

Inhalte

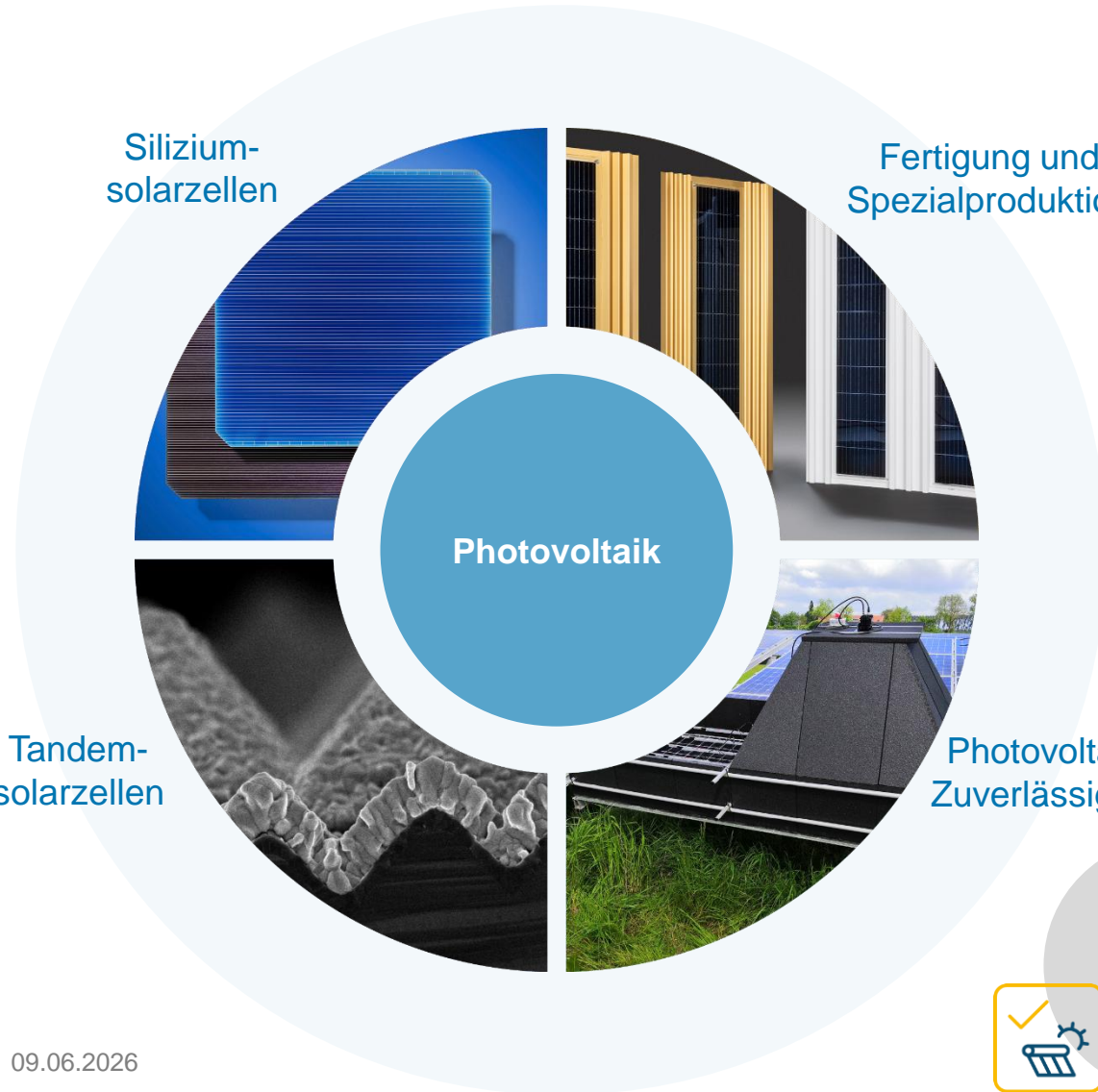
- Feldmessungen (MFH + Sporthallen)
- Simulationen Anlagentechnik
- Dezentral elektrische Erwärmung
- Simulationen Trinkwasserinstallation
- Impuls „Hygienische Aspekte“
- Wrap-Up & Diskussion

Folien

4-13
14-31
32-35
36-59
60-71
72-74

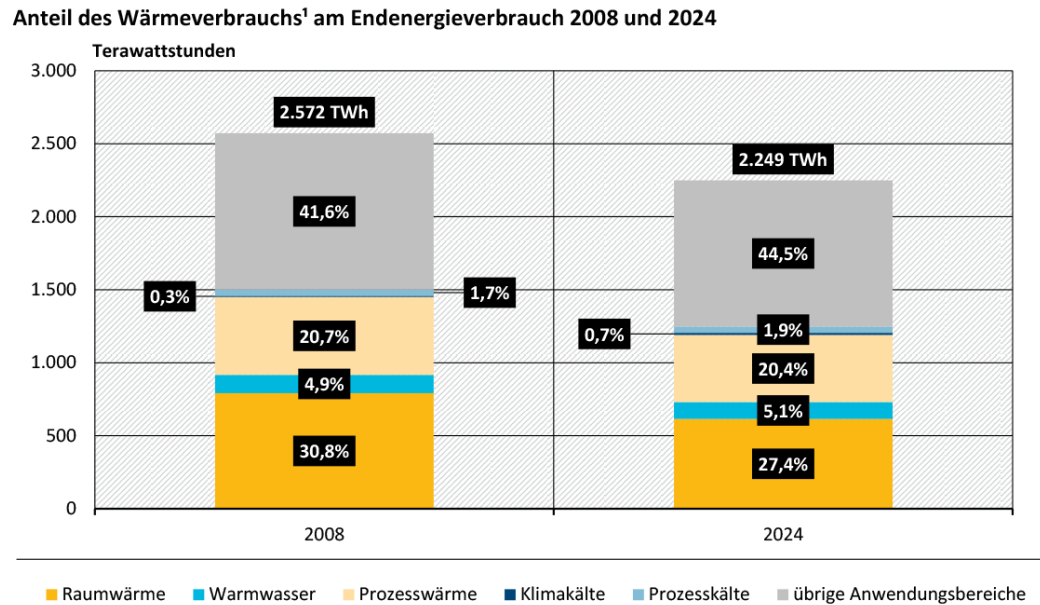
Ergebnisse aus Feldmessungen zur Effizienz der Trinkwassererwärmung in MFH und Sporthallen

F. Hüsing, O. Merker, M. Yasin, J. Walter und D. Eggert



CaTeC





Quelle: Umweltbundesamt, auf Basis von AGEB Anwendungsbilanzen Stand 10/2025

- Erwärmtes Trinkwasser – elementarer Bedarf mit hohen Anforderungen
 - Komfortbedürfnis: ca. 38,5°C unter der Dusche [1]
 - Hygieneanforderungen: DVGW-Arbeitsblatt W 551 DIN 1988-200
- Resultierende Fragen
 - **Wie effizient ist die Trinkwassererwärmung heute?**
 - **Welche Lösungen sind zukunftsfähig?**

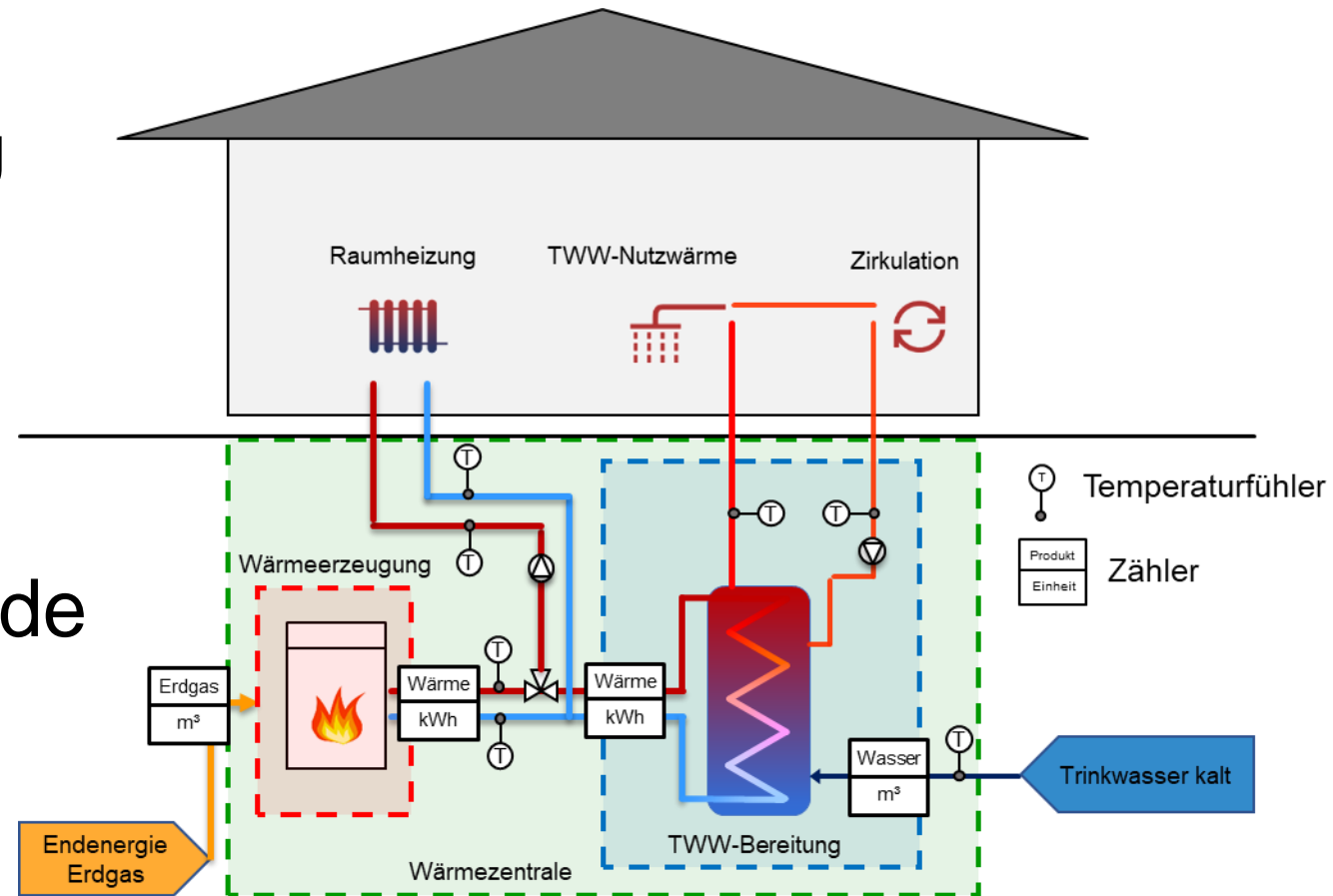
[1] Keuler, J., Albrecht, K und Pärish, P. (2024): *Evaluation of thermal comfort during showering with system-related temperature fluctuations* in Journal of Building Engineering, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109162>

■ Drei Energiebilanzräume

- Bilanzraum Wärmezeugung
- Bilanzraum **TWW-Bereitung**
- Bilanzraum Wärmezentrale

■ Erfassung der Betriebszustände

- Wärmemengenzähler
- Temperaturfühler

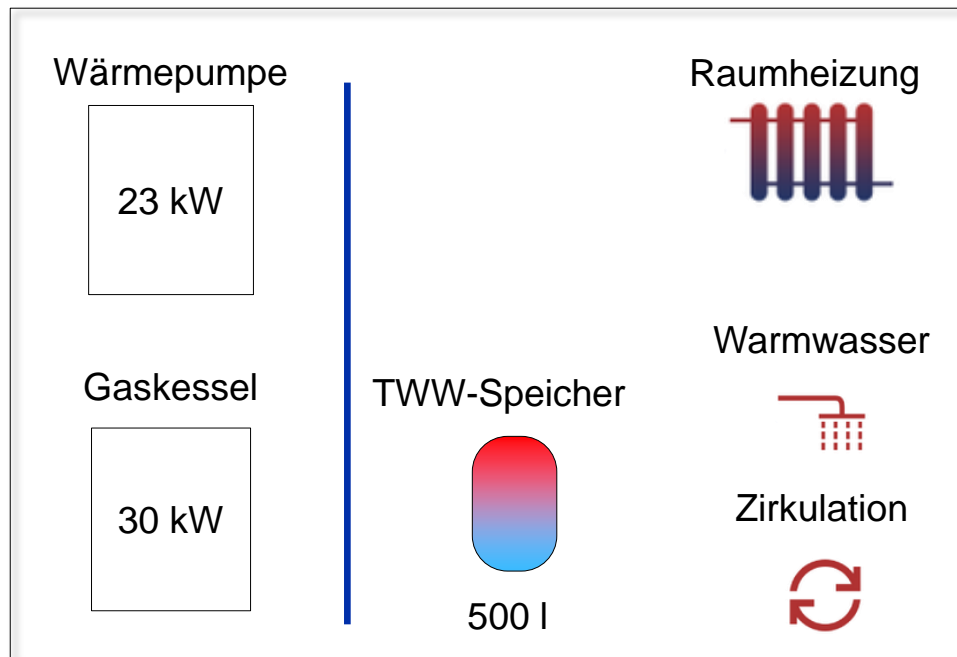


Trinkwassererwärmung in Mehrfamilienhäusern

Beispielobjekt

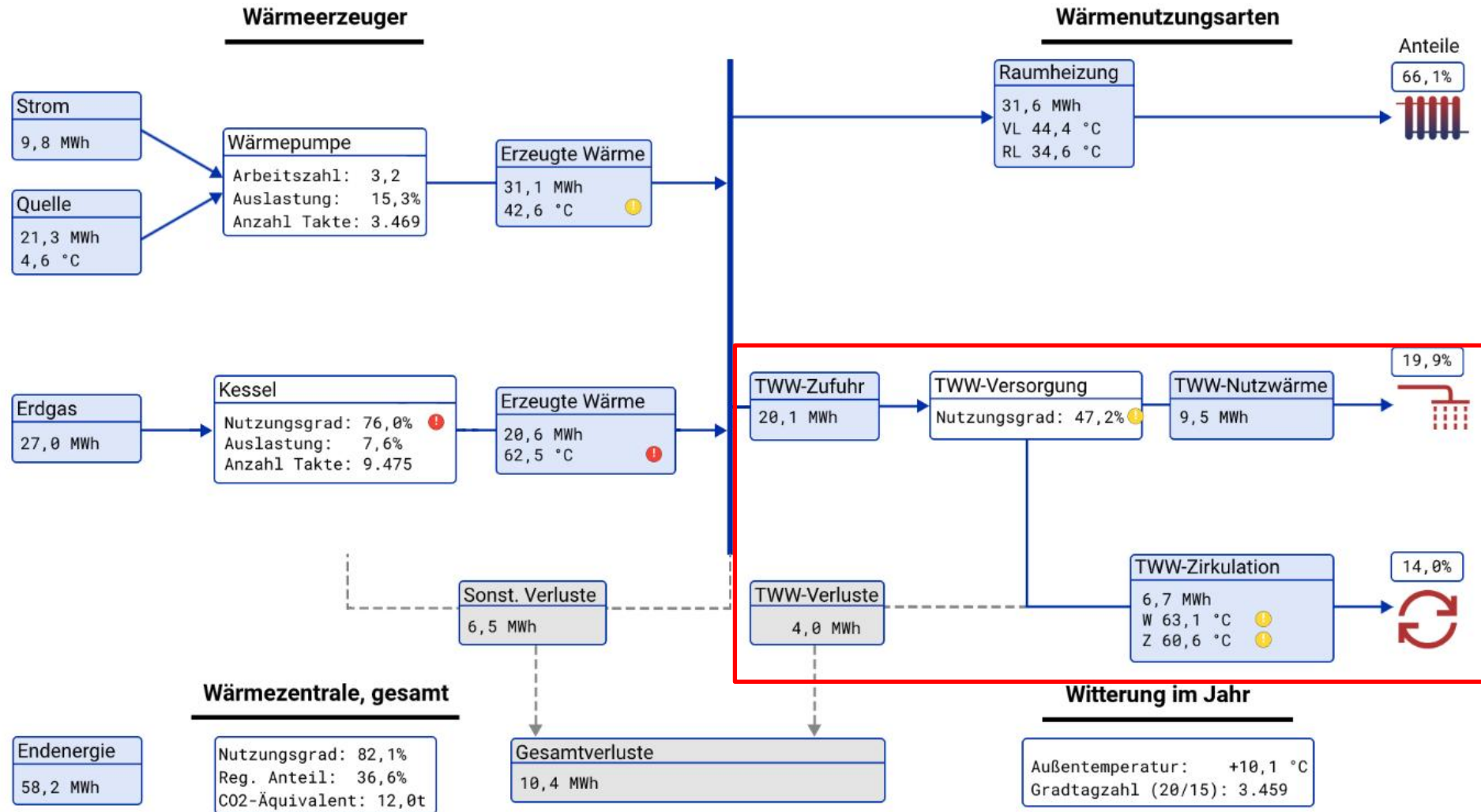


- 12 Wohneinheiten
- 921 m² Nutzfläche
- 21 kWh/m² Endenergiebedarf
- Zentrale Trinkwassererwärmung



Trinkwassererwärmung in Mehrfamilienhäusern

Jahresbericht Beispielobjekt

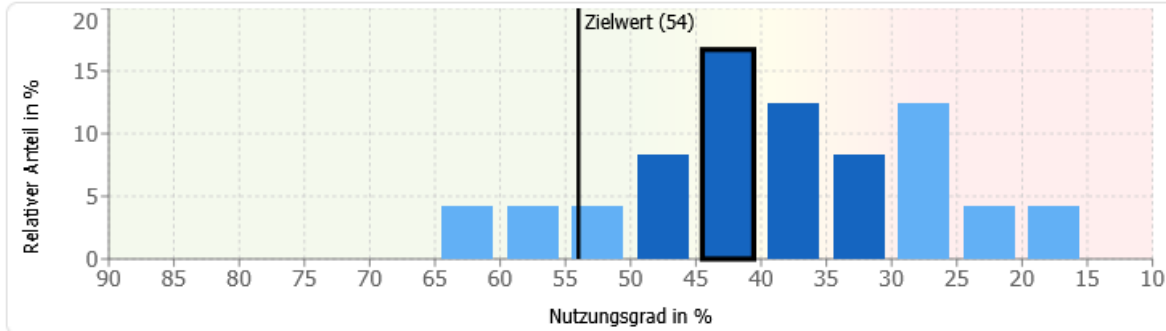


VL, RL: Vor- & Rücklauf-temp. W, Z: TWW- & Zirkulationsrücklauf-temperatur

Trinkwassererwärmung in Mehrfamilienhäusern

Aggregierte Ergebnisse aus ca. 30 MFH

Trinkwarmwasserversorgung



- Ergebnisse zeigen breite Spanne der Nutzungsgrade von 15...65%
 - Häufung bei 35...45% Nutzungsgrad
- Eine gute Anlage erzeugt „nur“ 50% Verluste

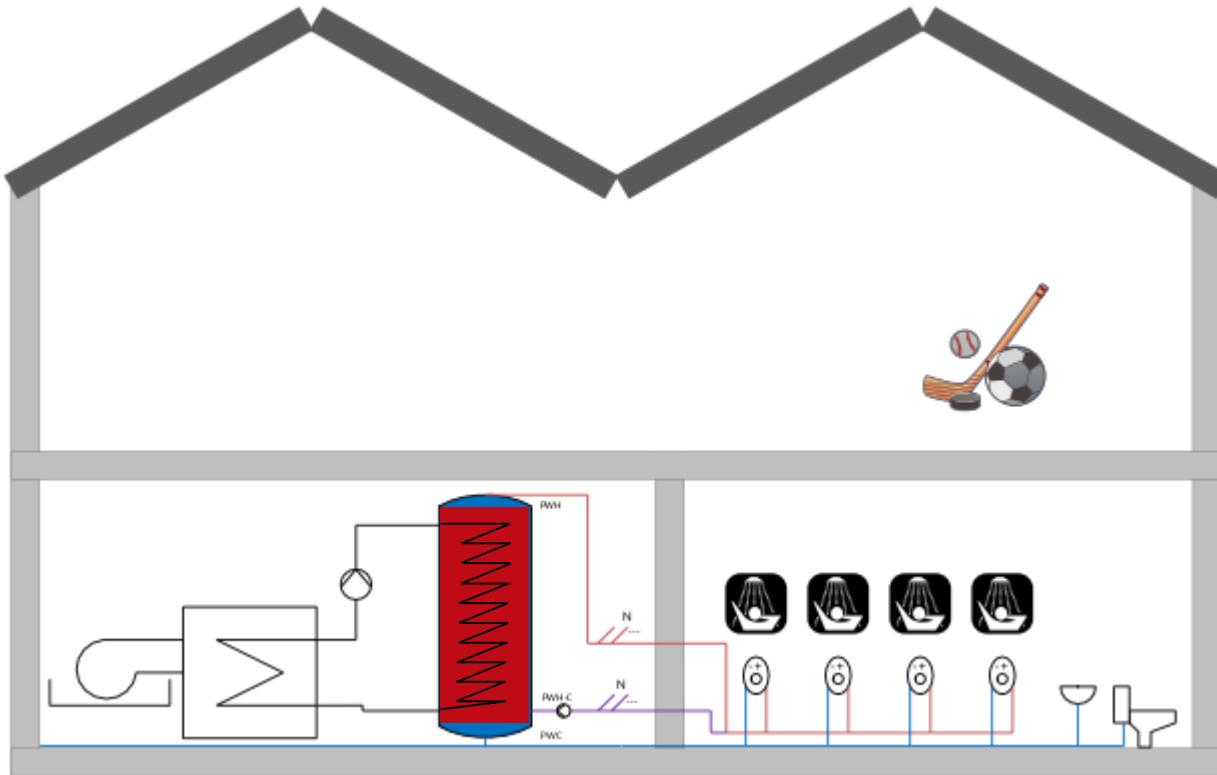
OPTIMIERTE
WÄRMEVERSORGUNG



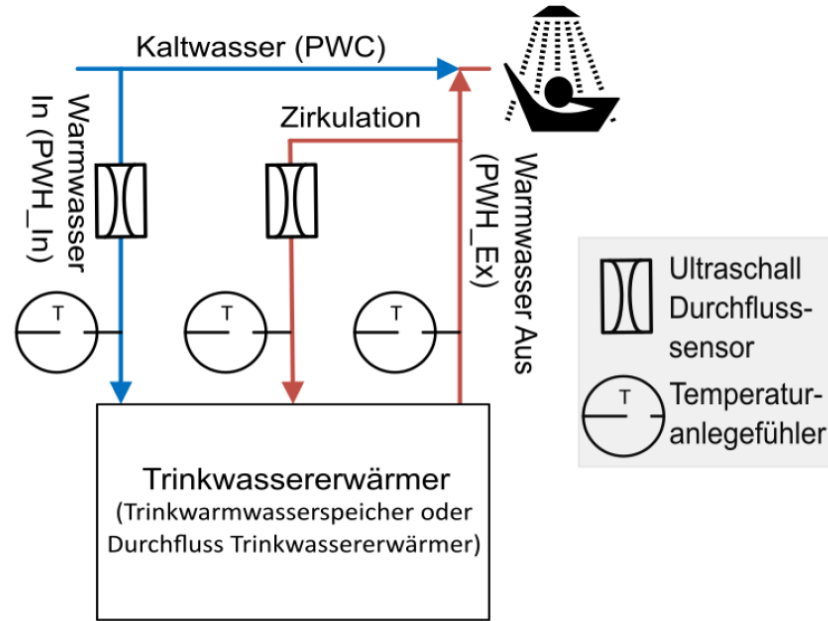
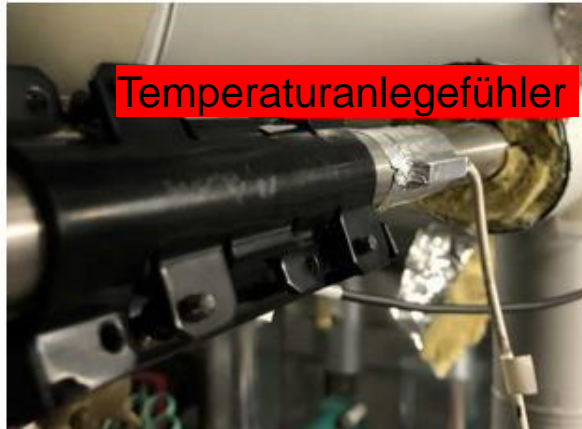
Feldanalyse zur Betriebs-Optimierung

