

Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation und Nutzen für Solarwärmesysteme

Überblick über ein fachübergreifendes vom BMWi gefördertes Verbundforschungsvorhaben (FKZ: 03ET1234 A bis D)

- Autoren Gesamtteam des Projektes
- Vortragende Dipl.-Inf. Regina Rothmann
Technische Universität Dresden,
regina.rothmann@tu-dresden.de



EnEff:Wärme

Mitförderer - alphabetisch



AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.



Interessengemeinschaft Energie Umwelt Feuerungen GmbH i.A. des Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. – BDH



Geberit AG, Konzernbereich SA & RLS



HeiWaKo Arbeitsgemeinschaft Heiz- und Wasserkostenverteiler e.V.



Georg Fischer JRG AG



Gebr. Kemper GmbH + Co. KG, Metallwerke



SWM Stadtwerke München - Infrastruktur GmbH; Endkundenstrategie



Vattenfall Europe AG, Network Planning, Berlin



Viega GmbH & Co.KG

Verbundprojektpartner – wissenschaftlicher Beirat - Projektbegleitausschuss

Koordinator

Technische Universität Dresden

Projektpartner

GEWW TU Dresden, Prof. f. Gebäudeenergie-technik u. Wärmeversorgung
Dr.-Ing. Karin Rühling, Dipl.-Inf. Regina Rothmann, Dipl.-Ing. Jan Löser, Dipl.-Math. Lars Haupt, Dipl.-Ing. Stefan Hoppe, Dipl.-Ing. (FH) Knut Gietzelt, Thomas Unger

IHPH Universität Bonn, Institut für Hygiene und öffentliche Gesundheit
Prof. Dr. med. Thomas Kistemann, Dr. rer. nat. Christiane Schreiber, Heike Müller MSc.,
Nicole Zacharias BSc., Felix Wasser BSc

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gGmbH
Dr. rer. nat. Gabriela Schaule, Dr. Martin Strathmann, Dr. rer. nat. Jost Wingender, Dr. Andreas Nocker, Dietmar Pütz, Kathrin Wiede

IMMH TU Dresden, Institut f. Medizinische Mikrobiologie u. Hygiene
Dr. med. Christian Lück, Markus Petzold MSc. , Dipl.-Biol. Tetyana Koshkolda

IEE Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik Kassel
Dr. Dietrich Schmidt, Dipl.-Ing. Anna Marie Kallert

Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Exner, Prof. Flemming, Dipl.-Ing. Nissing

Projektbegleitausschuss

Dipl.-Ing. Bechem, Dipl.-Ing. Nissing

Grundsätzliches Ziel des FuE-Vorhabens

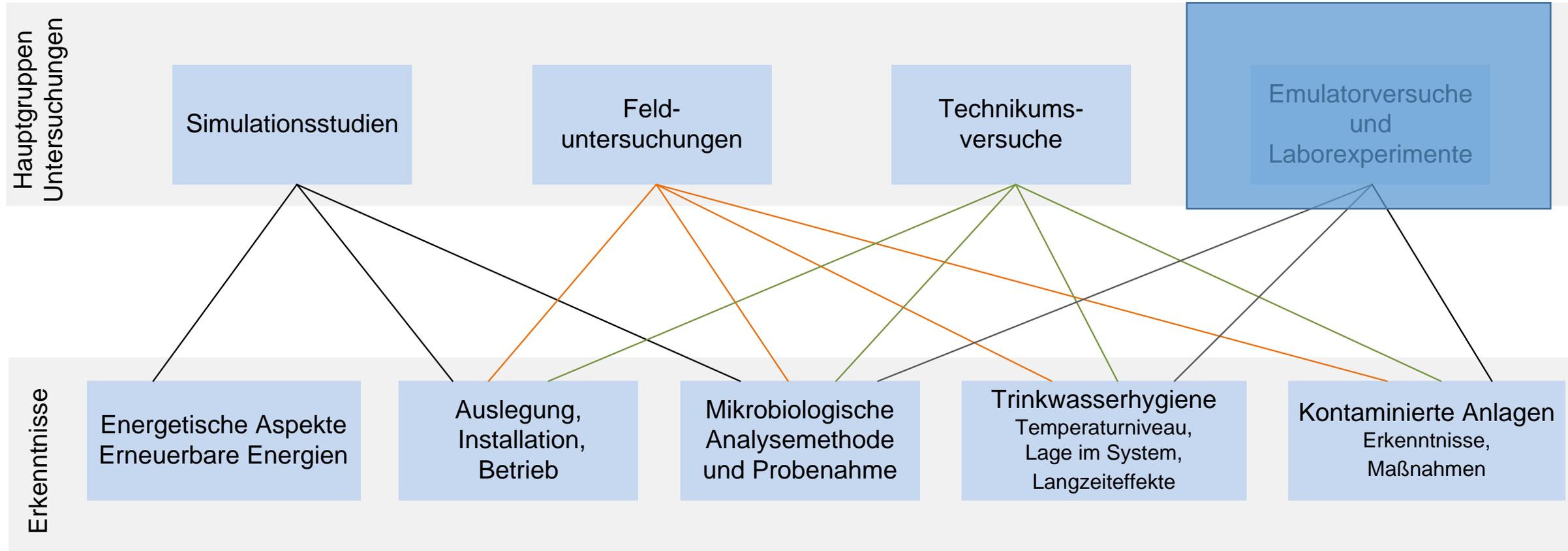
Ausgangspunkt

- Sinkender Wärmebedarf für die Raumheizung.
- Anteil der Trinkwassererwärmung am Gesamtwärmebedarf eines Gebäudes steigt.
- Vorlauftemperatur des Heizungssystems wird bei zentraler Trinkwassererwärmung von den a.a.R.d.T. zur Trinkwasserhygiene vorgegeben (abgestellt auf die Gattung *Legionella*).
- Detail-Untersuchungen zu Einzelaspekten der Trinkwasser-Installation liegen vor, jedoch keine umfassende Betrachtung aller relevanten Aspekte.

Gesamtziel

Ganzheitliche und systemische Untersuchung der Trinkwarmwasser-Installation für zukünftige Low Temperature-Wärmeversorgungskonzepte und Identifizierung von Ansätzen zur Nutzung der erheblichen Energieeinsparpotentiale sowie zur Integration von erneuerbaren Energien bei Beachtung des Primats der menschlichen Gesundheit.

Verflechtung Hauptgruppen der Untersuchungen und abgeleitete Erkenntnisse



Nachfolgend nur ein kurzer Einblick in ausgewählte Methoden und Ergebnisse

Felduntersuchungen

Ziel

Systematische Erfassung von konstruktiven, thermisch-hydraulischen und hygienisch-mikrobiologischen Daten von Trinkwasser-Installationen in 100 Bestandsobjekten

Basis: Mieter – und Betreiberinformation

Informationsmaterial inkl. Einverständnis- und Datenschutzerklärungen erarbeitet

Versand an alle Mitförderer, diverse Wohnungsgenossenschaften, potentielle „Objektlieferanten“ sowie Partner in Österreich und der Schweiz

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Technische Universität Dresden
IWW
Fraunhofer IEP

universität bonn
ihph

TU Dresden · Inst. f. Energietechnik · EE+HYG@TWI · 01062 Dresden

Institution: [redacted]
Bearbeiter: [redacted]
Telefon: [redacted]
E-Mail: EE_HYG_at_TWI@mailbox.tu-dresden.de

Vorgehensweise zur Untersuchung von Objekten

im Verbundvorhaben EnEff:Wärme
Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation
im Kontext: DHC Annex TS1 "Low Temperature District Heating for Future Energy Systems"

Sehr geehrte Betreiber einer Trinkwasser-Installation,

zunächst herzlichen Dank, dass Sie sich mit unserer Anfrage beschäftigen wollen und grundsätzlich bereit sind, uns mit Gebäuden zu unterstützen, an denen wir bis Ende 2015 sowohl 4 Wochen thermohydraulische Messungen als auch an einem Tag trinkwasserhygienische Untersuchungen vornehmen können.

