



# BTGA

Bundesindustrieverband  
Technische Gebäudeausrüstung e.V.

 aqua  
nova  
system



**ROM**

Technik für Mensch & Umwelt

  
**CALVIAS**  
TECHNISCHE  
GEBÄUDEAUSRÜSTUNG



# BTGA - ALMANACH

# 2019

# GRUNDFOS GO GARANTIE

# 5 JAHRE SICHERHEIT

# AB INBETRIEBNAHME



Volle 5 Jahre Garantie ab Inbetriebnahme – das sichern Sie sich mit der Grundfos GO Garantie für Pumpen der Baureihen MAGNA3, TPE, NBE und NKE. Weder Produktionsdatum, Lagerzeiten noch der Zeitraum zwischen Einbau und Inbetriebnahme beeinflussen den Garantiebeginn. Erstellen Sie mit der App Grundfos GO einfach den Grundfos GO Bericht, um die Inbetriebnahme zu dokumentieren und senden Sie diesen per Mail an [GoGarantie@grundfos.com](mailto:GoGarantie@grundfos.com). Schon ist die Pumpe für die Garantie registriert.

Im Online-Portal MyPump finden Sie eine praktische Soforthilfe-Funktion und können schnell und einfach einen Garantiefall abwickeln. Auch produktbezogene Informationen und hilfreiche Links zu weiteren Grundfos Services finden Sie hier. Erfahren Sie mehr unter: [www.grundfos.de/gogarantie](http://www.grundfos.de/gogarantie)

be  
think  
innovate

**GRUNDFOS** 



## Zum Geleit



Dipl.-Ing. (FH) Hermann Sperber  
Präsident des BTGA



Günther Mertz M.A.  
Hauptgeschäftsführer des BTGA

Die Branche der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) hat sich in den vergangenen Jahren hervorragend entwickelt und steht gut da: Der Umsatz der gesamten HKS-Branche wuchs 2018 das neunte Jahr in Folge. Aufgrund der sehr guten Auftragslage und Auslastung der Unternehmen ist auch in diesem Jahr mit weiterem Wachstum zu rechnen. Das ifo-Institut München prognostiziert für 2019 einen Anstieg des Branchenumsatzes um rund 2,5 Prozent. Auch für die nächsten Jahre ist zu erwarten, dass sich die wirtschaftliche Lage der TGA-Branche stabil entwickelt.

Allerdings trübt der immer stärker zunehmende Fachkräftemangel die Stimmung: Für die Unternehmen wird es immer schwieriger, Auszubildende und qualifizierte Mitarbeiter zu finden. Fehlen die Mitarbeiter, können Produkte nicht verbaut und Anlagen nicht gebaut werden – sie können also auch nicht verkauft werden.

Der BTGA – Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V. hat sich entschieden, nicht nur auf den Fachkräftemangel hinzuweisen, sondern ihm gemeinsam mit den Mitgliedern der BTGA-Organisation auch tatkräftig entgegenzuwirken.

Im September 2018 hat der BTGA seine Aus- und Weiterbildungsoffensive mit dem Zertifizierungsprogramm „Servicemonteur BTGA“ gestartet: In Kooperation mit dem ERFURT Bildungszentrum wird den Mitgliedsunternehmen der BTGA-Organisation die Möglichkeit geboten, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zum „Servicemonteur BTGA“ schulen und zertifizieren zu las-

sen. Das Zertifikat und das Emblem „Servicemonteur BTGA“ stellen ein zusätzliches Qualitätsmerkmal dar. Sie bieten einem Auftraggeber die Sicherheit, dass die Monteur fachlich qualifiziert sind, um die besonderen Anforderungen des Services im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung zu erfüllen.

Das Schulungskonzept zum „Service-monteur BTGA“ startete zunächst mit den fünf Modulen „Erweiterung der technischen Kenntnisse“, „Fachspezifische Kenntnisse der Heizungstechnik“, „Raumluftechnische Systeme“, „Mess-, Steuer-, Regeltechnik mit Schwerpunkt in der Heizungstechnik“ und „Betriebswirtschaftliche Kenntnisse und Kundenorientierung“. In diesem Jahr wird das Schulungskonzept noch um je ein Modul zur Trinkwasser-Installation und zu Erneuerbaren Energien ergänzt werden. Um den Abschluss „Servicemonteur BTGA“ zu erlangen, müssen die Prüfungen in mindestens fünf Modulen bestanden werden. Das Modul 1 und das Modul 5 sind Pflichtmodule.

Das Zertifizierungsprogramm „Servicemonteur BTGA“ war aber nur der Startschuss – der BTGA wird seine Aus- und Weiterbildungsoffensive um weitere Programme ergänzen: Im Herbst 2019 wird die Zertifizierung „Bauleitender Monteur BTGA“ starten und danach wird das Zertifizierungsprogramm „BTGA Fachbauleiter TGA“ folgen. Auch dabei wird der BTGA mit Kompetenzzentren kooperieren.

Gemeinsam mit der Frankfurt School of Finance & Management (FS) hat der BTGA außerdem den passgenauen Studiengang

„Zertifizierter TGA-Manager“ für die Branche entwickelt, der im März 2019 auf dem Frankfurt School Campus startete. In diesem neuen Zertifikatsstudiengang vermitteln Dozenten der Frankfurt School den Teilnehmerinnen und Teilnehmern das erforderliche fachliche Wissen, um sich stetig neuen Anforderungen stellen zu können. Darüber hinaus lernen sie, ihre Führungsqualitäten zu entwickeln und zu stärken. Das gemeinsam von BTGA und der Frankfurt School erarbeitete Konzept besteht aus 25 Seminartagen mit Themenbereichen wie „Projektmanagement“, „Trends & Digitalisierung“ oder „Unternehmensführung“ sowie aus ergänzenden multimedialen Elementen. Damit werden die überwiegend technischen Qualifizierungsangebote der Branche der Technischen Gebäudeausrüstung um einen Studiengang erweitert, der entwickelt wurde, um die Fach- und Führungsqualitäten der Branchenvertreter auszubauen.

Die TGA-Branche bietet vielseitige, anspruchsvolle und spannende Berufsfelder mit guten Karrieremöglichkeiten. Wie vielseitig und spannend die Branche der Technischen Gebäudeausrüstung ist, zeigt auch der BTGA-Almanach 2019. Darin präsentiert der BTGA Technologien und Lösungen, die die Gebäudewende effizient und praxisorientiert unterstützen. Denn die Energie-wende kann nur dann zum Erfolg werden, wenn auch die Gebäudewende erfolgreich gelingt. ◀



# Inhaltsverzeichnis

## Zum Geleit

Dipl.-Ing. (FH) Hermann Sperber, Günther Mertz M.A., BTGA e.V. **3**

## BTGA aktuell

Die Organisationsstruktur des BTGA **6**

Der BTGA und seine Landesverbände **8**

Direkt- und Fördermitglieder des BTGA **10**

## Technische Trends und Normung

Eine gemeinsame Sprache für BIM – Building Information Modeling  
Dipl.-Ing. (FH) Clemens Schickel, technischer Referent, BTGA e.V. **12**

Monitoring im Logistikzentrum bestätigt erhebliche Energieeinsparung  
Dr.-Ing. Klaus Menge, Geschäftsführer, FRENGER SYSTEMEN BV Heiz- und Kühltechnik GmbH, Groß-Umstadt **16**

Brandschutz in der Gebäudetechnik: Nachweisverfahren für modulare Tragsysteme  
Giovanni Riello, Vorschriften und Zulassungen, Hilti AG, Liechtenstein  
Dr.-Ing. Susanne Reichel, Zentrum für Innovation und Berechnung, MFPA Leipzig GmbH  
Robert Rollin, Segmentleiter, Hilti Deutschland AG, Kaufering **20**

Regelkonforme Brandschutzlösungen im Installationsbereich  
Dr.-Ing. Werner Ludwig, Fachplaner für gebäudetechnischen Brandschutz (EIPOS), Technische Information, Sikla GmbH, VS-Schwenningen **24**

Reduzierung der Kaltwassertemperatur in Stockwerksleitungen durch Erhöhung des Wasserwechsels  
Dr. Lars Rickmann, UMIT – Universität für Gesundheitswissenschaften, Medizinische Informatik und Technik, Hall in Tirol  
Timo Kirchhoff M.Eng., Leiter Produktmanagement, Gebr. Kemper GmbH + Co. KG, Olpe  
Prof. Dr. Werner Mathys, Ehem. Institut für Hygiene, Universitätsklinikum Münster  
Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann, Ehem. FB Energie, Gebäude, Umwelt, FH Münster  
Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker, FB Energie, Gebäude, Umwelt, FH Münster **28**

Über das Komplizierte zum Einfachen  
Christoph Kleine MBA, technischer Referent, Herstellerverband Raumluftechnische Geräte e.V. **36**

Kälte durch Wärme: Energieeffiziente Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung  
Dipl.-Ing. M.Eng. Stefan Tuschy, technischer Referent, BTGA e.V.  
Dipl.-Ing. (FH) Clemens Schickel, technischer Referent, BTGA e.V. **40**

Anlagenhydraulik: Weichentechnologie effizient eingesetzt  
Florian Füssner B.Eng., Produktmanager, Sinusverteiler GmbH, Wetztrigen **45**

Adiabate Verdunstungskühlung in der Lüftungstechnik  
Tobias Lackmann, Area Sales Manager Vertrieb / Technik, Menerga GmbH, Mülheim an der Ruhr **48**

Sicherheit im Duschbereich: Bäder mit bodenebenen Duschen richtig abdichten  
Marcus Möllers, Manager Public Relations, Franz Kaldewei GmbH & Co. KG, Ahlen **56**

Netzwerkbasierete Beleuchtungssteuerung und adaptive Betriebszeitoptimierung  
Dr.-Ing. Bruno Lüdemann, Leiter Energiesysteme und Simulation, Rud. Otto Meyer Technik GmbH & Co. KG, Hamburg  
Christian Warnecke M.Sc., Projektingenieur F&E, Rud. Otto Meyer Technik GmbH & Co. KG, Hamburg  
Johannes Nußbaum, Geschäftsführer wtec GmbH, Bad Homburg **59**

Luft gut – alles gut?  
Dipl.-Ing. Udo Jung, Geschäftsführer, verantw. für Produktmanagement, Produktion, Vertrieb sowie Forschung und Entwicklung, TROX GmbH, Neukirchen-Vluyn **64**

Trinkkaltwasser-Zirkulation mit Kühlung  
Dipl.-Ing. (FH) Olaf Heinecke, Geschäftsführer, LTZ – Zentrum für Luft- und Trinkwasserhygiene GmbH, Berlin **68**

Legionellen: Wenn die Dusche zur Gefahr wird  
Daniel Wittoesch, Vertriebsleiter Projektgeschäft Gebäudetechnik Region West, Grundfos GmbH, Erkrath **73**

Boardinghouse Kapstadtring Hamburg: Kluge Trinkwasser- und Heizkonzepte für verdichtete Wohnformen  
Axel Neureither, Director Key Account Management Projects, Oventrop GmbH & Co. KG, Olsberg **76**

Bautechnik und Klimawandel heizen hygienekritisch Kaltwasser auf  
Dr. Christian Schauer, Leiter des Kompetenzbereichs Trinkwasser, Corporate Technology, Vioga, Attendorn **79**

**Herausgeber:** Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V.  
Hinter Hoben 149, 53129 Bonn  
Tel. 0228 94917-0 · Fax 0228 94917-17  
www.btga.de · E-Mail: info@btga.de

**Redaktion:** Jörn Adler,  
Referent für Wirtschaft und Öffentlichkeitsarbeit, BTGA e.V.

**Gesamtherstellung:** STROBEL VERLAG GmbH & Co. KG, Arnsberg

**Erscheinungstermin:** März 2019

Details zur Neuauflage der DIN V 18599  
„Energetische Bewertung von Gebäuden“  
Hans Erhorn, Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP),  
Stuttgart

Dipl.-Ing. Heiko Schiller, schiller engineering,  
Hamburg

Prof. Dr.-Ing. Thomas Hartmann, Geschäftsführer,  
ITG Dresden

Prof. Dr.-Ing. Kati Jagnow, FB Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit,  
Hochschule Magdeburg-Stendal

Dr. Jan de Boer, Fraunhofer-Institut für Bauphysik,  
Stuttgart

Dipl.-Ing. Claus Händel, technischer Referent, FGK e.V.,  
Bietigheim-Bissingen

Prof. Dr.-Ing. Anton Maas, FB Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung,  
Universität Kassel

Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz, Geschäftsführer,  
ITG Dresden

Prof. Dr.-Ing. Rainer Hirschberg, Hocheffizienzhausinstitut,  
Wiesbaden

84

## Wirtschaft, Recht und Berufsbildung

6.200 Milliarden Kilowattstunden Klima-Strom  
Günther Mertz M.A., Hauptgeschäftsführer des BTGA –  
Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V.

94

Fairness-Schutz  
der Allgemeinen Geschäftsbedingungen erhalten  
Rechtsanwalt Tobias Dittmar, LL.M., Geschäftsführer des BTGA e.V.

97

Wohnungsbau stützt weiteres Wachstum –  
Energetische Sanierung wichtiger Baubereich  
Jörn Adler, Referent für Wirtschaft und Öffentlichkeitsarbeit des BTGA e.V.

100

## Hinweise zur Titelseite

### „Regudis W-HTF“ - Wohnungsstation für eine effiziente Wärmeversorgung und Trinkwasserhygiene

Das „Aquanova-System“ setzt sich aus qualitativ hochwertigen Lösungen für die Trinkwassertechnik zusammen. Die Wohnungsstation „Regudis W-HTF“ ist ein Bestandteil dieses Systems. Sie definiert neue



Standards im Bereich der energieeffizienten Wärmeversorgung von Wohnungen und der Trinkwasserhygiene. Wohnungsstationen versorgen einzelne Wohnungen oder Gewerbeeinheiten mit Heizungswasser, sowie mit warmem und kaltem Trinkwasser ohne Fremdenergie. Die benötigte Heizwärme wird durch eine zentrale Wärmeversorgung bereitgestellt. Die Aufbereitung des warmen Trinkwassers erfolgt dezentral über einen Plattenwärmeübertrager nach dem Durchlaufprinzip.

#### OVENTROP GmbH & Co.KG

Paul-Oventrop-Straße 1 · D-59939 Olsberg  
Telefon: 02962 82-0 · Telefax: 02962 82-400  
E-Mail: mail@oventrop.com · Internet: www.oventrop.com

#### ROM Technik



Die Rud. Otto Meyer Technik GmbH & Co. KG (ROM Technik) plant, baut und wartet mit rund 2.000 Mitarbeitern deutschlandweit die Technische Gebäudeausrüstung für öffentliche, industrielle und private Kunden.

#### Technik für Mensch & Umwelt

Unsere Kunden profitieren vom exzellenten Know-how unserer KompetenzCenter:

- Reinräume & Labore
- Medientechnik
- Stromversorgung
- Kommunikation & Sicherheitstechnik
- Leitstellentechnik
- Industrielle Lufttechnik
- Automatisierungstechnik
- Gebäudeautomation

Unser Bereich **Forschung & Entwicklung** zählt zu den führenden Gebäudetechnik-Laboren in Europa. Ein hoch spezialisiertes Team aus Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern erarbeitet hier auf einem soliden Fundament von Theorie und jahrzehntelanger Erfahrung Lösungen für praxis- und projektbezogene Herausforderungen.

#### Rud. Otto Meyer Technik GmbH & Co. KG

Motorstraße 62 · 70499 Stuttgart  
Telefon: 0711 139300 · E-Mail: info@rom-technik.de

#### Die CALVIAS Gruppe



Die Calvias GmbH mit Sitz in Trier ist eine mittelständische Holding für Unternehmen der technischen Gebäudeausrüstung. Mit 9 Standorten und 536 Mitarbeitern generieren die Unternehmen der Calvias deutschlandweit mittlerweile eine Gesamtleistung von rund 100 Mio. €. Calvias übernimmt in dieser bewusst dezentralen Unternehmensstruktur eine klassische Holdingfunktion und unterstützt die Gruppenunternehmen bei jeglichen strategischen und kaufmännischen Themen.

#### Gewerke:

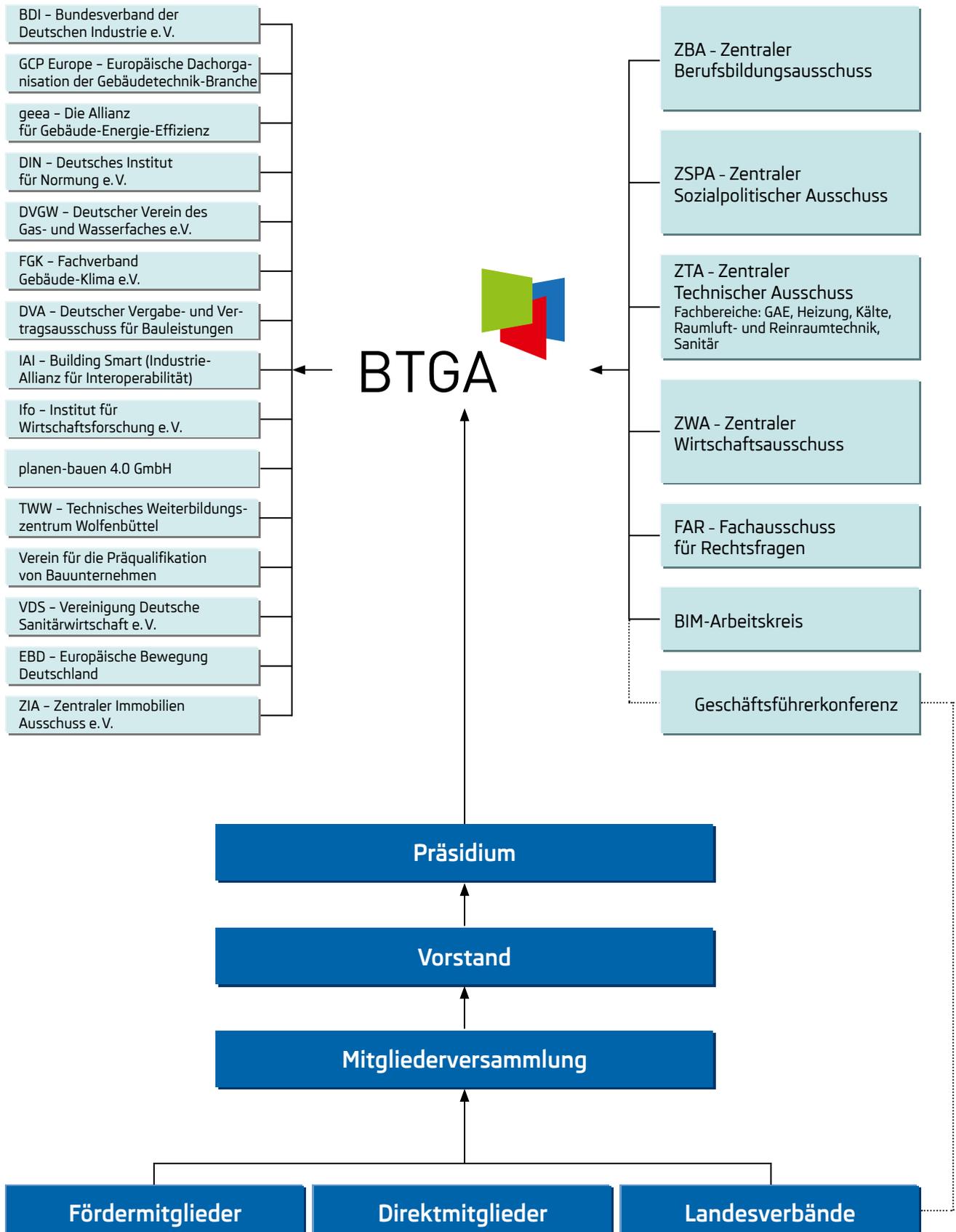
- Heizungs- und Sanitärtechnik
- Lufttechnik
- Kältetechnik
- Mess-Steuer-Regeltechnik & Gebäudeautomatisation
- Technischer Generalunternehmer
- Komplexe Wasser- und Prozesstechnik
- Kältetechnik
- Service, Wartung und Betriebung

#### Calvias GmbH

An den Kaiserthermen 5 · 54290 Trier  
Telefon: 0651 970 23 250 · Telefax: 651 970 23-33  
E-Mail: info@calvias.de · Internet: www.calvias.de



# Die Organisationsstruktur des BTGA



# oventrop



## **Regudis W-HTF**

Wohnungsstation für eine  
effiziente Wärmeversorgung  
und Trinkwasserhygiene





# Der BTGA und seine Landesverbände

## Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V.



Hinter Hoben 149, 53129 Bonn  
Tel.: 0228 94917-0; Fax: 0228 94917-17  
Internet: [www.btga.de](http://www.btga.de)  
E-Mail: [info@btga.de](mailto:info@btga.de)  
Präsident: Dipl.-Ing. (FH) Hermann Sperber  
Hauptgeschäftsführer: Günther Mertz, M. A.  
Geschäftsführer: RA Tobias Dittmar, LL.M.

## Industrieverband Technische Gebäudeausrüstung Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Bremen e.V.



Raiffeisenstr. 18, 30938 Großburgwedel  
Tel.: 05139 8975-0; Fax: 05139 8975-40  
Internet: [www.itga-mitte.de](http://www.itga-mitte.de)  
E-Mail: [info@itga-mitte.de](mailto:info@itga-mitte.de)  
Vorsitzender: Dipl.-Ing. (FH) Nikolaus Daume  
Geschäftsführer: RA Dirk Drangmeister

## Industrieverband Technische Gebäudeausrüstung Baden-Württemberg e.V.



Motorstraße 52, 70499 Stuttgart  
Tel.: 0711 135315-0; Fax: 0711 135315-99  
Internet: [www.itga-bw.de](http://www.itga-bw.de)  
E-Mail: [verband@itga-bw.de](mailto:verband@itga-bw.de)  
Vorsitzender: Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Sautter  
Geschäftsführer: RA Robert Pomes, MBA

## Industrieverband Technische Gebäudeausrüstung und Energietechnik Nord e.V. Verband für Hamburg, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern



Winterhuder Weg 76, 22085 Hamburg  
Tel.: 040 329095-70; Fax: 040 329095-95  
Internet: [www.itga-nord.de](http://www.itga-nord.de)  
E-Mail: [info@itga-nord.de](mailto:info@itga-nord.de)  
Vorsitzender: Dipl.-Kfm. (FH) René Mannheim  
Geschäftsführer: RA Thomas Wiese

## Industrieverband Technische Gebäudeausrüstung Bayern, Sachsen und Thüringen e.V.



Rümannstr. 61, 80804 München  
Tel.: 089 360 350 90; Fax: 089 3613765  
Internet: [www.itga-suedost.de](http://www.itga-suedost.de)  
E-Mail: [info@itga-suedost.de](mailto:info@itga-suedost.de)  
Vorsitzender: Dipl.-Ing. Werner Menge  
Geschäftsführer: RA Dr. Florian Festl

## Industrieverband Technische Gebäudeausrüstung Nordrhein-Westfalen e.V.



Bilker Str. 3, 40213 Düsseldorf  
Tel.: 0211 329217/18; Fax: 0211 324493  
Internet: [www.itga-nrw.de](http://www.itga-nrw.de)  
E-Mail: [info@itga-nrw.de](mailto:info@itga-nrw.de)  
Vorsitzender: Dipl.-Ing. Bernd Pieper  
Geschäftsführer: RA Martin Everding

## VGT - Gesamtverband Gebäudetechnik e.V.



Haynauer Str. 56A, 12249 Berlin  
Tel.: 030 76792910; Fax: 030 7761073  
Internet: [www.vgt-az.de](http://www.vgt-az.de)  
E-Mail: [info@vgt-az.de](mailto:info@vgt-az.de)  
Vorsitzender: Dipl.-Ing. M.Eng. Andreas Neyen  
Geschäftsführerin: Dipl.-Kffr. Carola Daniel

## Industrieverband Technische Gebäudeausrüstung Rheinland-Pfalz, Saarland e.V.



Wilhelm-Heinrich-Str. 16, 66117 Saarbrücken  
Tel.: 0681 53667; Fax: 0681 584247  
Internet: [www.itga.info](http://www.itga.info)  
E-Mail: [info@itga.info](mailto:info@itga.info)  
Vorsitzender: Dipl.-Ing. Jan Heckmann  
Geschäftsführer: RA Dr. Jörg Schultheiß

## Industrieverband Technische Gebäudeausrüstung und Umwelttechnik Hessen e.V.



Emil-von-Behring-Straße 5,  
60439 Frankfurt/Main  
Tel.: 069 95809-150; Fax: 069 95809-9150  
Internet: [www.itga-hessen.de](http://www.itga-hessen.de)  
E-Mail: [edward.fuhrmann@itga-hessen.de](mailto:edward.fuhrmann@itga-hessen.de)  
Vorsitzender: Dr. Sven Herbert  
Geschäftsführer: RA Edward Fuhrmann

# Gebäude zum Leben erwecken.

**Wir begleiten und optimieren  
den gesamten Lebenszyklus  
Ihres Gebäudes.**



Technik für Mensch & Umwelt

[www.rom-technik.de](http://www.rom-technik.de)

ROM Technik ist deutschlandweit führend im Planen,  
Bauen und Warten von Technischer Gebäudeausrüstung.

**Rud. Otto Meyer Technik GmbH & Co. KG**

Motorstraße 62 · 70499 Stuttgart

Telefon 0711 139300 · [info@rom-technik.de](mailto:info@rom-technik.de)



# Direkt- und Fördermitglieder des BTGA

## Direktmitglieder

### Calvias GmbH

An den Kaiserthermen 5, 54290 Trier  
Tel.: 0651 97023-250, Fax: -33 · [www.calvias.de](http://www.calvias.de)

### Daldrop + Dr.Ing.Huber GmbH + Co. KG

Daldropstr. 1, 72666 Neckartailfingen  
Tel.: 07127 1803-0, Fax: 07127 3839 · [www.daldrop.com](http://www.daldrop.com)

### Elevion GmbH

Göschwitzer Str. 56, 07745 Jena  
Tel.: 03641 2934-100, Fax: -199 · [www.elevion.de](http://www.elevion.de)

### ENGIE Deutschland GmbH

Aachener Str. 1044, 50858 Köln  
Tel.: 0221 46905-0, Fax: -250 · [www.engie-deutschland.de](http://www.engie-deutschland.de)

### GA-tec Gebäude- und Anlagentechnik GmbH

Waldhofer Str. 98, 69123 Heidelberg  
Tel.: 06221 7364-0, Fax: -100 · [www.ga-tec.de](http://www.ga-tec.de)

## Fördermitglieder

### BerlinerLuft. Technik GmbH

Herzbergstr. 87-99, 10365 Berlin  
Tel.: 030 5526-20 40, Fax: -2211  
[www.berlinerluft.de](http://www.berlinerluft.de)

### BLH GmbH

Johann-Philipp-Reis-Str. 1, 54293 Trier  
Tel.: 0651 8109-0, Fax: -133  
[www.blh-trier.de](http://www.blh-trier.de)

### Danfoss GmbH

Carl-Legien-Str. 8, 63073 Offenbach  
Tel.: 069 8902-0; Fax: 069 47868-599  
[www.waerme.danfoss.de](http://www.waerme.danfoss.de)

### Felderer AG

Kreuzstr. 15, 85622 Feldkirchen  
Tel.: 089 742-1500, Fax: -84000  
[www.felderer.de](http://www.felderer.de)

### Georg Fischer GmbH

Daimlerstr. 6, 73095 Albershausen  
Tel.: 07161 302-0, Fax: -259  
[www.georgfischer.com](http://www.georgfischer.com)

### Geberit Vertriebs GmbH

Theuerbachstr. 1, 88630 Pfullendorf  
Tel.: 07552 934-881, Fax: -99881  
[www.geberit.de](http://www.geberit.de)

### Grundfos GmbH

Schlüterstr. 33, 40699 Erkrath  
Tel.: 0211 92969-0, Fax: -3739  
[www.grundfos.de](http://www.grundfos.de)

### HILTI Deutschland AG

Hiltistr. 2, 86916 Kaufering  
Tel.: 08191 90-4237, Fax -174237  
[www.hilti.de](http://www.hilti.de)

### Huber & Ranner GmbH

Gewerbering 15, 94060 Pocking  
Tel.: 08531 705-0, Fax -22  
[www.huber-ranner.com](http://www.huber-ranner.com)

### Franz Kaldewei GmbH & Co. KG

Beckumer Str. 33-35, 59229 Ahlen  
Tel.: 02382 785-0, Fax: -392  
[www.kaldewei.de](http://www.kaldewei.de)

### Gebr. Kemper GmbH + Co. KG

Harkortstr. 5, 57462 Olpe  
Tel.: 02761 891-0, Fax: -176  
[www.kemper-olpe.de](http://www.kemper-olpe.de)

### Neugart Beteiligungs-KG

Hans-Böckler-Str. 6, 51503 Rösrath  
Tel.: 02205 91915-11, Fax: -35  
[www.neugart-kg.de](http://www.neugart-kg.de)

### Oventrop GmbH & Co. KG

Paul-Oventrop-Str. 1, 59939 Olsberg  
Tel.: 02962 82-0, Fax: -401  
[www.owntrop.de](http://www.owntrop.de)

### Reflex Winkelmann GmbH

Gersteinstr. 19, 59227 Ahlen  
Tel.: 02382 7069-0, Fax: -9588  
[www.reflex.de](http://www.reflex.de)

### REHAU AG + Co

Ytterbium 4, 91058 Erlangen  
Tel.: 09131 925-0  
[www.rehau.de](http://www.rehau.de)

### Deutsche Rockwool GmbH & Co. KG

Rockwool Str. 37-41, 45966 Gladbeck  
Tel.: 02043 408-387, Fax: -444  
[www.rockwool.de](http://www.rockwool.de)

### Sikla GmbH

In der Lache 17, 78056 Villingen-Schwenningen  
Tel.: 07720 948-0, Fax: -337  
[www.sikla.de](http://www.sikla.de)

### Trox GmbH

Heinrich-Trox-Platz, 47504 Neukirchen-Vluyn  
Tel.: 02845 202-0, Fax: -265  
[www.trox.de](http://www.trox.de)

### Uponor GmbH

Industriestr. 56, 97437 Haßfurt  
Tel.: 09521 69-0  
[www.uponor.com](http://www.uponor.com)

### Viega Technology GmbH & Co. KG

Viega-Platz 1, 57439 Attendorn  
Tel.: 02722 61-0, Fax: -1415  
[www.viega.de](http://www.viega.de)

### Viessmann Industrie Deutschland GmbH

Viessmannstr. 1, 35108 Allendorf (Eder)  
Tel.: 06452 70-2834, Fax: -5834  
[www.viessmann.com](http://www.viessmann.com)

### Wilbeoer Bauteile GmbH

Marker Weg 11, 26826 Weener  
Tel.: 04951 950-0, Fax: -27120  
[www.wilbeoer.de](http://www.wilbeoer.de)

### WILO SE

Nortkirchenstr. 100, 44263 Dortmund  
Tel.: 0231 4102-0, Fax: -7363  
[www.wilo.de](http://www.wilo.de)



# CALVIAS

TECHNISCHE  
GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

## CALVIAS: Smart Building Technologies



Unternehmen der **CALVIAS** Gruppe



[www.calvias.de](http://www.calvias.de)

# Eine gemeinsame Sprache für BIM – Building Information Modeling

*Das BIM-Gebäudedatenmodell lebt vom Informationsaustausch zwischen vielen fachspezifischen Softwarelösungen. Damit dies möglich wird, ist eine gemeinsame, von allen Programmen gleich interpretierte „Sprache“ erforderlich. Wer sich heute in das Abenteuer Datenaustausch zwischen den Produkten verschiedener Softwarehäuser wagt, stößt jedoch schnell an Grenzen und sieht sich oft einem wahrhaft babylonischen Sprachengewirr gegenüber.*



Dipl.-Ing. (FH)  
Clemens Schickel,  
technischer Referent,  
BTGA e.V.

Building Information Modeling (BIM) einfach machen. Dieses Kredo der BIM-Verfechter soll Zweifler dazu ermuntern, sich mit der BIM-Methode im eigenen Unternehmen zu befassen. Lassen sie sich darauf ein, stoßen sie jedoch schnell an Grenzen. Der Datentransfer zwischen den unterschiedlichen Programmen zum Erstellen von Zeichnungen und Berechnungen durch Architekten oder Statiker und das Einpflegen dieser Daten in die TGA-Fachprogramme stellen nur zwei von vielen Hürden dar. Wird tiefer in die TGA-Planung eingestiegen, wird es richtig interessant: Das Berechnen von Heiz- und Kühllasten, die Dimensionierung von Leitungsnetzen und Übergabesystemen, die Massenermittlung zum Erstellen von Leistungsverzeichnissen, die energetische Berechnung der Anlagen oder ganzer Gebäude, die Auslegung der Beleuchtungsanlage oder das Erstellen eines energetischen Nachweises nach DIN V 18599 seien hier als Beispiel genannt. Jede dieser Aufgaben benötigt unterschiedliche Segmente aus dem gesamten BIM-Gebäudedatenmodell. Die unterschiedlichsten Softwarelösungen müssen diese Daten treffsicher und zuverlässig aus der Gesamtmenge herausfiltern können. Im Zuge der Berechnungen werden diese Daten als Grundlage herangezogen, teilweise verändert, erweitert und um zusätzliche Informationen ergänzt. Nach Abschluss der Berechnungen werden diese veränderten Da-

ten dem Gebäudedatenmodell wieder hinzugefügt und in der Regel im IFC-Datenformat für die Bearbeitung durch weitere Projektbeteiligte angeboten.

## Der steinige Weg des Datenaustauschs

Schon das Umwandeln der Daten aus den Fachprogrammen in das IFC-Format ist tückisch. Der IFC-Standard unterliegt – auch durch die rasante Entwicklung der BIM-Methode – stetigen Änderungen und Erweiterungen, wenn auch durch die sehr moderaten zeitlichen Abstände der Veröffentlichung neuer Entwicklungsstände für eine gewisse Kontinuität gesorgt wird. Die heute häufig noch in den Softwareprogrammen hinterlegte, alte Version des IFC-Standards ist nur bedingt für die Übergabe von Daten aus TGA-Systemen geeignet. Es kann nicht angenommen werden, dass die Vielzahl der Planer und Errichter im Bauprozess alle den gleichen Entwicklungsstand des IFC-Formates in ihren Softwarelösungen implementiert haben. Werden beim Übermitteln der Daten von einem in ein weiteres Programm Teile der Datensätze falsch oder gar nicht zugeordnet, hat der nächste Anwender, der diese Daten benötigt, ein Problem. Das Gebäudedatenmodell kann nicht oder nur eingeschränkt zu den eigenen Zwecken verwendet werden, die erforderlichen Daten zu den Berechnungen müssen teilweise nach alter Sitte wieder händisch herausgefiltert und in die jeweiligen Fachprogramme übertragen werden.

Die Daten-Welt könnte so viel einfacher sein, wenn eine für alle gleiche, abwärts kompatible Datenschnittstelle zur Kommunikation mit allen anderen Softwareprogrammen definiert wäre. Bei der täglichen Arbeit mit dem PC gibt es etwas Vergleichbares: Viele von uns haben sich mit der umfassenden Marktführerschaft einzelner weltumspannender Konzerne, beispielsweise Microsoft, bereits abgefunden und nutzen die Vorteile, die die Kompatibilität komplexer Office-Softwarelösungen innerhalb der jeweiligen Soft-

warepakete mit sich bringt. Das ist vielleicht ganz entfernt mit „closed BIM“ vergleichbar und erlaubt einen Datentransfer über die unterschiedlichsten Anwendungen hinweg – beispielsweise Schreib- oder Rechenprogramme und Datenbanklösungen. Damit verbunden sind jedoch auch die Nachteile eines proprietären (in Eigentum befindlichen) Systems, die hier nicht weiter erwähnt werden müssen. Aber wollen wir das auch bei BIM? Wohl eher nicht. Eine pluralistische Softwarelandschaft, die gut „miteinander kann“, ist notwendig und wünschenswert. Die bereits etablierten Softwareprodukte, die unabhängig voneinander und von verschiedenen Unternehmen erarbeitet wurden, müssen ebenso am Datenaustausch teilhaben können wie zukünftige Entwicklungen.

Für einen verlustfreien oder besser verlustarmen Datentransport ist jedoch nicht nur das gemeinsam verwendete Format für den Datenaustausch von Bedeutung – bei BIM nach derzeitigem Verständnis sicherlich der IFC-Standard. Vielmehr müssen die Daten in einer Weise bereitgestellt werden, die von allen gleich verstanden und interpretiert werden kann. Gemeint ist damit auch eine gemeinsame Klassifizierung, insbesondere der Produktdaten. Aktuell sind wir davon jedoch sehr weit entfernt. Nicht nur einzelne Branchen haben eigene Klassifizierungssysteme. Sogar Vertreter von Rollen innerhalb der Branchen (Hersteller, Großhandel oder Betreiber) haben eigene, auf ihre Bedürfnisse zugeschnittene Klassifizierungssysteme. Weil diese auch mit Geschäftsmodellen verbunden sind, darf nicht erwartet werden, dass der gesamte Bau- und Infrastruktorsektor auf nur ein Klassifizierungssystem umgestellt werden kann. Um ein gemeinsames Verständnis zu erreichen, braucht es einen „Übersetzer“. Es wird also ein System benötigt, das ein Mapping zwischen den unterschiedlichen Strukturen erlaubt. Welcher Weg ist also geeignet, um viele Partikularinteressen unter den einen, gemeinsamen Hut



zu bringen? Existieren gemeinsame, von allen akzeptierte Strukturen, kann eine Kompatibilität erreicht werden – auch von Datensätzen. Soll dabei der Globalisierung Rechnung getragen werden, ist dieser Ansatz sogar weltweit umzusetzen. Kann das überhaupt gelingen?

**Das VDI-Richtlinienwerk zu BIM**

Das Werkzeug zum Erfüllen dieser Aufgabe bieten Normen und Richtlinien, also die Standardisierung. Vor diesem Hintergrund hat sich im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) bereits im Mai 2014 eine Vielzahl von Experten zusammengefunden und mit dem Erstellen von Regeln zur Anwendung der BIM-Methode in Deutschland begonnen. Zwischenzeitlich sind von den derzeit elf Blättern der Richtlinienreihe VDI 2552 „Building Information Modeling (BIM)“ erste Gründrucke und sogar ein Weißdruck erschienen. Das Blatt 3 „Modellbasierte Mengenermittlung zur Kostenplanung, Terminplanung, Vergabe und Abrechnung“ hat die Einspruchsphase bereits hinter sich lassen können und ist im Mai 2018 als Weißdruck erschienen. Aufbauend auf Blatt 1 „Grundlagen“ werden die unterschiedlichsten Aspekte des BIM in der Reihe beleuchtet. Die Blätter befassen sich beispielsweise mit der Mengen-, Termin- und Kostenermittlung, den Prozessen, dem Facility Management oder der Klassifikation. Eine Übersicht zur gesamten Richtlinienreihe und zu deren Bearbeitungsstand gibt die nebenstehende Tabelle. Um bei der Vielzahl der Einzelblätter die Konsistenz der Inhalte sicherzustellen, ist eine übergeordnete Struktur und Koordination erforderlich. Diese Aufgabe übernimmt im VDI der fachbereichsübergreifende Koordinierungskreis Building Information Modeling (KK BIM). Er ist mit Vertretern aus allen Fachbereichen der VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG) und mit Vertretern fachbezogener Verbände, Vereine und Initiativen, der Lehre und der Bauindustrie besetzt. Neben dem Festlegen der Inhalte der einzelnen Blätter liegt ein Schwerpunkt der Arbeit auf dem Ausarbeiten von Stellungnahmen und Empfehlungen an die Politik sowie an die relevanten Entscheider.

**Nationale und internationale Normen**

Kann es jedoch überhaupt ein „deutsches BIM“ geben? Ist eine Insellösung denkbar oder gar gewollt? Dazu gibt es ein klares Bekenntnis der Regelsetzer: BIM muss zumindest europäisch, besser international gleichen Regeln folgen. Das ist eine Forderung, die mit dem nationalen VDI-Richtlinienwerk nicht zu erreichen ist. Darüber können

auch Kooperationen im deutschsprachigen Raum bezüglich der Anerkennung von VDI-Regeln nicht hinweghelfen. Die Internationalisierung von Regeln der Technik führt nur über das Deutsche Institut für Normung (DIN). DIN ist mit umfangreichen vertraglichen Vereinbarungen europäisch und international in das System zur Entwicklung von allgemein anerkannten Regeln der Technik eingebunden. Folgerichtig begann dort im April 2015 ebenfalls die Normungsarbeit zu BIM, also knapp ein Jahr nach Beginn der Richtlinienarbeit im VDI. Federführend ist dabei der Normenausschuss Bautechnik (DIN NABau). Bei DIN werden die Arbeiten der europäischen Ebene gespiegelt – die Arbeiten des Comité Européen de Normalisation CEN und dort des Technical Comité TC 442 „Building Information Modelling BIM“. Dieses TC wurde im September 2015 gegründet, also nahezu ein halbes Jahr später als der DIN-Normenausschuss. Deutsche Experten können mit dem Mandat des DIN in diese europäischen Gremien entsandt werden und dort die nationalen An- und Einsichten in das Thema BIM standardisieren. Vergleichbare Regelungen gelten für die internationale Normungsarbeit, deren Ergebnisse als ISO-Normen (International Organization for Standardization) veröffentlicht werden. Eine Übersicht der umfangreichen Verflechtungen zwischen den verschiedenen Normungsgr-

mien zeigt die Abbildung auf den nächsten Seiten.

Damit stellt sich nun die Frage, wie eine mögliche – wenn nicht sogar sehr wahrscheinliche – Doppel-Regelung mit sich vermutlich widersprechenden Inhalten in VDI-Richtlinien und DIN-Normen verhindert werden kann. Auch dafür gibt es eine Lösung: Der Aufgabe haben sich der VDI-Koordinierungskreis BIM und der Normenausschuss 005-01-39 des DIN gestellt. In regelmäßigen Abständen treffen sich diese Gremien abwechselnd bei DIN in Berlin und bei VDI in Düsseldorf. Die Teilnehmer tauschen sich dabei über Arbeiten, Strategien und Ziele aus. Beide Regelsetzer haben sich darauf verständigt, dass die Inhalte der VDI-Regeln in die DIN-Normungsarbeit einfließen werden. Somit kann eine „Parallelwelt“ von VDI und DIN beim Thema BIM verhindert werden. Da die Arbeitsgremien bei VDI und DIN an wichtigen Stellen personengleich besetzt sind, besteht die Hoffnung, dass die gestellten Ziele auch erreicht werden können – zumindest für den deutschen Bereich.

Der erste Schritt ist also getan, um nationale Richtlinien und Standards zu internationalisieren. Mit Blick auf die europäische Ebene ist das durchaus bereits gelungen. Viele der CEN-Gremien werden von Experten aus Deutschland begleitet. Auch auf der ISO-Ebene sind verschiedene Gremien

Übersicht über das VDI-Richtlinienwerk zu BIM

(Stand: Oktober 2018)

Name	Ausgabedatum	Status
<b>VDI 2552 Blatt 1</b> Building Information Modeling - Grundlagen		in Bearbeitung
<b>VDI 2552 Blatt 2</b> Building Information Modeling - Begriffe	2018-06	Gründruck
<b>VDI 2552 Blatt 3</b> Building Information Modeling - Modellbasierte Mengenermittlung zur Kostenplanung, Terminplanung, Vergabe und Abrechnung	2018-05	Weißdruck
<b>VDI 2552 Blatt 4</b> Building Information Modeling - Anforderungen an den Datenaustausch	2018-10	Gründruck
<b>VDI 2552 Blatt 5</b> Building Information Modeling - Datenmanagement	2017-10	Gründruck
<b>VDI 2552 Blatt 6</b> Building Information Modeling - FM		in Bearbeitung
<b>VDI 2552 Blatt 7</b> Building Information Modeling - Prozesse	2018-10	Gründruck
<b>VDI 2552 Blatt 8.1</b> Building Information Modeling - Qualifikation - Basiskennnisse	2017-12	Gründruck
<b>VDI 2552 Blatt 9</b> Building Information Modeling - Klassifikation		in Bearbeitung
<b>VDI 2552 Blatt 10</b> Building Information Modeling - Auftraggeber Informationsanforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungspläne (BAP)		in Bearbeitung
<b>VDI 2552 Blatt 11</b> Building Information Modeling - Informationsaustauschanforderungen		in Bearbeitung

Tabelle: BTGA



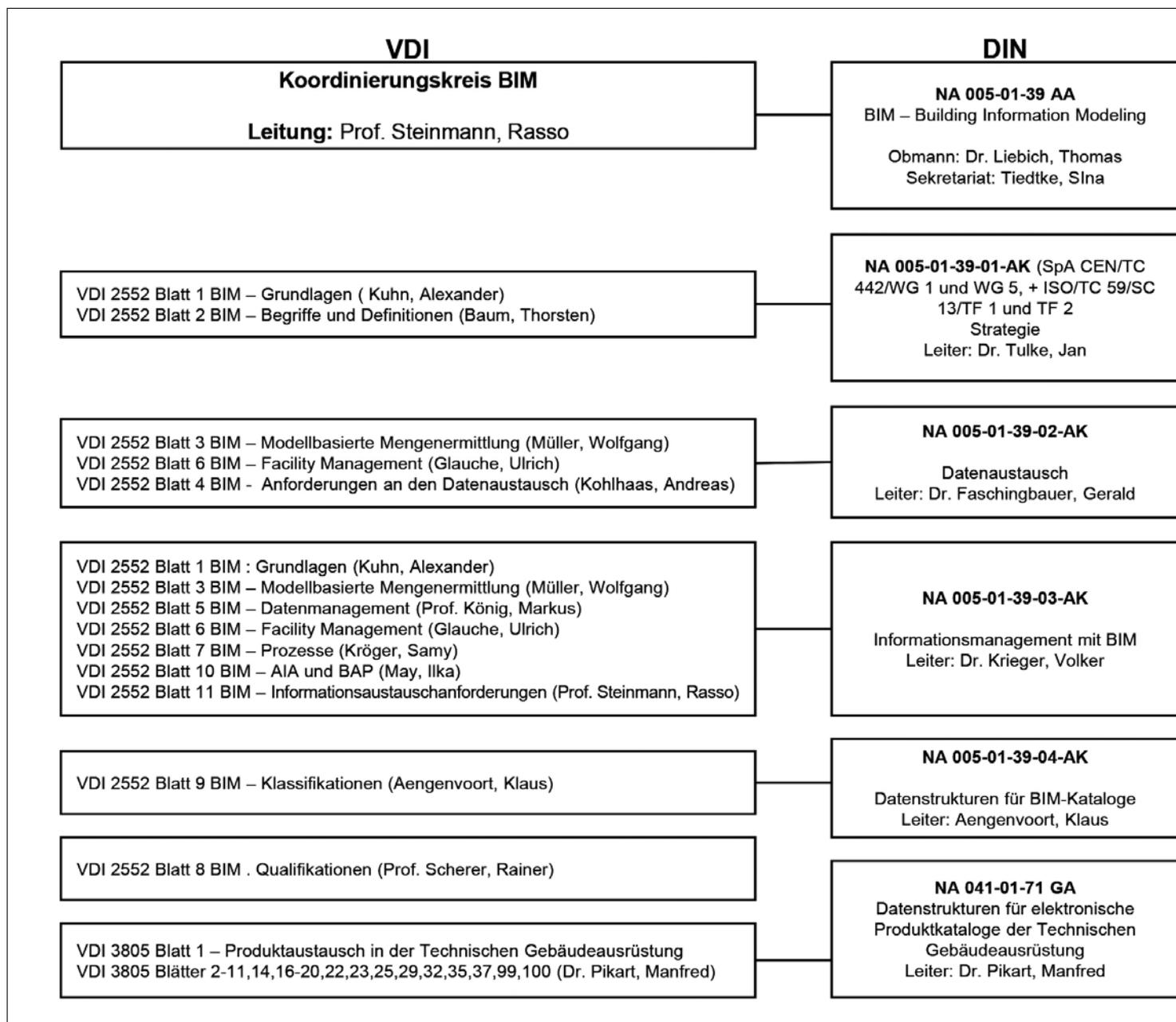
mit Experten aus Deutschland besetzt. Für einen der ISO-Normenausschüsse ist sogar die Sekretariatsführung in deutscher Hand. Die Themen „Entwicklung von Normen zu Gebäudedaten“ und „Produktdaten für Anlagenmodelle der TGA“ werden jeweils von einem deutschen Arbeitsgruppenleiter (Convenor) begleitet, weitere Personen sind in unterschiedlichen ISO-Gremien engagiert. Gerade vor dem Hintergrund der in der Regel ehrenamtlichen Tätigkeit für die Standardisierung kann deren Engagement nicht hoch genug geschätzt werden. Bei vielen Themen kann somit sichergestellt werden, dass Belange aus der doch sehr spezifisch strukturierten Welt des Bauens in Deutschland in den internationalen Normen verankert wer-

den. Von einer Eins-zu-eins-Übertragung nationaler Verhältnisse in internationale Standards kann jedoch nicht ausgegangen werden. Auch bei der Standardisierung müssen Kompromisse gefunden werden, denen alle beteiligten Nationen zustimmen können. Gerade das ist aber die große Chance, international anerkannte und einheitliche Vorgaben für das Anwenden der BIM-Methode zu formulieren und so wichtige Schritte in Richtung „open BIM“ zu unternehmen.

### Standortbestimmung

Wer die Einführung der BIM-Methode in den letzten Jahren verfolgt hat, konnte den Eindruck gewinnen, dass Deutschland erheblich hinter der internationalen Entwicklung

zurückgeblieben sei. Bei näherer Betrachtung kann allerdings festgestellt werden, dass viele Projekte, die unter der Überschrift „BIM-Projekt“ geführt wurden, gerade einmal 3D-Planungen entsprachen. Damit sind sie meilenweit von einem echten BIM-Gebäudedatenmodell entfernt. Inzwischen kann festgestellt werden, dass die nationalen Experten den verschiedenen Weckrufen gefolgt sind und nun intensiv an den Strukturen zur breiten Einführung der BIM-Methode im Bausektor arbeiten. Einige Beobachter vertreten sogar die Meinung, dass unser Beitrag eine wesentliche Rolle bei der Gestaltung international geltender Anforderungen an BIM spielt. Die damit verbundene Möglichkeit, Strukturen des deutschen Bausektors dort





abzubilden und somit einen wichtigen Anteil zur Zukunftssicherung unserer Branche zu leisten, darf nicht unterschätzt werden. Unser Engagement bei der nationalen, europäischen und internationalen Regelsetzung ist von großer Bedeutung und sollte weiter vorangetrieben werden.

**Fazit**

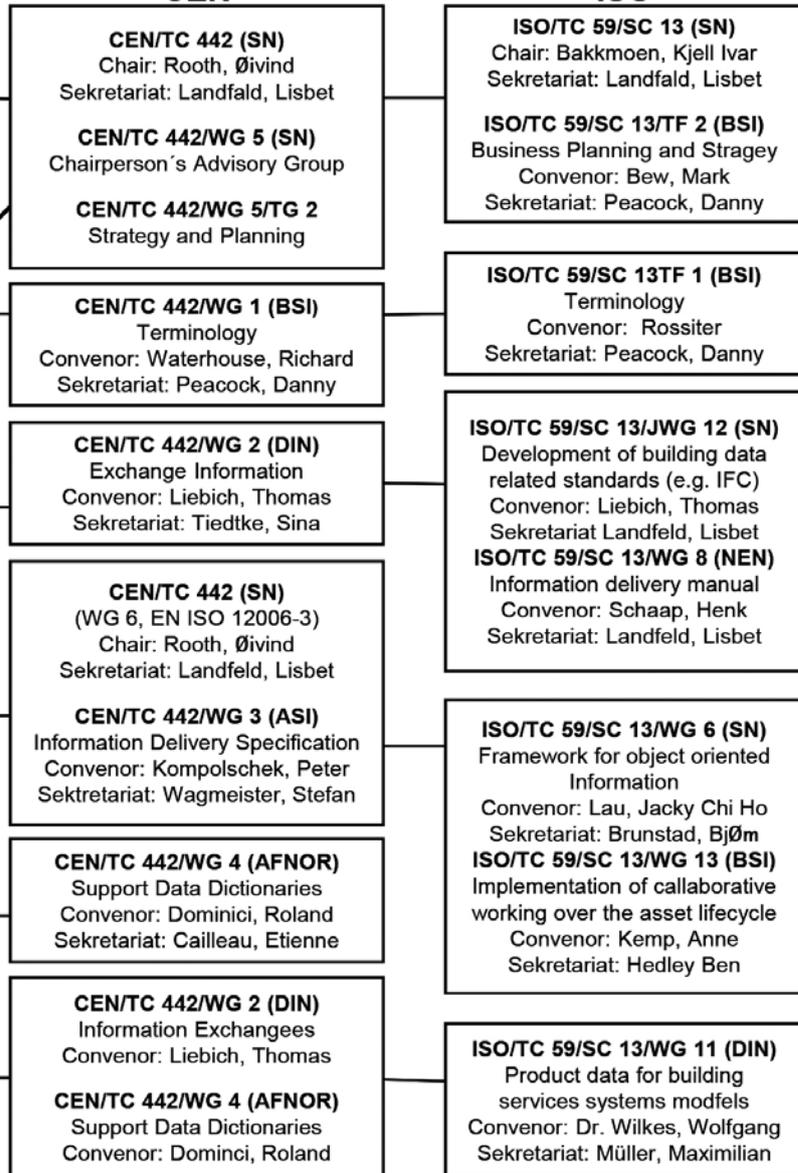
Die eine gemeinsame „BIM-Sprache“ über alle Projektphasen und Fachdisziplinen hinweg wird es voraussichtlich nicht geben können. Die Anforderungen und Aufgaben an das Datenmodell sind zu unterschiedlich. Trotz allem lautet die mutige Aufforderung: BIM einfach machen! Wer abwartet, bis auch die letzte Softwarelösung die BIM-Metho-

de vollständig abbildet, „die BIM-Software“ gekauft werden kann und dann damit startet, wird eine bittere Enttäuschung erleben. BIM entwickelt sich ständig und wird niemals „fertig“ sein. Vergleichbar ist das vielleicht mit dem Internet: Hier kommt auch niemand auf die Idee, darauf zu warten, bis das World-Wide-Web vollständig fertig entwickelt ist, bevor er es nutzt. Vielmehr sollte jeder, der mit dem Entwickeln, Planen, Errichten und Betreiben von Gebäuden befasst ist, auf den „BIM-Zug“ aufsteigen und für sich entdecken, was bereits möglich ist. Zweifellos wartet hier bereits jetzt die eine oder andere positive Überraschung. ◀

**CEN**

**ISO**

Grafik: BTGA



Verflechtungen zwischen den verschiedenen Normungsgremien zu BIM



**Face Zero**

Der erste Heizkörper in der Wand. Design by Antonio Citterio und Sergio Brioschi.

**Haftungsübernahmevereinbarung mit BTGA**



**Ares-RFD EK**

Elektrokomplett-Badheizkörper, erfüllt Ökodesignrichtlinie ab 01.01.2018.

**BEMM**

BEMM GmbH  
D-31180 Emmerke b. Hildesheim  
FON 05121 / 9300-0  
info@bemm.de  
www.bemm.de



**IRSAP** Gruppe

Abbildung 1:  
Das Energiemonitoring  
erfolgte in einer 6.600 qm  
großen Logistikhalle.



Alle Abbildungen: Frenger Systemen BV Heiz- und Kühltechnik GmbH

## Monitoring im Logistikzentrum bestätigt erhebliche Energieeinsparung

50 Prozent weniger Bedarf an Heizleistung als DIN vorgibt

*Für Hersteller endet gewöhnlich der Leistungsumfang bei der Montage der Produkte. Es fehlt somit der Einblick in das tatsächliche Nutzerverhalten und den damit verbundenen Energieverbrauch im späteren Betrieb. Abhilfe können Energiemonitoring-Programme schaffen, beispielsweise für den Einsatz von Deckenstrahlplatten.*



Dr.-Ing. Klaus Menge,  
Geschäftsführer,  
FRENGER SYSTEMEN  
BV Heiz- und  
Kühltechnik GmbH,  
Groß-Umstadt

Der südhessische Hersteller von Deckenstrahlungsheizungen, Frenger Systemen BV, wollte mehr Einblick in das tatsächliche

Nutzerverhalten bekommen und mehr über den damit verbundenen Energieverbrauch wissen. Deshalb wurde ein Energiemonitoring-Programm für den Einsatz von Deckenstrahlplatten initiiert. Als Beispielobjekt für das Monitoring wurde die Logistikhalle eines Autoteile-Herstellers gewählt. Der im Jahr 2016 fertiggestellte Neubau in Dieburg südlich von Frankfurt am Main hat eine Grundfläche von rund 6.600 qm. Die für diese Region zugrunde liegende Norm-Außentemperatur beträgt  $-12\text{ °C}$  gemäß DIN EN 12831 Bbl. 1 - Nationaler Anhang. Die nach DIN EN 12831 errechnete Heizlast für das Gebäude liegt bei rund 188 kW beziehungsweise ca. 29 W/qm.

Insgesamt wurden 45 Deckenstrahlplatten mit einer Gesamtfläche von ca. 345 m<sup>2</sup> verbaut, um die Heizlast zu decken. Die Deckenstrahlplatten sind aufgrund der modifizierten Bauform besonders effizient und technisch vielseitig. Durch ihre besondere Konstruktion erzeugen sie einen höheren Strahlungsanteil von 81 Prozent – bei einer gleichzeitig auf ein Minimum reduzierten Konvektion. Damit haben sie einen um 13 Prozent höheren Wirkungsgrad und 15 Prozent weniger Energieaufwand als herkömmliche Deckenstrahlplatten – bei gleichem Heizergebnis. Bei den Auslegungstemperaturen 80/60/17 °C Vorlauf, Rücklauf, Raum (VL/RL/RT) erreichen sie eine Gesamtleis-

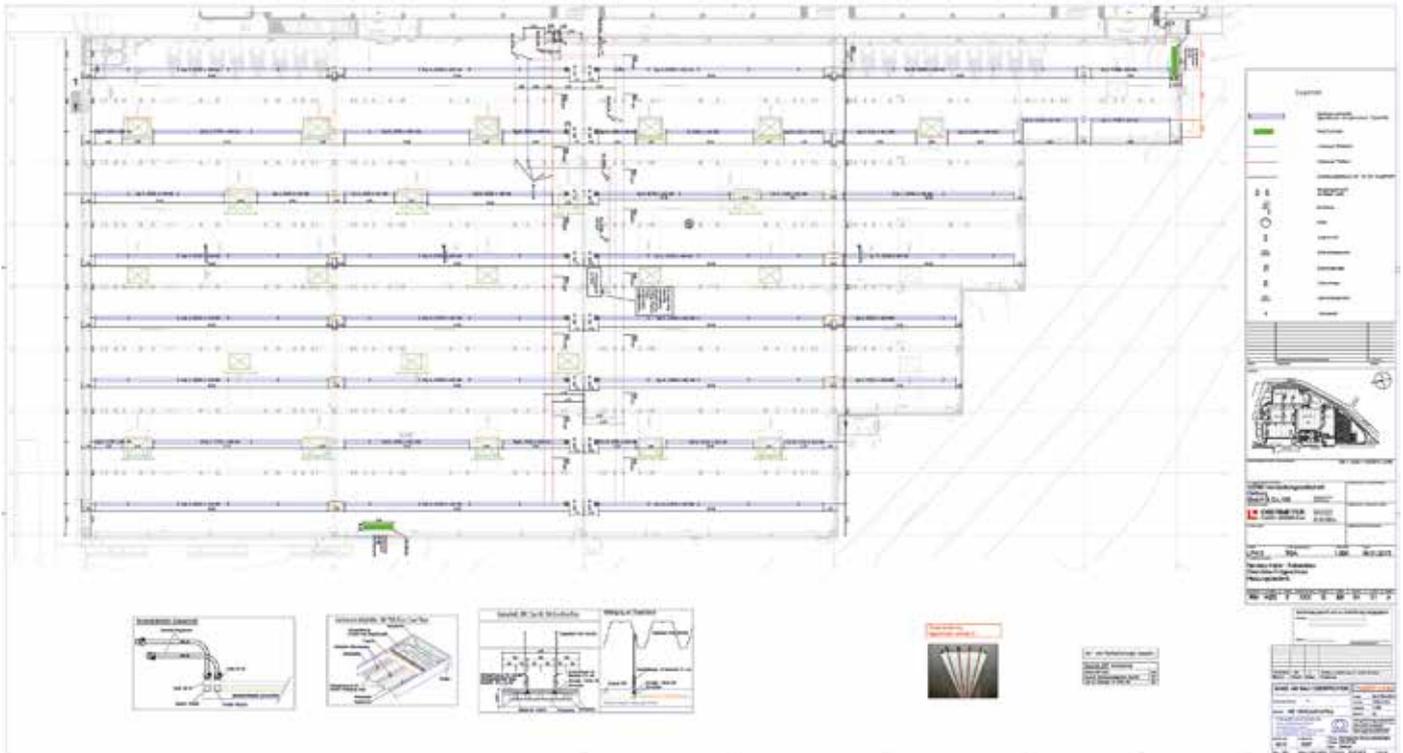


Abbildung 2: Die Deckenstrahlplatten sind gleichmäßig in jedem Binderfeld verteilt.

ung von 188.187 Watt. In der Logistikhalle wurden die Deckenstrahlplatten gleichmäßig in jedem Binderfeld verteilt, um eine möglichst homogene Temperaturverteilung im Raum zu gewährleisten (Abbildung 2).