Trinkwassererwärmung in Sporthallen

Messergebnisse aus TA-DTE-XL



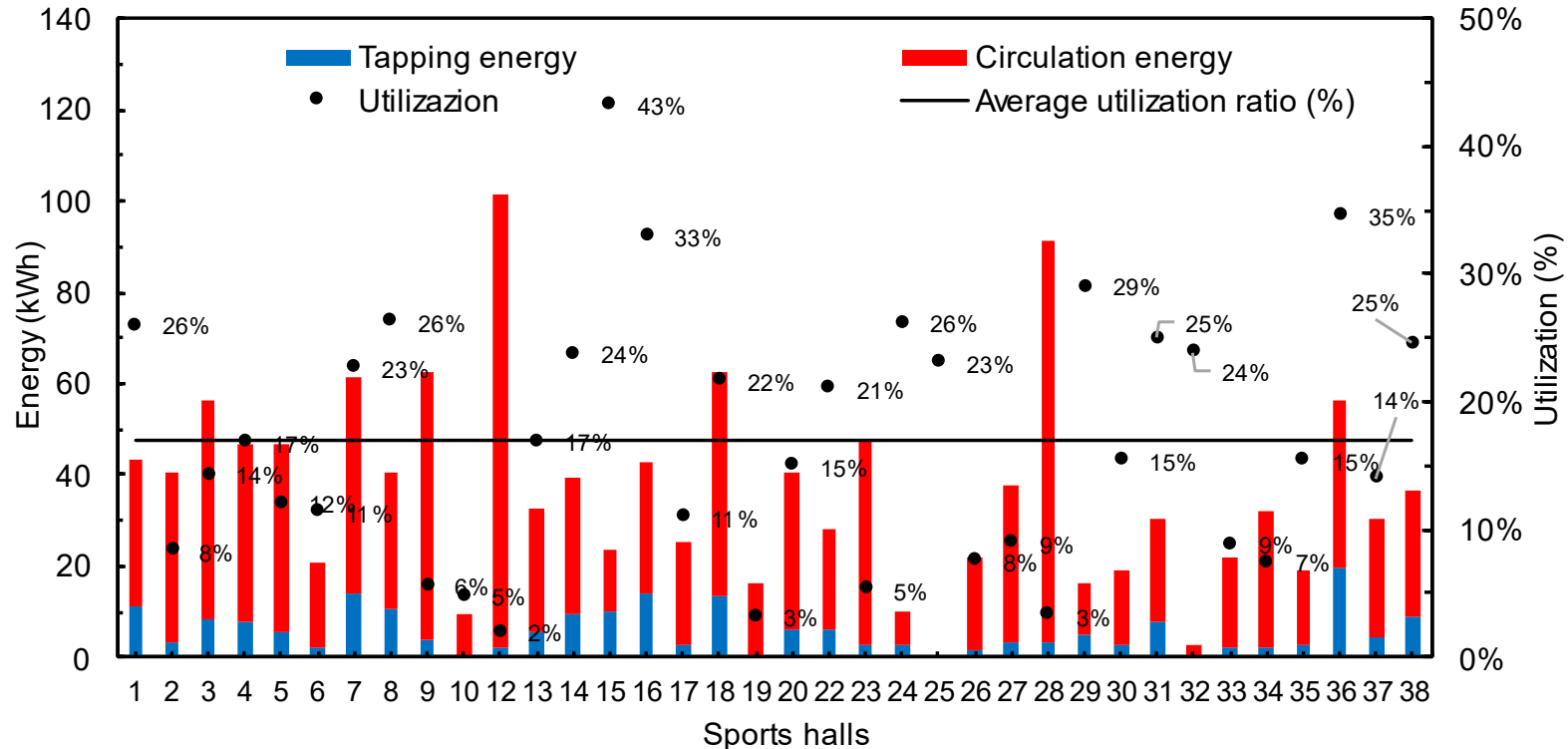
- Im Projekt TA-DTE-XL nehmen wir größere Anlagen in den Fokus
- Eine besonders anspruchsvolle Versorgungsaufgabe sind Sporthallen
- Große Resonanz
- Messungen in 38 Sporthallen



- Messsysteme werden:
 - ohne Eingriff in das TWW
 - schnell installiert
- Messdauer: mindestens 28 Tage
- Auflösung: 1 Sekunde
- Überprüfung der Messgenauigkeit nach Installation

Trinkwassererwärmung in Sporthallen

Durchschnittliche tägliche Zapfenergien und Nutzungsgrade



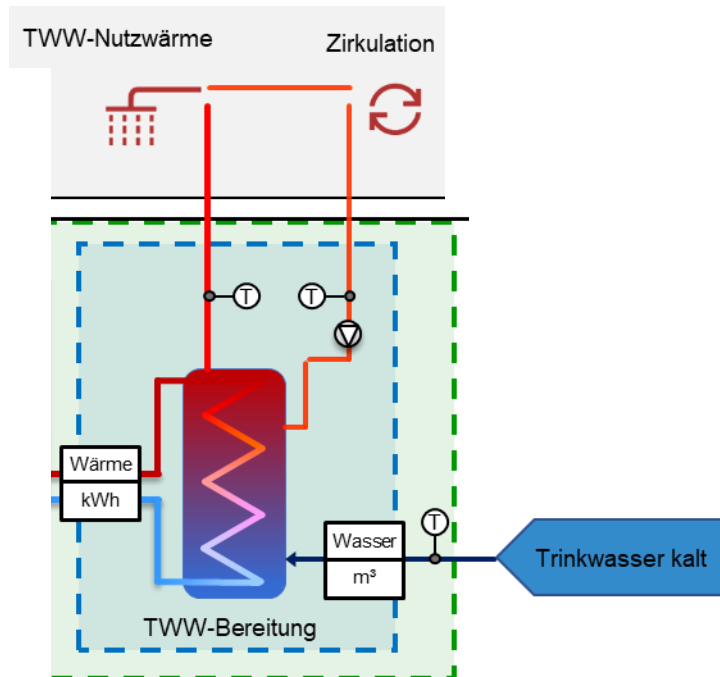
Erkenntnisse:

- Niedrige Zapfenergien
- Nutzungsgrad:

$$\omega_{\text{PWH}} = \frac{Q_{\text{tap}}}{Q_{\text{tap}} + Q_{\text{circulation}}}$$
- Mittlerer Nutzungsgrad nur 17%
- Ineffiziente Anlagentechnik und starke Überdimensionierung als wesentliche Ursachen

Trinkwassererwärmung in MFH und Sporthallen

Zwischenfazit zentrale Trinkwassererwärmung



- Trinkwassererwärmung als relevanter Energiebedarf mit steigender Bedeutung
- Niedrige Nutzungsgrade (auch wegen Hygiene- und Komfortanforderungen)
- 50% Nutzungsgrad sind bei zentraler Erwärmung im MFH bereits „gut“
- Mit durchschnittlich 17% Nutzungsgrad bestehen in Sporthallen besonders hohe Effizienzpotentiale



Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das ISFH ist eine öffentlich geförderte Forschungseinrichtung des Landes Niedersachsen. Die im Vortrag präsentierten Ergebnisse wurden in vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Forschungsprojekten „FeBOP-MFH: Wärmeversorgung in Mehrfamilienhäusern – Permanente Betriebsoptimierung durch automatische Analyse im Feld“ (FKZ 03ET1573A) und "Technische Anforderungen an große Durchfluss-Trinkwassererwärmer zur Steigerung von Energieeffizienz und Komfort regenerativer Wärmezentralen") (FKZ 03EN1025A) erarbeitet. Wir danken für die Unterstützung unserer Arbeiten. Die Inhalte der Veröffentlichung liegen in der alleinigen Verantwortung der Autoren.

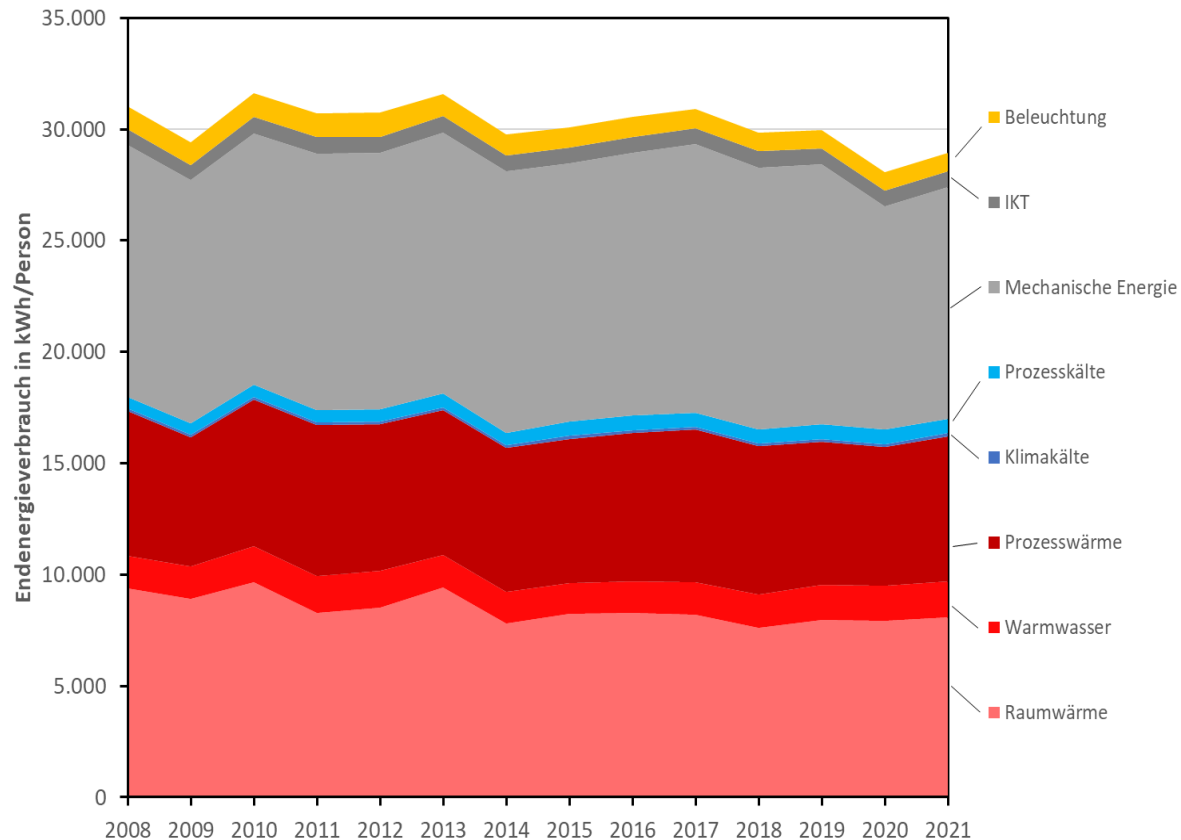


Simulationsstudie zur hygienischen Absenkung der Trinkwarmwassertemperatur in Mehrfamilienhäusern

O. Mercker, M. Yasin, Ch. Büttner

Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH)

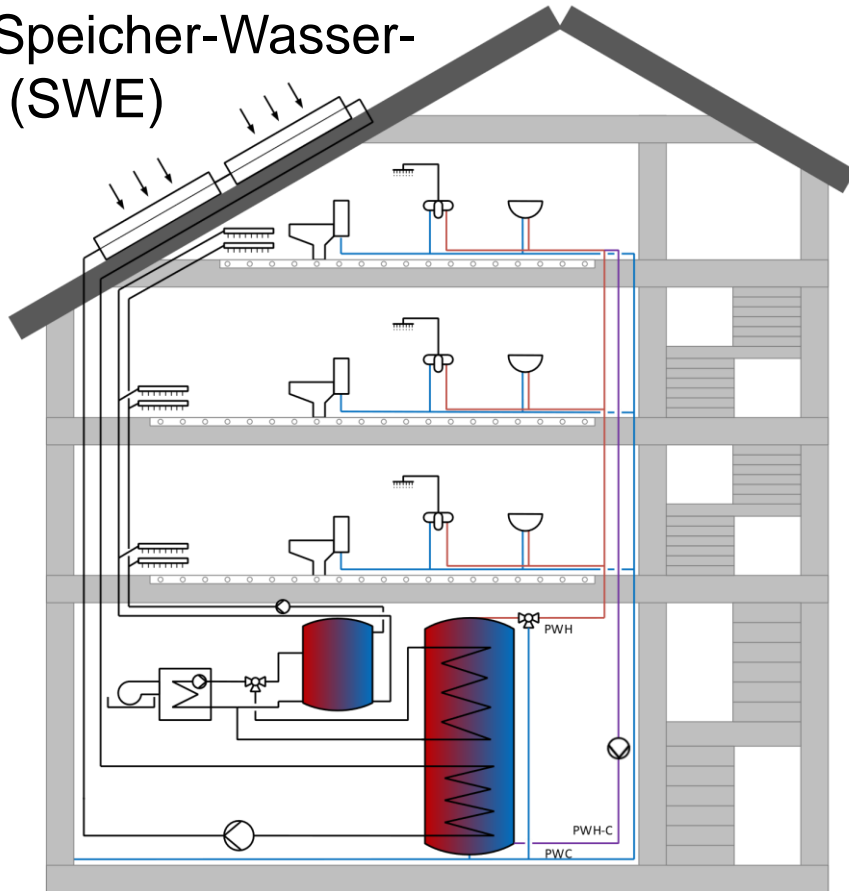
Endenergieverbrauch nach Anwendungsgebieten



- Raumwärme & TWW stellen 1/3 des Endenergieverbrauchs in D
- 50% davon entfallen auf MFH
- Stetig bessere Gebäudehülle lässt TWW in Fokus rücken
- Anforderungen an Hygiene bei TWW-Bereitung hemmen WP-Einsatz
- Konzepte zum Einsatz von WP als zentralem Hebel zur Energiewende erforderlich!

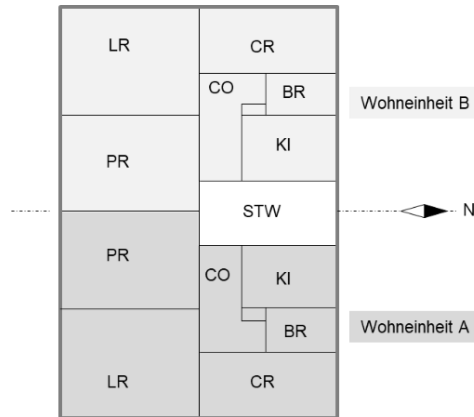
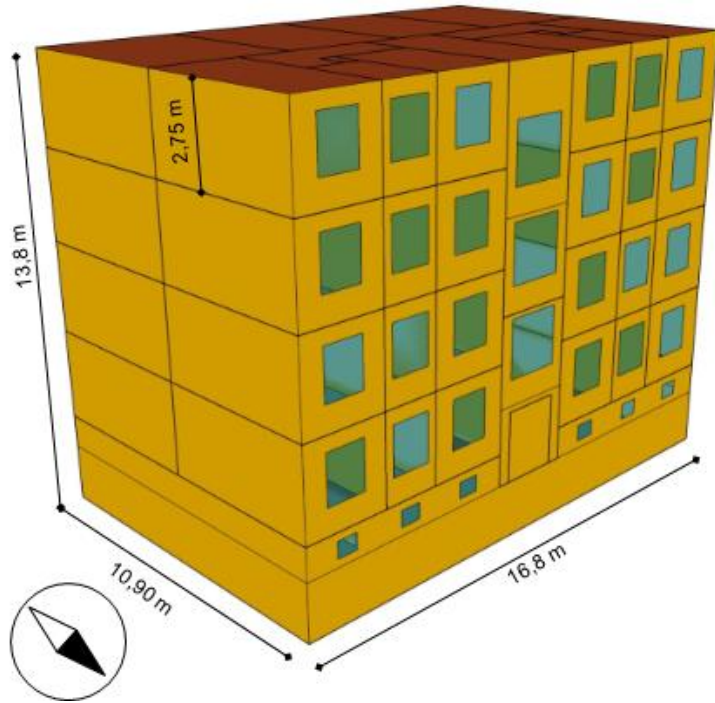
Status Quo:

Zentraler Speicher-Wasser-
Erwärmer (SWE)



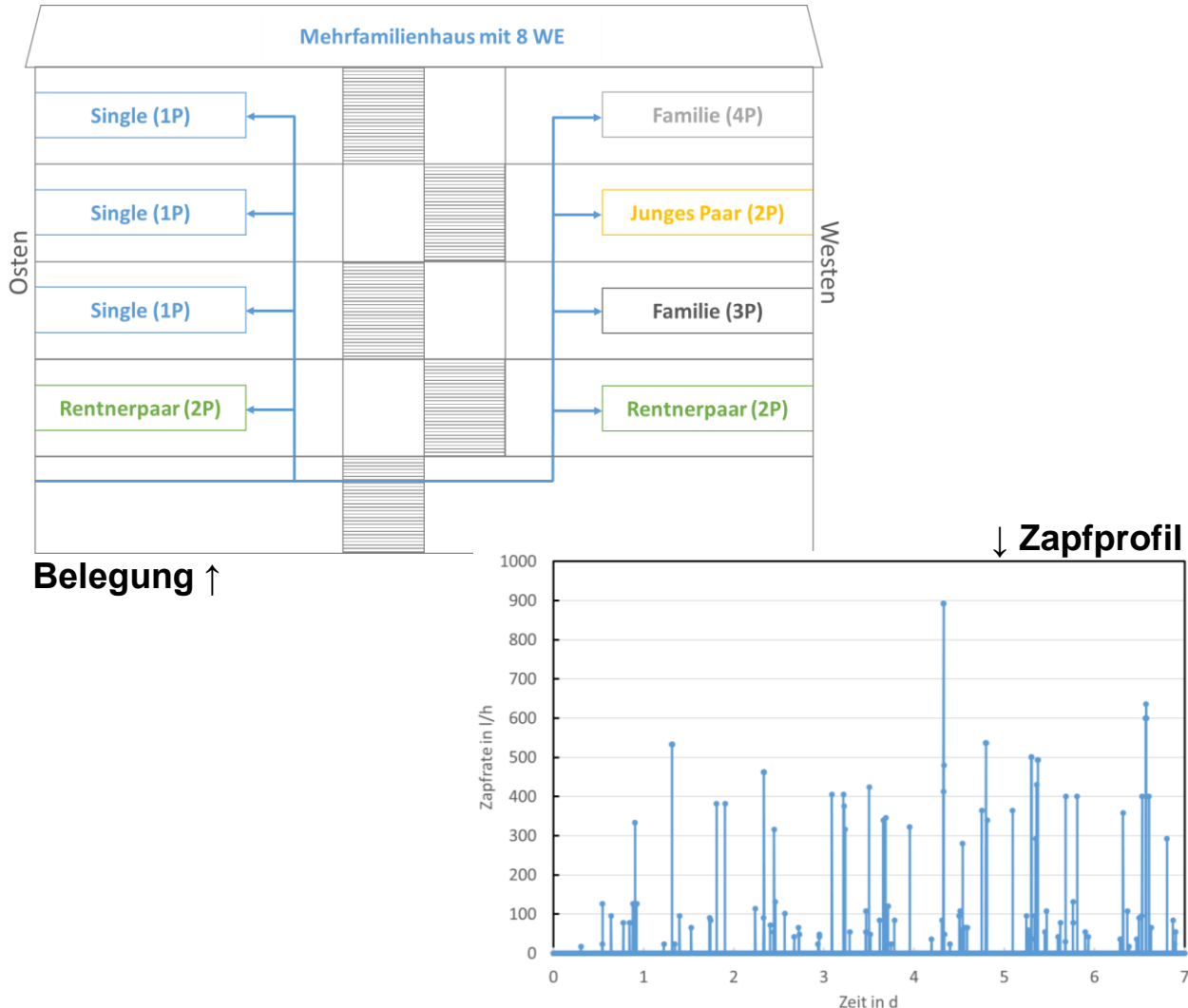
- Zentrale SWE als Status Quo: ineffizient und hygienisch heikel → **Ziel:** Alternativen mit WP
- Simulativer Vergleich von Transformationsmaßnahmen zur Absenkung der TWW-Temperatur in hochgedämmten MFH
- Bewertung anhand von erdgekoppeltem, modulierendem WP-System
- Referenzsystem hinsichtlich WP-Effizienz & Stromverbrauch
- Dynamische, gekoppelte System-simulationsstudie in TRNSYS 18





LR Wohnzimmer
 PR Schlafzimmer
 CR Flur
 CO Küche
 BR Badezimmer
 STW Treppenhals
 --- Versorgungsschacht

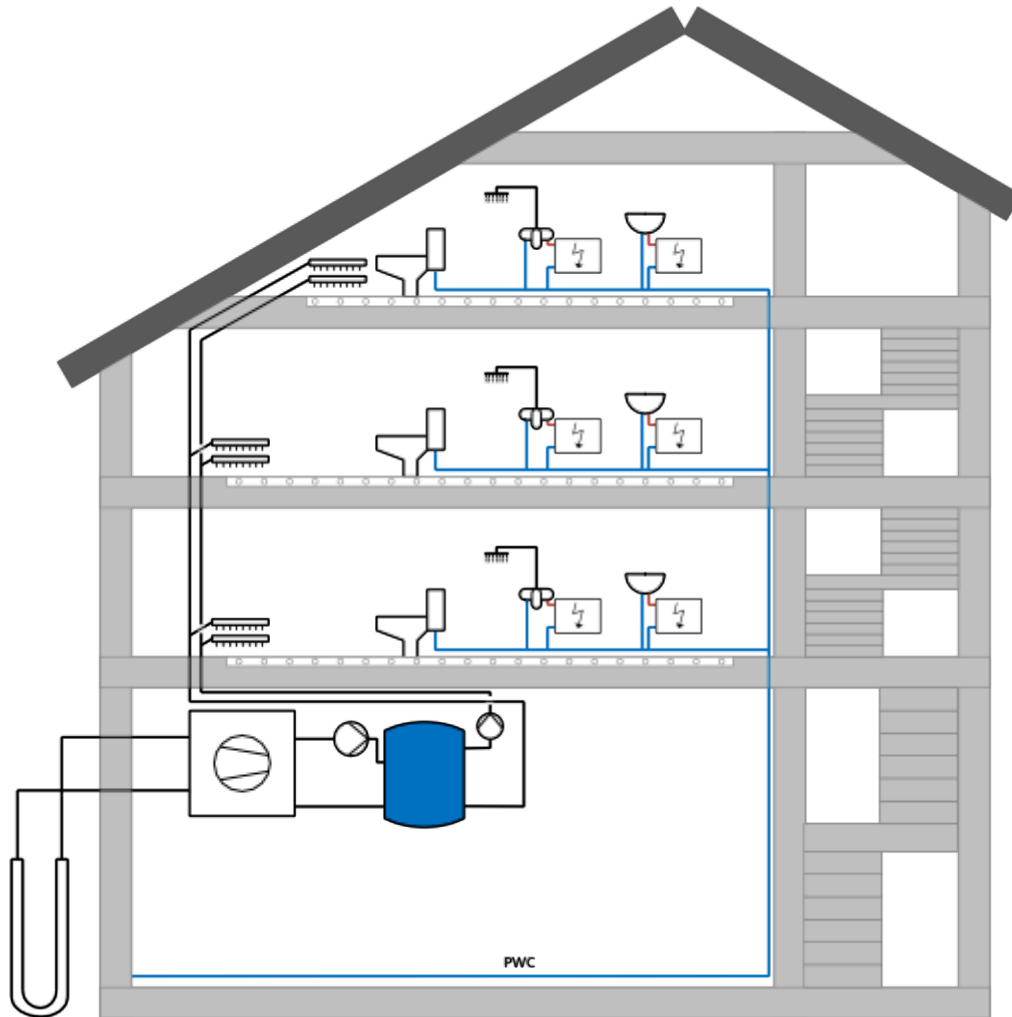
- Gebäudemodell mit 52 thermischen Zonen
- MFH mit 8 Wohneinheiten à 84 m²
- Junger Bestand/Neubau nach GEG, $\approx 15 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$
- Wärmezentrale im Keller
- Erschließung der Wohneinheiten über zwei Versorgungsschächte
- Verteilnetzverluste mit MFH gekoppelt (davon $\approx 0,3 kW$, bzw. 12 W/m Zirkulation)
- Fußbodenheizung (FBH) mit Einzelraumregelung



