichtnutzungsphasen können darüber hinaus für die Trinkwasserhygiene eine Herausforderung darstellen, da die Trinkwasserzirkulation in diesen Phasen eingeschränkt wird.

In der *Planung und Bewertung von Trinkwassersystemen* wurden durch die Teilnehmenden verschiedene Herausforderungen identifiziert. Hierzu zählen unter anderem fehlende Planungsgrundlagen aufgrund unbekannter Topologie, der unbekannteren Lage von Leitungen und Abzweigungen in häufig historisch gewachsenen Bestandssystemen, sowie fehlende Bestandsunterlagen im Allgemeinen. Weiterhin stellt die fehlende Platzverfügbarkeit häufig ein Hindernis in der Planung von Trinkwasserinstallationen dar. Hinsichtlich der mikrobiellen Besiedlung liegen den Planenden bei der Sanierung von Bestandsinstallation häufig keine Daten vor, was eine Fehleranalyse und eine darauf aufbauende optimierte Planung erschwert. Zur Bewertung von Trinkwasserinstallationen fehlen den Planenden Vergleiche von Systemen, welche die Vor- und Nachteile des jeweiligen Systems herausstellen. In diesem Zuge wären zur Planungsumsetzung weiterhin Schemata hilfreich, an denen sich in der Planung orientiert werden kann.

Im Bestand treffen die Teilnehmenden auf verschiedene *Planungs- und Ausführungsfehler*, die in der Diskussion thematisiert wurden. Einrohrsysteme sind im Bestand öfters anzutreffen und bringen den Nachteil mit sich, dass ein Wärmetransport von Trinkwarmwasserleitungen zu kalten Leitungen

stattfindet. Hieraus resultieren sowohl Wärmeverluste in der Trinkwarmwasserleitung, als auch hygienische Probleme durch die Anhebung der Temperatur der kalten Leitungen in einen Temperaturbereich, der für ein Legionellenwachstum förderlich ist. Häufig treffen die Planenden im Bestand auf fehlende oder mangelhafte Rohrdämmungen, woraus hohe Wärmeverluste resultieren. Weitere Probleme werden durch die Teilnehmenden in fehlenden Rückschlagkappen sowie mangelnder Instandhaltung und Wartung der Trinkwasserinstallationen gesehen.

Neben den bisher genannten Themenbereichen wurde das fehlende Problembewusstsein seitens der Betreibenden, welche oft nur unter Zwang Sanierungsentscheidungen treffen, kritisiert und als Umsetzungshemmnis identifiziert. Darüber hinaus stellen die Kosten der Sanierung von Trinkwassersystemen ein wesentliches Hemmnis einer Sanierungsentscheidung dar. Tabelle 1 zeigt die in der Diskussion zusammengetragenen Herausforderungen bei der Trinkwasserinstallation im Bestand.

Tabelle 1: Herausforderungen bei der Trinkwasserinstallation im Bestand

Themenbereich	Herausforderung
Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> • Hydraulischer Abgleich (Planungsunterlagen fehlen) • Längere Nichtnutzungsphasen • Nutzerverhalten, Nutzungsänderungen • unzureichender bestimmungsmäßiger Betrieb • Ablagerung im Rohrsystem • Wärmeverluste in Rohrnetzen bisher unterschätzt (hohe Verteilungs-/Zirkulationsverluste)
Planungs-/Bewertungsgrundlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Topologie unbekannt • Unbekannte Lage von Leitungen/Abzweigungen • Fehlende Bestandsunterlagen • fehlende Kenntnisse über mikrobielle Besiedlung • Platzverfügbarkeit • Berechnungsgrundlagen • Fehlende Vergleiche von Systemen • Fehlende Schemata bei Umbauten
Planungs-/Ausführungsfehler	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Rückschlagkappe • Fehlende/mangelhafte Dämmung • Ausführungsmängel • Mangelhafte Instandhaltung/Wartung • Einrohrsystem
Sonstiges	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlendes Problembewusstsein seitens der Betreiber – Handlung nur unter Zwang • Kosten

Welche Systeme setzen Sie in der Sanierung ein?

Die zweite Leitfrage des Workshops lenkte die Diskussion auf Systeme, die in der Sanierung zum Einsatz kommen. Dabei wurden die Erfahrungen der Teilnehmenden mit diesen Systemen genannt und Verbesserungsvorschläge vorgeschlagen.