### Energiemonitoring autark vom Kundennetzwerk

Das neu entwickelte Energiemonitoring wurde völlig autark vom lokalen Kundennetzwerk aufgebaut. Hierzu wurde ein Controller mit Messpunkten für Vorlauf-, Rücklauf-, Raum-, Außen- und Globetemperatur sowie Volumenstrom konstruiert und installiert. Dieser Controller sendet seine Daten per Mobilfunk an eine Cloud. Von dort können die Daten abgerufen und ausgewertet werden.

Wie in Abbildung 3 ersichtlich, kommt der ausgewählte Messzeitraum der zuvor angesetzten Norm-Außentemperatur von  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  zeitweise sehr nahe. Besonders im Zeitraum 19. Januar 2017 bis 20. Januar 2017 erreichte die Temperatur über Nacht immer wieder zweistellige Minusgrade. Die in Abbildung 3 gezogene Trendlinie zeigt eine mittlere Außentemperatur von  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Das entspricht im Mittel ca. 73 Prozent der Anforderung der Norm-Heizlast. Auch die Auswertung der eingestellten Systemtemperaturen zeigt, dass hier ebenfalls noch Reserven vorhanden sind. Die höchste gemessene Vorlauftempe-

ratur beträgt  $56\text{ }^{\circ}\text{C}$  anstatt der ausgelegten  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  – und das bei einer um 4 K höheren Raumtemperatur von  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  anstatt  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$  gemäß Auslegungsberechnung.

Bei Beurteilung der dazugehörigen Leistung (Abbildung 4) zeigt sich, dass die mitt-

lere benötigte Leistung für den Zeitraum der o.g. Betrachtung bei ca.  $10\text{ W/m}^2$  liegt. Das entspricht ca. 33 Prozent der Anforderung aus der Norm-Heizlast. Selbst bei Spitzenwerten im Wiederaufheizmoment nach der Nachtabsenkung überschreitet die spezi-

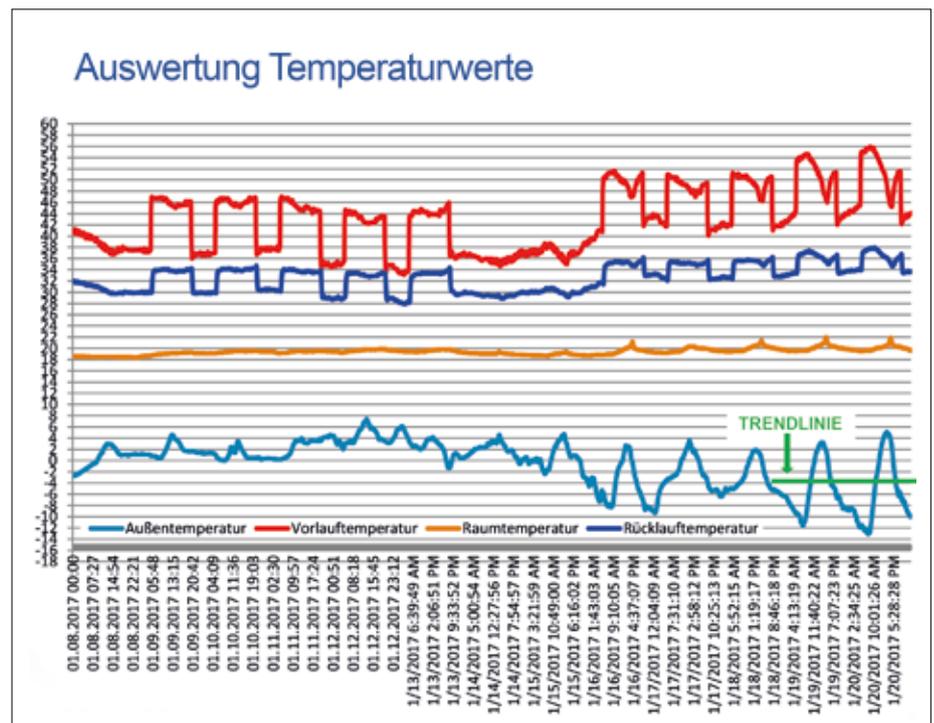


Abbildung 3: Die gemessenen Temperaturwerte liegen sehr nahe an der Norm.

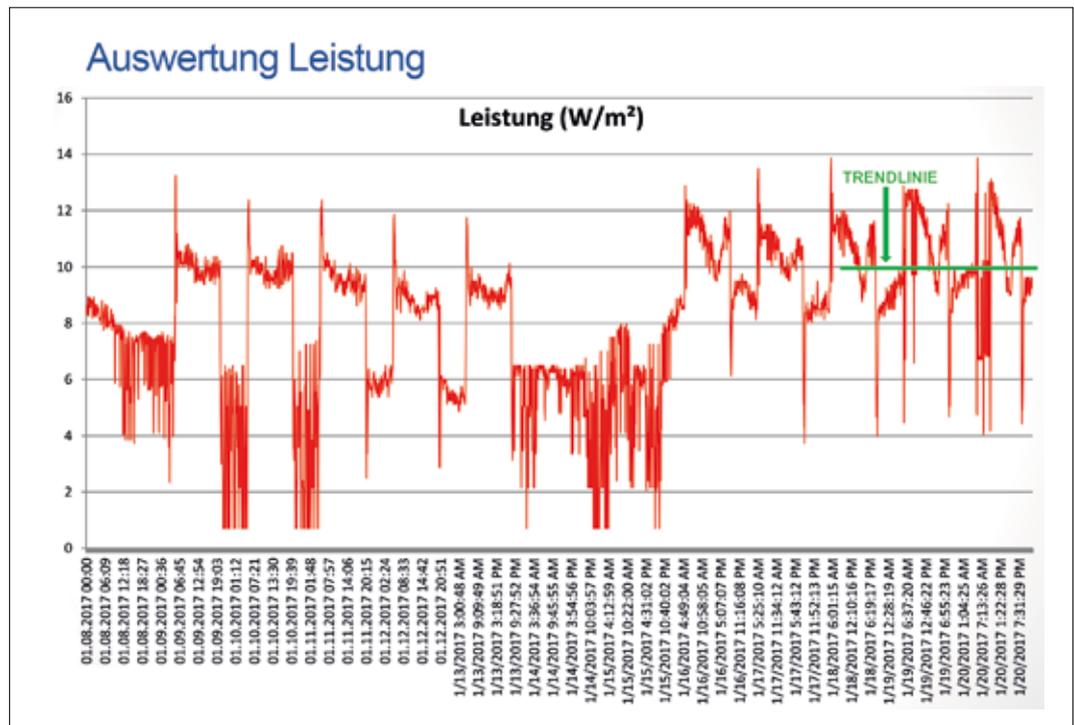


Abbildung 4:  
Die Auswertung zeigt,  
dass nur rund 50 %  
der ursprünglich nach DIN  
berechneten Leistung  
benötigt wird.

fische Leistung nicht den Wert von 14  $\text{W/qm}$ . Das entspricht ca. 50 Prozent der ursprünglich nach DIN EN 12831 geplanten und auch eingebauten Leistung für diese Logistikhalle von ca. 29  $\text{W/qm}$ .

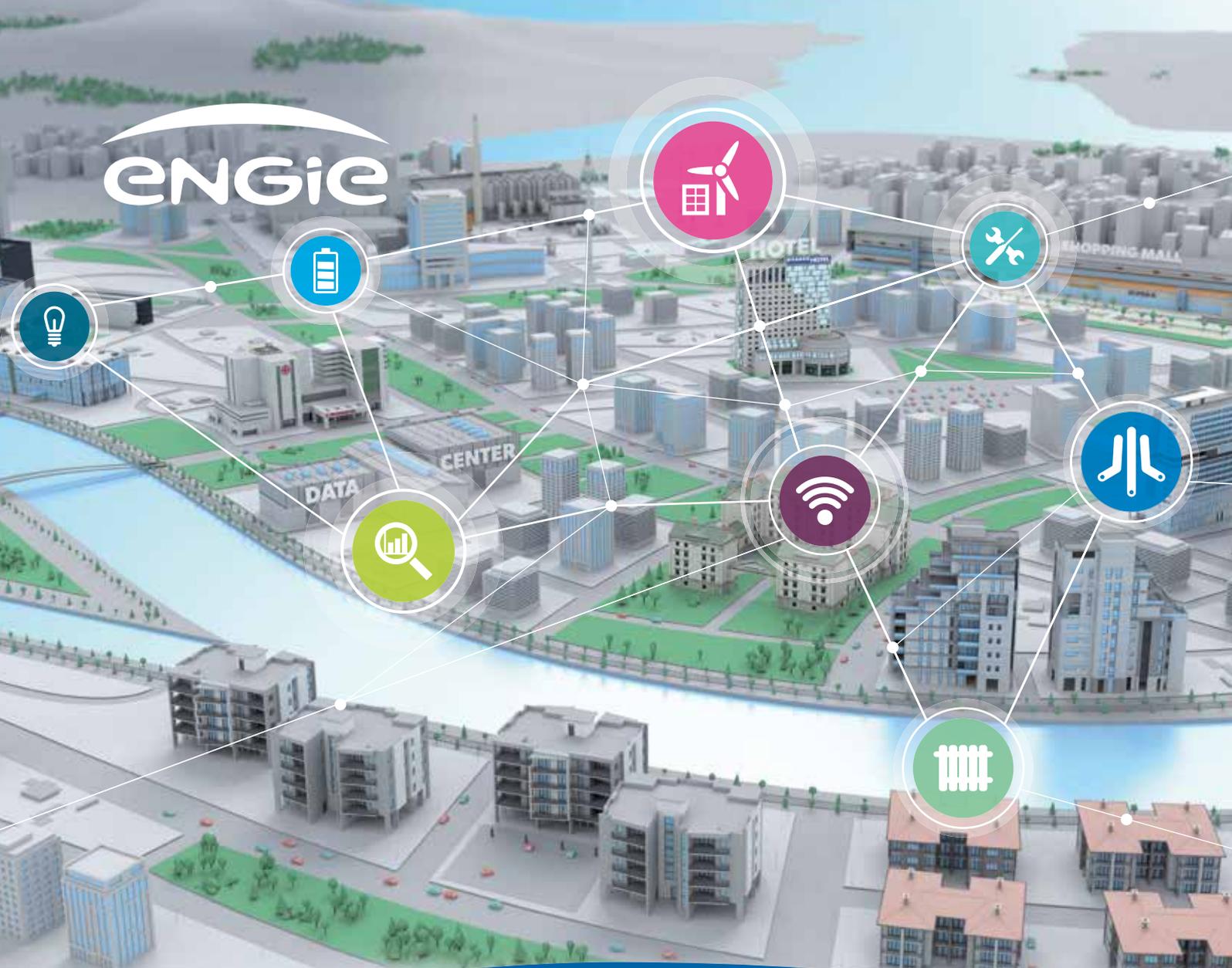
### Fazit

Die Auswertung des Beispiel-Monitorings zeigt, dass bei der Verwendung von Deckenstrahlplatten in der Praxis deutlich niedrigere Heizleistungen zum Einstellen einer gewünschten Raumtemperatur benötigt werden, als nach Normberechnung eigentlich zu erwarten sind. Schon mit herkömmlichen Deckenstrahlplatten lassen sich im Vergleich zu herkömmlichen Systemen wie Deckenluftherzern, Luft- oder konvektiven Heizsystemen erhebliche Energiekosten einsparen. Mit dem Einsatz hocheffizienter Deckenstrahlplatten erhöhen sich die Einsparungen weiter: sowohl bei den Investitions- als auch bei den Betriebskosten.

Merkmale der Deckenstrahlplatten sind ein absolut geräuschloser Betrieb, keine Luftumwälzung, gleichmäßige Temperaturen im ganzen Raum und keinerlei Brandgefahr. Sie bieten optimale Raumnutzung, da Wände und Boden frei bleiben. Deckenstrahlplatten sind ohne Wartungsaufwand über 30 Jahre haltbar und sind besonders zum Heizen und Kühlen von großen Hallen und hohen Räumen geeignet. ▶



Abbildung 5:  
Die verbauten  
Deckenstrahlplatten  
sind jeweils  
460 mm breit.



ENGIE

---

## Die Chance, Ihrer Zeit voraus zu sein: dezentral, erneuerbar, vernetzt, effizient.

ENGIE ist Ihr erfahrener Partner, der mit neuen Ideen Energie in alle Bereiche des Lebens, Wohnens, Arbeitens und Produzierens bringt. Mit unserer langjährigen Expertise bei Technik, Energie und Service entwickeln wir Lösungen, die immer auf Ihre speziellen Bedürfnisse zugeschnitten sind.

Entdecken Sie unsere Leistungen und Ihre Möglichkeiten in der ENGIE-City: [engie-deutschland.de/engiecity](http://engie-deutschland.de/engiecity).

# Brandschutz in der Gebäudetechnik: Nachweisverfahren für modulare Tragsysteme

Der Artikel befasst sich mit neuesten technischen Entwicklungen im baulichen Brandschutz im Zusammenhang mit modularen Tragsystemen. Vor diesem Hintergrund sollen die heute gängigen Verfahren des bautechnischen Nachweises vorgestellt und deren Vor- und Nachteile diskutiert werden. Ein innovatives Nachweisverfahren auf der Grundlage von Europäischen Technischen Bewertungen wird vorgestellt und Auswirkungen für Planer, Ausführende und Hersteller werden erörtert.



Giovanni Riello,  
Vorschriften  
und Zulassungen,  
Hilti AG,  
Liechtenstein



Dr.-Ing.  
Susanne Reichel,  
Zentrum  
für Innovation und  
Berechnung,  
MFPA Leipzig GmbH



Robert Rollin,  
Segmentleiter  
Hilti Deutschland AG,  
Kaufering

Modulare Tragsysteme für die Technische Gebäudeausrüstung haben bei der Einhaltung und Sicherstellung des baulichen Brandschutzes eine Schlüsselstellung inne. Zum einen übernehmen sie unmittelbar lastabtragende Funktionen von Bauteilen mit brandschutztechnischer Klassifizierung, beispielsweise bei Rohrdurchführungen, Lüftungs- und Kabelanlagen. Zum anderen dürfen modulare Tragsysteme bei der Installation über feuerhemmenden Unterdecken deren Integrität im Brandfall nicht durch

übermäßige Verformungen und Herabfallen beeinträchtigen. Letzteres muss unter Beachtung der MLAR [1] bzw. deren Umsetzungen in den Bundesländern in der täglichen Praxis für notwendige Flure, Treppenträume sowie vorgeschriebene Vorräume und Sicherheitsschleusen beachtet werden.

Für modulare Tragsysteme der Technischen Gebäudeausrüstung bestehen in Deutschland keine baurechtlichen Anforderungen, die über die allgemeinen Bestimmungen der Musterbauordnung [2] und der Bauproduktenverordnung [3] hinausgehen. Die Technischen Regeln für die Planung, Bemessung und Ausführung von Bauwerken, die in separaten Dokumenten geführt werden, enthalten ebenfalls keine einschlägigen und unmittelbar anzuwendenden technischen Baubestimmungen für modulare Tragsysteme, [4, 5].

Andererseits müssen unter Beachtung von § 3.5.3, Satz 3 MLAR „die besonderen Anforderungen hinsichtlich der brandsicheren Befestigung der im Bereich zwischen den Geschossdecken und Unterdecken verlegten

Leitungen beachtet werden“. Infolgedessen sind auch für modulare Tragsysteme die sicherheitsrelevanten Anforderungen in Bezug auf den Brandschutz und die Betriebssicherheit zu beachten und im Rahmen des bautechnischen Nachweises für den Heissfall zu prüfen und zu bewerten.

In der Praxis stehen dabei grundsätzlich die folgenden drei Nachweisverfahren zur Verfügung [6]:

1. Nachweis mit Hilfe von originalmaßstäblichen Brandversuchen,
2. Nachweis über Rechenverfahren auf Basis des Eurocodes 3 [7],
3. Nachweis auf Basis des Europäischen Bewertungsdokuments EAD 280016-00-0602 [8].

## Nachweis mit Hilfe von originalmaßstäblichen Brandversuchen

Das Verfahren auf Basis von originalmaßstäblichen Brandversuchen (Abbildung 1) wird in [9] näher erörtert. Dieses Vorgehen hat sich in der Vergangenheit als effektiv, ausreichend und plausibel erwiesen, da



Abbildung 1: Verformungen von Montageschienen unter erhöhten Temperaturen



hierbei die direkte Anwendung von Ergebnissen aus Brandversuchen für Planer, Ausführende und Baubehörden leicht nachvollziehbar ist. Hersteller von Montagesystemen mit umfangreicher Prüferfahrung stellen Prüfberichte und Leitfäden für praxiserichtete Anwendungen auf Basis von originalmaßstäblichen Brandversuchen zur Verfügung [10, 11].

In der Planung und Umsetzung müssen dabei insbesondere folgende Punkte beachtet werden:

- Die Vergleichbarkeit der Herstellerangaben ist nicht durchgehend gegeben, weil für die Tests und die Auswertung der Prüfergebnisse kein einheitliches Bewertungsverfahren zur Anwendung kommt. Hersteller von Befestigungssystemen haben unter dem Dach der RAL Gütegemeinschaft bisher lediglich ein Prüf- und Auswertverfahren für Rohrschellen veröffentlicht [12].
- Konkrete Bausituationen können von der getesteten Situation im Brandofen abweichen. Um den bautechnischen Nachweis dennoch führen zu können, müssen Prüfberichte auf der sicheren Seite liegend auf die konkrete Bausituation angewendet werden. Dabei müssen für die Auslegung im Allgemeinen längere Spannweiten, höhere Lasten und ungünstigere Lastkombinationen angenommen werden.

Beide Punkte – fehlende Vergleichbarkeit und konservative Auslegung der Systeme – können zu Lasten der Wirtschaftlichkeit in der Bauausführung gehen.

### Nachweis über Rechenverfahren auf Basis des Eurocodes 3

Mit der Einführung des Eurocodes 3 wurde ein Verfahren bereitgestellt, das auf den ersten Blick geeignet schien, die Vergleichbarkeit von Herstellerangaben und eine effiziente Auslegung der Systeme zu ermöglichen. Neuere Erkenntnisse auf Basis von Forschungsergebnissen [13, 14] widerlegen allerdings die Anwendbarkeit des Eurocodes 3 für dünnwandige Montageschienen. Vergleichende Untersuchungen zeigen eine signifikante Diskrepanz zwischen berechneten und gemessenen Verformungen, wie die Abbildung 2 zeigt.

Im Folgenden sollen deshalb die Randbedingungen und Grenzen für die Anwendbarkeit des Eurocodes 3 für modulare Tragsysteme konkretisiert und zusammengefasst werden.

Nach dem aktuellen Stand der wissenschaftlichen Diskussionen [15, 16] sollen zusammenfassend die folgenden Punkte beachtet werden:

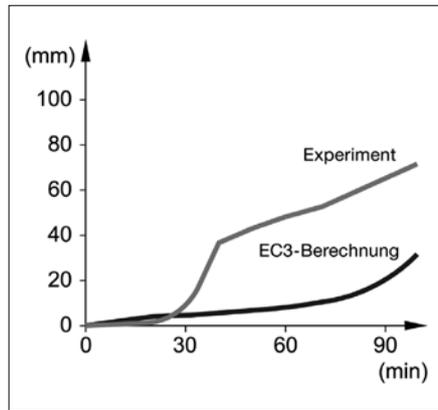


Abbildung 2: Verformungsverhalten einer dünnwandigen Montageschiene unter realen Testbedingungen und nach EC-3 Berechnung

1. Die Spannungs-Dehnungsbeziehungen des Eurocodes 3 können mit ausreichender Sicherheit für dünnwandige Montageschienen und Temperaturen bis ca. 750 °C angewendet werden.

2. Für Temperaturen über 750 °C sind keine hinreichend genauen Verformungsvorausagen auf Grundlage des Eurocodes 3 für dünnwandige Montageschienen möglich.
3. Die Anwendbarkeit des Eurocodes 3 muss auf Spannungsnachweise für dünnwandige Montageschienen beschränkt bleiben.
4. Gemäß [6] müssen mögliche Interaktionen von Verbindungskomponenten mit Montageschienen gesondert betrachtet werden und gegebenenfalls durch Brandversuche nachgewiesen werden.

Für die praktische Anwendung bedeutet das, dass ein bautechnischer Nachweis von Montageschienen auf Grundlage des Eurocodes 3 nur dann erfolgen kann, wenn keine Konflikte mit darunterliegenden feuerhemmenden Unterdecken oder sonstigen brandschutztechnisch klassifizierten Bauteilen bestehen. Aufgrund der zum Teil erheblichen Installationsdichten über feuerhemmenden

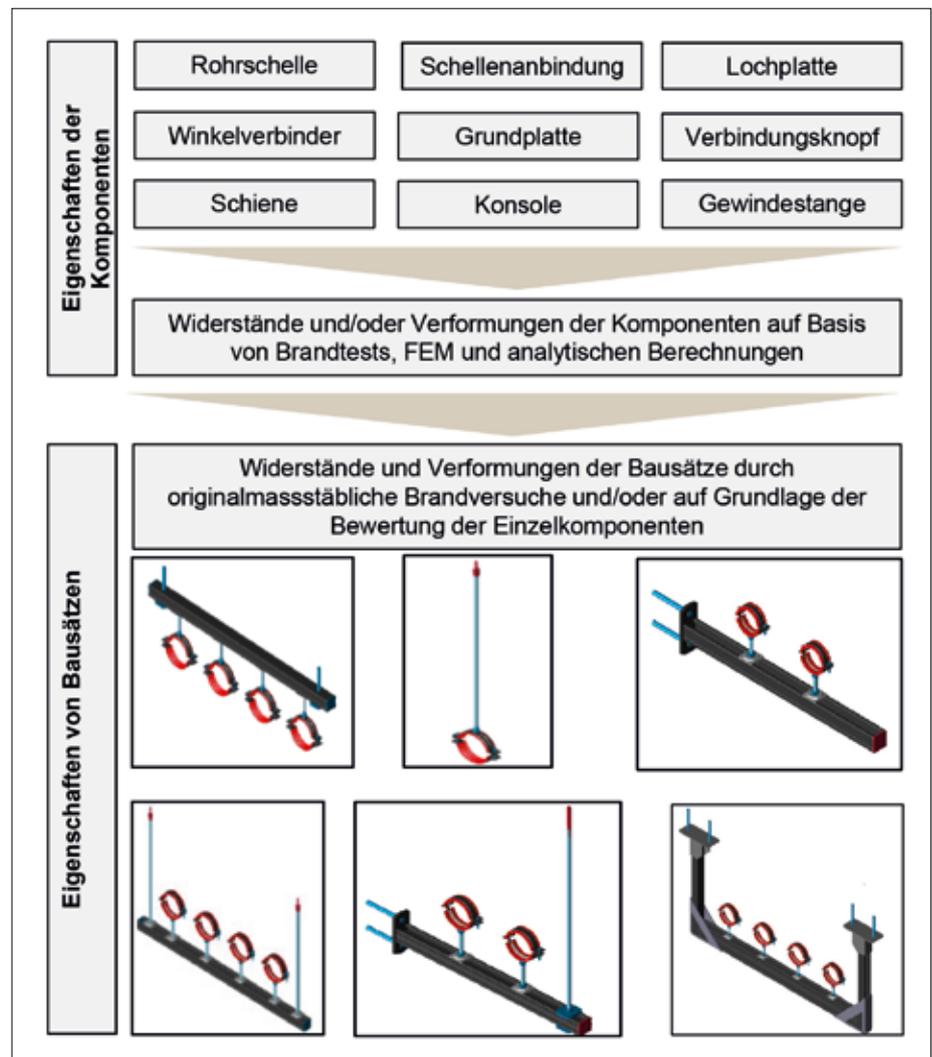


Abbildung 3: Anwendungsbereich und Verfahren gem. EAD 280016-00-0602

Unterdecken muss dies im Einzelfall überprüft werden.

### Nachweis auf Basis des Europäischen Technischen Bewertungsdokuments

Die Anwendung originalmaßstäblicher Brandversuche und des Eurocodes 3 können für die Nachweisführung mit Einschränkungen verbunden sein. Deshalb wurde vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) und der Europäischen Organisation für Technische Bewertung (EOTA) im Rahmen eines Verfahrens für die Erstellung einer europäisch harmonisierten Spezifikation ein ganzheitlicher Bewertungsansatz verfolgt und erarbeitet. Im Folgenden sollen die wesentlichen Inhalte des Bewertungsdokuments vorgestellt und für die praktische Anwendung erläutert werden.

Das von der EOTA angenommene Bewertungsdokument „Produkte für Installationssysteme für technische Gebäudeausrüstung wie Rohre, Kanäle, Leitungen und Kabel“ adressiert die Grundanforderung 4 an Bauwerke gemäß Bauproduktenverordnung: „Sicherheit und Barrierefreiheit in der Nutzung“. Damit können für erhöhte Temperaturen Methoden und Verfahren zur Anwendung kommen, um die maximal möglichen Verformungen und Widerstände modularer Tragsysteme zu bestimmen. Mit den erfolgten Bewertungen können die Systeme wiederum so ausgelegt werden, um die Funktionssicherheit angrenzender Bauteile mit brandschutztechnischer Klassifizierung nicht zu beeinträchtigen. Somit können Verformungen als Leistungswerte deklariert werden, die über den klassischen Tragfähigkeitsansatz hinausgehen. Das ist notwendig,

um angesichts extremer Verformungen modularer Tragsysteme unter erhöhten Temperaturen eine wirtschaftliche und technisch sinnvolle Auslegung der Systeme zu ermöglichen (Abbildung 1).

Das Europäische Technische Bewertungsdokument 280016-00-0602 behandelt sowohl die isolierte Bewertung der Komponenten von modularen Tragsystemen als auch die Bewertung von zu Bausätzen zusammengeführten Komponenten. Damit können für die gängigsten Konfigurationen modularer Tragsysteme Verformungen und Widerstände für erhöhte Temperaturen unter den Bedingungen der Einheitstemperaturzeitkurve (ETK) nach DIN EN 1363-1 [17] ermittelt werden (Abbildung 3).

Als Bausätze werden betrachtet:

- an Decken montierte Schienen,
- mit Gewindestangen abgehängte Schienen,
- frei auskragende Konsolen,
- mit Gewindestangen abgehängte Konsolen,
- U-Joch Konstruktionen,
- Einzelbefestigung von Rohrschellen.

Die folgenden innovativen Verfahren und Methoden kommen zur Anwendung, um modulare Tragsysteme auf Basis der Eigenschaften der Einzelkomponenten zu bewerten:

1. Für alle Komponenten werden Bewertungsverfahren unter Bedingungen bei Raumtemperatur definiert. Diese Leistungsdaten bilden die Grundlage für eine wirtschaftliche Bewertung und Überprüfung der Leistungsbeständigkeit der Komponenten im laufenden Produktionsprozess.
2. Auszugswiderstände von Befestigern aus den Schienenrückenlochanlagen werden be-

wertet. Dabei können sowohl Auszugswiderstände aus Rundlöchern als auch aus Langlöchern in Verbindung mit den zur Anwendung kommenden Dübeln bewertet werden (Abbildung 4).

3. Bei der Ermittlung der Widerstände von Schellenanbindungen wird auch das Verformungsverhalten der angrenzenden Montageschiene berücksichtigt. Abhängig von der Spannungsauslastung bzw. dem Dehnungszustand der Montageschiene und der Neigung der Montageschiene können für Schellenanbindungen darauf abgestimmte Widerstände angegeben werden.
4. Der Widerstand der Schweißnähte von Konsolen bei erhöhten Temperaturen wird ermittelt.
5. Der Widerstand von Gewindestangen unter kombinierter Biege- und Zugbeanspruchung bei erhöhten Temperaturen wird ermittelt.
6. Der Widerstand von Lochplatten in Verbindung mit frei beflamten Dübeln für deckenmontierte Schienen wird ermittelt.
7. Für das eingesetzte Schienenmaterial wird ein individuelles Materialmodell auf der Grundlage instationärer Heiß-Kriechversuche erstellt. Daraus werden Spannungs-Dehnungsbeziehungen bei erhöhten Temperaturen abgeleitet, die gegenüber Berechnungen gemäß [7] realistische Verformungsvoraussagen ermöglichen.
8. Ein numerisches Verfahren zur Verformungsvoraussage von Montageschienen wird eingeführt – unter Berücksichtigung der spezifischen Materialparameter, der Spannweiten, der Schienenausrichtung und der Lastfälle.
9. Regeln für die Interpolation der aus dem numerischen Verfahren abgeleiteten Verformungswerte werden spezifiziert.

Ein Nachweisverfahren auf Komponentenebene unter Berücksichtigung von Europäischen Technischen Bewertungen hat die folgenden Vorteile:

- A) Erhöhung der Rechts- und Anwendungssicherheit:
  - Leistungsdaten auf Grundlage eines Europäischen Bewertungsdokuments (EAD),
  - In-Verkehr-Bringen von Bauteilen der Technischen Gebäudeausrüstung mit CE-Zeichen entsprechend der EU-Bauproduktenverordnung,
  - hoher technischer Standard der ETA und damit Erhöhung der Anwendungssicherheit bei Planern, Bauherren und Anwendern.



Abbildung 4: Deformierte Rückenlochung einer Montageschiene nach Brandversuch



- B) Erhöhung der Sicherheit im Brandfall:
- ganzheitliche Betrachtung von Modularen Tragsystemen nach neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen,
  - abgesicherte technische Lösung auf Grundlage einer Vielzahl von FEM-Berechnungen und Versuchen,
  - realistische Abbildung des Verformungsverhaltens von dünnwandigen Montageschienen und Systemen.

- C) Erhöhung der Wirtschaftlichkeit:
- Einführung eines numerischen Verfahrens für die effiziente Auslegung von modularen Tragsystemen,
  - konkrete Einbausituationen können analytisch abgebildet werden und auf kostenintensive originalmaßstäbliche Brandversuche kann weitestgehend verzichtet werden,
  - Vergleichbarkeit von Leistungsdaten von Produkten, die nach harmonisierten Verfahren ermittelt wurden.

- D) Erhöhung der Objektivität und Unabhängigkeit:
- ETAs werden ausschließlich von unabhängigen technischen Bewertungsstellen unter dem Dach der EOTA erteilt, die von den EU-Mitgliedstaaten benannt sind - beispielsweise DIBt. Das schafft EU-weit Transparenz und Vertrauen.

Für den mit der Planung und Auslegung von modularen Tragsystemen betrauten Personenkreis bedeuten diese Vorteile, dass die bautechnische Nachweisführung unter Zugrundelegung von Europäisch Technischen Bewertungen in Anlehnung an [6] gemäß Abbildung 5 geführt werden kann. Dabei ist es notwendig, dass die in den Europäisch Technischen Bewertungen bzw. in den Leistungserklärungen angegebenen Daten mit den konkreten objektspezifischen Anforderungen in Bezug gesetzt werden, beispielsweise Verformungsvorgaben im Brandfall. Um dabei eine effiziente Planung für optimal ausgelegte Systeme zu ermöglichen, bieten Hersteller von modularen Tragsystemen Softwarelösungen und darauf abgestimmte Dienstleistungen an.

### Zusammenfassung

Um die Ziele des Brandschutzes in Fluren, Treppenträumen, vorgeschriebenen Vorräumen und Sicherheitsschleusen zu erreichen, müssen die in diesen Bereichen installierten modularen Tragsysteme über den Unterdecken für den Brandfall ausgelegt werden. Dabei stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Bisher wurden dafür

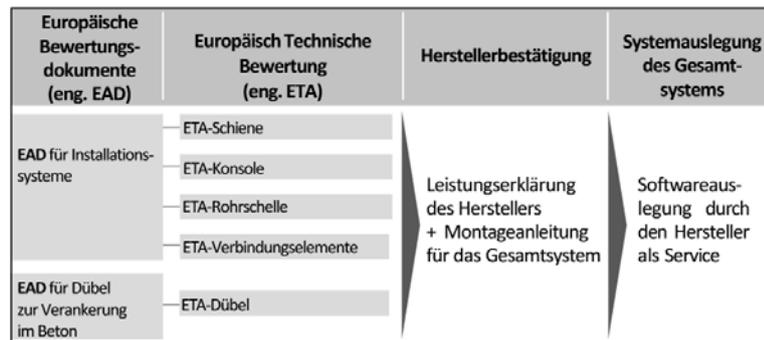


Abbildung 5: Nachweisverfahren auf Basis von Europäisch Technischen Bewertungen für modulare Tragsysteme

Verfahren wie originalmaßstäbliche Brandversuche oder Berechnungen nach Eurocode 3 angewendet. Diese können im Hinblick auf die zunehmenden Installationsdichten in Zwischendeckenbereichen an ihre wirtschaftlichen und technischen Grenzen stoßen. Mit dem von der EOTA angenommenen Europäischen Bewertungsdokument EAD 280016-00-0602 und den daraus abgeleiteten technischen Bewertungen ist es möglich, modulare Tragsysteme für erhöhte Temperaturen situationsbezogen und flexibel auszulegen. Planer und Ausführende können mit wirtschaftlichen Lösungen arbeiten, die nach den Vorgaben neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse getestet und bewertet werden. Die nach der harmonisierten Spezifikation ermittelten Leistungsdaten werden in Softwarelösungen integriert, um damit Systemauslegungen durchzuführen. Die Europäisch Technischen Bewertungen, die Leistungserklärungen, die Montageanleitungen und die Auslegung des Gesamtsystems bilden die Kernelemente des bautechnischen Nachweises, der objektbezogen und mit der Unterstützung von Herstellern dieser Systeme ausgearbeitet wird. ◀

### Literatur:

- [1] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR) - Fassung Februar 2015.
- [2] Musterbauordnung - MBO - Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016.
- [3] Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates.
- [4] Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MV VTB), Ausgabe August 2017.
- [5] Bauregelliste A, Bauregelliste B und Liste C; Ausgabe 2015/2.

- [6] Kommentar zur Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR): Anwendungsempfehlungen und Praxisbeispiele zu MLAR, MSysBör und EltBauVO - 12. November 2018; M. Lippe, K. Czepuck, F. Möller.
- [7] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1993-1-2:2005 + AC:2009.
- [8] EAD 280016-00-0602: Products related to installation systems supporting technical equipment for building services such as pipes, conduits, ducts and cables; European Organisation of Technical Assessment, Februar 2018.
- [9] Geibig, O., Riello, G.: Brandschutz in der Gebäudetechnik; BTGA-Almanach 2017.
- [10] Technisches Handbuch Installationstechnik-Feuerwiderstand, Hilti AG, Version 1.0; Dezember 2016.
- [11] Installation Technical Manual, Fire Resistance Typicals, Hilti AG, Version 1.0; Dezember 2016.
- [12] Brandgeprüfte Rohrbefestigung, RAL-GZ 656, Ausgabe Mai 2010.
- [13] Mietzner, H. Brandverhalten von Montageschienen; Unsicherheiten bei der Anwendung des Eurocode 3, TAB 2017.
- [14] Hauswaldt, G., Beiter, C., Reichel, S.: Verformungsberechnung dünnwandiger Montageschienen im Brandfall, Workshop Heißbemessung, Braunschweiger Brandschutz-Tage 2016.
- [15] Reichel, S., Brandschutz in der Gebäudetechnik - Neue Entwicklungen bei der Heißbemessung von Montagesystemen; BTGA-Almanach 2018.
- [16] Beiter, C., Reichel, S.; Deformation of Modular Installation Systems in case of fire; Braunschweiger Brandschutz-Tage 2018.
- [17] DIN EN 1363-1: 2012-10: Feuerwiderstandsprüfungen-Teil1:AllgemeineAnforderungen.

# Regelkonforme Brandschutzlösungen im Installationsbereich



Dr.-Ing. Werner Ludwig, Fachplaner für gebäudetechnischen Brandschutz (EIPOS), Technische Information, Sikla GmbH, VS-Schwenningen

Rettungswege müssen im Brandfall ausreichend lang nutzbar sein. Vorhandene Bandlasten werden deshalb häufig entsprechend dem Kommentar zur Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR) [1] über einer selbstständigen Unterdecke mit Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer in einem rauchdichten Abschnitt separat verlegt. Die Befestigungslösungen sind dann so auszulegen, dass die Funktion dieser selbstständigen Unterdecke auch während eines Brandes erhalten bleibt.

## Der Platz ist knapp

Bei der Planung der Etagenhöhe wird kein Zentimeter gern verschenkt. Für einen sicheren Funktionserhalt der selbstständigen Unterdecke ist ein üblicher Abstand von reichlich 50 mm aber oft nicht ausreichend (Abbildung 1). Je nach Konstruktion sind häufig bis zu 150 mm erforderlich, da sich die Gesamtverformung einer Konstruktion aus mehreren Anteilen addiert.

## Komponenten mit konstanter oder variabler Verformung

Die Eignung bestimmter Produkte mit konstanter Verformung lässt sich aus Tabellen entnehmen, beispielsweise für

- Anker zur Deckenbefestigung mit ETA (Europäisch Technische Bewertung),
- Gleitelemente zum Ausgleich der thermischen Dehnung (mit MPA-Prüfbericht),
- Rohrschellen (mit RAL-Prüfzeugnis RAL-GZ 656 [2]).

In den Tabellen kann neben der temperaturreduzierten Belastbarkeit auch die zu erwartende zugehörige Verformung für den Brandfall abgelesen werden.

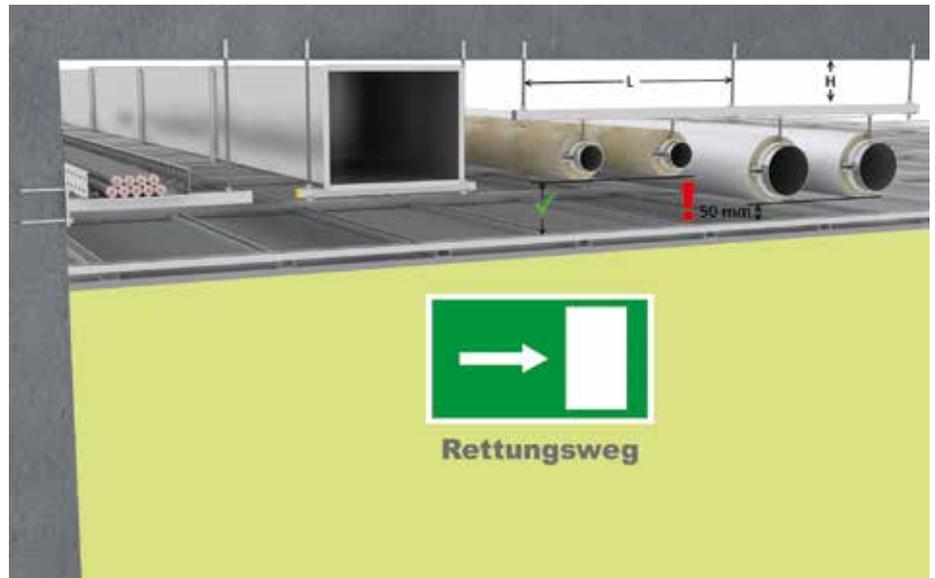


Abbildung 1: Rohrleitungen der Technischen Gebäudeausrüstung über selbstständiger Unterdecke

Alle Abbildungen: Sikla GmbH, VS-Schwenningen

Besitzen die Produkte den variablen Parameter „Länge“, so muss eine entsprechende Berechnung vorgenommen werden, um die Belastbarkeit im Brandfall und die zu erwartende Verformung für diese Elemente mög-

lichst algorithmisch zu ermitteln. Beispiele sind Gewindestäbe mit Längsdehnung von ca. 14 mm/m bei FWD 90 nach EC 3 [3] und Montageschienen unter Berücksichtigung eines Verformungszuschlages. Abbildung 2

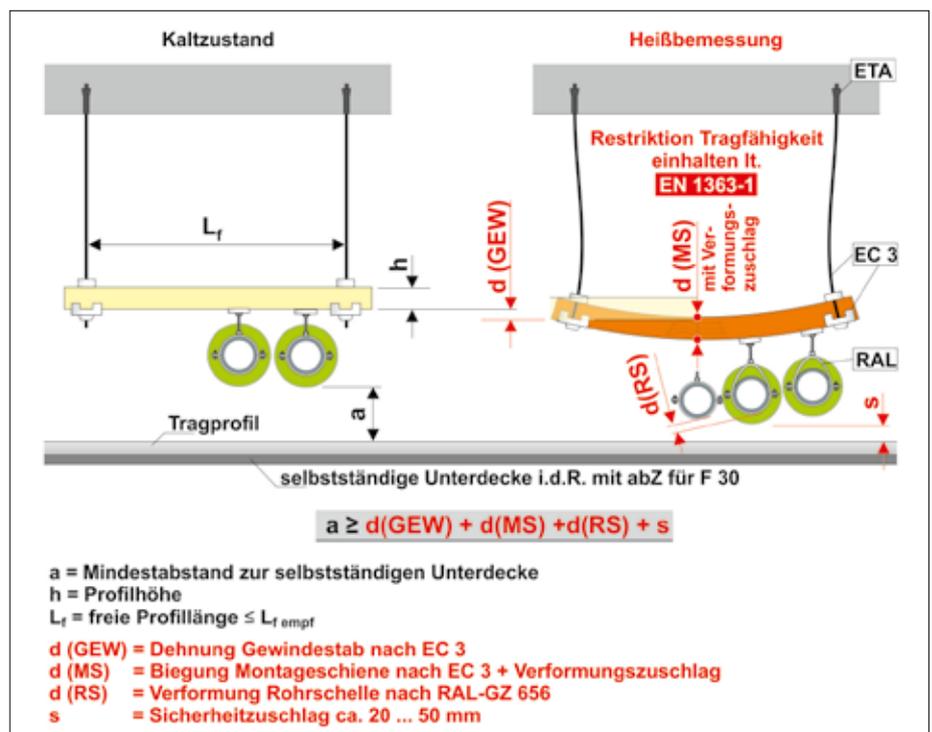


Abbildung 2: Komponenten der Verformung



verdeutlicht diese einzelnen Verformungskomponenten anhand einer typischen Installation der Technischen Gebäudeausrüstung mit Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer.

### Höhere Spannungswerte nutzen

Bereits in den 1970er-Jahren gab es die ersten Vorgaben für die Heißbemessung von zugbeanspruchten Gewindestäben als feuerhemmende oder feuerbeständige Konstruktion. Diese Werte wurden anschließend in der DIN 4102 [4] verankert und langjährig erfolgreich als konservative Bemessungsbasis genutzt. Neue Erkenntnisse zu einer differenzierten Heißbemessung für jede Temperatur unter 1.100 °C sind inzwischen in EC 3 [3] dokumentiert. Sie ermöglichen entsprechend Abbildung 3 eine höhere Ausnutzung der temperaturreduzierten Belastbarkeit für zug- und biegebeanspruchte Bauteile. Die konkrete Belastbarkeit von Gewindestäben in den Größen von M8 bis M16 nach nationaler und europäischer Norm kann dem aktuellen Kommentar zur MLAR [1] entnommen werden.

### Das Lösungsfeld ist begrenzt

Die algorithmische Betrachtung von Montageschienen in der Heißbemessung nach EC 3 [3] wird seit 2012 durch die Neufassung der DIN EN 1363-1 [5] aufgrund der zusätzlichen Beachtung des Kriteriums Tragfähigkeit auf einen Vertrauensbereich beschränkt. In diesem bildet die Biegelinie noch kein Seileck, wie Abbildung 4 verdeutlicht. In diesem Fall kann von einer wesentlichen Querschnittstreue des Profils über die gesamte freie Länge ausgegangen werden. Das ermöglicht die Anwendbarkeit von Formeln der Elastizitätstheorie mit zusätzlichen Reduktionsfaktoren für den Brandfall, wie sie vom Otto-Graf-Institut der Universität Stuttgart erarbeitet wurden.

Die Tragfähigkeit wird dabei durch das geometrische Kriterium der maximalen Grenzdurchbiegung  $d_{max} = L_f^2 / (400 * h)$  begrenzt. Für eine typische Montageschiene 41/41 sind das bei einer freien Länge von 800 mm beispielsweise nur noch 39 mm. Jede größere Durchbiegung gilt bereits als Versagen.

### Möglichkeiten und Grenzen der Heißbemessung

Selbstverständlich ist die algorithmische Ableitung von Belastbarkeit und Verformung im Brandfall allgemein wünschenswert, da sie wirtschaftlicher als Versuche ist.

Die Gegenüberstellung von Verformungswerten aus Versuchen mit den Ergebnissen aus alleiniger Berechnung nach EC 3 hat je-

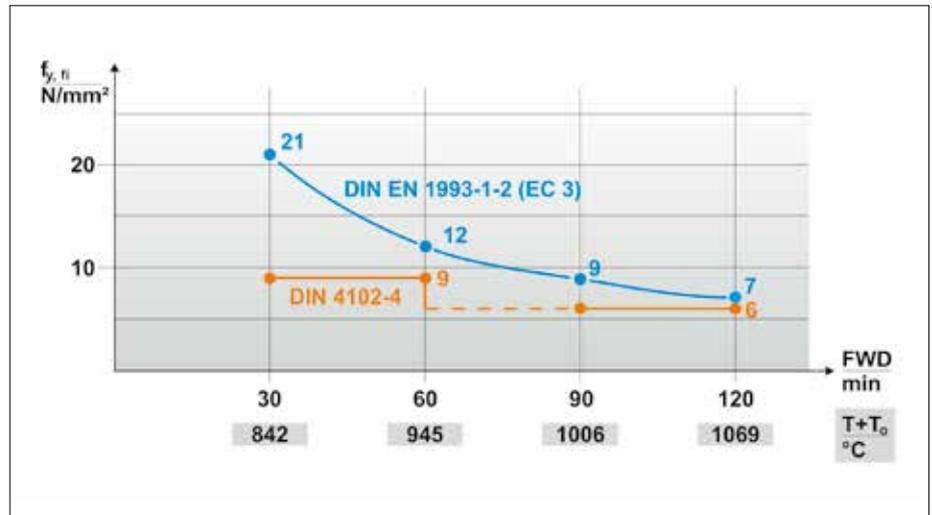


Abbildung 3: Temperaturreduzierte Streckgrenze für die Heißbemessung

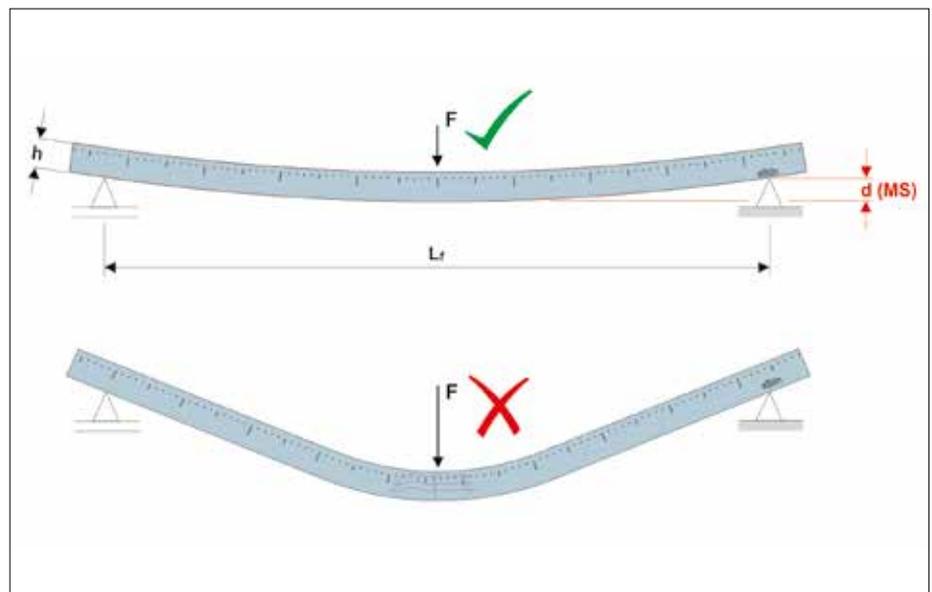


Abbildung 4: Seileck außerhalb des Lösungsbereiches



Abbildung 5: Rauchundichtigkeit an Wandbefestigungen ausschließen

doch insbesondere für Situationen >FWD 30 gezeigt, dass ein Zuschlag erforderlich ist, um dieser Erscheinung Rechnung zu tragen. Dieser Verformungszuschlag ist für die Heißbemessung von Montageschienen deshalb in Berechnungen praxisgerecht zu berücksichtigen und künftig weiter zu untersuchen – aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen.

Unter bestimmten Bedingungen ist jedoch die Bearbeitung von Modellen der Finite-Elemente-Methode (FEM-Modellen) noch nicht praxistauglich oder Abweichungen in der Verformung zwischen praktischen Versuchen und theoretischen Modellen [6] müssen berücksichtigt werden. Nach dem heutigen Stand der Technik wird dann das Lösungsfeld auf einen verantwortungsvollen Vertrauensbereich eingegrenzt – beispielsweise auf eine empfohlene maximale freie Profillänge von höchstens  $20 \cdot$  Profilhöhe (h). Dabei muss zusätzlich das neue Kriterium „Tragfähigkeit“ nach DIN EN 1363-1 beachtet werden [5].

### DIN EN 1363-1 [5] sichert die Rauchdichtheit

Werden die geforderten Restriktionen zur Tragfähigkeit eingehalten, ist davon auszugehen, dass die Momentenbelastung am seitlichen Bauwerksanschluss selbst im Brandfall keine Zerstörungen erzeugt, welche die Rauchdichtheit in Frage stellen. Abbildung 5

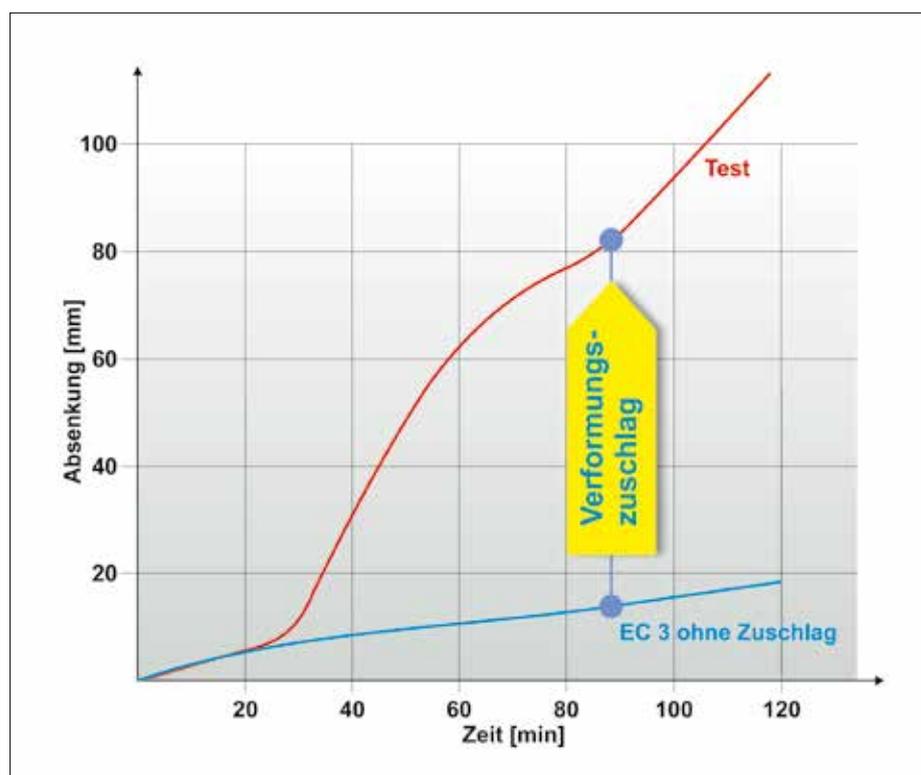


Abbildung 6: Verformungszuschlag

verdeutlicht dieses Problem für den Fall einer Überschreitung der zulässigen Grenzwerte. In DIN EN 1363-1 [5] wird im Abschnitt 11.4.1 deshalb explizit darauf hingewiesen, dass der „Raumabschluss“ nur dann als erfüllt angesehen werden kann, wenn das Kriterium „Tragfähigkeit“ erfüllt ist.

### Neue Aufgaben

Insbesondere die festgestellten Abweichungen bei der Verformung von Montageschienen sind in naher Zukunft weiter zu untersuchen, um die physikalischen Hintergründe für den Verformungszuschlag (Abbildung 6) weiter aufzubereiten. Gegebenenfalls müssen unter Anwendung der Kriechtheorie gemeinsam neue mathematische Modelle erarbeitet werden.

Bis dahin sollte das Lösungsfeld aus Sicherheitsgründen auf die genannten Randbedingungen beschränkt bleiben. So ist es auch im Brandschutz-Leitfaden [7] beschrieben.

### Fazit

Für sichere brandschutzgerechte Installationslösungen im Zwischendeckenbereich gelten folgende Hinweise:

- Anker mit Europäisch Technischer Bewertung (ETA) verwenden,
- Brandlastwerte durch reduzierte Rohrstützweite einhalten,
- Tragfähigkeit nach DIN EN 1363-1 [5] als Grenzkriterium berücksichtigen,

- freie Länge von Montageschienen begrenzen, gegebenenfalls durch Zwischenabhängungen.

Vielfältige Forschungen auf dem Gebiet der Heißbemessung werden zukünftig dazu beitragen, dass diese Berechnungen genauso selbstverständlich werden, wie es die vor über 150 Jahren für die Kaltbemessung von Brücken eingeführten Berechnungen inzwischen sind.

Weiteren Aufgabe werden zu lösen sein: Durch tieferes Verständnis der Randbedingungen müssen die Voraussetzungen für den algorithmischen Ausbau der Heißbemessung vervollkommen werden.

Es muss herausgefunden werden, welche Profile wirtschaftlich am besten für brandschutzgerechte Installationslösungen geeignet sind.

In Zusammenarbeit mit renommierten Prüfinstituten müssen reale Bemessungstemperaturen definiert werden, die für konkrete potenzielle Brandereignisse deutlich unterhalb der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) liegen. ◀

### Literatur

- [1] Lippe, Czepuck, Möller, Reintsema: Kommentar zur MLAR (5. Auflage) mit Anwendungsempfehlungen und Praxisbeispielen der Autoren, Winnenden 2018.
- [2] RAL Gütegemeinschaft Rohrbefestigung e.V., Landsberg am Lech; Verleihung von Gütezeichen nach neutralen, gleichwertigen Prüfungen.
- [3] DIN EN 1993-1-2 : 2010-12 (Eurocode 3) Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Alleinvertrieb durch den Beuth-Verlag, Berlin.
- [4] DIN 4102-4 : 2016-05 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile, Sonderbauteile; Alleinvertrieb durch den Beuth-Verlag, Berlin.
- [5] DIN EN 1363-1 : 2012-10 Feuerwiderstandsprüfungen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Alleinvertrieb durch den Beuth-Verlag, Berlin.
- [6] Fachartikel zum Brandverhalten von Rohrbefestigungen, Ergebnisse aus Grundlagenversuchen mit Montageschienen, tab 9 (2015).
- [7] Brandschutz-Leitfaden, Veröffentlichung der Sikla GmbH, VS-Schwenningen, 2018; <https://sikla.de> > Downloads > Broschüren > Brandschutz-Leitfaden (zuletzt geprüft am 19.12.2018).



Seit diesem Jahr bilden marktführende Großhandelsgruppen aus dem Bereich der Gebäudetechnik, zusammen mit der GC KAM ein bundesweites neues Netzwerk – „NFG“, das Netzwerk für Gebäudetechnik.

Sie bündeln Ihre Kompetenzen und Leistungen für die spezielle Beratung von Architekten, Planern und Entscheidern in der Bau- und Wohnungswirtschaft.

**NFG** schafft zusätzliche Synergien und ermöglicht gebietsübergreifend eine abgestimmte bedarfsspezifische Unterstützung in allen Bereichen der Gebäudetechnik.

**NFG** unterstützt Sie mit modernen Technologien und innovativen Komplettsystemen.

NFG-GRUPPE.DE  
info@nfg-gruppe.de



NFG-West GmbH / Robert Bosch Str. 17 / 33334 Gütersloh

# Reduzierung der Kaltwassertemperatur in Stockwerksleitungen durch Erhöhung des Wasserwechsels



Dr. Lars Rickmann  
UMIT - Universität  
für Gesundheits-  
wissenschaften,  
Medizinische Infor-  
matik und Technik,  
Hall in Tirol



Timo Kirchhoff M.Eng.,  
Leiter  
Produktmanagement,  
Gebr. Kemper  
GmbH + Co. KG,  
Olpe



Prof. Dr.  
Werner Mathys,  
Ehem. Institut  
für Hygiene,  
Universitätsklinikum  
Münster



Prof. Dipl.-Ing.  
Bernd Rickmann,  
Ehem. FB Energie,  
Gebäude, Umwelt,  
FH Münster



Prof. Dr.-Ing.  
Carsten Bäcker  
FB Energie, Gebäude,  
Umwelt,  
FH Münster

*Das Verkeimungsrisiko des Trinkwassers mit Legionellen wurde in der Vergangenheit in erster Linie im Trinkwassererwärmer und in den zugehörigen Warmwasser- bzw. Zirkulationsleitungen gesehen. Die Trinkwasserverordnung regelte daher die gesetzliche Untersuchungspflicht auf Legionellen nur für Großanlagen zur Trinkwassererwärmung. Publikationen spätestens ab Mitte 2010 machen aber deutlich, dass Kontaminationen mit Legionellen nicht nur im erwärmten Trinkwasser, sondern auch im kalten Trinkwasser (PWC) erwartet werden müssen [1]. Mittlerweile hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass die althergebrachten Bau- und Installationsmethoden für die festgestellten trinkwasserhygienischen Auffälligkeiten im kalten Trinkwasser maßgeblich mitverantwortlich sind. Zur Sicherstellung hygienisch einwandfreier Verhältnisse, auch im kalten Trinkwasser, müssen daher sowohl die Installationstechniken für die Verlegung der Leitungen als auch die Betriebsführung überdacht und grundlegend verändert werden.*

## Anforderungen der Hygiene

Trinkwasser ist nicht steril, sondern enthält auch bei Erfüllung aller gesetzlichen Anforderungen in allen Stufen der Gewinnung bis zur Verteilung an den Nutzer eine Vielzahl von Mikroorganismen, die in der Regel für den Menschen ungefährlich sind. Aber auch fakultative, opportunistische Krankheitserreger finden speziell im Lebensraum der Trinkwasserinstallation in Gebäuden optimale Lebens- und Vermehrungsbedingungen sowohl im Warm- als auch im Kaltwasser, beispielsweise Legionellen, atypische Mykobakterien, *Pseudomonas aeruginosa* und eine wachsende Zahl weiterer Bakterien.