- Zapfprofile mit *DHWcalc* erzeugt
 - 28 l/(Person d) – bei $T_{\text{Zapf}} = 45 \text{ °C}$ (**fix!**)
 - Einzelprofil: max. 15 l/min
 - Gleichzeitigkeit: 21,7%
 - Max. gesamt: 24,3 l/min (= 1454 l/h)
- Wetterdaten: Hannover TRY2015
- Raumsolltemperaturen:
 - Bad: 21 °C
 - Wohnzimmer: 22 °C
 - Kinderzimmer: 21 °C
 - Küche 20 °C
 - Schlafzimmer: 17 °C

Systemmodelle I

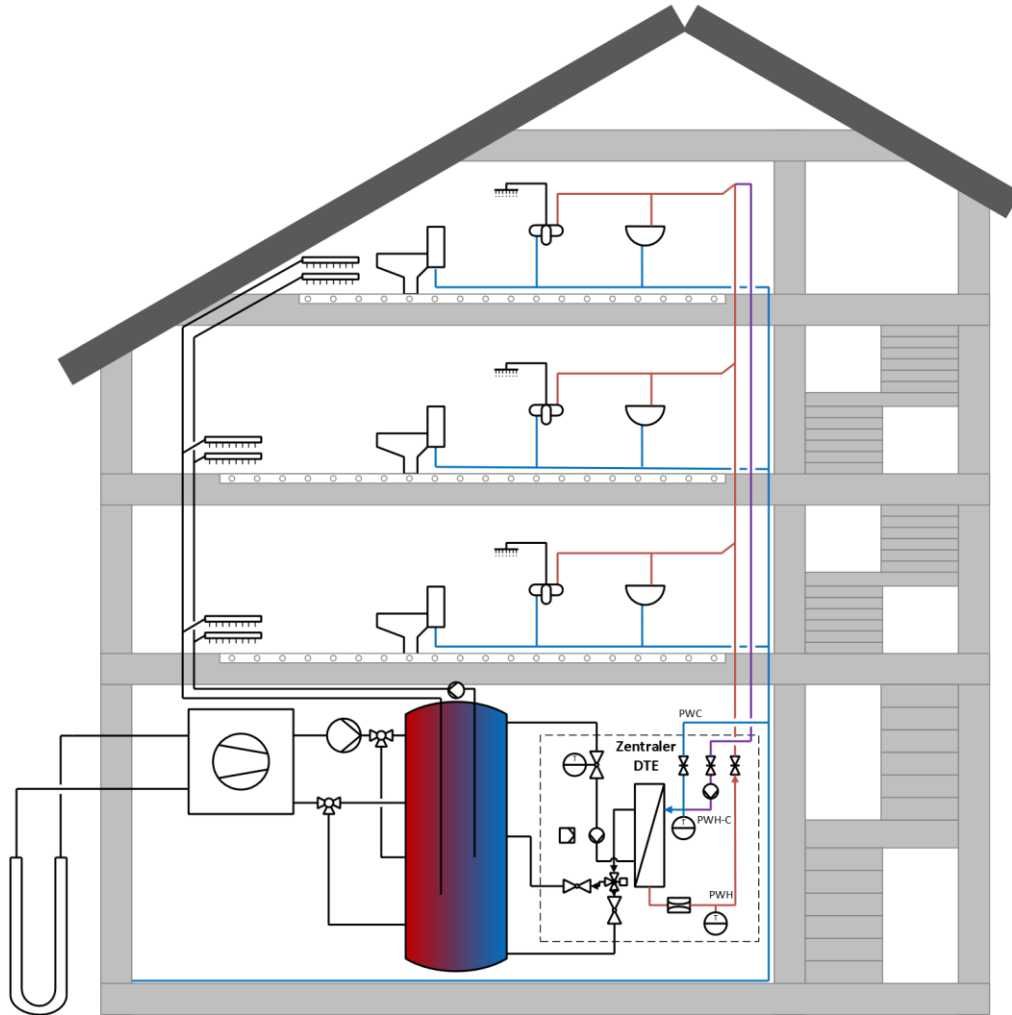
Dezentrale Elektro-Durchlauferhitzer (DLE)



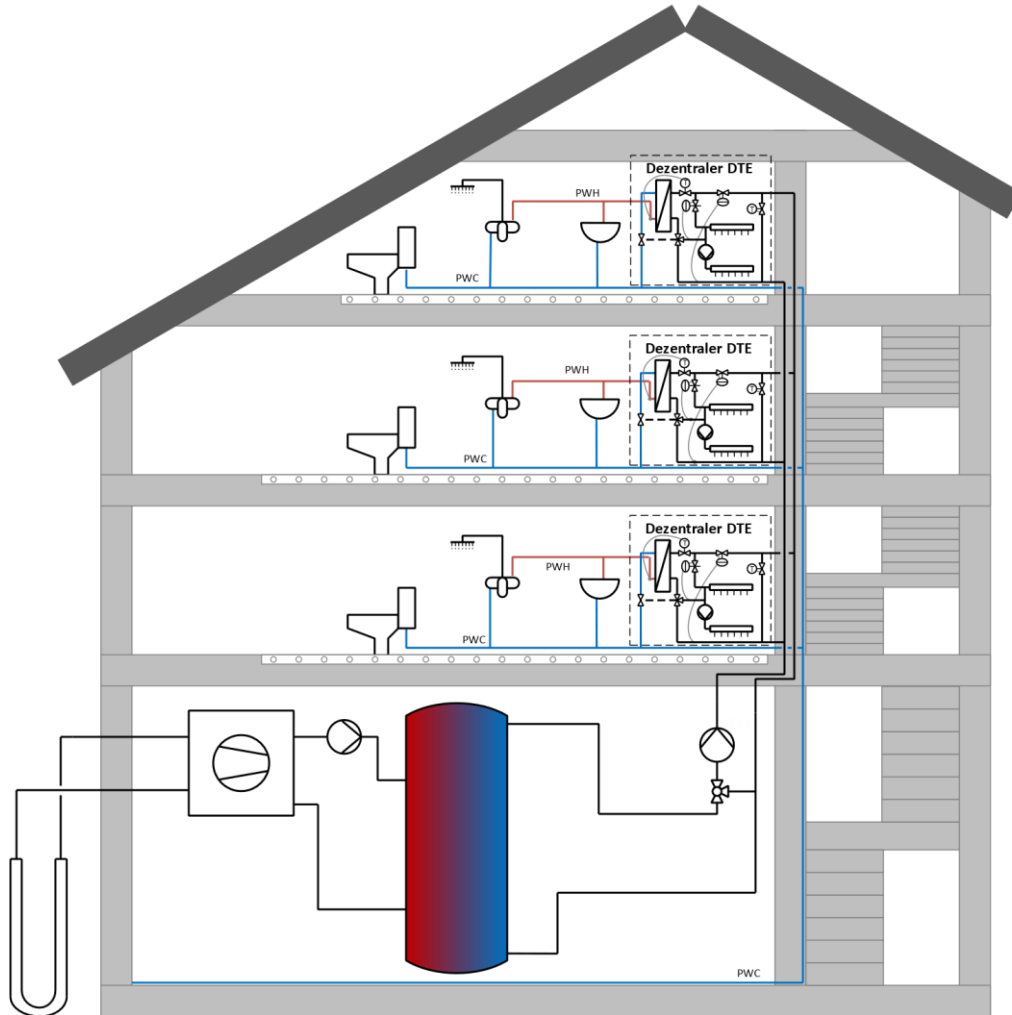
- 5-22 kW Erdwärmepumpe
 - 400 l Heizungspuffer
 - Wärmeverteilung: Zwei-Leiter-Netz
 - FBH: witterungsgeführte $T_{VL} = 25 - 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 - TWW-Bereitung: Dezentrale elektrische DLE
- Referenz bzgl. maximaler WP-Effizienz, minimalem Raumheizwärmebedarf und maximalem Stromverbrauch

Systemmodelle II

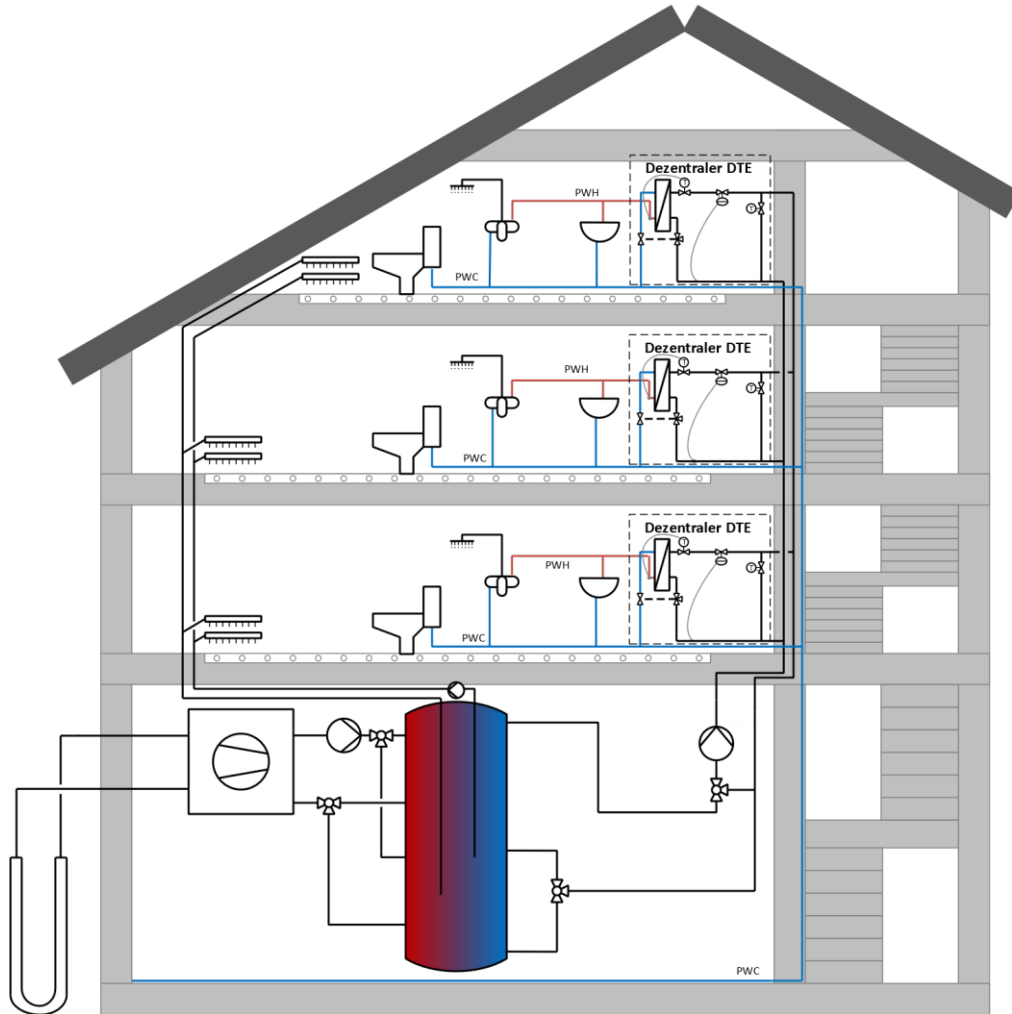
Zentraler Durchfluss-Trinkwassererwärmer (FWS4L)



- 5-22 kW Erdwärmepumpe
- 1600 l Pufferspeicher
- Wärmeverteilung: Vier-Leiter-Netz
- FBH: witterungsgeführte $T_{VL} = 25 - 35 \text{ }^\circ\text{C}$
- Zentraler DTE („Frischwasserstation“, FWS) zur TWW-Bereitung mit $T_{VL}/T_{\text{Zirkulation}}$:
 - 60/55 $^\circ\text{C}$ gemäß a.a.R.d.T.
 - 55/52 $^\circ\text{C}$ gemäß SIA 385-1*)
 - 48/45 $^\circ\text{C}$ mit Ultrafiltration**)



- 5-22 kW Erdwärmepumpe
- 1600 l Pufferspeicher
- Wärmeverteilung: Zwei-Leiter-Netz
- FBH: $T_{VL} = 35 \text{ °C}$ (**konstant!**)
- Dezentrale DTE („Wohnungsstationen“, WST) zur TWW-Bereitung mit $T_{WST,out}$:
 - 52 °C gemäß SIA 385-1
 - 50 °C gemäß Empfehlung DVGW
 - 45 °C minimal ohne Nachheizung
 - 38 °C mit dezentralen Elektro-DLE auf 45 °C
 - 29 °C mit dezentralen Elektro-DLE auf 45 °C



- 5-22 kW Erdwärmepumpe
- 1600 l Pufferspeicher
- Wärmeverteilung: Vier-Leiter-Netz
- FBH: witterungsgeführte $T_{VL} = 25 - 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Dezentrale DTE („Wohnungsstationen“, WST) zur TWW-Bereitung mit $T_{WST,out}$:
 - $52 \text{ }^{\circ}\text{C}$ gemäß SIA 385-1
 - $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ gemäß Empfehlung DVGW
 - $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ minimal ohne Nachheizung
 - $38 \text{ }^{\circ}\text{C}$ mit dezentralen Elektro-DLE auf $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 - $29 \text{ }^{\circ}\text{C}$ mit dezentralen Elektro-DLE auf $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- Ausgangspunkt bilden jeweils die simulierte Wärmemengen und Stromverbräuche
- Davon abgeleitet betrachten wir:

➤ *WP-Effizienz:*

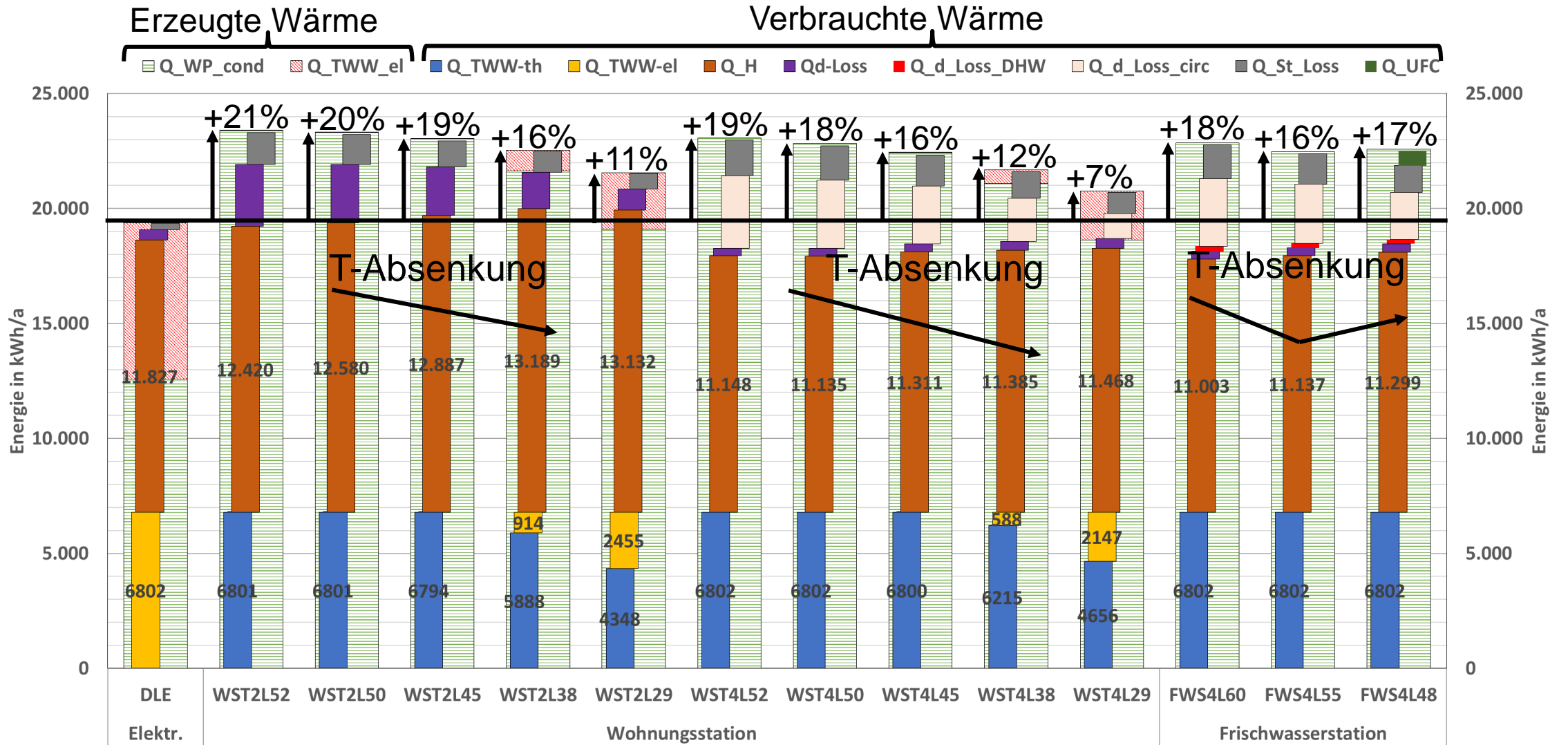
$$JAZ_{WP} = \frac{Q_{cond}}{W_{el,WP}} = \frac{\text{Nutzen der WP}}{\text{Aufwand der WP}}$$

➤ *System-Effizienz:*

$$JAZ_{SYS} = \frac{Q_{DHW} + Q_{SH}}{W_{el,WP} + \sum_i W_{pump,i} + W_{TWW,el} + W_{UF}} = \frac{\text{Nutzen des Systems}}{\text{Aufwand des Systems}}$$