Sicher interessieren Sie über die Kurzfassung unseres Forschungsprojektes hinaus die ganz konkreten Schritte, die wir Forscher an potentiellen Untersuchungsobjekten absolvieren möchten und welche Voraussetzung ein Gebäude benötigt, um im Rahmen dieses Verbundprojektes untersucht zu werden.

Gebäude-Voraussetzung

- Vorzugsweise **Mehrfamilienhäuser** oder Einfamilienhäuser und so genannte typische Nichtwohnhäuser (siehe nachfolgende Checkliste auf Seite 7).
- Im Gebäude sollte aktuell **keine Legionellenproblematik** bekannt sein
- **Pläne der Trinkwasser-Installation** sollten vorhanden bzw. gemeinsam mit unserem Team bei der ersten Begehung leicht erstellbar sein.
- Probenahmeventile im Umfeld des Trinkwasser-Erwärmers (Austritt TWE, Eintritt der Zirkulation in den TWE) sind vorhanden.

Felduntersuchungen – Trinkwasserhygienische Beprobung

Klassen der Kontamination nach Exner

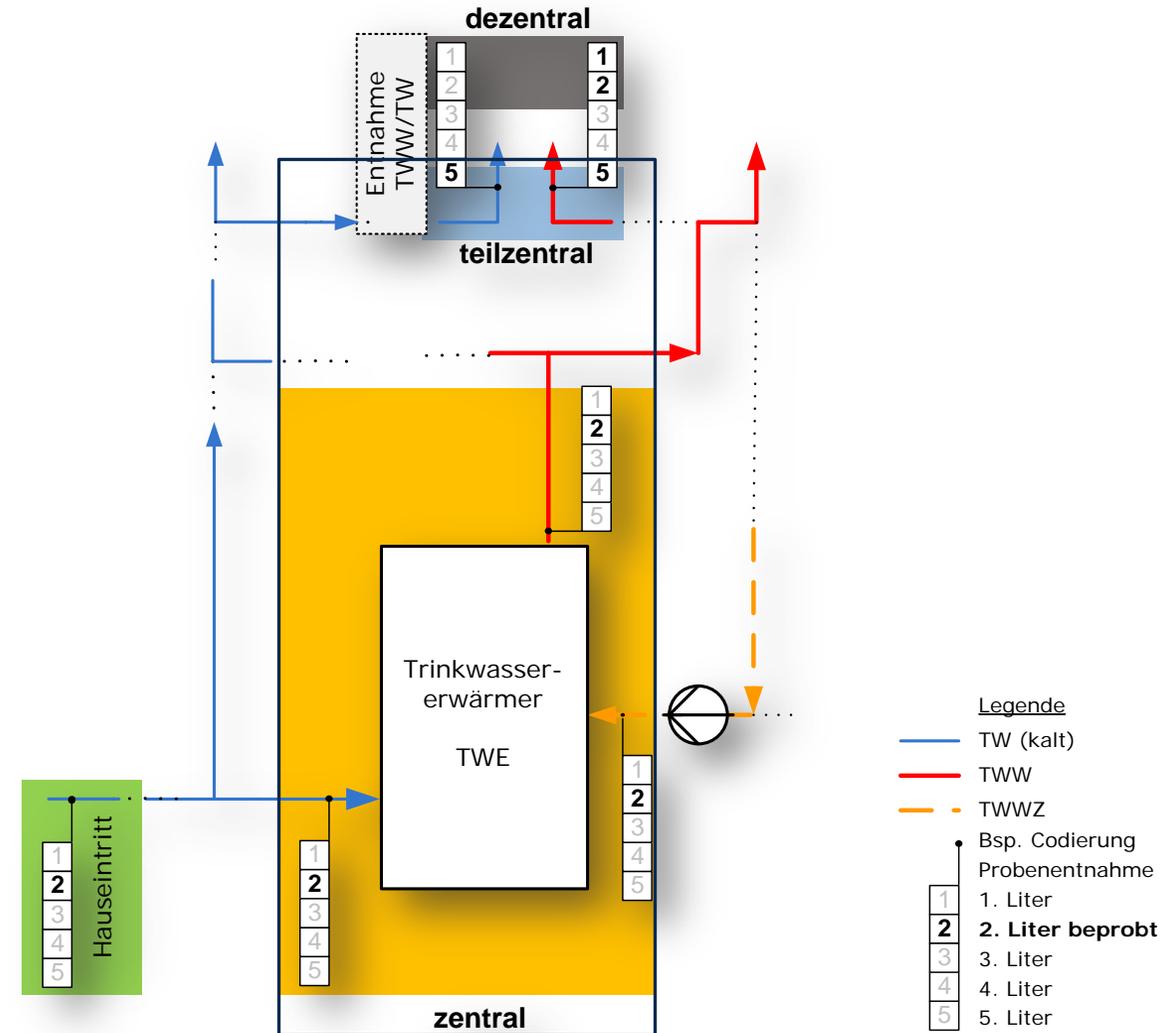
[Wasser und Gesundheit. Vortrag, Wasser Berlin 2011]

1. Kontamination aus zentraler Wasserversorgung
2. Zentrale Kontamination der Trinkwasser-Installation
3. Teilzentrale Kontamination
4. Dezentrale Kontamination