Eine Kombination aus schlechter Werkstoffqualität, Stagnation, Wasserbeschaffenheit und zu hoher Wassertemperatur kann dazu führen, dass sich ein starker Biofilm entwickelt. In dessen Schutz können sich auch fakultative Krankheitserreger vermehren.

Die Stagnation des Trinkwassers in der Leitungsanlage ist der wohl kritischste Faktor für die Vermehrung fakultativ-pathogener Krankheitserreger. Der länger andauernde Kontakt von Trinkwasser mit Werk-

stoffen – beispielsweise Rohrleitungs- und Armaturenwerkstoffe – führt zu einer erhöhten Migration von Nährstoffen in das Trinkwasser. In Stagnationsphasen fehlen der Abtransport und damit die Verdünnung der in den Wasserkörper gelangten Mikroorganismen. In Stagnationsphasen ist das Trinkwasser zudem den Umgebungstemperaturen im Installationsraum ausgesetzt (Abbildung 1), wodurch eine Erwärmung/Abkühlung des Trinkwassers auf Temperaturen stattfindet, die im Wachstumsbereich der Erreger liegen können (25 – 40 °C). Als sichere Temperatur für das kalte Trinkwasser wird beispielsweise in der DVGW-Wasserinformation 90 [2] nur eine Temperatur von < 20 °C angesehen. Neuere Untersuchungen aus der Mikrobiomforschung zeigen, dass schon zwölf Stunden Stagnation ausreichen, um eine signifikante Erhöhung der Bakterienzahlen zu verursachen.

Damit die Vermehrung von Bakterien – insbesondere von Krankheitserregern – in Trinkwasser-Installationen nicht unzulässig gefördert wird, müssen zunächst planerische Maßnahmen zur thermischen Entkopplung der kalten Trinkwasserleitungen von Wär-



Alle Grafiken: Gebr. Kemper GmbH + Co. KG

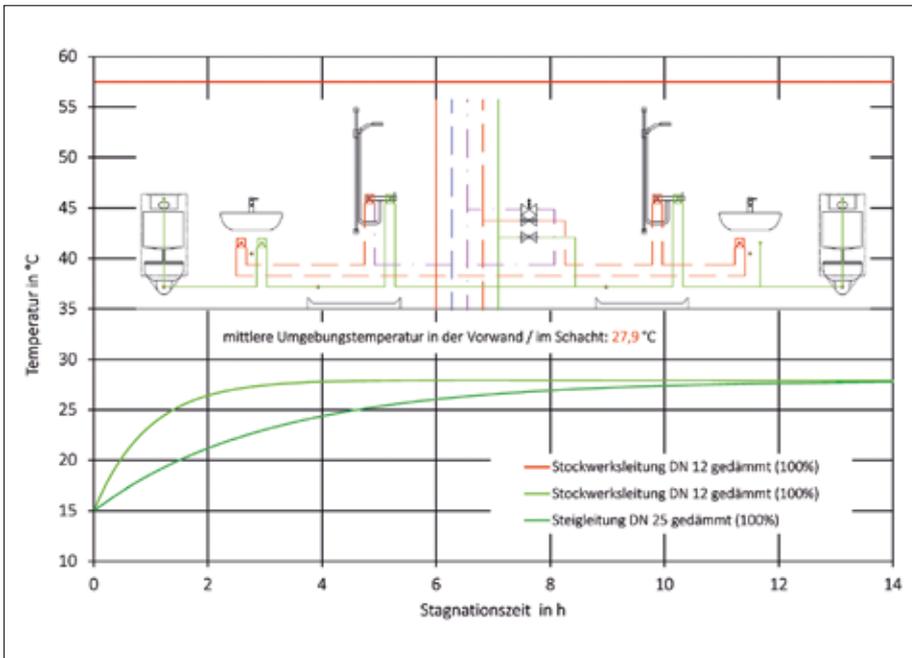


Abbildung 1: Bei Stagnation zu erwartender Temperaturverlauf in PWC-Stockwerks- und Steigleitungen eines hochinstallierten Schachtes (Aufbau der Stockwerksinstallation ohne Berücksichtigung von Maßnahmen zur thermischen Entkopplung)

mequellen umgesetzt werden. In Installationsbereichen, in denen Leitungen für kaltes Trinkwasser verlegt werden sollen, muss die Umgebungslufttemperatur möglichst niedrig sein, aber mindestens unter 25 °C liegen. Nur dann darf erwartet werden, dass in Stagnationsphasen die Kaltwassertemperaturen 25 °C nicht dauerhaft übersteigen und im laufenden Betrieb bestenfalls geringer sind als 20 °C.

Neben einer Reduzierung der Umgebungslufttemperaturen muss der konstruktive Aufbau einer Trinkwasserinstallation dazu führen, dass ein hoher Wasserwechsel in allen Teilstrecken stattfindet – insbesondere in den Stockwerks- und Einzelzuleitungen.

### Wasserwechsel und Temperaturen des kalten Trinkwassers

Die gezielte Beeinflussung der Temperatur des kalten Trinkwassers war in der Vergangenheit kein ausgewiesenes Ziel bei Planung, Bau und Betrieb von Trinkwasserinstallationen. Häufig übersehen wurde der Wärmeübergang, beispielsweise bei gemeinsamer Leitungsführung mit warmgehenden Leitungen in Schächten, Vorwänden oder abgehängten Decken. Dabei kam bzw. kommt es zum unbemerkten Überschreiten kritischer Temperaturgrenzen (Abbildung 1). Auch der Einfluss der Dämmung als adäquate Maßnahme zur Vermeidung bzw. Reduzierung des Wärmeübergangs auf das kalte Trinkwasser wurde (und wird immer noch) in der

Fachwelt überschätzt. Bei zu erwartenden Umgebungstemperaturen von bis zu 30 °C in Rohrkanälen, Schächten, abgehängten Decken und Vorwänden, in Verbindung mit geringen und ungleichmäßig über den Tag verteilten Wasserwechseln, können die Temperaturen des kalten Trinkwassers nicht dauerhaft unter 25 °C gehalten werden – selbst bei bester Dämmung der Rohrleitungen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Je geringer der Durchmesser ist, umso schneller erwärmt sich der Wasserinhalt der Leitung auf Umgebungs-Lufttemperatur.

Die Wechselwirkungen zwischen Volumenströmen in einer Trinkwasserinstallation, verursacht durch Wasserentnahme, Induktion<sup>1</sup> oder gezielte Spülmaßnahmen und den damit verbundenen Temperaturen des kalten Trinkwassers, sind weitestgehend unbekannt. Zur Erforschung der vorherrschenden Betriebsverhältnisse<sup>2</sup> in Trinkwasserinstallationen führte der Laborbereich Haus- und Energietechnik der FH Münster, in Kooperation mit Fa. Kemper aus Olpe, im Zeitraum von 2010 bis 2012 messtechnische Untersuchungen in Installationen von Großgebäuden durch. Dabei wurden auch Stockwerks-Ringleitungen untersucht, die mit Strömungsteilern an die Steig- bzw. Verteilungsleitungen angeschlossen waren (Abbildung 2). Im Rahmen der Untersuchung wurden Messdaten aus kalten Trinkwasserinstallationen von insgesamt elf Großgebäuden mit ca. 3 Millionen Messdaten ausgewertet. Für eine detaillierte Analyse wurden letztlich sechs Gebäude ausgewählt, davon fünf aus dem Gesundheitswesen. Die Auswahl der Gebäude erfolgte hinsichtlich des konstruktiven Aufbaus der Nasszellen, der betrieblichen Besonderheiten, der Homogenität der Messdaten und der Dauer der Messreihen.

Im Folgenden werden grundsätzliche Erkenntnisse aus diesen Untersuchungen exemplarisch an einer Stockwerksinstallation aus einem Krankenhaus aufgezeigt (Abbildungen 6 und 7).

### Konstruktionsprinzipien für Stockwerksinstallationen

Die messtechnisch untersuchte Strömungsteiler-Installation wurde mit konventionellen Installationstechniken verglichen. Unter

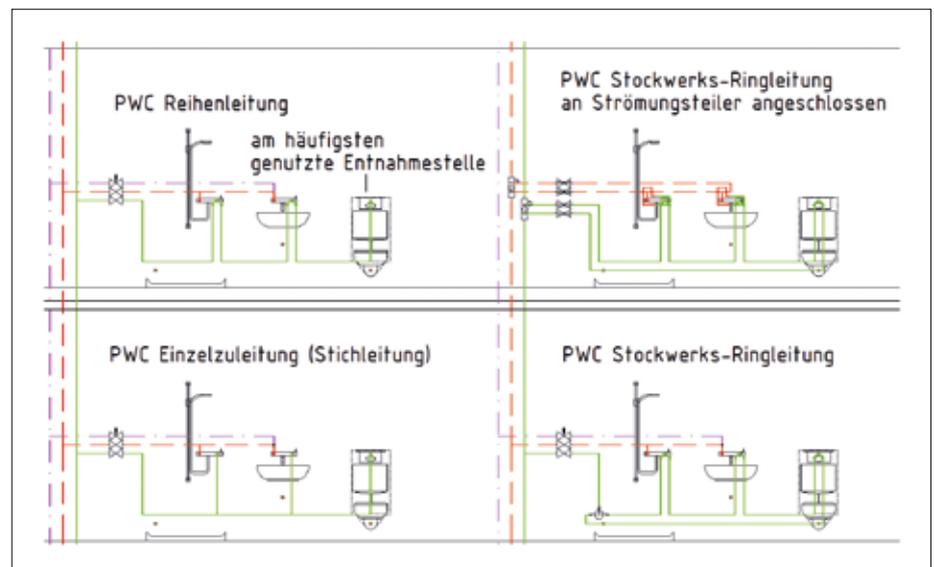


Abbildung 2: Prinzipieller Aufbau von Stockwerksinstallation mit verlegetechnischen Maßnahmen zur Sicherstellung der thermischen Entkopplung

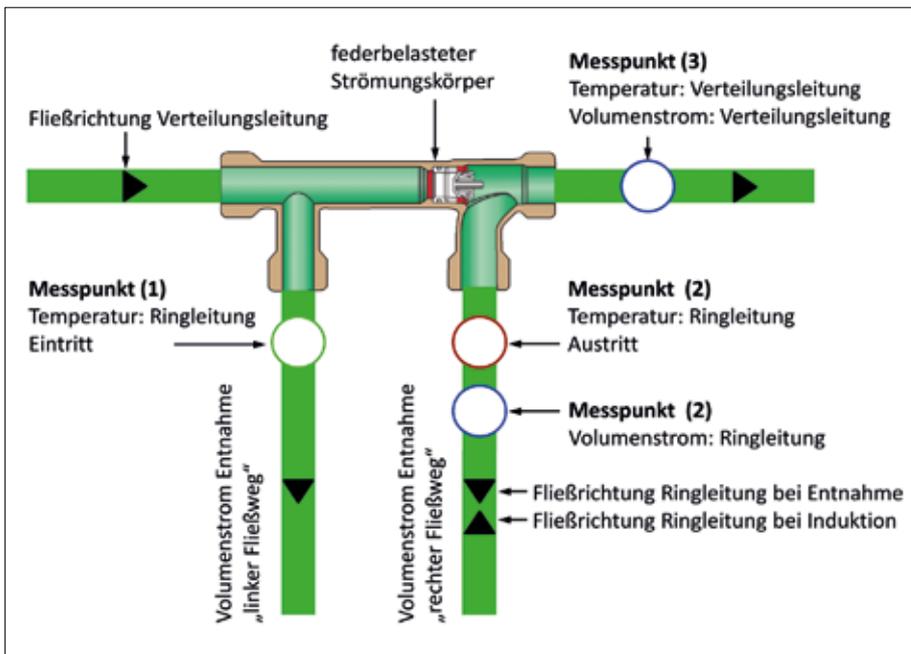


Abbildung 3: Dynamischer Strömungsteiler mit eingetragenen Messpunkten

konventionellen Installationstechniken werden Stockwerksinstallationen verstanden, deren Entnahmearmaturen über Einzelleitungen, Reihen- oder Ringleitungen mit Trinkwasser kalt versorgt werden (Abbildung 2).

### Konventionelle Installationstechniken für Stockwerksinstallationen

In neueren Trinkwasserinstallationen stellen Stockwerksinstallationen mit Reihenleitungen mittlerweile den Installationsstandard dar. Bei Reihenleitungen werden die Rohrleitungen in der Regel über Doppelwandscheiben an den Armaturenanschlüssen mäanderförmig vorbeigeführt. Mit Nutzung der am Ende angeordneten Entnahmearmatur werden alle Teilstrecken der Stockwerksinstallation bis hin zum jeweiligen Armaturenanschluss durchströmt. Ein Optimum für die Durchströmung ergibt sich, wenn die am häufigsten genutzte Entnahmestelle am Ende der Reihenleitung angeschlossen wird – das ist im Normalfall das WC.

In Stockwerksinstallationen mit Ringleitungen wird die Leitung wie bei einer Reihenleitung verlegt. Im Gegensatz zur Reihenleitung endet die Ringleitung jedoch nicht an der letzten Entnahmearmatur, sondern verbindet sie wieder mit der Stockwerksleitung. Auf diese Weise entsteht ein geschlossener Ring. Erfolgt die Wasserentnahme aus einer solchen Ringleitung, wird jede Armatur bei Benutzung von zwei Seiten mit Trinkwasser versorgt. Durch diese Installationsweise wird sichergestellt, dass bei Wasserentnahme an beliebiger Stelle in jeder Teilstrecke der Ring-

leitung Trinkwasser fließt. Wird eine Nasszelle regelmäßig genutzt, wird mit dieser Installationsweise der regelmäßige Wasserwechsel in allen Leitungsteilen der Stockwerksinstallation sichergestellt. Trotz der offensichtlichen funktionalen Vorteile gegenüber einer Reihenleitung kommen in der Praxis Ringleitungsverteilungen in Stockwerksinstallationen eher selten zum Einsatz. Dabei ist der Wasserinhalt von Ringleitungsinstallationen im Vergleich zu einer Installation mit Reihenleitungen in etwa von gleicher Größe – trotz größerer Leitungslänge.

### Strömungsteiler-Installationen

Ein innovatives Installationskonzept [3] kombiniert die prinzipiellen Vorteile von Ringleitungen mit so genannten Strömungsteilern. Ein Strömungsteiler ist ein von Kemper entwickeltes Rohrleitungsfitting mit zwei Anschlüssen, an die eine Ringleitung angeschlossen werden kann. Im Gegensatz zu einer konventionellen Doppel-T-Stück-Installation, die lediglich eine Verbindung zwischen Steig-/Verteilungsleitung und Ringleitung herstellen würde, erzeugt ein Strömungsteiler bei der Durchströmung eine definierte Druckdifferenz zwischen seinen Anschlüssen. Dadurch fließt in der Ringleitung auch ein Volumenstrom, wenn in einer Nasszelle in Fließrichtung hinter dem Strömungsteiler eine Entnahmearmatur betätigt wird. Der auf diese Weise in der Ringleitung erzeugte Volumenstrom wird im Folgenden als Induktionsvolumenstrom bezeichnet. Strömungsteiler-Installationen können nur dort eingesetzt werden, wo ein Induktionsvolumenstrom nicht über Wasserzähler für die verbrauchsabhängige Abrechnung von Wasser- und Wärmekosten fließt, beispielsweise in Krankenhäusern, Hotels, Seniorenheimen usw.

Strömungsteiler-Installationen für das kalte Trinkwasser versprechen eine komfortable Bedarfsdeckung bei minimiertem Wasserinhalt und einem maximalen Wasserwechsel in allen Leitungsteilen der Stockwerksinstallationen. Mit dem erhöhten Wasserwechsel soll auch die mittlere Temperatur des kalten Trinkwassers in allen Teilstrecken der Ringleitung erheblich niedriger lie-

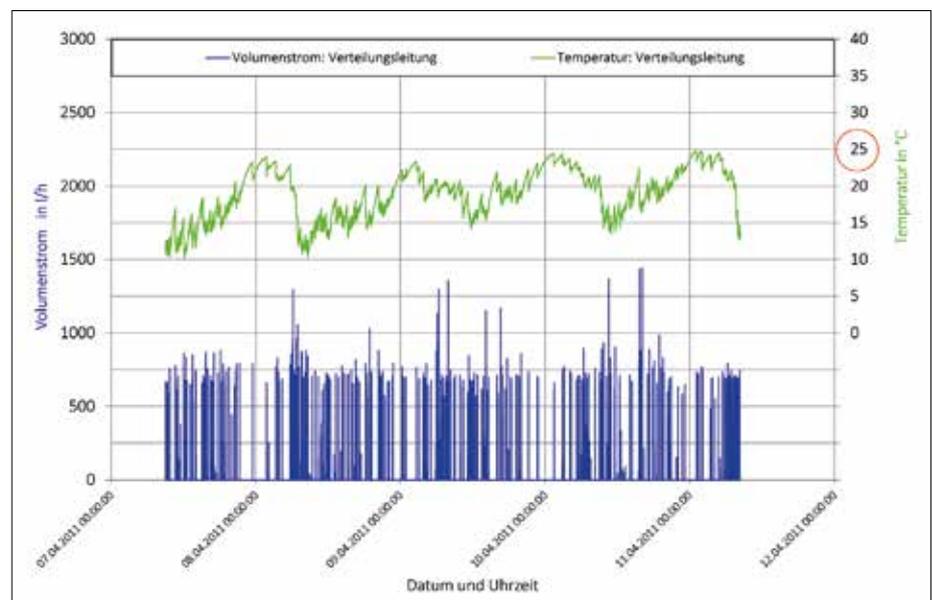


Abbildung 4: Volumenstrom und Temperatur des kalten Trinkwassers in der Stockwerks-Verteilungsleitung DN 20 (Abbildung 6)

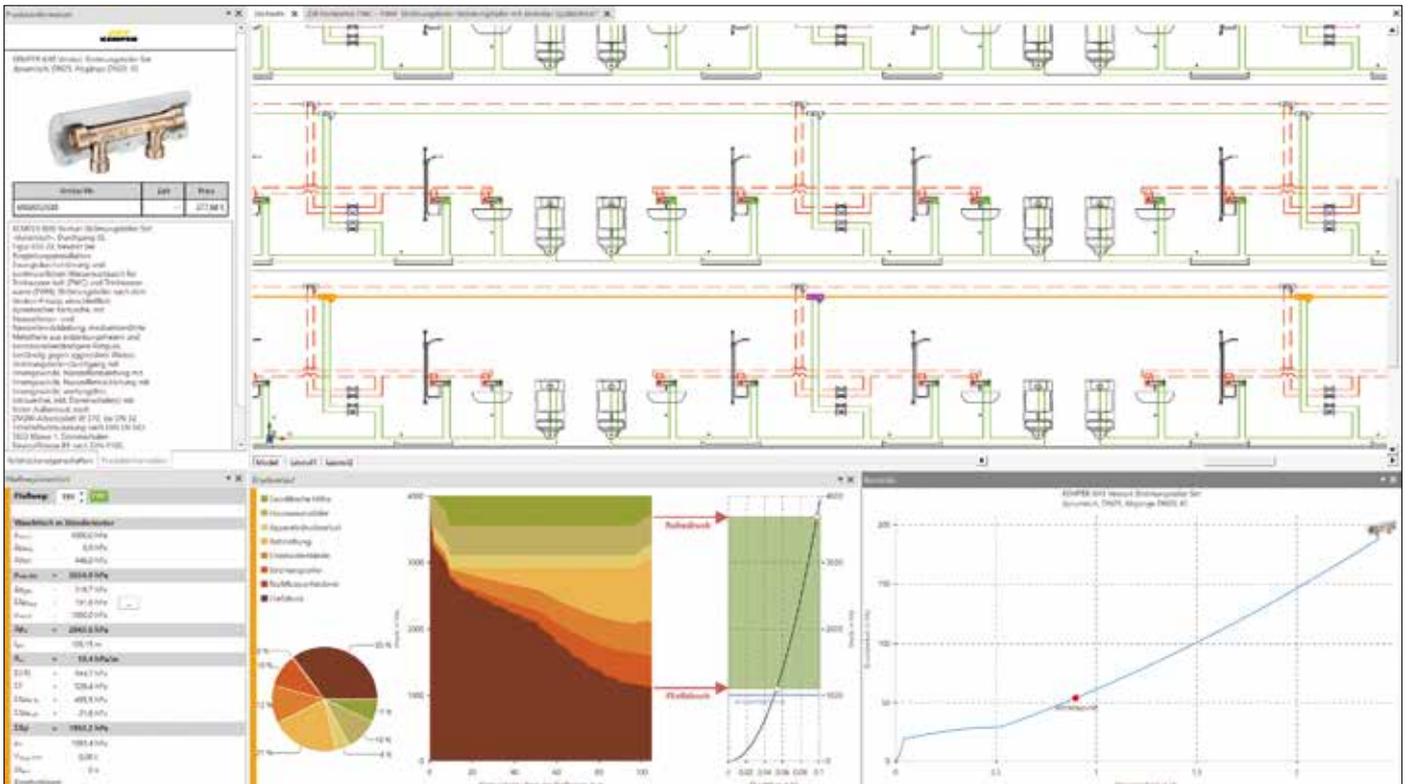


Abbildung 5: Armaturenkenlinie eines dynamischen Strömungsteilers DN 25

gen als bei dem aktuellen Installationsstandard (Reihenleitung).

Grundsätzlich wird zwischen statischen und dynamischen Strömungsteilern unterschieden. Der statische Strömungsteiler erzeugt Druckdifferenzen ausschließlich über eine Venturi-Düse. Die Anschlüsse für die Ringleitung sind im Strömungsteiler so angeordnet, dass die so entstehende Druckdifferenz sich auch auf die Ringleitung auswirkt. Das führt dazu, dass der Volumenstrom im Strömungsteiler aufgeteilt wird. Ein Teil des Volumenstroms fließt direkt durch die Venturi-Düse, während der andere Teil als Induktionsvolumenstrom durch die Ringleitung fließt. Das Verhältnis zwischen dem Volumenstrom in der Düse und dem Induktionsvolumenstrom wird durch die hydraulischen Eigenschaften der Venturi-Düse und die der Ringleitung beeinflusst. Einflussfaktoren sind zum einen der Querschnitt der Venturi-Düse, zum anderen der Strömungswiderstand der Ringleitung. Selbst

bei optimaler Abstimmung aller Einflussfaktoren liefert der Venturi-Effekt eines statischen Strömungsteilers erst ab einem relativ hohen Volumenstrom von ca. 0,3 l/s eine Druckdifferenz, die zu nennenswerten Induktionsvolumenströmen in der Ringleitung führt. Da weite Teile des Rohrnetzes aber nur von Einzelentnahmen mit Volumenströmen <0,20 l/s (720 l/h) belastet werden (Abbildung 4), ist der von statischen Strömungsteilern erzeugte Induktionsvolumenstrom sehr gering. Statische Strömungsteiler sind daher nur für die wenigen Einsatzfälle geeignet, bei denen größere Volumenströme über einen längeren Zeitraum erwartet werden können.

Bei einem dynamischen Strömungsteiler wird der Venturi-Effekt durch einen federbelasteten Strömungskörper zusätzlich verstärkt (Abbildung 3). Dadurch können bereits bei kleinen Volumenströmen in der Verteilungsleitung größere Druckdifferenzen aufgebaut werden. Dieser Effekt bewirkt, dass selbst geringe Volumenströme in der

Verteilungsleitung signifikante Induktionsvolumenströme erzeugen (Abbildung 8). Die erzeugte Druckdifferenz ist bei kleinen Volumenströmen in der Verteilungsleitung verhältnismäßig groß, bei auftretenden Spitzenvolumenströmen jedoch relativ gering. Bei einem Volumenstrom von 0,05 l/s beträgt beispielsweise die erzeugte Druckdifferenz in einem dynamischen Strömungsteiler der Nennweite DN 25 ca. 20 hPa, während sie bei einem Spitzenvolumenstrom von 0,89 l/s im Düsenquerschnitt nur ca. 53 hPa ausmacht (Abbildung 5). Dadurch ist zu jeder Zeit sichergestellt, dass die Bedarfsdeckung der in Fließrichtung hinter dem Strömungsteiler angeordneten Entnahmearmaturen nicht beeinträchtigt wird.

### Ergebnisse aus Messungen und Simulationsrechnungen

Die messtechnisch untersuchte Strömungsteiler-Installation (Abbildung 7) befindet sich in Fließrichtung gesehen im vorderen

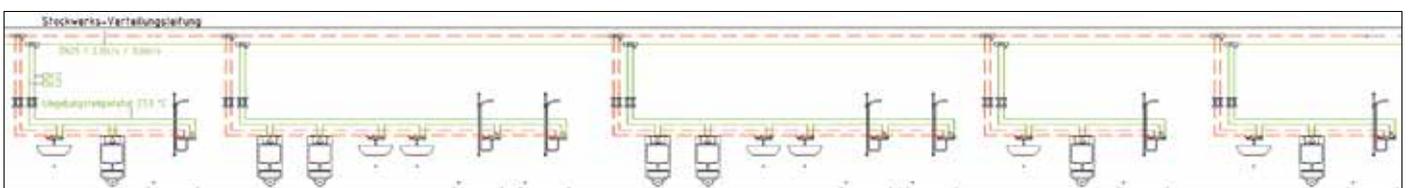


Abbildung 6: Rohrnetzstruktur hinter der untersuchten Ringleitung

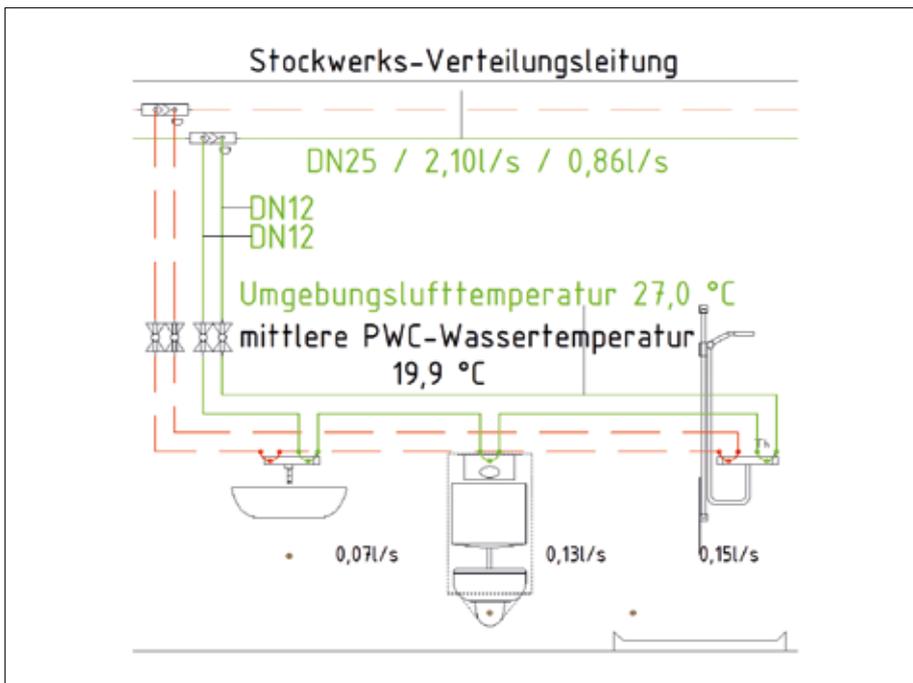


Abbildung 7: Messtechnisch untersuchte Strömungsteiler-Installation

Bereich einer Stockwerks-Verteilungsleitung eines Krankenhauses. Abbildung 6 zeigt die Entnahmestellen, die hinter dem untersuchten Strömungsteiler an die betreffende Stockwerks-Verteilungsleitung angeschlossen sind.

Die Ringleitung, die mit einem Strömungsteiler an eine Stockwerks-Verteilungsleitung angeschlossen wurde, versorgt eine Nasszelle mit drei Entnahmestellen für kaltes Trinkwasser. Die PWC-Ringleitung wurde parallel mit den zirkulierenden Warmwasserleitungen in einer gemeinsamen Installationsvorwand verlegt. Bedingt durch die Zirkulation über die Warmwasser-Ringleitung, mit Temperaturen über 55 °C, erwärmt sich die Umgebungslufttemperatur in der Installationsvorwand im Mittel auf ca. 27 °C (vgl. auch Abbildung 1). Die Verlegung der PWC- bzw. PWH-Ringleitungen erfolgte seinerzeit noch ohne Maßnahmen zur thermischen Entkopplung der Kaltwasserleitungen von den Wärmequellen [4].

### Erhöhung des Wasserwechsels

Zur besseren Beurteilung der Funktionalität von Stockwerksinstallationen wurden die Messergebnisse für die Strömungsteiler-Installation mit den Ergebnissen aus Simulationsrechnungen für konventionelle Installationstechniken (Einzelzuleitungen, Reihen- und Ringleitungen) verglichen [5]. Dabei wurden die Randbedingungen, wie das Zapfverhalten, die Wassereintrits- und die Umgebungstemperaturen, deckungsgleich aus den Messergebnissen übernommen.

Der Vergleich mit konventionellen Verteilungssystemen zeigt sehr deutlich, dass der Wasserwechsel in Strömungsteiler-Installationen deutlich intensiver ist und sich gleichmäßiger über den Tag verteilt (Abbildung 8 bis 11). Der intensivere und gleichmäßigere Wasserwechsel ist darauf zurückzuführen, dass durch Wasserentnahmen an beliebiger Stelle eine Zwangsdurchströmung in allen im Fließweg vorgelagerten Ringleitungen er-

folgt (Induktion). In Strömungsteiler-Installationen wird die vom Trinkwasser kalt aufgenommene Wärme durch den intensiveren Wasserwechsel viel schneller abgeführt. Dadurch strömt kälteres Trinkwasser aus der Steig-/Verteilungsleitung auch schneller nach, als in den direkt vergleichbaren konventionellen Systemen. Der vollständige Austausch des Wasserkörpers in der Leitung erfolgte bei den untersuchten Stockwerksinstallationen in der Regel in weniger als einer Stunde. Damit wurde nicht nur die regelmäßige Abfuhr der aus der Umgebung aufgenommenen Wärme erreicht, sondern auch durch Austrag der ggfs. im Wasser befindlichen Bakterien, Metallionen, Weichmacher usw. ein Verdünnungseffekt sichergestellt.

Gegenüber dem aktuellen Installationsstandard (Abbildung 10 - Reihenleitung) lag die mittlere Wasserwechselrate pro Tag bei Strömungsteiler-Installationen um bis zu vierzigfach höher. Von den im Messzeitraum aufgetretenen Stagnationsphasen waren mehr als 90 Prozent kürzer als 30 Minuten. Stagnationsphasen, die länger andauerten als zwei Stunden, wurden im gesamten Messzeitraum nicht nachgewiesen.

### Einfluss des Wasserwechsels auf die Temperatur

Bedingt durch den gleichmäßig über den Tag verteilten hohen Wasserwechsel ergibt sich für die untersuchten Strömungsteiler-Installationen gegenüber den aktuellen Installationsstandards ein erheblich niedrigeres

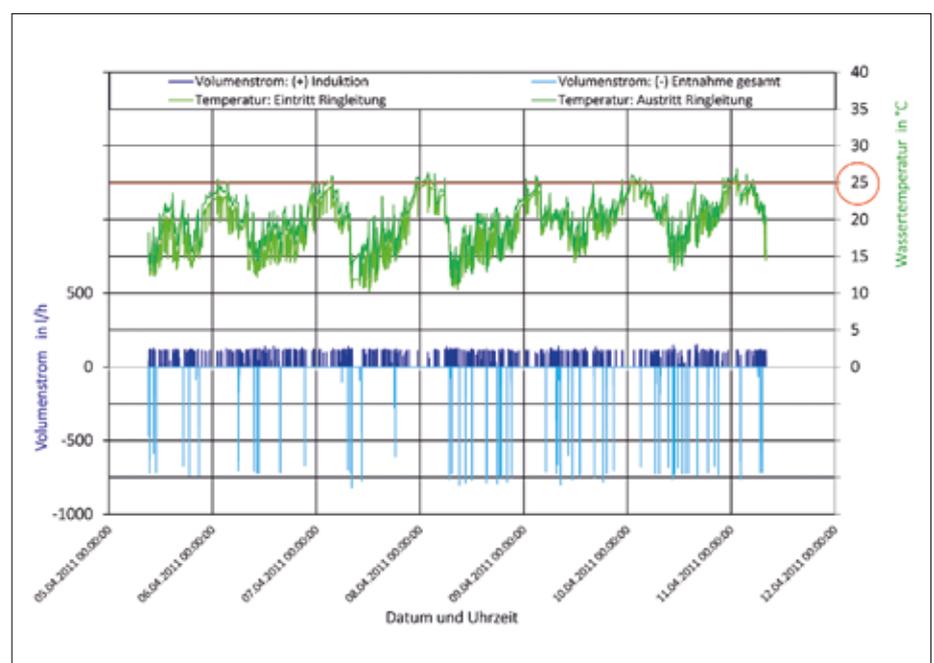


Abbildung 8: Entnahme- und Induktionsvolumenstrom sowie Eintritts- und Austrittstemperaturen des kalten Trinkwassers in der Ringleitung mit Strömungsteiler (Abbildung 7)

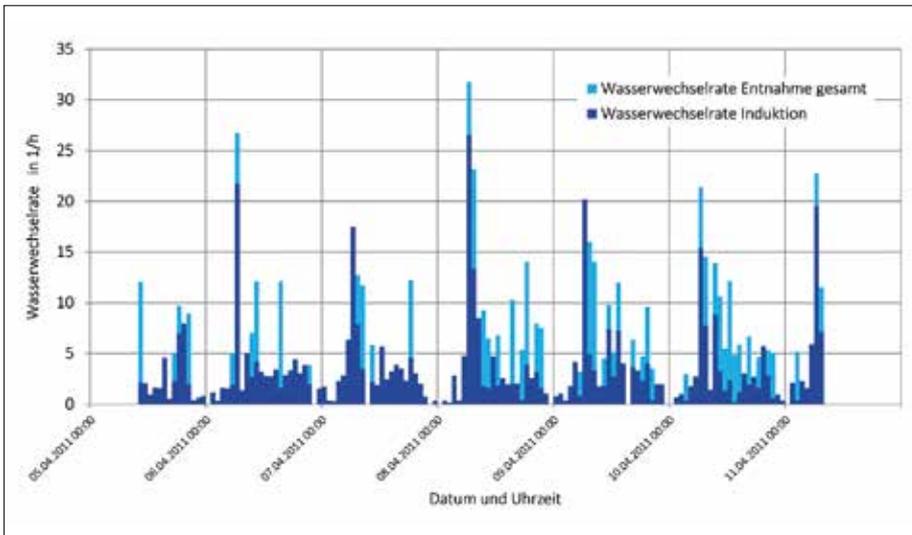


Abbildung 9: Wasserwechselraten in einer Stockwerks-Ringleitung mit Strömungsteiler

Temperaturniveau. Absolut gesehen lagen bei der Strömungsteiler-Installation weniger als 10 Prozent der Temperaturmesswerte über 25 °C – bei dem besten konventionellen System (Ringleitung) waren es bereits mehr als 50 Prozent. Die mittlere Temperatur des kalten Trinkwassers in der Ringleitung wurde im Messzeitraum mit 19,9 °C festgestellt. Damit kann sogar noch bei einer Umgebungslufttemperatur von 27 °C näherungsweise die Anforderung aus der DVGW-Information WASSER Nr. 90 (<20 °C) erfüllt werden. Eine noch weitere Absenkung der mittleren Temperatur des kalten Trinkwassers kann erwartet werden, wenn die PWC Ringleitung thermisch entkoppelt verlegt wird [4].

Durch Auswertung der Messdaten konnte festgestellt werden, dass die Dusche im Messzeitraum kaum genutzt wurde. Der Wasserinhalt in der Einzelzuleitung zur Dusche stagniert daher über einen langen Zeitraum im temperaturkritischen Bereich, bei einer mittleren Temperatur von 26,4 °C (Abbildung 11). Die geringe Nutzungsfrequenz von Duschen, beispielsweise in Krankenhäusern und Seniorenheimen, ist ein bekanntes Phänomen. Zur Verbesserung der Durchströmung muss daher am Ende der Reihenleitung nicht die Dusche, sondern immer das WC angeschlossen werden.

**Temperaturen bei vorübergehender Nichtnutzung**

Wird unterstellt, dass die messtechnisch untersuchte Nasszelle über einen längeren Zeitraum nicht benutzt wird, erfolgt der Wasserwechsel in der Ringleitung ausschließlich durch den Induktionsvolumenstrom. Der für diesen Betriebszustand simulierte Temperaturverlauf verfügt über die gleiche Tendenz

wie in Abbildung 8 und liegt nur geringfügig höher. Daraus lässt sich grundsätzlich ableiten, dass das Temperaturniveau in den Ringleitungen von Strömungsteiler-Installationen maßgeblich vom Induktionsvolumenstrom abhängig ist und nur in geringem Maße vom Entnahmevolumenstrom geprägt wird.

Der Wasserwechsel durch Induktion geht zwar in den Strömungsteiler-Installationen in Fließrichtung gesehen zurück. Es kann jedoch durch Messergebnisse belegt werden, dass die Kaltwassertemperaturen in einer vorübergehend nicht genutzten Strömungsteiler-Installation immer noch um 4 K niedriger liegen, wenn nur noch 4 Personen hinter dem betreffenden Strömungsteiler Wasser entnehmen (Messwerte aus einem Seniorenheim).

**Einfluss wandmontierter Mischarmaturen**

Die wandmontierten Mischarmaturen für den Waschtisch und die Dusche wurden kalt- und warmwasserseitig über Doppelwandscheiben angeschlossen.

Die Ergebnisse der Temperaturmessungen zeigen, dass es im Messzeitraum keine signifikante Temperaturerhöhung des kalten Trinkwassers durch Wärmeleitung über die Armaturenkörper der beiden installierten Mischarmaturen gegeben hat. Die mittlere Eintrittstemperatur in die Ringleitung betrug 19,2 und die mittlere Austrittstemperatur 20,7 °C. Die mittlere Temperaturerhöhung um 1,5 K zwischen Ein- und Austritt kann ausschließlich mit der Wärmeaufnahme über die Oberfläche der gedämmten Ringleitung erklärt werden.

Es dauert länger als 3 Stunden bis durch Wärmeleitung über den Armaturenkörper der Kaltwasseranschluss einer wandmontierten Mischarmatur – ausgehend von 13 °C – eine Temperatur von 25 °C erreicht [6] (Abbildung 12). Da im Messzeitraum die Stagnationszeiten überwiegend kürzer waren als eine Stunde, konnte sich dadurch der Wasserinhalt der Ringleitung durch Wärmeleitung über die Mischarmatur zu keinem Zeitpunkt erkennbar und auf jeden Fall nicht unzulässig erwärmen.

**Temperaturanstieg in den Stockwerks-Verteilungsleitungen**

Die Befürchtung liegt nahe, dass sich durch die Wärmeabfuhr aus den Stockwerks-Ringleitungen die Temperatur in der Stockwerks-Verteilungsleitung unzulässig erhöhen

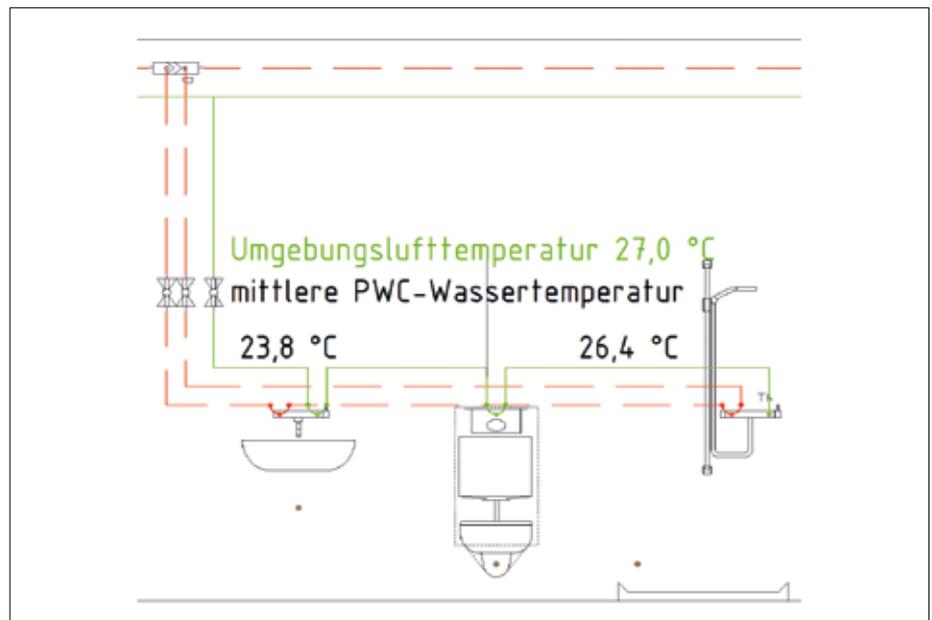


Abbildung 10: Durch Simulationsrechnung untersuchte Reihenleitungsinstallation

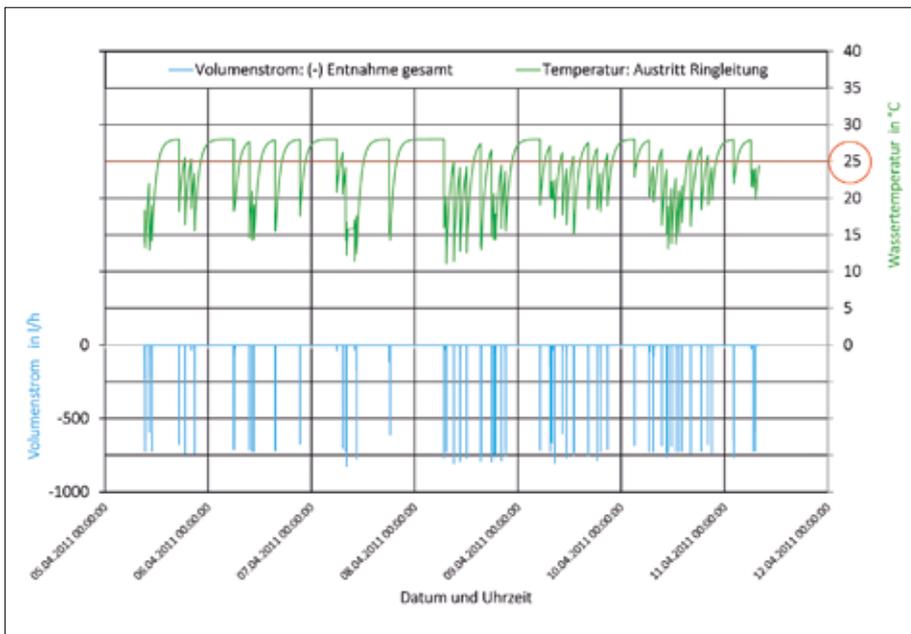


Abbildung 11: Entnahmevolumenstrom sowie die durch Simulationsrechnung ermittelten Temperaturen des Trinkwassers kalt (Bild 10, erste Teilstrecke der Reihenleitung)

könnte. Diese Befürchtung ist unbegründet. Hinter einem Strömungsteiler mischt sich der relativ kleine Induktionsvolumenstrom mit höherer Temperatur, mit dem größeren Volumenstrom des Durchgangs mit niedrigerer Temperatur. Dadurch erhöht sich die Temperatur des kalten Trinkwassers hinter einem Strömungsteiler nur im Bereich der Nachkommastelle. Selbst mit einem sehr geringen Entnahmevolumenstrom von nur 0,05 l/s kann im konkreten Fall sichergestellt werden, dass bei einer Eintrittstemperatur von 17 °C die Temperatur des kalten Trinkwassers vor der letzten Ringleitung nur etwas mehr als 18 °C beträgt (Abbildung 13). Die messtechnisch festgestellten Volumenströme in der Stockwerks-Verteilungsleitung lagen überwiegend bei ca. 0,20 l/s (720 l/h) und sind damit viel größer (Abbildung 4). Dadurch liegt der Temperaturanstieg zwischen Anfang und Ende der Stockwerks-Verteilungsleitung im realen Fall noch wesentlich niedriger.

### Erzwungener Wasserwechsel durch Spülmaßnahmen

Stagniert das Wasser insgesamt über einen längeren Zeitraum, verhalten sich alle Installationskonzepte gleich schlecht. Die vom kalten Trinkwasser aus der Umgebungsluft aufgenommene Wärme kann bei Stagnation nicht mehr abgeführt werden. Das führt zu einer Temperaturerhöhung des kalten Trinkwassers auf Umgebungslufttemperatur. Liegen in den Installationsbereichen Lufttemperaturen > 25 °C vor, sind optimale Wachstumsbedingungen für Bakterien gegeben.

In solchen Fällen müssen zur Aufrechterhaltung des Wasserwechsels automatisierte Wasserwechsel- und Spülmaßnahmen eingesetzt werden. Wasserwechsel- und Spülmaßnahmen sind auch dann erforderlich, wenn Trinkwasserinstallationen nur periodisch genutzt werden, mit Leerstand an Wochenenden oder in Ferienzeiten und Stagnationsphasen über mehrere Tage bzw. Wochen.

Im Gegensatz zu konventionellen Systemen, bei denen Wasserwechselmaßnahmen dezentral an jeder Entnahmestelle oder in je-

der Nasszelle erfolgen müssen, reichen bei Strömungsteiler-Installationen lediglich einige zentral angeordnete Spülventile aus. Zentrale Spülventile ermöglichen eine zeit-, volumen- oder temperaturgesteuerte Durchströmung. Dabei wird entweder zu einem vorgegebenen Zeitpunkt oder mit Überschreiten eines Temperaturgrenzwertes eine Spülmaßnahme ausgelöst. Vergleichende Simulationsberechnungen zeigen, dass kurze und intensive Spülmaßnahmen, die dem reinen Wasseraustausch dienen, zur dauerhaften Absenkung der Temperaturen in den Stockwerks-/Ringleitungen weniger effektiv sind, da die Wassertemperatur nach einem Spülvorgang innerhalb von weniger als 2 Stunden wieder auf Umgebungslufttemperatur ansteigt. Idealerweise muss der Spülvolumenstrom bei einer vorgegebenen Sollwerttemperatur für das kalte Trinkwasser genau die Wärmemenge abführen, die über die Oberfläche der Rohrleitung aufgenommen wird. Studien haben gezeigt, dass die Abfuhr der entsprechenden Wärmemenge nur dann ökonomisch erreicht werden kann, wenn mit geringen Volumenströmen über einen längeren Zeitraum gespült wird. Kontinuierliches Spülen mit kleinen Volumenströmen führte im Vergleich zu impulsartig durchgeführten Spülmaßnahmen zu einem deutlich niedrigeren Temperaturniveau und zu einer signifikanten Reduzierung des Wasserverlustes.

Wird bei oberflächennaher Trinkwassergewinnung in den Sommermonaten oder aufgrund der klimatischen Gegebenheiten höher temperiertes Wasser (beispielsweise

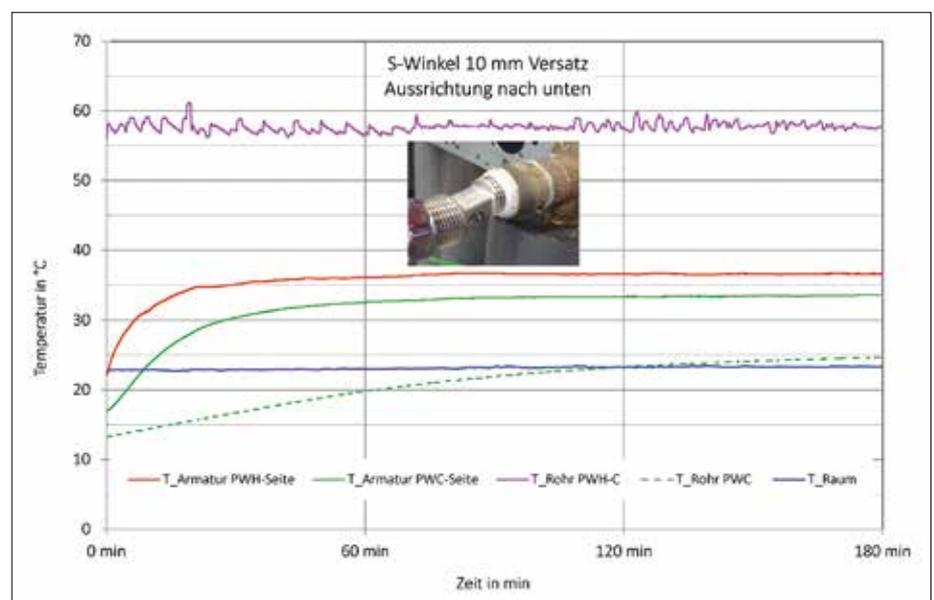


Abbildung 12: Temperaturverläufe im Bereich einer wandmontierten Mischarmatur in einer Stagnationsphase, bei einer Zirkulation des erwärmten Trinkwassers über die Doppelwandscheibe des PWH-Anschlusses

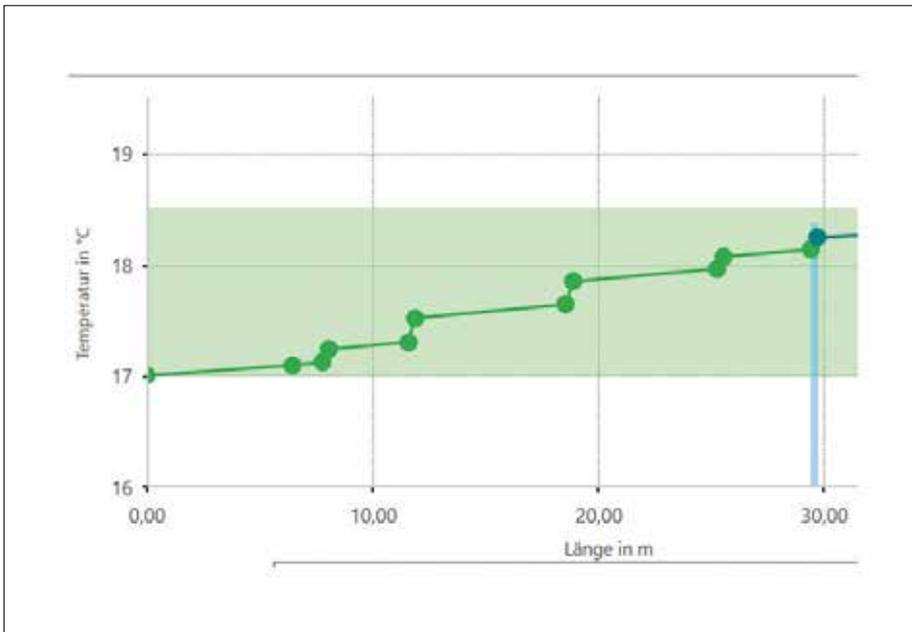


Abbildung 13: Berechneter Temperaturverlauf in der Stockwerks-Verteilungsleitung (Abbildung 6) bei einem Entnahmeverluststrom von 0,05 l/s

> 18 °C) in die Trinkwasserinstallation eingespeist, kann die Überschreitung der Temperaturgrenzwerte auch in Strömungsteiler-Installationen nicht mehr verhindert werden. In solchen Fällen könnte nur eine Kühlung des Trinkwassers die Einhaltung der geforderten Temperaturen sicherstellen [7]. Eine Kreislaufkühlung des Trinkwassers wurde erstmalig in den Hauptverteilungsleitungen von Kreuzfahrtschiffen realisiert. In England und Schottland wird mittlerweile eine Kreislaufkühlung für Intensivstationen in Krankenhäusern empfohlen, in denen Patienten durch eine Immunschwäche besonders gefährdet sind, beispielsweise aufgrund von Knochenmarktransplantationen [8].

Strömungsteiler-Installationen ermöglichen im Gegensatz zu den bisher realisierten Kühlkonzepten zusätzlich auch noch die Kühlung aller Stockwerksleitungen bis in den Anschluss der Entnahmearmaturen hinein. Da in Strömungsteiler-Installationen für eine aktive Kühlung kein zusätzliches Rohrnetz aufgebaut werden muss, bedarf es nur eines geringen baulichen Aufwands, um einen Kreislauf zu etablieren. Mit der definierten Durchströmung aller Leitungsteile könnte so zu jeder Zeit eine vorgegebene Temperatur des kalten Trinkwassers vor jedem Armaturenanschluss sichergestellt werden, ohne dass Wasserverluste durch Spülmaßnahmen entstehen. Berechnungen zeigen, dass der Energieaufwand zur Temperaturhaltung in Strömungsteiler-Installationen relativ gering ist [7]. Nur mit einer Kreislaufkühlung kann die Forderung der Hygiene

nach ganzjähriger Sicherstellung von Kaltwassertemperaturen < 20 °C erfüllt werden – unabhängig von der Betriebsführung. Bei länger andauerndem Kreislaufbetrieb ohne Wasserentnahme muss gegebenenfalls der Aufkonzentration der Wasserinhaltsstoffe durch einen gezielten Wasseraustausch entgegen gewirkt werden.

#### Fazit

Der Einsatz von Strömungsteilern in Trinkwasserinstallationen für Gebäude des Gesundheitswesens und andere Großgebäude intensiviert im Vergleich zu konventionellen Verteilungssystemen den Wasserwechsel in Stockwerksinstallationen erheblich und reduziert dadurch das Temperaturniveau in Stockwerks-/Ringleitungen um ca. 4 K. Das Konzept verfolgt einen proaktiven Ansatz, der es ermöglicht, die Qualität des Trinkwassers kalt an der Entnahmestelle auch in komplex aufgebauten Trinkwasserinstallationen sicherzustellen. Mit diesem technischen Konzept werden neue Wege beschritten, die im kalten Trinkwasser bisher ohne Beispiel sind. Strömungsteiler-Installationen bieten dazu die besten Voraussetzungen. Strömungsteiler-Installationen sind damit zukunftssicher und verfügen über weiteres Entwicklungspotenzial [5].

#### Literatur:

- [1] Flemming, C.; Kistemann, T.; Bendinger, B.; Wichmann, K.; Exner, M.; Gebel, J.; Schaule, G.; Wingender, J.; Szewzyk, U.: Erkenntnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Biofilme in der Trinkwasserin-

stallation“. Bundesministerium für Bildung und Forschung 2010.

- [2] DVGW-Information WASSER Nr. 90: Informationen und Erläuterungen zu Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 551, Juli 2016.
- [3] Kemper (2008). Gebr. Kemper GmbH+Co. KG, Olpe. Ringleitung für ein Trink- oder Brauchwassersystem. Deutsches Patentamt. DE 202008003646 U1. Anmeldedatum: 14.03.2008.
- [4] Kirchhoff, T.; Mathys, W.; Rickmann, B.; Bäcker, C.: Rohrführung für Erhalt der Trinkwasserhygiene entscheidend, in: Sanitärjournal Sonderheft Installationstechnik 2017.
- [5] Rickmann, L.: Einfluss neuer Konzepte bei Planung und Konstruktion von Trinkwasserinstallationen in Großgebäuden auf die hygienische Qualität des Trinkwassers, Promotionsarbeit UMIT, September 2014.
- [6] Bäcker, C.: Forschungs- und Entwicklungsprojekt zur thermischen Entkopplung in Trinkwasserinstallationen Fachhochschule Münster (Labor für Haus- und Energietechnik), 2017.
- [7] Markert, F.: Entwicklung eines Berechnungskonzepts für die Kaltwasserzirkulation in Gebäuden zur Erhaltung der Trinkwasserhygiene, Masterarbeit FH Münster 2015.
- [8] Health Technical Memorandum 04-01 Safe water in healthcare premises Part A: Design, installation and commissioning. Department of Health GB 2016.

<sup>1</sup> Mitnahme von Wasser aus Stockwerksinstallationen durch den Hauptstrom in der Steig-/Verteilungsleitung

<sup>2</sup> Wechselwirkung zwischen Volumenströmen, verursacht durch Entnahme von kaltem Trinkwasser, Induktion oder gezielten Spülmaßnahmen in einer Rohrleitung und den damit verbundenen Temperaturen des Trinkwassers kalt bei Umgebungstemperatur



# Über das Komplizierte zum Einfachen

## Auf dem Weg zu einer transparenten und verständlichen DIN EN 16798

Die DIN EN 16798 „Energieeffizienz von Gebäuden“ ist das zentrale Normenwerk der Lüftungstechnik und der Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Sie besteht aus 18 aufeinander aufbauenden Teilen: Normen und Technical Reports. Während einige Teile der DIN EN 16798 bereits verabschiedet wurden, befinden sich andere noch im Entwurfsstadium. Trotzdem wird oft schon auf sie verwiesen. Das führt insbesondere bei Planern im Tagesgeschäft zu unklaren Situationen. Um das zu ändern und zugleich eine zuverlässige und transparente Bewertung von Gebäuden zu ermöglichen, sollen die Arbeiten an einer durchgängigen Normenreihe DIN EN 16798 nun zügig abgeschlossen werden.



Christoph Kleine MBA, technischer Referent, Herstellerverband Raumlufttechnische Geräte e.V.

Das Normenpaket der DIN EN 16798 „Energieeffizienz von Gebäuden“ gilt als zentrales Normenwerk der Lüftungstechnik und ist als Umsetzungsnorm für die EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) anzusehen. Sie ist Teil des

EPBD-Mandates M/480, das vielfach auf einzelne Blätter verweist, wenn es um die Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden geht – ähnlich wie die europäische Gesetzgebung. Da allerdings noch nicht alle Teile der Normenreihe gültig sind, diese aber aufeinander verweisen und aufbauen, herrscht große Unsicherheit im Umgang mit der DIN EN 16798 als Ganzes.

Planer, Erbauer und andere Experten werden in diesem Fall nicht nur durch die Vielzahl und Komplexität des Normenwerks gebzw. überfordert, sondern stehen vor der Frage, was zu tun ist, wenn in einer gültigen Norm eine ungültige – da noch nicht formell verabschiedete – Norm als Richtmaß angegeben ist. Dem Richtmaß folgen, auf die alte Norm vertrauen oder abwarten und versuchen, die Verantwortung abzugeben?

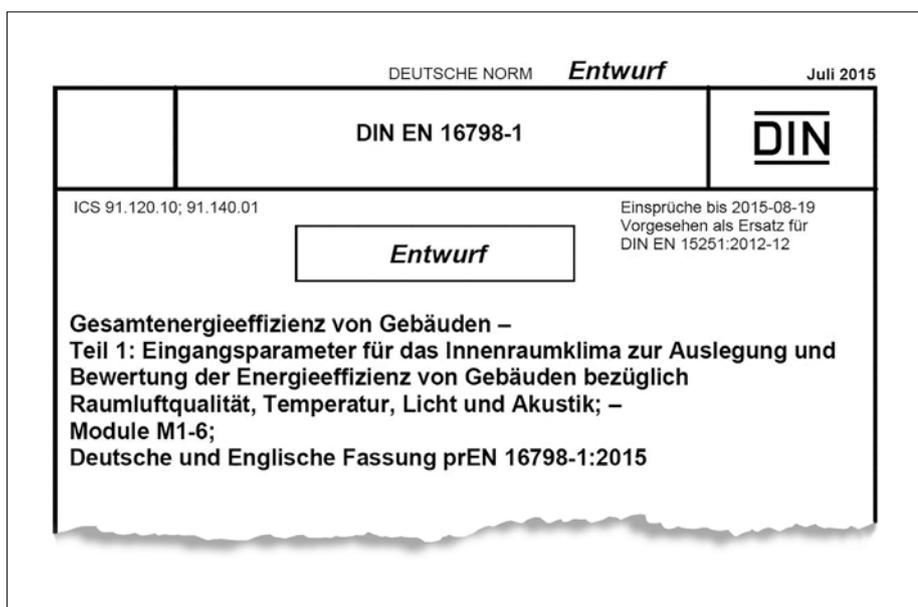
### Blatt 1 der DIN EN 16798 – zweiter Versuch, erster Erfolg

Egal wofür sich der Anwender entscheidet, Unsicherheit und Unbehagen bleiben. Diese existieren in Deutschland auch bei Blatt 1 der DIN EN 16798 „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik; – Module M1-6“. Dieses wurde im November 2018 im zweiten „formal vote“ verabschiedet – eine finale Abstimmung, bei der nur noch redaktionelle Änderungen vorgenommen werden können, aber keine inhaltlichen.