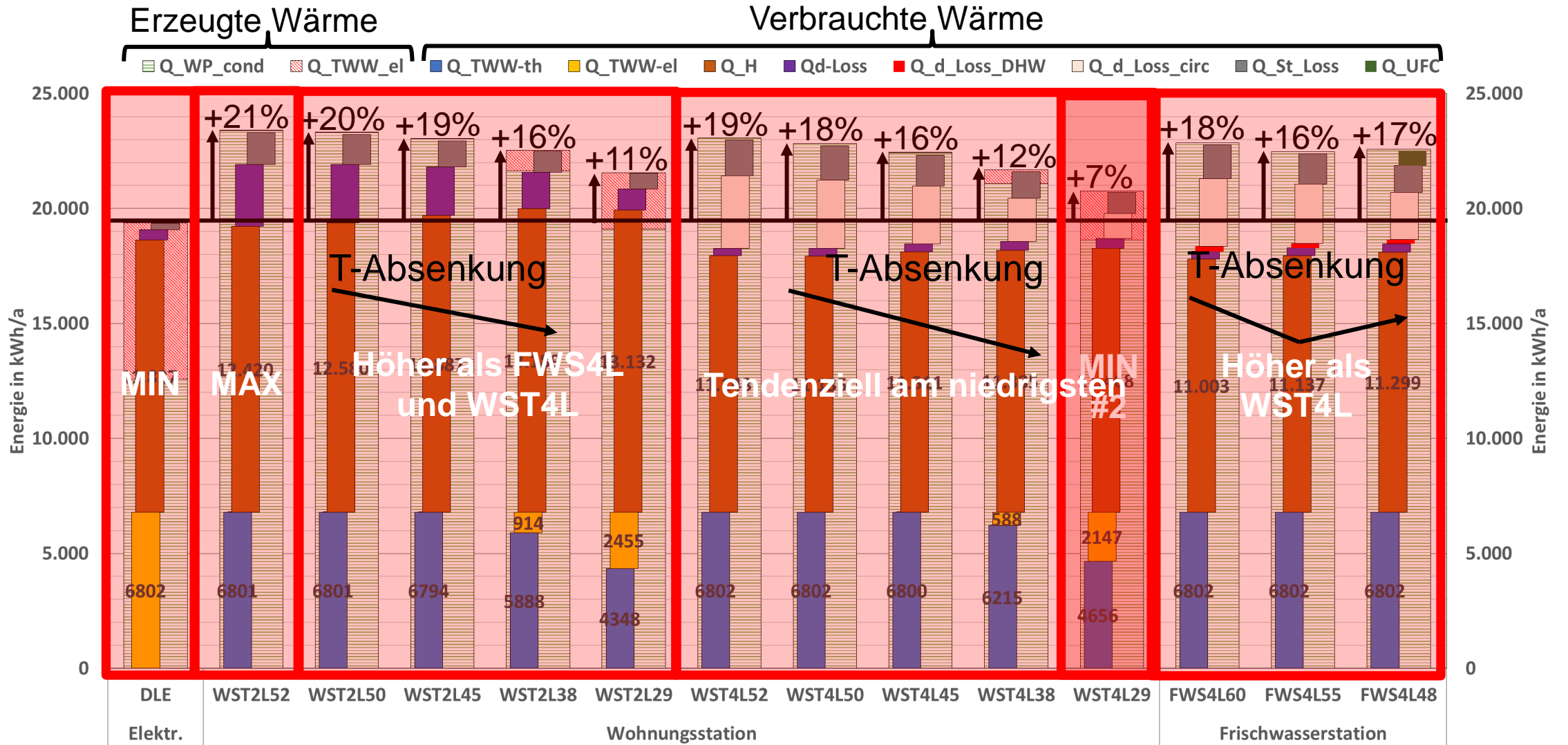
Simulationsergebnisse I

Wärmeeinträge und Nutzungsarten



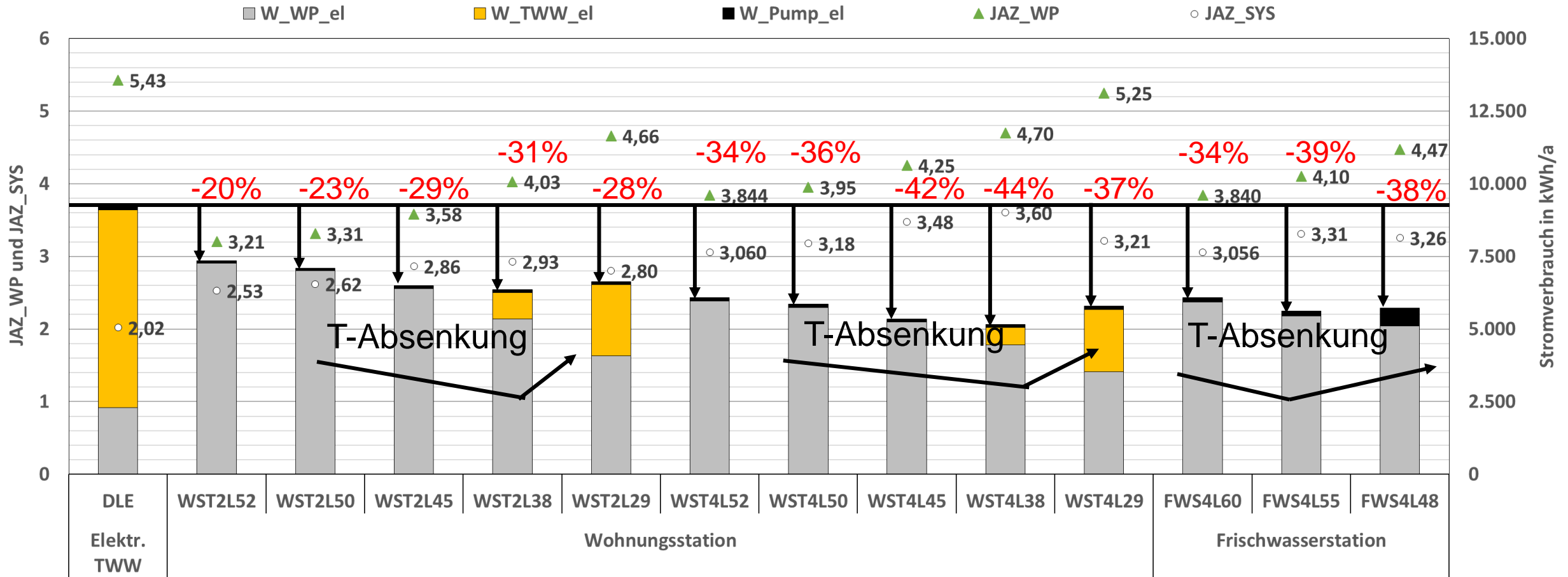
Simulationsergebnisse I

Wärmeeinträge und Nutzungsarten



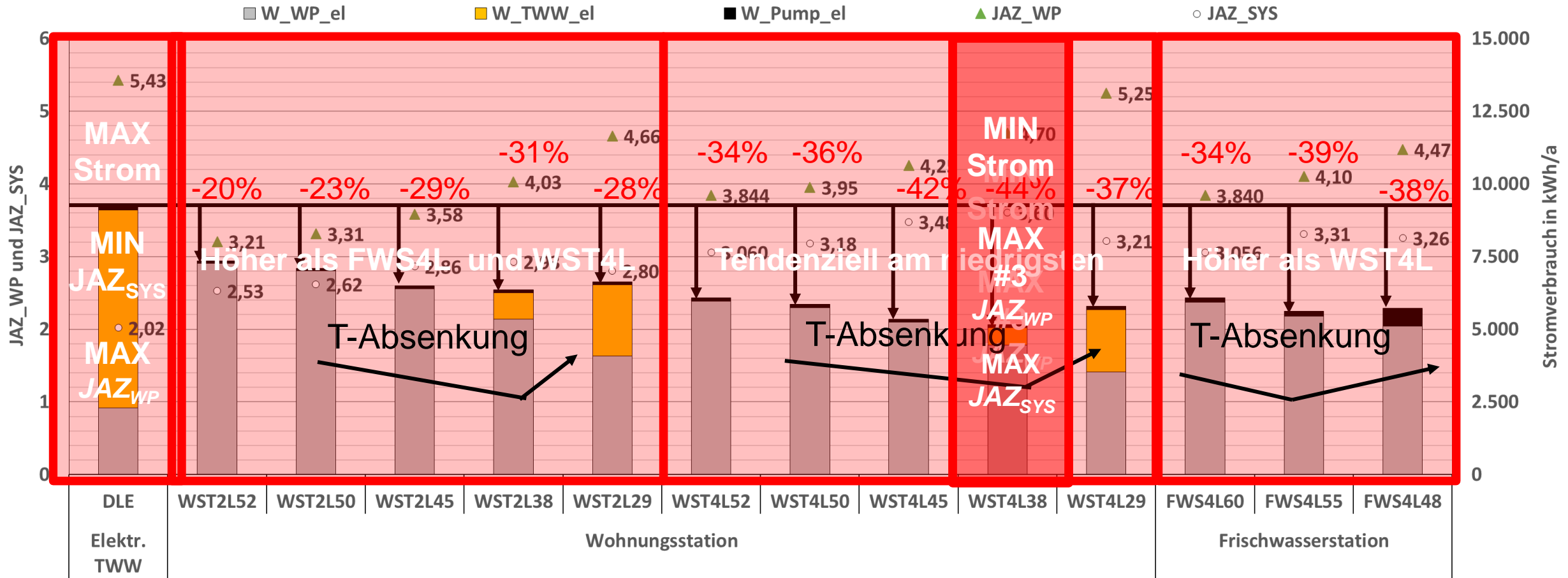
Simulationsergebnisse II

Stromverbräuche, JAZ_{WP} und JAZ_{SYS}

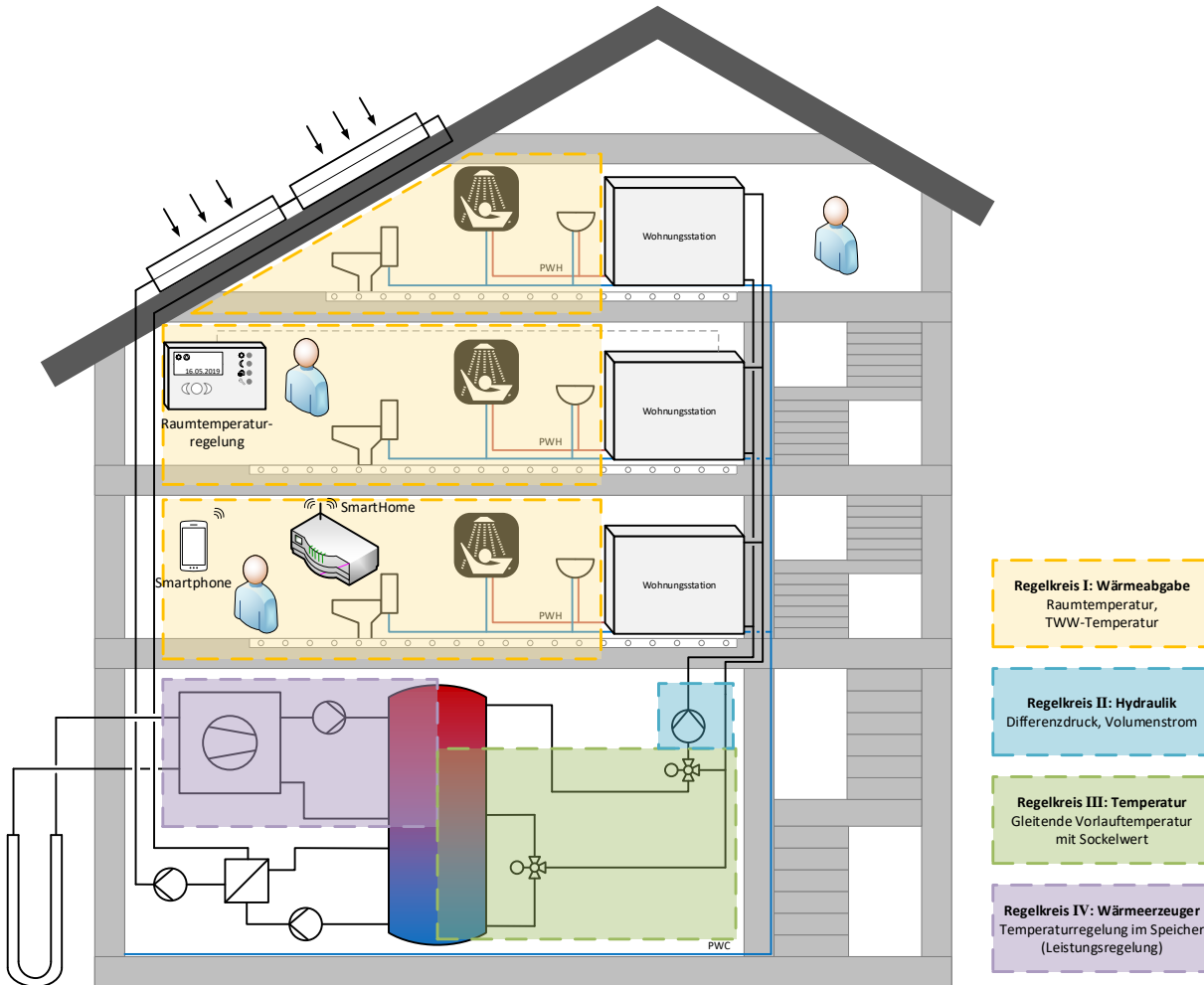


Simulationsergebnisse II

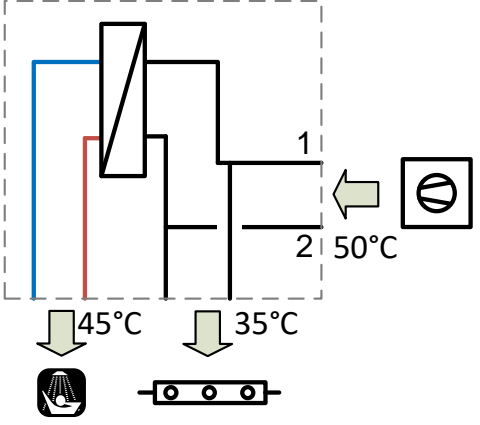
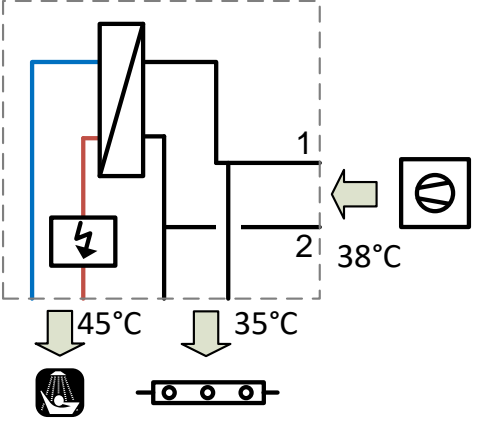
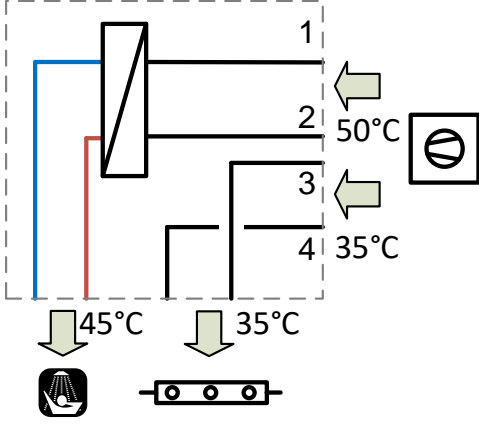
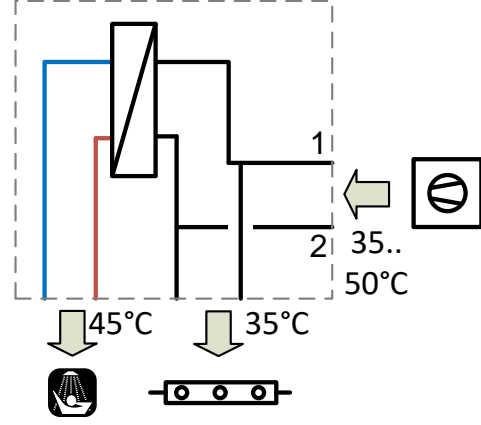
Stromverbräuche, JAZ_{WP} und JAZ_{SYS}



- WP-Effizienz sensitiv ggü. Senktemperaturanforderung: FBH für Raumheizung empfehlenswert, TWW-Temperaturen als Hauptherausforderung
- Vergleichssimulation eines Referenzsystems (DLE) mit drei Transformationsmaßnahmen nebst Varianten
 - TWW hauptsächlich über WP machbar & sinnvoll
 - Direkt-elektrische Nacherwärmung kann Effizienz (WP & SYS) zusätzlich durch Reduktion der Verteil- & Speicherverluste sowie der WP-Senktemperatur erhöhen
 - 4-Leiter-Varianten mit DTE besser als 2-Leiter-Varianten, da WP-Effizienz von niedrigen Vorlauftemperaturen der FBH profitiert
- Bei verschärften Betriebsregeln für WST (52 °C wie i. d. Schweiz) ist zentrale FWS4L ökonomisch und ökologisch vorteilhaft
 - Frei verfügbarer Abschlussbericht unter: <https://doi.org/10.2314/KXP:1925070921>



- Einstellmöglichkeiten der Wohnungsstationen (WST) werden i. d. R. „höchstens“ bei der **Inbetriebnahme** angepasst
- Einstellungen der WST sind dann **statisch** (nicht im Betrieb adaptiert) auf max. Last
- **Keine Vernetzung** zwischen Wohnungen und Wärmezentrale
- **Nicht aufeinander abgestimmte** Regelkreise
 - Absenkung effektiver T_{VL} der WP durch vernetzte Betriebsweise
 - Potenzial zur Erhöhung der WP-Effizienz
 - Projektinhalt: „WoSta4.0“

Wohnungsstation / Netz	Standard / 2-Leiter-Netz  <p>Vorlauf ganzjährig 50 °C</p>	Hybrid / 2-Leiter-Netz  <p>Strombelastung Mieter</p>	Standard / 4-Leiter-Netz  <p>Verteilverluste hoch</p>	Vernetzt und smart / z. B. 2-Leiter-Netz  <p>Smarte Versorgung</p>
Verteilverluste	☹️	😊	☹️	😊
WP-Effizienz	☹️	😊	😊	😊
Gesamt-CO ₂	☹️	☹️ (Direktstrom)	😊	😊

Stand der Technik

Projekthalt



Die dieser Arbeit zugrundeliegende Vorhaben WP-HYG und WoSta4.0 (FKZ 03EN1061) wurde mit Mitteln des Landes Niedersachsen, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) sowie des enercity-Fonds proKlima gefördert. Verantwortlich für den Inhalt sind die Autoren.

Kontakt:

Oliver Mercker

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Abteilung Solare Systemtechnik

Tel.: 05151 - 999 645

E-Mail: mercker@isfh.de

Gefördert durch:

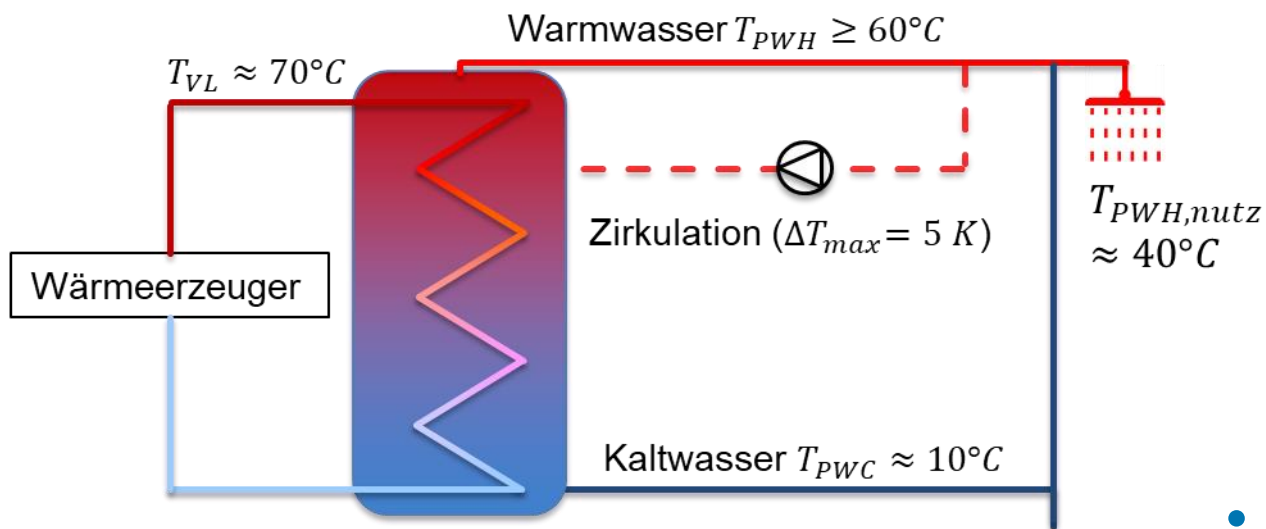


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



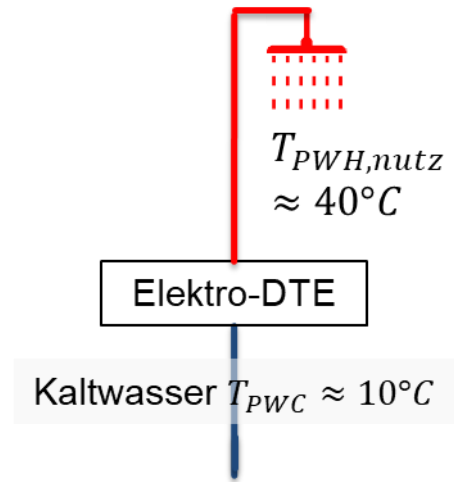
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bestandsmehrfamilienhäuser – Einsatzort für dezentral elektrische Erwärmung?

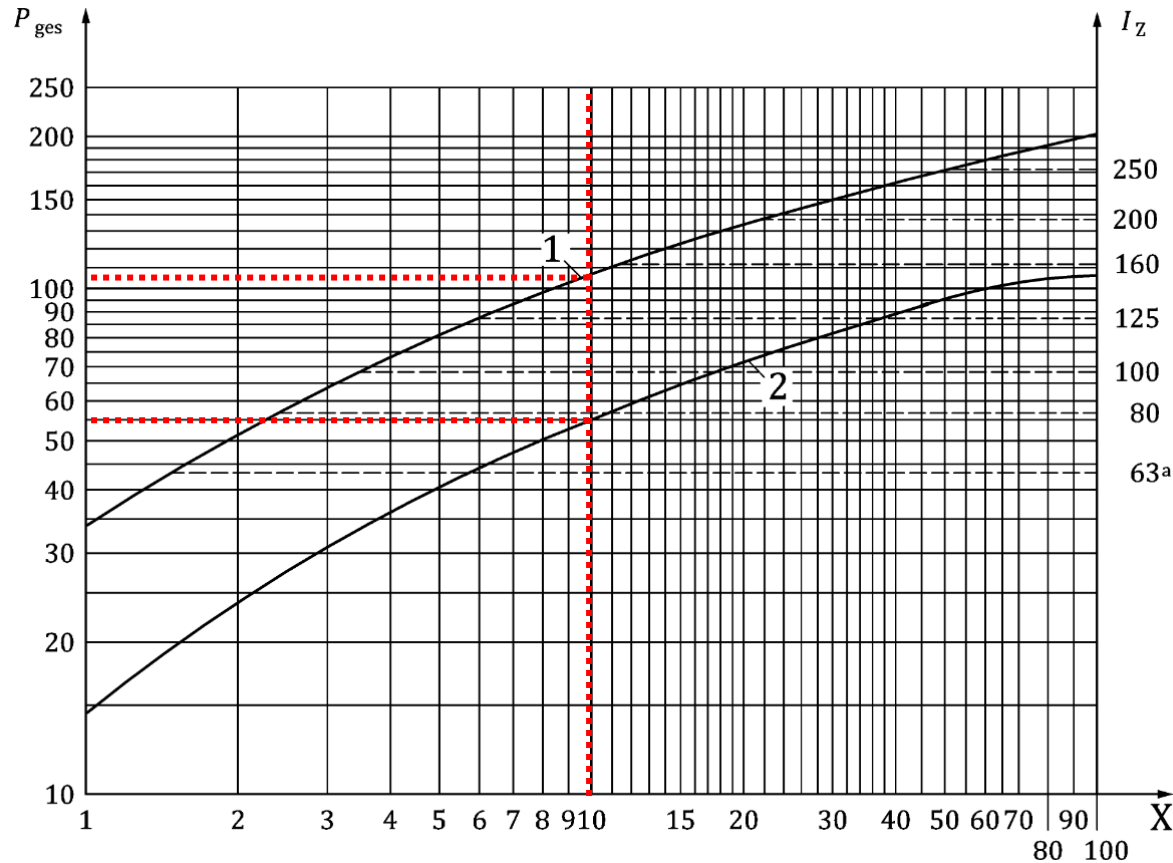


- Elektrische Durchlauftrinkwassererwärmer (DTE) für MFH rücken in den Fokus von Wohnungsunternehmen. Gründe:
 - Erfüllung von Hygieneanforderungen
 - Entfall der „Warmwasserabrechnung“
 - Weniger komplexe WP-Anlagen für RH
- Teils werden Anschlussbegehren abgelehnt

Bestandsmehrfamilienhäuser – Einsatzort für dezentral elektrische Erwärmung?



- Elektrische Durchlauftrinkwassererwärmer (DTE) für MFH rücken in den Fokus von Wohnungsunternehmen. Gründe:
 - Erfüllung von Hygieneanforderungen
 - Entfall der „Warmwasserabrechnung“
 - Wenige komplexe WP-Anlage für RH
- Teils werden Anschlussbegehren abgelehnt

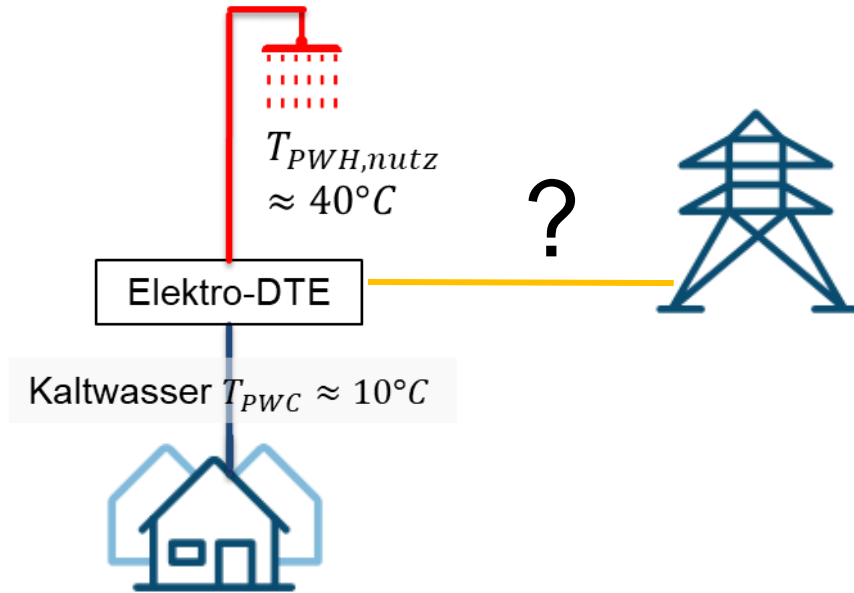


Quelle: DIN 18015-1:2020-05 Anhang A

10 Whg mit el. TWE: 105 kW (1), ohne el. TWE: 55 kW (2)

- Angenommene Gleichzeitigkeit nach DIN 18015 – Anschlussleistung im MFH ca. verdoppelt
- Untersuchungen des ISFH und Dritter zeigen kleinere Gleichzeitigkeiten in TWW Nutzung
- Bestehen Reserven in Hausanschlüssen?
- Gezielte Untersuchungen erforderlich, um Möglichkeiten und Aufwand zu bewerten

Projekt DEL-TWW



- 3-4 MFH mit 8-20 WE und Elektro-DTE mit Monitoringsystem am Hausanschluss
- Analyse der Messdaten
 - Separieren Haushaltstrom und TWW
 - Gleichzeitigkeit und Lastspitzen
 - Zeitl. Auflösung und Überlastung
- Leistungsreserven vorhandener Installationen
- Ansätze zur Leistungsreduktion DTE



Bewertung verschiedener Trinkwasserinstallationsarten hinsichtlich Komfort, Effizienz und Hygiene

O. Mercker, J. Walter, C. Lampe

Institut für Solarenergieforschung GmbH, Hameln

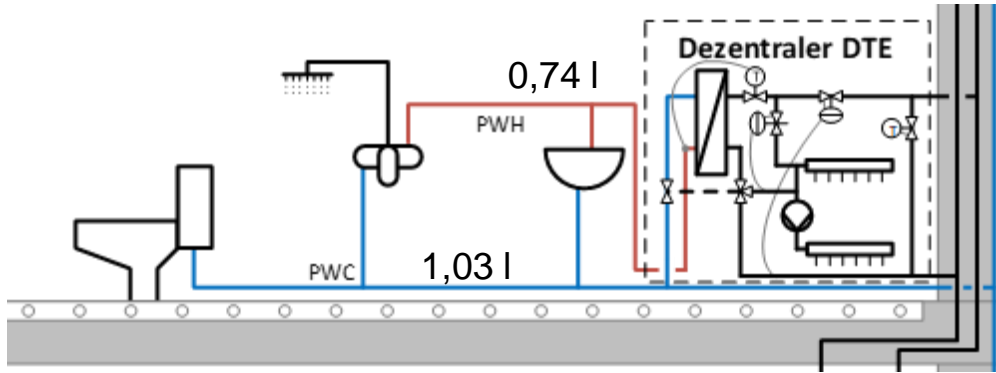


- Schwerpunkt bisheriger Vorträge auf Anlagentechnik, d. h.: Weg des Trinkwassers bis zum Wohnungseintritt → Alleinige Verantwortung des Anlagenbetreibers
- Hygiene (& Effizienz) werden jedoch auch durch Trinkwasserinstallationsart (TWI) & bestimmungsgemäßen Betrieb(!) in der Wohnung bestimmt → Verantwortung?!
- „Klassische“ TWI: Kurze Leitungen & Anbindung via T-Stück → Maßnahmen gegen Legionellen „eher“ vor Wohnungseintritt
- Aktuelle Untersuchungen zeigen jedoch die Relevanz der TWI für Hygiene (& Effizienz) → Simulationen im Projekt: „Trans2NT-TWW“