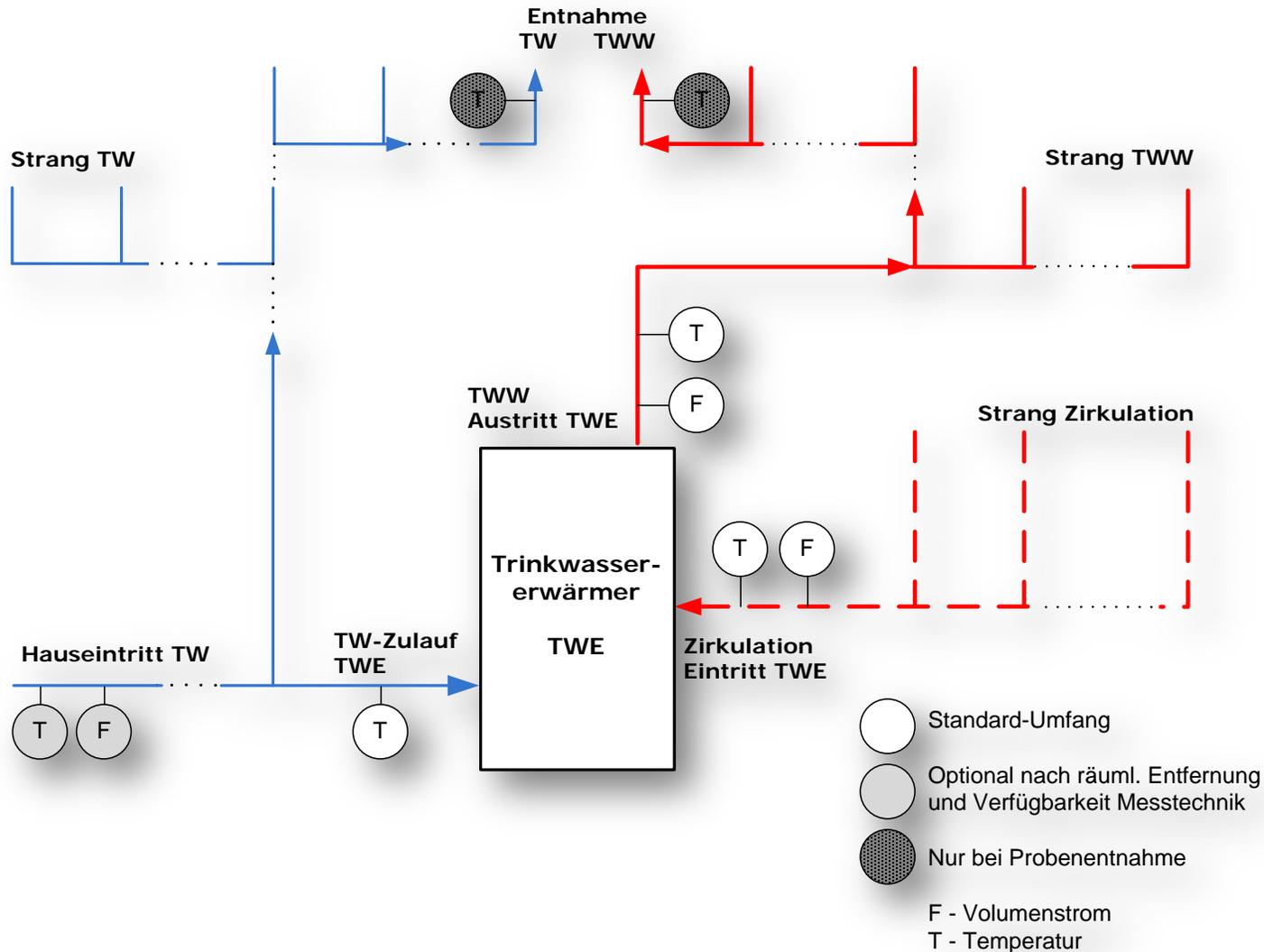
Systemische Kontamination

Untersuchungsumfang

- Entnahme 2. bzw. 5. Liter, teilw. auch 1. Liter
- Temperaturen zur Probenahme und in 1. und 10. Liter TWW
- Analytik auf *Legionella* spp. Kultur, qPCR (*Legionella* spp. + *L. pneumophila*), *Pseudomonas aeruginosa*



Felduntersuchungen – Thermohydraulische Messungen THM



Messzeitraum

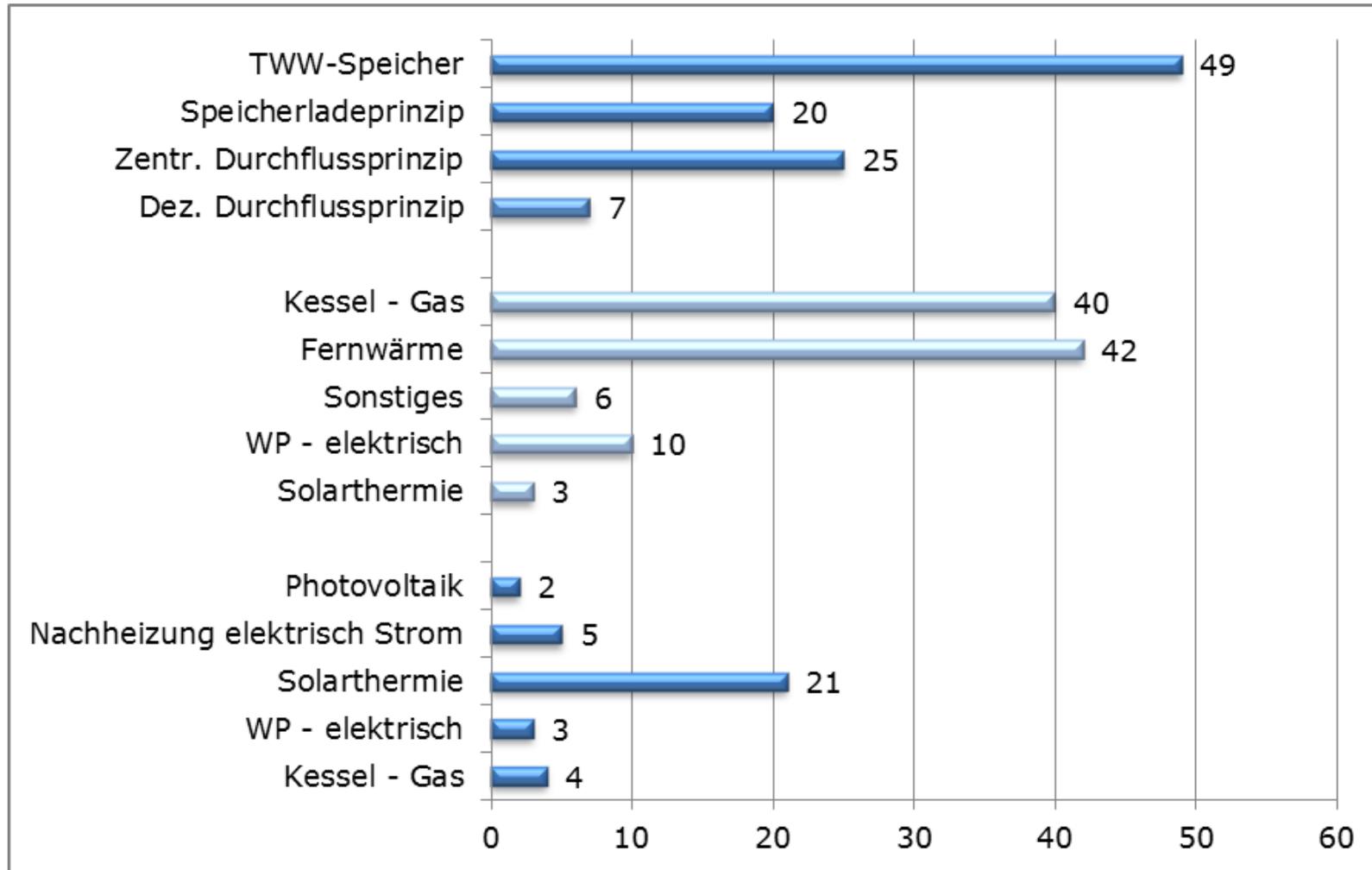
- Mindestens 14 Tage
- Ausgewertet jeweils von Montag 0:00 Uhr bis Sonntag 23:59

Technik

- Volumenstrom
Ultraschall-Messtechnik mit externen Sensoren (FLEXIM)
- Temperatur
PT 100 Anlegefühler (isoliert)
- Messwerterfassung
10-Sekunden-Mittelwerte



Art der TWE, Erzeugertechnologie und Zusatzerzeuger, Temperaturen TWW (Anzahl Objekte)



Temperatur am Austritt TWE (Mittelwert THM)

Temp. TWW	Anz. Objekte
> 65 °C	8
> 60 - 65 °C	32
> 55 - 60 °C	29
> 50 - 55 °C	9
≥ 45 - 50 °C	6
< 45 °C	7

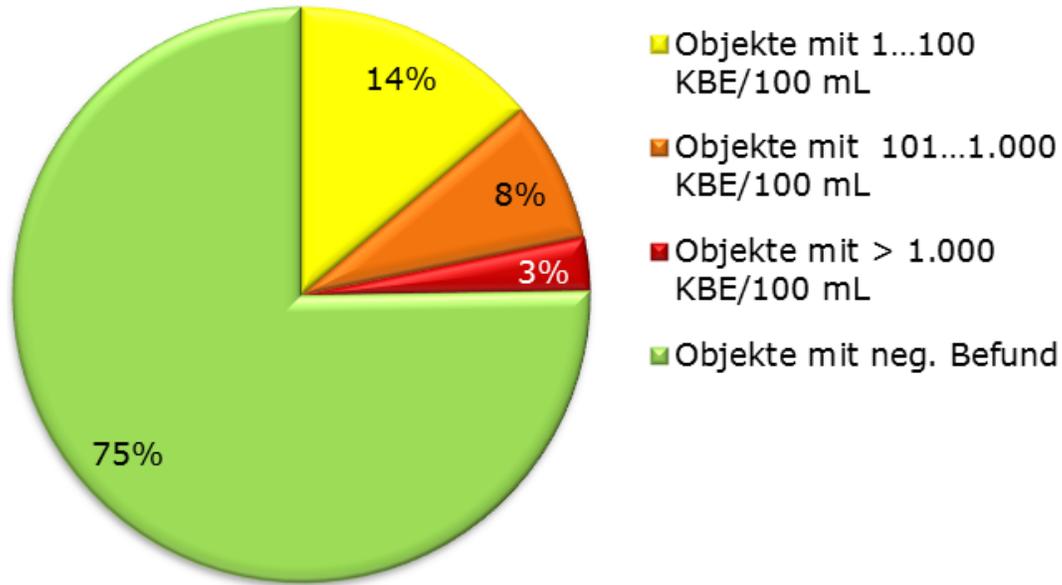
Auswertung Trinkwasserhygiene – Farbkodierung nach Befunden