Als Entwurf im Juli 2015 erschienen, wurde Blatt 1 der DIN EN 16798 im ersten „formal vote“ von der Mehrzahl der Mitgliedstaaten des Europäischen Komitees für Normung (CEN) abgelehnt. Daraufhin wurde ein zweiter Entwurf erstellt. Dieser wurde zur Wahl gestellt und im November 2018 mehrheitlich angenommen – ohne große inhaltliche Verbesserungen, dafür aber mit der Unterstützung eines nur sehr selten verwendeten „Brandbriefs“ des Vorsitzenden. Mit seiner dringenden Bitte wandte er sich an die Mitgliedstaaten und forderte sie auf, Blatt 1 der DIN EN 16798 im zweiten „formal vote“ anzunehmen. Dieses Schreiben hatte Erfolg: 25 der 33 befragten Länder stimmten zu. Gegenstimmen kamen aus Frankreich, Österreich und aus Deutschland.

### Besser als die alte Norm – aber nicht gut genug

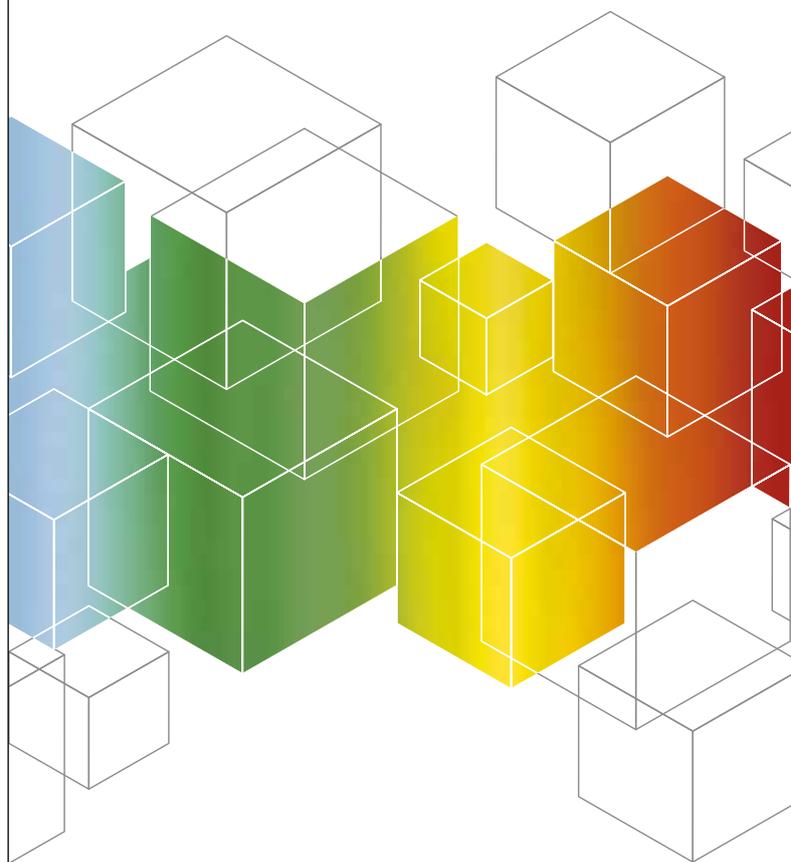
Obwohl die DIN EN 16798 Teil 1 als Nachfolgenorm der DIN EN 15251 „Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht



Das Deckblatt des Entwurfs der DIN EN 16798-1

## **ISH Energy** Hightech statt konventionell.

Werden Sie zum Vorreiter für digitale Heizungs-lösungen, Automatisierung und vernetzte Gebäudesystemtechnik.



und Akustik“ auch aus deutscher Sicht eine grundsätzliche Verbesserung für die Lüftungstechnik bedeutet, wurde sie in der aktuellen Fassung von Deutschland abgelehnt. Hauptgründe waren die Nachteile, die den im Normenausschuss vertretenen Gewerken „Heizung“, „Kühlung“ und „Beleuchtung“ daraus entstehen, dass eine „alle Gewerke umfassende“ Norm gültig wird. Außerdem bestehen Bedenken zu Schnittstellen mit dem deutschen Energieeinsparrecht.

Aus deutscher Sicht wäre es vielmehr sinnvoll, jedem einzelnen Gewerk die Hoheit und die Kompetenz über die eigenen Bereiche zurückzugeben und dadurch Normen zu entwickeln, die helfen und nicht hindern. Um dies zu gewährleisten, drängt Deutschland nun auf eine sofortige Überarbeitung der Norm, die direkt nach Veröffentlichung des Weißdrucks beginnen soll. In diesem soll Blatt 1 der DIN EN 16798 in vier Unterblätter unterteilt werden, sodass die verschiedenen Aspekte der Technischen Gebäudeausrüstung in separaten Spiegelausschüssen behandelt und entsprechend berücksichtigt werden können. Der Weißdruck ist nach der formellen Annahme und der in den kommenden Wochen folgenden Übersetzung im Frühjahr 2019 zu erwarten. Parallel dazu soll auch der nationale Anhang der Norm veröffentlicht werden, der zur Anwendung benötigt wird.

Die EN 16798 Teil 1 wird nun relativ kurzfristig vom Deutschen Institut für Normung (DIN) in eine deutsche Norm überführt werden. Für Planer und Praktiker bedeutet das konkret: Das Innenraumklima muss in Zusammenhang mit dem thermischen Raumklima, der Raumluftqualität, der Beleuchtung und der Akustik betrachtet werden. Das gilt zumindest dann, wenn das Innenraumklima durch die menschliche Nutzung und nicht durch darin stattfindende Produktions- oder sonstige Prozesse bestimmt wird. Zudem steckt die Norm ab, wie Eingangsparameter für das Innenraumklima bei der Auslegung von Gebäuden, Anlagen und bei Energiebedarfsberechnungen festzulegen sind. Dazu gehören auch Auslegungskriterien für lokale thermische Unbehaglichkeitsfaktoren, beispielsweise Zugluft, asymmetrische Strahlungstemperaturen, vertikale Lufttemperaturunterschiede und Fußbodenoberflächentemperaturen.

### **Verknüpfte Ablösung**

Die DIN EN 16798 Teil 1 stimmt teilweise mit der bisherigen DIN EN 15251 überein und definiert, wie die Eingangsparameter für das Innenraumklima bei der Auslegung von Gebäuden, Anlagen und bei Energiebedarfsberechnungen zu verankern sind. Sie enthält

aber auch neue Anforderungen an das Raumklima und an die Energieeffizienz, die mit dem Teil 3 abgestimmt wurden – passend zur aufeinander aufbauenden und intern verweisenden Struktur der DIN EN 16798.

Teil 3 der DIN EN 16798 „Lüftung von Nichtwohngebäuden – Anforderungen an die Leistung von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlssystemen“ ist die Nachfolgenorm der DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlssysteme“. Sie definiert Leitlinien zur Planung, Projektierung und zum Betreiben von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen. Sie enthält einige nahezu unveränderte Passagen ihrer Vorgängernorm, beispielsweise die Klassifizierung der Luftarten, Luftqualitäten, SFP-Werte sowie die Regelung und Luftdichtheit von RLT-Anlagen. Im Gegensatz zur DIN EN 13779 klassifiziert sie jedoch beispielsweise auch die Zuluft (SUP 1 bis SUP 4), verweist auf Grenzwerte der WHO und definiert neue Arten von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und von Raumkühlssystemen. Außerdem enthält sie neue Definitionen zur Luftfiltration und Wärmerückgewinnung – mit Verweisen auf die DIN EN 13053 „Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumlufttechnische Geräte – Leistungskenndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten“ und die Ökodesign-Richtlinie für RLT-Geräte in Nichtwohngebäuden – und eine Tabelle mit einem Außenluftkorrekturfaktor für Systeme mit Wärmerückgewinnung. Dieser Außenluftkorrekturfaktor berücksichtigt die Erhöhung des Außenluftvolumenstroms infolge von Leckagen an der Wärmerückgewinnung.

### Task-Gruppe für nationale Anhänge

Formal angenommen wurde die DIN EN 16798 Teil 3 bereits Mitte 2017. Anschließend sollten nationale Anhänge erstellt werden. Es wurde eine Task-Gruppe des DIN aufgestellt, um diese nationalen Anhänge für Deutschland zu erarbeiten. Die Task-Gruppe hat ihre Arbeiten jedoch aktuell eingestellt, da das Blatt 3 bereits kurz nach Erscheinen erneut in den Revisionsprozess eingetreten ist. Die Gründe sind die notwendige Umbenennung von Filterbezeichnungen gemäß ISO 16890 und die Einarbeitung von Kommentaren und Verbesserungsvorschlägen.

In diesem Kontext wird auch versucht, einen neuen Anhang zu gestalten, der Teile aus dem so genannten Technical Report aufnehmen soll. Das hätte den Vorteil, dass die im Technical Report enthaltenen relevanten Informationen nicht separat bezogen und gesucht werden müssen, sondern indirekt

Teil der Norm werden. Diese Änderungen würden das Arbeiten mit der DIN EN 16798 Teil 3 nicht nur vereinfachen, sondern vermutlich auch begünstigen.

Auf europäischer Ebene werden oft Sachverhalte übergeordnet geregelt, ohne zu sehr auf landesspezifische Besonderheiten eingehen zu können. Daher wird es in den nationalen Anhängen erlaubt, regionale- und klimatische Besonderheiten der einzelnen CEN-Mitgliedstaaten zu berücksichtigen. Im Fall des Normenpakets der DIN EN 16798 geschieht das zumeist auf der Basis von Tabellenwerten, die recht frei von den einzelnen Staaten ausgefüllt werden können (Anhang A). Dazu existiert eine Vorlage, die jedoch nur für das Normengremium gedacht ist (Anhang B).

Obwohl die Norm vorliegt und angenommen wurde, ist es bisher aufgrund der fehlenden nationalen Anhänge und dazugehörigen Empfehlungen sehr schwierig, mit ihr zu arbeiten. Empfehlungen, wie die leeren Tabellen gefüllt werden könnten, gelten nämlich nur für das Erstellen der nationalen Anhänge – nicht jedoch für die Anwender der Norm. Dadurch bleiben maßgebliche Wertetabellen oftmals leer und aufbauende Normen sind (noch) nicht verfügbar, sodass die Normen mehr Aufwand als Hilfestellung bieten. Anwender sind mehr mit dem Lesen und Wälzen von Normen beschäftigt, als dass sie in ihrer Arbeit unterstützt werden.

### Erste Schritte zum einfachen Arbeiten mit der Norm

Die geplanten Änderungen an einzelnen Blättern der Norm sind gute erste Schritte, um das Arbeiten mit der DIN EN 16798 möglichst einfach zu gestalten. Die Ankündigung, dass sich die Fachwelt gemäß der DIN EN 16798-Matrix an völlig neue Normentitel gewöhnen muss, lässt allerdings ahnen, dass mehr als nur eine simple Änderung einzelner Teile notwendig sein wird. Hintergrund sind die vielfach enthaltenen Hinweise auf Abschnitte anderer Teile der Norm. Zwar sind die Normen untereinander abgestimmt und im Gesamtpaket stimmig anzuwenden, allerdings gelingt das nur bei ausreichender Kenntnis der Norm und mit genügend Geduld, um den Verweisen „nachzugehen“. Beispielsweise bezieht sich die neue DIN EN 16798 Teil 17 mit den Modulen M4-11, M5-11, M6-11, M7-11 auf die Module M4, M5, M6 und M7, die zur Untergruppe sub 11 gehören und dementsprechend angewendet werden sollten. Das ist weder klar noch verständlich – und dabei ist auch nicht sichergestellt, dass alle Module, auf die verwiesen wird, bereits gültig sind.

### Norm als Hilfe für Planer und Praktiker

Es ist erforderlich, die Gültigkeit der Module sicherzustellen und die Normenreihe DIN EN 16798 insgesamt zu einer echten Hilfe für Planer und Praktiker zu entwickeln. Der Normenausschuss will versuchen, in möglichst kurzer Zeit aus der bisher sehr komplexen und teilweise verwirrenden DIN EN 16798 eine komplette, durchgängige und möglichst verständliche Normenreihe zu entwickeln. In der Zwischenzeit könnten Anwender unterstützt werden, indem sich Experten der Branche für eine anwenderfreundliche Auslegung der Vorgaben auf allen Ebenen stark machen – das ist auch eine Aufgabe für die Vertreter der Branchenverbände. Die Nutzer brauchen Unterstützung, um die Normenreihe umzusetzen – sei es in Form von FGK-Status-Reports, von Richtlinien des RLT-Herstellerverbandes oder sonstigen zusammenfassenden und kommentierenden Werken.

Jede Hilfe muss vor allem die Qualität und die Anwenderfreundlichkeit der Ergebnisse als Maßstab haben und weniger die Schnelligkeit eines Normgebungsverfahrens. Das kann nur gelingen, wenn sich die Marktteilnehmer auf allen Ebenen aktiv bei der Entwicklung einer Norm, bei der Standardisierung und in der Verbandsarbeit engagieren. Eine fertige Norm kann immer nur so gut sein, wie die Ideen, die auf dem Weg zur fertigen Norm eingebracht werden.

Wünschenswert wäre auch, bei der Einführung neuer Normen die Übergangsfrist deutlich zu verlängern. Dadurch hätten alle Beteiligten Zeit, sich auf die neue Situation einzustellen und pragmatische und gute Lösungen zu finden.

Es gibt inzwischen eine Vielzahl guter Ansätze und Ideen, um die DIN EN 16798 zu einer kompletten, durchgängigen und möglichst verständlichen Normenreihe zu entwickeln. Es gilt nun, diese Ansätze und Ideen sinnvoll umzusetzen. ◀

# IKZ<sup>®</sup> HAUSTECHNIK

Das neue  
Sonderheft!



## Lüftung • Klima • Kälte • Planung

Das Sonderheft zum Thema Klima & Lüftung 2019 sollte in keinem Haustechnik- und Fachplanungsbetrieb fehlen. 76 Seiten stark! Sichern Sie sich jetzt Ihr persönliches Exemplar!

Einzelpreis: € 10,- inkl. MwSt. inkl. Versand

Heftbestellungen bitte schriftlich an: [leserservice@strobel-verlag.de](mailto:leserservice@strobel-verlag.de)

Kontakt für Rückfragen: Reinhard Heite, Tel. 02931 8900-50



STROBEL VERLAG GmbH & Co KG  
Zur Feldmühle 9-11  
59821 Arnsberg  
Tel. 02931 8900 0  
Fax 02931 8900 38  
[www.strobel-verlag.de](http://www.strobel-verlag.de)

Link zur  
STROBEL VERLAG  
Kiosk-App (E-Paper)

[www.ikz.de/app](http://www.ikz.de/app)



# Kälte durch Wärme: Energieeffiziente Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

## Rückschlüsse für den Anlagenbau aus dem Feldtest Absorptionskältetechnik (FAKS)

*Im Juli 2018 endete ein fünfjähriger Feldtest zur Marktfähigkeit einer neuen Generation von Absorptionskälteanlagen. Die Ergebnisse dieses Feldtests sind im folgenden Artikel aus Sicht des Anlagenbaus zusammengefasst.*



Dipl.-Ing. M.Eng.  
Stefan Tuschy,  
technischer Referent,  
BTGA e.V.



Dipl.-Ing. (FH)  
Clemens Schickel,  
technischer Referent,  
BTGA e.V.

Rund 40 Prozent des deutschen Endenergieverbrauchs und damit auch der CO<sub>2</sub>-Emissionen entfallen auf die Wärme- und Kältebereitstellung. Der weitaus größte Teil der Energie wird für das Heizen und Kühlen von Gebäuden benötigt – und der Kältebedarf steigt weiter an. In früheren Jahren wurde die Klimatisierung von Gebäuden oft nur als eine Steigerung des Komforts betrachtet. Heute kommt sie immer häufiger zum Einsatz: Die Arbeitsschutzanforderungen nehmen zu und neue Baukonzepte haben einen unvermeidbaren Kältebedarf, da die Gebäudehüllen immer dichter werden. Ebenso müssen immer mehr Technikräume, Rechenzentren, Produktionsstätten und landwirtschaftliche Bereiche aufgrund der hohen technischen Ausstattung oder auch der hygienischen Anforderungen gekühlt werden.

Zunehmend werden energieeffizientere Anlagen gefordert, um trotz steigendem

Kühlbedarf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu vermindern und den Klimaschutz zu stärken. Diese Forderung kann beispielsweise durch eine vollständig neue Anlagentechnik erfüllt werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, bereits existierende Verfahren in neuen Einsatzgebieten zu verwenden und diese effizienter zu gestalten, beispielsweise die Verbindung von Absorptions-Kälteanlagen mit der Kraft-Wärme-Koppelung. Eine solche Verbindung ist ein Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung-System (KWKK-System). Hier werden bis dahin ungenutzte Abwärmepotenziale aus dem KWK-Prozess genutzt. Auch ist eine stärkere Auslastung der Fernwärmenetze möglich, vor allem zu Schwachlastzeiten im Sommer – also zu Zeiten, in denen meist nur Wärme für die Trinkwassererwärmung benötigt wird. Die zusätzliche Wärmeanforderung durch Absorptions-Kälte-Anlagen-Systeme (AKA-Systeme) führt dazu, dass Fernwärmenetze besser ausgelastet sind und damit die Wirkungsgrade der Erzeugung und Verteilung der Fernwärme verbessert werden.

### Feldtest Absorptionskältetechnik

Um diese Potenziale zu erforschen und nutzbar zu machen, unterstützte der BTGA als Feldtestpartner ein durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung gefördertes Projekt (Förderkennzeichen: 03ET1171d). Dieser Feldtest Absorptionskältetechnik (FAKS) erstreckte sich über einen Zeitraum von fünf Jahren. In dieser Zeit wurde die Marktfähigkeit einer neuen Generation von Absorptionskälteanlagen untersucht, die in einem vorgeschalteten Forschungsvorhaben im Labor des Instituts für Energietechnik der TU Berlin entwickelt und dort im Testbetrieb untersucht wurden. Während der Projektlaufzeit wurden die Anlagen im realen Betrieb unter saisonal schwankender Last

und unterschiedlichen Betriebszuständen gefahren, überwacht und modifiziert. Neben dem BTGA waren als Feldtestpartner auch der AGFW, die TU Dresden und das von der TU Berlin beauftragte ILK Dresden eingebunden. Durch die TU-Berlin wurde eine wissenschaftliche Begleitung (Monitoring) sichergestellt, insbesondere im Hinblick auf die Betriebssicherheit und die Langzeitverfügbarkeit. Außerdem wurden unterschiedliche Varianten des Systemaufbaus (Wärmeversorgung, Rückkühlung), verschiedene Betriebsführungskonzepte (Antriebstemperaturen, Kalt- und Kühlwassertemperaturen) und wechselnde Regelstrategien betrachtet, insbesondere in der Kombination mit weiteren Kälteanlagen.

Im Rahmen des Feldtests untersuchte der BTGA, ob die in den Projektphasen „Planen“, „Errichten“ und „Betreiben“ eingebundenen Personen aufgrund ihrer Qualifikation und der Berufserfahrung in der Lage sind, die ihnen jeweils zugeordneten Aufgaben in zufriedenstellender Qualität auszuführen. Es galt also herauszufinden, ob sie den bestmöglichen Rahmen für einen optimalen Betrieb der Absorptionsanlagen bei den Feldtestpartnern ermöglichen können. In der Folge wurden die Inhalte von Fort- und Weiterbildungsangeboten für die Akteure und ein möglicher Bedarf an Ergänzungen im Normenwerk untersucht. Außerdem konnten aus dem Verlauf der Installationsarbeiten der Anlagen Hinweise zur Optimierung der Konstruktion der Absorptionskälteanlagen gegeben werden.

Ein wichtiges Einsatzgebiet der weiterentwickelten Absorptionstechnologie ist die Kälteversorgung von bestehenden Gebäuden. Das bedeutet, dass die Absorber über vorhandene, zumeist nicht veränderbare Wege in bereits bestehende Technikzentralen gebracht werden müssen. Dabei spielen sowohl das Gewicht der Hauptkomponenten als auch deren Abmaße eine zentrale Rolle.



Im Juli 2018 wurde der Feldtest abgeschlossen.

**Anlagenkonzeption und -aufbau**

Die im Projekt zum Einsatz gekommenen Absorptionskälteanlagen (Abbildung 6) konnten mit Kältemodulen in zwei Leistungsklassen zu 50 kW und 160 kW ausgewählt werden – mittlerweile gibt es eine dritte Leistungsklasse mit 500 kW. Als Arbeitsstoffe werden Wasser als Kältemittel und eine Lithiumbromid-Lösung als Absorptionsmittel verwendet. In der Tabelle sind die Leistungsdaten der eingesetzten Absorptionskälteanlagen aufgeführt.

In insgesamt 16 Feldtestliegenschaften wurden 25 Absorptionskälteanlagen mit einer Kälteleistung von 2,26 MW betrieben. Unter den Feldtestliegenschaften waren sowohl Industriebetriebe und Objekte von Immobilienbetreibern als auch Handelsunternehmen. Die erste Inbetriebnahme im Rahmen des Projekts erfolgte im April 2014. Während der Projektlaufzeit konnten bis Mai 2018 fast 10 GWh Kälte erzeugt werden.

Als Antriebsenergie wurden in den Liegenschaften zwölfmal Fernwärme, dreimal Abwärme aus einer KWK-Anlage und einmal Abwärme aus einer solarthermischen Anlage genutzt. Abbildung 1 zeigt die Aufteilung der Kälteerzeuger in den Feldtest-Liegenschaften nach der Kältenutzung.

Eine besondere Herausforderung der Planung von Absorptionskälteanlagen ist deren Anpassung an die zumeist vorgegebenen Anforderungen an die Kaltwassertemperatur und an das Temperaturniveau des Fernwärmeverlaufs und -rücklaufs. Unter Einbezie-

Tabelle: Leistungsdaten der im Feldtest eingesetzten Absorptionskälteanlagen

Beschreibung	Einheit	Biene	Hummel	Hornisse
Kälteleistung	kW	50	160	500
Nominalpunkt	COP	0,80		
T <sub>min</sub> (Heiz/-Kaltwasser)	°C	55,0/5,0		
T <sub>max</sub> (Kühlwasser)	°C	55,0		
L*H*B	m	1,80/1,65/0,80	1,99/2,22/1,03	3,70/3,30/1,75
Gewicht	kg	870	1.860	9.000

hung der möglichen Rückkühltemperaturen ergeben sich für jeden Einsatzfall individuelle Leistungsdaten des Absorbers. Dazu hat der Hersteller der Absorptionsanlage ein Nomogramm erstellt (Abbildung 2), mit dem die zu erwartende Kälteleistung geschätzt werden kann. Eine genauere Untersuchung und Planung des Einzelfalls kann diese Arbeitshilfe jedoch nicht ersetzen.

**Verlauf und Erkenntnisse des Forschungsvorhabens**

Im Rahmen der Fachplanung durch die vom Auftraggeber individuell beauftragten Ingenieurbüros mussten die Einsatzmöglichkeiten und auch die Einsatzgrenzen der durch die TU Berlin weiterentwickelten Absorptionskälteanlagen erkannt werden. Von entscheidender Bedeutung für die Gestaltung des Systems war das Festlegen der Projektziele.

Gegenüber der Kälteerzeugung mit Kompressionskälteanlagen verfügen Absorptionskälteanlagen neben einem Kalt- und einem Kühlwasserkreislauf zusätzlich über

einen Heißwasserkreislauf. Somit kann ein Ziel die Optimierung der Kühl- oder der Kaltwassertemperaturen als Führungsgröße sein. Möglich ist jedoch auch die Wahl der Heißwasser-Rücklaufemperatur als maßgebenden Wert, um zu erreichen, dass das Heißwasser möglichst stark auskühlt und sich damit die an den Fernwärmeeerzeuger abgegebene Rücklaufemperatur verringert. Werden im Projekt mehrere Kälteerzeuger vorgesehen, sind deren hydraulische Verschaltung und deren Betriebsweise festzulegen, beispielsweise um die Grundlast- oder Spitzenlast abzudecken. Einen besonderen Reiz für die Planung der Anlagen und deren Verschaltung bietet die Möglichkeit, die Absorptionsanlage sowohl als Kälteanlage für den Sommerbetrieb als auch zur Wärmeversorgung im Winterbetrieb einzusetzen – hier in der Funktion einer Wärmepumpe. Diese Option wurde in einer Liegenschaft umgesetzt.

Abweichend von den Annahmen zu Projektbeginn, stellte sich in der Planungsphase zu den einzelnen Liegenschaften ein sehr unterschiedlicher Stand des Vorwissens der Fachplaner heraus. In der Planungsphase der Anlagen sind verschiedene Fehlerarten aufgetreten. Diese wurden in folgende Fehlergruppen kategorisiert:

- Dimensionierung allgemein (Speicher, Pumpe, Ventile, Wärmeübertrager, Rohrleitung, etc.),
- hydraulisches Konzept,
- regelungstechnische Vorgaben,
- Effizienzkriterien (Sollwerte, Betriebszeiten, Systemtemperaturen, etc.).

Die am häufigsten beobachteten Fehler im Bereich der Planung waren mit sieben Nennungen die fehlende Freie Kühlung, mit fünf Nennungen die grundsätzlich falsche Dimensionierung und mit ebenfalls fünf Nennungen die zu geringe Kaltwassertemperaturspreizung. Vorrangig bei Anlagen, die in ein bestehendes System integriert werden mussten, waren teilweise nur ungenügende Angaben zu den Bestandsanlagen in den Ausschreibungen und

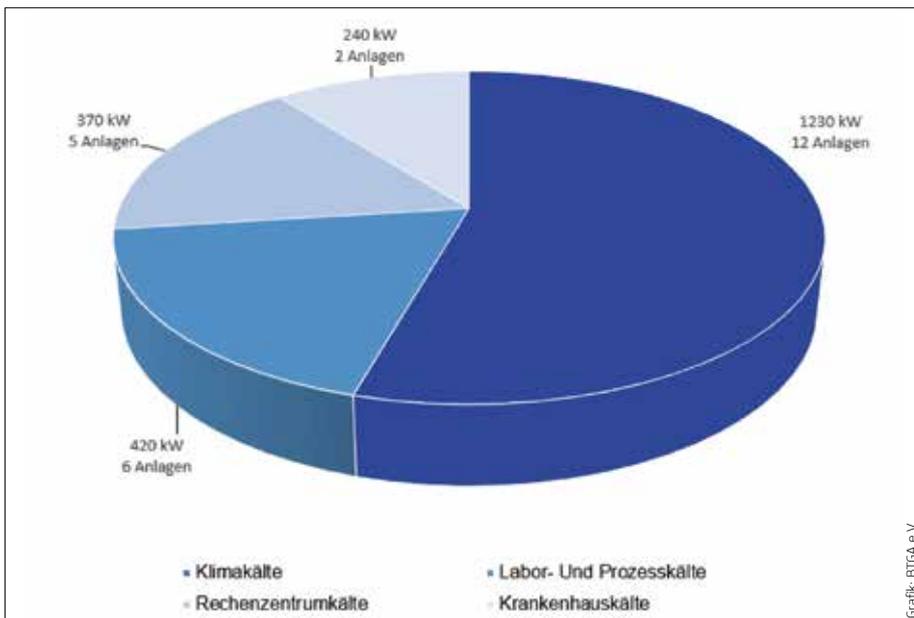


Abbildung 1: Anlagenverteilung innerhalb der Feldtestliegenschaften nach Leistung in kW

Grafik: W. Bätz & Sohn GmbH & Co.

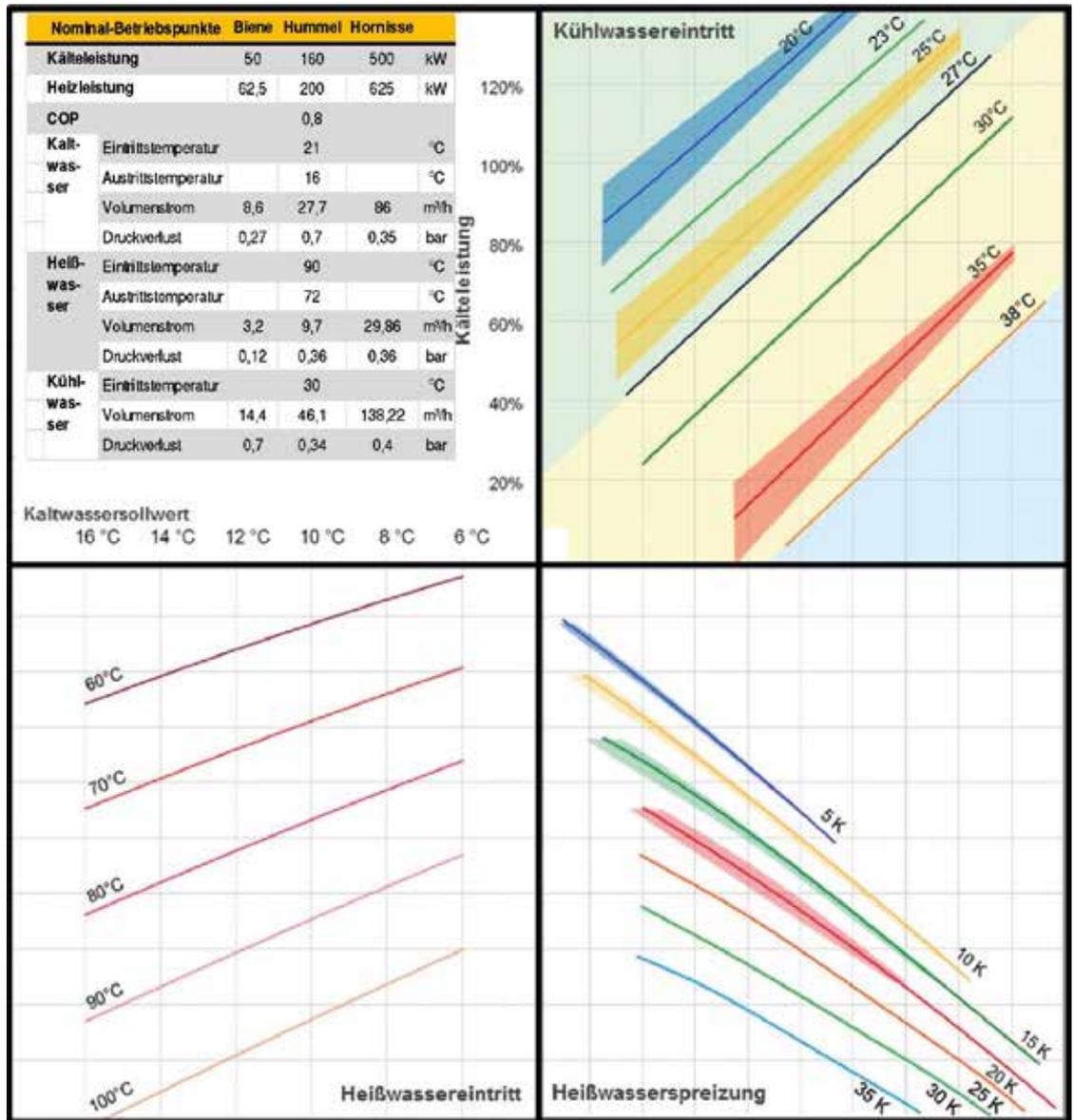


Abbildung 2:  
Nomogramm  
als Auslegungshilfe

Ausführungsunterlagen enthalten. Die genaue Lage der Anschlusspunkte und die Leitungsverläufe bestehender Anlagen waren nicht immer ausreichend berücksichtigt. Daher wurden teilweise im Rahmen der Montagevorbereitung und der Installationsarbeiten Änderungen der Leitungsführung gegenüber der Ausführungsplanung notwendig.

Im Verlauf des Feldtests ergab sich, dass die TU Berlin in über 50 Prozent der Fälle Hinweise zur Konzeptplanung geben konnte. Den eingebundenen Planern wurden die maßgeblichen und individuellen Hintergründe des Systemaufbaus für den jeweiligen Anwendungsfall vermittelt, häufig in Abgrenzung zur Kompressionskältetechnik. Diese grobe Konzeptplanung wurde den Planern zum Erstellen der Ausführungsplanung überlassen. Dem zunächst verfolgten An-

satz, den Planern die Ausarbeitungen vollständig zu überlassen und zu einem späteren Zeitpunkt lediglich korrigierend zu wirken, hat sich als nicht realisierbar herausgestellt. Dazu boten die zeitlichen Abläufe zwischen Planung, Vergabe und Ausführung keinen ausreichenden Rahmen.

Die Planungsvorgaben wurden von den ausführenden Unternehmen im Rahmen des Feldtests überwiegend fehlerfrei umgesetzt. In Einzelfällen, bei denen aufgrund der Einbindung in bestehende Anlagen Anpassungen der Leitungsführung vorgenommen werden mussten, erfolgten diese im Verlauf der Montagearbeiten durch die Monteure in Absprache mit den beteiligten Gewerken und den Betreibern.

Während der Ausführungsphase stellte sich bei den ausführenden Unternehmen überwiegend ein fundierter Kenntnis-

stand bezüglich des Vorwissens im Bereich der Anlagenhydraulik heraus. Die dennoch in der Ausführungsphase aufgetretenen Fehler und Auffälligkeiten wurden wie folgt kategorisiert:

- falscher Einbau (Sensoren, Rohrleitungsanschlüsse, etc.),
- falsche Produkt-/Materialauswahl (qualitative Unzulänglichkeiten),
- effizienzrelevante Fehler (Wärmebrücken, Fühlermontage, etc.),
- sonstige Ausführungsfehler.

Die häufigsten Fehlerquellen während der Ausführung waren in jeweils vier aufgetretenen Fällen nicht korrekt ausgewählte Ventile (falscher KVS-Wert) und der nicht fachgerechte Einbau von Bauteilen – falsch eingebaute Sensoren und vertauschte Rohrleitungsanschlüsse. Zurückzuführen waren



diese Fehler unter anderem auf fehlende technische Datenblätter des Herstellers der AKA-Anlage zu Beginn des Projekts.

Hinzu kamen diverse konstruktionsbedingte Besonderheiten, mit denen sich die ausführenden Unternehmen gerade zu Beginn des Projektes auseinanderzusetzen hatten. So wurde festgestellt, dass die wasserseitigen Anschlüsse der ersten AKA-Anlagen aufgrund ihrer Bauart nur mit erheblichem zusätzlichem Aufwand abgedichtet werden konnten (DN 80 mit lediglich 3 Gewindegängen – Abbildung 3). Neben dem Abdichten mit Hanf und dem Einkleben der Anschlüsse mit spezieller Dichtmasse wurden auch individuell gefertigte Anschlussstutzen mit Losflansch als Sonderbauteile hergestellt und eingesetzt (Abbildung 4). Es zeigte sich außerdem, dass der Abstand der Gewindebohrungen in der Anschlussplatte der AKA zu gering war (Abbildung 5). Teilweise lagen die fertig montierten Flanschanschlüsse unmittelbar aufeinander, sodass eine korrekte, spannungsfreie Montage der Anschlussflanche nicht möglich war.

Die Absorptionskälteanlage wurde auf einer Holzpalette angeliefert – allerdings ohne vorinstallierte Standfüße. Da aber diverse Anbauteile der Kältemaschine „Hummel“ tiefer liegen als die Aufnahmen für die Füße, konnte sie nicht ohne zusätzliche Hebewerkzeuge – oder zumindest eine Anschlagmöglichkeit für das Gewicht an der Decke – aufgestellt werden. Insbesondere bei bestehenden Gebäuden waren bei der Ein- und Unterbringung der AKA in die Technikzentralen diverse Widrigkeiten zu lösen. Aufgrund der im Zuge der Installationsarbeiten gewonnenen Erfahrungen wurden noch während der Projektlaufzeit konstruktive Veränderungen an den Absorptionskältemaschinen vorgenommen, mit denen die genannten Probleme zukünftig vermieden werden können.

Teilweise mussten auch zunächst vorhandene Komponenten demontiert und an anderer Stelle wieder installiert werden, um Platz für die neuen Komponenten und zum Betrieb der AKA zu schaffen. Hier zeigte sich der Vorteil der neuen kompakten Bauweise der Kältemaschinen vom Typ „Biene“ und „Hummel“ (Abbildung 6), da andernfalls deren Montage aufgrund der Platzverhältnisse nicht möglich gewesen wäre.

Das Befüllen und die Erstinbetriebnahme der AKA wurden durch die TU Berlin und den Hersteller der Absorptionskälteanlage durchgeführt – zumeist ohne Unterstützung der ausführenden Unternehmen. Ein Grund dafür war das bislang nicht überall vorhandene Know-how, vor allem im Umgang mit einem

LiBr-Wassergemisch. Außerdem mangelte es an den benötigten Spezialwerkzeugen, beispielsweise Vakuumpumpen, -schläuche und -verbindungen. Für die Erstinbetriebnahme und eine spätere Instandhaltung der AKA-Anlagen sollte dementsprechend ein Wissenstransfer seitens des Herstellers an die jeweiligen Instandhalter der Anlagen stattfinden. Das könnte beispielsweise über Herstellerschulungen geschehen.

Die Informationen und der Rücklauf der Installationsunternehmen konnten in Zusammenarbeit mit dem BTGA und der TU Berlin genutzt werden, um die Ausführung zu optimieren. Einige wertvolle Vorschläge konnten so aufgenommen und direkt umgesetzt werden. Mit wenigen konstruktiven Veränderungen wurden wesentliche Verbesserungen bei Transport und Montage der Kälteerzeuger erreicht. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass nur eine geringe Anzahl der in der Ausführung vorge-

fundenen Auffälligkeiten tatsächlich auf die AKA-Technologie bzw. die im Forschungsvorhaben verwendeten Absorptionskälteanlagen zurückzuführen war.

Nach der Erstinbetriebnahme wurde der reguläre Betrieb der gesamten Kälteerzeugungsanlagen durch Mitarbeiter der Betreiber verantwortet. Nach der Übergabe an die Betreiber wurden lediglich für spezielle Aufgaben Fremdunternehmen eingebunden, vor allem für die Wartung oder die Programmierung der MSR-Anlagen. Während der Betriebsphase wurden die einzelnen Liegenschaften kontinuierlich begleitet und die Anlagen einem Monitoring unterzogen, um mögliche Betriebsfehler aufzudecken und zu korrigieren.

Die von der TU Berlin weiterentwickelte AKA hat sich im Feldtest als ausreichend robust und geeignet für einen regulären Betrieb gezeigt. Insbesondere das Monitoring durch die TU Berlin hat erheblich zu einer



Abbildung 3: wasserseitige Anschlüsse der ersten AKA-Anlagen mit zu geringen Wandstärken



Abbildung 4: Anschlussstutzen als Sonderbauteil



Abbildung 5: fertig montierte Flanschanschlüsse

Optimierung des Anlagenbetriebs beigetragen. Eine Schulung des Betreibers ist zu empfehlen, um diesen für die Besonderheiten der AKA zu sensibilisieren und in die Lage zu versetzen, den jeweils effektiven Betrieb des Systems zu gewährleisten. Werden die Systeme auch ohne die intensive Betreuung im Feldtest verantwortungsvoll betrieben, steht mit der AKA ein effizientes, effektives und wartungsarmes System zur Kälteerzeugung aus Fern-, Ab- oder Umweltwärme zur Verfügung.

### Ergebnisse aus Sicht des Anlagenbaus

Die aus dem Forschungsvorhaben gewonnenen, wesentlichen Erkenntnisse sind, dass der Verbreitung der im Feldtest eingesetzten Absorptionskälteanlagen keine grundsätzlichen technischen Fragen entgegenstehen. Sowohl Fachplaner als auch ausführende Unternehmen sind in der Lage, die Anlagen auch außerhalb des begleiteten Forschungsvorhabens fachgerecht zu planen und zu errichten. Es wurden im gesamten Projektzeitraum keine grundsätzlichen Mängel vorgefunden, die ursächlich auf die Absorptionstechnik zurückgeführt werden könnten.

Zwar wurde im Rahmen des Feldtests die Konstruktion der AKA verbessert, um eine Montage gerade in bestehenden Gebäuden deutlich zu vereinfachen, dennoch handelt es sich dabei um Prozesse, die bei der Markteinführung eines neuen Produkts zu erwarten waren. Der BTGA unterstützte als Vertreter des Anlagenbaus insbesondere bei der Anlagenplanung, der Begleitung der Installation sowie der Inbetriebnahme und dem Übergang in den anschließenden Betrieb. Da die Installation der Anlagen zum Teil durch Mitgliedsunternehmen erfolgte, konnten zudem wesentliche Optimierungsvorschläge für die Montage der AKA-Anlage in den Gremien des Verbands diskutiert und erarbeitet werden.

Insbesondere im Rahmen von Modernisierungen bestehender KWK-Anlagen bietet die neue Absorptionskältetechnik ein großes Potenzial. Der wesentliche Vorteil der Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber der getrennten Stromerzeugung liegt in Primärenergieeinsparungen durch Nutzung der bereitgestellten Wärme. Mit den weiterentwickelten Absorptionskälteanlagen kann die Wärme aus KWK-Prozessen gerade im Sommer, wenn nur wenig Wärme zu Heizzwecken benötigt

wird, für die Kälteerzeugung genutzt werden und so den Jahreswirkungsgrad der KWK positiv beeinflussen.

Für bestehende oder neu errichtete Fernwärmenetze ist der zusätzliche Wärmebedarf im Sommer, der durch die Kälteerzeugung mittels AKA-Anlagen hervorgerufen wird, ebenfalls positiv zu bewerten. Auch hier können Wirkungsgrade der Wärmezeugung verbessert und Netzverluste verringert werden.

Das bestehende Normenwerk zur Planung und Ausführung der AKA-Systeme ist umfangreich und ausreichend. Eine Schulung der ausführenden Unternehmen ist nach jetzigem Erkenntnisstand nicht von Nöten. Zur komplexen Anlagenhydraulik bietet der Endbericht des Forschungsvorhabens verschiedene Standard-Verschaltungen an, auf deren Grundlage auch Schulungen für Planer von AKA-Systemen entwickelt werden könnten.

### Ausblick

Die Ergebnisse des Feldtests lassen hoffen, dass sich zukünftig mehr Gebäudeeigentümer, Betreiber und Planer mit der Kälteerzeugung durch Einsatz von Wärme befassen. Um nicht nur energetisch, sondern auch wirtschaftlich mit der Kälteerzeugung durch Kompression konkurrieren zu können, bedarf es für die Absorptionstechnik jedoch einer Konsolidierung der Herstellungskosten. Bei steigenden Absatzzahlen und zunehmend automatisierten Produktionsprozessen bei der Herstellung der Komponenten könnte das möglich werden. Ein weiterer wichtiger Baustein bei der Verbreitung der AKA-Technik ist die Kostenentwicklung für elektrische und thermische Energie. Bleibt Strom günstig und wird Fernwärme gerade im Sommer durch steigende Preise unattraktiv, wird es die AKA-Technik im Vergleich zu Kompressionskältemaschinen schwer haben. Steht jedoch Abwärme aus anderen Prozessen – beispielsweise KWK – zur Verfügung, sollte eine Kälteerzeugung durch Einsatz von Wärme immer als Option betrachtet und näher untersucht werden. ◀

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Foto: BTGA e.V.

Abbildung 6: Aufstellung und kompakte Montage in bestehender Zentrale



# Anlagenhydraulik: Weichentechnologie effizient eingesetzt

Hochwertige Verteiler-Weichen-Kombinationen sparen Platz und senken Kosten

*Ein Großteil der derzeit errichteten Pumpenwarm- und Pumpenkaltwasser-Systeme wird als Kombination von Verteiler und hydraulischer Weiche erstellt. Auch wenn es heutzutage durch elektronisch gesteuerte Pumpen möglich ist, den Volumenstrom der primären Seite mit dem Summenvolumenstrom der sekundären Seite abzugleichen, bleibt immer noch ein gewisser Regelungsaufwand und folglich ein relativ hoher Anteil an falsch einregulierten Anlagen. Deshalb wird wohl auch zukünftig an dem Verteiler-/Weichenprinzip festgehalten. Klassische Weichensysteme beanspruchen bei korrekter Dimensionierung und in Verbindung mit Verteilern allerdings oftmals viel Fläche – Platz, der immer häufiger in den Heiz- und Kühlzentralen nicht mehr vorhanden ist. Eine mögliche Lösung des Konfliktes zwischen korrekter Dimensionierung und geringer Platzverfügbarkeit kann der Einsatz von Kombinationen zwischen Verteilern und hydraulischen Weichen sein.*



Florian Füssner  
B.Eng.,  
Produktmanager,  
Sinusverteiler GmbH,  
Wettingen

## Funktion einer klassischen hydraulischen Weiche

Die Hauptaufgabe einer hydraulischen Weiche in einer Warm- oder Kaltwasseranlage ist es, den Primärkreis (Erzeugerkreis) und den Sekundärkreis (Verbraucherkreis) hydraulisch voneinander zu entkoppeln. Insbesondere wenn im Primär- und Sekundärkreis eigene Förderpumpen in Reihe geschaltet sind und sich die Volumenströme voneinander unterscheiden, kommt es häufig zu hydraulischen Problemen. Darüber hinaus tragen unterschiedliche Temperatur-Niveaus innerhalb der verschiedenen Kreise einer Anlage zur Komplexitätserhöhung und damit zur Potenzierung hydraulischer Probleme bei. Die Druckverluste in den jeweiligen Kreisen sind nicht konstant. Auch die Anzahl der in Betrieb befindlichen Erzeuger und die Stellung der Regeleinrichtungen in den Verbraucherkreisen beeinflussen den Druckverlust des Gesamtsystems, hier sind beispielsweise Mischer, Drei-Wege-Ventile oder Thermostat-

ventile zu nennen. Diese schwankenden Volumenströme werden über eine hydraulische Weiche ausgeglichen.

Eine klassische hydraulische Weiche besteht aus einer senkrechten Kammer mit großem freiem Querschnitt – so lassen sich ungewollte Turbulenzen und Durchmischungen vorbeugen. Die primär- und sekundärseitigen Anschlüsse der hydraulischen Weiche müssen einen gewissen Mindestabstand zueinander aufweisen, um ebenfalls starke Durchmischungen zu verhindern. Das Grundprinzip der hydraulischen Weiche basiert – wie bei einem klassischen Pufferspeicher – nämlich auf dem thermischen Auftrieb. So kann auch ein Pufferspeicher als hydraulische Weiche dienen.

Die genannten Anforderungen an den Aufbau einer klassischen hydraulischen Weiche haben zur Folge, dass diese relativ große Abmessungen aufweist – je nach Höhe der zu erwartenden Volumenströme. Gerade in Neubauten mit modernen Heizzentralen stehen diese Abmessungen immer wieder in Konflikt mit beengten Platzverhältnissen, sodass sich die Frage nach gleich- oder höherwertigen Alternativen stellt.

## Verteiler-Weichen-Kombination als Alternative

Eine effiziente Methode, die Eigenschaften der hydraulischen Verteilung und Entkopplung zu vereinen, können speziell konzipierte Verteiler-Weichen-Kombinationen sein. Diese Bauteile verbinden die Eigenschaften eines platzsparenden Kompakt-

verteilers mit denen einer hydraulischen Weiche. Ein Beispiel hierfür ist der Sinus HydroFixx. Dieser besteht aus einem Kompaktverteiler (kombinierter Vorlaufverteiler und Rücklaufsammler) mit darunterliegender hydraulischer Weiche.

Durch die spezielle Konstruktion einer Verteiler-Weichen-Kombination ist die Funktionsweise mit der einer klassischen hydraulischen Weiche gleichzusetzen – mit



Alle Abbildungen: Reflex Winkelmann GmbH

Abbildung 1: Klassische hydraulische Weiche für den Einsatz in einer Heizungsanlage



Abbildung 2: Klassische hydraulische Weiche im Vergleich mit einem Sinus HydroFixx

$V_1 = V_2$

Volumenstrom des Wärmeerzeugers (V primär) ist gleich groß dem Volumenstrom der Wärmeverbraucher (V sekundär)

- Gleiche Warmemengen von Erzeuger- und Verbraucherkreis
- Gleichmäßige Durchströmung durch den Verteiler
- RL des HT-Kreises als VL für den NT-Kreis
- Kein Ausgleich über die Weiche notwendig

$V_1 > V_2$

Volumenstrom des Wärmeerzeugers (V primär) ist größer als der Volumenstrom der Wärmeverbraucher (V sekundär)

- Wärmezufuhr ist höher als die Wärmeabnahme
- Dem Primärücklauf wird über die integrierte Hydraulische Weiche warmes Vorlaufwasser beigemischt.
- Durch die Konstruktion wird jedoch nur die differierende Wassermenge beigemischt.
- Keine hydraulische Beeinflussung des NT- oder HT-Kreises

$V_1 < V_2$

Volumenstrom des Wärmeerzeugers (V primär) ist kleiner als der Volumenstrom der Wärmeverbraucher (V sekundär)

- Wärmeabnahme ist größer als die Wärmezufuhr
- Den sekundärseitigen Vorläufen wird kälteres Rücklaufwasser über die integrierte Hydraulische Weiche beigemischt.
- Durch die Konstruktion wird jedoch nur die differierende Wassermenge beigemischt.
- Keine hydraulische Beeinflussung des NT- oder HT-Kreises

Abbildung 3: Betriebszustände einer hydraulischen Weiche am Beispiel des Sinus HydroFixx

dem großen Vorteil, dass deutlich weniger Platz benötigt wird. Zusätzlich kommt noch der geringere Montage-Aufwand hinzu. Zusammen mit den ohnehin preiswerteren Anschaffungskosten einer Verteiler-Weichen-Kombination ist das ein weiterer großer Vorteil. So fallen die Kosten für ein derartiges System inklusive Dämmung im Vergleich zur Anschaffung und Installation von einzelnen Verteilern und Weichen mit separaten Dämmungen deutlich niedriger aus.

Über die waagerechte Weiche wird die sichere hydraulische Entkopplung in den unterschiedlichen Betriebszuständen gewährleistet. So kommt es zu keiner gegenseitigen Beeinflussung der verbundenen Kreise und die erforderlichen Leistungen werden den Sekundärkreisen bedarfsgerecht bereitgestellt.

Abbildung 3 zeigt die Strömungsverhältnisse innerhalb der hydraulischen Weiche in Abhängigkeit von den drei wesentlichen Betriebszuständen.

### Brennwerttechnik und hydraulische Weichen

Immer wieder gibt es seitens Fachplanern und Heizungsbauern Bedenken, was das Zusammenspiel einer hydraulischen Weiche und eines Brennwertkessels betrifft. Die Effizienz der Brennwerttechnologie geht bekanntlich unter anderem mit möglichst niedrigen Rücklauftemperaturen einher. Je niedriger die Rücklauftemperatur, desto höher ist der mögliche Nutzen des Brennwerteffektes. Bedenken bereitet der Einsatz einer hydrau-



lischen Weiche in Brennwertanlagen dann, wenn allein der oben beschriebene zweite Betriebszustand betrachtet wird. In diesem ist der primärseitige Volumenstrom höher als der sekundärseitige. In den Sekundärkreisen wird somit weniger Heizwasser benötigt, als vom Kessel in die Weiche gefördert wird. Das hat zur Folge, dass sich warmes Vorlaufwasser mit dem Rücklaufwasser vermischt und dem Kesselrücklauf mit erhöhter Temperatur zurückgeführt wird.

Würde eine Brennwertanlage über längere Zeit in diesem Betriebszustand gefahren, so wird das selbstverständlich langfristig zu einer Verminderung des Brennwerteffektes führen. Wird dieser Betriebszustand nun jedoch genauer betrachtet, so ist festzuhalten, dass hier die durch den Kessel bereitgestellte Wärmeleistung höher ist als die tatsächlich benötigte Heizleistung der Wärmeabnehmer. Somit muss hier lediglich gegengesteuert werden, indem die Kesselleistung über die Regelung reduziert wird.

Für diese Regelung bietet sich zum Beispiel ein Temperaturfühler für den primärseitigen Rücklauf an. Übersteigt die Temperatur den definierten Sollwert, ist das das Zeichen für die Kesselregelung, dass die bereitgestellte Leistung des Kessels nicht über die Heizkreise abgeführt werden kann.

Die meisten Heizungsanlagen werden ohnehin im dritten Betriebszustand gefahren, in dem der primärseitige Volumenstrom niedriger ist als der sekundärseitige. Bei diesem Betriebszustand wird nicht Vorlaufwasser dem Rücklauf zugeführt – im Gegenteil: Rücklaufwasser wird dem sekundärseitigen Vorlauf beigemischt. Die einhergehende Senkung der Vorlauftemperatur hat erst Einfluss, sobald sie den Sollwert unterschreitet. Um diesen Sollwert für die Regelung zu erfassen, verfügen auch Verteiler-Weichen-Kombinationen über einen entsprechend platzierten Weichenfühler. Werden Anlagen in diesem Betriebszustand gefahren, ist außerdem gewährleistet, dass die

primärseitige Rücklauftemperatur nicht unnötig steigt. Dieser Betriebszustand ist somit ideal für Brennwertanlagen und sonstige Systeme, die sensibel auf zu hohe Rücklauftemperaturen reagieren. Hierzu zählen beispielsweise auch Fernwärmesysteme.

#### Fazit

Hydraulische Weichen und insbesondere auch Verteiler-Weichen-Kombinationen können bedenkenlos in Brennwertsystemen zum Einsatz kommen und die sichere hydraulische Funktion des Gesamtsystems unterstützen. Zudem lässt sich festhalten, dass Weichensysteme auch in heutigen hydraulischen Verteilnetzen einen wesentlichen Bestandteil darstellen und zur sicheren Funktion beitragen. Durch den Einsatz von Verteiler-Weichen-Kombinationen lässt sich diese Funktionsweise auch bei sehr beengten Platzverhältnissen effizient und sicher realisieren. ◀



Einfach  
näher dran.



#### Moderne Heiztechnik von BRÖTJE.

Bei BRÖTJE arbeiten wir Hand in Hand mit unseren Fachhandwerkspartnern. Daher wissen wir, welche Anforderungen an zukunftsfähige Heizsysteme gestellt werden. Als norddeutscher Hersteller stehen wir für beste Qualität seit nunmehr 100 Jahren. Unsere Produkte lassen sich flexibel kombinieren, schnell installieren und einfach warten. BRÖTJE bietet innovative Systemtechnik, digitale Produktlösungen und eine deutschlandweite Verfügbarkeit im Handel. Bei BRÖTJE nennen wir das: Einfach näher dran.

broetje.de

100  
JAHRE

**BRÖTJE**  
HEIZUNG 



# Adiabate Verdunstungskühlung in der Lüftungstechnik

*Der immer stärker werdende Nachhaltigkeitsgedanke in der Gebäudetechnik stellt hohe Anforderungen an einen effizienten Betrieb von Lüftungs- und Kälteanlagen. Für einen wirtschaftlichen Betrieb von raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) ist nicht nur die Wärmerückgewinnung im Winter von Bedeutung, sondern auch die Kälteerzeugung und -rückgewinnung im Sommer. Neue gesetzliche Vorgaben für die mechanische Kältebereitstellung erhöhen die Anforderungen an Effizienz und Umweltschutz massiv. Als Alternative gewinnt der Einsatz natürlicher Kühlsysteme immer mehr an Bedeutung – beispielsweise die adiabate Verdunstungskühlung. Mit neuen Technologien ist es heutzutage möglich, den Bedarf an Kälteleistung mit der indirekten adiabaten Verdunstungskühlung ganzjährig bereitzustellen. Wenn kleine Zugeständnisse an den Komfort gestellt werden können, kann unter Umständen gänzlich auf mechanisch erzeugte Kälte verzichtet werden.*



Tobias Lackmann,  
Area Sales Manager  
Vertrieb / Technik,  
Menerga GmbH,  
Mülheim an der Ruhr

Die indirekte adiabate Verdunstungskühlung hat sich seit ihrer Einführung vor über 20 Jahren immer mehr als natürliche und energiesparende Ergänzung zur konventionellen mechanischen Kälteerzeugung etabliert. Ein Pionier in diesem Bereich war das Mülheimer Unternehmen Menerga, das bereits 1991 die ersten standardisierten Kompaktklimageräte mit adiabater Verdunstungskühlung vorstellte. Mittlerweile gibt es viele Anbieter unterschiedlichster Systeme, das grundlegende Prinzip der adiabaten Verdunstungskühlung bleibt dabei unverändert: Durch die Befeuchtung mit Wasser wird der Luft die für die Verdunstung benötigte Verdampfungswärme ohne externe Wärmezufuhr entzogen – also adiabatisch. Da bei dieser Zustandsänderung gleichzeitig die Luftfeuchte steigt, kann die Zuluft aus Komfortgründen nicht direkt befeuchtet werden. Das geschieht stattdessen im Abluftstrom. Die gekühlte, feuchte Abluft wird anschließend in ein Wärmerückgewinnungssystem geführt und kühlt dort die warme Außenluft sensibel ab. Die Leistungsfähigkeit der adiabaten Verdunstungskühlung und die erreichbare

Zulufttemperatur hängen entscheidend von der Außen- und Abluftfeuchte ab. In Mitteleuropa werden entsprechend ausgestattete Klimageräte daher insbesondere bei hohen Komfortansprüchen dreistufig betrieben. Die Anlagen arbeiten zunächst mit freier Kühlung und schalten dann bei Kühlbedarf die adiabate Verdunstungskühlung hinzu. Bei höheren Leistungsanforderungen oder Entfeuchtungsbedarf wird die Zuluft dann zusätzlich noch über ein Pumpen-Kaltwasser-Register oder alternativ über einen Direktverdampfer gekühlt.

## Umweltpolitik im Wandel

Die Europäische Union bemüht sich, den Energieverbrauch im Allgemeinen einzuschränken, speziell aber auch für Komponenten der Gebäudeklimatisierung. Daher ist in den vergangenen Jahren eine Vielzahl an EU-Verordnungen in Kraft getreten, die spezifische Grenzwerte für Energieverbräuche von Produkten und Anlagen definieren. So wurde beispielsweise im Jahr 2014 die EU-Verordnung 1253/2014 veröffentlicht, die Effizienzgrenzwerte für neu produzierte Lüftungsgeräte seit dem Jahr 2016 vorschreibt und eine Verschärfung dieser Grenzwerte seit Anfang 2018 mit sich brachte. Für die mechanische Kälteerzeugung schreibt die EU-Verordnung 2016/2281 seit dem Jahr 2018 spezifische Grenzwerte für die Effizienz und eine weitere Verschärfung ab dem Jahr 2021 vor.

Es werden nicht nur Mindesteffizienzstandards an Produkte und Anlagen definiert, auch die Verwendung von Kältemitteln zur mechanischen Kälteerzeugung wird reglementiert. Die Europäische Union bemüht

sich, die Verwendung von F-Gasen flächendeckend einzuschränken. Die Überarbeitung der EU-Verordnung 842/2006 sieht vor, den Einsatz der für die Klimatechnik relevanten Kältemittel R407C, R410A und R134a mittelfristig zu verbieten. Als Alternativen sollen dann nur noch natürliche Kältemittel und reine Hydrofluorolefine (HFO) zugelassen sein, die jedoch in Hinsicht auf die Effizienz sowie den Brand- und Explosionsschutz problematisch sind. Vor diesem Hintergrund wird die Bedeutung der adiabaten Verdunstungskühlung zukünftig erheblich größer werden, da sie vollständig auf den Einsatz von F-Gasen als Kältemittel verzichtet.