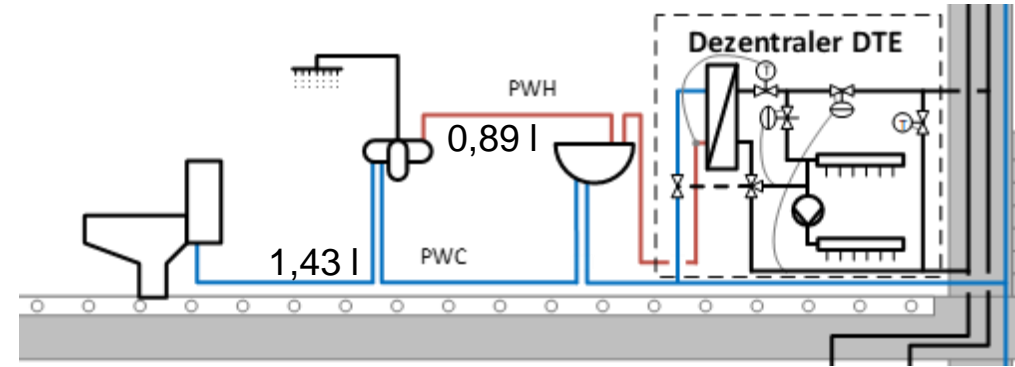
Projekt „Trans2NT-TWW“

Ausgewählte Trinkwasserinstallationsarten (TWI)

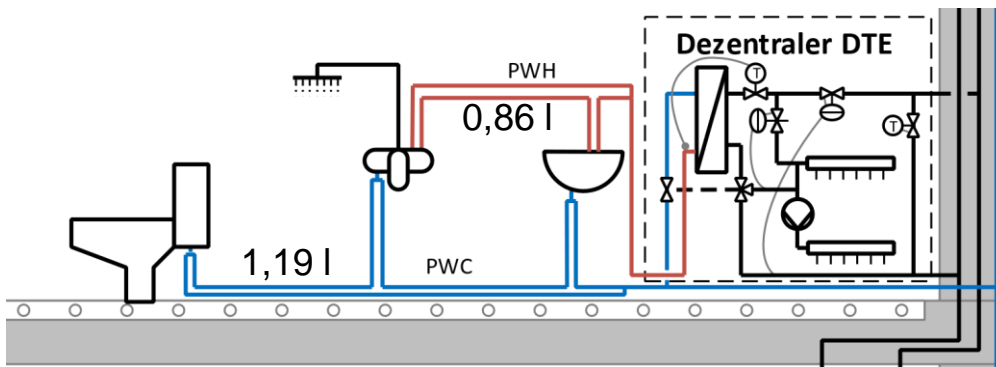
T-Stück-Installation



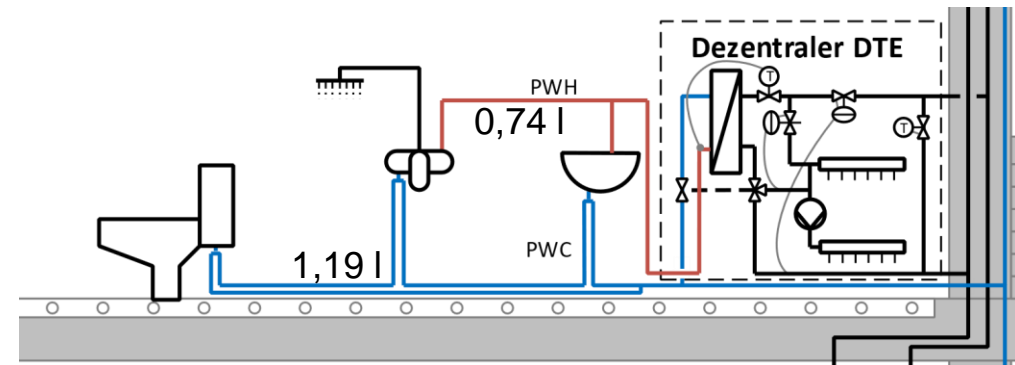
Durchschleif-Reihen-Installation

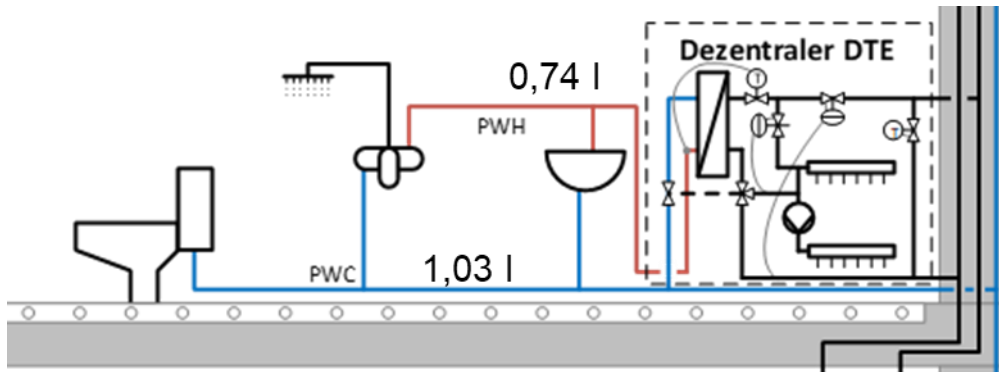


Durchschleif-Ring-Installation

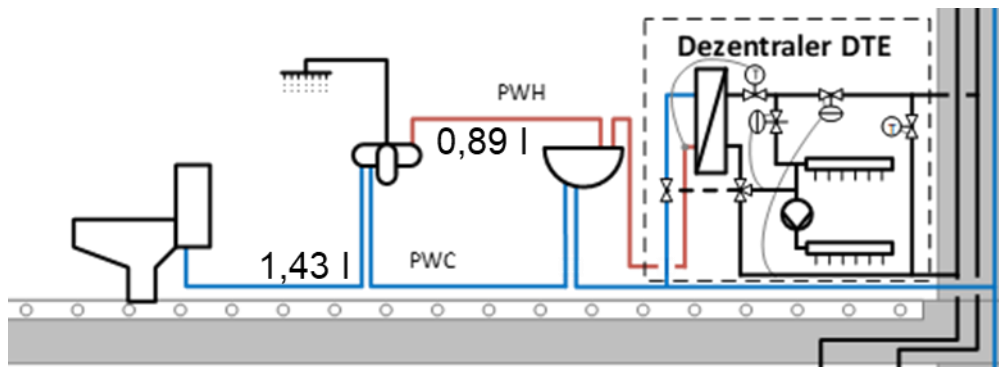


Mischvariante

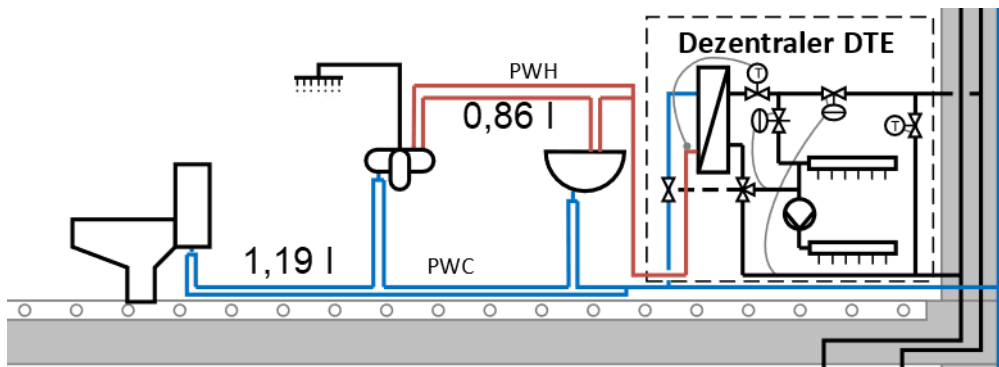




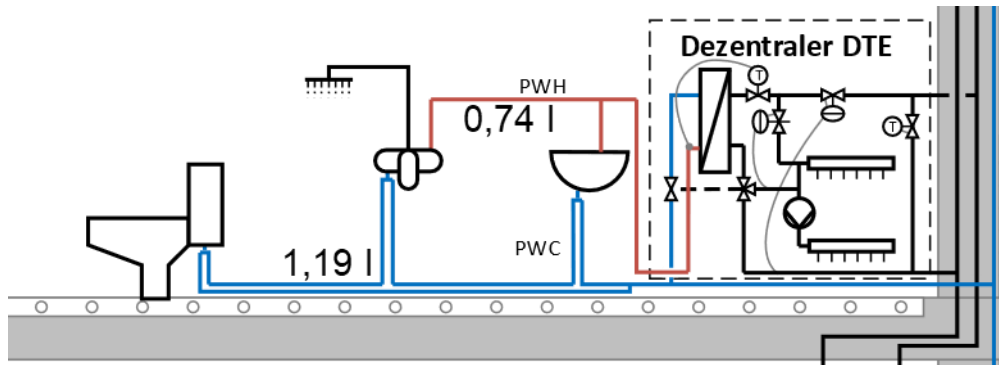
- Kürzeste Rohrlängen = geringster Materialeinsatz (daher sicher früher „Variante der Wahl“)
- **Nicht selbstverständlich – Teil I:**
Einrohrzirkulation vermeiden, d. h. Kaltwasser von unten & Warmwasser von oben an Zapfstelle führen
- **Nicht selbstverständlich – Teil II:**
Räumliche Trennung von Kaltwasser- & Warmwasserleitung, um thermische Beeinflussung zu vermeiden
- *Details zu Rohrdimensionierung & Dämmung
→ siehe Anhang (auch für drei folgende TWI)*



- **Zentraler Gedanke:**
Stagnationszeiträume von Kalt- und Warmwasser reduzieren
- **Zugleich:**
Möglichst geringer Zusatzeinsatz an Material (& Installationsaufwand)
- **Konzeptionelle Nachteile:**
 - Dennoch mehr Material- & Arbeitseinsatz
 - Größeres Trinkwasservolumen nach der WST (vgl.: T-Stück-Installation) → Einfluss auf Hygiene, Effizienz & Komfort?!
 - „Durchspülen“ erfolgt nur bis zur jeweiligen Zapfstelle



- **Zentraler Gedanke:**
Stagnationszeiträume von Kalt- und Warmwasser noch weiter reduzieren
- **Zugleich:**
Möglichst geringer Zusatzeinsatz an Material (und Installationsaufwand)
- **Konzeptionelle Nachteile:**
 - Noch mehr Material- & Arbeitsaufwand
 - Größeres Trinkwasservolumen nach der WST (vgl.: T-Stück-Installation) → Einfluss auf Hygiene, Effizienz & Komfort?!
 - „Durchspülen“ immer nur bis zur jeweiligen Zapfstelle → gelöst



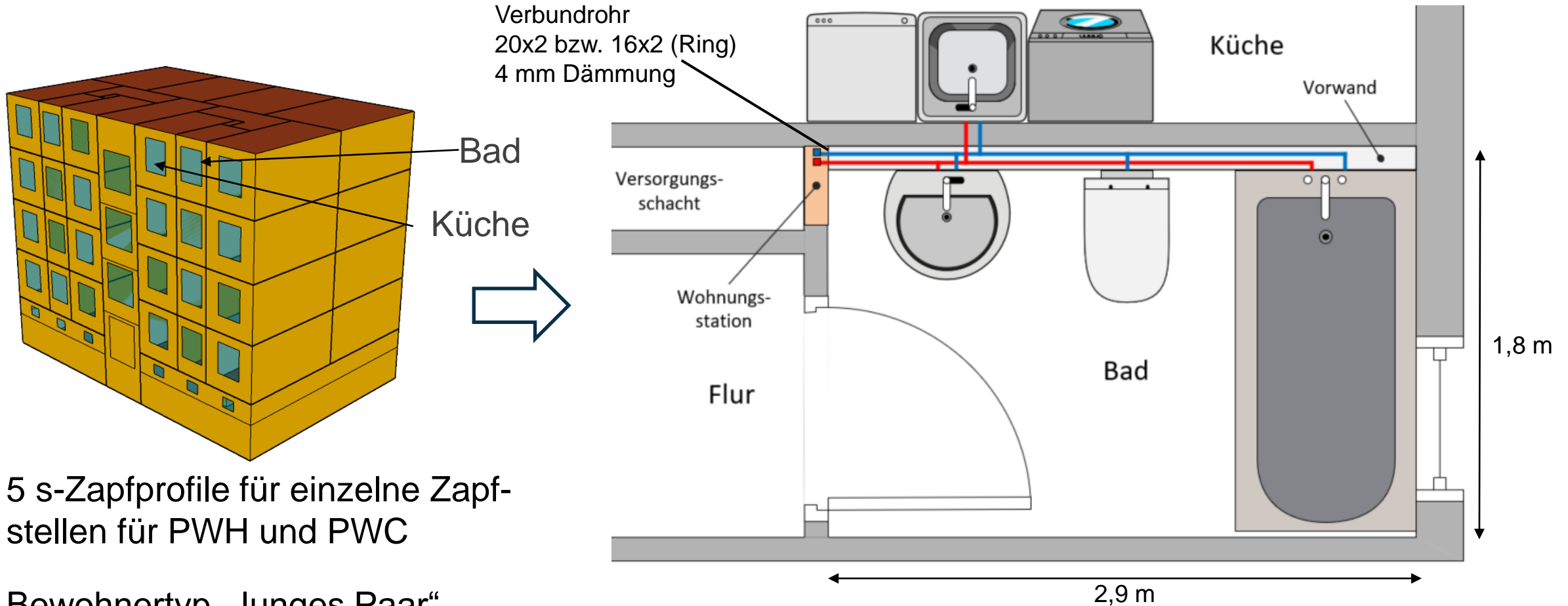
- **Zentraler Gedanke:**
Stagnationszeiten des Kaltwassers sind hygienisch problematischer & somit eher zu reduzieren
- **Zugleich:**
Möglichst geringer Mehraufwand ggü. T-Stück für dennoch möglichst bessere Hygiene

➤ **Bewertung der TWI-Arten anhand von Simulationsstudien in TRNSYS**



Bewertung anhand von TRNSYS-Simulationen

Einleitendes zum Modellaufbau



- 5 s-Zapfprofile für einzelne Zapfstellen für PWH und PWC
- Bewohnertyp „Junges Paar“
- Zapfverlängerung nur bei Duschzapfung

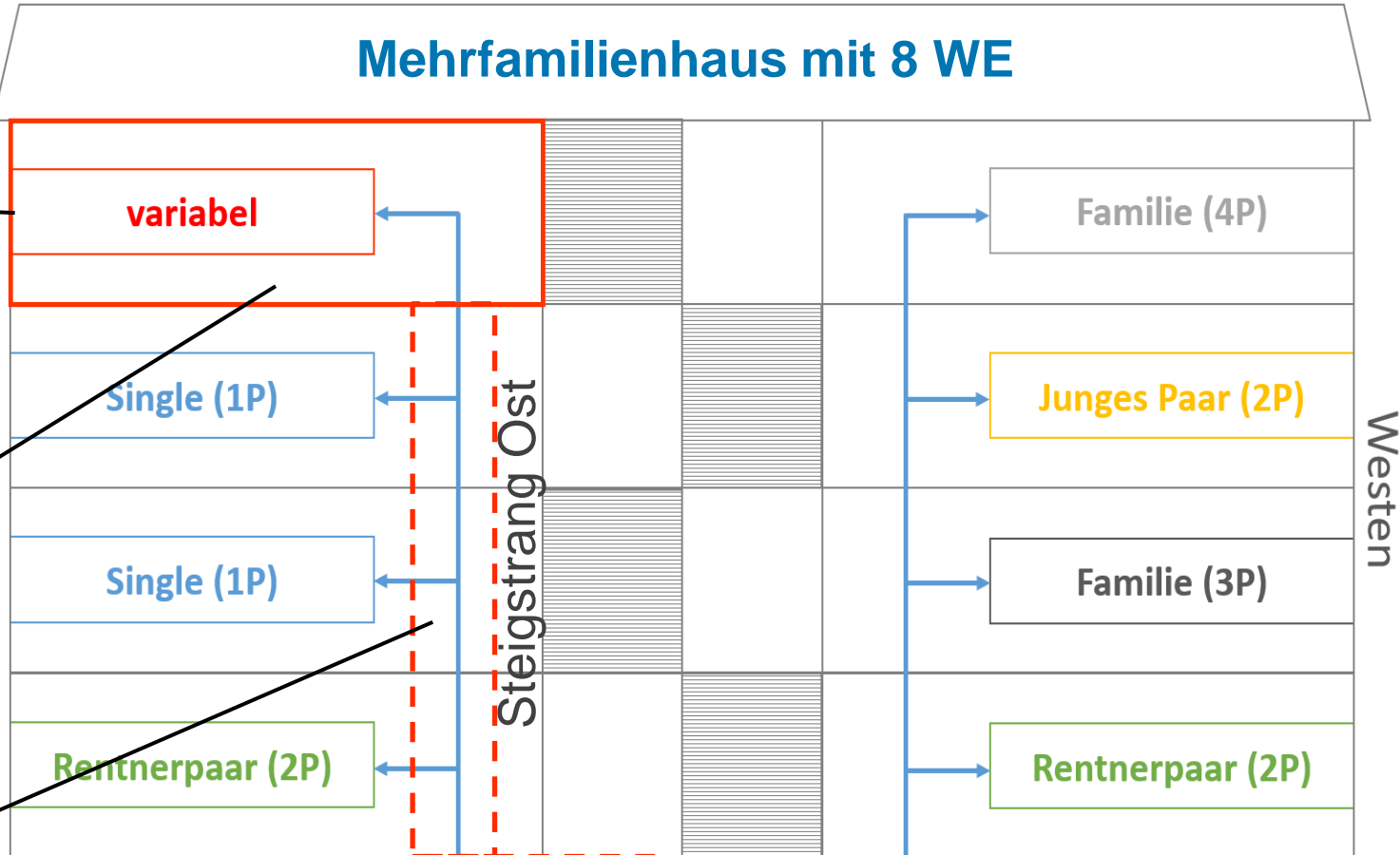
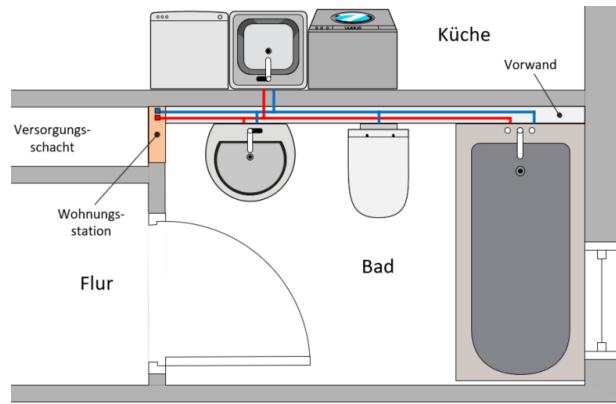
Einige Details zum Simulationsmodell I

Zapfinformationen je Zapfstelle für „Junges Paar“

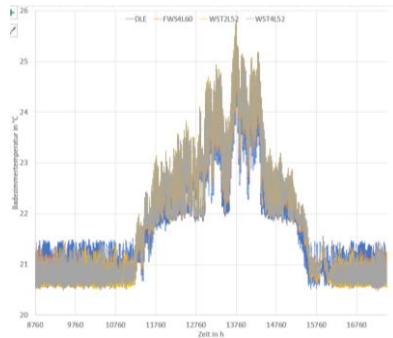
	Wasch- becken	Küchen- spüle	Wasch- maschine	Geschirr- spüler	Dusche	Bade- wanne	WC
Ø Wasserbedarf/Zapfung I	0.7 l	3.0 l	48 l	11 l	48 l	140 l	7.5 l
Ø Wasserbedarf I pro Tag	4.2	7.7	9.2	3.15	32.9	5.8	21
Ø Zapfungen pro Tag	6.04	2.55	0.1918	0.2857	0.6857	0.0415	3.0
Wasserbedarf I pro Jahr	1822	3330	6720	2300	12418	2170	9173
Wunsch Temperatur T_{set}	35 °C	42 °C	-	-	39 °C	42 °C	-
Zapfstelle	1	2 PWH / 2 PWC Küchenspüle inkl.			3 Dusche		4 PWC
Durchschnittliche Stagnationszeit	1.69 h	3.91 h /		2.47 h	16.67 h		3.37 h
Median Stagnationszeit	0.51 h	1.49 h /		0.73 h	12.18 h		1.22 h

Einige Details zum Simulationsmodell II

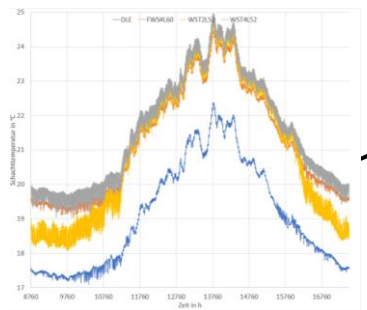
Berücksichtigte Wechselwirkungen vor der Wohnung



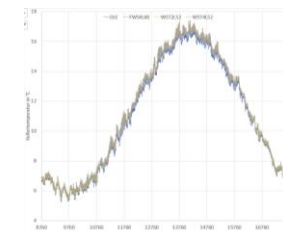
Jahresgang der Badezimmer-temperatur



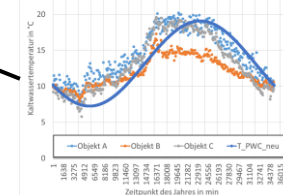
Jahresgang der Schacht-temperatur



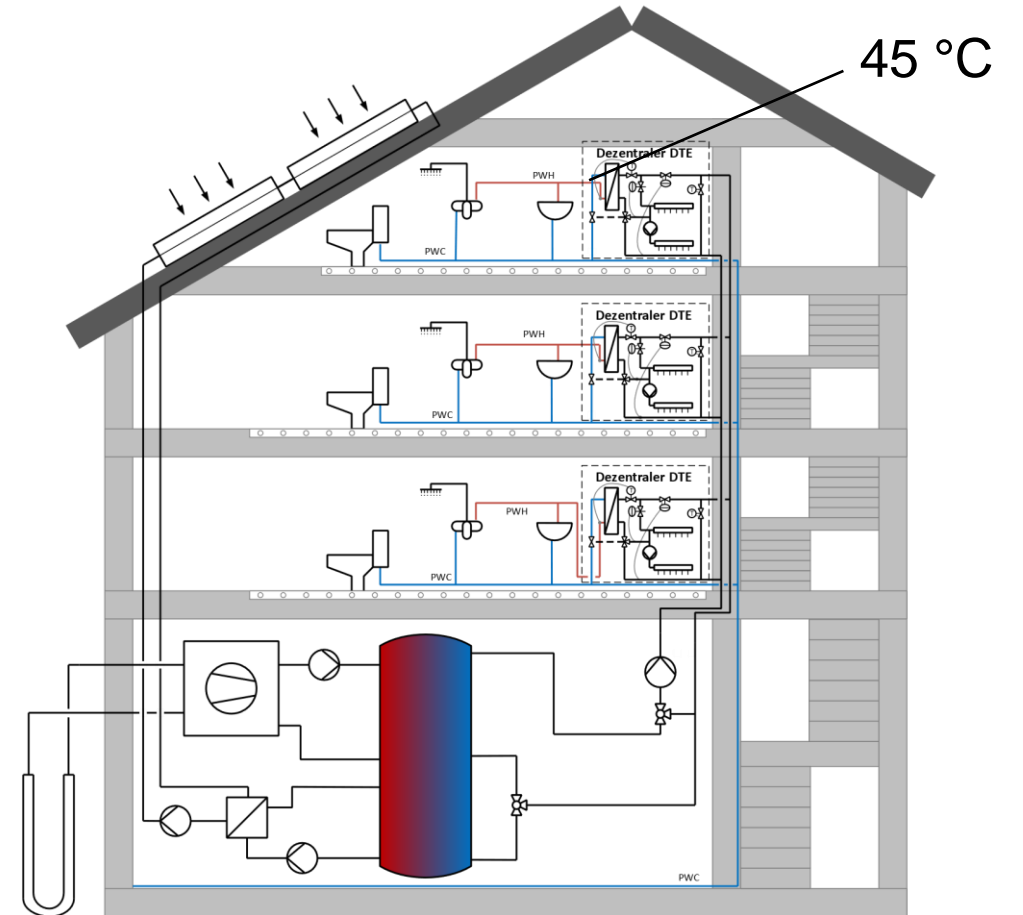
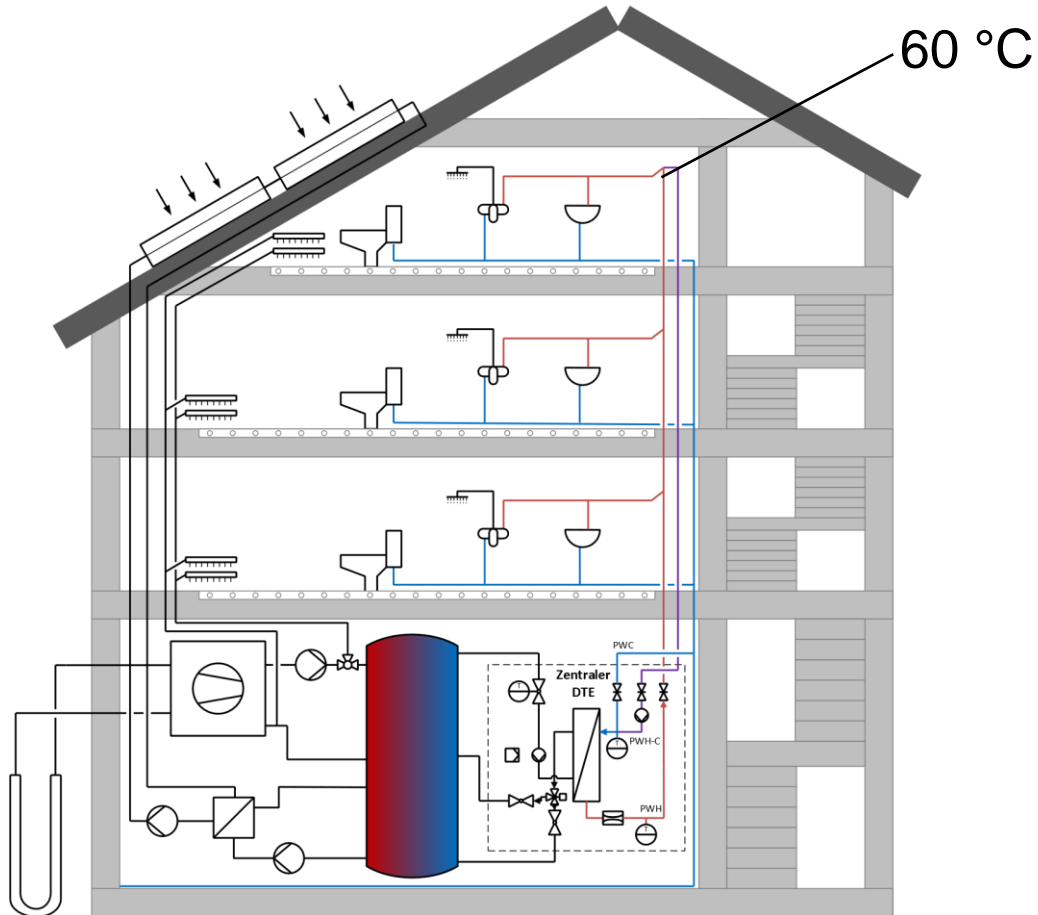
Jahresgang der Keller-temperatur