Beim Einsatz der *Ultrafiltration* im Bestand kritisierte ein Teilnehmender die unzureichende Kenntnis über den mikrobiellen Zustand des Leitungssystems, welcher nur schwer abgeschätzt werden könne. Zur Grobeinschätzung des mikrobiellen Zustands schlug der Teilnehmende die Gesamtzellzahlbestimmung in Netzen vor, da diese zumindest eine Abschätzung über den hygienischen Zustand liefern könnten.

Bezüglich des Umbaus der *zentralen Trinkwasserversorgungsanlage* wurden durch die Teilnehmenden verschiedene Erfahrungen geteilt. Durch den Umbau der zentralen Trinkwasserversorgungsanlage allein könnte Hygieneproblemen oftmals nicht Rechnung getragen werden, da Besiedlungsräume in Rohrleitungen nicht berücksichtigt werden. In zukünftigen Sanierungen sollte dieses Problem bedacht und über einen Leitungstausch nachgedacht werden. Weiterhin wurde durch einen Teilnehmenden die normative Auslegung von Speicherladesystemen als bezüglich der Trinkwasserhygiene nicht ausreichend kritisiert. Im Speichermanagement trete darüber hinaus oft ein Regelungsproblem durch eine schlecht eingestellte Hysterese auf, welche hygienische Probleme nach sich ziehe und Ineffizienzen verursache.

Im Bereich der *Verbesserung des Betriebs* bestehender Anlagen wurde eine oftmals fehlende Überprüfung der Sanierungsziele kritisiert. Zur Auslegung und Bewertung von Trinkwasserinstallationen sei ein Monitoring des Gebäudebestands sinnvoll. Ein hydraulischer Abgleich kann weiterhin die Effizienz im Betrieb steigern.

Im weiteren Diskussionsverlauf wurde die Verwendung dezentraler Systeme durch die Teilnehmenden als System genannt, welches bei Kernsanierungen umsetzbar ist und hygienischen Problemen Rechnung durch Trinkwassererwärmung am Ort des Verbrauchs tragen kann. In Spülaraturen solle weiterhin die Stagnation von Trinkwasser vermieden werden, um einem Legionellenwachstum vorzubeugen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Inhalte der Diskussionen zu Systemen in der Bestandssanierung.

Tabelle: 2 Systeme in der Bestandssanierung

System	Erfahrungen	Verbesserungsvorschlag
Ultrafiltration	<ul style="list-style-type: none"> • Unzureichende Kenntnis über mikrobiellen Zustand • Gesamtzellzahlbestimmung in Netzen 	-
Umbau der zentralen Trinkwasserversorgungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Besiedlungsräume in Rohrleitungen werden nicht berücksichtigt • Normative Auslegung von Speicherladesystemen nicht immer ausreichend • Speichermanagement: Hysterese oft schlecht eingestellt 	<ul style="list-style-type: none"> • Besiedlungsräume in Bestandsleitungen bei der Sanierung bedenken • Leitungstausch

Verbesserung des Betriebs	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Überprüfung der Sanierungsziele • Monitoring des Bestands zur Auslegung und Bewertung sinnvoll 	<ul style="list-style-type: none"> • Hydraulischer Abgleich
Dezentrale Systeme	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Kernsanierung umsetzbar 	-
Spülarmaturen	-	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeidung von Stagnation

Wie können es Forschungsergebnisse in die Praxis schaffen?

Im letzten Themenblock der Diskussionsgruppe wurde der Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis diskutiert und verschiedene Handlungsempfehlungen aufgeworfen. Ein Teilnehmender forderte, dass die Praxis nicht immer auf die Forschung warten könne, sondern in eine schnelle Umsetzung kommen solle. Darüber hinaus wurden die Kosten einer Sanierung als wesentliches Hemmnis von Sanierungsentscheidungen identifiziert. Um Sanierungskosten zu reduzieren, sollte in der Forschung mehr über Kosteneffizienz nachgedacht und kosteneffiziente Sanierungsstrategien entwickelt werden. Ein weiterer Diskussionspunkt zielte auf den Wissenstransfer in die Praxis ab. Um fehlenden Kenntnissen in der Praxis zu begegnen, sollten mehr Fortbildungsangebote geschaffen werden. Die Kommunikation zwischen Forschung und Praxis kann dabei durch zahlreichere Publikationen und die Aufnahme von Forschungserkenntnissen in der Normung verbessert werden, um die langsame Durchdringung von Forschungsergebnissen in die Praxis zu beschleunigen. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Diskussion zur dritten Leitfrage.