Zu den gesetzlich einzuhaltenden Anforderungen werden durch öffentliche Förderprogramme des Bundes Anreize geschaffen, umweltfreundliche Klimasysteme einzusetzen. So werden durch die Nationale Klimaschutzinitiative (NKI) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) die Neuerrichtung, die Voll- und die Teilsanierung mit besonders energieeffizienten Kälte- und Klimaanlage gefördert. Mit der Novellierung der Förderrichtlinie im Jahr 2018 sind auch besonders effiziente Systeme mit adiabater Verdunstungskühlung förderfähig. Die Förderhöhe ist variabel und richtet sich nach Größe und Art der Anlage. Außerdem wird zwischen Neuerrichtung und Sanierung unterschieden. Die Förderhöchstgrenze beträgt 150.000 Euro.

## Übersicht marktgängiger Systeme

Mittlerweile haben sich viele Ansätze zur Umsetzung der indirekten adiabaten Verdunstungskühlung in Zentralklimageräte



ten etabliert. Im Folgenden werden die fünf wichtigsten, marktüblichen Lösungen in Bezug auf Technik, Effizienz sowie Vor- und Nachteile kurz vorgestellt. Als Kriterium für die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Systeme wird dabei der adiabate Kühlwirkungsgrad herangezogen. Ausgehend von der Tatsache, dass die theoretisch minimal erreichbare Zulufttemperatur der Feuchtkugeltemperatur der Abluft entspricht, ist diese folgendermaßen definiert:

$$\phi_{adia} = \frac{\text{Außenlufttemperatur} - \text{Zulufttemperatur}}{\text{Außenlufttemperatur} - \text{Feuchtkugeltemperatur der Abluft}}$$

Einen wesentlichen Einfluss auf den adiabaten Kühlwirkungsgrad haben dabei der Wirkungsgrad des Befeuchtungssystems und die Rückwärmzahl der Wärmerückgewinnung.

**System 1: Abluftbefeuchtung und Rotationswärmeübertrager**

Die technisch einfachste Lösung liegt darin, Befeuchtung und Wärmeübertragung im Klimagerät zu trennen. Dabei wird der Abluftstrom erst durch ein Befeuchtungssystem – in den meisten Fällen ein Wabenbefeuchter – und anschließend häufig durch einen Rotationswärmeübertrager geführt (Abbildung 1). Gerade bei größeren Luftleistungen von mehr als 10.000 m³/h erreicht diese Kombination bei niedrigen Anschaffungskosten einen guten adiabaten Kühlwirkungsgrad von 70 Prozent. Zudem können die Anlagen mit einer geringen Baulänge ausgeführt werden. Weiterhin stellt der Betrieb des Wabenbefeuchters keine besonderen Anforderungen an die Wasserqualität, sodass hier in der Regel einfaches Leitungswasser verwendet und auf eine zusätzliche Aufbereitung verzichtet werden kann. Kritisch muss allerdings die bei regenerativen Wärmerückgewinnungssystemen unvermeidbare Feuchteübertragung von der Abluft an die Zuluft betrach-

Tabelle 1: Leistungsdaten der Systeme zur adiabaten Verdunstungskühlung

Leistungsdaten der Systeme zur adiabaten Verdunstungskühlung			
System		$\phi_{adia}$	WRG Klasse nach EN 13053:2017 (ENTWURF)
1	Abluftbefeuchtung und Rotationswärmeübertrager	70 %	H2
2	Abluftdirektbefeuchtung mit Frischwasser und Kreuz-Gegenstrom Rekuperator	75 %	H2
3	Abluftdirektbefeuchtung mit Hochleistungs-KVS	90 %	H2
4	Abluftdirektbefeuchtung mit Umlaufwasser und Gegenstrom Rekuperator	91 %	H1
5	Abluftdirektbefeuchtung mit Umlaufwasser, Taupunktkühlung und Gegenstrom Rekuperator	> 100 %	H1

tet werden, die in Hinsicht auf die einzuhaltenden Behaglichkeitskriterien eine große Herausforderung darstellt.

Feuchteübertragung geschieht sowohl über den Rotationswärmeübertrager selbst als auch über Leckagen an den Schleifdichtungen. Um die Übertragung von Luftfeuchtigkeit auf die Zuluft über Leckluft und Mitrotationsluft auszuschließen, muss die Ventilatoranordnung so gewählt werden, dass ein Druckgefälle von der Zuluft- zur Abluftseite gewährleistet ist. Zudem muss der Rotationswärmeübertrager mit einer Spülkammer ausgerüstet werden. Der dann als Leck- und Spülluft zusätzlich zu transportierende Außenluftvolumenstrom muss bei der Dimensionierung der Ventilatoren berücksichtigt werden. Hohe Anforderungen an die Hygiene ergeben sich durch den Wabenbefeuchter im Abluftstrom vor dem regenerativen Wärmerückgewinnungssystem. Um einer Keimbildung mit der möglichen Folge einer Keimübertragung in den Zuluftstrom sicher vorzubeugen, sind sehr kurze Wartungs-

zyklen erforderlich. Diese erhöhen wiederum die Betriebskosten. Weiterhin entstehen Druckverluste durch den Wabenbefeuchter, auch wenn die Verdunstungskühlung nicht aktiv ist. Diese führen ganzjährig zu einer erhöhten Leistungsaufnahme des Abluftventilators und verringern so die Energieeffizienz des Klimageräts.

**System 2: Abluftdirektbefeuchtung mit Frischwasser und Rekuperator**

Eine deutlich höhere Effizienz bei der Verdunstungskühlung lässt sich erreichen, wenn die Abluft direkt im Wärmerückgewinnungssystem befeuchtet wird (Abbildung 2). Dann finden die Stoff- und Wärmeübertragung gleichzeitig im Rekuperator statt. Das ist energetisch und physikalisch deutlich günstiger. Hierzu wird im Abluft- bzw. Fortluftweg so viel Wasser versprüht, dass der Verdunstungsprozess noch innerhalb des Plattenwärmeübertragers erfolgt. Voraussetzung dafür ist, dass der Rekuperator absolut luftdicht und korrosionsbeständig ist. Hier spielt auch das verwendete Material eine wichtige Rolle, wobei Edelstahl und Aluminium deutlich anfälliger für Verunreinigungen durch Wasser sind als Kunststoff. Derartige Systeme basieren in der Regel auf einem Kreuz-Gegenstrom-Wärmeübertrager (typische WRG-Klasse H2 nach DIN EN 13053:2017 ENTWURF), werden aber auch mit einfachen Kreuzstrom-Plattenwärmeübertragern bzw. mit Kreislauf-Verbund-Systemen ausgeführt. Zur Einbringung des Wassers in den Luftstrom sind die Düsen der Sprühanlage am Ablufteintritt angeordnet. Auf diese Weise wird die abluftseitige Wärmeübertragerfläche gleichzeitig direkt zur Befeuchtung genutzt, wodurch sich die

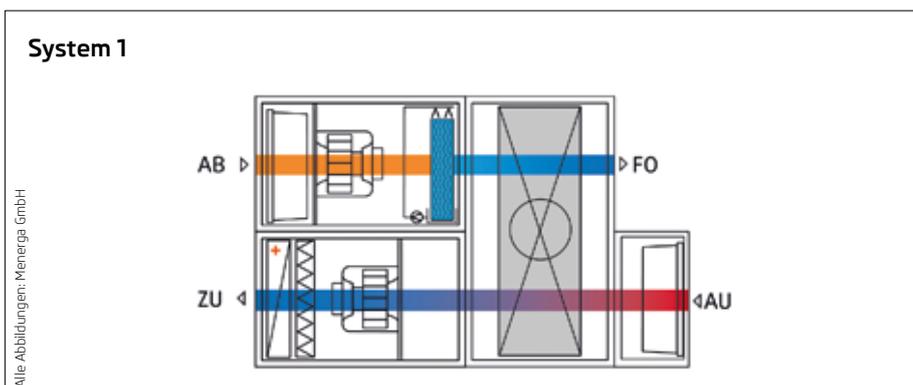


Abbildung 1: Abluftbefeuchtung und Rotationswärmeübertrager

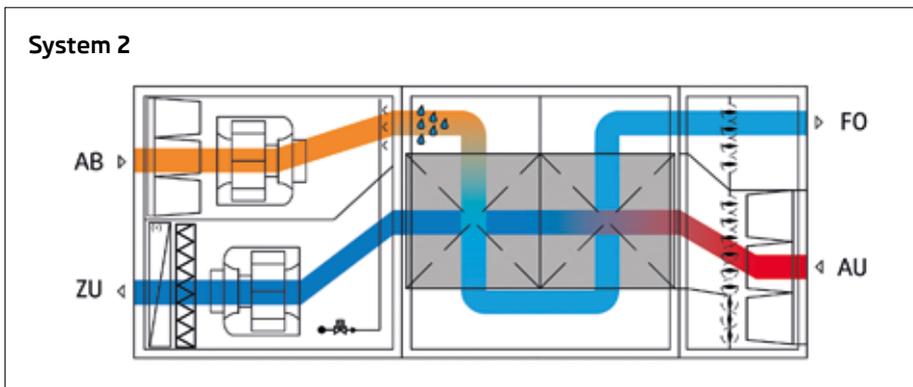


Abbildung 2: Abluftdirektbefeuchtung mit Frischwasser und Rekuperator

Kühlleistung deutlich erhöht. Wird eine hydrophile Oberflächenbeschichtung des Plattenwärmeübertragers auf der Abluftseite verwendet, unterstützt sie die Bildung eines Flüssigkeitsfilms für höhere Verdunstung und damit bessere Kühlleistungen. Weiterhin werden nicht verdunstete Wassertropfen über einen am Fortluftaustritt des Rekuperators installierten Tropfenabscheider abgeschieden und dem Ablauf zugeführt. Da so auf ein zusätzliches Befeuchtungssystem im Abluftstrom verzichtet werden kann, reduzieren sich die Investitionskosten und die Baulänge. Höhere Druckverluste auf dem Abluftweg entstehen nur im Betrieb des adiabaten Kühlsystems durch die Benetzung der Wärmeübertragungsplatten. Dauerhafte, zusätzliche Druckverluste im Betrieb ohne Kühlung treten nicht auf. In dieser einfachen Geräteausführung wird das unterhalb des Rekuperators aufgefangene, nicht vom Abluftstrom aufgenommene Wasser direkt abgeführt. Hier werden die Investitions- und auch Betriebskosten für ein Umlaufwassersystem gespart, sodass die Anschaffungskosten insgesamt relativ niedrig sind. Gleichzeitig sind die Anforderungen an die Wasseraufbereitung zur Vermeidung von Ablagerungen im Wärmeübertrager vergleichsweise gering. In den meisten Fällen kommt enthärtetes Wasser zum Einsatz. Um höhere adiabate Kühlwirkungsgrade von bis zu 75 Prozent bei der Verdunstungskühlung zu erreichen, müssen allerdings größere Mengen Frischwasser versprüht werden, als für die Befeuchtung der Abluft notwendig sind. Dementsprechend steigt bei hohem Kältebedarf die Wasser-Luft-Zahl stark an. Das wirkt sich deutlich auf die Betriebskosten aus.

### System 3: Abluftdirektbefeuchtung mit Kreislaufverbundsystem

Neben dem Einsatz von Rotationswärmeübertragern und Kreuz-Gegenstrom-Rekuperatoren

können auch Kreislaufverbundsysteme (KV-Systeme) mit einer adiabaten Befeuchtung ausgestattet werden. Für ein solches Wärmerückgewinnungssystem werden hauptsächlich Lamellenrohrwärmetauscher eingesetzt, die jeweils im Außen- bzw. im Abluftstrom eingebaut werden. Die Anzahl der einzusetzenden Wärmetauscher wird anhand der Auslegungsbedingungen bestimmt und muss nicht symmetrisch auf die Luftwege aufgeteilt werden. Systembedingt sind die Luftströme vollständig voneinander getrennt, wodurch eine Übertragung von der Ab- auf die Zuluft ausgeschlossen ist. Zur Übertragung der Wärme- bzw. Kälteenergie zirkuliert ein Wärmeübertragungsmedium zwischen den Wärmetauschern – meistens ein Wasser-Glykol Gemisch.

In der Praxis haben sich zwei unterschiedliche Möglichkeiten bewährt, um KV-Systeme mit einer adiabaten Abluftbefeuchtung zu kombinieren. Die einfachste Möglichkeit mit dem technisch geringsten Aufwand ist, dem KV-System auf der Abluftseite einen Wabenbefeuchter vorzuschalten. Hier wird der Abluftstrom vor dem Eintritt in den ersten Wärmetauscher des KV-Systems adiabatisch befeuchtet und folglich abgekühlt. Mit Hilfe des im Abluftstrom abgekühlten

Wärmeübertragungsmediums wird die Außenluft vorgekühlt.

Eine effizientere Möglichkeit, KV-Systeme mit einer adiabaten Abluftbefeuchtung zu kombinieren, ist das direkte Besprühen der Abluftwärmetauscheroberfläche mit Wasser. Bei dieser Variante wird vor jedem Abluftwärmetauscher ein Düsenstock installiert, der Wasser auf die Wärmetauscher sprüht und so einen Wasserfilm auf den Lamellen erzeugt. Der Verdunstungskühleffekt stellt sich durch das Überströmen der nassen Lamellen mit Luft ein. Eine Reihenschaltung mehrerer Wärmetauscher pro Luftweg mit vorgeschalteten Düsenstöcken ergibt die mehrstufige Befeuchtung. Durch den Temperaturanstieg der Abluft nach jedem Wärmetauscher ist neues Verdunstungspotenzial (relative Feuchte < 100 Prozent) vorhanden. Vor dem Eintritt in den nächsten Wärmetauscher wird die Abluft erneut adiabatisch befeuchtet und abgekühlt. Folglich ist das System bestehend aus mehrstufiger Befeuchtung leistungsstärker.

Tendenziell weisen KV-Systeme einen höheren luftseitigen Druckverlust auf als Rotationswärmetauscher oder Rekuperatoren. Speziell bei mehrstufigen Systemen muss zwischen Effizienz und zusätzlichen Druckverlusten abgewogen werden, um einen wirtschaftlichen Betrieb sicherzustellen. KV-Systeme werden dann eingesetzt, wenn eine Vermischung von Abluft und Zuluft unter allen Umständen zu vermeiden ist oder örtliche Gegebenheiten eine getrennte Aufstellung von AU-ZU-Gerät und AB-FO-Gerät erforderlich machen. Die Verwendung solcher Wärmerückgewinnungssysteme bedingt den Einsatz zusätzlicher Pumpen, um das Wärmeträgermedium zirkulieren zu lassen. Die hierfür einzusetzende elektrische Energie muss ebenfalls in die Leistungsbewertung einbezogen werden. Zudem bringen diese Systeme einen erhöhten Installations- und Inbetriebnahmeaufwand mit sich.

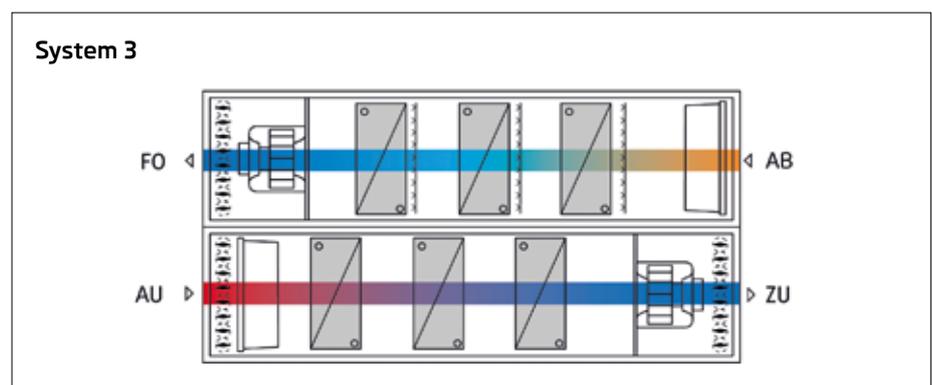


Abbildung 3: Abluftdirektbefeuchtung mit Kreislaufverbundsystem

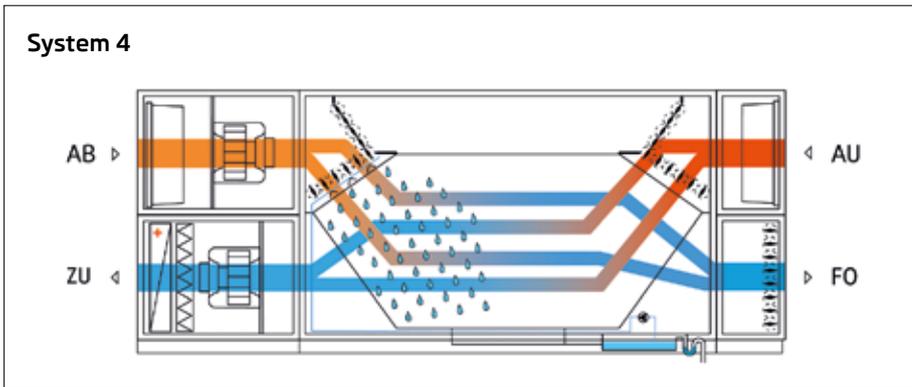


Abbildung 4: Einsatz von Gegenstrom-Wärmeübertragern

**System 4: Einsatz von Gegenstrom-Wärmeübertragern**

Die erfolgreiche Einführung von Gegenstrom-Plattenwärmeübertragern in Klimageräten mit hohen Luftleistungen war für die indirekte Verdunstungskühlung ein wichtiger Entwicklungssprung. Dadurch ist diese Art der „natürlichen“ Kühlung in vielen Anwendungsfällen zu einer vollwertigen Alternative für konventionelle Anlagen geworden. Durch die hohe Effizienz des Gegenstromprinzips ist es möglich, den adiabaten Kühlwirkungsgrad und die Kühlleistung noch einmal deutlich zu steigern. Das führt dazu, dass zusätzliche Kompressionskälteanlagen erheblich kleiner dimensioniert werden können oder gar nicht mehr benötigt werden. Entsprechend ausgestattete Zentralklimageräte wurden als Prototyp erstmals auf der ISH 2011 vorgestellt. Aufbauend auf dem Prinzip der Abluftbefeuchtung mit Umlaufwasser wird dabei der Kreuz-Gegenstrom-Plattenwärmeübertrager durch einen Gegenstrom-Plattenwärmeübertrager ersetzt. Mit hohen Rückwärmzahlen von über 90 Prozent und einem energetischen Wirkungsgrad von über 75 Prozent gemäß DIN EN 13053:2017 ENTWURF verfügen die Geräte über ein Wärmerückgewinnungssystem, das die strengen Anforderungen der Wärmerückgewinnungskategorie H1 über den gesamten Arbeitsbereich weit übertrifft. Durch die patentierte Konstruktionsweise liegen die Druckverluste hier bei sehr niedrigen 150 Pa – auch bei hohen Nennvolumenströmen von mehreren 10.000 m<sup>3</sup>/h.

Eine wesentliche Herausforderung bei der Nutzung von Gegenstrom-Plattenwärmeübertragern für die Verdunstungskühlung ist die Befeuchtung der Abluft direkt im Rekuperator. Aufgrund der Luftführung kann das Wasser hier normalerweise nur unmittelbar vor dem Ablufteintritt versprüht werden. Die im Gegenstromsektor offene Bauform ermöglicht es, das gesamte Wärmerückgewinnungssystem flächendeckend zu benetzen.

Dazu muss lediglich ein zweiter Düsenstock über den oben offenen, abluftseitigen Luftkanälen im Gegenstrombereich des Wärmeübertragers angebracht werden. Gleichzeitig wurde der Wärmeübertrager so konstruiert, dass sich kein Stauwasser im Luftweg ansammeln kann. So kommt es zwar zur gewünschten und notwendigen Tropfenbildung auf der Oberfläche – sobald sich diese Tropfen aber zu einem Film zusammenschließen, fließen sie direkt ab und werden in einer separaten Speicherwanne aufgefangen. So können sich auch bei den großen Wärmeübertragerflächen, wie sie beim Gegenstromprinzip zur Verfügung stehen, keine Wassernester bilden und es werden auch keine zusätzlichen Druckverluste erzeugt.

Standardmäßig wird in Zentralklimageräten mit Adconair-Wärmerückgewinnung nur ein Düsenstock an der Einströmung verwendet, wodurch die Luft in der vorderen Hälfte der Abluftseite des Gegenstrom-Plattenwärmeübertragers befeuchtet wird. Damit ist die für die Verdunstungskühlung genutzte Fläche deutlich kleiner als beim System mit Kreuz-Gegenstrom-Plattenwärmeübertrager. Das wird allerdings durch den hohen Wärmerückgewinnungsgrad des Gegenstrom-

Plattenwärmeübertragers mehr als kompensiert. Gleichzeitig reduziert sich die benötigte Wassermenge deutlich. Das macht sich in einer entsprechend geringeren elektrischen Leistungsaufnahme der Pumpen für das Umlaufwasser bemerkbar. Durch die vollständige Nachverdunstung aller Aerosole im Gegenstromteil des Rekuperators treten keine Aerosole oder Tropfen auf der Fortluftseite des Wärmeübertragers aus. Deshalb ist hier auch kein zusätzlicher Tropfenabscheider erforderlich und die relative Feuchtigkeit der Fortluft im adiabaten Kühlobetrieb ist im Vergleich zu anderen Systemen sehr niedrig. Auf diese Weise erreichen die Zentralklimageräte einen adiabaten Kühlwirkungsgrad von 91 Prozent, womit die Temperatur der Außenluft nach Herstellerangaben um mehr als 14 K gesenkt werden kann.

**System 5: Direkte Abluftbefeuchtung mit Umlaufwasser, Taupunktkühlung und Gegenstrom-Rekuperator**

Das neueste System der indirekten, adiabaten Verdunstungskühlung beweist, dass für die herkömmliche Gebäudeklimatisierung keine Kompressionskälteanlage installiert werden muss. Die mit dem deutschen Kältepreis 2018 ausgezeichnete Kühltechnologie Adiabatic<sup>zeroGWP</sup> auf Basis einer Adconair-Wärmerückgewinnung, besteht aus einer Kombination aus Gegenstrom-Plattenwärmeübertrager mit direkter, adiabater Verdunstungskühlung und Taupunktkühlung. Konstant niedrige Zulufttemperaturen können garantiert werden, das minimiert bzw. ersetzt den Einsatz mechanisch erzeugter Kälte.

Bei der direkten adiabaten Abluftbefeuchtung mit Umlaufwasser und Taupunktkühlung im Gegenstrom-Rekuperator wird an zwei Stellen innerhalb des Lüftungsgerätes ein Luftstrom befeuchtet. Im hinteren Teil, beim Eintritt der Abluft in den Wärmeübertrager, findet die direkte Abluftbefeuchtung

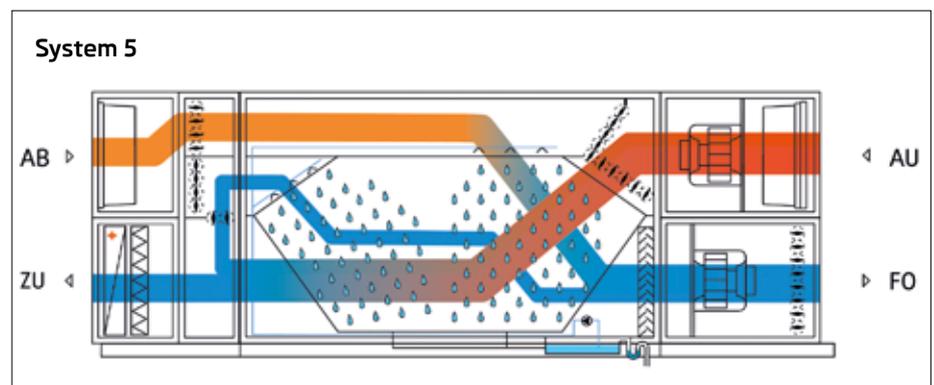


Abbildung 5: Direkte Abluftbefeuchtung mit Umlaufwasser, Taupunktkühlung und Gegenstrom-Rekuperator

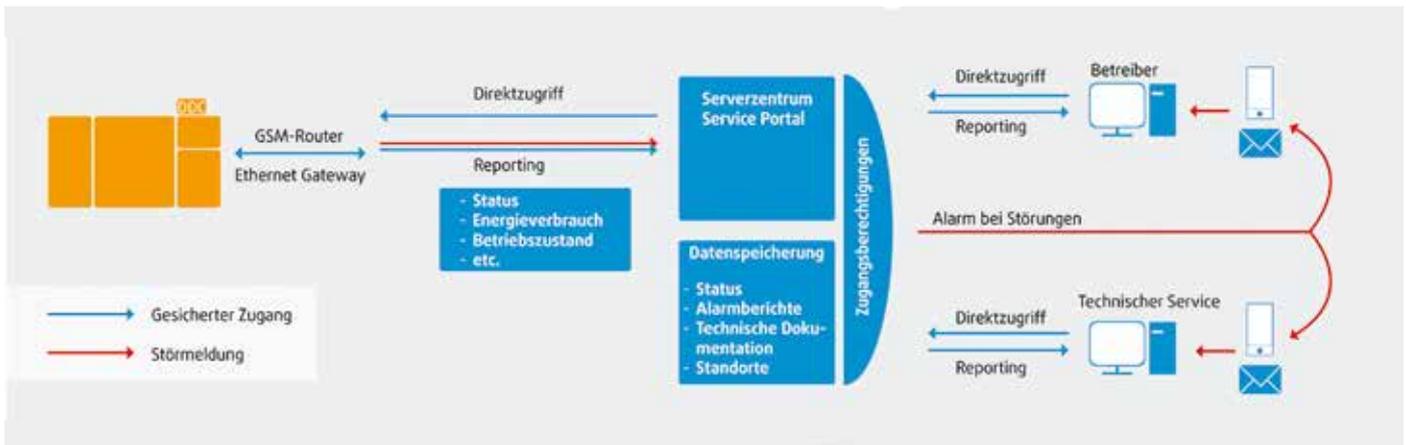


Abbildung 6: Energiemonitoring-Systeme ermöglichen die Kontrolle und Aufzeichnung energieverbrauchsrelevanter Daten.

ähnlich Abbildung 4 statt. Damit wird der Außenluftstrom bereits zu einem großen Teil abgekühlt. Ein Teil dieses gekühlten Luftstromes wird als Prozessluftstrom auf der Zuluftseite direkt nach dem Austritt aus dem Wärmeübertrager entnommen und zurückgeführt. Bevor der Prozessluftstrom im Gegenstromprinzip dem Wärmeübertrager wieder zugeführt wird, befindet sich eine zweite Stelle zur Luftstrombefeuchtung, die als Taupunktkühlung bezeichnet wird. Durch die Befeuchtung und die damit verbundene Zustandsänderung der Prozessluft (Temperaturabnahme) ist zusätzliches Kühlpotenzial zur Außenluftkühlung gegeben.

Durch das sensible Kühlen der Außenluft im ersten Schritt wird die Enthalpie gesenkt. Dadurch wird erreicht, dass die Feuchtkugeltemperatur der Außenluft unterhalb der Feuchtkugeltemperatur der Abluft liegt. Das Rückführen und zusätzliche Befeuchten der vorgekühlten Außenluft als Prozessluft im zweiten Schritt, ermöglicht dann ein Kühlen der Außenluft unterhalb der Abluftfeuchtkugeltemperatur. Bei konventionellen Sys-

temen ist das die theoretisch tiefstmögliche Temperatur, die erreicht werden kann.

Mit dem beschriebenen System lässt sich die Außenlufttemperatur unter Spitzenlastbedingungen um ca. 16 K senken. Da ein Teil der Außenluft als Prozessluft befeuchtet, erneut durch den Plattenwärmeübertrager geführt und anschließend dem Fortluftstrom zugeführt wird, sind im Kühlbetrieb die Luftströme der Außen- bzw. Fortluft höher als die der Zu- bzw. Abluft. Es werden maximal bis zu 50 Prozent vom Nennvolumenstrom als stetig geregelter Prozessluftvolumenstrom verwendet, sodass die Sollzulufttemperatur gehalten werden kann. Bei der Dimensionierung des bauseitigen Kanalnetzes muss diese Betriebsweise berücksichtigt werden, denn der Außen- und Fortluftkanal muss entsprechend größer geplant werden.

Das System ermöglicht es, auf ein zusätzliches Kühlregister oder auf den Einsatz einer Kompressionskälteanlage zu verzichten. Damit einher geht die Vermeidung von Druckverlusten für das zuvor genannte Kühlregister oder den Verdampfer und

den Verflüssiger einer Kälteanlage. Zudem sind keine Wartungsarbeiten und Dichtheitsprüfungen für die mechanische Kälteerzeugung erforderlich und bauseits ist weniger elektrische Anschlussleistung vorzuhalten.

### Energie- und kostenoptimierter Betrieb durch Monitoring

Die vorgestellten Systeme der adiabaten Verdunstungskühlung werden seit Jahren weiterentwickelt und helfen deutlich bei der Einsparung oder gar bei der Vermeidung mechanisch erzeugter Kälteenergie. Die Regelung von raumlufttechnischen Anlagen, speziell mit adiabater Verdunstungskühlung, hat einen entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch und die Lebenszykluskosten. In den seltensten Fällen werden RLT-Anlagen mit konstanten Auslegungslastbedingungen betrieben. Oft wird nur für wenige Stunden im Jahr die Auslegungsleistung benötigt, sodass Lüftungsanlagen über einen großen Zeitraum hinweg im Teillastbereich betrieben werden. Ein energie- und kostenoptimierter Betrieb in genau diesem Teillastbereich ist nur mit einer genau abgestimmten Regelung zu erzielen.

Energiemonitoring-Systeme ermöglichen die Kontrolle und Aufzeichnung energieverbrauchsrelevanter Daten von RLT-Anlagen, beispielsweise das Energiemonitoring-System vicomo von Menerga. Dieses System leistet einen entscheidenden Beitrag zum Gebäudeenergiemanagement. Seit dem 1. Januar 2013 ist ein zertifiziertes Energiemanagement die Voraussetzung für die Inanspruchnahme steuerlicher Entlastungen nach § 55 des Energie- und § 10 des Strom-Steuergesetzes. Mit einem Monitoringtool werden wichtige Parameter einer RLT-Anlage in Echtzeit erfasst und über ein Gateway oder eine GSM-Verbindung in einer Online-



Abbildung 7: RLT-Anlage mit Taupunktkühlung und Nacherhitzer



datenbank gespeichert. Zur schnellen und einfachen Übersicht können Templates definiert und Überwachungszyklen (stündlich, täglich, monatlich, jährlich) oder Zeiträume festgelegt werden.

Aber nicht nur Betriebszustände werden erfasst: Per Fernzugriff können Parameter der Anlage geändert werden, um einen optimalen Betrieb zu gewährleisten. Ferner können Alarmsignale direkt zu den verantwortlichen Stellen wie Haustechnik oder technischer Service übermittelt werden, beispielsweise bei Überschreitung der maximalen Filterdruckverluste. Durch diese Informationsbereitstellung in Echtzeit kann eine Störung schnell beseitigt werden. Erhöhter Energieverbrauch und unwirtschaftlicher Betrieb von RLT-Anlagen werden auf diese Weise vermieden.

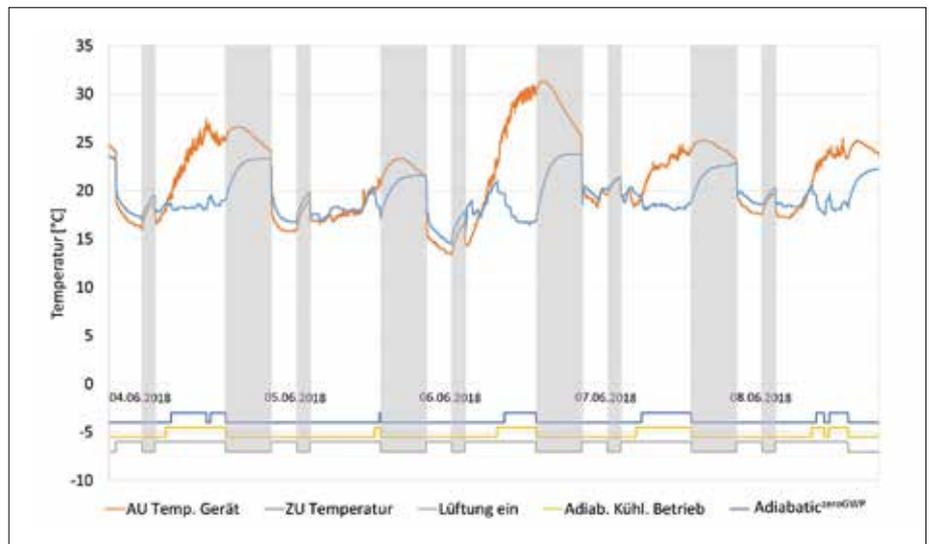
### Ein Beispiel aus der Praxis

Im folgenden Abschnitt werden Betriebsdaten einer Lüftungsanlage vorgestellt. Mit Hilfe des Energiemonitoring-Systems können Daten oder Störmeldungen in Echtzeit bzw. über einen frei wählbaren Zeitraum betrachtet und ausgewertet werden. Die Anlage hat ein Adiabatsystem mit Taupunktkühlung zur Kühlung der Außenluft im Sommer und einen Nacherhitzer für die Wintermonate (Abbildung 7).

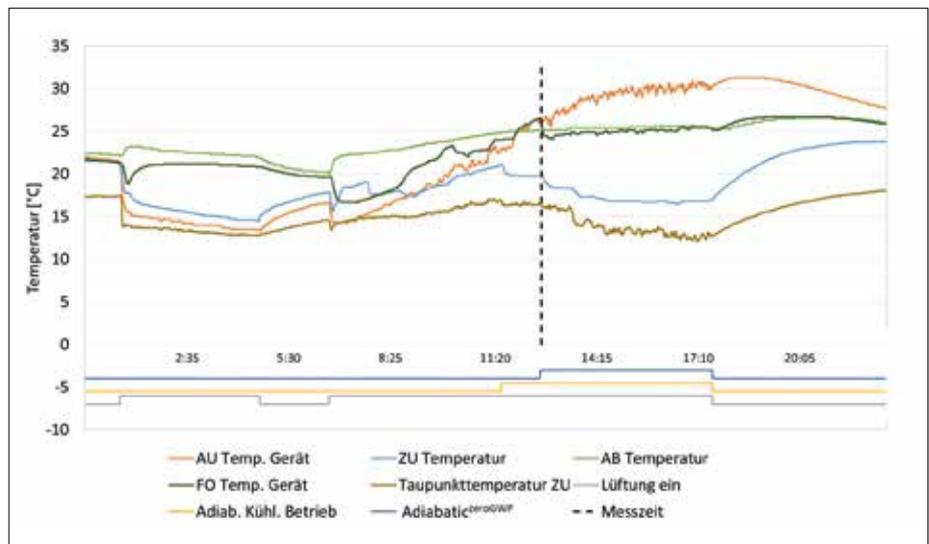
Zur Regelung der Anlage ist eine Vielzahl von Temperatur- und Drucksensoren installiert. Diese liefern die Daten zur Auswertung sowie grafische Darstellungen (Grafik 1).

Der nächtliche Betrieb der Anlage mit kurzen Pausen in den Morgenstunden zeigt den Betrieb der Nachtkühlfunktion. Die vergleichsweise niedrige Außenlufttemperatur in den Nachtstunden wird genutzt, um das Gebäude zu kühlen. In diesem Betriebsmodus werden die Ventilatoren auf niedriger Stufe betrieben, kühle Luft ins Gebäude gefördert und das Aufheizen der gesamten Gebäudesubstanz über einen langen Zeitraum verhindert.

Zur detailgetreuen Leistungsanalyse des Adiabatsystems wird jetzt nur der wärmste Tag im genannten Zeitraum betrachtet (Grafik 2). Es ist deutlich zu erkennen, wann die unterschiedlichen Modi der Adiabatik geschaltet werden.



Grafik 1: Daten der Temperatur und Drucksensoren



Grafik 2: Daten des wärmsten Tages

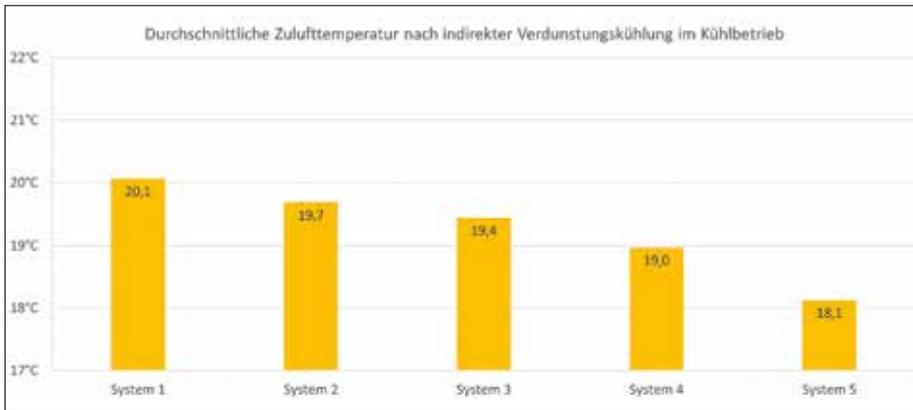
Bis ca. 11:30 Uhr ist gar keine Adiabatik erforderlich. Die hocheffiziente Wärmerückgewinnung reicht aus, um den Kühlbedarf zu decken. Steigt die Zulufttemperatur, wird in der ersten Sequenz die normale Adiabatik zugeschaltet, um den erhöhten Kühlbedarf abzudecken. Bei weiter steigender Kühlanforderung wird dann die Taupunktkühlung zugeschaltet - hier um 13:00 Uhr. Im Verlauf ist zu erkennen, dass unmittelbar nach dem

Schalten einer Adiabatikstufe die Zulufttemperatur weiter gesenkt werden kann.

Bei der Tageshöchsttemperatur von über 30 °C konnte eine Temperaturdifferenz von über 14 K erzielt werden, bezogen auf die Zuluft. Das entspricht einer Zulufttemperatur von unter 17 °C (Tabelle 2). Die Taupunktkühlung der Zuluft ermöglicht es, Temperaturen unterhalb der Abluftfeuchtkugelttemperatur zu erzielen, die bei herkömmlichen

Tabelle 2

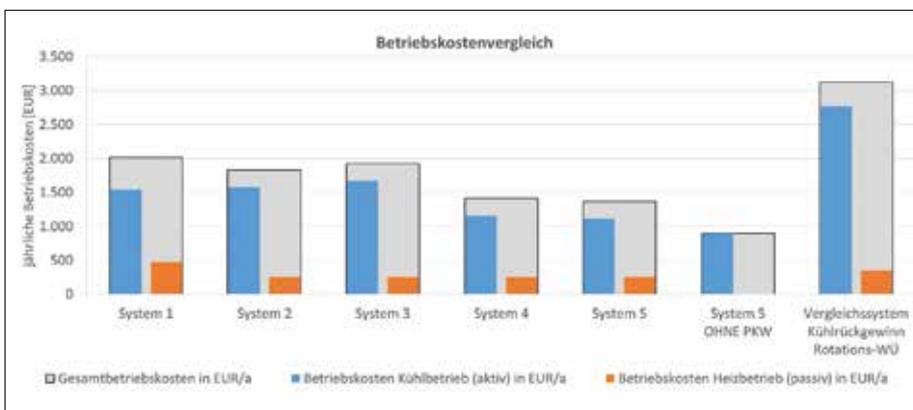
Außenluft		Zuluft		Abluft			Fortluft	
Temp.	Vol.-Str.	Temp.	Feuchte	Temp.	Feuchtk.	Feuchte	Temp.	Vol.-Str.
°C	m³/h	°C	%	°C	°C	%	°C	m³/h
30,9	6.152	16,8	72,2	25,6	18,6	51,6	25,4	6.145



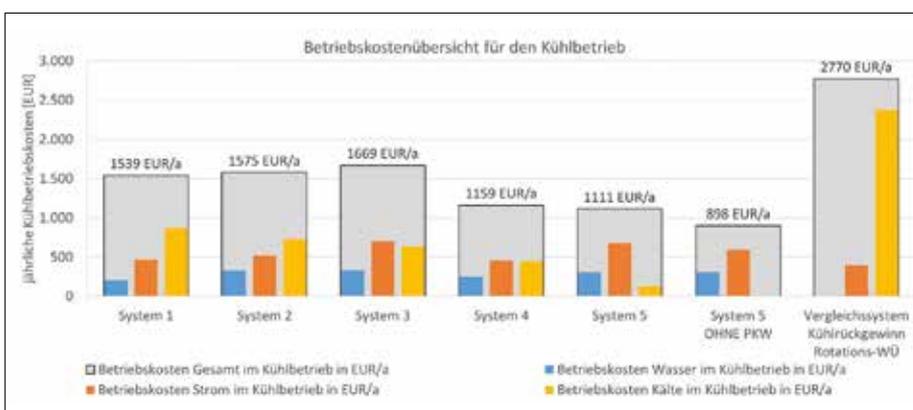
Grafik 3: Durchschnittlich Zulufttemperatur nach indirekter Verdunstungskühlung im Kühlbetrieb



Grafik 4: Erforderliche Kühlleistung für eine Zulufttemperatur von 18 °C



Grafik 5: Betriebskostenvergleich



Grafik 6: Betriebskostenübersicht für den Kühlbetrieb

Systemen mit adiabater Abluftbefeuchtung die physikalische Grenze ist. Vereinfacht gerechnet, kann im dargestellten Messpunkt eine Kälteleistung von ca. 30 kW mit der Adiabatik bereitgestellt werden.

Um die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu bewerten, ist die Analyse eines kurzen Betrachtungszeitraums nicht ausreichend. Ein realistischer Vergleich der zu erwartenden Betriebskosten kann nur durch eine ganzheitliche Betrachtung der Betriebszustände erreicht werden – auch im Teillastbetrieb. Außerdem muss der zusätzliche Energieverbrauch berücksichtigt werden, der entsteht, wenn das adiabate Kühlsystem nicht aktiv ist. Die Grundlage für die Berechnungen bilden dabei die Klimadaten für den Standort Mannheim gemäß DIN 4710:2011. Hier sollen die Anlagen an sechs Wochentagen für jeweils 14 h eingesetzt werden. Das entspricht 4.380 Betriebsstunden pro Jahr. Bei einem Luftvolumenstrom von 10.000 m<sup>3</sup>/h liegt die geforderte Zulufttemperatur im Kühlbetrieb bei 18 °C. Die Ablufttemperatur wurde auf 26 °C festgelegt. Die aktive Kühlung beginnt ab einer Außenlufttemperatur von 20 °C und ist damit an 961 h im Jahr in Betrieb. In der verbleibenden Zeit wird entweder die freie Kühlung genutzt oder die Anlage befindet sich im Heizbetrieb mit Wärmerückgewinnung.

Die Analyse der durchschnittlich erreichten Zulufttemperaturen – die nur mit der adiabaten Verdunstungskühlung erzielt werden – zeigt, dass unter Zuhilfenahme der Taupunktkühlung (System 5) die geforderte Zulufttemperatur ganzjährig fast erreicht werden kann. Im Vergleich zu technisch „einfachen“ Systemen ist das ein Unterschied von 2 K. Dieser vergleichsweise geringe Unterschied hat jedoch einen erheblichen Einfluss auf den elektrischen Energieeinsatz und die damit verbundenen Stromkosten des Lüftungssystems bestehend aus Lüftungsanlage und Kälteerzeugung.

Der Unterschied wird deutlich, wenn eine herkömmliche Lüftungsanlage mit Rotationswärmeübertrager, der die gesetzlichen Mindestanforderungen erfüllt, mit einer Lüftungsanlage mit adiabater Verdunstungskühlung verglichen wird. Lediglich ein Zehntel der erforderlichen Kühlenergie kann mit dem Rotationswärmeübertrager bereitgestellt werden. Für den Rest muss eine mechanische Kälteerzeugung eingesetzt werden. Wird dem Rotationswärmeübertrager eine adiabate Befeuchtung auf der Abluftseite vorgeschaltet (System 1), können zwei Drittel der gesamten erforderlichen Kühlenergie regenerativ bereitgestellt werden. Adiabate Hochleistungssysteme mit Taupunkt-



kühlung (System 5) können über 95 Prozent der erforderlichen Kälteleistung bereitstellen. Unter diesen Gesichtspunkten stellt sich die Frage, ob der Einsatz eines Nachkühlers (PKW) sinnvoll ist, da dieser zusätzliche Druckverluste erzeugt, die vom Ventilator ganzjährig überwunden werden müssen. Hinzu kommt der Mehraufwand durch die erforderliche bauseitige Verrohrung des Nachkühlers bei der Geräteinstallation. Diese Mehraufwände wären durch kleine Zugeständnisse beim Komfort vermeidbar.

Für die Kostenrechnung einzelner Betriebsmittelverbräuche wurden die folgenden spezifischen Kosten berücksichtigt:

- Elektrischer Strom [Euro/kWh]:	1,65,
- Frischwasser [Euro/m <sup>3</sup> ]:	2,36,
- Abwasser [Euro/m <sup>3</sup> ]:	0,20,
- Kälteenergie [Euro/kWh]:	0,12.

Durch den Einsatz adiabater Abluftbefeuchtungssysteme (System 1 bis System 5) können die Betriebskosten signifikant gesenkt werden. Die Einsparungen liegen zwischen 35 und 70 Prozent – bezogen auf ein herkömmliches Lüftungssystem. Auch der Vergleich zwischen Lüftungsanlagen mit adiabater Verdunstungskühlung liefert Betriebskostenunterschiede von bis zu 55 Prozent.

Verdeutlichen lässt sich das am Beispiel eines Rotationswärmeübertragers, denn nicht der Wasserverbrauch, sondern erhöhte Druckverluste durch Komponenten der Adiabatik machen den Unterschied. Resultat sind ein höherer Energieeinsatz für Ventilatoren

und eine gegebenenfalls erforderliche Kälteanlage. Der Druckverlust eines solchen Rotationswärmeübertragers ist geringer als der eines Rekuperators, jedoch macht der vorgeschaltete Wabenbefeuchter mit seinen Druckverlusten diesen Vorteil wieder zunichte.

Bei den KV-Systemen sieht es ähnlich aus: Um hier den gesetzlichen Mindestanforderungen gerecht zu werden, müssen Wärmeübertrager mit großer wärmeübertragender Fläche eingesetzt werden. Das steigert die Effizienz der Adiabatik, geht aber auch mit einer Druckverluststeigerung in nicht zu vernachlässigendem Maße einher. Der Vergleich zeigt die höchsten Stromverbrauchs-kosten für das KV-System, denn nicht nur für die erhöhte Ventilatorleistung, sondern auch für die erforderlichen Pumpen des Systems muss elektrische Energie eingesetzt werden.

Auch Systeme mit Taupunktkühlung weisen einen etwas erhöhten Stromverbrauch auf. Dieser resultiert jedoch nicht aus erhöhten Druckverlusten, sondern die Zuluftrezirkulation durch den Rekuperator und der damit verbundene erhöhte Außenluft-Fortluftstrom lassen die Leistungsaufnahme der Ventilatoren steigen. Der wesentliche Vorteil ist, dass die Mehrleistung nicht ganzjährig bereitgestellt werden muss. Bei Spitzenlasten mit hohen Außentemperaturen müssen die Ventilatoren den erhöhten Luftstrom für wenige Stunden im Jahr fördern. Im normalen Adiabatik- oder im Teillastbetrieb fällt keine Mehrleistung an.

## Fazit

Insgesamt ist das Einsparpotenzial lüftungstechnischer Anlagen mit adiabater Verdunstungskühlung überzeugend. Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass Leistungsdaten und Einsparpotenziale solcher Anlagen standortabhängig sind. In warmen Regionen mit hohem Verdunstungspotenzial kann in der Regel weitaus mehr Kälteleistung eingespart werden. Der eigentliche wirtschaftliche Vorteil der adiabaten Verdunstungskühlung liegt jedoch darin, dass eine zusätzliche Kälteerzeugung deutlich kleiner dimensioniert oder gänzlich eingespart werden kann. Das wirkt sich positiv auf Investitionskosten und bauliche Gegebenheiten aus, beispielsweise auf Anlagenplatzbedarf, Bereitstellung elektrischer Anschlussleistung und Lebenszykluskosten.

Die Umwelt profitiert ebenfalls, denn kleiner dimensionierte Kälteanlagen enthalten geringere Mengen an Kältemitteln, die einen hohen GWP (in der Regel >1.000) aufweisen. Global Warming Potential (GWP, auch als Treibhauspotenzial bezeichnet) beschreibt den Beitrag eines Stoffes zum Treibhauseffekt – umgerechnet auf die Klimaschädlichkeit von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Je niedriger der Wert ist, umso geringer ist die Wirkung auf die Erderwärmung. Durch den Einsatz von adiabatischen Hochleistungssystemen kann die Gebäudekühlung zuverlässig und klimaneutral mit einem GWP von null realisiert werden. ◀

# BTGA-Lieferantenverzeichnis

Optimiert für PC, Tablet und Smartphone



[www.btga-lieferantenverzeichnis.de](http://www.btga-lieferantenverzeichnis.de)



Vier von fünf Bädern werden heute mit bodenebenen Duschen geplant.

## Sicherheit im Duschbereich: Bäder mit bodenebenen Duschen richtig abdichten

*Bodenebene Duschen gehören heute sowohl beim Neubau als auch bei der Modernisierung zur Standardausstattung eines Bades. Sie ermöglichen durch ihren schwellenfreien Zugang ein bequemes Begehen des Nassbereiches, das besonders von Nutzern mit körperlichen Einschränkungen begrüßt wird. Darüber hinaus sorgen sie für eine offene Raumwirkung und vergrößern kleine Räume optisch. Eine gründliche Abdichtung des Badezimmerbodens und eine sorgfältige Einbindung der Duschfläche in die übrige Badabdichtung sind für eine dauerhaft dichte Duschlösung unerlässlich. Auch die Wahl des Materials für die Duschplatzgestaltung beeinflusst die Langlebigkeit und die Sicherheit vor Durchfeuchtungsschäden.*



Marcus Möllers,  
Manager Public  
Relations,  
Franz Kaldewei GmbH  
& Co. KG,  
Ahlen

Sanitärprofis, Hygiene-Experten und selbst Fliesenleger empfehlen für die bodenebene Duschplatzgestaltung fugenfreie, emaillierte Duschflächen, die es heute in unzähligen Größen, Formen, Farben und weiteren Ausstattungen gibt. Studien bestätigen zudem, dass emaillierte Duschflächen die Top-Kriterien der Architekten und Planer bei der Produktauswahl erfüllen – beispielsweise Dichtigkeit oder normgerechter Einbau.

Der Wunsch nach bodenebenen Duschen besteht auch bei Gebäuden, deren bauliche Substanz besonders empfindlich auf Feuchteinfluss reagiert. So könnte es beispielsweise bei Fachwerkbauten oder Fertighäusern auf Holzbasis sowie im Trockenbau neben den gesundheitlichen Problemen infolge von Pilz- und Schimmelbildung auch zu Standsicherheitsrisiken bei Durchfeuchtung kommen. Daher sind eine gründliche Abdich-



tung des Badezimmerbodens und eine sorgfältige Einbindung der Duschfläche in die übrige Badabdichtung erforderlich. Schließlich wird auch der umgebende Boden durch Wasser beansprucht und diese Flächen sind insbesondere durch ihre Fugen einem besonderen Risiko ausgesetzt.

### Exkurs

Ein Vergleich: Laut Deutschem Wetterdienst fallen in Deutschland pro Quadratmeter im Schnitt rund 800 Liter Regenwasser jährlich. Der durchschnittliche Verbrauch von Duschwasser eines Zweipersonenhaushalts liegt bei ca. 88 Liter Wasser täglich (Grundlage für diese Kalkulation ist ein Verbrauch von 44 l/Person und Duschvorgang). Daraus ergeben sich 32.120 Liter im Jahr, also mehr als das vierzigfache dessen, was pro Quadratmeter an Regen fällt. Dieses Ergebnis macht deutlich, dass die Gründlichkeit bei der Badabdichtung mindestens eine genauso wichtige Rolle spielt, wie die Abdichtung von Dächern.

### Die Planung

Grundvoraussetzung für den Einbau einer bodenebenen Duschfläche bildet die jeweilige bauliche Gegebenheit, die vorab sorgfältig geprüft werden sollte. Im Neubau ergeben sich hier in aller Regel keine Schwierigkeiten. Beim Bestandsbau hingegen können zum Beispiel Einschränkungen durch die zur Verfügung stehende Gesamtaufbauhöhe entstehen. Hier muss ausreichend Platz vorhanden sein, um den Abfluss des Wassers sicherzustellen und das Entwässerungssystem anschließen zu können. Moderne Ablaufgarnituren haben eine Bauhöhe von nur 61 mm und sind hervorragend für die Modernisierung geeignet. In einer Untersuchung der FH Münster wird beispielsweise der Ablaufgarnitur KA 90 von Kaldewei eine hervorragende Sicherheit gegen Austrocknung unter Praxisbedingungen bescheinigt.

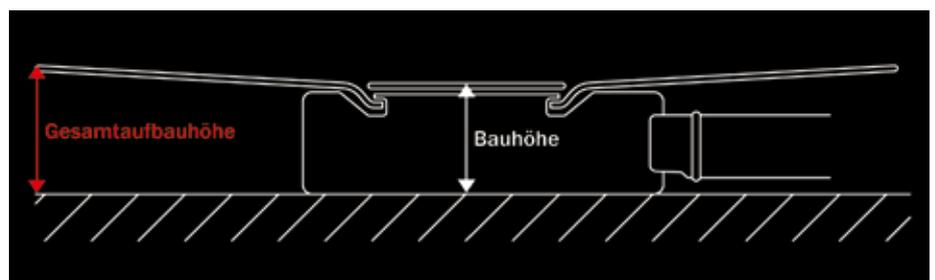
Unterstützung bei der Planung bodenebener Duschen bietet beispielsweise ein Montagekonfigurator. Da bei emaillierten Duschflächen das Gefälle bereits integriert ist, lässt sich damit sekundenschnell ermitteln, welche Kombination aus Duschfläche, Montagesystem und Entwässerungsgarnitur für die vorgegebene Aufbauhöhe geeignet ist.

### Die Dusche

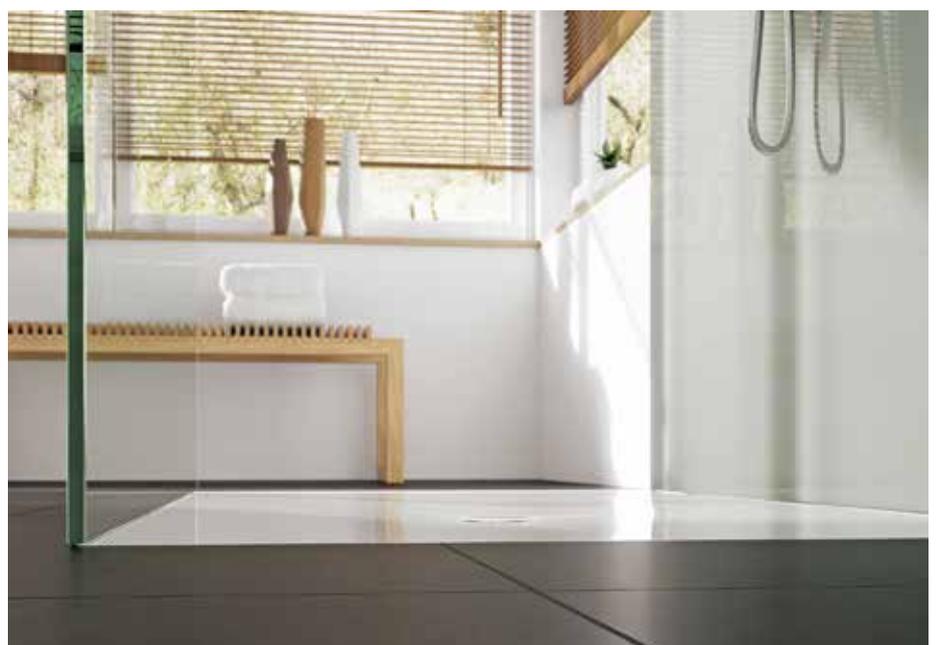
Speziell im unmittelbaren Duschbereich bieten fugenlose, emaillierte Duschflächen aufgrund ihres monolithischen Charakters eine



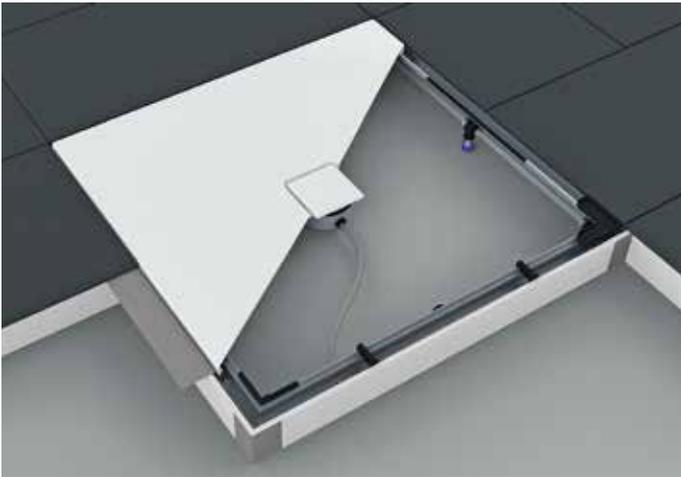
Fachleute empfehlen für die bodenebene Duschplatzgestaltung fugenfreie, emaillierte Duschflächen.



Für das Gefälle in der Dusche und für den Anschluss des Entwässerungssystems muss ausreichend Platz eingeplant werden.



Speziell im unmittelbaren Duschbereich bieten fugenlose, emaillierte Duschflächen aufgrund ihrer geschlossenen Oberfläche und des integrierten Gefälles eine besondere Bausicherheit.



Mit Hilfe moderner Montagesysteme lassen sich emaillierte Duschflächen einfach und schnell installieren und sorgen zusammen mit dem Kaldewei Wannen-Dicht-System für eine perfekte Anbindung an die übrigen Dichtsysteme.



Emaillierte Duschflächen schaffen ästhetische, hygienische und sichere Lösungen für bodenebene Duschen. Der fugenfreie Nassbereich ist wasserdicht und stabil.

besondere Bausicherheit. Der Vorteil der geschlossenen Oberfläche wird hier auf den kompletten Nassbereich der Duschfläche übertragen. Ein definiertes Gefälle unterstützt den zielgerichteten Ablauf des Wassers, das dank moderner Ablaufgarnituren schnell und zuverlässig abfließen kann. Für zusätzliche Standsicherheit kann die Duschfläche mit einer rutschhemmenden, nahezu unsichtbaren Oberflächenvergütung ausgestattet werden.

Bis vor einigen Jahren war das Einbinden der Duschfläche in die Verbundabdichtung des Fliesenbelags eine besondere Herausforderung für den Handwerker. Das hier anstehende Anschlussdetail war häufig nur vergleichsweise aufwendig zu lösen, da die Systeme nicht immer optimal aufeinander abgestimmt waren. Die Schnittstelle beziehungsweise das Anschlussdetail ist aber maßgeblich, damit Flächen-Dichtsysteme oder Dichtschlämme mit der Duschfläche verbunden werden können.

Verlässliche Sicherheit vor Durchfeuchtungsschäden im eigentlichen Nassbereich der Dusche bieten emaillierte Duschflächen namhafter Markenhersteller. Diese lassen sich mit Hilfe passender Montagesysteme nicht nur einfach und schnell installieren, sondern sorgen zusammen mit dem passenden Wannen-Dicht-System für eine perfekte Anbindung an die bauseitigen Verbundabdichtungen. Damit ist eine dauerhafte und Gewerke übergreifende Abdichtung des Badezimmers gemäß der Abdichtnorm DIN 18534 gegeben.