PWC-Gebäudeeintritt



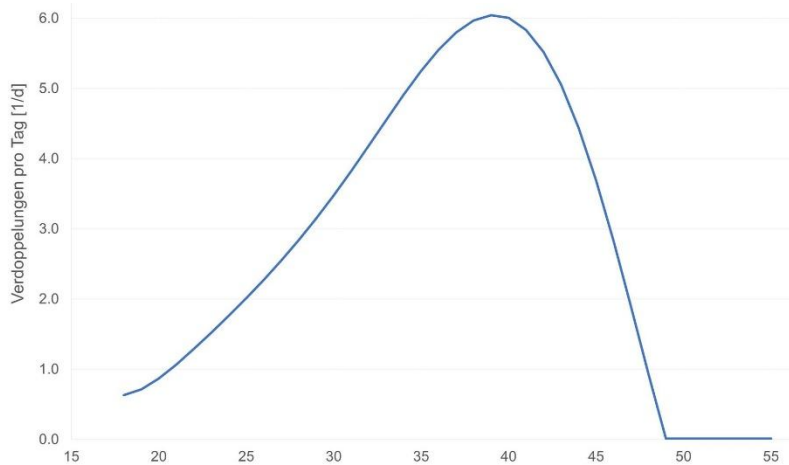
Versorgungstemperaturniveaus Zentrale vs. dezentrale TWW-Bereitung



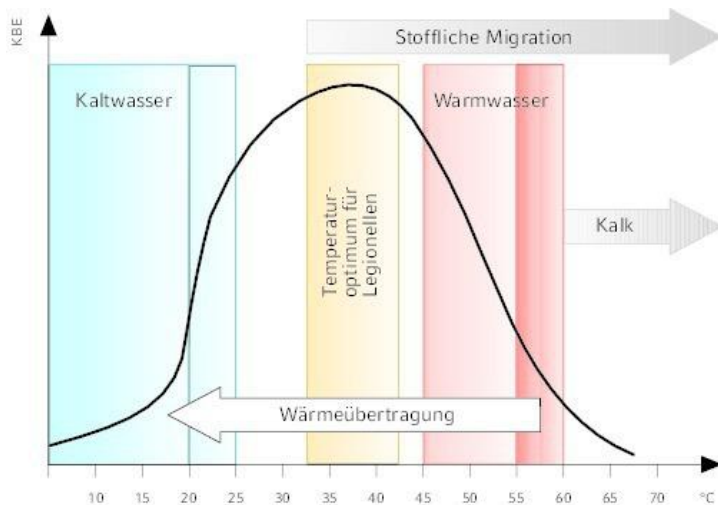
➤ Fokus des Beitrags auf der TWI in der Wohnung

Exkurs zur Bewertung Trinkwasserhygiene I

Anmerkungen zur Bewertung der Trinkwasserhygiene



Quelle: <https://tga.at/errichten/wissenschaft-misst-legionellenwachstum-genauer-denn-je/>

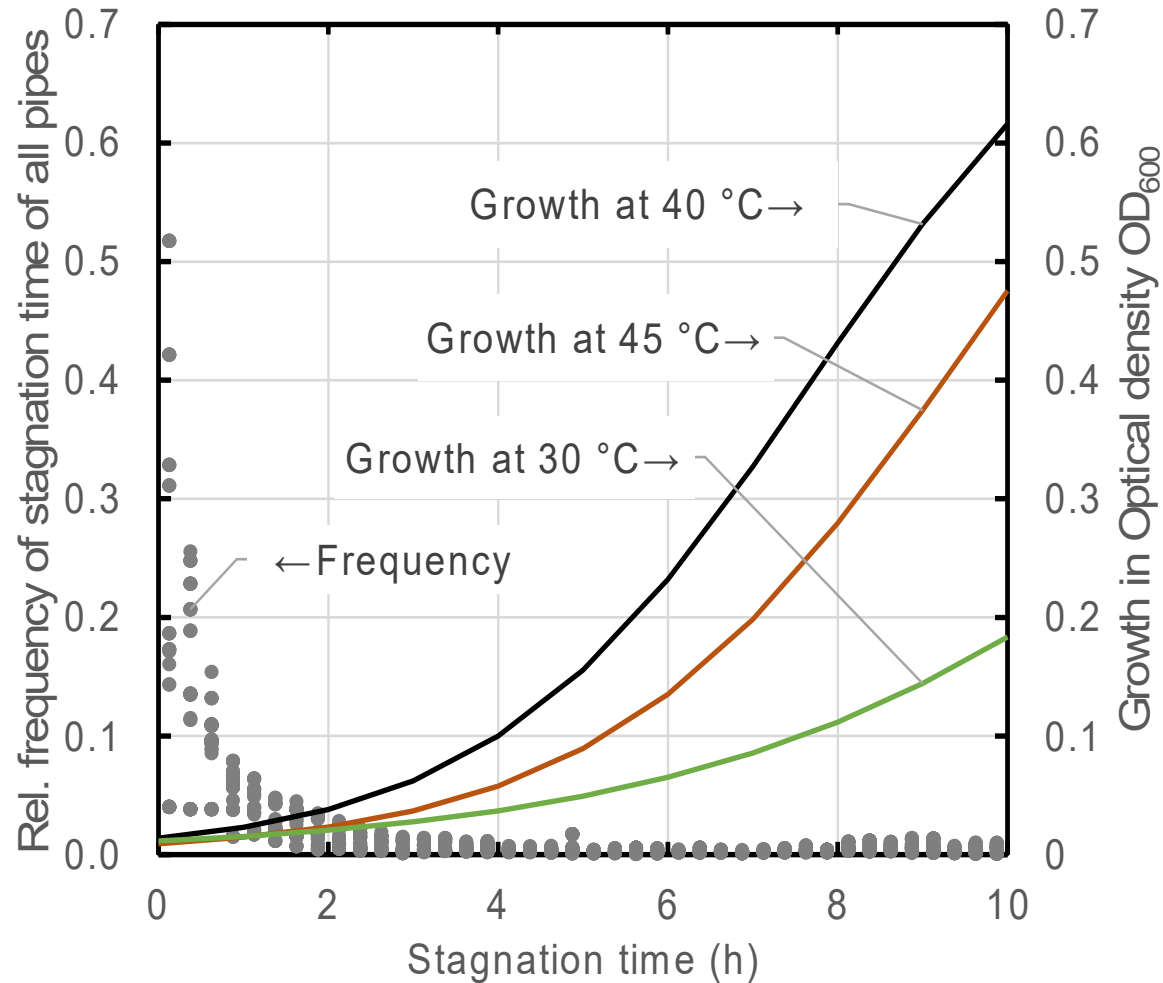


Quelle: https://www.tab.de/artikel/tab_Planvoll_gegen_Legionellen-3224135.html

- Fokus liegt hier auf Vermeidung des Legionellenwachstums
- Keine detaillierte numerische Simulation des Legionellenwachstums möglich:
 - Unklare Randbedingung: bspw. zu Biofilm oder Legionellenanzahl im Frischwasser
 - Relevante Einbauten vernachlässigt
- Vereinfachte Betrachtung notwendig:
 - Vergleich der Verweildauer in einzelnen Temperaturintervallen (vgl. Grafiken)
 - Perspektivisch: Wichtung der Verweildauer mit Wachstumskurve – nur welche?!?

Exkurs zur Bewertung Trinkwasserhygiene II

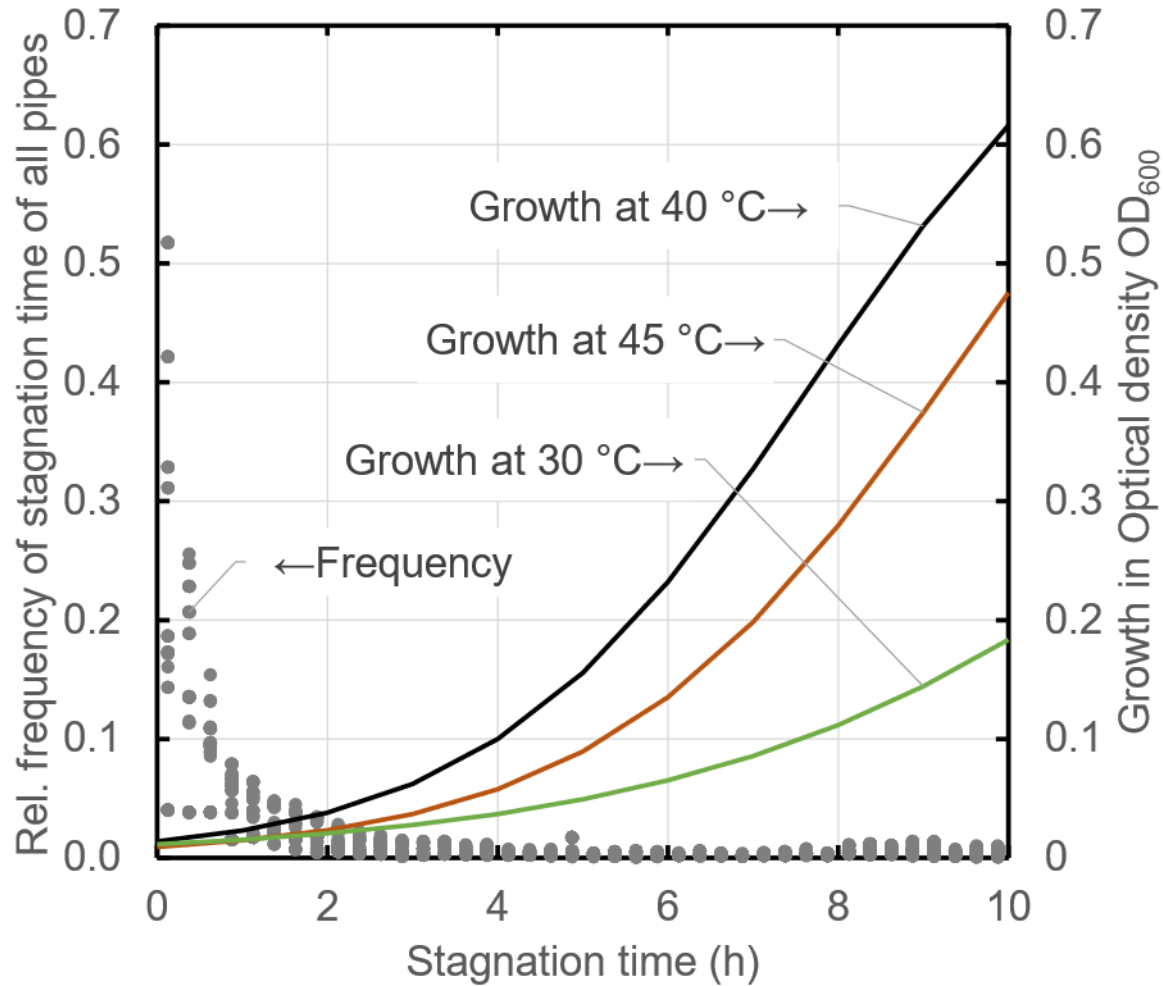
Wachstum während Stagnationszeit I



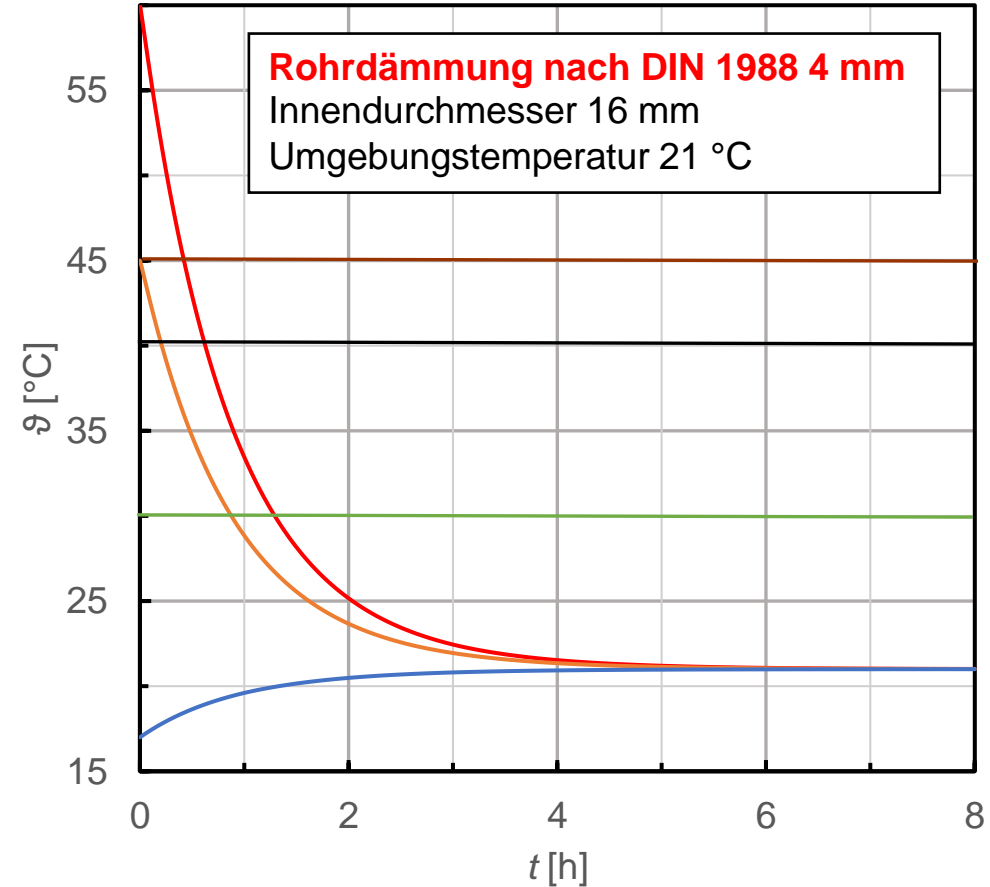
- Meiste Rohrsegmente weniger als 2 Stunden in Stagnation, Dusche aber 12 h (Median)
- Abkühlung der Rohrsegmente mit Dämmung nach DIN 1988 auf unter 25 °C innerhalb von **2** Stunden (21 °C Umgebung)
- Wachstumskurven unterscheiden sich trotz guter Nährstoffversorgung im Klimaschrank kaum innerhalb von 2 h
- Vernachlässigung von exponentiellem Wachstum und Temperaturabhängigkeit

Exkurs zur Bewertung Trinkwasserhygiene III

Wachstum während Stagnationszeit II



Fluidtemperatur während Stagnation



1. Summe der Stagnationszeit innerhalb 25 und 50 °C

- Summe über alle Rohre j , Flächen-gewichtet A_j $t_{hyg,i} = \sum_j \left(A_j \cdot \sum_{(25 \leq \vartheta_j < 50^\circ C) \wedge \dot{V}_j=0} \Delta t \right) \cdot A_{T-piece}^{-1}$
- Getrennt für PWH & PWC
- Normierung aller Varianten i , so dass zwischen 0 und 1 $Hygiene_i = \frac{(\max_{global} t_{hyg,i} - t_{hyg,i})}{(\max_{global} t_{hyg,i} - \min_{global} t_{hyg,i})}$

2. Trinkwasser-Nutzungsgrad

- Gezapfte Energie im Verhältnis zur aufgewendeten Energie am Wohnungseintritt
- Normiert (1 nicht erreichbar) $Energieeffizienz_i = \frac{Q_{zapf,i}}{Q_{Installation,i}}$

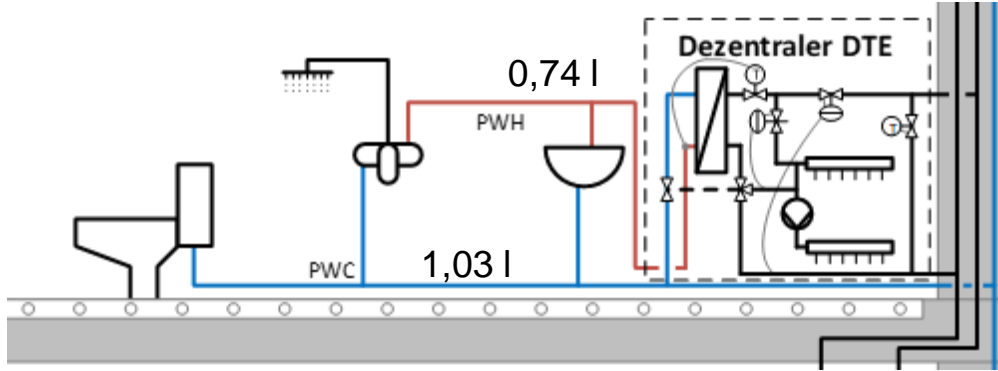
3. Komfort

- Für jede Variante i werdeb mit $t_{TSoll,i}$ die Zeiten aufsummiert, in denen das gezapfte Wasser die gewünschte Solltemperatur erreicht und mit $t_{Zapf,i}$ die Zeiten, in denen gezapft wird
- Zapfverlängerung nur bei Dusche angenommen $Komfort_i = t_{TSoll,i}/t_{Zapf,i}$

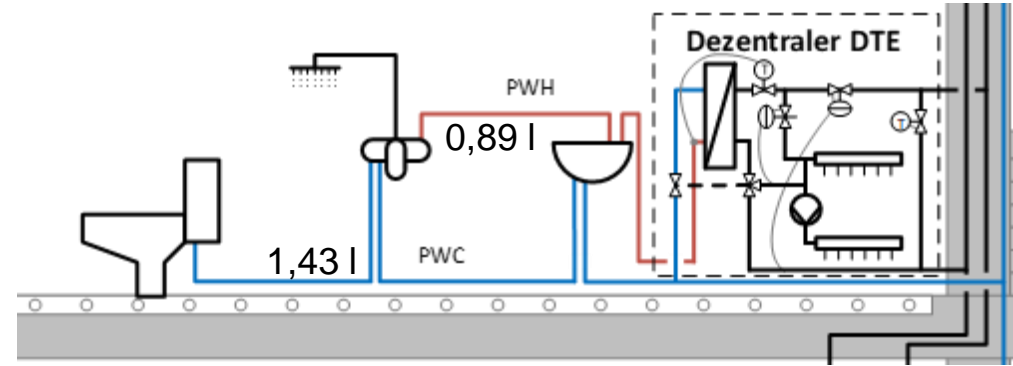
Kurze Erinnerung

Ausgewählte Trinkwasserinstallationsarten (TWI)

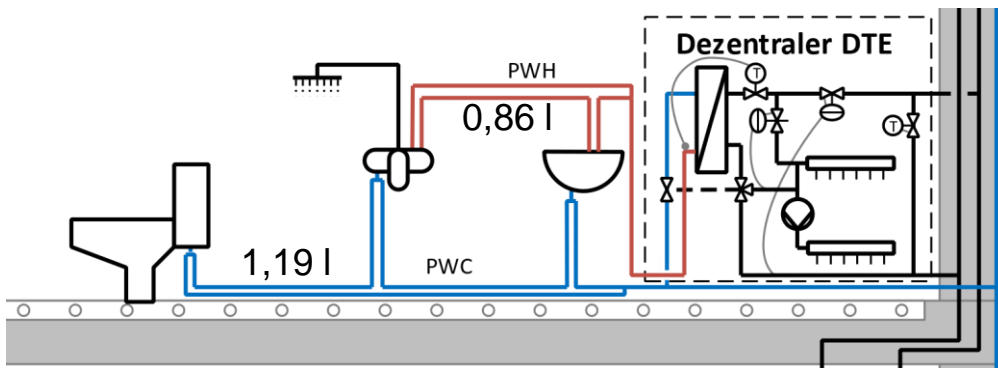
T-Stück-Installation (kurz: T-Stück)



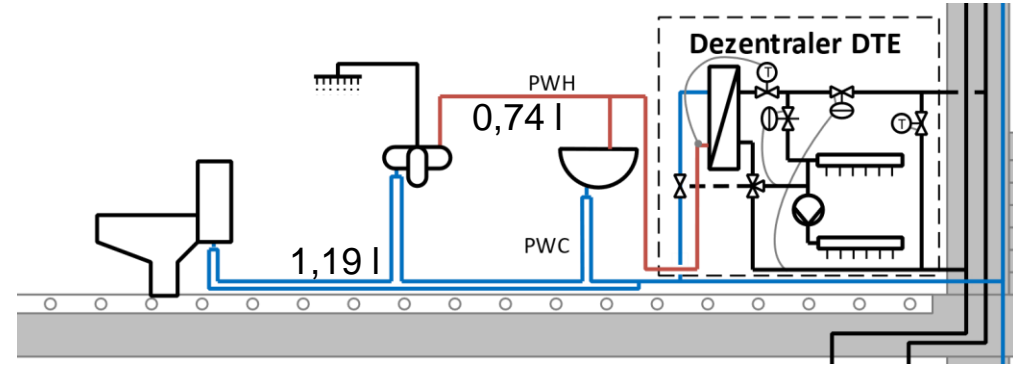
Durchschleif-Reihen-Installation (kurz: Reihe)



Durchschleif-Ring-Installation (kurz: Ring)