Tabelle 3: Diskussionsergebnisse zur Frage „Wie können es Forschungsergebnisse in die Praxis schaffen?“

These	Handlungsempfehlung
Praxis kann nicht auf Forschung warten	In schnelle Umsetzung kommen und vorhandene Forschungserkenntnisse nutzen, gemeinsam mit Forschenden in die Umsetzung kommen.
Kosten stellen wesentliches Hemmnis dar	Kosteneffizienz bedenken, kosteneffiziente Sanierungsstrategien entwickeln
Fehlende Kenntnis in der Praxis	Mehr Fortbildungsangebote

Zu langsame Durchdringung von Forschungsergebnissen in die Praxis	Kommunikation zwischen Forschung und Praxis verbessern (Publikationen) Normungsarbeit
---	--

6. Fazit

In der Gebäudeenergieforschung gewinnt der Bereich des Trinkwarmwassers (TWW) immer mehr an Bedeutung. Das Zusammenspiel von Trinkwasserhygiene und Energieeffizienz stellt eine Herausforderung für die in der Forschung neu entwickelten und im Gebäudebestand verbauten Systeme zur Trinkwarmwasserbereitstellung dar. In aktuellen Forschungsprojekten werden unterschiedliche technische Ansätze entwickelt, um die Energieeffizienz und den Anteil regenerativer TWW-Bereitstellung durch Temperaturabsenkung unter Sicherstellung der Trinkwasserhygiene zu steigern. Ultrafiltrationsanlagen (Projekt *ULTRA-F*¹⁰) sowie Maßnahmen zur Absenkung der Trinkwarmwassertemperatur in Niedertemperatur-Versorgungssystemen zum vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien (Projekt *Trans2NT-TWW*¹¹) sind derzeit Forschungsschwerpunkte. Darüber hinaus wird an Durchfluss-Trinkwassererwärmern (Projekt *TA-DTE-XL*¹²) geforscht, die zur Reduktion des Trinkwasservolumens sowie geringerer Verweilzeiten von Trinkwasser beitragen. Diese Schwerpunkte in Forschungsprojekten könnten sich als vielversprechende Optionen für die zukünftige Trinkwasserbereitstellung herausstellen. Für die TWW-Systeme im Gebäudebestand ergibt sich gemäß den Vorträgen und Diskussionen dieser Veranstaltung ein hohes Optimierungspotential. Allein durch einen durchgeführten hydraulischen Abgleich oder Wartungen der Rohrleitungsdämmung ist eine signifikante Effizienzsteigerung zu erwarten. Daher wird auch an standardisierter Software zur Aufnahme und Bewertung von Trinkwassersystemen (Projekt *Optisan*¹³) gearbeitet. Für einen hygienischen Betrieb ist nicht nur eine Mindesttemperatur des Trinkwarmwassers erforderlich, sondern es muss auch eine Erwärmung des kalten Trinkwassers vermieden werden. Auch dies wird aufgrund von Planungs- und Ausführungsfehlern in der Praxis nicht immer garantiert. Maßnahmen dagegen werden ebenfalls erforscht (Projekt *EE+HYG@TWI*¹⁴).

Im Gebäudebestand wurden durch die Diskussions-Teilnehmenden eine Reihe von Problemstellungen in der Hydraulik, im Temperaturniveau und im Fachhandwerk identifiziert. Als Beispiele wurden veränderte Rohrquerschnitte durch Kalkablagerungen und fehlende oder beschädigte Wärmedämmungen an Rohrleitungen genannt. Dies führt zu hohen Energieverlusten und hygienischen Problemen im Anlagenbetrieb. Die Behebung dieser Probleme kann in der Praxis jedoch schwierig sein. Dies kann auf die schlechte oder fehlende Dokumentation der Anlagen, fehlendes Know-How zur selbstständigen Lösung der hydraulischen Probleme in verzweigten Netzen oder fehlende Werkzeuge für die wirtschaftliche und energetische Bewertung von Optimierungsstrategien zurückgeführt werden. Eine weitere Herausforderung liegt in der Unstimmigkeit in den Aussagen aus Politik, Wissenschaft und Medien zu den Anforderungen an TWW-Temperaturen, die einen hygienischen und energieeffizienten Betrieb gewährleisten können. Zu den TWW-Temperaturen und anderen Sachverhalten im Bereich der

¹⁰ <https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/forschung/forschungsprojekte/ultra-f>

¹¹ <https://www.iee.fraunhofer.de/de/projekte/suche/laufende/EnOB.html>

¹² <https://isfh.de/ta-dte-xl/>

¹³ <https://www.ostfalia.de/cms/de/v/forschung/forschungsprojekte/>

¹⁴ https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/forschung/forschungsprojekte/eneff_waerme_ee_hyg_twi

TWI finden sich in Normen und Richtlinien diskrepante Regeln. Eine zukünftige Aufgabe stellt daher die Vereinheitlichung dieser Regeln dar um Aufwand und Kosten in der Planung von TWI senken zu können.