	Kultureller Nachweis <i>Legionella</i> spp.*	qPCR <i>L. pneumophila</i>**
	negativ	≤ untere Nachweisgrenze (NGrenz) laborabhängig, hier mit 10 GU/500 mL gelabelt
	1 ... 100 KbE/100 mL	>untere Nachweisgrenze, jedoch ≤ Quantifizierungsgrenze (QGrenz) laborabhängig, hier mit 200 GU/500 mL gelabelt
	>100 ... 1.000 KbE/100 mL	> Quantifizierungsgrenze
	> 1.000 KbE/100 mL	

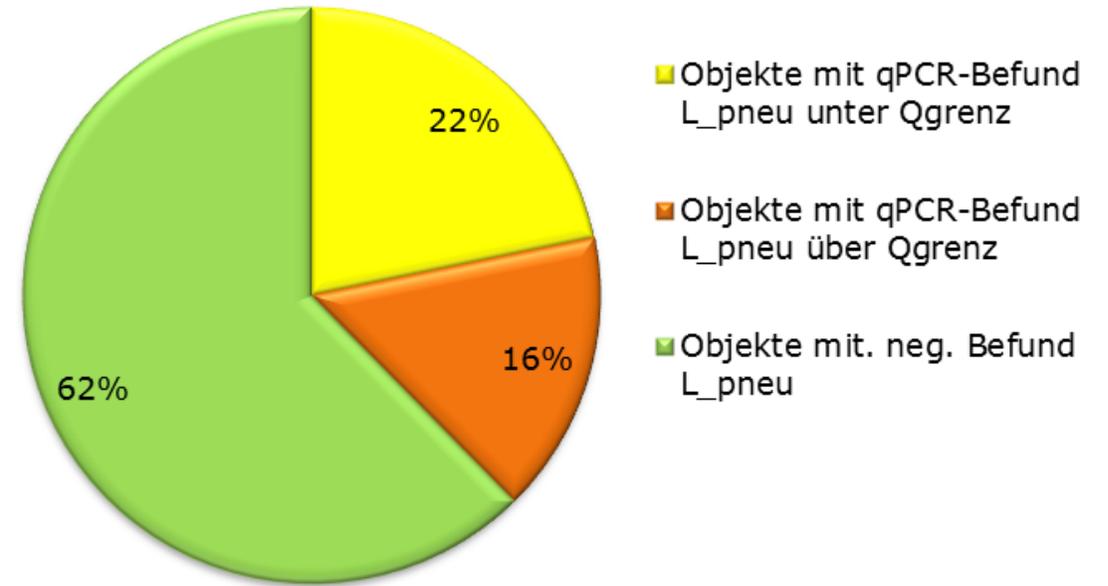
* Positive kulturelle Befunde fast ausschließlich *Legionella pneumophila*

** qPCR-Befunde *Legionella* spp. in fast allen Objekten positiv

Deskriptive Auswertung – Farbkodierung nach höchstem Wert im Objekt (Gesamtanzahl der Objekte: 101)



Kultureller Befund *Legionella* spp.



qPCR-Befund *L. pneumophila*

Molekularbiologische Analyse ohne Differenzierung lebend/tot

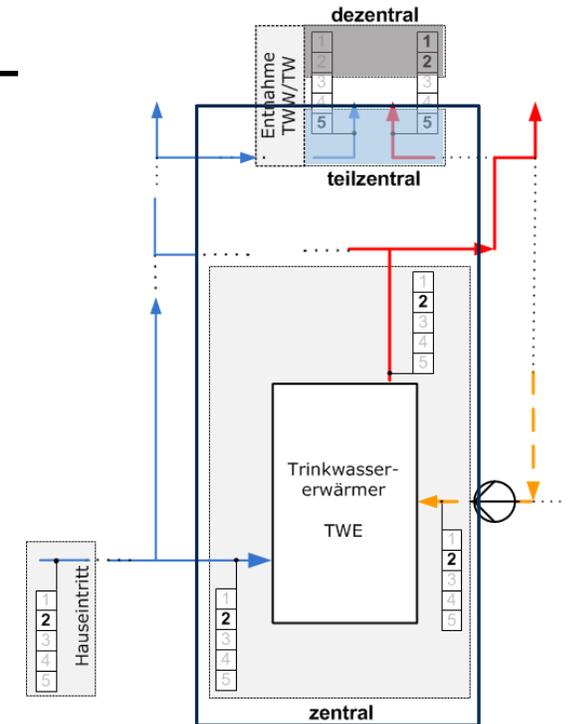
Fazit:

- 11 % der kulturellen Befunde über dem technischen Maßnahmewert
- qPCR *L. pneumophila* liefert häufiger positive Ergebnisse

Auswertung Kategorien der Kontamination – kultureller Befund

≥ 1 KbE/100 mL, davon > 100 KbE/100 mL

Bezeichnung	≥ 1 KbE/100 mL	> 100 KbE/100 mL
Objekte mit positivem Befund	25	11*
- nur dezentral positive Befunde = dez. Kontamination	3	2
= Objekte mit pos. systemischen Befund	22	9
Objekte auch mit teilzentraler Kontamination	18	7



Fazit

- Größte Probleme teilzentral!

- *
 - 3 Objekte > 1.000 KbE/100 mL dezentral
 - max. Befund: 13.000 KbE/100 mL dezentral

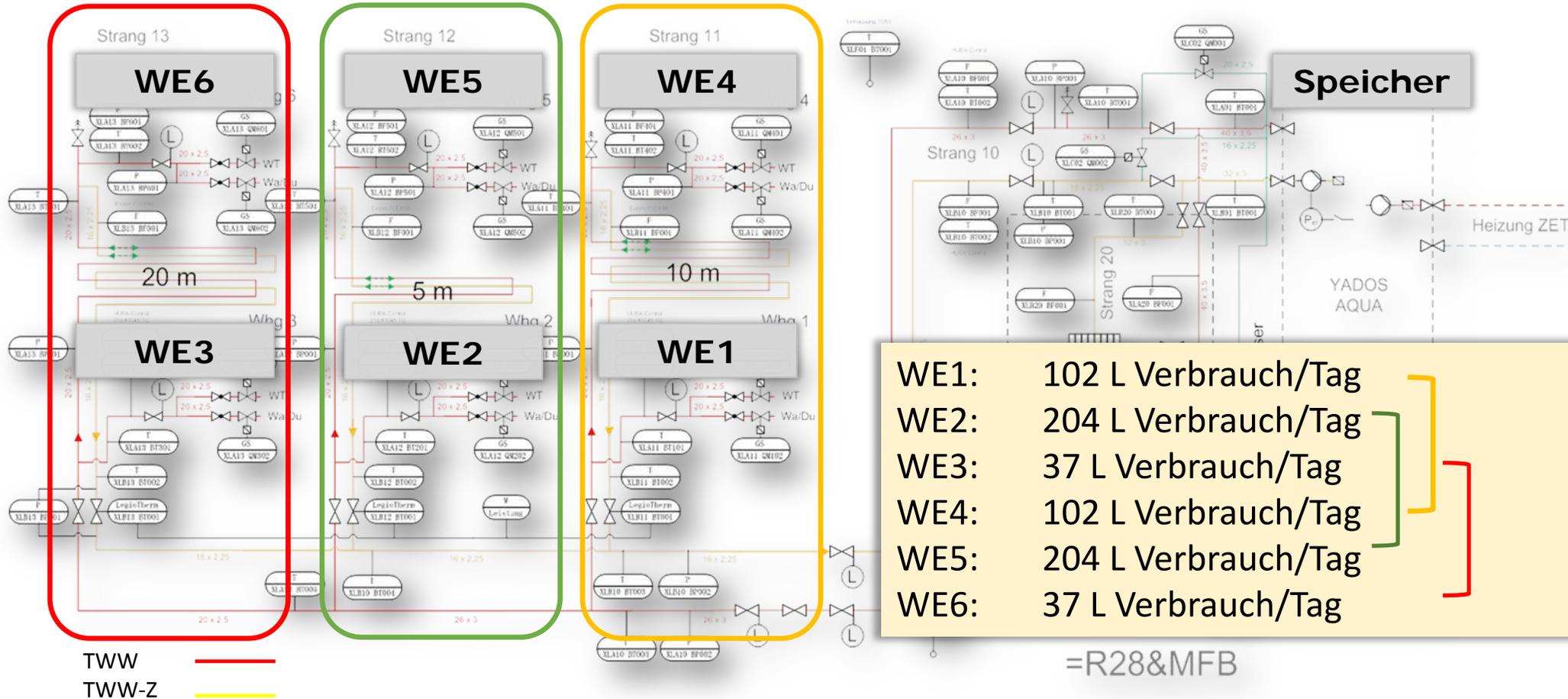
Technikumsversuchsstand TWI im Zentrum für Energietechnik der TU Dresden