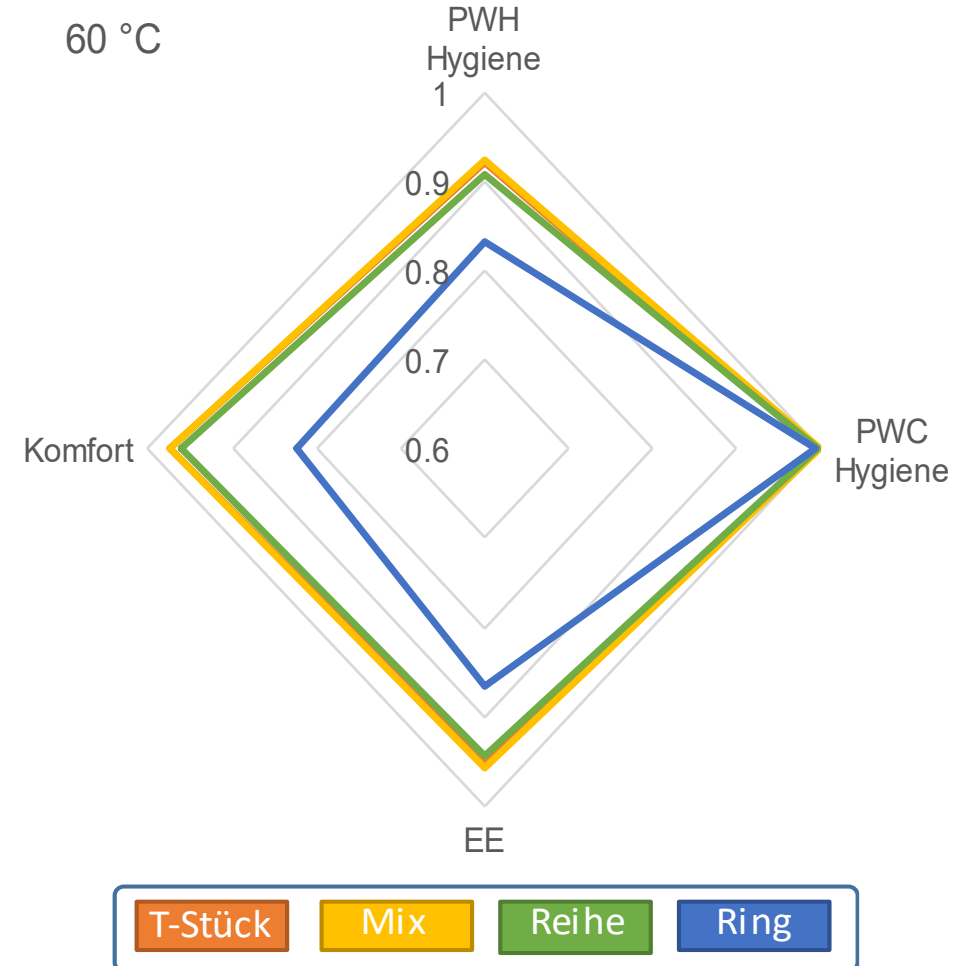
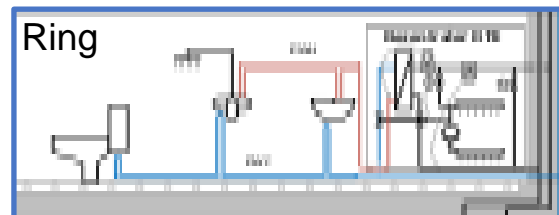
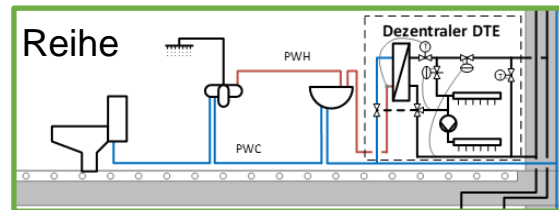
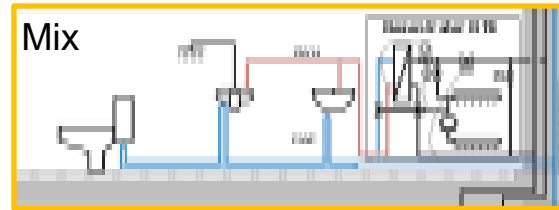
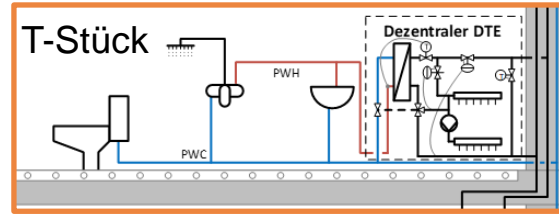


Mischvariante (kurz: Mix)

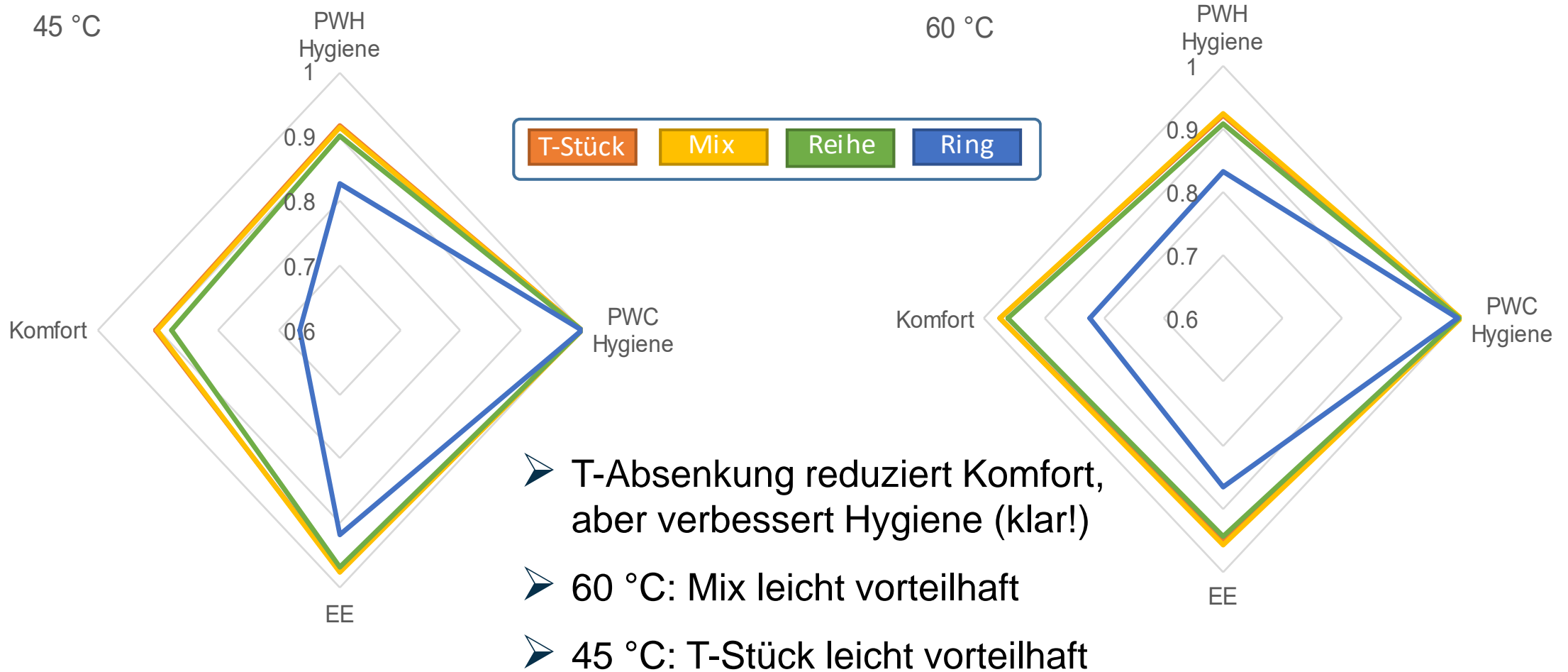


Zunächst bei 60 °C:

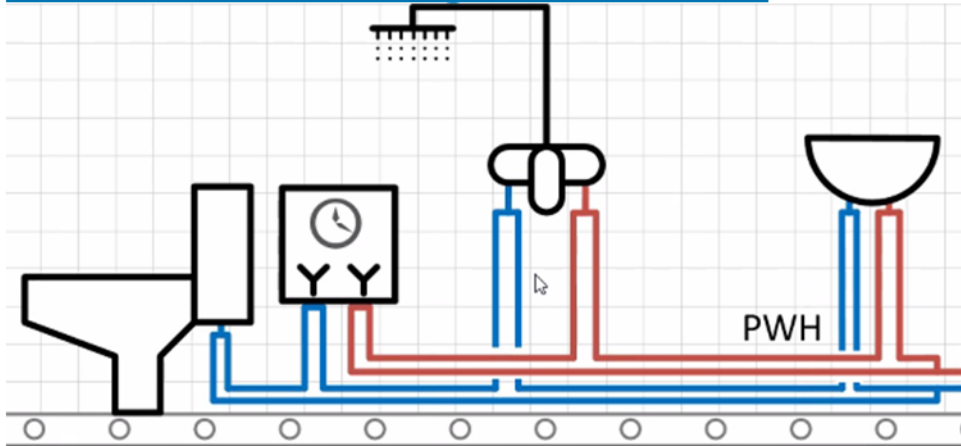
- T-Stück, Misch- und Reihenvariante etwa gleichauf
- T-Stück für PWH-Hygiene leicht vorn
- Keine allzu deutlichen Unterschiede zwischen den Installationsarten
- **Ursache:** zu „günstige“ Randbedingungen → Folgeuntersuchungen in „Trans2NT-TWW“



Multikriterieller Vergleich (2)

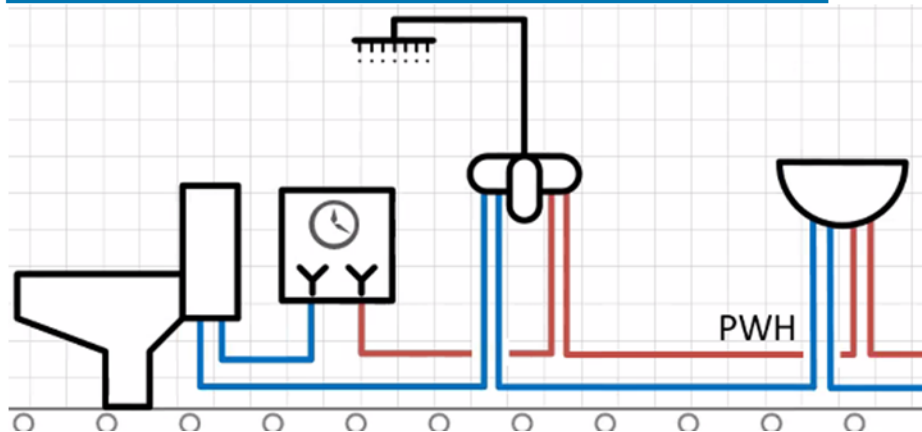


Durchschleif-Ring-Installation



- ✓ Detailliertes Simulationsmodell zur Bewertung unterschiedlicher TWI bzgl. Komfort, Energieeffizienz & Hygiene entwickelt
- Ergebnisse bisheriger Simulationen aufgrund zu „günstiger“ Randbedingungen wenig prägnant → bis Projektende (Okt. 2026) weitere Simulationen mit höheren T_{umg} in Schacht & Keller (Messdaten!) geplant
- Zudem erfolgen noch Simulationen zu Spülautomaten & KW-Ring-Verlegung im Schacht
- Verbesserte Bewertung der Hygiene im geplanten Folgeprojekt zu „Trans2NT-TWW“ soll in einem Frühwarnsystem münden → Projektpartner gesucht (*Gibt's bspw. Hygienemessdaten aus der Praxis für unterschiedliche TWI?*)

Durchschleif-Reihen-Installation





Das dieser Arbeit zugrundeliegende Vorhaben Trans2NT-TWW (FKZ 03EN1027C) wurde mit Mitteln des Landes Niedersachsen, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) sowie der Industriepartner Taconova und Uponor-Kamo gefördert. Verantwortlich für den Inhalt sind die Autoren.

Kontakt:

Oliver Mercker

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Abteilung Solare Systemtechnik

Tel.: 05151 - 999 645

E-Mail: mercker@isfh.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Anhang I

Rohrparameter der Installationsarten

	T-Stück	Reihe	Ring	Misch
Rohrmaterial	Verbundrohr (Polyethylene, Aluminium), 4 mm Dämmung			
Durchmesser (innen; außen)	16; 20 mm	16; 20 mm	12; 16 mm	PWH: 16; 20 mm PWC: 12; 16 mm
PWH				
Länge;	3.7 m;	4.4 m;	7.6 m;	3.7 m;
Volumen	0.74 l	0.9 l	0.9 l	0.74 l
PWC				
Länge;	5.1 m;	7.1 m;	10.5 m;	10.5 m;
Volumen	1.0 l	1.4 l	1.2 l	1.2 l

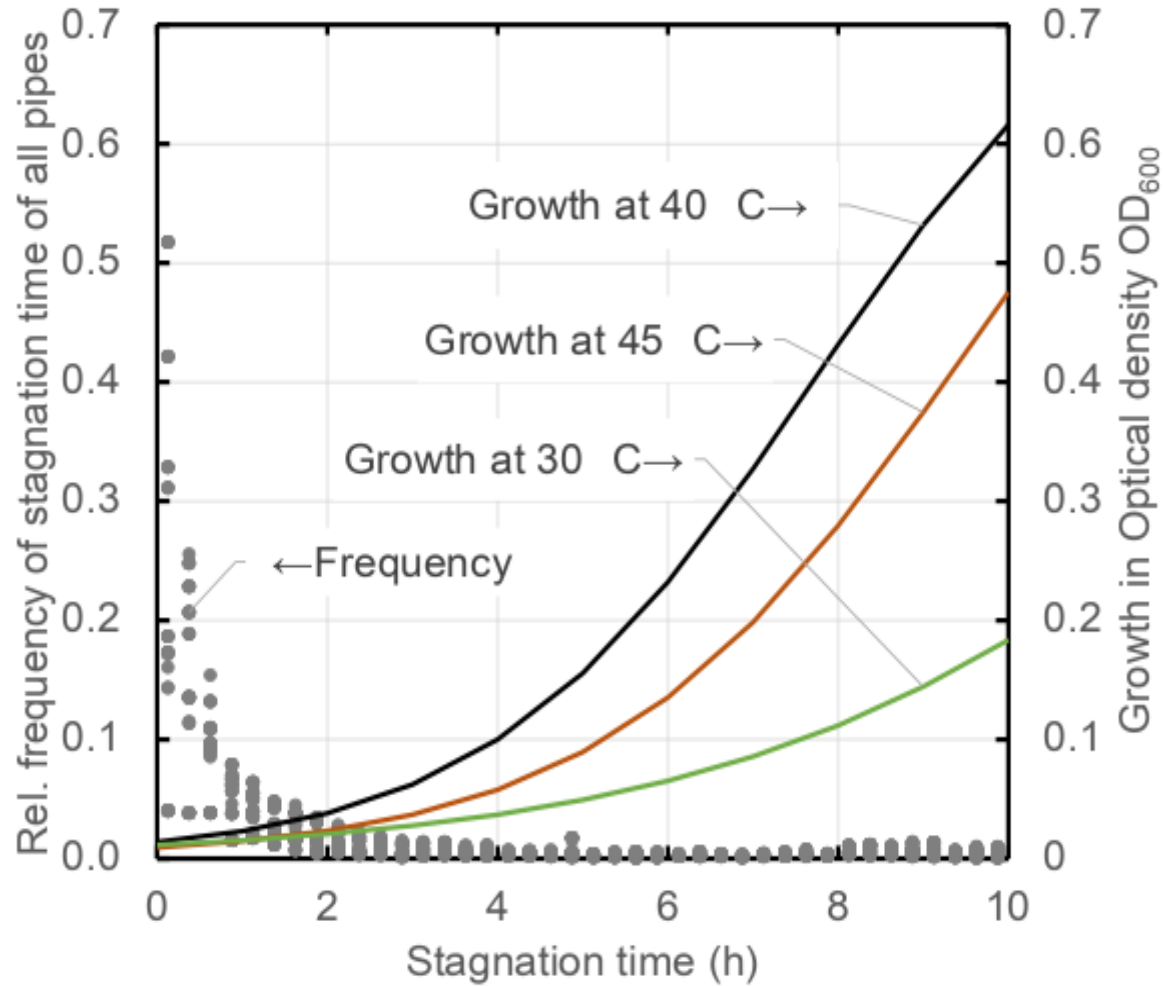
Anhang II

Volumenstromverteilung der Ringinstallation

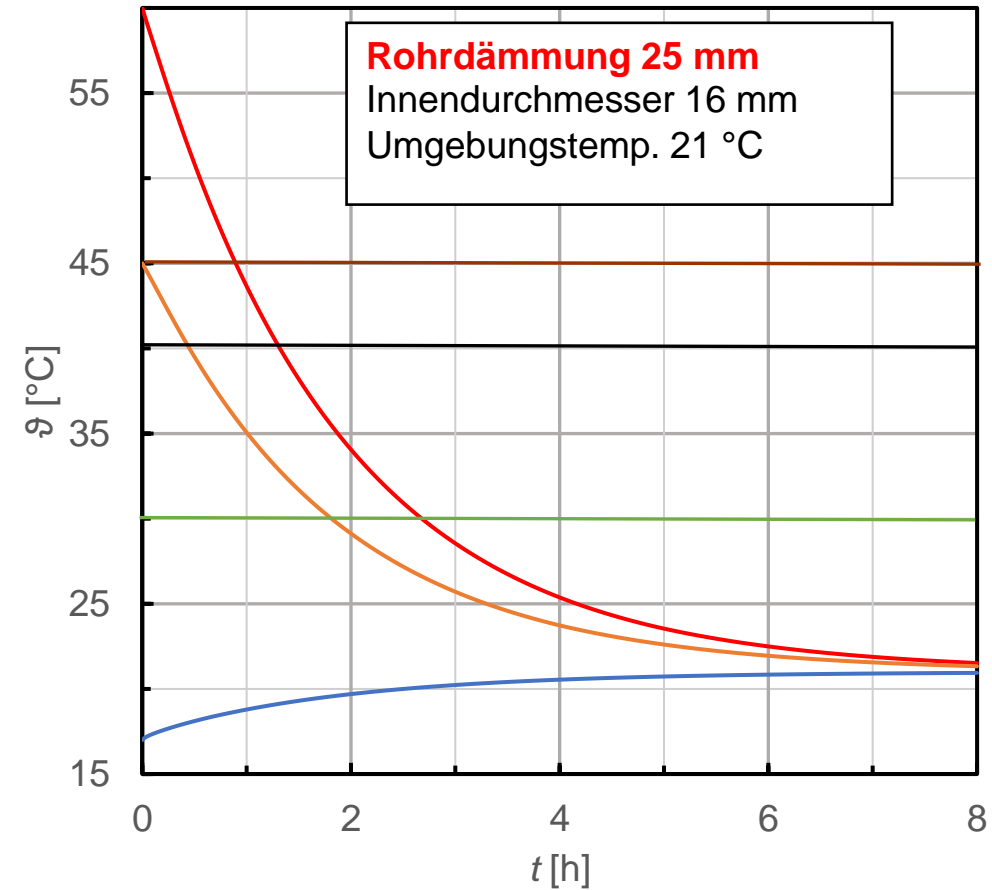
Zapfstelle	Waschbecken	Küchenspüle	Toilette	Dusche
PWH				
Links	63 %	51 %	-	38 %
Rechts	37 %	49 %	-	62 %
PWC				
Links	66 %	55 %	45 %	34 %
Rechts	34 %	45 %	55 %	66 %

Anhang III

Wachstum während Stagnationszeit

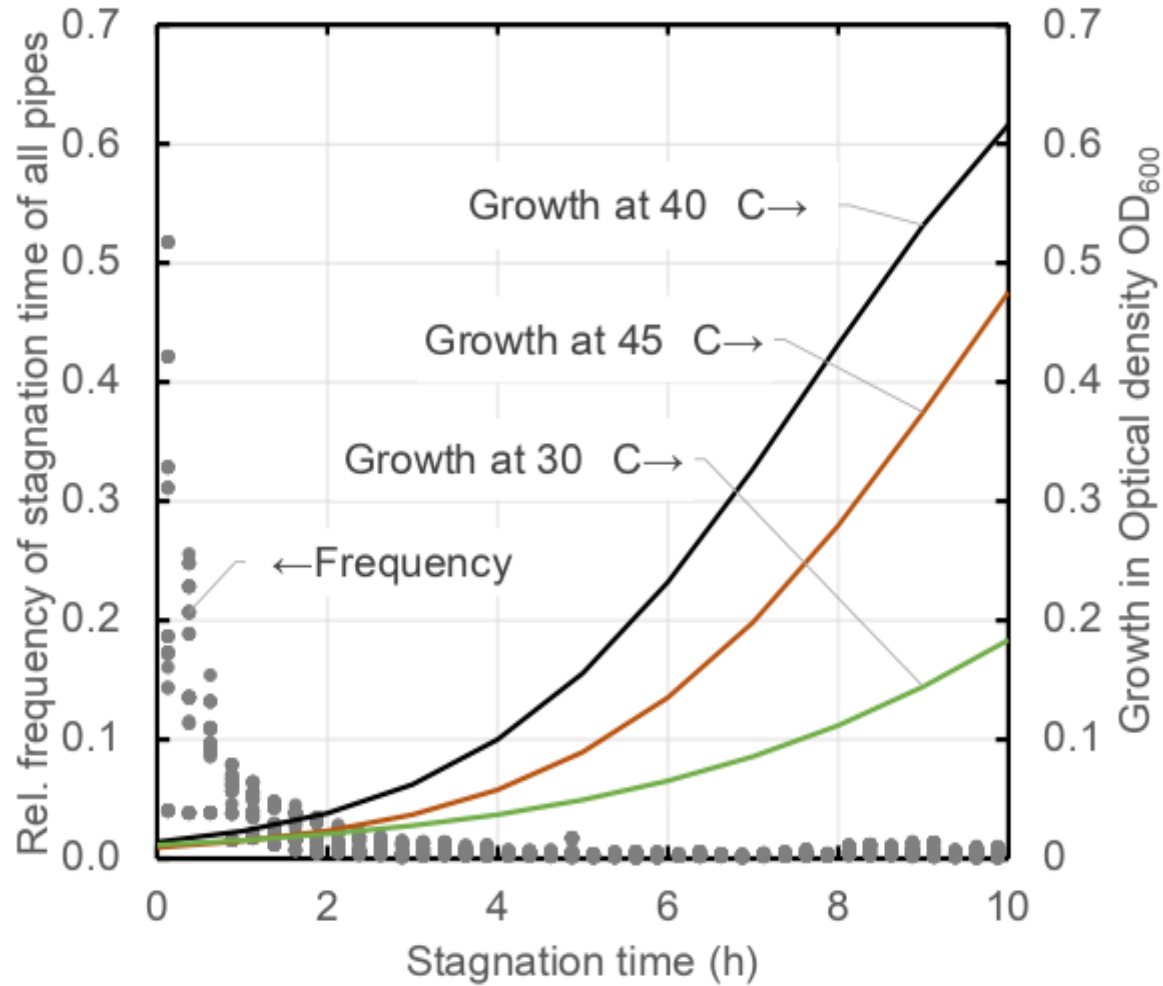


Fluidtemperatur während Stagnation

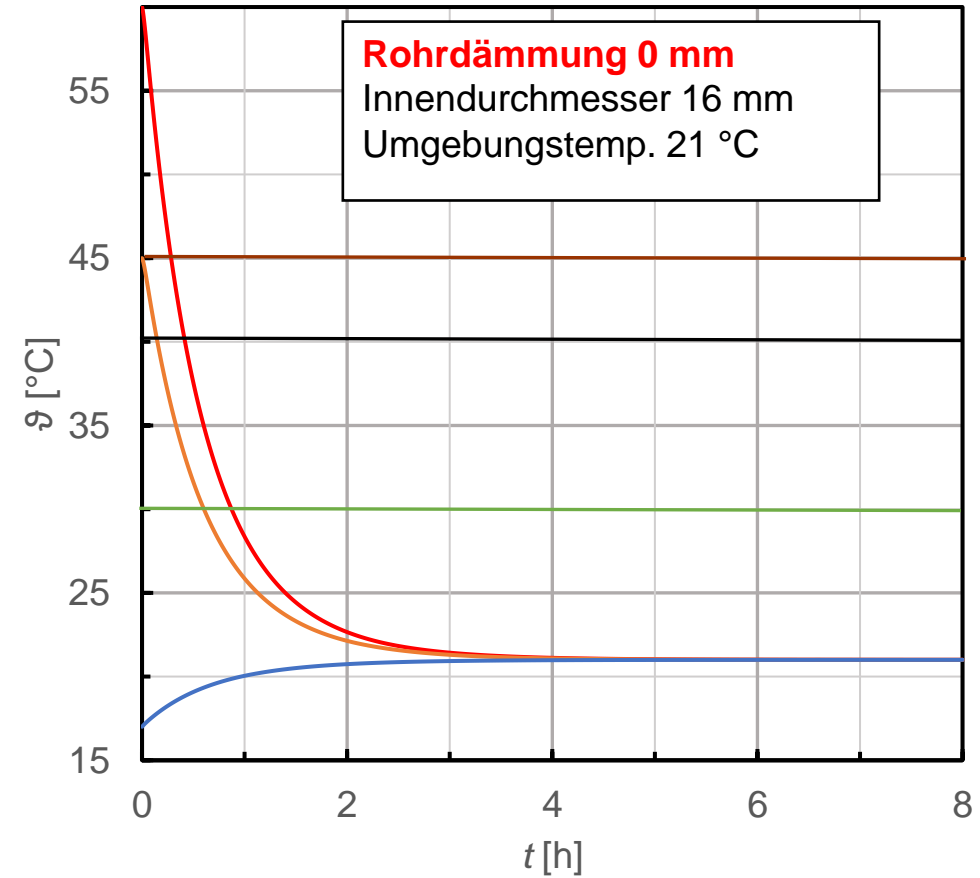


Anhang IV

Wachstum während Stagnationszeit



Fluidtemperatur während Stagnation





Ableitung von Dos und Don'ts für die effiziente und hygienisch-sichere dezentrale TWE