Für die Transformation der TWW-Systeme im Bestand bedarf es der Bewältigung einer Reihe von nichttechnischen Herausforderungen. Als solche werden von den Teilnehmenden Unstimmigkeiten in den Normen und Richtlinien, fehlende Dokumentation der bestehenden Anlagen sowie Werkzeuge zur Analyse und Optimierung der Bestandsysteme genannt. Um diesen Problematiken Rechnung zu tragen, wird von den Teilnehmenden eine bessere Kommunikation zwischen Wissenschaft, Planenden und Ausführenden gefordert. In diesem Zusammenhang wurde angemerkt, dass die Diskussionen dieser Veranstaltung unter Hinzunahme von Wohnungsbaugesellschaften und Nutzenden fortgesetzt werden sollten. Weiterhin wird auf die Vielzahl technischer Regelwerke und Normen hingewiesen, die eine Übersicht über die Anforderungen erschweren. Eine Evaluierung der bestehenden Normen sowie die Bereitstellung übersichtlicher Informationsmaterialien können einen Beitrag zur optimierten Planung von Trinkwasserinstallationen leisten. Daher haben verschiedene Verbände den bundeseinheitlichen Weiterbildungsplan *Fit für Trinkwasser*¹⁵ aufgelegt.

Eine anschließende Umfrage unter den Teilnehmenden ergab eine hohe Zustimmung zum Format sowie zur möglichen Weiterverwendung der Inhalte der Veranstaltung in der alltäglichen Arbeit der Teilnehmenden, was die Auswertungen in Abbildung 12 abschließend zeigen.

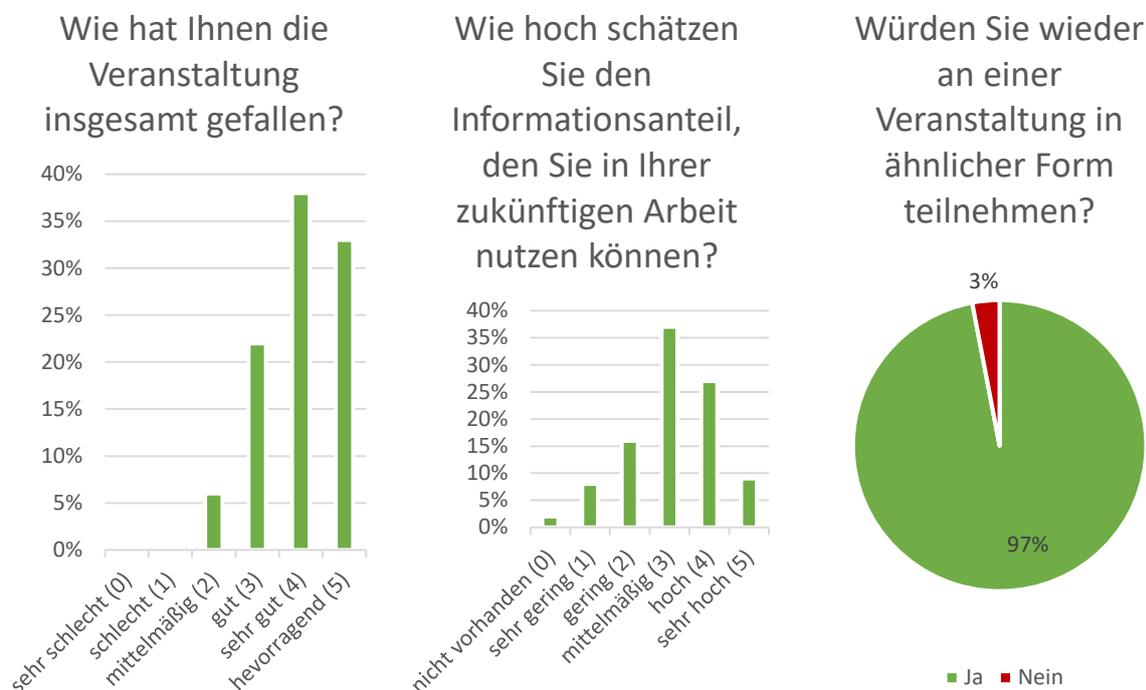


Abbildung 12. Ergebnisse einer abschließenden Umfrage unter den Teilnehmenden zur Veranstaltung

¹⁵ www.fit-fuer-trinkwasser.de