### Die Verbundabdichtung

Stand und Regel der Technik sind, dass Wand- und Bodenflächen in nassbelasteten Bereichen mit Verbundabdichtungen unterhalb des Fliesenbelags ausgestattet werden. Beim Einbau von emaillierten, bodenebenen Duschen gilt das in erster Linie für die Flächen außerhalb des unmittelbaren Duschbereichs. Die Verbundabdichtungen unter-

halb der Fliesen verhindern ein Durchfeuchten der Wand- und Bodenkonstruktion. Ihre großen Vorteile liegen darin, dass sie, zusammen mit einer emaillierten Duschfläche, sehr dünne Bodenkonstruktionen zulassen und der lastverteilende Estrich nicht mehr mit Wasser belastet wird.

### Fazit

Emaillierte Duschflächen schaffen ästhetische, hygienische und sichere Lösungen für bodenebene Duschen. Der fugenfreie Nassbereich ist wasserdicht und stabil. Integriertes Gefälle und leistungsstarke Entwässerungssysteme sorgen zuverlässig für ein zügiges Abfließen des Duschwassers. Die Kombination passgenauer Systeme selbst unterschiedlicher Hersteller überzeugt mit weiteren Vorteilen – dazu gehören unter anderem eine schnelle und einfache Installation, eine zuverlässige Verbundabdichtung und eine funktionale und langlebige wasserdichte Fläche im Bad. ◀



Die Integration der Abdichtsysteme von Duschfläche, Boden und Wand sorgen für eine funktionale und langlebige wasserdichte Fläche im Bad.

### Wo muss in einem Bad mit bodenebener Dusche überall abgedichtet werden?

Grundsätzlich muss überall dort abgedichtet werden, wo bei regulärer Nutzung einer Dusche Wasser hingelangen kann. Dabei sollte bedacht werden, dass Duschabtrennungen nicht immer wasserdicht sind und Duschvorhänge nicht dicht abschließen. \*) Gemäß der DIN 18535-1:2017 „Abdichtung von Innenräumen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze“ gelten für den Einbau von bodengleichen Duschflächen die besonderen Anforderungen an eine Nassraumabdichtung. Emaillierte Duschflächen überzeugen durch eine geschlossene, fugenfreie Oberfläche im Nassbereich und ein integriertes Gefälle. Besonders modern sind heute Duschplätze, die nur mittels einer Wand vom umgebenden Raum getrennt sind. Zumindest eine Seite, oft auch zwei Seiten der Dusche sind dann komplett offen. Auch hier muss bedacht werden, wie weit das Wasser in den Raum spritzen kann.

\*) Die DIN unterscheidet hier zwischen qualifiziertem und nicht qualifiziertem Spritzschutz.



# Netzwerkbasierte Beleuchtungssteuerung und adaptive Betriebszeitoptimierung

Beispiele innovativer Smart Building-Technologien - lokal und aus der Cloud



Dr.-Ing.  
Bruno Lüdemann,  
Leiter Energiesysteme  
und Simulation,  
Rud. Otto Meyer  
Technik GmbH & Co. KG,  
Hamburg



Christian Warnecke  
M.Sc.,  
Projektingenieur F&E,  
Rud. Otto Meyer  
Technik GmbH & Co. KG,  
Hamburg



Johannes Nußbaum,  
Geschäftsführer  
wtec GmbH,  
Bad Homburg

Digitalisierung und Künstliche Intelligenz halten Einzug in die Gebäude bzw. die Gebäudesteuerung und vernetzen zunehmend verschiedene technische Anlagen, Geräte und Sensoren („Internet der Dinge“ bzw. „IoT“). Ein wichtiges Kernelement so genannter intelligenter Gebäude sind Daten aus technischen Anlagen und Daten aus der Raumnutzung, beispielsweise zu Anwesenheit, Temperatur oder Luftqualität, die über verteilte Sensorik aus dem gesamten Gebäude gemeldet werden. In einem intelligenten Gebäude liegen solche Daten in einer hohen Granularität, Präzision und in Echtzeit vor. Smart Building-Technologien nutzen diese Daten, um den Gebäudebetrieb in Zukunft effizienter, wirtschaftlicher und für den Nutzer

oder den Betreiber einfacher und bequemer zu gestalten.

## „Infrastruktur“ für intelligente Gebäude

Network Powered Lighting ist die Anbindung von Leuchten mithilfe von Datenkabeln. Viele verschiedene Anbieter haben die Beleuchtung als Infrastruktur für die benötigte Sensorik eines intelligenten Gebäudes für sich entdeckt. Dafür spricht, dass Beleuchtung jede Stelle eines Gebäudes erreicht, in einer hohen Dichte vorhanden ist und zudem über eine Stromversorgung verfügt, die auch Sensoren mit der nötigen Energie versorgen kann. Zur Übermittlung der Daten muss zwischen kabelbasierter Übertragung („Network Powered Lighting“ oder „Power over Ethernet - PoE“) und kabelloser Übertragung unterschieden werden. Kabellose Übertragung ist zwar vermeintlich mit weniger Investitionsaufwand umzusetzen, sie ist jedoch komplexer und im laufenden Betrieb anfälliger – die Stichworte sind „Funkkataster“ und „Signalschwäche“. Viel entscheidender sind jedoch der Datenschutz und die Sicherheit gegenüber Cyberattacken oder Hackerangriffen. Eine PoE-basierte Lösung mit lokalem offline-Betrieb oder entsprechender Sicherheitsverschlüsselung der Cloudanbindung bietet die für den Betreiber eines smarten Gebäudes in Bezug auf die Betreiberverantwortung unverzichtbare Sicherheit. Bildlich gesprochen: Die Datenkabel bilden das „Nervensystem“ eines intelligenten Gebäudes – die Sensorik stellt die Sinnesorgane dar.

## Machine Learning generiert aus Daten konkrete Mehrwerte

Damit ein Gebäude wirklich als „intelligent“ bezeichnet werden kann, müssen die Daten aus den verschiedensten Quellen in einem ersten Schritt an eine zentrale Plattform übermittelt werden. Zu den Quellen zählen Sensorik, technische Anlagen und externe Quellen, beispielsweise Wetterdaten, Sonnenstand etc. Die zentrale Plattform kann auch als „Gehirn“ des Gebäudes bezeichnet werden. Da vermehrt Daten aus separaten Sensoren generiert werden, reicht die GLT als Datenspeicher oder „Gehirn“ des Gebäudes

des womöglich in Zukunft nicht mehr aus. Spätestens Vergleiche zwischen oder das Monitoring einer Vielzahl von Gebäuden erfordern eine cloudbasierte und zentrale IoT-Plattform. Hier werden die Daten gesammelt, hier findet die Verarbeitung und Steuerung statt. Damit wird eine Steuerung des Gebäudebetriebs anhand des tatsächlichen Verhaltens des Nutzers möglich. Eine rein zeitprogramm-basierte Steuerung kann dadurch ersetzt werden – höhere Effizienz und größerer Nutzerkomfort werden erreicht. Doch wieviel größer wäre der Zugewinn, wenn das Gebäude nicht nur in Echtzeit reagieren könnte, sondern sogar die Anforderungen antizipieren würde? Das ist mithilfe von Machine Learning und anderen Anwendungen aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz schon heute möglich. Aus dem Meer an Daten können durch spezielle Algorithmen zuverlässige Vorhersagen getroffen werden. Das Gebäude kennt den Bedarf, bevor dieser benutzt wird – beispielsweise die Kühlleistung in einem bestimmten Raum. Das Gebäude sorgt dann eigenständig für das richtige Raumklima zum richtigen Zeitpunkt.

## Aufbau und Funktion eines Beispiels von Network Powered Lighting

Network Powered Lighting basiert auf der Idee, Leuchten über Datenkabel statt über Stromkabel mit Spannung zu versorgen. Dadurch wird jeder Winkel eines Gebäudes für Daten erreichbar und das Gebäude wird „intelligent“. Dazu werden Datenkabel zu allen Positionen der Beleuchtung gezogen und sternförmig im gesamten Gebäude verlegt.

Eine solche PoE-Infrastruktur bietet die smartengine-Technologie, die in Abbildung 2 dargestellt ist. Sie basiert auf einer Stromversorgung von herstellerneutralen LED-Leuchten mit Standard-Datenkabeln (CAT 5e aufwärts) und Sensoren, die Helligkeit, Bewegung, Temperatur und Stromverbrauch erfassen. Die Datenkabel werden in den dezentralen IT-Räumen „aufgepatcht“ und von der „smartengine“ immer mit der benötigten Spannung versorgt. Die Daten werden über das Datennetz zu einer zentralen Steuerungseinheit mit Festplatte („smartdirector“) gesendet und dort gespeichert. Über eine of

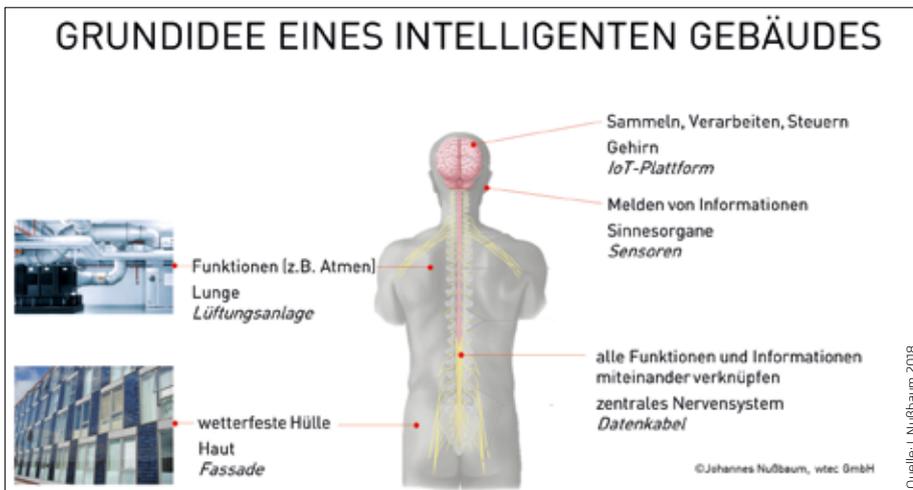


Abbildung 1: Analogie zwischen einem intelligenten Gebäude und dem Menschen

feine Schnittstelle (API) oder eine Cloudanbindung kann auf die Daten zugegriffen werden. Eine BACnet-IP-Schnittstelle ermöglicht den Austausch der Daten mit der GLT. Diese Systemarchitektur macht den Aufbau zweier Infrastrukturen – Strom und KNX/DALI etc. – zur Lichtsteuerung überflüssig und bündelt beide Funktionen in einer Netzwerkinfrastruktur. Die Installation wird dadurch einfach, schnell und günstig. Zudem werden aufwendige Wartungspflichten überflüssig, da Kleinspannung verwendet wird. Darüber hinaus dimmen die Helligkeitssensoren die LEDs in Abhängigkeit des Tageslichteinfalls und reduzieren den Strombedarf für die Beleuchtung auf ein bis zwei Watt pro Quadratmeter. Network Powered Lighting ist somit nicht nur kostensparend, sondern auch nachhaltig und umweltfreundlich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Network Powered Lighting eine echte und innovative Alternative ist, die neben der Stromversorgung auch feinmaschige Daten liefert, auf deren Vorteile im Folgenden eingegangen wird.

### Mehrwerte eines intelligenten Gebäudes

Auf Betreiberseite können die Daten und die Verknüpfung in Kombination mit einer zentralen IoT-Plattform und Machine Learning helfen, das Gebäude in Echtzeit oder sogar antizipativ intelligent nach dem Nutzerverhalten zu steuern. Außerdem können drohende Ausfälle frühzeitig erkannt werden („Predictive Maintenance“) und Anlagen werden geschont. Ein weiterer Aspekt eines Smart Buildings ist ein digitales Abbild

(„Digital Twin“), in dem Wartungsfristen, Dokumentation, Checklisten usw. digital hinterlegt und jederzeit verfügbar sind. Darüber hinaus gibt es zahlreiche weitere Vorteile und Anwendungsfelder.

Neben den Betriebskostenoptimierungen sind für den Nutzer auch Informationen interessant, die Erkenntnisse zur tatsächlichen Nutzung der angemieteten Fläche liefern. So können zum Beispiel Analysen erstellt werden, welche Bereiche wie stark ausgelastet sind. In einem Multi-Zonen-Büro kann das dem Corporate Real Estate-Manager wertvolle Erkenntnisse zur (Um-)Gestaltung geben. Wenig genutzte Bereiche können attraktiver gestaltet oder umgenutzt werden, die Größe und Ausstattung von Besprechungsräumen kann an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden. In einem Arbeitsplatzkonzept mit nicht fest zugeteilten Arbeitsplätzen kann ein smartes Gebäude den Nutzern den Weg zu freien Arbeitsplätzen weisen oder verfügbare Besprechungsräume anzeigen – diese könnten beispielsweise auch über eine App direkt gebucht werden. Wenn ein Besprechungsraum gebucht ist, aber nicht genutzt wird, kann diese Ressource automatisch nach Ablauf einer gewissen Frist wieder freigegeben werden. Das steigert die Wirtschaftlichkeit der angemieteten Fläche. Auf Mitarbeiterproduktivität und -zufriedenheit hat ein intelligentes Gebäude ebenfalls einen positiven Effekt.

Durch die Vorteile auf Betreiber- und Nutzerseite wird das intelligente Gebäude für den Eigentümer ebenfalls zu einem Mehrwert: Niedrigere Betriebskosten, bessere Vermietbarkeit, langfristiger Werterhalt und



Abbildung 2: Aufbau und Funktion der smartengine-Technologie

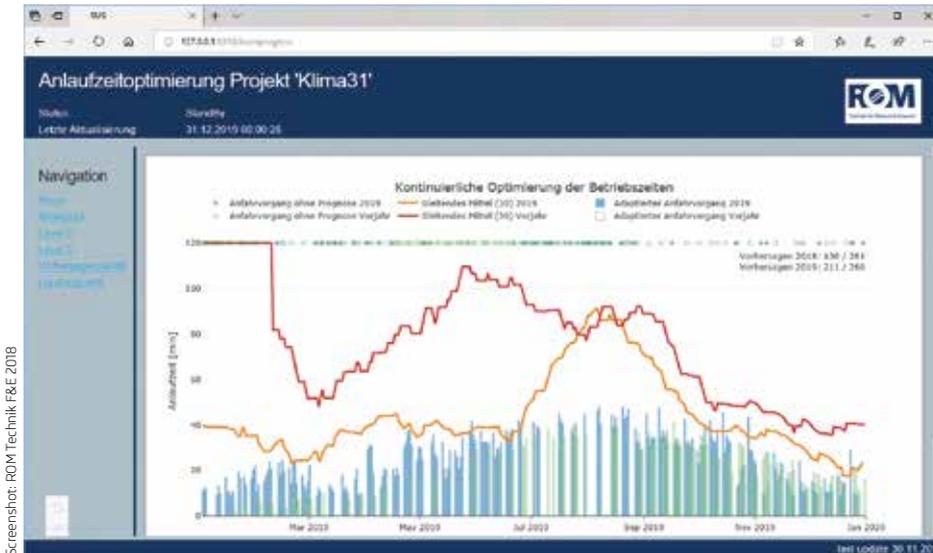


Luftbehandlung von Menerga schafft gutes Klima in vielen Bereichen.



Precision Industry Pool  
 Hygiene <sup>Pool</sup> Data Center Service  
 Service Industry Hygiene

[www.menerga.com](http://www.menerga.com)



Screenshot: ROM Technik F&E 2018

Abbildung 3: Weboberfläche Anlaufzeitoptimierung

Investmentfähigkeit sowie Nachhaltigkeit sind nur einige Gründe von vielen.

Derzeit existieren wenige Beispiele erfolgreich umgesetzter intelligenter Gebäude, jedoch wird sich das rasch ändern. Gebäudetechnik, die das Verhalten des Gesamtsystems „Gebäude - Anlage - Nutzung - Wetter“ lernt und in der Lage ist, durch Prognosen die gewünschten Zustände rechtzeitig einzustellen, wird zu deutlich effizienteren Gebäuden führen. Ein konkreter Anwendungsfall soll nachfolgend dargestellt werden.

### Adaptive Betriebszeitoptimierung

Die F&E-Abteilung der ROM Technik GmbH & Co. KG hat im Rahmen des Forschungsprojekts „Smart Consumer“ [1] gemeinsam mit Projektpartnern aus Forschung und Industrie Methoden zur automatisierten, simulationsgestützten Koordination und Steuerung von Produktionsprozessen und den dazugehörigen Systemen der technischen Gebäudeausrüstung zum Heizen, Kühlen und Lüften entwickelt. Das Ziel war, die Energieeffizienz von Produktionsbetrieben durch die sich ergebenden Synergieeffekte zu verbessern. Ein Ergebnis der Forschungsarbeiten ist die selbstlernende Anlaufzeitoptimierung

zur nachhaltigen Minimierung der Anlagenbetriebszeiten.

Die Anlaufzeitoptimierung bringt Automation in die Steuerungsebene über den einzelnen Anlagen und kann dort bisher ungenutzte Einsparpotenziale ausnutzen. Die Anlaufzeitoptimierung ist sowohl für den Bestand als auch für den Neubau geeignet.

### Potenziale der Betriebszeitoptimierung

In den Gebäuden von Gewerbe, Handel und Industrie wird in der Regel für die Nutzungs- bzw. Arbeitszeit eine Konditionierung der Raumluft innerhalb vorgegebener Grenzwerte durch Heizen, Kühlen und Klimatisieren benötigt. Außerhalb der Betriebszeiten, in der Nacht oder zwischen Produktionsschichten ist es meist nicht nötig, diese Konditionen aufrecht zu erhalten - Lüftung, Heizung und Kühlung können heruntergefahren oder abgeschaltet werden. Da zum nächsten Arbeitsbeginn die geforderten Konditionen wiederhergestellt sein müssen, werden die Versorgungssysteme häufig schon sehr lange bevor die Nutzung, die Schicht oder die Produktion beginnt, eingeschaltet oder laufen gar durchgehend ohne außerhalb der Arbeitszeit einen wirklichen Nutzen zu erbringen.

Tabelle 1: Einsparpotenziale bezogen auf Referenzfall

	Jahr 1	Jahr 2
Betriebszeit	-20%	-24%
Strom	-20%	-24%
Dampf	-26%	-31%
Kälte	-14%	-16%

gen. Die Gründe liegen darin, dass die Anlagenbetriebszeiten meist fest programmiert sind und nicht täglich flexibel an wechselnde Klimabedingungen oder sich ändernde Nutzungszeiten angepasst werden können. Lange vor Betriebsbeginn oder durchgehend laufende Anlagen stellen die geforderten Raumkonditionen sicher – hohe Anlaufzeiten und unnötige Betriebskosten sind der Preis.

### Einsparpotenzial am Beispiel einer Produktionshalle

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden Industriebetriebe betrachtet, die eine energieintensive Klimatisierung ihrer Hallen für die Produktion benötigen. Die Konditionierung und Umwälzung großer Luftvolumenströme für die Klimatisierung durch raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) macht in der Regel den Großteil der Energiekosten über das Jahr aus. Dabei sind Energieaufwand und die resultierenden Betriebskosten annähernd proportional zu den Betriebsstunden der Anlage.

Für die Validierung der selbstlernenden Anlaufzeitoptimierung wurde eine Produktionshalle in der Lebensmittelindustrie untersucht, die für den Produktionsbeginn auf 18 °C und 50 Prozent Luftfeuchte eingestellt werden muss. Je nach den aktuellen Raumluft- und Umgebungsbedingungen und dem zugrunde gelegten Luftvolumenstrom variiert die benötigte Zeit, um die Raumluft auf den Sollzustand zu bringen. Es soll folgende Annahme gelten: Die Anlaufzeit beträgt im Hochsommer zwei Stunden, im Winter eine Stunde und in der Übergangszeit eine halbe Stunde. Die statische Lösung, also die maximal benötigte Anlaufzeit, beträgt in diesem Fall zwei Stunden. Die mittlere, real benötigte Anlaufzeit beträgt eine Stunde – also nur die Hälfte der für jeden Fall geltenden

sicheren maximalen Vorlaufzeit. In der Praxis sind üblicherweise konservativ eingestellte Vorlaufzeiten anzutreffen: Die wirklich benötigte maximale Anlaufzeit kann nicht ermittelt werden. Sie beruht in der Regel nur auf Erfahrungswerten und wird mit einem „Sicherheitszuschlag“ eher deutlich zu lang eingestellt. Je öfter eine Produktion bzw. ein zu klimatisierender Raum über das Jahr angefahren wird, desto höher ist das Potenzial der Anlaufzeitoptimierung einzuschätzen.

In Tabelle 1 sind die simulierten Einsparpotenziale gegenüber dem Referenzfall zu erkennen (Einschichtbetrieb, Ein: drei Stunden vor Schichtbeginn, Aus: eine halbe Stunde nach Schichtende). Im zweiten Jahr fallen die Einsparungen durch den Lernfortschritt der Anlaufzeitoptimierung noch höher aus. Je nach Status quo der RLT-Schaltung können die Einsparungen auch noch deutlich höher ausfallen.

### Alles im Überblick - die Weboberfläche

Die Anlaufzeitoptimierung wurde mit einer Weboberfläche ausgestattet (Abbildung 3). Sie erlaubt es dem Anwender, die aktuelle Prognose über die Anlaufzeit einzusehen, die Qualität der Prognosen zu überwachen oder Einstellungen vorzunehmen. Je nach Bedarf kann die Weboberfläche nur über eine lokale Netzwerkverbindung aufgerufen werden oder ist auch mobil über das Internet verfügbar.

### Kein Eingriff in bestehende Anlagentechnik notwendig

Als übergeordnetes System gibt die Anlaufzeitoptimierung nur zu gegebener Zeit „Ein-“ und „Aus-“Signale an die überwachten und gesteuerten Anlagen. Als zusätzliche Hardware sind gegebenenfalls nur die Sensorik für die relevanten Messgrößen und ein ent-

sprechendes Netzwerk für den Datenaustausch zu ergänzen.

### Das Hierarchie-Modell

Die Anlaufzeitoptimierung ist in vier Hierarchie-Ebenen unterteilt, um die Betriebssicherheit in jedem Fall zu gewährleisten. In der untersten Ebene ist bereits die Anlaufzeitoptimierung in die bestehende Regelung integriert. Sollte die Anlaufzeitoptimierung deaktiviert oder gestört sein, wird das Signal zurückgesetzt – die ursprüngliche Steuerung bzw. Regelung der Anlage übernimmt die Kontrolle. Sofern keine bessere Prognose abgegeben werden kann, wird im normalen Betrieb der Anlaufzeitoptimierung in der zweiten Ebene das zuvor eingegebene statische Optimum als Anlaufzeit verwendet. In der dritten Ebene kann durch Gebäude- und Anlagensimulationen die erwartete Anlaufzeit für ein breites Spektrum an Randbedingungen im Voraus berechnet werden. Dieses Vorgehen ist optional und bietet bei Neubauten oder sensiblen Produktionsvorgängen – die keine Lernphase der Optimierung tolerieren – die Möglichkeit, die Datenbank der Optimierung im virtuellen Betrieb zu „füttern“. Die vierte und höchste Ebene der Anlaufzeitoptimierung ist die selbstlernende Adaption. In diesem Modus lernt die Anlaufzeitoptimierung selbstständig aus der Vergangenheit und prognostiziert daraus sicher die den aktuellen Randbedingungen (Zeitplan, Wetter, innere Lasten) entsprechende Anlaufzeit.

### Adaption

Das Kernstück der Anlaufzeitoptimierung ist die Adaption. Durch Methoden aus dem Bereich „Machine Learning“ ist die Anlaufzeitoptimierung in der Lage, ohne Vorkenntnisse über die installierte Anlagentechnik nach einigen Anfahrvorgängen Vorhersagen über zukünftige Anfahrvorgänge unter ähnlichen Randbedingungen zu treffen. Im Laufe der Zeit wird das Gebiet der Randbedingungen, bei denen Vorhersagen getroffen werden können, immer vollständiger. Änderungen am Betrieb der Anlagen werden ebenfalls erlernt, entsprechende Anpassungen der Anlaufzeiten werden selbstständig eingearbeitet. Ebenso werden einzelne Ausreißer durch den zugrundeliegenden Algorithmus automatisch erkannt und von der Berechnung ausgeschlossen. Dadurch wird eine hohe Vorhersagequalität sichergestellt.

### Vorhersagegenauigkeit

Abbildung 5 zeigt die Vorhersagegenauigkeit für eine simulierte Produktionshalle



Abbildung 4: Struktur der Integration der Anlaufzeitoptimierung: Hierarchie- bzw. Rückfallebenen für den sicheren Betrieb



Abbildung 5: Darstellung Vorhersagequalität am Beispiel einer Produktionshalle

im Zweischichtbetrieb. Die Simulation wurde anhand eines ortsgenauen Testreferenzjahrsdatensatzes durchgeführt. Die Simulation deckt einen Zeitraum von zwei Jahren ab, wobei für das erste Jahr die Wetterdaten für ein mittleres Jahr und für das zweite Jahr die Wetterdaten für einen extremen Sommer verwendet wurden. Die Ergebnisse zeigen Abweichungen zwischen Vorhersagen und eingetretenen Anlaufzeiten im Bereich von wenigen Minuten. Über diese Darstellung hat der Anwender die Vorhersagegüte der Anlaufzeitoptimierung jederzeit im Überblick und kann bei Bedarf Anpassungen an Sicherheitszeiten vornehmen.

### Beschleunigte Adaption durch Simulation

Die Anlaufzeitoptimierung benötigt zum Lernen einige Anlaufereignisse unter verschiedenen Randbedingungen. In der Praxis kann es bei einem Anlaufvorgang pro Tag mehrere Wochen je Jahreszeit dauern, bis das Systemverhalten über ein ausreichendes Spektrum an Randbedingungen adaptiert ist. Durch Simulationen des Gesamtsystems „Gebäude - Anlage - Nutzung - Wetter“ mit dynamischen Simulationstools der Gebäude- und Anlagensimulation kann die Anlauf-

zeitoptimierung schon vor dem Einsatz im realen Betrieb lernen. So kann sie ab dem ersten Betriebstag valide Vorhersagen treffen, die gewünschten Raumkonditionen „just in time“ herstellen und damit Anlagenlaufzeiten und den Energiebedarf sicher minimieren.

### Erprobung in der Praxis

Um noch innerhalb des Forschungsprojekts „Smart Consumer“ einen Praxistest durchzuführen, wurde ein Forschungsunterauftrag an das EBC am EON ERC der RWTH Aachen [2] und die Firma Aedifion vergeben [3]. Das Institutsgebäude des EBC ist als Experimentiergebäude konzipiert und mit vielfachen Möglichkeiten des direkten Zugriffs auf Steuerung, Regelung und Datenerfassung der installierten TGA-Systeme ausgestattet. Hier wurde der Algorithmus über mehrere Wochen bei den RLT-Anlagen zur Versorgung der Besprechungsräume eingesetzt und die Funktionalität der Methode wurde nachgewiesen. Die Firma Aedifion stellte eine Internetplattform zur Verfügung, mit der von Hamburg aus die Meeting-Räume des Aachener Institutsgebäudes aus der Cloud geregelt werden konnten. Somit konnte wahlweise eine Fernwartung der Anlauf-

zeitoptimierung über die mit einem Innovationspreis ausgezeichnete Cloud-Plattform von Aedifion oder lokal über einen einfachen Industrierechner realisiert werden. Das Ziel der Entwicklung einer simulationsgestützten übergeordneten Steuerung zur effizienten Koordination von Arbeitsprozessen und der zugehörigen Versorgungstechnik im Forschungsprojekt „Smart Consumer“ konnte mit dieser Teillösung demonstriert werden.

### Danksagung

Die ROM Technik GmbH & Co. KG bedankt sich beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und beim Projektträger Jülich für die finanzielle Förderung und Betreuung des Forschungsprojekts „Smart Consumer“.

### Quellen

- [1] „Smart Consumer“, <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2014/35/Meldung/smart-industrie-energiestrome-intelligent-koppeln.html> (zuletzt geprüft am 9. Januar 2019).
- [2] EBC, [www.ebc.eonerc.rwth-aachen.de](http://www.ebc.eonerc.rwth-aachen.de).
- [3] Aedifion, <https://www.aedifion.com/>.



Abbildung 1: 90 Prozent unserer Zeit verbringen wir in geschlossenen Räumen. Dabei stehen die positiven Auswirkungen guter Raumluftqualität außer Frage. Gesunde Luft führt zu mehr Behaglichkeit, höherem Leistungsvermögen und dadurch zu weniger Infektionen und allergischen Reaktionen durch luftgetragene Keime und Partikel, womit langfristig auch eine Reduzierung der Krankheitstage einhergeht.

## Luft gut - alles gut?

### Indoor Life Quality in der TGA



Dipl.-Ing. Udo Jung,  
Geschäftsführer,  
verantw. für  
Produktmanagement,  
Produktion, Vertrieb  
sowie Forschung  
und Entwicklung,  
TROX GmbH,  
Neukirchen-Vluyn

Hitze, halb leere Flussläufe, verdorbene Ernten auf verdorrten Feldern – der Hitzesommer 2018 sorgt für Diskussionsstoff. Ist das, was wir im Jahr 2018 erlebt haben, nun der Klimawandel oder vielleicht auch nur ein ganz einfaches Wetterphänomen?

Eine Frage, die nicht nur die breite Öffentlichkeit beschäftigt, sondern ebenso die Wissenschaft. „Attribution science“, die Wissenschaft von der Zuordnung, heißt ein völlig neuer Zweig, der eben solchen Fragen nachgeht. Attributionsforscher fragen sich, ob

solche Phänomene bereits der Klimawandel sind oder ob ein Wetterereignis auch in einer Welt ohne globale Erwärmung aufgetreten sein könnte. So rechneten Forscher aus Oxford Ende Juli 2018 für mehrere Orte Nordeuropas aus, dass die Hitzespitzen dieses Sommers dort durch die globale Erwärmung mehr als doppelt so wahrscheinlich geworden sind.<sup>1</sup>

#### Wohlfühlklima: Mehr als kalte Luft!

Wir werden uns zukünftig auf weitere extreme Wetterlagen einstellen müssen. Trotzdem müssen wir tagsüber arbeiten und wünschen uns nachts einen erholsamen Schlaf. Beides ist bei hohen Temperaturen jedoch für viele von uns schlichtweg unmöglich. Nicht verwunderlich ist also, dass der Absatz von Klimageräten 2018 Rekordhöhen erreichte. In den ersten sechs Monaten wurden 74.300 Ventilatoren und Raumklimageräte verkauft, teilte der Bundesverband Technik des Einzelhandels (BVT) in Köln mit. Das waren mehr als drei Mal so viele wie im ersten Halbjahr 2015.

Die Juli-Absätze sind darin noch nicht enthalten. Der BVT geht davon aus, dass in den ersten sieben Monaten 2018 das bereits sehr hohe Vorjahresniveau überschritten wurde. Die Absatzzahlen umfassen alle Elektrogeräte, die irgendwie Kühlung verschaffen – vom schlichten Tischventilator bis zum Monoblock-Klimagerät, das auch schon einmal gut 800 Euro kostet.

Solche Monogeräte pusten die der Raumluft entzogene Wärme über Schläuche nach außen; in der Regel durch ein gekipptes Fenster, durch dessen Spalt permanent warme Außenluft nachströmt. Entsprechend ineffizient sind solche Geräte. Eine weitere Variante sind daher die so genannten Split-Geräte, die aus einer Innen- und aus einer Außeneinheit bestehen und zwischen denen ein Kältemittel zirkuliert.

Der Nachteil ist: Auch solche Geräte können nur Kälte produzieren und daher auch kein echtes Wohlfühlklima schaffen. Für den Hausgebrauch mag das in Ordnung sein – nicht jedoch für Großraumbüros, Schulen, Krankenhäuser, Hotels oder andere bau-



liche Einrichtungen. Hier sind professionelle Geräte gefragt, die nicht nur temperieren, sondern auch andere Parameter überwachen und steuern können, beispielsweise Luftqualität, Luftfeuchte usw. Diese Geräte sollten dabei jederzeit energieeffizient und vor allem bedarfsgerecht arbeiten.

Gerade in diesem Bereich besteht großer Handlungsbedarf und entsprechend hoch sind auch hier die Anforderungen (Abbildung 3). Der Klimawandel und die damit verbundenen Veränderungen haben zwar nur mittelmäßigen Einfluss auf die Erzeugung von Elektrizität, aber einen sehr großen Einfluss jedoch auf den Energiebedarf für die Klimatisierung und Kühlung von Gebäuden.

**Profis für Profis:  
Technische Gebäudeausrüstung (TGA)**

Technische Gebäudeausrüstung (TGA) – für die meisten Menschen ist dieser Begriff ein Synonym für Infrastruktureinrichtungen in Gebäuden, beispielsweise Heizung, Abwasser, Stromversorgung, Kommunikationseinrichtungen, Brandschutz-, Entrauchungs- und Feuerlöschanlagen und Klimatisierung. Selbstverständlich ist das völlig korrekt. Aber wussten Sie, dass es in der TGA um deutlich mehr geht, als „nur“ eine funktionsgerechte Nutzung von Gebäuden sicherzustellen?

Ein Stichwort ist die Produktivität: In unserer industrialisierten Welt benötigen wir ein behagliches Arbeitsumfeld mit reibungslos funktionierenden technischen Einrichtungen. Ebenso wichtig ist die Qualität der Raumluft, aber trotzdem ist sie bis heute ein Stiefkind in der öffentlichen Wahrnehmung. Wie wichtig gerade dieses Thema ist, unterstreichen Erhebungen der WHO: Weltweit zunehmende Emissionen umwelt- und gesund-



Foto: Getty Images/Stockphoto/ XIANGYANG ZHANG

Abbildung 2: Split-Geräte können Räume schnell abkühlen, überwachen aber keine Parameter wie Luftqualität und Luftfeuchte. Sie schaffen daher kein echtes Wohlfühlklima. Sie werden daher in erster Linie für den Hausgebrauch vorgesehen.

heitsschädlicher Schadstoffe belasten immer stärker unsere Atemluft. In Folge dessen sterben rund 8 Millionen Menschen jährlich vorzeitig durch die Folgen erhöhter Feinstaubbelastung; über 4 Millionen davon aufgrund kontaminierter Raumluft mit Staub und anderen Partikeln wie Pollen, Pilz- und Farn-Sporen sowie gasförmigen Verunreinigungen.

90 Prozent unserer Zeit verbringen wir in geschlossenen Räumen. Auch durch diese Tatsache wird deutlich, wie wichtig gute Raumluftqualität (IAQ – Indoor Air Quality)

und ausreichende Luftversorgung sind. Dabei stehen die positiven Auswirkungen guter Raumluftqualität außer Frage: Gesunde Luft führt zu mehr Behaglichkeit, höherem Leistungsvermögen und dadurch zu weniger Infektionen und allergischen Reaktionen durch luftgetragene Keime und Partikel. Damit geht langfristig auch eine Reduzierung der Krankheitstage einher.

**Indoor Air Quality**

Aus Energieeffizienzgründen werden Gebäudehüllen immer dichter, da so ungewollte Lüftungswärmeverluste vermieden werden können. Deshalb ist der Einsatz innovativer raumlufttechnischer Anlagen im Nichtwohnbau aber auch im Wohnbau unumgänglich.

Ein weiterer Aspekt ist die an vielen Orten dieser Welt hohe Feinstaubbelastung der Außenluft. Es ist nicht der Sauerstoffmangel, der zu Ermüdungserscheinungen führt, sondern die hohe Belastung der Luft mit Partikeln und vielen chemischen Substanzen. Über eine raumlufttechnische Anlage wird die belastete Außenluft gefiltert und es wird zuverlässig für ausreichenden Luftaustausch in Gebäuden gesorgt.

Mittlerweile sind sich auch die gesetzgebenden Gremien über den hohen Nutzen raumlufttechnischer Anlagen im Klaren und wollen auch das öffentliche Bewusstsein darüber stärken. Im Oktober 2017 wurde der Vorschlag des Komitees ITRE (Industrie,



Grafik: TROX GmbH, Datenquelle: BAFU

Abbildung 3: Einfluss des Klimawandels auf Wichtigkeit der Veränderung und Handlungsbedarf



Forschung und Energie) zur Neufassung der Gebäudeenergie richtlinie EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) im Europäischen Parlaments beraten. Neben der Energieeffizienz werden durch die EPBD hohe Anforderungen an die Raumluftqualität gestellt.

### Leistungsfördernde Raumluftqualität

Wie wichtig gute Raumluftqualität ist, ist schon lange bekannt. Dabei rückten vor allem Schulen in den Fokus der Forscher. Als

Pionier der IAQ gilt der bayerische Chemiker Max Pettenkofer. Er hat bereits im 19. Jahrhundert in mehreren Versuchen den Kohlendioxidgehalt der Luft in Schulen gemessen und mit dem Geruchseindruck der Raumnutzer verglichen. Nach ihm ist der Pettenkofer-Wert von 1.000 ppm Kohlendioxidgehalt benannt.

Erstaunlich ist auch, dass bereits 1884 auf Pettenkofers Einfluss hin im Paragraphen 9 eines schulamtlichen Erlasses der königlichen oberpfälzischen Regierung verfügt

wurde, dass „zur Erzielung der notwendigen Lüfterneuerung Ventilationskamme herzustellen sind. Diese müssen zwei Öffnungen haben: die eine zunächst dem Fußboden, die andere zunächst der Decke.“ Wenn man so will, war das die Geburtsstunde der Lüftungssysteme in Schulen.

Heutige Wissenschaftler wie der dänische Professor Pavel Wargocki haben die Aussagen Pettenkofers bestätigt. Wargocki hat festgestellt, dass die Raumluftqualität die schulischen Leistungen maßgeblich beeinflusst. Messungen in zwei vergleichbaren Klassenräumen ergaben, dass bei Verdopplung der Außenluft rate die Geschwindigkeit, mit der Rechenaufgaben gelöst wurden, durchschnittlich um bis zu 14 Prozent gestiegen ist. Nach aktuellem Wissensstand besteht damit keinerlei Zweifel mehr, dass sich dank einer besseren Raumluftqualität Leistungsvermögen und Wohlbefinden steigern lassen. Aufgrund der Erkenntnisse von Wargocki schreiben dänische Baurichtlinien mittlerweile eine gesetzliche Mindest-Lüftungsrate vor. Das bedeutet für die Praxis, dass bei Neubau oder Renovierung einer Schule in der Regel maschinelle Lüftungsanlagen eingebaut werden.

### Raumluftqualität: Nutzen höher als die Kosten

Das gilt natürlich nicht nur für Schulen. Laut Wargocki<sup>2</sup> steigert eine gute Indoor Air Quality auch in Bürogebäuden die Produktivität der Beschäftigten und ihre Zufriedenheit. Das führt langfristig zu mehr Effizienz. Der volkswirtschaftliche Effekt ist gar nicht hoch genug einzuschätzen, weil das teuerste Gut eines Bürogebäudes die Menschen sind, die darin arbeiten.

Erwiesenermaßen, so der Wissenschaftler, führt eine höhere Luftwechselrate zu geringeren Fehlzeiten der Arbeitnehmer und hat damit einen jährlichen volkswirtschaftlichen Nutzen von rund 300 Euro pro Person. Vermeintlich hohe Energiekosten für den Betrieb einer raumlufttechnischen Anlage sind dabei keinesfalls ein stichhaltiges Gegenargument. Sie belaufen sich bei einer effizienten Anlage pro Person auf weniger als 1 Prozent der Kosten eines Arbeitsplatzes. Dank höherer Leistung und weniger Fehlzeiten lässt sich der ökonomische Zugewinn also deutlich höher beziffern.

Als einer der ersten hat der Amerikaner Fisk<sup>3</sup> den volkswirtschaftlichen Nutzen guter Raumluft nachgewiesen und versucht, die Auswirkungen guter Raumluft zu beziffern:

- Eine Verminderung der Lüftungsrate von 10 l/sec und Person auf 5 l/sec und Per-

Grafik: TROX GmbH, Datenquelle: Wargocki, P.; Wyon, D. P.: Environment Affects Performance, ASHRAE Journal, March 2013

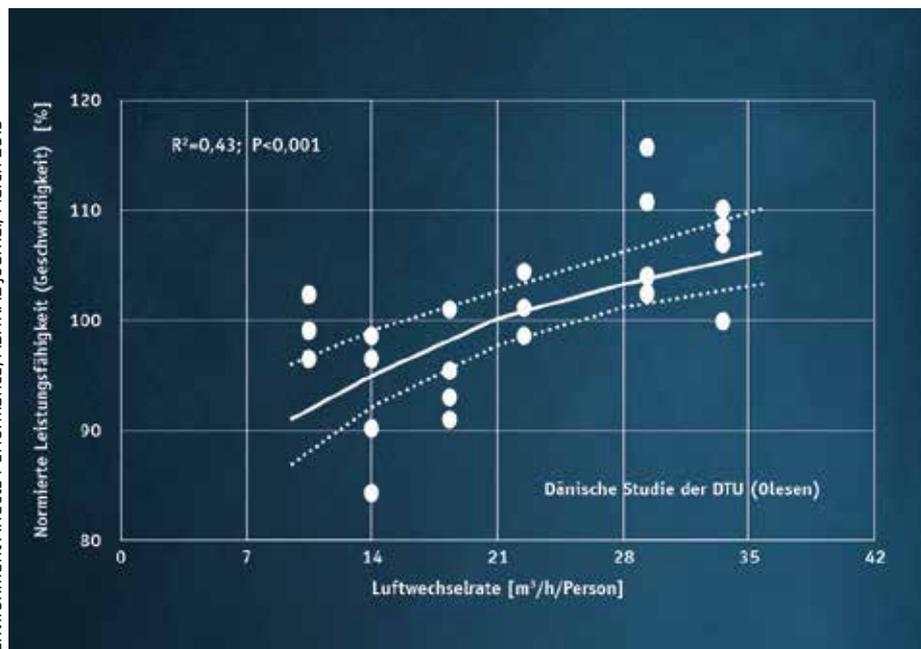


Abbildung 4: Leistungsfähigkeit von Schülern in Abhängigkeit zur Luftwechselrate

Grafik: TROX GmbH, Datenquelle: Hellwig, R. T.; Antretter, F.; Holm, A.; Sedlbauer, K.: Untersuchungen zum Raumklima und Fensterlüftung in Schulen

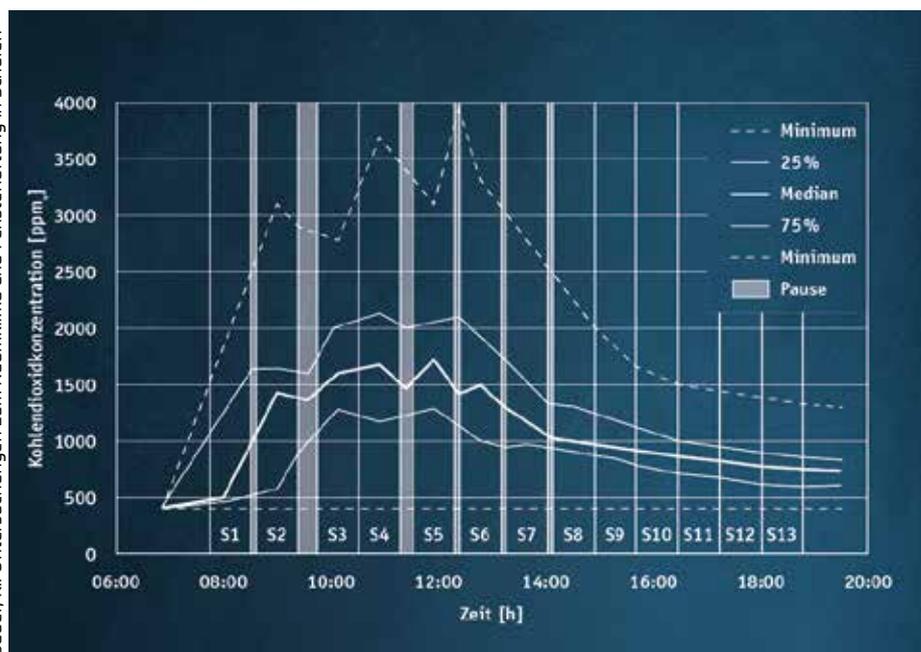


Abbildung 5: In 80 Prozent der Unterrichtszeit sitzen Schüler in nicht akzeptablen Raumluftbedingungen.



son erhöht die Symptomrate (Reizungen der Schleimhäute, der Haut, der Atemwege und des Nervensystems mit Konzentrationsstörungen und Kopfschmerzen) um 23 Prozent. Eine Erhöhung der Luftzufuhr auf 25 l/sec und Person dagegen verminderte die Symptomrate um 29 Prozent.

- Eine Reduzierung des Sick-Building-Syndroms um 20 Prozent bis 50 Prozent führt zu Einsparungen in Höhe von 10 bis 100 Milliarden US-Dollar.
- 8 bis 25 Prozent weniger Asthmaerkrankungen haben volkswirtschaftliche Auswirkungen in Höhe von 1 bis 4 Milliarden US-Dollar.
- Ein Rückgang der Erkrankungen der Atemwege um 23 Prozent bis 76 führt zu Einsparungen in Höhe von 6 bis 14 Milliarden US-Dollar.
- Eine Produktivitätssteigerung der Bürotätigen um 0,5 Prozent bis 5 Prozent bedeutet ein Zugewinn von 20 bis 200 Milliarden US-Dollar.

### Effizientes Energiemanagement

Neben der Effektivität einer raumlufttechnischen Anlage ist die Energieeffizienz ein weiterer wichtiger volkswirtschaftlicher Faktor, denn in einem effizienten Energiemanagement stecken ungeahnte Einsparpotenziale. Dank der Sensorik einer raumlufttechnischen Anlage werden Verbräuche und andere Indikatoren ständig gemessen, beispielsweise die Raumbelastung, die Luftbelastung und der Anlagendruck. Sie geben jederzeit Aufschluss über die Betriebszustände der technischen Anlagenkomponenten. Treten Störfälle auf, kann das System umgehend reagieren. So können zum Beispiel Filtermedien rechtzeitig ausgetauscht werden, wenn Druckverluste signalisiert werden oder Ventilatoren werden vorausschauend und gezielt gewartet.

### Bedarfsorientierte Lüftung

In Deutschland sind rund 500.000 raumlufttechnische Anlagen in Betrieb. Das ist gleichbedeutend mit einem jährlichen Stromverbrauch von etwa 21 TWh für die Lüftung und Klimatisierung von Gebäuden. Doch bis heute arbeiten viele dieser Anlagen immer noch nicht bedarfsorientiert.

Dabei machen eine intelligente Vernetzung der Komponenten des Lüftungssystems und ein modernes Regelsystem eine bedarfsgerechte und vor allem energieeffiziente Versorgung möglich. Ob Raumtemperatur oder Volumenstrom: Das Regelsystem versorgt ein Gebäude in Abhängigkeit der erhaltenen Informationen, die von den Sensoren im Zusammenspiel mit den Volumenstromreglern

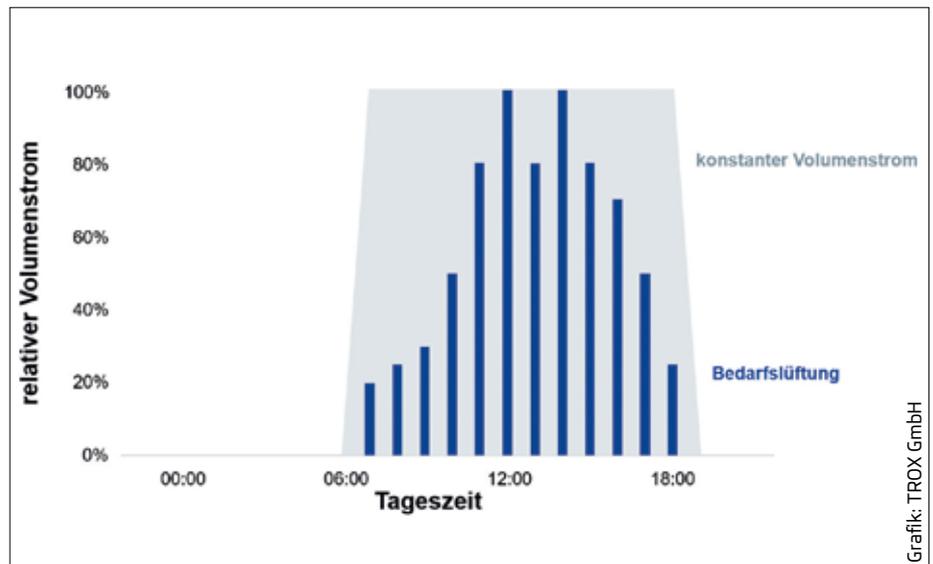


Abbildung 6: Eine moderne Lüftung ist bedarfsgerecht und energieeffizient – dank der Vernetzung der Komponenten in einem Regelsystem. Ob Raumtemperatur oder Volumenstrom: Das Regelsystem versorgt ein Gebäude in Abhängigkeit der von den Sensoren im Zusammenspiel mit den Volumenstromreglern erhaltenen Informationen mit exakt den Luftmengen, die benötigt werden.

mit exakt den Luftmengen gemeldet werden, die benötigt werden.

Um eine Bedarfslüftung zu ermöglichen, müssen alte Anlagen umgerüstet werden. Das hätte immense Energieeinsparpotenziale zur Folge, wie aus den Resultaten eines IEA-Projekt<sup>4</sup> hervorgeht:

Großraumbüros	3 – 30 %
Foyers, Schalter-, Kassenhallen	20 – 60 %
Messehallen, Sporthallen	40 – 70 %
Versammlungsstätten, Konferenzräume, Kinos	20 – 60 %
Restaurants, Kantinen	30 – 70 %

Dank neuer Möglichkeiten können vorhandene Elemente des Luftverteilsystems genutzt werden, um Kommunikationssysteme nachträglich einzusetzen. So können ältere Lüftungsanlagen nachgerüstet werden. Durch die Optimierung der Ventilatorregelung in Lüftungsgeräten und durch eine bedarfsorientierte Lüftung kann ein nennenswertes Potenzial erschlossen werden, um elektrische Energie einzusparen.

### Fazit: Saubere und frische Luft ist Lebensqualität

Heutzutage sind noch immer die meisten Geschäftsmodelle auf das Schnittstellenmanagement der TGA ausgelegt. Nicht zuletzt durch die Digitalisierung und die damit einhergehende BIM-Thematik lösen sich diese Strategien jedoch mehr und mehr auf. Erst die Beherrschung der Gesamtanlagen mit dem einhergehenden Gesamtprozess – u. a. Planungen, Ausschreibungen, Logistik, Baustellenmanagement und der anschließenden

Instandhaltung – bringen entscheidende Qualitäts-, Effizienz- und Kostenvorteile.

Ob zukünftig eine Komponente im Gesamtkontext preiswerter beschafft werden kann, ist nicht mehr relevant. Vielmehr ist es wichtig, dass die Komponente qualitativ hochwertig, mit hoher Laufzeit innerhalb eines Systems optimal aufeinander abgestimmt ist. Die Regeltechnik bildet die Klammer für diese „Subsysteme“ und kann ohne Schwierigkeiten an eine Gebäudeleittechnik (GLT) angebunden werden.

Nur so ist es möglich, eine energieoptimierte Bedarfslüftung zur Steigerung der Lebensqualität in moderne Gebäude- und Infrastrukturprojekte einzubauen. Schlussendlich sind alle am Bau produktübergreifend beteiligten Personen verantwortlich für die Funktion und das Image der TGA. Gerade auch aufgrund der Tatsache, dass diese Anlagen aufgrund des Klimawandels und der zu erwartenden weiteren Wetterphänomene immer wichtiger werden. ◀

<sup>1</sup> „Attribution of the 2018 heat in northern Europe“, World Weather Attribution July 2018, <https://www.worldweatherattribution.org/attribution-of-the-2018-heat-in-northern-europe/> (zuletzt geprüft am 17. Dezember 2018).

<sup>2</sup> The impact of temperature on the relative performance office work, Wargocki, 2006

<sup>3</sup> William J. Fisk, „Health and Productivity Gains from Better Indoor Environments“

<sup>4</sup> Annex 18 „Bedarfsgeregelte Lüftung“

# Trinkkaltwasser-Zirkulation mit Kühlung

Wie können unzulässige Überschreitungen der geforderten Temperaturen des kalten Trinkwassers vermieden werden?



Dipl.-Ing. (FH)  
Olaf Heinecke,  
Geschäftsführer,  
LTZ - Zentrum  
für Luft- und Trink-  
wasserhygiene GmbH,  
Berlin

Immer häufiger ist in Trinkwasser-Installationen festzustellen, dass die Temperaturen des Trinkwassers kalt (kurz PWC) unzulässig hoch sind. PWC-Temperaturen von 30 °C und höher stellen keine Ausnahmeerscheinung mehr dar und können unter bestimm-

ten Voraussetzungen zu Hygieneproblemen führen, beispielsweise mit Legionella species.

Die hohen PWC-Temperaturen treten sowohl in Bestandsanlagen als auch in Neuanlagen auf. Die Gründe dafür sind zahlreich und werden durch das alleinige oder gemeinsame Auftreten verschiedener Gegebenheiten begünstigt, so unter anderem durch:

- hohe PWC-Temperaturen bereits am Hausanschluss,
- thermische Beeinflussung der Installationsbereiche, beispielsweise durch die Lage und Ausrichtung des Gebäudes oder der Installationsbereiche innerhalb des Gebäudes,
- unzureichende Dämmung der PWC-Rohrleitungen gegen Wärmeeintrag,

- Installation von PWC-Rohrleitungen in Räumen und Technikzentralen mit Wärmequellen oder in gemeinsamen Installationsbereichen, beispielsweise in Schächten, Kanälen, Abhangdecken und Installationswänden mit wärmeabgebenden Medien (Heizungsrohrleitungen, Trinkwarmwasseranlagen und Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlagen, Zuluft- und Abluftkanäle, Lampen),
- Phasen der Stagnation in den vorgenannten Installationsbereichen,
- weit verzweigte PWC-Installationen mit einhergehenden großen Anlagenvolumina,
- zu groß dimensionierte PWC-Rohrleitungen.

Die in einer Versorgungseinheit eines Gebäudes (Abbildung 1) gemessenen und in Abbildung 2 dargestellten Temperaturverläufe lassen einige der genannten Einflussfaktoren erkennen: Auf der Grundlage des bekannten täglichen PWC-Verbrauchs einer Versorgungseinheit wurde eine lineare Entnahmemenge je Stunde ermittelt und diese mit Hilfe einer am Ende der PWC-Installation vorhandenen Spülstation einmal stündlich ausgespült. Das Ausspülen als Simulation des bestimmungsgemäßen Betriebs reduziert zwar die Temperatur um 4 K auf ca. 23,5 °C, allerdings überschreitet die PWC-Temperatur nach knapp 20 Minuten die Temperatur von 25 °C. Ursächlich für die Temperaturüberschreitung sind:

- die gemeinsame Verlegung der PWC-Rohrleitung im Installationsbereich (hier die geschlossene Flurabhangdecke) mit wärmeabgebenden Installationen (Trinkwarmwasser-Zirkulationsleitung, Heizung, Einbaulampen),
- eine sich daraus ergebende hohe Umgebungstemperatur im Installationsbereich mit ca. 31,5 °C,
- die mit ca. 23,5 °C hohe PWC-Temperatur zu Beginn der einstündigen Stagnationsphase,
- die mit ca. 60 m große Länge der PWC-Rohrleitung im Decken-Installationsbereich.

Das Fallbeispiel zeigt, dass der bestimmungsgemäße Betrieb bei weitem nicht ausreichend ist, um eine Überschreitung der (der-

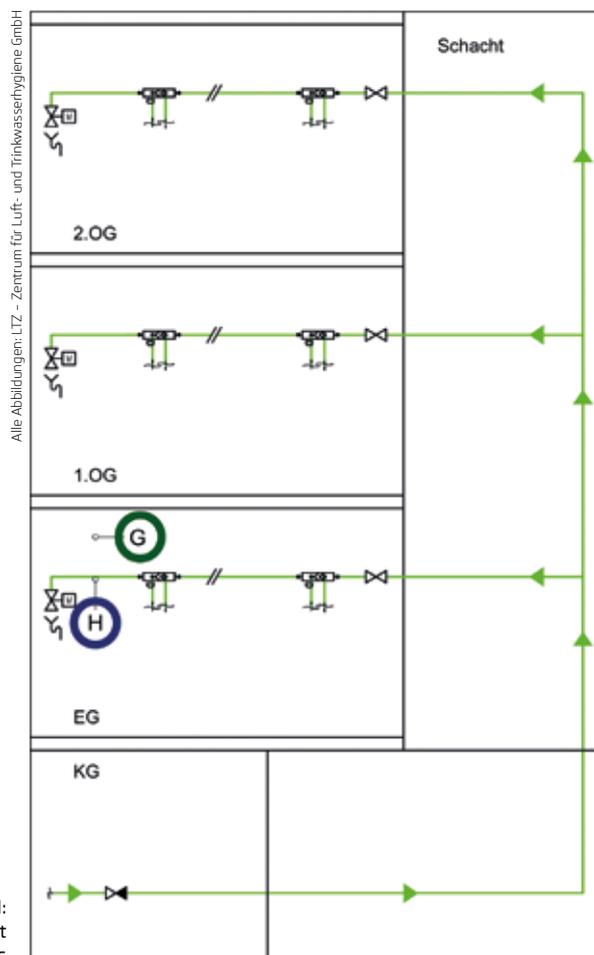


Abbildung 1:  
Versorgungseinheit  
eines Beispielgebäudes

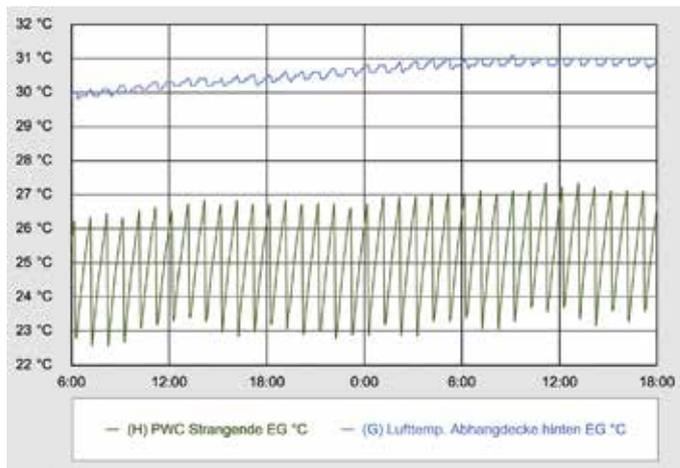


Abbildung 2: Temperaturverläufe eines Beispielgebäudes

zeit) einzuhaltenen PWC-Maximaltemperatur von 25 °C zu verhindern – obgleich die PWC-Rohrleitung zu 100 Prozent gedämmt ist. Die aus trinkwasserhygienischer Sicht zu bevorzugende PWC-Maximaltemperatur von 20 °C wird erst gar nicht erreicht.

### Maßnahmen gegen Temperaturüberschreitungen

Verschiedene Maßnahmen sind möglich, unzulässigen PWC-Temperaturüberschreitungen entgegenzuwirken. Der Wärmeeintrag kann teilweise erheblich verringert werden, wenn die PWC-Installation in unbeheizten Räumen verlegt wird oder wenn gemeinsame Schächte und Installationsbereiche mit wärmeabgebenden Medien vermieden werden.

Es gibt Bereiche, in denen eine gemeinsame Verlegung unumgänglich ist, beispielsweise als Stockwerksleitung im Bereich der Vorwandinstallation. Hier sollten die PWC-Rohrleitungen so weit unten wie möglich und die Trinkwarmwasserleitungen (PWH-Rohrleitungen) so weit oben wie möglich angeordnet werden. So kann eine gegenseitige und nachteilige Beeinflussung so gering wie möglich gehalten werden.

Ziel muss es sein, die PWC-Installation in Bereichen mit möglichst geringer Umgebungstemperatur zu errichten, da sich die PWC-Temperatur bei Stagnationsphasen ohne zusätzliche technische Maßnahmen mit der Zeit an die Umgebungstemperatur angleicht. Um dieser Temperaturangleichung entgegenzuwirken, sind Stagnationsphasen und -zeiten so gering wie möglich zu halten. Eine Maßnahme können Zwangsspülungen über Spülstationen oder selbstspülende Entnahmearmaturen sein, deren Einsatz gleichzeitig die Einhaltung des hygienisch notwendigen Wasserwechsels ermöglicht.