-

Projekt „Trans2NT-TWW“

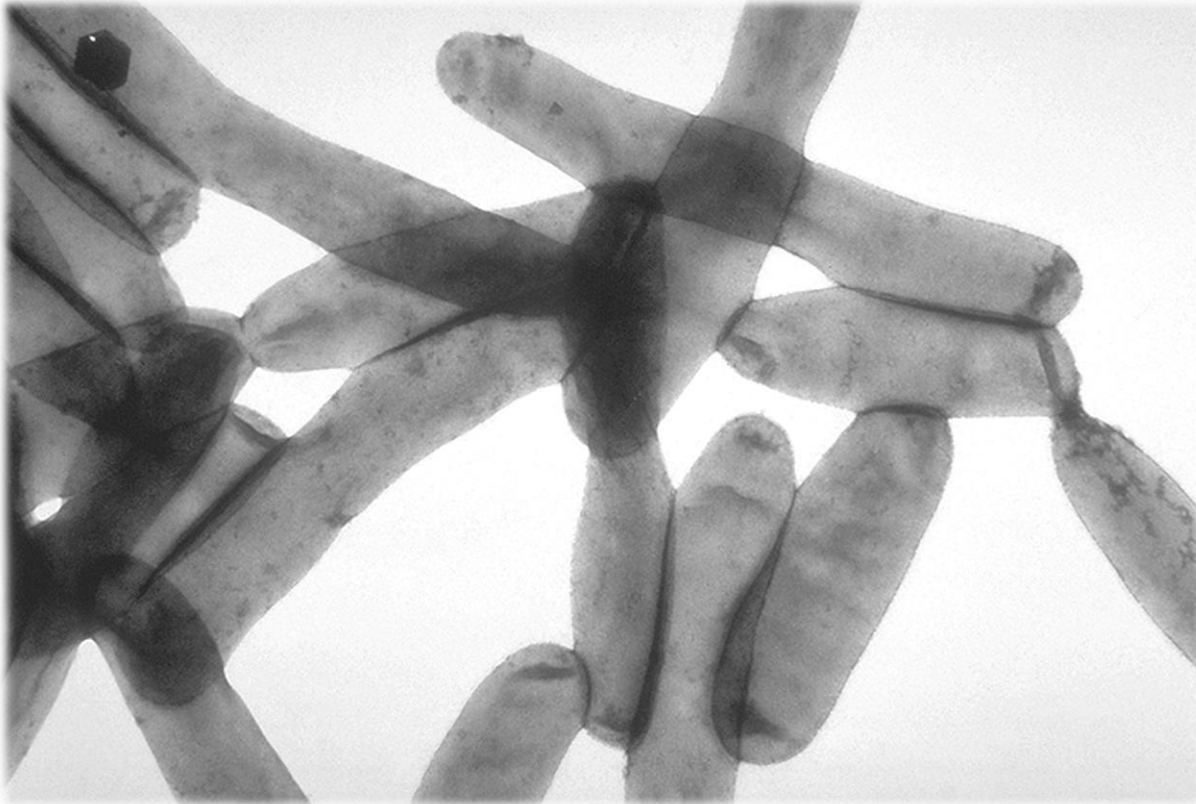
O. Mercker¹, Ch. Graf²

¹ Institut für Solarenergieforschung (ISFH), Emmerthal/Hameln

² Fraunhofer IEE, Kassel

Einleitendes zur Trinkwasserhygiene I

Was heißt hier „hygienisch sicher“?



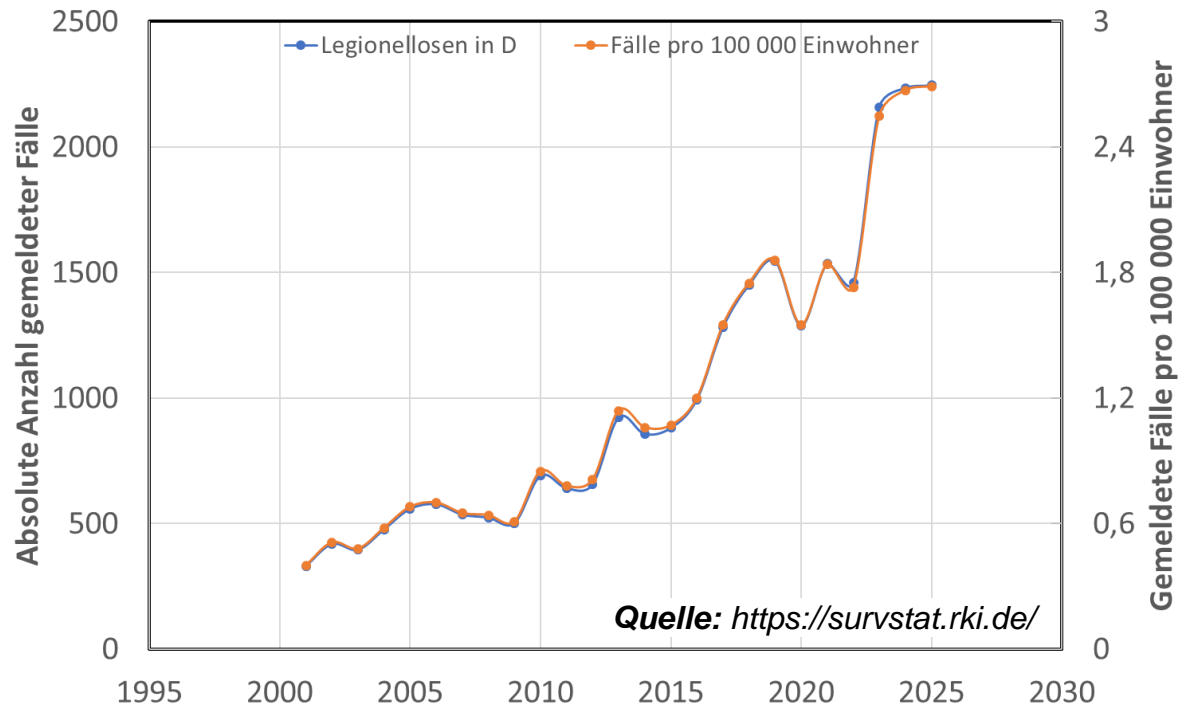
Quelle: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Legionella_pneumophila_01.jpg

- Es geht „nur“ um Legionellen, d. h.: potenziell humanpathogene, stäbchenförmige Bakterien
- Über 60 bekannte Arten, davon „relevanteste“:
 - *Legionella pneumophila* ($\approx 70.. 90\%$ der nachgewiesenen Spezies) → Erreger der sog. „Legionärskrankheit“ (Legionellose mit Pneumonie = Lungenentzündung) – aber weit häufiger ist der mildere Verlauf des „Pontiac-Fiebers“ (Legionellose ohne Pneumonie)
 - *Legionella anisa* → schon „weniger kritisch“
 - Leicht unterschiedliche Wohlfühltemperaturen, zwischen 20 und 50 °C („ideal“: 25 – 45 °C)!
- Einatmen bakterienhaltigen Wassers als Bioaerosol kann zur Infektion führen – keine Ansteckung von Mensch-zu-Mensch

Einleitendes zur Trinkwasserhygiene II

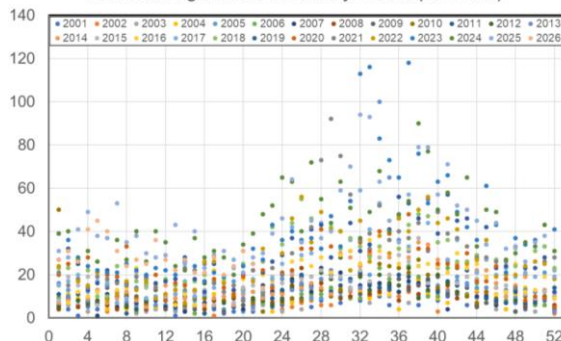
Fokus auf Legionellen

Gemeldete Legionellose-Fälle in D pro Jahr (2001-2025)



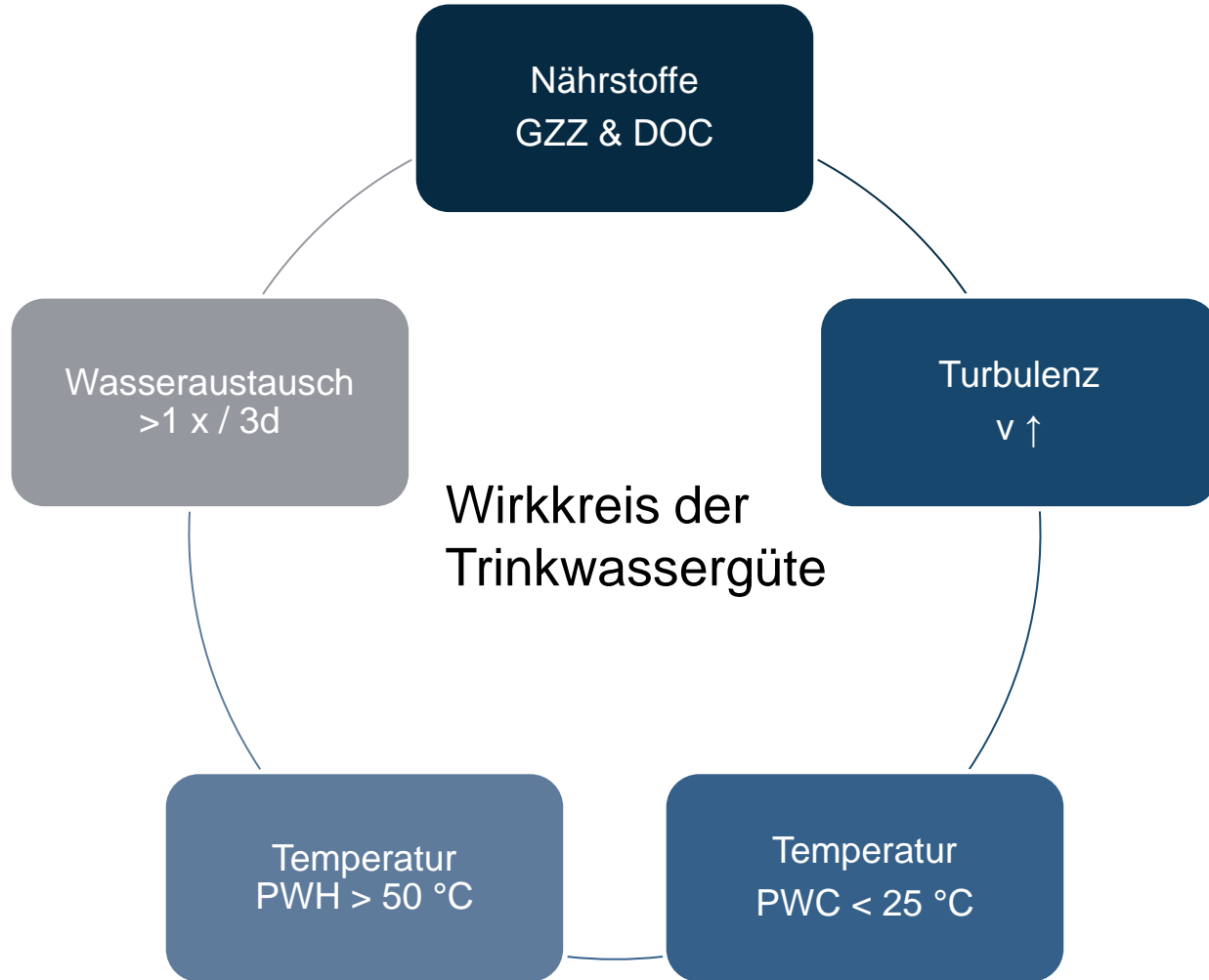
- Hohe angenommene Dunkelziffer von 20 000 Infektionen pro Jahr
- Hauptbetroffene sind Ü50/55 und männlich
- Letalität von etwa 5 - 10 %
- Etwa 75 % im privaten/beruflichen Umfeld erworben – sonst: Krankenhaus, Pflegeheim und Reisen
- Bundesweit 37 % der Fälle wohnen in untersuchungspflichtigen Gebäuden
- Signifikanter Anstieg über die letzten 20 Jahre und ausgeprägte Saisonalität
- Nicht alle Zusammenhänge verstanden

Gemeldete Legionellose-Fälle in D je Woche (2011-2025)



Einleitendes zur Trinkwasserhygiene III

Einflussparameter auf Legionellenwachstum



- Legionellen kommen in Trinkwasser natürlich vor (autochton)
- Normale Vorsorge schlägt fehl, da Vermehrung in Trinkwasserinstallationen (TWI) möglich
 - Vorgaben für Betriebsweise = allgemein anerkannte Regeln der Technik (a.a.R.d.T.)
 - Unabhängige Probennahme und Meldepflicht
- Technischer Maßnahmenwert 100 KBE/100 ml

Abbildung: Wirkkreis der Trinkwassergüte nach Kistemann & Bausch

Einleitendes zur Trinkwasserhygiene IV

Allgemein anerkannte Regeln der Technik



- DIN EN 1717: Stagnation vermeiden, Spülen nach Unterbrechungen
- VDI 6023: Thermische Trennung zwischen warmen Rohrleitungen und PWC

DVGW W551: 04-2004(!!!)	Kleinanlage (EFH, ZFH oder [$V_{Sp} < 400 \text{ l}$ & $V \leq 3 \text{ l}$])	Großanlage (sonst)
Temperatur PWH	- (Empfehlung $\geq 50 \text{ °C}$) ^a	60 °C
Vorwärmstufen	1 x tägl. 60 °C, wenn $V_{Sp} \geq 400 \text{ l}$	1 x tägl. 60 °C
Zirkulation	Pflicht, wenn $V_{Rohr} > 3 \text{ l}$	Pflicht

^a Möglichkeit auf 60 °C zu erhitzen muss gegeben sein

DIN 1988-200: 05-2012	Zentrale Trinkwasser-Erwärm.	Dezentrale TWE
Temperatur PWH	$\geq 60 \text{ °C}$ ($\geq 50 \text{ °C}$, wenn Wasseraustausch innerhalb 3 d)	$\geq 50 \text{ °C}$ ($< 50 \text{ °C}$, wenn $V_{Rohr} \leq 3 \text{ l}$)
Zirkulation	Pflicht, wenn $V_{Rohr} > 3 \text{ l}$	- (es sei denn $V_{Rohr} > 3 \text{ l}$)

Einleitendes zur Trinkwasserhygiene V

Neue DVGW W 551-1 (A) Richtlinie erschienen (Mai 2026)



- DVGW W 551-1 Richtlinie: wesentliches technisches Regelwerk zur Vermeidung & Bewertung von Legionellen in Trinkwasserinstallationen (TWI)
- **Ziele:** Legionellen(-vermehrung) vermeiden, Kontaminationen erkennen & erfolgreich sanieren
- Aussagen zur technisch-hygienischen Bewertung von TWI und möglicher Kontamination mit Legionellen der TWI selbst. Keine Aussage zur Wahrscheinlichkeit einer Infektion mit Legionellen.
- Wesentliche Begriffe und Ablauf einer fachgerechten Beprobung definiert. Steigende Relevanz des Themas: Kaltwasser (PWC)
- **Neue Option:** Zirkulation mit 55/50 °C betreiben – verbessert Effizienz der Wärmepumpe – aber: zahlreiche Voraussetzung, wie bspw. Einsatz elektronischer Regulierventile mit Temperaturerfassung
- Kurzdarstellung einiger Neuerungen:
<https://www.schell.eu/de-de/blog/blog-hautnah/entwurf-des-neuen-dvgw-w-551-1-a-ein-neuer-meilenstein-der-legionellen-prophylaxe/>

- **Bauliche Bedingungen (Planung bis Ausführung):**
 - Allgemeine anerkannte Regeln der Technik werden nicht eingehalten
 - Stagnierendes Wasser in Stichleitungen
 - Zu große Querschnitte führen zu geringeren Strömungsgeschwindigkeiten
 - Leitungsdämmung unzureichend oder in schlechtem Zustand
 - Hohe Stagnationstemperaturen Kaltwasser im Schacht
 - Örtliche Nähe warm- und kaltgehender Leitungen
 - Keine thermische Trennung zwischen Kalt- und Warmwasser- sowie Heizungsleitungen im Installationsschacht
 - Konstruktive Schwachstellen in Wohnungsstationen (thermische Trennung, kalt und warm)
 - Fehlender Temperatursiphon an Wärmeübertragern und fehlende Eingrenzung der Bereiche mit Wärmeeintrag

- **Betriebliche Bedingungen:**

- Häufig keine kontinuierliche Temperaturüberwachung vorhanden
- Mangelhafter oder fehlender hydraulischer Abgleich im TW-Leitungssystem
- Geringer Wasserverbrauch (Wasser muss fließen)
- Zu hohe Temperatursollwerte, wegen „Sorgenfreiheit“ (führt zur Erwärmung von Kaltwasser durch Wärmeverluste)
- Zu hohe Raumtemperaturen (durch solare Wärmegewinne/sommerliche Überhitzung) verursachen Erwärmung von stagnierendem Wasser in der Peripherie

- **Gesamtkonzept Anlagentechnik:**

- „Schlechte Wahl“ der Trinkwasserinstallationsart (T-Stück, Ring, Reihenverlegung abhängig von Nutzung, Warme oder Kalte Leitung)

- **Möglichst niedrige Primär-/Heizungskreistemperaturen** → leistungsstarken WÜT verwenden
- Dezentrale WST mit elektrischer Nachheizung (Vorteile: Geringere Warmhalteverluste & niedrige Heizkreistemperatur; Nachteil: ggfs. hohe elektr. Anschlussleistung)
- **„Niedrige Temperatur“ $\leq 50^{\circ}\text{C}$, wenn Warmhaltung nicht vorhanden** → schnelle Abkühlung
- **„Hohe Temperatur“ $> 50^{\circ}\text{C}$, wenn Warmhaltung vorhanden** → Temperatur außerhalb Wachstumsbedingungen halten
- **Temperaturabfall der Leitungen nach Zapfung sicherstellen** (WW nicht oder nur wenig dämmen, KW > 4 mm dämmen, wenn $T_{\text{umg}} > 25^{\circ}\text{C}$)
- **KW- und WW-Leitungen räumlich & thermisch trennen**
- KW in Ringen & Maschen verlegen, um regelmäßige Durchspülung zu fördern & $T_{\text{stagnation}} < 25^{\circ}\text{C}$ gewährleisten (Nachteil: größere Oberfläche mit Biofilm für Legionellenvermehrung, beschleunigt die Vermehrung, wenn risikoreiche Bedingungen auftreten) → „KW soll fließen“

- Regelmäßige „Inspektion“ dezentraler TWI, z. B. Betrachtung von T_{KW} (keine Beprobungspflicht, aber auch keinen Freibrief!)
- Nutzung von 4-wöchigen Verbrauchsdaten & T_{KW} -Sensoren, um Risiko abzuschätzen: **Folgeprojekt zu Trans2NT-TWW will Frühwarnsystem entwickeln → Partner gesucht ;-)**
- Kontinuierliche und umfassende Temperaturüberwachung an mehreren Stellen
- Klare Anlagendokumentation inkl. Strangschema vorhalten (Heizungsleitungen auch mit in das TWI-Strangschema einzeichnen, damit beurteilt werden kann, wo warm und kalt gemeinsam verlegt ist!)
- **Empfehlung zur regelmäßigen, hygienischen Wartung von dezentralen TWE-Anlagen.**
Regelmäßige Erhöhung der Temperatur sinnvoll und wirksam?!
- WW-Stichleitungen von oben an das Eckventil führen
- Anschlüsse am WÜT möglichst schlecht wärmeleitend und ohne Konvektion / interne Zirkulation umsetzen (ggf. Konvektionsschleifen / Wärmesiphon)

- **„Einfache“ Installation bevorzugen** - „komplexe“ Installationen können zu mangelhafter / nicht zielführender Umsetzung führen & benötigen mehr abgestimmte Komponenten und Wartung
- MFH: Waschmaschinen / Großverbraucher an das Ende der PWC-Leitungen setzen → um Durchspülung kalter Leitungen zu fördern
- Selten genutzte und abgelegene Zapfstellen möglichst vermeiden oder aber besonders gewissenhaft planen (bestimmungsgemäßen Verbrauch sicherstellen! – evtl. Spülautomaten nutzen)
- **Warmhaltungs- und Zirkulationswärmeverluste im Gebäude minimieren** → diese sind u.U. auch Wärmegewinne von KW- und Stagnationswasser (insbesondere KW-Leitung dürfen grundsätzlich nicht im gleichen Schacht wie restliche Leitungen verlegt werden)
- **Trinkwarmwasserspeicher vermeiden** (Wärme sollte in Speichern mit Heizungswasser gespeichert werden)
- Verlegung von FBH-Leitungen und TW-Leitungen dürfen sich nicht überschneidend – Abstände zwischen warmen und kalten Leitungen ist sicherzustellen!



Das dieser Arbeit zugrundeliegende Vorhaben Trans2NT-TWW (FKZ 03EN1027C) wurde mit Mitteln des Landes Niedersachsen, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) sowie der Industriepartner Taconova und Uponor-Kamo gefördert. Verantwortlich für den Inhalt sind die Autoren.

Kontakt:

Oliver Mercker

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Abteilung Solare Systemtechnik

Tel.: 05151 - 999 645

E-Mail: mercker@isfh.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



- Trinkwassererwärmung hat Zielkonflikte (Effizienz/Komfort/Hygiene)
- Speicher- und Verteilverluste, sowie hohe Temperaturanforderung mindern den Nutzungsgrad
- Ansätze zur Verbesserung:
 - Vorgehaltenes Warmwasser reduzieren
 - Erwärmung dezentral oder im Durchfluss (thermisch oder elektrisch)
 - Dabei Hygieneempfehlungen beachten!
- Beste Anlagentechnik und Trinkwasserinstallation hängt vom Einzelfall ab
- Relevante Faktoren: Zapfmenge, Abstände der Zapfstellen, Temperaturen und Wärmebedarf RH

- Wie sind Ihre Erfahrungen mit verschiedenen Konzepten?
- Welche positiven/negativen Aspekte haben die höchste Bedeutung?

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Kontaktieren Sie uns gerne:

huesing@isfh.de

mercker@isfh.de