Realitätsnahe Abbildung 6-Familien-MFH mit Variation Abnehmerlage + Entnahmeprofil

3 Entnahmeprofile

TWW: EU-reference tapping cycles TWK: DVGW W 510/512-Adaption



Bsp.: TWW-Seite der TWI-Versuchsanlage

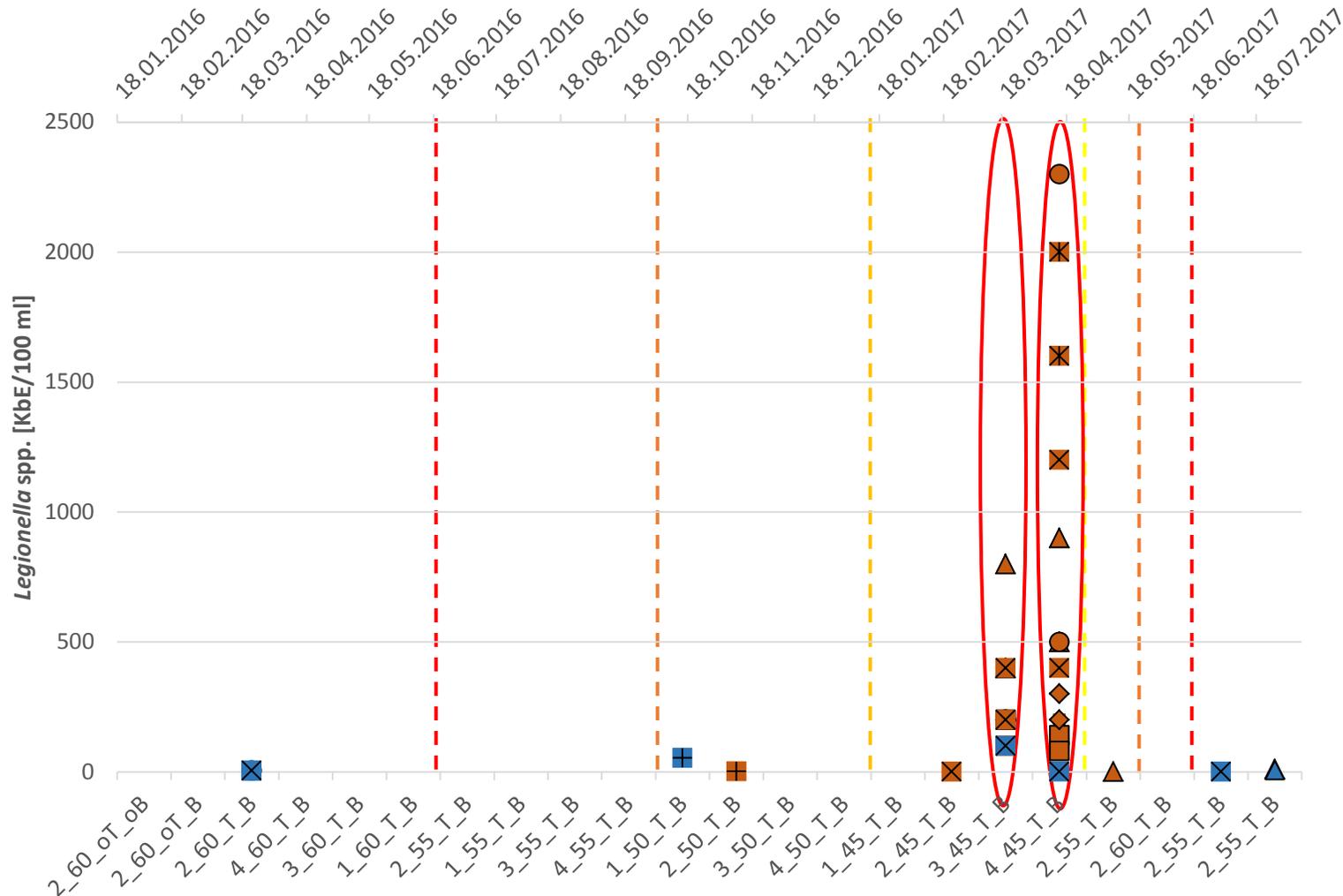
Technikumsversuchsstand TWI im ZET der TU Dresden - Versuchsmatrix

- Was wurde im Laufe der Versuche variiert?
 - hydraulische Abgleichmethode (1 bis 3) bzw. Betrieb mit elektrischer Begleitheizung (4)
 - Temperatur des TWW: beginnend mit 60 °C in Schritten zu 5 K bis 45 °C
- Kennung der Versuche:
 - A_XY_T_B
 - mit Beplankung
 - mit Irennwand
 - Temperatur TWW (60, 55, 50, 45) °C
 - Abgleichmethode (1, 2, 3, 4 = Heizband)

Temperatur TWW	Abgleichmethode	Zeitraum	Kennung
60 °C	1	19.05. – 06.06.2016	1_60_T_B
	2	18.03. – 04.04.2016	2_60_T_B
	3	27.04. – 17.05.2016	3_60_T_B
	4	08.04. – 25.04.2016	4_60_T_B
55 °C	1	01.07. – 18.07.2016	1_55_T_B
	2	08.06. – 27.06.2016	2_55_T_B
	3	19.07. – 08.08.2016	3_55_T_B
	4	11.08. – 29.08.2016	4_55_T_B
50 °C	1	30.08. – 15.09.2016	1_50_T_B
	2	19.09. – 10.10.2016	2_50_T_B
	3	11.10. – 01.11.2016	3_50_T_B
	4	02.11. – 21.11.2016	4_50_T_B
45 °C	1	22.11. – 14.12.2016	1_45_T_B
	2	09.01. – 30.01.2017	2_45_T_B
	3	15.12. – 09.01.2017	3_45_T_B
	4	31.01. – 20.02.2017	4_45_T_B

Technikumsversuchsstand TWI: Bsp. Ergebnisse *Legionella* spp. – Kulturelle Befunde

Quelle: IMMh



Kulturbefunde:

- 60 °C:
5 KbE/100 mL
L. anisa in WE4-6 im **TW**
- 50 °C:
L. erythra auf Biofilm-Monitor
TW WE6 (53 KbE/cm²)
- 50 °C:
Labor: L. shakespearei im Anreicherungsversuch bei 37 °C aus WE6 **TWW**
- 45 °C:
 - *L. pneumophila* Sg1 in **TWW** (alle WE, Speicher und Zirkulation) und **TW** WE 6
 - *L.pneumophila* PCR positiv: Max. 4×10^4 GU/500 mL
- Erhöhung 55 °C:
 - Legionella < 10 KbE /100 mL
 - *L.pneumophila* PCR positiv: 2×10^2 GU/500 mL

Simulation TWI, da weder TWK noch Raumtemperatur für alle Versuche konstant

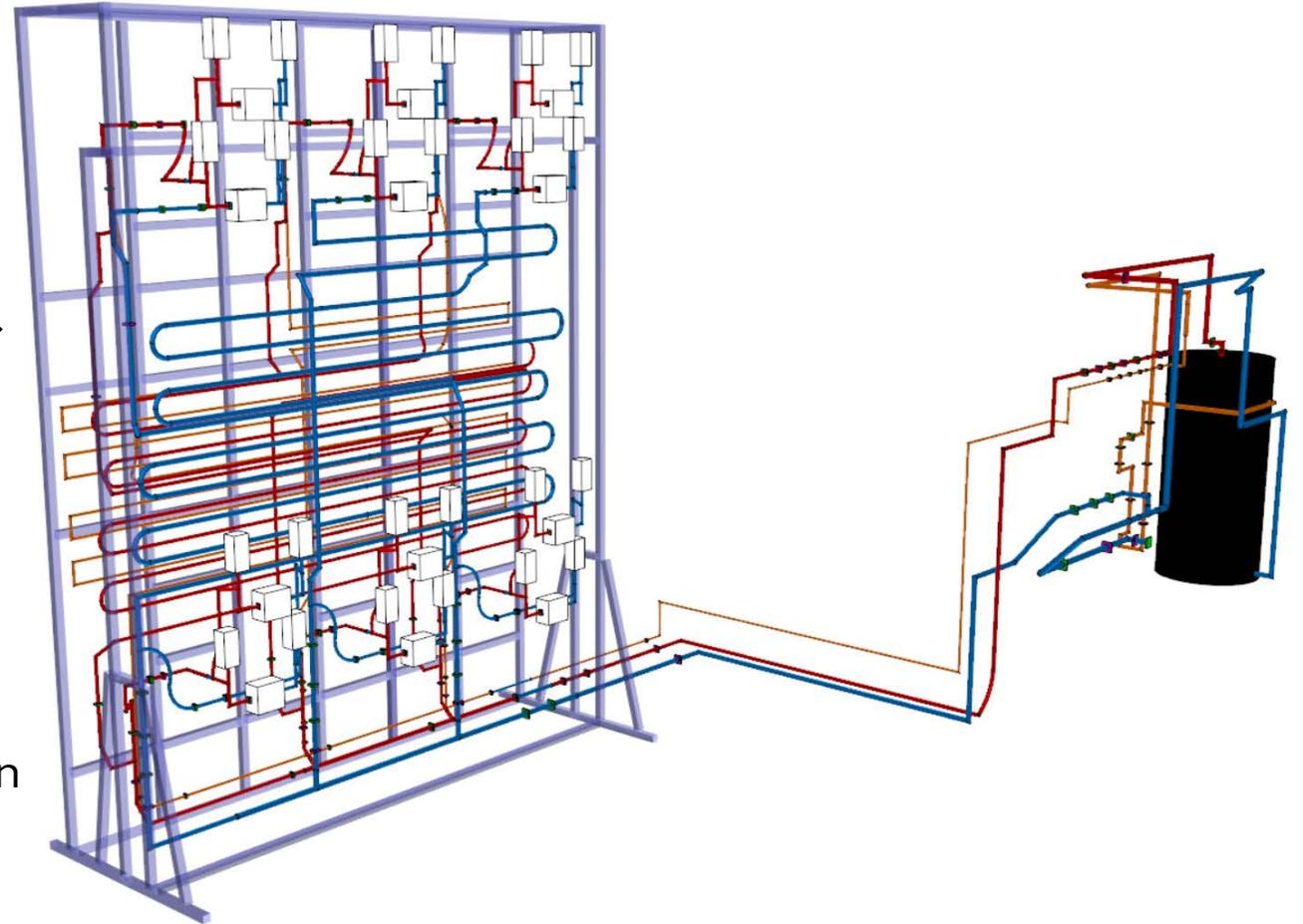
reale TWI am ZET

virtuelle TWI in TRNSYS-TUD

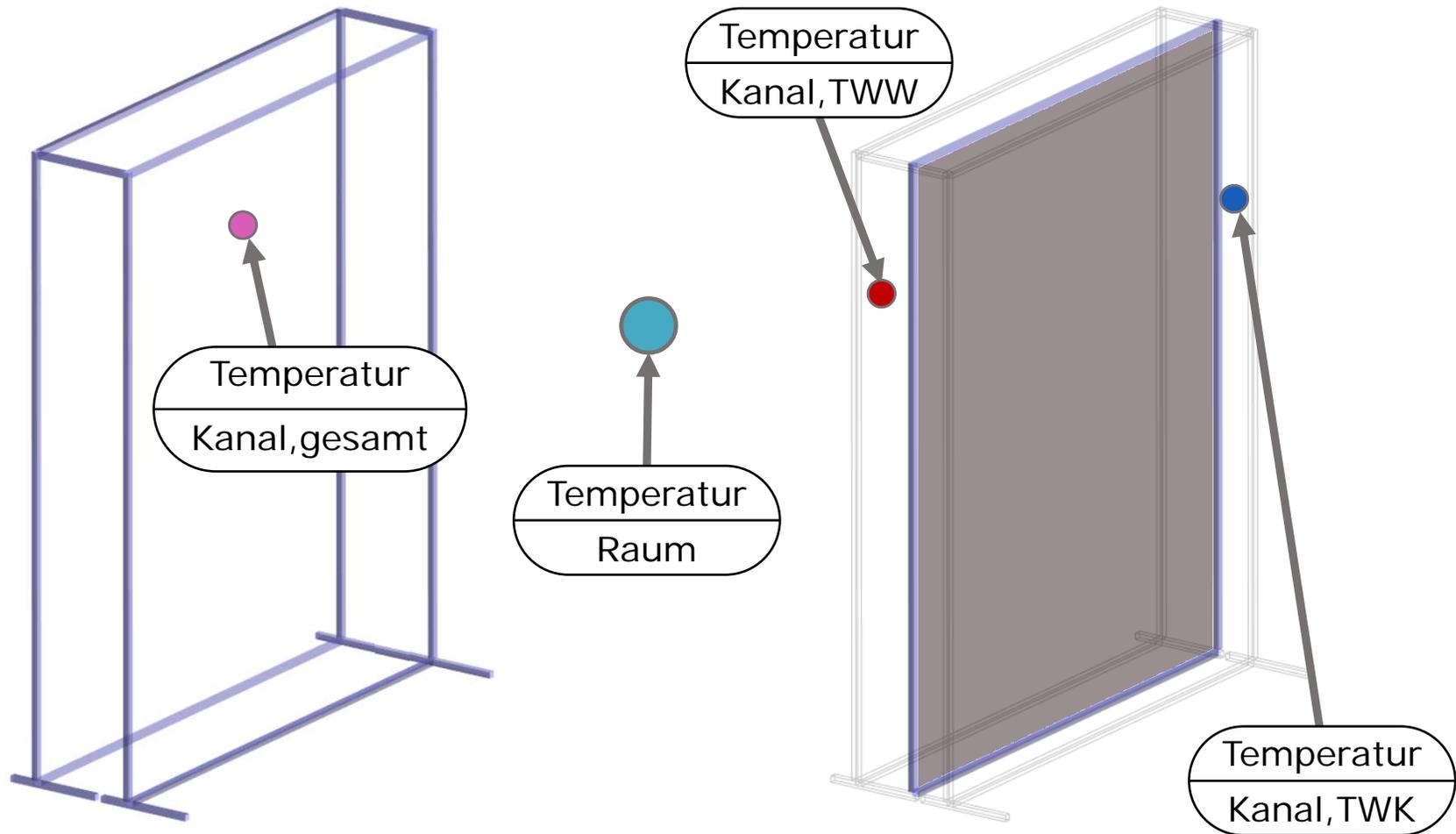


- Gesamte Installation vollständig 3D erfasst
- Thermohydraulische Simulation und Kopplung an Kanal- und Raumsimulation in