Separate Schächte und Installationsbereiche oder auch Zwangsspülmaßnahmen

zum Verkürzen von Stagnationsphasen und -zeiten sind projektabhängig mit Kosten verbunden: Zusätzliche raumhohe Installationsschächte verringern die vermietbare oder veräußerungsanrechenbare Grundfläche einer Nutzungseinheit und führen gegebenenfalls zu Einnahmeverlusten. Außerdem steigen die Baukosten, wenn zusätzliche Schächte und separate Installationsbereiche geschaffen werden. Auch die Zwangsspülungen, die projektabhängig in Spüldau-

er und Spülvolumen variieren, verursachen zusätzliche Kosten – sowohl in der Anschaffung der Spülarmaturen als auch im Betrieb (z. B. Wasserverbrauch) und im Unterhalt (z. B. Wartung).

Schwierig wird es, wenn sich nicht beeinflussbare, äußere Faktoren nachteilig auf die Temperaturen der PWC-Installationsbereiche und damit auch auf die PWC-Temperatur auswirken. Solche Faktoren können beispielsweise lang anhaltend hohe Außentemperaturen über 25 °C sein oder bereits hohe PWC-Temperaturen am Hausanschluss.

### Geforderte PWC-Temperatur kontrolliert und nachhaltig einhalten

Das Errichten einer „Trinkkaltwasser-Zirkulationsanlage mit Kühlung“ kann die Lösung sein, um die geforderte PWC-Temperatur kontrolliert und nachhaltig einzuhalten. Wie beispielhaft in Abbildung 3 dargestellt, werden wie bei einer Trinkwarmwasser-Zirkulationsanlage (PWH-C-Anlage) die PWC-Versorgungsendpunkte der Nutzungsbereiche weitergeführt, miteinander verbunden und als gemeinsame Trinkkaltwasser-Zirkulationsrohrleitung zur Technikzentrale geführt. Hier erfolgt die Kühlung der Trink-

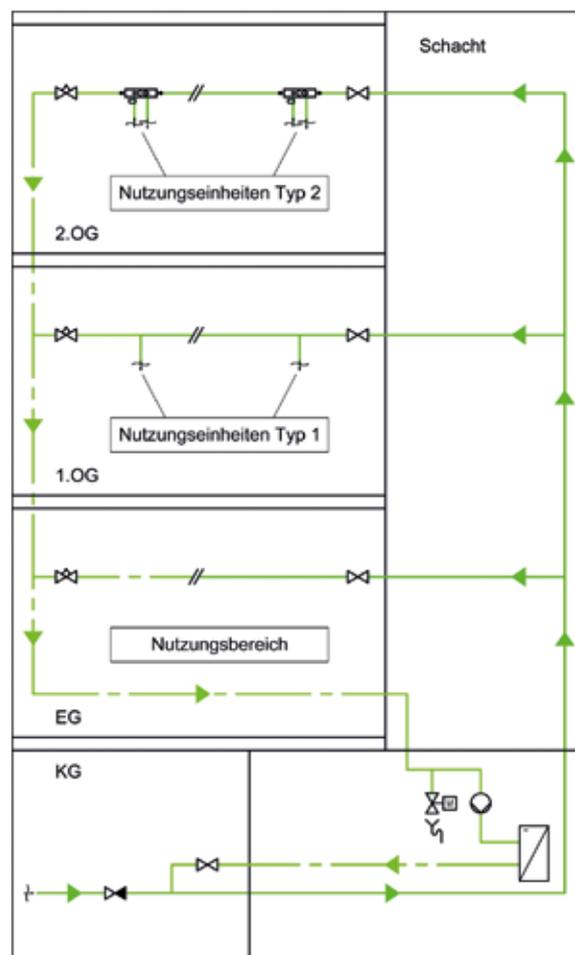


Abbildung 3: Installationsbeispiel einer Trinkkaltwasser-Zirkulationsanlage mit Kühlung

kaltwasser-Zirkulation (PWC-C®). Nachgeschaltet der Kühlung wird der Anschluss an die PWC-Verbrauchsleitung hergestellt, um den Zirkulationskreislauf zu schließen.

Die Berechnung und Auslegung der PWC-C®-Anlage erfolgt unter anderem in Abhängigkeit zu den Umgebungstemperaturen der PWC- und PWC-C®-Installation, zur Dämmqualität und zu den Dimensionen und Längen der PWC- und PWC-C®-Rohrleitungen. Ebenso fließen die PWC-Temperatur am Einbindungspunkt der PWC-C®-Anlage und die gewählte PWC-C®-Austrittstemperatur nach der Kühlung in die Berechnungsergebnisse ein.

Auch hier muss für einen bestimmungsgemäßen Betrieb der hydraulische Abgleich berechnet und umgesetzt werden; beispielsweise können hier statische Regulierventile zum Einsatz kommen.

Es ist wichtig, bei der Auswahl des Wärmeübertragers für die PWC-C®-Kühlung die Anforderungen an den Schutz des Trinkwassers nach DIN EN 1717 und DIN 1988-100 zu berücksichtigen.

### Wahl des Kälteerzeugers

Für die zur Kühlung des PWC-C® notwendige Kälteerzeugung können verschiedene Arten von Kälteerzeugern berücksichtigt werden. Aufgrund der zu erwartenden geringen Kälteleistung kann beispielsweise ein Klima-Split-Gerät oder eine Wärmepumpe zum Einsatz kommen – eventuell eine Sole-Wasser-Wärmepumpe. Je nach Gebäudenutzung sind Kälteerzeugungsanlage und Kälteversorgungsanlage bereits vorhanden, sodass diese die Kälteversorgung für die PWC-C®-Kühlung übernehmen können.

Energetisch interessant ist der Einsatz von Kälteerzeugungsanlagen mit so genannter Freikühlfunktion: Wird eine entsprechende Außentemperatur unterschritten, schaltet sich der Kompressor zur Kälteerzeugung ab und die kalte Außenluft wird für die Kälteerzeugung genutzt. Je nach Region reduzieren sich die jährlichen Betriebsstunden des Kompressors um ca. 35 bis 45 Prozent. Damit können erhebliche Primärenergie- und Betriebskosten eingespart werden.

### Monitoring- und Aufzeichnungssystem

Neben der zur PWC-C®-Kühlung notwendigen Mess- und Regelungstechnik empfiehlt es sich, ein möglichst engmaschig installiertes Monitoring- und Aufzeichnungssystem vorzusehen. Es sollte auf eine regelungstechnische Anlage aufgeschaltet sein – gegebenenfalls auf eine zentrale Gebäudeleittechnik (GLT). Damit können die Betriebsparame-

ter nachhaltig kontrolliert werden. In Abbildung 4 wird beispielhaft dargestellt, an welchen Stellen Temperaturmessungen vorgenommen werden sollten:

- A: PWC-Temperatur Hausanschluss,
- B: PWC-Temperatur direkt vor der Einbindung von PWC-C®,
- C: PWC-Temperatur direkt hinter der Einbindung von PWC-C®,
- D: PWC-Temperatur vor Eintritt in die Schachtinstallation,
- E: Lufttemperatur im Installationsschacht,
- F: PWC-Temperatur am Eintritt in die Nutzungsbereiche,
- G: Lufttemperatur im Installationsbereich Abhangdecke,
- H: PWC-C®-Temperatur am Austritt aus den Nutzungsbereichen,
- J: PWC-C®-Temperaturen hinter Zusammenführungen von Nutzungsbereichen,
- K: PWC-C®-Temperatur kurz vor dem Eintritt in den Wärmeübertrager (Kühlung),
- L: PWC-C®-Temperatur kurz hinter dem Austritt aus dem Wärmeübertrager (Kühlung),
- M: PWC-C®-Temperatur kurz vor der Einbindung in die PWC-Versorgungsleitung.

### Mindestwasserwechsel durch Zwangsspülung

Um den hygienisch erforderlichen Mindestwasserwechsel sicherzustellen, sollten jeweils an den Punkten F (Eintritt in die Nutzungsbereiche) und H (Austritt aus den Nutzungsbereichen) Volumenstrommessgeräte mit Aufschaltung auf eine regelungstechnische Anlage – gegebenenfalls auf eine GLT – installiert sein. Damit lässt sich der tatsächliche Wasserverbrauch je Nutzungsbereich und Zeiteinheit ermitteln. Wird der vorher berechnete und festgelegte Mindestwasserwechsel unterschritten, wird eine Zwangsspülung ausgelöst. Diese Zwangsspülstellen können wahlweise kurz vor den Punkten H (Austritt aus den Nutzungsbereichen) oder zentral kurz vor der PWC-C®-Pumpe vorgesehen werden.

### Temperaturverläufe einer PWC-C®-Anlage

In Abbildung 5 und mit Verweis auf Abbildung 4 werden Temperaturverläufe in einer bestehenden und in Betrieb befindlichen PWC-C®-Anlage gezeigt. Um die Grafik übersichtlich zu halten, wurden beispielhaft die

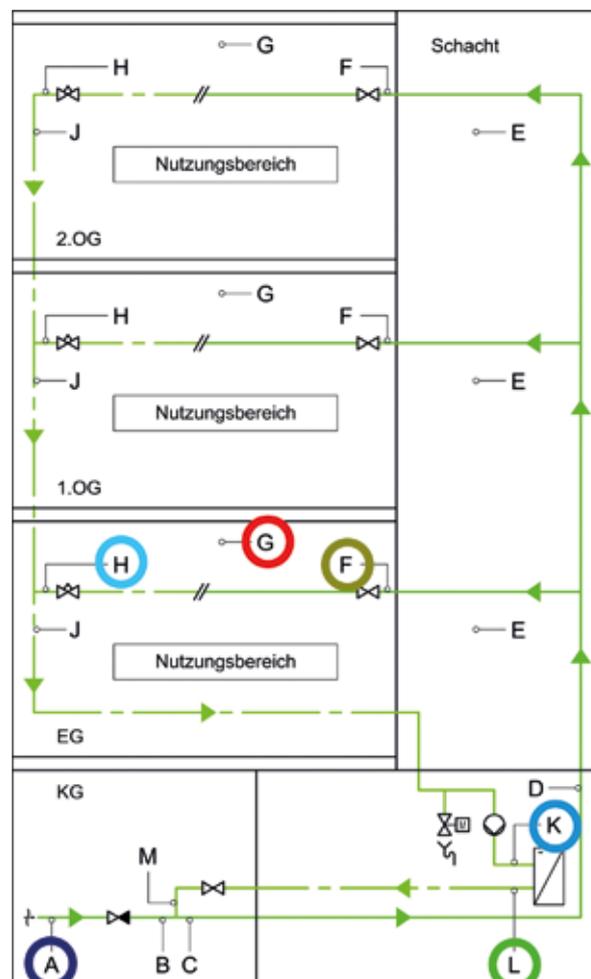


Abbildung 4: Stellen zur Temperaturmessung im Installationsbeispiel

Temperaturverläufe für die zentrale PWC-C®-Kühlung und die Installation im Nutzungsbe- reich „Erdgeschoss“ (EG) dargestellt. Der bei- spielhafte Auszug aus den immer wiederkeh- rend gleichen Temperaturprofilen verläuft über 36 Stunden. Täglich in der Zeit von ca. 23:00 Uhr bis ca. 06:00 Uhr erfolgt gebäu- denutzungsbedingt keine Wasserentnahme.

Selbstverständlich muss auch bei die- ser PWC-Installation und PWC-C®-Anlage die notwendige Trinkwasserhygiene einge- halten werden. Daher lautete die Aufgaben- stellung bei der Planung und Errichtung, dass die PWC-Temperatur von 20 °C in kei- nem Bereich der PWC-Installation und der PWC-C®-Anlage überschritten werden darf – vor allem nicht in den vorab bekannten nächtlichen Phasen ohne Wasserentnahme. Um das auch in den einzelnen Einheiten der jeweiligen Nutzungsbereiche gewährleisten zu können, wurden Venturidüsen zur Volu- menstromteilung in die PWC-Versorgungs- leitung eingebaut. Dadurch wird eine Ein- schleifung der PWC-Installation der Nut- zungseinheiten ermöglicht (beispielhaft Ab- bildung 3, Nutzungseinheiten Typ 2). Die gemäß Berechnung und Auslegung einzuhal- tende PWC-C®-Temperaturdifferenz vor und nach der Kühlung (Messpunkte K und L) soll 4 K nicht überschreiten.

Die Umgebungstemperatur im Installa- tionsbereich „Abhangdecke“ mit einer Ge- samtlänge von ca. 50 Metern verharrt mehr oder weniger ebenso konstant bei einer Tem- peratur von ca. 30 °C (rote Temperaturkurve, Messpunkt G), wie die PWC-C®-Temperatur mit 15 °C am Wärmeübertragerausgang nach der PWC-C®-Kühlung (grüne Tempera- turkurve, Messpunkt L).

Während der Nutzungszeit liegt die PWC- Temperatur am Eintritt zum Nutzungsbe- reich „Erdgeschoss“ (olivgrüne Tempera- turkurve, Messpunkt F) ebenso konstant und teilweise deutlich unter 14 °C, wie die PWC-C®-Temperatur am Ausgang des Nut- zungsbereichs „Erdgeschoss“ (hellblaue Temperaturkurve, Messpunkt F) konstant und deutlich unter 18 °C liegt. Die PWC-C®- Temperatur kurz vor dem Wärmetauscher- eintritt (dunkelblaue Temperaturkurve, Messpunkt K) liegt erwartungsgemäß leicht höher als die am Messpunkt F gemessene Temperatur.

Interessant sind vor allem die Tempe- raturverläufe in der Phase ohne Wasserent- nahme zwischen ca. 23:00 Uhr und ca. 06:00 Uhr. Hier sind durch den konstanten Wärmeeintrag und die fehlende Wasserent- nahme stetige Temperaturerhöhungen an den Messpunkten A, F, H und K zu erken- nen: Die Temperatur am Eintritt zum Nut-

## LOW NOISE

### Die neue FFU Generation



**Unser neues Fan Filter Unit LOW NOISE überzeugt durch innovative Technik am Arbeitsplatz:** Das neu entwickelte Absorbergehäuse und das verbesserte Strömungsbild verringert die Geräuschemission von LOW NOISE erheblich.

Mehr Ruhe im Reinraumbereich schafft Vorteile: Geringer Schalldruckpegel und homogene Luftgeschwindigkeiten garantieren einen perfekten Produktionsprozess und dadurch hervorragende Produktionsergebnisse.

Daldrop Reinräume nach dem **SHELMEQ®** Prinzip. SHELMEQ® Reinraum Technologie übernimmt, als modulare, definierte Leistungseinheit, die Verantwortung für die Einhaltung der Garantiewerte.



**Daldrop + Dr. Ing. Huber**

SHELMEQ®  
Reinraum Technologien

72666 Neckartailfingen | Daldropstraße 1 | [www.daldrop.com](http://www.daldrop.com)

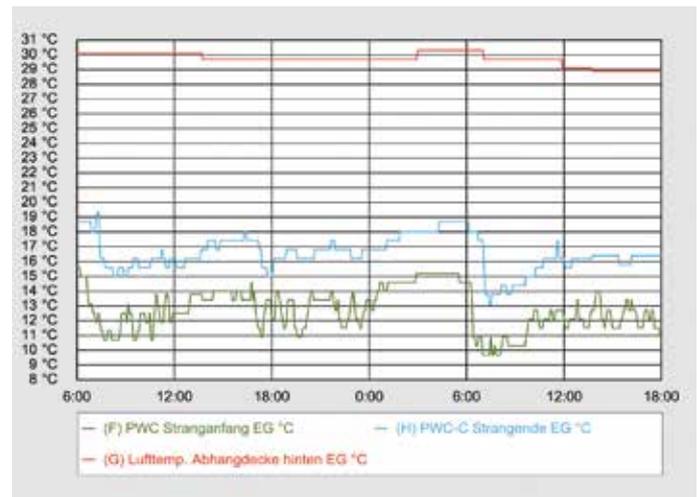
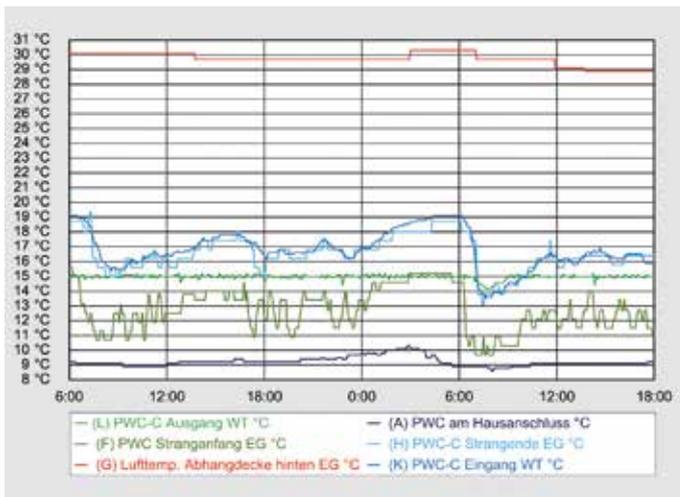


Abbildung 5: Temperaturverläufe einer in Betrieb befindlichen PWC-C®-Anlage

Abbildung 6: Temperaturverläufe einer in Betrieb befindlichen PWC-C®-Anlage

zungsbereich „Erdgeschoss“ (olivgrüne Temperaturkurve, Messpunkt F) überschreitet die Temperatur von 15 °C knapp. Die Temperaturen am Ausgang des Nutzungsbereichs „Erdgeschoss“ (hellblaue Temperaturkurve, Messpunkt F) und kurz vor dem Wärmetauschereintritt (dunkelblaue Temperaturkurve, Messpunkt K) erhöhen sich mit Beginn der Nichtnutzung von ca. 16 °C um ca. 3 K auf ca. 19 °C zum Ende der Zeit ohne Wasserentnahme.

Die in Abbildung 6 dargestellten Temperaturverläufe am Eintritt zum Nutzungsbereich „Erdgeschoss“ (olivgrüne Temperaturkurve, Messpunkt F) und am Ausgang des Nutzungsbereichs „Erdgeschoss“ (hellblaue Temperaturkurve, Messpunkt F) verdeutlichen die Auswirkung des permanenten Wärmeeintrags durch die hohen Umgebungstemperaturen auf die PWC-Installation und die PWC-C®-Anlage. Er entspricht einer Temperaturerhöhung um ca. 3 bis 4 K in der Zeit von ca. 7 Stunden ohne Wasserentnahme.

In den Abbildungen 5 und 6 sind die Temperaturverläufe beim Betrieb der PWC-Installation mit PWC-C®-Anlage mit Kühlung gerade im Zeitbereich der nutzungsbedingten Phasen ohne Wasserentnahme (23.00 Uhr bis 06:00 Uhr) dargestellt. Die sich daraus ergebenden Rückschlüsse bezüglich der wärmeeintragsbedingten Temperaturerhöhung auf eine Nutzung ohne PWC-C®-Anlage mit Kühlung (Temperaturverlauf siehe Abbildung 1) zeigen, dass der bestimmungsgemäße Betrieb auf Grundlage der Nutzung bzw. des Wasserverbrauchs der Installation ohne PWC-C®-Anlage mit Kühlung nicht ausreichend ist, um den trinkwasserhygienischen Anforderungen an die Einhaltung der Temperatur gerecht zu werden.

Durch die permanente und nachhaltige Temperaturhaltung der PWC-Installation unter 20 °C wird die Eintrittswahrscheinlichkeit von trinkwasserhygienischen Problemen minimiert.

### Für Neuinstallationen und als Sanierungsmaßnahme geeignet

PWC-C®-Anlagen mit Kühlung können sowohl bei Neuinstallation berücksichtigt werden als auch als Sanierungsmaßnahme bei Bestandsanlagen mit Trinkwasserhygieneproblemen – sofern die hygienischen Probleme temperaturinduziert sind. Durch die kontinuierliche Einhaltung der geforderten Temperaturen in der gesamten zirkulierenden PWC-Installation können trinkwasserhygienische Probleme, die durch zu hohe PWC-Temperaturen entstehen, auf ein Minimum reduziert werden.

Sinnvoll ist der Einsatz von PWC-C®-Anlagen mit Kühlung in Gebäuden mit verzweigten Trinkwasser-Installationen oder bei Anlagen, in denen nutzungs- und/oder installationsbedingt kontinuierlicher Wärmeeintrag zu kritischen PWC-Temperaturen und damit zu Problemen der Trinkwasserhygiene führt. Außerdem kann die PWC-Installation weiterhin parallel zu und in den selben Installationsbereichen mit warmgehenden Medienversorgungsleitungen verlegt werden, ohne dass das Risiko einer hygiene relevanten PWC-Temperaturüberschreitung besteht.

Eine kontrollierte PWC-Temperaturhaltung in Stockwerksleitungen von Nutzungseinheiten bis hin zu den Entnahmestellen ist durch den Einsatz von Volumenstromteiler, durch das Einschleifen der Entnahmestellen und durch den Einbau von Doppel-

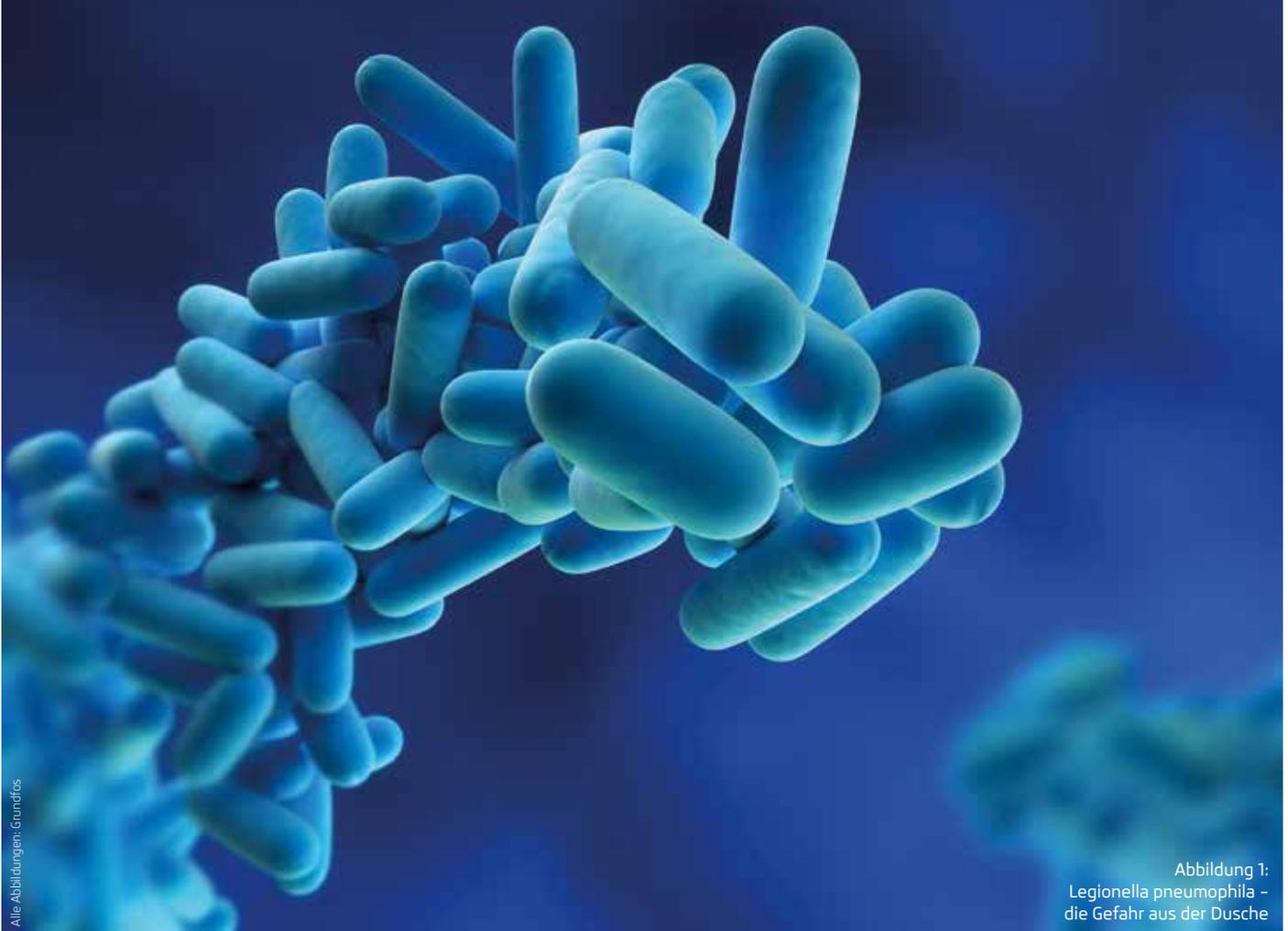
wandscheiben für den PWC-Armaturenanschluss möglich.

### Einsatzorte von PWC-C®-Anlagen mit Kühlung

Vor allem in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen muss erhöhten Anforderungen an die hygienischen PWC-Temperaturen Rechnung getragen werden. Hier ist der Einsatz von PWC-C®-Anlagen mit Kühlung zu empfehlen, da so die PWC-Temperatur in definierten Temperaturbereichen kontrolliert gehalten werden kann. Gleiches gilt für PWC-Installationen in Industrieanlagen und gewerblichen Immobilien.

Auch in Wohngebäuden kann es sinnvoll sein, PWC-C®-Anlagen mit Kühlung zu berücksichtigen: Zum einen ermöglichen sie es, die notwendigen hygiene relevanten PWC-Temperaturen in den mitzirkulierenden PWC-Versorgungsleitungen und PWC-Stränginstallationen einzuhalten. Zum anderen kann aus diesem Grund auf zusätzliche Schächte verzichtet werden. Werden die PWC-C®-Stränge ebenso als Inliner in die PWC-Stränge eingezogen wie die PWH-C-Stränge als Inliner in die PWH-Stränge, so reduzieren sich die Schachtabmessungen auf ein notwendiges Minimum. Der Einsatz von Spülstationen, selbstspülenden Entnahmearmaturen oder WC-Spülkästen gewährleistet die hygienisch notwendige Temperaturhaltung in den Stockwerksleitungen.

Der bestimmungsgemäße Betrieb der PWC-Installation kann somit gerade im Hinblick auf die hygienisch notwendige Temperatureinhaltung und auf den hygienisch notwendigen Wasserwechsel auch in Wohngebäuden mehr oder weniger unabhängig von Nutzern eingehalten werden. ◀



Alle Abbildungen: Grundfos

Abbildung 1:  
Legionella pneumophila -  
die Gefahr aus der Dusche

## Legionellen: Wenn die Dusche zur Gefahr wird

Ziele der Energie- und Rohstoffeffizienz beeinträchtigen die Trinkwasser-Hygiene

*Es vergeht kaum eine Woche, in der nicht Meldungen wie „Duschen wegen Legionellen untersagt“ in einer Zeitung zu lesen wären. Es entsteht der Eindruck, dass die Anzahl solcher Vorfälle zunimmt. Die Statistik bestätigt das – das Robert-Koch-Institut (RKI) berichtet von jährlich bis zu 30.000 Erkrankungen in Deutschland. Der Bedarf an Technik zur Trinkwasser-Desinfektion wächst.*



Daniel Wittoesch,  
Vertriebsleiter  
Projektgeschäft  
Gebäudetechnik  
Region West,  
Grundfos GmbH,  
Erkrath

samt 922 Fälle in Deutschland übermittelt, gegenüber dem Vorjahr (654 Fälle) ist das eine Zunahme um 41 Prozent. Warstein war hier mit 159 Fällen als Einzelereignis relevant. Allerdings geht das RKI von einer erheblichen Untererfassung aus: Nach Schätzungen des Kompetenznetzwerkes Capnetz für ambulant erworbene Pneumonien müsse für Deutschland von jährlich bis zu 30.000 Erkrankungen ausgegangen werden.

### Komfort und Effizienz erhöhen das Risiko

Woher kommt eigentlich das Problem von Keimen im Trinkwasser? Es handelt sich nicht um ein Versagen der Wasserversorger – Legionellen sind ein natürlicher Bestandteil

der Mikrofauna des Wassers und somit ständiger Begleiter des Menschen. Wie so oft gilt aber auch hier: Auf die Dosis kommt es an. Früher waren die Trinkwassersysteme noch sehr einfach aufgebaut und die Keime hatten es schwerer, sich zu vermehren: wenige Zapfstellen, kurze Leitungswege, Warmwasser direkt von dezentralen Warmwassergeräten. Heute lieben wir es komfortabler: Viele Zapfstellen sind über das ganze Gebäude verteilt, das warme Wasser erzeugen wir zentral im Technikraum und bevorraten es dort und in weit verzweigten Leitungsnetzen.

Die heute festzustellenden Hygiene-Probleme beginnen bereits beim Hausbau, wenn die Kalt- und Warmwasserleitungen ungünstig verlegt werden, die Materialien einen

Überall in Europa nimmt die Anzahl der Fälle von Legionärskrankheit zu: Für das Jahr 2013 wurden dem Robert-Koch-Institut (RKI) im Rahmen der Meldepflicht insge-

Biofilm begünstigen und insbesondere der Stagnation in den Rohrleitungen nicht vorbeugt wird.

Die Trinkwasserqualität in Gebäuden hängt auch von weiteren Einflussfaktoren ab.<sup>1</sup> Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasserinstallation“<sup>2</sup> ging u. a. der Frage nach, ob der Trend zu einer besseren Energieeffizienz bei der Warmwassererzeugung einen ungünstigen Einfluss auf die Trinkwasserqualität hat. Zudem wurde untersucht, welchen Einfluss die häufig positiv dargestellten Wasserspartechiken haben. Nicht zuletzt stand die Dämmung der Gebäudewand auf dem Prüfstand.

Die Teilnehmer des Projektes kamen zu folgenden Ergebnissen: Eine Absenkung der Vorlauftemperatur von 60 °C auf Temperaturen unter 55 °C führte zu einem Anstieg des Bakterienwachstums. Außerdem zeigte sich, dass ein Temperaturanstieg des Kaltwassers auf 30 °C das Verkeimungsrisiko bereits im Kaltwassersystem erhöht, beispielsweise aufgrund der höheren Temperaturen im gedämmten Gebäude. Nicht zuletzt führt der vermehrte Einsatz von Wasserspartechiken dazu, dass Trinkwasser länger in den Leitungen verbleibt.

Das Schweizerische Bundesamt für Gesundheit (BAG) stellte fest: Wenn im Betrieb einer Trinkwasserversorgung (Kalt- und Warmwasser) an den Bezugsarmaturen Wassersparvorrichtungen angebracht werden, kann das die Wasser-Hygiene negativ beeinflussen. Sowohl der verringerte Wasserumsatz wie auch die veränderte Strömung führen zu einer schlechteren Durchspülung der Armatur und der Armatur-nahen Bereiche. Wassersparende Duschbrausen erzeugen zudem je nach Produkt einen vergleichsweise hohen Anteil kleiner, lungengängiger Wassertropfen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten: Das Risiko einer Verkeimung des Trinkwassers nimmt tatsächlich aus Gründen der Energie- und Rohstoffeffizienz-Optimierung insbesondere bei neuen Gebäuden oder im sanierten Bestand signifikant zu.

### Was tun bei einer Verkeimung?

Die beste Prävention lässt sich mit einer Sanitärplanung erreichen, die den Aspekten der Trinkwasser-Hygiene Rechnung trägt. Das bedeutet insbesondere die Einhaltung der gängigen Normen und Fachempfehlungen bezüglich Temperatur- und Leitungsführung, Dimensionierung/Wasserumsatz und Dämmung der Kalt- und Warmwasser führenden Anlagenteile. Auch der sachgerechte Betrieb der Anlagen leistet einen wichtigen Bei-

trag zur Vorbeugung. Dazu zählen die ausreichend häufige Entnahme von Kalt- und Warmwasser an allen Dusch- oder sonstigen aerosolbildenden Armaturen, das regelmäßige Entkalken von Wassererwärmungsanlagen und Armaturen und das gründliche Spülen vor Inbetriebnahme bzw. Wiederinbetriebnahme der Kalt- und Warmwasserinstallationen nach längerer Benutzungspause.

Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz von Desinfektionstechnik – insbesondere für eine zeitnahe Problemlösung bei akuter Verkeimung. Vor allem in sensiblen Bereichen ist eine präventive Desinfektion empfehlenswert, beispielsweise bei der Trinkwasserversorgung von Krankenhäusern, Altenheimen, Hotels und ähnlichen Einrichtungen.

Für den Weg zu keimarmem oder keimfreiem Wasser bietet der Markt ein breites Verfahrensspektrum an. Grundfos hat die aus Sicht des Unternehmens am besten geeigneten Verfahren in Produktlösungen umgesetzt: Vaccuperm arbeitet mit Chlor, Selcoperm nutzt Hypochlorit, Oxiperm produziert Chlordioxid.

### Desinfektionsanlage mit Chlordioxid

Chlordioxid tötet Mikroorganismen im Wasser durch eine irreversible oxidative Zerstörung der Transportproteine in den lebenden Zellen. Aufgrund seines hohen Redoxpotenzials hat Chlordioxid im Vergleich zu anderen Bioziden eine weitaus stärkere Desinfektionswirkung gegen alle Arten von Keimen oder Verunreinigungen wie Viren, Bakterien, Pilze und Algen. Das Oxidationspotenzial ist beispielsweise höher als bei Chlor, sodass auch deutlich weniger Chemie eingesetzt werden muss. Das unterstützt das Minimierungsgebot laut EU-Trinkwasserrichtlinie. Selbst chlorresistente Keime können durch Chlordioxid sicher abgetötet werden, beispielsweise Legionellen.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen Chlordioxid und Chlor bzw. Hypochlorit ist die allmähliche Abbauwirkung auf den Biofilm bei geringen Dosen. Bei einer Konzentration von 1 ppm wird innerhalb von 18 Stunden ein Legionellenabbau im Biofilm von nahezu 100 Prozent erreicht. Eine deutliche Reduktion des Biofilms kann in der gleichen Zeit bei einer Konzentration von



Abbildung 2:  
Die Desinfektionsanlage Oxiperm Pro ist eine Anlage zur Herstellung und Dosierung von Chlordioxid zur Desinfektion von Trink-, Brauch-, Kühl- und Abwasser.



1,5 ppm erreicht werden. Des Weiteren ist das Desinfektionsvermögen von Chlordioxid nahezu unabhängig vom pH-Wert.

Die Anlage Oxiperm Pro besteht aus einem Systemträger aus Kunststoff, auf den die internen Komponenten montiert sind. Er wird an der Wand oder am Boden befestigt und durch eine Haube aus Kunststoff abgedeckt.

Die Anlage ist in vier Leistungsstufen verfügbar und produziert 5, 10, 30 und 60 g Chlordioxid pro Stunde. Diese Leistung reicht aus, um stündlich bis zu 150 m<sup>3</sup> Trinkwasser zu behandeln – bei einer maximalen Zugabe von 0,4 mg/l Chlordioxid. Die Behandlung von Wasser mit Chlordioxid hat mehrere Vorteile:

- Das selektive Desinfektionsmittel bildet keine Chloramine. Das ist besonders wichtig bei erhöhten Ammoniumgehalten im Trinkwasser.
- Chlordioxid kann bei einem pH-Wert von 6,5 bis 9 mit einer gleich hohen Desinfektionswirkung eingesetzt werden.
- Chlordioxid ist weitgehend geruchs- und geschmacksneutral (bei 0,5 bis 3 ppm).
- Eine hohe Desinfektionsleistung mit Depotwirkung ist gegeben.
- Chlordioxid löst und entfernt Biofilme.
- Es sind keine Resistenzen von Keimen gegenüber Chlordioxid bekannt.

Kompakt gebaut, kann eine Chlordioxid-Anlage auch in kleinen Räumen installiert werden; alle Bedien- und Kontrollelemente befinden sich auf der Gerätefront.

In der Anlagensteuerung ist bereits standardmäßig eine Messwerterfassung für Chlordioxid, pH-Wert oder Redox-Zahl integriert: Es genügt, einfach eine Messzelle anzuschließen und die gemäß Trinkwasserverordnung erforderliche Messpflicht ist erfüllt.

Mit Hilfe eines Bypass-Moduls können Oxiperm Pro-Anlagen installiert und in Betrieb genommen werden, ohne die Wasserversorgung im Gebäude zu unterbrechen – in Krankenhäusern oder Altenheimen ist das ein wichtiger Aspekt. Über passende Anbohrschellen erfolgen die Entnahme und die Rückführung des Bypass-Wassers. Die Zugabe des Chlordioxids erfolgt in einer Impfstelle im Modul. Somit gelangt bereits vorvermishtes Desinfektionsmittel in den Wasserstrom und die Korrosionsgefahr wird minimiert. ◀

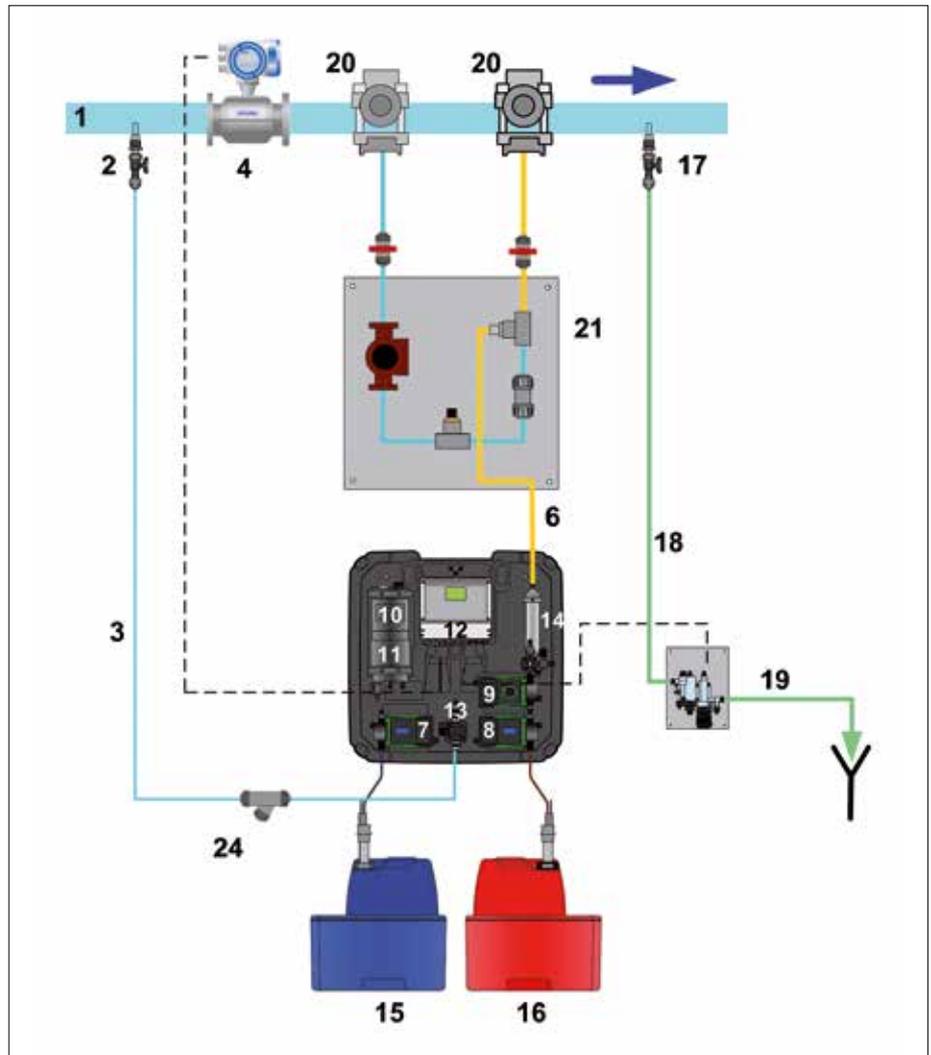


Abbildung 3: Die Installation mit Hilfe des Bypass-Moduls spart Zeit und Kosten.

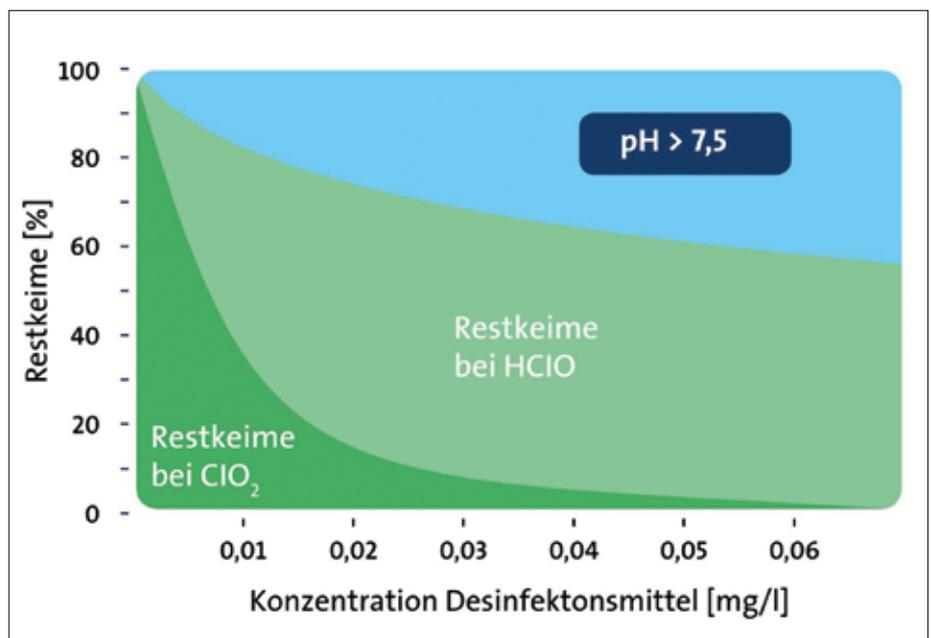


Abbildung 4: Effektivitätsdiagramm - Vergleich der Desinfektionswirkung von Chlordioxid und Chlor bei pH > 7,5

<sup>1</sup> <https://www.forum-wasserhygiene.at/aktuelles/detail/news/detail/News/energieeffizienz-in-gebaeuden-einrisiko-fuer-die-trinkwasserhygiene.html> (zuletzt geprüft am 12.12.2018).

<sup>2</sup> <https://forschungsinfo.tu-dresden.de/detail/forschungsprojekt/15137> (zuletzt geprüft am 12.12.2018).

# Boardinghouse Kapstadtring Hamburg: Kluge Trinkwasser- und Heizkonzepte für verdichtete Wohnformen

*Verdichtete Bauweisen, ein hoher Wohnkomfort und ausgeprägte Nutzungsindividualität – dezentrale Installationskonzepte für Wohnanlagen können Herausforderungen des 21. Jahrhunderts energiesparend und wirtschaftlich lösen.*



Axel Neureither,  
Director Key Account  
Management Projects,  
Oventrop  
GmbH & Co. KG,  
Olsberg

Zwei Wochen München, drei Monate Hamburg oder auch ein halbes Jahr Berlin – wechselnde Einsatz- und Arbeitsorte gehören für viele Erwerbstätige heute zum Alltag. Wer so oft unterwegs ist, will irgendwann nicht mehr in Hotels einchecken, sondern sucht ein zweites Zuhause auf Zeit.

## Wohnraumbeschaffung durch Umwidmung

Dem gegenüber steht knapper Wohnraum in den Ballungszentren. Innovative Konzepte für die Umsetzung neuer Mietwohnformen mit kleinen, durchdachten Wohneinheiten sind deshalb gefragter denn je – auf Seiten der Investoren wie auf Seiten der (kurzfristig) Wohnungssuchenden.

Wie intelligent sich Angebot und Nachfrage treffen können, zeigt das Beispiel des Serviced Apartments Boardinghouse Kapstadtring „my4walls“ im Hamburger Stadtteil Winterhude: Direkt gegenüber dem 150 Hektar großen Stadtpark und nah an Flughafen und Stadtzentrum wurde hier ein ehemaliges, denkmalgeschütztes zwölfstöckiges Bürogebäude aus den 1960er-Jahren umgewidmet und revitalisiert.

## 143 Apartments auf einer Grundstücksgröße von 5.200 m<sup>2</sup>

31 Millionen Euro hat der Projektentwickler und Investor ISARIA Wohnbau AG in die maßgeschneiderte Komplettsanierung der zwölf

Etagen gesteckt und 143 exklusive Apartments und Suiten mit 25 m<sup>2</sup> bis 32 m<sup>2</sup> Fläche geschaffen. Den Kurz- und Langzeitmietern stehen nun 150 Parkplätze, eine 24-Stunden-Rezeption, Frühstücksbuffet und Cocktaillbar mit frischen Snacks, ein Fitness-Bereich, ein Wäsche- und Bügelzimmer, eine digitale Premiumausstattung und Selfstorage für Langzeitmieter zur Verfügung. Wer hier nach einem stressigen Tag ankommt, fühlt sich tatsächlich wie in einem zweiten Zuhause – nicht zuletzt dank des ausgeklügelten Trinkwasser- und Heizungskonzepts, realisiert durch eine Sonderbauform der Oventrop „Regudis W“-Wohnungsstationen.

Die Wohnungsstationen versorgen mit einer Vorlauftemperatur von 35 °C die Flächenheizung (Deckenstrahlplatten) und sorgen für eine gleichbleibende Raumtemperatur, unabhängig von Tages- und Jahreszeit. Gleichzeitig bedienen sie über ein Zonenventil einen zusätzlichen Heizkreis für Konvektoren in Bad und gegebenenfalls Wohnraum. Seine Vorlauftemperatur beträgt 55 °C. So ist gewährleistet, dass der Nutzer binnen kürzester Zeit auf seine punktuell gewünschte Wohlfühltemperatur erhöhen kann – ob vor dem Duschen oder auf dem Sofa beim Entspannen, ob morgens um 5 Uhr oder abends um 23 Uhr.



Alle Abbildungen: Oventrop GmbH & Co. KG, Olsberg

Abbildung 1:  
Boardinghouse  
Kapstadtring Hamburg



Abbildung 2: „my4walls“-Grundrisszeichnungen zweier Apartments

Optimal ist auch die Warmwasserbereitung gelöst: Sie erfolgt ebenfalls dezentral und bedarfsgerecht über die Wohnungsstation. Das wiederum macht eine Trinkwarmwasserbevorratung, die Untersuchungspflicht auf Legionellen sowie eine Warmwasserversorgungsleitung und eine Zirkulationsleitung überflüssig.

#### Dezentrale Versorgung voller Vorteile

In älteren Bestandsobjekten besteht häufig das Problem einer Überdimensionierung von Rohrleitungen und Trinkwasserspeichern. Ursache sind frühere Normen und die darin enthaltenen, größeren Gleichzeitigkeiten. Bei geringerem Wasserbedarf führen diese Überdimensionierungen zu einem erhöhten Stagnationsrisiko und damit zu einer Gefahr des vermehrten Bakterienwachstums. Hinzu kommen oft Wärmeverluste in den Steigleitungen wie Vor- und Rücklauf, Warmwasser- und Zirkulationsleitung, die die Kaltwasserleitung im Schacht auf eine hygienisch kritische Temperatur von 25 °C und mehr anheben können und so das Legionellenwachstum fördern.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass Objekte mit mehreren Mietparteien in der Regel in den Bereich der so genannten Großanlagen fallen. Als Großanlagen gelten Anlagen, bei denen sich mehr als 3 Liter Wasser in der Leitung zwischen Wärmeerzeuger und einer jeden Entnahmestelle befinden und/oder der Inhalt des Warmwasserbereiters mehr als 400 Liter beträgt. Hier muss die Warmwassertemperatur permanent auf min-

destens 60 °C gehalten werden, um der Legionellengefahr durch geringere Warmwassertemperaturen zu begegnen. Ergänzend ist eine Trinkwasser-Zirkulationsleitung erforderlich, die einen Temperaturverlust von maximal 5 K sicherstellt. Das kann bei Altanlagen mitunter nicht gewährleistet werden. Zudem besteht eine turnusmäßige Beprobungspflicht auf Legionellen.

#### Effiziente Wärmeversorgung, zuverlässige Hygiene, sinkende Kosten

Bei einer dezentralen Warmwasserbereitung hingegen wird das Wasser nach dem Durchlaufprinzip erst bei Bedarf und vor Ort „just-in-time“ in der einzelnen Wohneinheit erwärmt. Das fördert die Energieeffizienz und verringert den Investitions- und Installationsaufwand und den Platzbedarf erheblich:



Abbildung 3: „Regudis W“-Wohnungsstation im Apartment

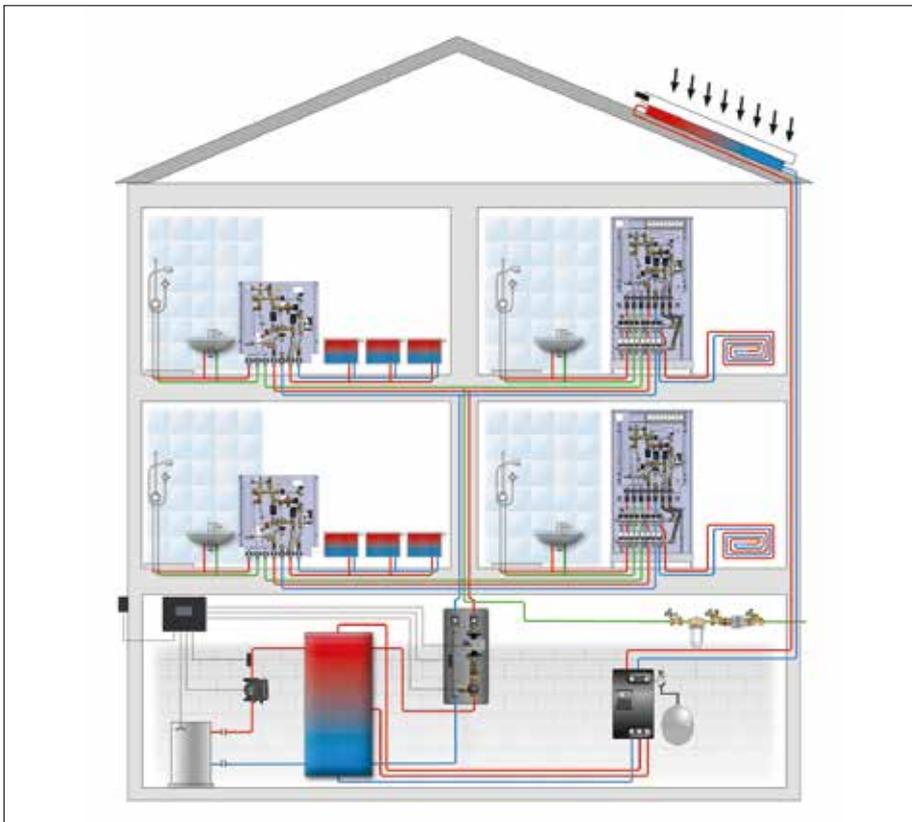


Abbildung 4: System-Beispiel - „Regudis W“-Wohnungsstationen versorgen einzelne Wohnungen oder Gewerbeeinheiten mit Wärme sowie mit warmem und kaltem Trinkwasser.

- Es sind keine wandhängenden Heizgeräte und Gasthermen nötig.
- Die für die Wohnungen notwendigen Versorgungsleitungen reduzieren sich auf drei: Vorlauf, Rücklauf, Kaltwasser.
- Die zentrale Warmwasserleitung und Zirkulationsleitung entfallen.
- Es ist keine Trinkwasserbevorratung nötig.
- Die Untersuchungspflicht auf Legionellen nach Trinkwasserverordnung entfällt.



Abbildung 5: Einbaubeispiel - „Regudis W“ mit Exklusiv-Aufputzhaube

- Die Trinkwassererwärmung wird hydraulisch und thermostatisch geregelt.
- Die Rücklaufemperaturen sind niedrig.
- Kalkablagerungen im Wärmetauscher werden durch die Einbausituation, ausreichende thermische Länge, den hydraulischen Anschluss und sein Auskühlen außerhalb der Zapfzeiten minimiert.
- Die Wohnungsstationen werden auf einer Grundplatte vormontiert und dicht- und funktionsgeprüft geliefert.
- Die Integration erfolgt unauffällig an beliebiger Stelle durch Aufputzhaube, Einbauschrank oder Design-Aufputzschrank.
- Die Wartungskosten sind gering.
- Es ist nur ein Vertrag mit einem Energieversorger nötig, dadurch sind unter Umständen bessere Konditionen möglich.

#### Mieter profitieren vielfältig

Auch für den Mieter ergeben sich positive Effekte:

- Die Nacht- und Zonenabsenkung erfolgt individuell.
- Die Trinkwassertemperatur ist über einen Temperaturregler bedarfsgerecht einstellbar.
- Der Verbrauch von Trinkwassermenge und Wärmeenergie wird transparent durch einen integrierten Wärme- und Kaltwasserzähler dokumentiert und exakt abgerechnet.
- Im Vergleich zu elektrischen Durchlauferhitzern ist eine bessere Nutzung von regenerativen Energien möglich, beispielsweise über Solarthermie. Außerdem ist eine kWh (th) Gas mit ca. 0,06 Euro deutlich günstiger als eine kWh (el) Strom mit ca. 0,28 Euro.
- Die Wärmeversorgung über einen zentralen Wärmeerzeuger spart die Wartungs- und Schornsteinfegerkosten sowie den Platzbedarf einer Gastherme in jeder einzelnen Wohnung.
- Durch die Wärmeversorgung über einen zentralen Wärmeerzeuger, ist nur ein Vertrag mit einem Energieversorger nötig, was unter Umständen zu besseren Einkaufskonditionen führt. Auch regenerative Energieträger können genutzt werden, beispielsweise Pellets oder Solarenergie.

#### Fazit

Das dezentrale Konzept vereint die Interessen von Investoren, Nutzern und Umwelt. Es überzeugt mit Effizienz, Wirtschaftlichkeit, Platzgewinn, Individualität und Nachhaltigkeit – alle Beteiligten sind damit bestens gerüstet für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. ◀



# Bautechnik und Klimawandel heizen hygienekritisch Kaltwasser auf

## Trinkwasserhygiene: Erwärmung von Trinkwasser kalt minimieren

*Nicht nur das Weltklima erwärmt sich, sondern auch das Trinkwasser kalt (PWC) in Hausinstallationen. Der Klimawandel trägt seinen generellen Teil dazu bei, maßgeblicher aber sind die zusätzlichen Wärmelasten in modernen Gebäuden. Temperaturen von Trinkwasser kalt über 20 °C sollten jedoch dringend vermieden werden. Andernfalls kommt es zur gesundheitlich bedenklichen Vermehrung von Bakterien, sogar von Legionellen. Um das zu verhindern, sind bereits bei der Planung von Trinkwasseranlagen gezielte Weichenstellungen erforderlich. Die Ursachensachenermittlung für die Erwärmung von Trinkwasser kalt entlang des Fließwegs hilft, die richtigen Lösungsstrategien zum Gegensteuern zu ergreifen.*



Dr. Christian Schauer,  
Leiter des  
Kompetenzbereichs  
Trinkwasser,  
Corporate Technology,  
Viega,  
Attendorn

Die Temperaturmarke von Trinkwasser kalt (PWC) von maximal 25 °C an der Entnahmestelle einer Trinkwasser-Installation ist seit vielen Jahren in den Regelwerken verankert – beispielsweise in der DIN 1988-200 [1]. Damit ist sie auch in den Köpfen der TGA-Fachplaner und SHK-Fachhandwerker fest verwurzelt. Die Empfehlung der VDI/DVGW-Richtlinie 6023 Blatt 1 lautet jedoch, dass die PWC-Temperatur nicht über 20 °C ansteigen sollte [2]. Die Richtlinie folgt damit den Erkenntnissen des Robert-Koch-Instituts, welche Maximaltemperatur eingehalten werden sollte, um das Wachstum von Krankheitserregern in PWC zu verhindern [3].

Doch gerade in ausgedehnten Trinkwasseranlagen kommt es immer häufiger zu Kaltwassertemperaturen, die sogar den „Kompromisswert“ von 25 °C überschreiten – an Entnahmestellen, aber auch im Verteilungssystem. Die Gründe dafür liegen in der Regel in Unterbrechungen des bestimmungsgemäßen Betriebs, in Folge mit einem unzureichenden Wasseraustausch sowie zu hohen Wärmelasten entlang der Trinkwasserrohrleitungen. Stagnierendes Wasser in warmer Umgebung bietet jedoch ideale Wachstums-

bedingungen für Keime. Als Ergebnis kommt es häufig zu einer Kontamination von PWC. Nachgewiesen wird dabei nicht nur das typischerweise in Trinkwasser kalt vorkommende Bakterium *Pseudomonas aeruginosa*, sondern auch *Legionella pneumophila*. Ein gesundheitsgefährdendes Legionellenwachstum wurde bis dato vornehmlich nur für Trinkwasser warm (PWH) als Risiko wahrgenommen. Allerdings machte schon die DVGW-Information Wasser Nr. 90 vom März 2017 darauf aufmerksam, dass eine Untersuchung der Trinkwasser-Installation auf Legionellen auch eine Temperaturmessung von PWC an den Entnahmestellen einschließen sollte. Sie könne ebenfalls Hinwei-

se auf eine Kontamination der Trinkwasseranlage mit Legionellen geben [4]. Und nun ist der verbindliche Hinweis auf die Untersuchung von Trinkwasser kalt auch in der am 18. Dezember 2018 neu veröffentlichten Empfehlung des Umweltbundesamtes (UBA) zur systemischen Untersuchung von Trinkwasser-Installationen auf Legionellen enthalten [5].

### Ursachen für PWC-Erwärmung: Hauswasseranschluss

Als Planungsprämisse für Trinkwasser-Installationen gilt eine Wassertemperatur am Hauswasseranschluss von 10 °C. Wie Forschungsergebnisse belegen, wird von den



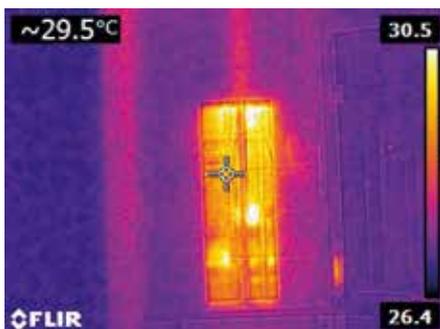
Heiße Sommertage heizen nicht nur den Menschen ein – auch Trinkwasser-Installationen in großen Zweckbauten haben damit zu kämpfen. Ein großes Risiko für die Trinkwasserhygiene besteht in einer unzulässigen Fremderwärmung des Trinkwassers kalt. Gerade Krankenhäuser steuern hier gezielt gegen.



Die DVGW-Information Wasser Nr. 90 und das Umweltbundesamt empfehlen, bei Legionellen-Untersuchungen eine Temperaturmessung von PWC an den Entnahmestellen vorzunehmen. Denn erhöhte Dauertemperaturen von Trinkwasser kalt führen oft zu Verkeimungen der gesamten Anlage.

Versorgern das Wasser jedoch inzwischen mit einer durchschnittlichen Temperatur von 14,2 °C geliefert [6]. Ein wesentlicher Grund dafür ist der Klimawandel mit verschiedenen Auswirkungen auf die Temperaturen des Rohwassers. Zum einen steigt durch die höheren Lufttemperaturen der vertikale Temperaturgradient in Seen und Talsperren. Als Konsequenz nimmt die Durchmischung des warmen Oberflächenwassers mit dem kälteren Tiefenwasser ab. Lange Trockenperioden mit sinkenden Wasserständen führen zudem zu höheren Temperaturen auch in der

Die gemischte Schachtbelegung von warm- und kaltgehenden Leitungen erwärmt PWC stark. Hinzu kommen oft Wärmelasten in abgehängten Decken und gedämmten Vorwänden.



Tiefe. Steigende Bodentemperaturen erwärmen das Wasser in den Verteilungen der Versorger zusätzlich [7]. Ein Forschungsprojekt wies in den Sommermonaten sogar Wassertemperaturen >25 °C bereits im Wasserrohrnetz der Versorger nach [8].