TRNSYS-TUD



Simulationsstudie – Einfluss Kanal-Trennwand



Simulationsstudie – Varianten mit besonderer Relevanz

Temperatur am Austritt Trinkwassererwärmer ϑ_{TWW}		Szenario	Temperatur am Hausanschluss $\vartheta_{TW,HA}$		Temperatur Raumluft ϑ_{Raum}	
Werte in Simulation	Bemerkung	Bemerkung	Werte in Simulation	Bemerkung	Werte in Simulation	Bemerkung
70; 60; 55; 50; 45	Variiert in der Realität wenig, ist von der Betriebsweise und nicht vom Standort abhängig.	Extremfall - Kalt	10	Variiert in der Realität und ist standortabhängig vom Jahreszeiteinfluss dominiert	17	Variiert in der Realität und ist vom Gebäudetyp, dem Nutzerverhalten und der Jahreszeit beeinflusst. Und kann in der Realität noch deutlich über 24°C liegen (Sommer)
		Durchschnitt	15		20	
		Extremfall - Warm	25		24	

Simulationsstudie – Einfluss Kanal-Trennwand – Auswirkung auf Temperaturen TWK

Mittelwertvergleich ausgewählter Temperaturen ohne und mit Kanaltrennwand											
Temperatur			Kanal			Nächstgelegene Entnahmestelle			Entfernteste Entnahmestelle		
-			ohne -	mit - Trennwand		ohne -	mit -	-	ohne -	mit -	-
ϑ_{TWW}	$\vartheta_{TW,HA}$	ϑ_{Raum}	$\bar{\vartheta}_{Kanal,ges.}$	$\bar{\vartheta}_{Kanal,TWW}$	$\bar{\vartheta}_{Kanal,TWK}$	$\bar{\vartheta}_{TWK,WE1}$	$\bar{\vartheta}_{TWK,WE1}$	$\Delta\bar{\vartheta}$	$\bar{\vartheta}_{TWK,WE6}$	$\bar{\vartheta}_{TWK,WE6}$	$\Delta\bar{\vartheta}$
70	15	20	28,0	31,2	20,8	19,1	16,9	2,2	23,0	18,6	4,4
60			26,3	29,0	20,5	18,6	16,8	1,8	22,0	18,5	3,5
55			25,5	27,8	20,4	18,4	16,8	1,6	21,6	18,4	3,2
50			24,6	26,7	20,3	18,2	16,8	1,4	21,1	18,3	2,8
45			23,8	25,6	20,1	18,3	17,0	1,3	21,0	18,5	2,5
70	25	24	31,7	34,3	25,5	27,0	25,1	1,9	29,1	25,3	3,8
60			30,0	32,1	25,2	26,5	25,0	1,5	28,1	25,1	3,0
55			29,2	30,9	25,0	26,3	25,0	1,3	27,6	25,0	2,6
50			28,4	29,8	24,9	26,0	24,9	1,1	27,1	24,9	2,2
45			27,5	28,7	24,7	25,9	24,9	1,0	26,7	24,8	1,9

Simulationsstudie Gesamtsystem - Untersuchungsvarianten

Baualter- klasse	Anzahl WE x Personen je WE	Übergabe- system	Wärmeerzeuger	Speicher	TWE	TWW- Temp.
< 1978 (WSchVo77)	2 WE x 2 Pers. 2 WE x 4 Pers. 2 WE x 6 Pers.	Heizkörper	NT -Kessel Erdgas	TWW - Speicher	Speicherprinzip	60 °C
			Fernwärme			55 °C 50 °C
1978- 1994		Heizkörper	NT -Kessel Erdgas	TWW - Speicher	Speicherprinzip	60 °C 55 °C 50 °C
			Brennwertkessel Erdgas			
			Fernwärme			
KfW70		Fußboden- heizung	Brennwertkessel Erdgas	TWW - Speicher	Speicherprinzip	60 °C 55 °C 50 °C
			Wärmepumpe Solarthermie	Heizungs- Pufferspeicher	Zentr. Durchflussprinzip	
			Fernwärme	TWW - Speicher	Speicherprinzip	
				-	Zentr. Durchflussprinzip	
Holzpellets Solarthermie		Heizungs- Pufferspeicher	Zentr. Durchflussprinzip			

Ziel

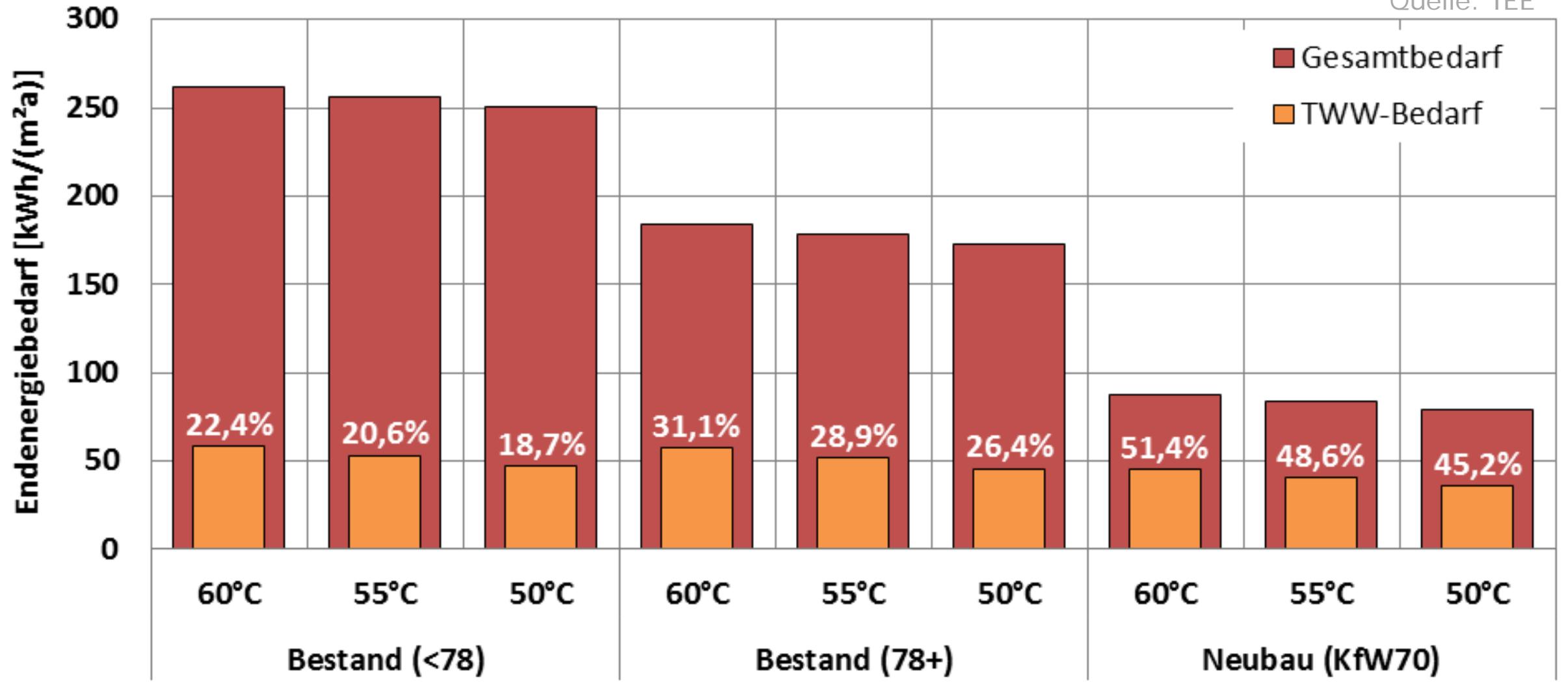
Quantifizierung des Einflusses der **Art der TWE** und der **Betriebsweise der TWI** auf

Energiebedarf und CO₂-Emissionen des Gesamtsystems bei gleicher Konfiguration der Wohneinheiten (WE)

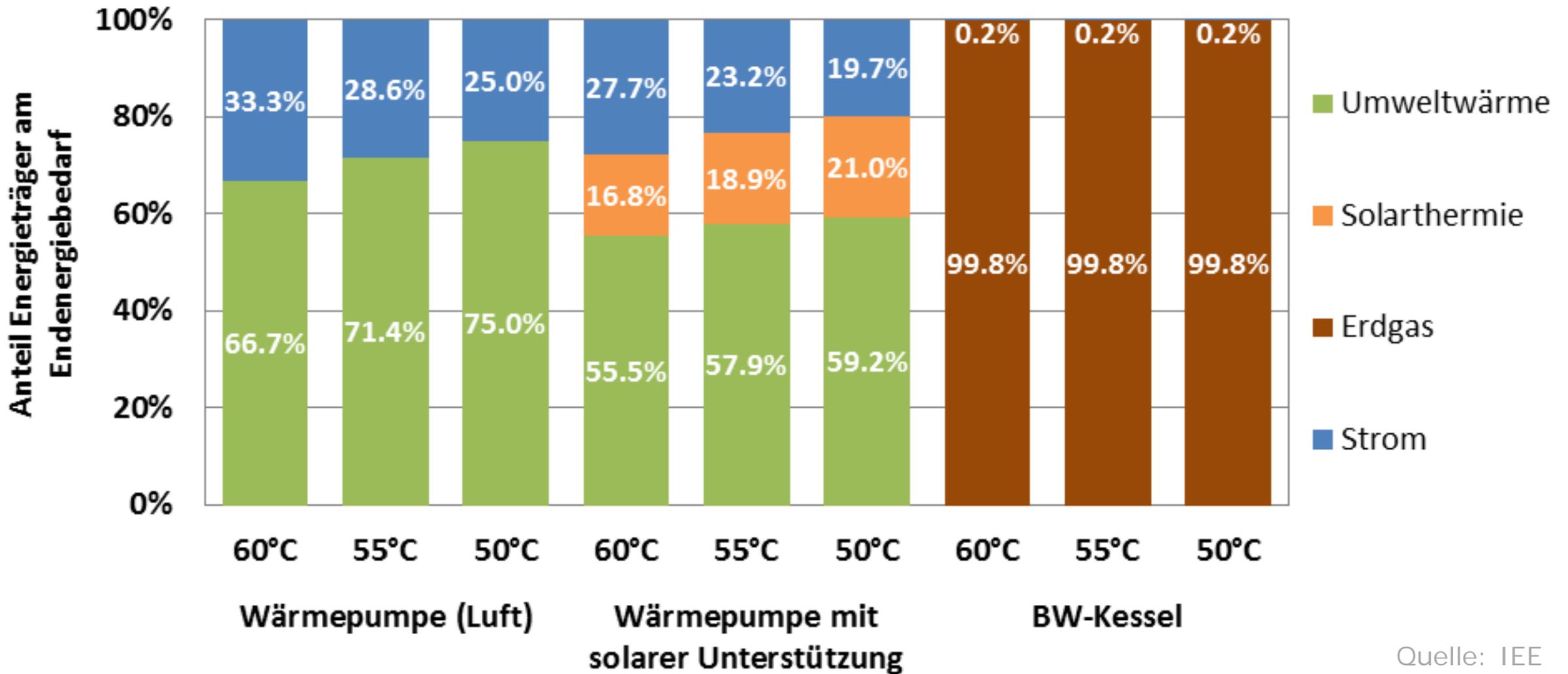
(Grün hinterlegt Referenzvariante; Temperatur des dem TWE zugeführten TWK $\vartheta_{\text{TWK,TWE}} = 10 \text{ °C}$)

Flächenbezogener Endenergiebedarfs eines MFH und Anteil der Trinkwassererwärmung

Quelle: IEE



Anteil regenerativer Energiebereitstellung am gesamten Endenergiebedarf Gebäude



Ansprechpartner/ Kontakte

Verbundprojektkoordinator

Technische Universität Dresden
Professur für Gebäudeenergietechnik
und Wärmeversorgung
01062 Dresden

Leiter der Professur

Prof. Dr.-Ing. Clemens Felsmann
T.: +49 (0) 351 - 463 3 2145 (Sekretariat)

Verbundprojektleitung

Dr.-Ing. Karin Rühling
T.: +49 (0) 351 - 463 3 2375

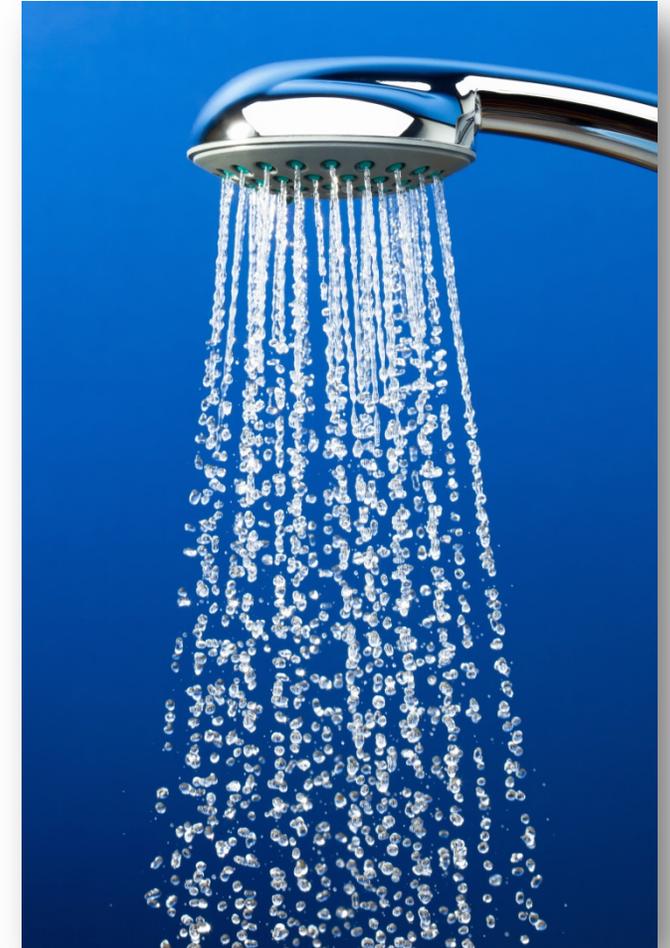
Dr. med. Christian Lück
+49 (0) 351 - 468 1 6850

Verantwortliche Datenbank

Dipl.-Inf. Regina Rothmann
T.: +49 (0) 351 - 463 3 2611 direkt

Projekt- E-Mail und Hotline

EE_HYG_at_TWI@mailbox.tu-dresden.de



2018

Berliner **ENERGIETAGE**

Energiewende in Deutschland

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Hauptveranstalter

EUMB ■ Pöschk

Premiumpartner



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

BERLINER
impulse
Wissen verbindet
Energie spart

Eine Veranstaltung von:



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

UNIVERSITÄT
BONN

Institute for Hygiene
and Public Health
ihph



Fraunhofer

IEE