De facto muss also der Planer davon ausgehen, dass sich bei einer Ausgangswassertemperatur von rund 14 °C und einer Maximaltemperatur von 20 °C an der weitesten entfernten Entnahmestelle das Trinkwasser kalt in der Hausinstallation nur um 6 K erwärmen darf. Welche Wärmelasten in der Trinkwasserverteilung auf das PWC in Abhängigkeit von Umgebungstemperatur und Leitungslänge einwirken, lässt sich nicht generell feststellen, sondern ist gebäudespezifisch zu betrachten. Mit der Finite Elemente Methode (FEM) können die Schachttemperaturen simuliert werden [9].

#### Ursachen für PWC-Erwärmung: Hauptverteilung

In der vertikalen Hauptverteilung im Gebäude sind folgende Installationsumgebungen kritisch:

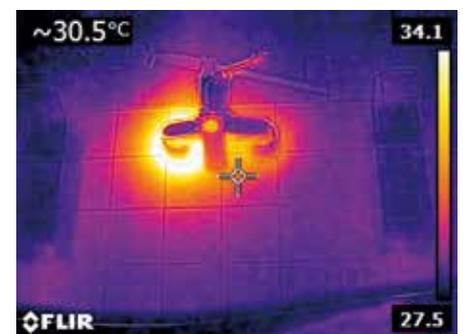
- Trinkwasserhauptverteilungen in Technikzentralen mit hohen Wärmelasten von mehr als 25 °C,
- Enthärtungsanlagen etc. in Räumen mit Umgebungstemperaturen von mehr als 25 °C,
- Steigeschächte mit gemischter Installation von Leitung für Trinkwasser warm (PWH), Trinkwasser warm Zirkulation (PWH-C) und Trinkwasser kalt (PWC),
- Steigeschächte mit gemischter Installation von Heizungsleitungen und PWC,
- Steigeschächte mit gemischter Belegung, die zum vorbeugenden Brandschutz mit isolierendem Material ausgeflockt sind.

Gerade in Sommermonaten mit langen Hitzeperioden und in Räumen mit direkter Son-



neneinstrahlung kommen zu den regulären Wärmelasten noch weitere Wärmequellen hinzu. Wird dann nur über wenige Stunden kein Wasser gezapft, erhöht sich die PWC-Temperatur schnell über die kritische Marke von 25 °C. Der hygienische Idealbereich von ≤20 °C wird kaum noch erreicht. Die VDI-Richtlinie 2050 schreibt daher explizit vor, dass die Raumtemperatur in Technikzentralen mit Trinkwasserverteilungen keinesfalls 25 °C überschreiten darf [10].

Zu den Lösungsstrategien zählt daher, Hauswasseranschlüsse und Trinkwasserverteilungen nur in unbeheizten Kellerräumen ohne direkte Sonneneinstrahlung vorzusehen. Auch bei der Trassenplanung der Keller-

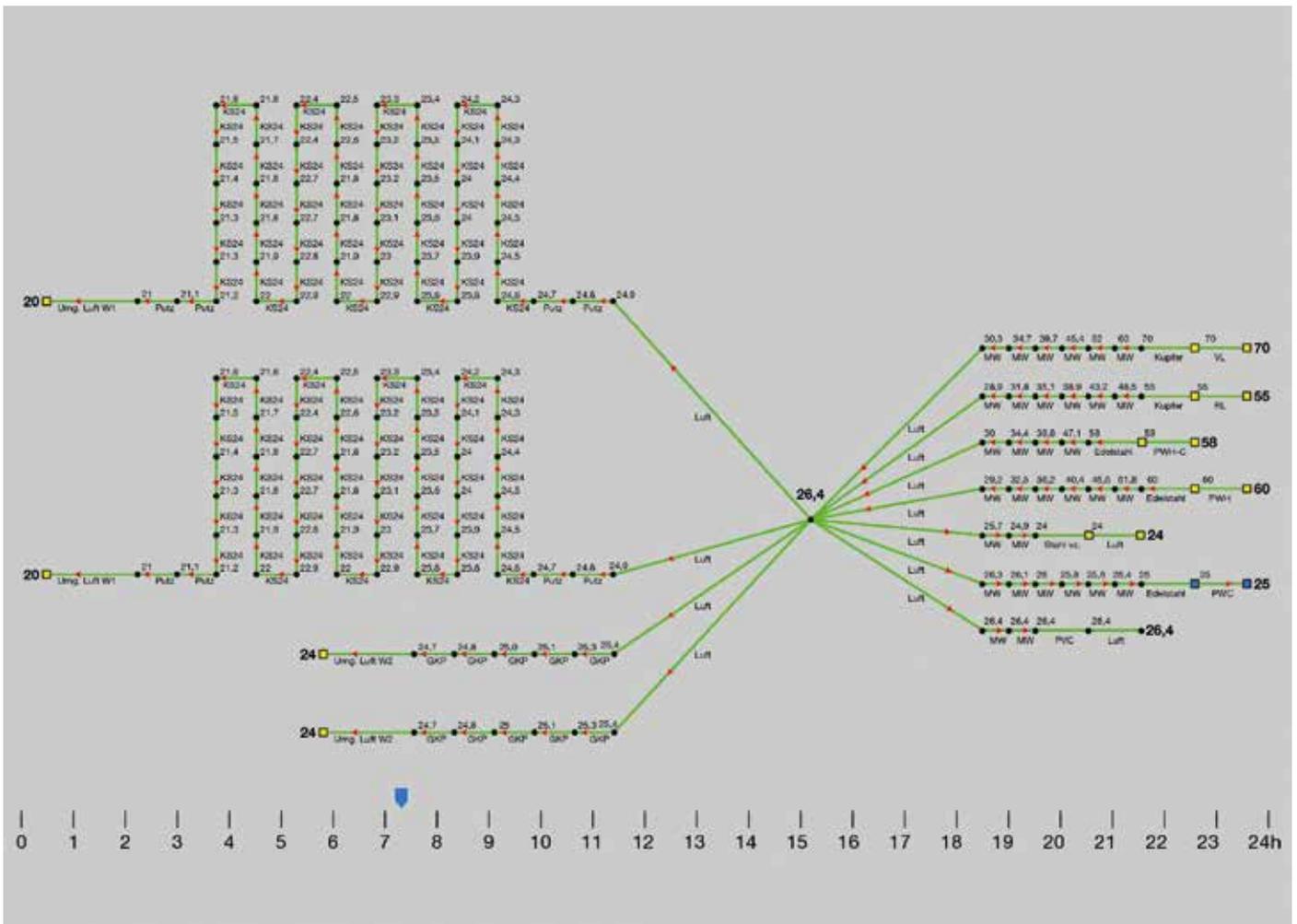


Die thermografische Aufnahme einer Waschtischarmatur zeigt: Wird Trinkwasser warm direkt angeschlossen, kommt es zu einem gravierenden Wärmeübergang auf die Anschlussseite von Trinkwasser kalt. Eine solche Brutstätte kann Keime in die gesamte Trinkwasser-Installation tragen.

verteilung ist auf den Aspekt der Sonneneinstrahlung und der Raumwärmelasten zu achten. Zum Standard sollte ebenfalls gehören, PWC-Leitungen mit der gleichen 100-Prozent-Dämmung zu isolieren wie PWH- und PWH-C-Leitungen.

Die Fremderwärmung von PWC im Steigstrang wird am besten mit der getrennten Installation von warm- und kaltgehenden Leitungen in separaten Schächten reduziert. Zu den kaltgehenden Leitungen zählen Lüftungsrohre, Abwasserrohre oder Feuerlöscheinrichtungen zusammen mit PWC. In einem weiteren Schacht für warmgehende Leitungen werden PWH und PWH-C dann zusammen mit der Heizungszirkulation installiert.

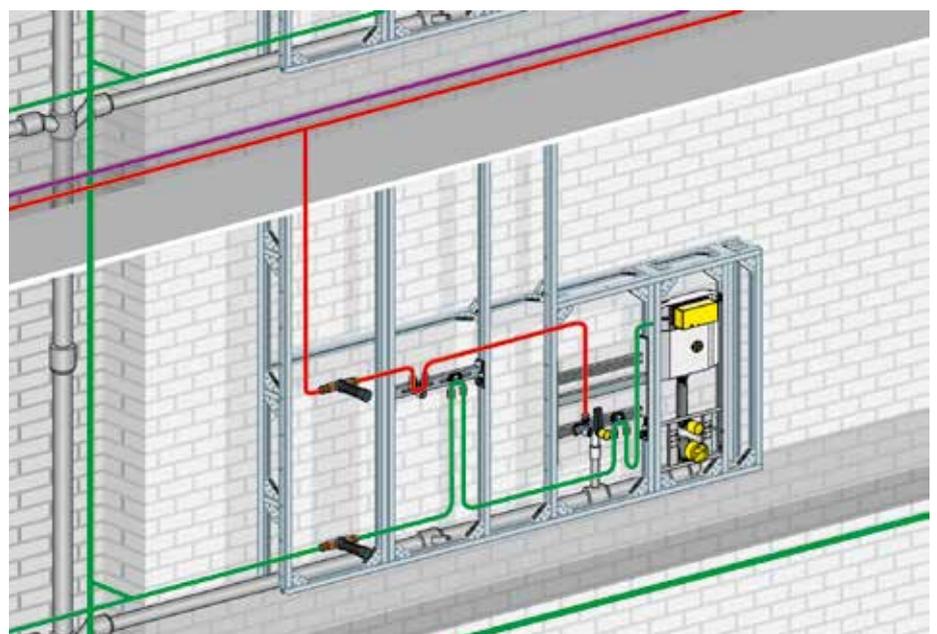
Ist eine solche thermische Entkopplung von PWC baulich nicht möglich, sollte der Wärmeeintrag in den Schacht zumindest deutlich reduziert werden. Das ist zum Beispiel durch DVGW-zertifizierte Inliner-Zirkulationssysteme möglich. Beim Prinzip der innenliegenden Zirkulation wird das Rohr für den Zirkulationsrücklauf im Rohr der Leitung für Trinkwasser warm (PWH) geführt. Dadurch verringern sich zum einen die Bereitschaftsverluste der Zirkulation des Trink-



Die Wärmelasten entlang des Fließwegs von Trinkwasser kalt lassen sich nach FEM simulieren. So können geeignete Lösungsstrategien entwickelt werden, beispielsweise die Aufteilung von warm- und kaltgehenden Leitungen in zwei getrennten Schächten.

wassers warm (PWH-C) - beziehungsweise erhöht sich der Anteil der nutzbaren Energie. Zum anderen wird die Wärmeabgabe in den Schacht deutlich reduziert und damit auch die Erwärmung des Trinkwassers kalt.

Da mit der Installation eines Inliner-Zirkulationssystems eine separate Leitung für PWH-C entfällt, verringert sich entsprechend der Aufwand für die Wärmedämmung und die Brandschutzabschottung. Durch die kompakte Bauweise, den Einsatz zeitsparender Pressverbindungstechnik und die einfache Abschottung bei Deckendurchführungen auf Nullabstand lassen sich zudem die Installationskosten deutlich reduzieren. Ein Vorteil der Inliner-Zirkulation im Vergleich zum klassischen System ist also zusätzlich zur Trinkwasserhygiene die Wirtschaftlichkeit [9, 11]. Die Stockwerksverteilung kann bei Inliner-Zirkulationssystemen ebenso wie bei getrennten Strängen mit Kunststoffrohren angeschlossen werden. Dabei handelt es sich laut Definition des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) um



Ein Lösungskonzept, um den Wärmeübergang auf PWC zu reduzieren: Die Leitungen für Trinkwasser kalt werden in Bodennähe verlegt; Trinkwasser warm wird von oben als Einzelzuleitung in Reihe zu den Entnahmestellen geführt.

Mischinstallationen. Zu beachten ist, dass in puncto vorbeugendem Brandschutz hier generell besondere Anforderungen an die bauaufsichtliche Zulassung der Bauart gelten.

**Ursachen für PWC-Erwärmung: Stockwerksverteilung**

In der Trinkwasser-Installation auf der Etage finden sich folgende Risiken für die unzulässige Fremderwärmung von PWC:

- Wärmestau in abgehängten Decken mit PWC-Leitungen, zum Teil verschärft durch den Wärmeeintrag von eingebauten Leuchtkörpern,
- gedämmte Trockenbauwände,
- direkt an die Zirkulation von Trinkwasser warm angeschlossene Wandarmaturen über Doppelwandscheiben [12].

Um PWC-Leitungen nicht den hohen Wärmelasten in abgehängten Decken auszusetzen, ist es sinnvoll, die Stockwerksverteilung für Trinkwasser kalt in Bodennähe an die Hauptleitung anzuschließen und von unten an die Entnahmestellen zu führen. Erfolgt die Lei-

tungsführung für PWH hingegen weiterhin in der Decke und von oben zu den Entnahmestellen, ergibt sich daraus zudem eine thermische Entkopplung zu PWC-Leitungen in gedämmten Vorwandinstallationen.

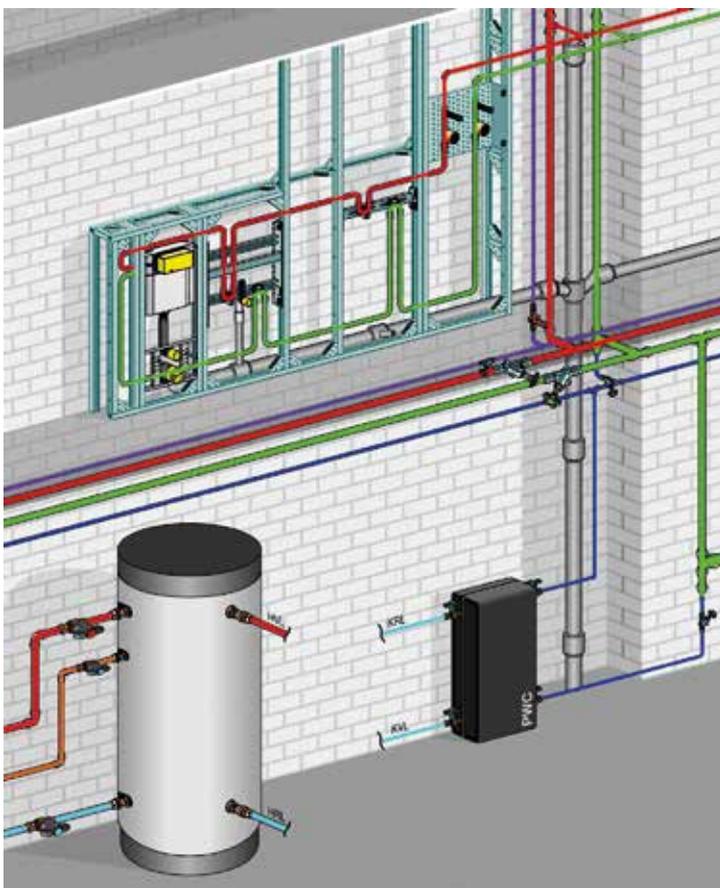
Es gibt auch einfache Lösungswege, um den Wärmeübergang an Zapfarmaturen von PWH auf PWC zu reduzieren: Statt wie bislang häufig üblich die Armatur direkt an die Doppelwandscheibe mit Warmwasserzirkulation anzuschließen, sollte eine kurze Auskühlstrecke zwischen Doppelwandscheibe und Armatur installiert werden. Doch wie lang darf eine kurze Auskühlstrecke sein, um einerseits die Fremderwärmung von PWC durch die Armatur zu vermeiden, andererseits aber die Ausstoßzeiten nach VDI 6003 [13] nicht zu unterschreiten oder sogar kontraproduktive Stagnationsstrecken zu erzeugen? Untersuchungen haben ergeben, dass Auskühlstrecken von 8 bis 10 x DN sowohl in puncto Ausstoßzeiten als auch Stagnationsrisiken unproblematisch sind. Denn die regelmäßige Wasserentnahme an den Zapfstellen ist vom Betreiber ohne-

hin sicherzustellen [14]. Damit kann also die Warmwasserzirkulation in der abgehängten Decke verbleiben, von wo aus zimmerweise PWH-Einzelzuleitungen in Reihe zu den Entnahmestellen geführt werden. Voraussetzung ist, dass das Wasservolumen in der jeweiligen Zuleitung 3 Liter nicht überschreitet.

So liegen an der Zapfarmatur keine hohen Dauertemperaturen an, die über den Armaturenkörper den Kaltwasseranschluss aufheizen und hier Brutstätten für Bakterien bilden. Werden die PWH-Leitungen in den Vorwänden außerdem nicht gedämmt, erfolgt die Auskühlung schneller. Das verkürzt die Verweilzeit von PWH im hygienekritischen Temperaturbereich zwischen 50 und 25 °C.

**Lösungsstrategie gegen PWC-Erwärmung: aktive Kühlung**

Folgen TGA-Planer bei der Konzeption einer Trinkwasseranlage konsequent dem Fließweg von PWC und ermitteln die tatsächlich auftretenden Wärmelasten, kann über zahlreiche Maßnahmen die Fremderwär-



Die Verteilung von Trinkwasser kalt in einer Zirkulation mit einem Durchlauf-Trinkwasserkühler ist eine sichere Lösung, PWC-Temperaturen unter 20 °C zu halten. Bei steigenden Ausgangstemperaturen am Hausanschluss ist diese Installation in großen Trinkwasseranlagen zukünftig wohl unumgänglich.



Die Vorteile der „Smartloop“-Inlinertechnik von Viega sind vielfältig: Durch den im Rohr geführten Rücklauf reduziert sich der Platzbedarf im Schacht. In einer Trinkwasser warm-Zirkulation wird so außerdem die Wärmeabstrahlung verringert. Diese Technik ist aber ebenso für eine Trinkwasser kalt-Zirkulation mit aktiver Kühlung ideal.



mung von Trinkwasser kalt deutlich reduziert werden. Doch immer öfter offenbaren thermische Simulationen nach FEM, dass trotz einer vorausschauenden Leitungsführung unzulässige PWC-Temperaturen nicht auszuschließen sind – insbesondere, wenn Trinkwasseranlagen saniert werden müssen. Denn der Gebäudebestand zwingt bei der Wahl von Leitungswegen immer zu Kompromissen. Häufig werden Spülstationen installiert, die einen Anstieg der PWC-Temperatur in den hygienekritischen Bereich detektieren. Automatisch wird dann das erwärmte Wasser in der PWC-Leitung so lange ausgespült, bis die notwendige Temperatur wieder erreicht ist. Über programmierbare Zeitintervalle kann darüber hinaus auch der Wasserwechsel bei Unterbrechungen des bestimmungsgemäßen Betriebs im entsprechenden Leitungsabschnitt sichergestellt werden.

Eine andere wirtschaftliche Option, die Kaltwassertemperatur zuverlässig auf  $\leq 20^\circ\text{C}$  zu halten, ist die aktive Kühlung von PWC. Dazu ist auch für Trinkwasser kalt eine Zirkulation zu planen (PWC-C). Der Montageaufwand lässt sich gering halten, wenn ein Rohrleitungssystem mit DVGW-zertifiziertem Inliner für PWC installiert wird. Dabei wird der Rücklauf des Trinkwassers kalt in einer im Steigstrang integrierten Leitung zurück zu einem Durchfluss-Trinkwasserkühler geführt. Die Kühlenergie kann beispielsweise ein Kaltwassersatz liefern und über einen Plattenwärmetauscher auf das Trinkwasser kalt übergehen. Ein Sensor misst dafür die PWC-C-Rücklauftemperatur und regelt entsprechend den Volumenstrom des Kühlwassers.

Die aktive Kühlung von Trinkwasser kalt in großen Zweckgebäuden mit ausgedehnten Trinkwassernetzen kann ökonomischer und ökologischer sein, als Trinkwasser mit erhöhter PWC-Temperatur „wegzuspülen“. Zumal in solchen Gebäuden Kaltwassersätze für die Raumklimatisierung häufig ohnehin installiert sind. Der zusätzliche Leistungsbedarf für die Trinkwasserkühlung ist vergleichsweise gering. Doch selbst ein für die Trinkwasserkühlung separates Klimagerät kann sich durchaus lohnen – insbesondere, wenn damit die Trinkwassergüte verlässlich abgesichert wird.

Vor allem in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen ist diese kontrollierte und definierte Temperaturhaltung des Trinkwassers kalt durch PWC-C-Anlagen mit Kühlung empfehlenswert. Denn hier gelten erhöhte Anforderungen an die hygienischen Temperaturen des Trinkwassers kalt. Sinnvoll ist die PWC-Kühlung auch in Trinkwas-

seranlagen, in denen nutzungs- und/oder installationsbedingt ein kontinuierlicher Wärmeeintrag zu kritischen PWC-Temperaturen und damit zu Hygieneproblemen führt.

Der Energieaufwand dafür ist überschaubar, wie eine Konzeptstudie mit Beispielberechnung zeigt: Bei einer benötigten Kälteleistung von 2,5 kW – was einem Krankenhaus mit etwa 60 Nutzungseinheiten entspricht – muss über die Gradzahltag im Raum Frankfurt am Main eine Energie von 3.010 kWh/Jahr aufgewendet werden, um die PWC-Temperatur im gesamten Kaltwassernetz im hygienisch unbedenklichen Bereich  $< 20^\circ\text{C}$  zu halten [9].

### Fazit

Die Fremderwärmung von PWC ist für die Trinkwasserhygiene in Gebäuden eine ernstzunehmende Bedrohung geworden. Moderne Bautechniken, hohe Dämmstandards, aber auch der Klimawandel gehören zu den Einflussgrößen. Mit vorausschauenden Maßnahmen lässt sich die unzulässige Erwärmung von Trinkwasser kalt jedoch in den Griff bekommen. Perspektivisch wird wohl aber die aktive Kühlung von PWC genauso zum Standard, wie die Klimatisierung der Räume selbst. ◀

### Literatur:

- [1] DIN 1988-200, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) – Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe, Beuth, Berlin, 05/2012.
- [2] VDI/DVGW 6023 Blatt 1, Hygiene in Trinkwasser-Installationen – Anforderung an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung, Beuth, Berlin, 04/2013.
- [3] Robert-Koch-Institut, RKI-Ratgeber für Ärzte, Legionellose, 2013.
- [4] DVGW-Information WASSER Nr. 90, Informationen und Erläuterungen zu Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 551, DVGW, Bonn, 03/2017; § 3.3.
- [5] Umweltbundesamt (UBA), Systemische Untersuchungen von Trinkwasser-Installationen auf Legionellen nach Trinkwasserverordnung – Probennahme, Untersuchungsgang und Angabe des Ergebnisses, 18. Dezember 2018.
- [6] K. Rühling, C. Schreiber, C. Lück, G. Schaule, A. Kallert, EnEff: Wärmeverbundvorhaben, Energieeffizienz und Hygiene in der Trinkwasser-Installation, Schlussbericht, 2018.
- [7] energie | wasser-praxis 3/2010, Klimawandel und Wasserversorgung, S. 22.
- [8] E. Osmanovic, M. Engelfried, R. Friedmann, Erhöhte Temperaturen in Trinkwasser-Versorgungssystemen, Energie Wasser Praxis, 09/2018, S. 58-63.
- [9] C. Schauer et al.: Planung und Betrieb 4.0. In: C. van Treeck, T. Kistemann, C. Schauer, S. Herkel, R. Elixmann (Hrsg.): Gebäudetechnik als Strukturgeber für Bau- und Betriebsprozesse, Springer Verlag Berlin 2018, S. 167-275.
- [10] VDI 2050 Blatt 1, Anforderungen an Technikzentralen – Technische Grundlagen für Planung und Ausführung, Beuth, Berlin, 11/2013.
- [11] H. Köhler, C. Schauer, Temperaturhaltung beachten, Wasseraustausch sicherstellen, IKZ Fachplaner 11/2018, S. 8-13.
- [12] H. Köhler, Schleifen sind nicht immer „chic“, SBZ, S. 40-43, 13/2014.
- [13] VDI 6003, Trinkwassererwärmungsanlagen – Komfortkriterien und Anforderungsstufen für Planung, Bewertung und Einsatz, Beuth, Berlin, 08/2018.
- [14] W. Schulte: Moderne Bautechnik – Risiken für die Trinkwassergüte, IKZ Sonderheft Trinkwasserhygiene 2017, S. 14-21.



# Details zur Neuausgabe der DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“



Hans Erhorn,  
Fraunhofer-Institut  
für Bauphysik (IBP),  
Stuttgart

Die Vornormenreihe DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“ stellt ein Verfahren zur Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zur Verfügung. Die Berechnungen erlauben die Beurteilung aller Energiemengen, die zum bestimmungsgemäßen Heizen, raumluftechnischen Konditionieren und Beleuchten von Gebäuden und für die Warmwasserbereitung für Gebäude notwendig sind.

deren Sicherheit“ (NHRS) und „Lichttechnik“ (FNL) zur überarbeiteten Neuveröffentlichung freigegeben.

Der Inhalt wurde in den vergangenen Jahren von den zuständigen Arbeitsausschüssen der im Gemeinschaftsausschuss beteiligten DIN-Normenausschüsse aktualisiert und an die technischen Entwicklungen angepasst. Die Zeit zwischen der Herausgabe der vierten Ausgabe im Jahr 2016 und der fünften Ausgabe im Jahr 2018 wurde unter anderem auch für eine umfangliche Validierung des Normenwerks genutzt.



Dipl.-Ing.  
Heiko Schiller,  
schiller engineering,  
Hamburg

Die Vornormenreihe ist dafür geeignet, den langfristigen Energiebedarf für Gebäude oder auch Gebäudeteile zu ermitteln und die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien für Gebäude abzuschätzen. Die mit der Vornormenreihe DIN V 18599 durchgeführte Energiebilanz folgt einem integralen Ansatz. Das bedeutet, dass eine gemeinschaftliche Bewertung des Baukörpers, der Nutzung und der Anlagentechnik unter Berücksichtigung der gegenseitigen Wechselwirkungen erfolgt. Die Vornormen knüpfen dabei in sinnvoller Weise an bestehende Normen und Berechnungsmethoden an.

Mit der angestoßenen Novellierung des Energieeinsparrechts ist die Zusammenführung des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG), der Energieeinsparverordnung (EnEV) und des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) zum „Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude – Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden“ (Gebäudeenergiegesetz – GEG) vorgesehen.



Prof. Dr.-Ing.  
Thomas Hartmann,  
Geschäftsführer,  
ITG Dresden

Die Vornormenreihe DIN V 18599 wurde als fünfte Ausgabe im Juli 2018 vom verantwortlichen Gemeinschaftsarbeitsausschuss „Energetische Bewertung von Gebäuden“ der DIN-Normenausschüsse „Bauwesen“ (NABau), „Heiz- und Raumluftechnik sowie

Es ist vorgesehen, dass das GEG auf die aktuellen Teile 1 bis 11 der Vornormenreihe DIN V 18599 mit Ausgabedatum 2018-09 verweist und damit der EnEV- und EEWärmeG-Bezug auf die Ausgabe 2011-12 und die 2013-05 herausgegebenen Berichtigungs-



Prof. Dr.-Ing.  
Kati Jagnow,  
FB Wasser, Umwelt,  
Bau und Sicherheit,  
Hochschule  
Magdeburg-Stendal



Dipl.-Ing.  
Claus Händel,  
technischer Referent,  
FGK e.V.,  
Bietigheim-Bissingen



Prof. Dr.-Ing.  
Bert Oschatz,  
Geschäftsführer,  
ITG Dresden



Dr. Jan de Boer,  
Fraunhofer-Institut  
für Bauphysik,  
Stuttgart



Prof. Dr.-Ing.  
Anton Maas,  
FB Architektur,  
Stadtplanung,  
Landschaftsplanung,  
Universität Kassel



Prof. Dr.-Ing.  
Rainer Hirschberg,  
Hocheffizienzhaus-  
institut,  
Wiesbaden



blätter zu den Teilen 1, 5, 8 und 9 der Fassung von 2011 ersetzt wird.

Prozedurbedingt erscheint Teil 12 (Tabellenverfahren Wohngebäude) immer mindestens sechs Monate nach Erscheinen der Teile 1 bis 11, da die Berechnung der Tabellenwerte erst erfolgen kann, wenn an den Normteilen keine Änderungen mehr vorgenommen werden können. Das ist auch für die aktuelle Fassung der Norm der Fall, so dass die Neufassung von Teil 12 erst im Jahr 2019 zu erwarten ist.

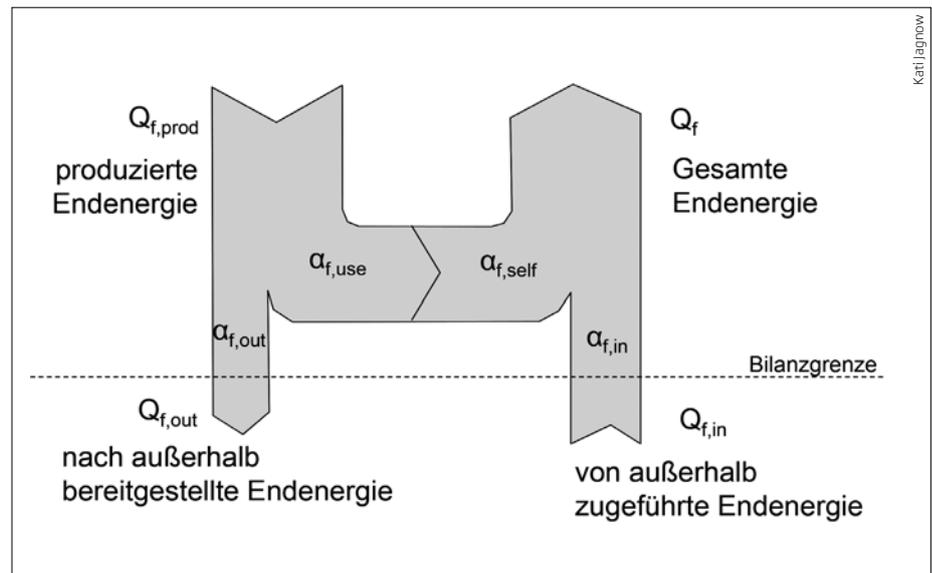
Parallel wird im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) ein Tabellenverfahren für einfache Nichtwohngebäude entwickelt, das für die nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) zulässigen Einzonengebäude verwendet werden kann. Auch dieses wird als Normenwerk im Jahr 2019 erwartet.

## I. DIN V 18599 - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger

Teil 1 der Normenreihe liefert einen Überblick über das Vorgehen bei der Berechnung des Nutz-, End-, und Primärenergiebedarfs für das Beheizen, Kühlen, Beleuchten und die Warmwasserbereitung für Gebäude. Es werden allgemeine Definitionen bereitgestellt, die übergreifend für alle Normteile gelten. Das Grundprinzip der Bilanzierung, das heißt Zonierung und Verrechnung, die gewerkeweise Bilanzierung von der Nutz- zur Endenergie und die gewerkeübergreifende Gesamtbilanz von End- und Primärenergie wurden beibehalten. Die Überarbeitung von Teil 1 umfasst im Wesentlichen einen erweiterten Begriff der Endenergie, die Aufnahme des Anwenderstroms in die Bilanzierung, eine alternative Darstellung der Energiebilanz, die Aktualisierung der Primärenergiefaktoren und Ergänzungen von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten sowie einige Klarstellungen im Bereich der Erhebung geometrischer Daten.

### 1. Erweiterte Endenergiebilanz

Die gesamte Endenergie des Gebäudes  $Q_f$  ergibt sich aus den von außen zugeführten Mengen  $Q_{f,in}$  und den innerhalb der Bilanzgrenzen selbst produzierten oder technisch nutzbar gemachten Mengen, beispielsweise Photovoltaikstrom, Solarwärme, Erd- oder Umweltwärme von Wärmepumpen. Im Rahmen öffentlich-rechtlicher Belange zählt dabei nur der erstgenannte Anteil. Im Sektor Niedrigst-, Null- und Plusenergiegebäude interessieren auch die Energieflüsse innerhalb der Bilanzgrenzen. Ergänzend zu der allgemeinen Endenergiebilanz enthält der An-



Grafik 1: Erweiterte Endenergiebilanz

hang F daher auch Berechnungsvorschriften für:

- die gesamte Endenergie  $Q_f$ ,
- die innerhalb der Bilanzgrenzen nutzbar gemachte oder produzierte Endenergie  $Q_{f,prod}$ ,
- den Selbstnutzungsanteil der produzierten Endenergien  $\alpha_{f,use}$ ,
- den Rückspeiseanteil der produzierten Endenergien  $\alpha_{f,out}$ ,
- den Eigenversorgungsanteil der Endenergien  $\alpha_{f,self}$ ,
- den Fremdversorgungsanteil der Endenergien  $\alpha_{f,in}$ .

Die Überarbeitung des Teils 1 umfasst im Wesentlichen einen geänderten Umgang mit den Umweltenergien als Energieträger.

### 2. Anwendungsstrom

Um die Bilanzierung universeller zu gestalten, enthält die Endenergiebilanz auch den Anteil für Anwendungsstrom – bei Wohngebäuden ist das der Haushaltsstrom. Diese Erweiterung zielt nicht auf EnEV-Nachweise, sondern auf die Bilanzierung von Niedrigst-, Null- und Plusenergiegebäuden. Die Größe kann im zukünftigen energiesparrechtlichen Nachweis optional verwendet werden.

### 3. Alternative Darstellung der Energiebilanz

Ein neuer Anhang E enthält die Darstellung der Energiebilanzierung der Prozessschritte zwischen Nutz- und Endenergie mit Aufwandzahlen: Übergabe, Verteilung, Speicherung, Erzeugung. Das korrespondiert mit dem Beiblatt 3 „Dokumentation“, in dem die Energiebilanz parallel jeweils additiv mit

Verlustenergiemengen und multiplikativ mit Aufwandzahlen ausgewiesen wird. Darüber hinaus wird auch beispielhaft eine gemischte Darstellung der Energiebilanz beschrieben, in der additive Größen (Verluste der Übergabe, Verteilung und Speicherung) und Aufwandzahlen (Erzeugung) verwendet werden.

### 4. Primärenergiefaktoren und CO<sub>2</sub>-Äquivalente

Es erfolgte eine Neuordnung der Primärenergiefaktoren passend zur Endenergiebilanz. Es wird unterschieden in Primärenergiefaktoren für Endenergien, die:

- dem Bilanzraum zugeführt werden (fossile und biogene Brennstoffe, Nah- und Fernwärme, Fernkälte, Strom als Netzmix),
- innerhalb der Bilanzgrenzen nutzbar gemacht werden (Strom aus PV und Windkraft, thermische Umweltenergien, Abwärme aus Prozessen),
- aus dem Bilanzraum abgeführt werden (Strom, thermische Energie, Abwärme), für die entsprechend ein Verdrängungsmix gilt.

Darüber hinaus wurden die Primärenergiefaktoren in Tabelle A.1 – insbesondere die von Strom und biogenen Brennstoffen – überarbeitet und die Standardwerte für „Nah- und Fernwärme aus Heizwerken mit regenerativen Brennstoffen bzw. Energieträgern“ gestrichen.

Ferner erfolgte eine Ergänzung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten in Tabelle A.1, in den Begriffserläuterungen und den Berechnungsvorschriften in Abschnitt 5.7 sowie im Anhang A.



Tabelle 1 – Primärenergiefaktoren und CO<sub>2</sub>-Äquivalente<sup>a</sup>

Energieträger <sup>a</sup>		Primärenergiefaktoren $f_p$		CO <sub>2</sub> -Äquivalent $\chi_{CO_2}$
		[-]		[g/kWh]
		insgesamt	nicht erneuerbarer Anteil	nicht erneuerbarer Anteil
		A	B	C
dem Bilanzraum zugeführte Endenergien (Index „f,in“)				
Fossile Brennstoffe	Heizöl	1,1	1,1	310
	Erdgas	1,1	1,1	240
	Flüssiggas	1,1	1,1	270
	Steinkohle	1,1	1,1	440
	Braunkohle	1,2	1,2	430
Biogene Brennstoffe	Biogas	1,4	0,4	120
	Bioöl	1,4	0,4	190
	Holz	1,2	0,2	40
Nah-/Fernwärme	aus KWK <sup>b</sup> , fossiler Brennstoff bzw. Energieträger	0,7	0,7	c, e
	aus KWK <sup>b</sup> , erneuerbarer Brennstoff bzw. Energieträger	0,7	0,0	c, e
	aus Heizwerken, fossiler Brennstoff bzw. Energieträger	1,3	1,3	c, e
	allgemeiner Fall	c	c	c
Fernkälte	allgemeiner Fall	c	c	c
Strom	allgemeiner Strommix	2,8	1,8	550
innerhalb der Bilanzgrenzen nutzbar gemachte Endenergien (Index „f,prod“)				
Umweltenergie	Wärme (Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme)	1,0	0,0	0
	Kälte (Erdkälte, Umgebungskälte)	1,0	0,0	0
	Strom (aus Photovoltaik, Windkraft)	1,0	0,0	0
Abwärme	aus Prozessen	1,0	0,0	40
aus dem Bilanzraum abgeführte Endenergien (Index „f,out“)				
Strom	Verdrängungsstrommix für KWK	2,8	2,8	860
	Verdrängungsstrommix für PV, WEA	2,8	1,8	550
thermische Energien	Wärme für andere Verbraucher	d	d	d
	Kälte für andere Verbraucher	d	d	d
Abwärme	aus Prozessen	1,0	0,0	40

<sup>a</sup> Bezugsgröße Endenergie: Heizwert  $H_i$ .

<sup>b</sup> Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70%.

<sup>c</sup> Individuelle Berechnung für das Netz, aus dem der Bezug erfolgt, siehe A.4.

<sup>d</sup> Individuelle Berechnung für das Netz, in welches die Einspeisung erfolgt, siehe A.4.

<sup>e</sup> Eine Angabe von Standardwerten ist aufgrund der unterschiedlichen Energieträgermische nicht möglich.

### 5. Geometrische Daten

Als Bezugsfläche der Vornorm DIN V 18599 gilt weiterhin die Nettogrundfläche  $A_{NGF}$ . Da diese Fläche im Wohnungsbau oft nicht bekannt ist, wurden zusätzlich pauschale Umrechnungsformeln ergänzt. Mit diesen

kann auf Basis einer bekannten Wohnfläche  $A_{Wohn}$  oder der Nutzfläche  $A_N$  die Nettogrundfläche näherungsweise bestimmt werden.

Auch die vormals in der EnEV selbst verankerte Bestimmungsformel für die Nutzfläche

$A_N$  und das belüftete Volumen  $V_L$  im Wohnungsbau (jeweils aus dem umbauten Volumen  $V_u$ ) sind nun in Teil 1 direkt abgebildet und präzisiert. Somit muss die EnEV-Nachfolgeverordnung diese Datenbestimmung nicht mehr regeln.



## II. DIN V 18599 - Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen

DIN V 18599-2 bildet die Grundlage der Bilanzierung des Nutzenergiebedarfs für Heizen und Kühlen einer Gebäudezone (Heizwärme- und Kältebedarf). Die wesentlichen Überarbeitungen des Teils 2 der DIN V 18599 sind im Folgenden zusammengefasst dargestellt.

### 1. Transmissionswärmetransferkoeffizienten, Temperatur in angrenzenden Räumen und Temperatur-Korrekturfaktoren

Beim vereinfachten Ansatz zur Ermittlung der Temperatur in angrenzenden unbeheizten Zonen mittels  $F_x$ -Werten (Temperatur-Korrekturfaktoren) werden die Temperatur-Korrekturfaktoren (Tabelle 5) ergänzt um den Fall „Wände und Decken zu niedrig beheizten Räumen“ (Räume mit Innentemperaturen zwischen 12 °C und 19 °C, beispielsweise Treppenhäuser). Für Bauteile des unteren Gebäudeabschlusses sind neue Berechnungswerte aufgenommen worden. Eine vergleichende Darstellung der  $F_x$ -Werte ausgewählter Fälle aus den Normenfassungen 2011 und 2016 zeigt Grafik 2. Die Werte gelten für das charakteristische Bodenplattenmaß  $5 \text{ m} \leq B' < 7,5 \text{ m}$ . Für die Fälle „Beheizter Keller - Fußboden“, „Beheizter Keller - Wand“ und „Decke und Innenwand zum unbeheizten Keller - mit Perimeterdämmung“ sind jeweils die  $F_x$ -Werte bei unterschiedlichen Wärmeschutzniveaus dargestellt. Die schraffierten Balken stellen dabei die Werte für die Normenfassungen 2011 dar. Bis auf den Fall des sehr schlechten Wärmeschutzniveaus ( $R \leq 0,3$ ) ist zu erkennen, dass die Temperatur-Korrekturfaktoren in den Normenfassungen 2018 angestiegen sind. Damit passen die Berechnungen der Wärmeverluste über Bauteile des unteren Gebäudeabschlusses künftig unter Verwendung von  $F_x$ -Werten mit den Ergebnissen nach DIN EN ISO 13370 tendenziell besser überein.

Ferner wurde der vereinfachte Ansatz für die Bestimmung der mittleren Temperatur in ungekühlten Zonen (Kühlfall) überarbeitet und die Temperatur in einem Keller festgelegt, an den eine gekühlte Zone angrenzt.

Die rechnerische Bewertung der Wärmetransmission über Wärmebrücken wird grundsätzlich neu gestaltet. Außerdem wird ein Transmissionswärmetransferkoeffizient für zweidimensionale Wärmebrücken definiert, der mit den Transmissionswärmesenken und -quellen nach außen addiert wird. Damit ist die Temperaturdifferenz innen/außen entsprechend zugeordnet. Die doppelte

Berücksichtigung einer reduzierten Temperaturdifferenz, die bislang fallweise aufgetreten ist, wird damit ausgeschlossen. Die Wärmebrücken werden mittels des Wärmebrückenkorrekturwertes  $\Delta U_{WB}$  erfasst und in die Bilanz einbezogen. Dieser Wärmebrückenkorrekturwert kann wie bislang pauschal angesetzt oder individuell aus Wärmebrückenkatalogen oder Berechnungen ermittelt werden. Die Vorgehensweise für letztgenannte Fälle wurde in einen neuen Anhang H aufgenommen. Ebenfalls neu aufgenommen ist die Möglichkeit der Anpassung der Wärmebrückenkorrekturwerte analog zur Vorgehensweise bei KfW-Nachweisen.

### 2. Strahlungswärmequellen und -senken, interne Wärme- und Kältequellen

Die Standardwerte für Kennwerte für Gläser und Sonnenschutzvorrichtungen in DIN V 18599-2 sind unter Berücksichtigung der Anhaltswerte für die Bemessung und der Bezeichnungen für Konstruktionsmerkmale der Glästypen aus DIN 4108-4 angepasst. Neu aufgenommen sind Kennwerte für schaltbare Gläser.

Der Parameter  $a$ , der die Aktivierung des Sonnenschutzes bewertet, kann nun auch für die Bewertung des Kühlfalls bei Wohngebäuden herangezogen werden. Dabei sind die entsprechenden Werte in Tabelle A.4 des Normenblattes für manuellen oder zeitge-

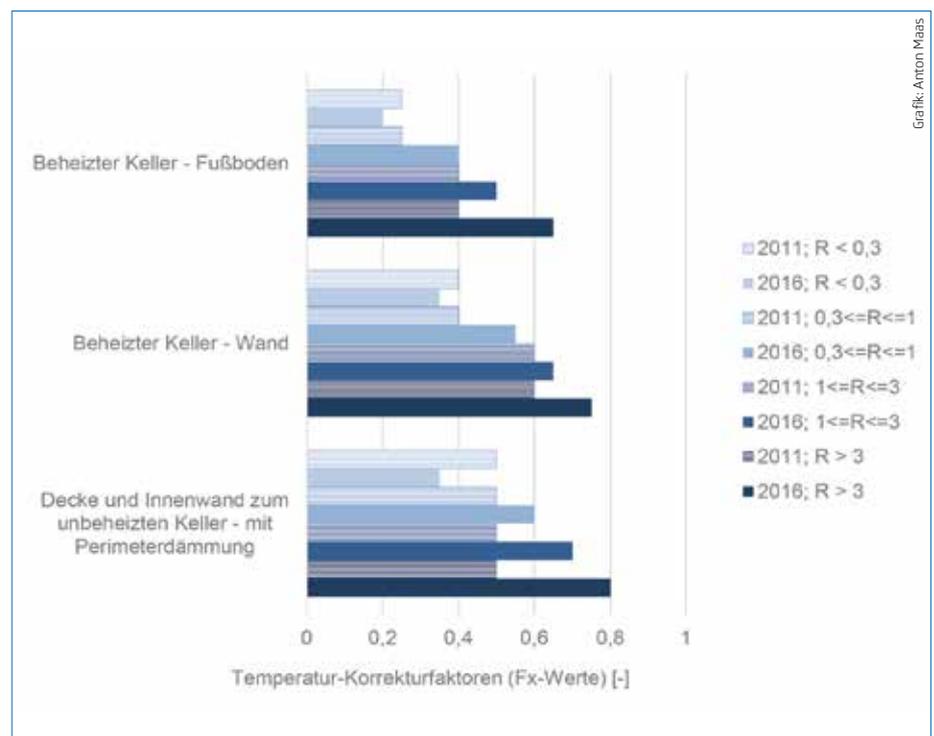
steuerten und in Tabelle A.5 für intensitätsgesteuerten Betrieb jeweils für das Sommerhalbjahr heranzuziehen.

### 3. Heizlast

In Anhang B erfolgt eine Anpassung bei der Bestimmung der erforderlichen maximalen Heizleistung unter Berücksichtigung einer mechanischen Lüftungsanlage. Hier wird – wie im Fall ohne mechanische Lüftung – der Heizleistungsanteil infolge Lüftung durch Infiltration und Fenster mit einem Faktor 0,5 gemindert. Weitere Präzisierungen in diesem Abschnitt betreffen den Abgleich mit den Normteilen 3 und 6.

### 4. Temporärer Wärmeschutz

Ein neuer informativer Anhang G behandelt die Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten für transparente Bauteile mit äußeren und inneren Abschlüssen. Bei Vorhandensein eines Abschlusses – beispielsweise ein Rollladen – kann der Wert für den Wärmedurchgangskoeffizienten des betreffenden transparenten Bauteils gemäß des Ansatzes in DIN EN ISO 13790 korrigiert werden und zur Berechnung des Transmissionswärmestroms als effektiver Wärmedurchgangskoeffizient  $U_{tr,eff}$  einfließen. Der zur Berechnung des effektiven Wärmedurchgangskoeffizienten benötigte kombinierte Wärmedurchgangskoeffizient für das transparente Bauteil mit geschlossenem Abschluss  $U_{tr,sh}$  wird ge-



Grafik 2: Vergleichende Darstellung von Temperatur-Korrekturfaktoren (Fx-Werten) ausgewählter Fälle aus den Normenfassungen 2011 und 2018.



mäß DIN EN ISO 10077-1 in Verbindung mit DIN EN 13125 bestimmt. Der für das Verfahren weiterhin erforderliche dimensionslose Anteil der akkumulierten Temperaturdifferenz für den Zeitraum mit geschlossenem Abschluss  $f_{sn}$  ist in Anhang G aufgenommen.

### III. DIN V 18599 - Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung

Teil 3 der Normenreihe DIN V 18599 beschreibt die Berechnung des Nutzenergiebedarfs für die thermische Luftaufbereitung und des Endenergiebedarfs für die Luftförderung in raumlufttechnischen Geräten mit Schwerpunkt Nichtwohngebäude. Der Nutzenergiebedarf setzt sich zusammen aus dem Energiebedarf für die Funktionen Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten von Außenluft auf einen definierten Zuluftzustand. Weiterhin wird der Rechengang zur Bestimmung des elektrischen Energiebedarfs von Ventilatoren zur Luftförderung beschrieben.

Das Berechnungsverfahren ist auch weiterhin implizit auf Basis von Energiekennwerten aufgebaut. Das bietet den Vorteil, dass das Verfahren auch für Handrechnungen geeignet ist, beispielsweise zur Ergebniskontrolle. Eine einfache Handhabung geht jedoch immer zu Lasten der Flexibilität. Die aktuelle Überarbeitung des Teils 3 für die Ausgaben der Jahre 2016 bzw. 2018 berücksichtigt die in Teil 7 beschriebene bedarfsabhängige Lüftung – in Abhängigkeit von Präsenz und Raumluftqualität. Zukünftig werden auch Kombinationen aus kühllastabhängig und bedarfsabhängig geregelten Variablenstrom-Systemen berechenbar sein. Zudem wurde die bedarfsabhängige Lüftung in das Verfahren zur Berechnung des elektrischen Energiebedarfs von Ventilatoren eingearbeitet.

### IV. DIN V 18599 - Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung

Teil 4 der Normenreihe DIN V 18599 ermöglicht die Ermittlung des Nutz- und Endenergiebedarfs für Beleuchtungszwecke unter Berücksichtigung des künstlichen Beleuchtungssystems, der Tageslichtversorgung, von Beleuchtungskontrollsystemen und der Nutzungsanforderungen. Die Überarbeitung des Normenteils im Bereich Beleuchtung bringt fünf wesentliche Neuerungen:

- vereinfachte Bestimmung des mit Tageslicht versorgten Bereichs,
- installierte elektrische Leistung (Aktualisierung LED-Daten),
- installierte elektrische Leistung (Bewertung vertikaler Beleuchtungsstärken),

- Tageslichtbewertung (Bewertung Dachoberlichter mit Sonnen- oder Blendschutz),
- Formblätter (Handrechenverfahren).

#### 1. Tageslichtversorgte Bereiche

Zum Ermitteln der mit Tageslicht versorgten Bereiche bei Fassaden waren bis jetzt Informationen über die Geometrie des angrenzenden Raums zu berücksichtigen. Vereinfachend können diese Bereiche nun rein aus Geometrieparametern der Fassade selbst abgeleitet werden. Das ermöglicht bei der Anwendung des Verfahrens in der Praxis eine vereinfachte und schnellere Spezifikation – beispielsweise in der Berechnungs- und Nachweissoftware.

#### 2. Aktualisierung LED-Daten

Die Effizienzen (Lichtausbeuten) der unterschiedlichen LED-Produkte haben sich seit der Ausgabe 2011 der Vornorm erheblich verbessert. LED-Produkte stellen mittlerweile den Großteil des Marktvolumens in der Allgemeinbeleuchtung dar. Um das Produktportfolio bezüglich des energetischen Verhaltens differenzierter als bisher einstuft zu können, wurden die bisherigen Klassen „Ersatzlampen“ und „LEDs in LED-Leuchten“ weiter unterteilt und mit aktuellen Bewertungsfaktoren (Stand 2018) basierend auf Querauswertungen unterschiedlicher Lampen- und Leuchtenhersteller parametrisiert. Diese wurden über den Anpassungsfaktor  $k_L$  in das Tabellenverfahren übernommen.

#### 3. Bewertung vertikaler Beleuchtungsstärken

Zum Ermitteln der elektrischen Bewertungsleistung werden in DIN V 18599 bisher nur Werte der horizontalen Beleuchtungsstärke berücksichtigt. So wird für die Nutzung in Tabelle 5 von DIN V 18599-10 die Höhe einer horizontalen Nutzenebene angegeben. Dagegen werden vertikale Flächen nicht einbezogen. Allerdings werden für zahlreiche Nutzungen, beispielsweise die Beleuchtung von Schulen, Kaufhäusern und Bibliotheken, Anforderungen an die vertikale Beleuchtungsstärke gestellt. In diesen Bereichen der Sehaufgabe kommt es dadurch häufig zu Fehlbeurteilungen der Beleuchtungsverhältnisse und damit zu Fehlplanungen mit unrealistischen Werten des Energiebedarfs.

Vor diesem Hintergrund wurden die Verfahren zur vereinfachten Ermittlung (Tabellen- und Wirkungsgradverfahren) zur Bestimmung der erforderlichen elektrischen Bewertungsleistung zum Erreichen bestimmter Beleuchtungsstärken auf horizontalen Flächen auch für die Anwendung auf vertikalen Flächen modifiziert. Es wurde

ein zusätzlicher Anpassungsfaktor zur Berücksichtigung der Beleuchtung vertikaler Flächen  $k_{v,b}$  eingeführt. Dieser wird in Abhängigkeit vom Verhältnis der horizontalen Flächen mit Regalgängen zu der gesamten Grundfläche des Raums parametrisiert. In DIN V 18599-10, Tabelle 5 wurden hierzu für die Nutzungen 6 „Einzelhandel, Kaufhaus“, 20 „Lager, Technik, Archiv“, 29 „Bibliothek, Freihandbereich“, 30 „Bibliothek, Magazin und Depot“ und 41 „Lagerhallen und Logistikhallen“ Richtwerte angegeben. Für die Beleuchtung der vertikalen Tafelfläche in Schulklassenzimmern wird dagegen ein pauschaler, auf die Grundfläche bezogener, jährlicher Endenergiebedarf  $Q_{TB,rel} = 1,25 k_L$  in kWh/m<sup>2</sup>a angesetzt.

#### 4. Bewertung Dachoberlichter

Bisher wurde für konventionelle Dachoberlichtsysteme ohne Sonnenschutzfunktion in DIN V 18599-4 eine gesamte jährliche relative Nutzbelichtung ermittelt und zur Bewertung des Einflusses der Tageslichtversorgung auf den Endenergiebedarf für Beleuchtung herangezogen. Das Modell wurde strukturell dahingehend erweitert, dass die Einflüsse nun getrennt mit nicht aktiviertem und aktiviertem Sonnenschutz analysiert und optimiert werden können. Hierzu wurde die relative Nutzbelichtung differenziert: in eine „relative Nutzbelichtung bei Sonnen- oder Blendschutz nicht aktiviert“ und in eine „relative Nutzbelichtung bei Sonnen- oder Blendschutz aktiviert“.

#### 5. Handrechenverfahren

In den informativen Anhang von DIN V 18599-4 wurden Formblätter aufgenommen. Diese ermöglichen eine zügige Abschätzung des Energiebedarfs der Beleuchtung in Form von Handrechnungen. Sie sind beispielsweise für Anwender mit geringen lichttechnischen Kenntnissen oder für die Nutzung in Ausbildung und Lehre geeignet. Mit den Blättern können alle über vertikale Fassaden mit Tageslicht versorgten Bereiche einer Zone in nur einem Berechnungsbereich abgebildet werden. Gegebenenfalls zu beachtende Vereinfachungen ergeben sich durch Pauschalierungen und den Verzicht auf Berechnungsoptionen des Hauptverfahrens.

### V. DIN V 18599 - Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen und DIN V 18599 - Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen

Der Teil 5 der Normenreihe DIN V 18599 enthält ein Verfahren zur energetischen Bewertung von Heizsystemen in Gebäuden. Dieses



baut auf der vorhandenen Methodik der im Rahmen des EPBD-Mandats erarbeiteten europäischen Normen und der DIN V 4701-10 auf. Das betrifft beispielsweise die anlagentechnischen Bilanzierungsabschnitte Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung. Analoges gilt für Teil 8 der Norm.

Die Teile 5 und 8 der Normenreihe DIN V 18599 sind überarbeitet und an die neueren technischen Entwicklungen angepasst worden. Die wesentlichen Änderungen betreffen die im Folgenden beschriebenen Punkte:

### 1. Wärmeübergabe

Der durch die Wärmeübergabe an den Raum und die dort vorhandene Regelung verursachte energetische Aufwand wird zukünftig nicht mehr durch Teilnutzungsgrade, sondern durch Temperaturabweichungen beschrieben. Damit wird das Verfahren in der DIN V 18599-5 an die Europäische Norm EN 15316-2 angeglichen.

### 2. Gas-Sorptionswärmepumpen

Der Berechnungsalgorithmus der Vornormenreihe DIN V 18599:2011 baute ausschließlich auf dem gemessenen Jahresnutzungsgrad nach VDI 4650 Blatt 2 auf. In der Neuausgabe wird bei der Berechnung des Jahresnutzungsgrades der Einfluss der Auslastung der Wärmepumpen berücksichtigt. Insbesondere bei den Adsorptionswärmepumpen im kleineren Leistungsbereich kann damit eine bessere Vorhersage der Effizienz der Geräte vorgenommen werden.

### 3. Pellet- und Hackschnitzelkessel

Die Standardwerte für Wirkungsgrade, Bereitschaftsverluste und Hilfsenergiebedarf für Pellet- und Hackschnitzelkessel wurden an aktuelle Produktkennwerte angepasst. Damit können zukünftig realistische Bedarfswerte errechnet werden, ohne produktspezifische Kennwerte einzusetzen. Außerdem wurden Kennwerte für Pellet-Brennwertkessel ergänzt.

### 4. Thermische Solarsysteme

Der Bewertungsansatz für thermische Solarsysteme wurde komplett neu gefasst. Ausgehend vom Heizwärmebedarf bei Anlagen mit Heizungsunterstützung und Warmwasserbedarf wird eine typische Dimensionierung für Kollektorfläche und Speichergröße vorgenommen und über den Kollektorwirkungsgrad der Solarertrag ermittelt. Abweichende Kollektorflächen oder Speichergrößen werden über Korrekturfaktoren berücksichtigt und dann der entsprechende Solarertrag bestimmt. Daraus ergibt sich der Energiebedarf für den ergänzenden

Wärmeerzeuger. Die Standardwerte der Kollektoreigenschaften werden jetzt zusätzlich zum bisherigen Format auch bruttoflächenbezogen für Kollektoren A bis A+++ angegeben.

### 5. Elektrische Wärmepumpen

Der Berechnungsabschnitt für elektrische Wärmepumpen wurde für eine bessere Verständlichkeit neu strukturiert. Die Neufassung ermöglicht auch die Berechnung leistungsgeregelter Sole-Wasser-Wärmepumpen. Da die monatsmittleren Betriebstemperaturen einer Wärmepumpe bei Fußbodenheizungen mit niedrigen Auslegungstemperaturen außerhalb der Prüfpunkte liegen, ist eine Extrapolation erforderlich. Um eine Überschätzung der Leistungsbeziehungswise Arbeitszahlen bei dieser Extrapolation zu vermeiden, wird die rechnerische Vorlauftemperatur auf einen Mindestwert von 30 °C begrenzt.

### 6. Elektrische Temperaturhaltebänder

Alternativ zu Zirkulationssystemen kann die Temperaturhaltung in Warmwasserverteilsystemen durch elektrische Temperaturhaltebänder (Begleitheizung) vorgenommen werden. Das war auch in der bisherigen DIN V 18599 berechenbar. Die Rückwirkungen, die sich auf den Wärmeerzeuger ergeben, können allerdings erst jetzt erfasst werden: Ohne Zirkulation entfallen die ständige Energieentnahme aus dem Speicher und damit das häufige Nachladen. Im Ergebnis sinkt die Rücklauftemperatur aus dem Speicher bei Nachladevorgängen, gleichzeitig verringert sich die mittlere Temperatur des Wärmeerzeugers im Sommerbetrieb.

### 7. Wohnungsstationen für Heizung und/oder Warmwasser

Der Einsatz von Wohnungsstationen – auch Frischwasserstationen genannt – hat in den vergangenen Jahren infolge der verstärkten Bemühungen zur Vermeidung von Legionellenwachstum deutlich zugenommen. Um eine Berechnung zu ermöglichen, wurde ein Abschnitt in die Norm aufgenommen, der Angaben zu mittleren Temperaturen im Verteilnetz, rechnerischer Laufzeit der Heizung und Leitungslängen enthält. Wie auch sonst üblich, kann hier mit Standardwerten oder mit produktbeziehungswise objektspezifischen Daten gearbeitet werden.

### 8. Warmwasserverteilnetze

Die Standardwerte für die Temperaturen im Verteilnetz und im Warmwasserspeicher sowie für die Laufzeit der Zirkulationspumpe

wurden an die jetzt üblichen Betriebsbedingungen angepasst.

### 9. Durchlauferhitzer

Gas-Durchlauferhitzer sind neu in die Bewertung aufgenommen worden. Bei elektrischen Durchlauferhitzern wird in der Neuausgabe nicht mehr nach Baualter differenziert, sondern zwischen “elektronisch geregelten” und “hydraulisch gesteuerten” Geräten unterschieden. Da bei elektronisch geregelten Durchlauferhitzern die Leistung stufenlos an den jeweiligen Bedarf angepasst werden kann und die gewünschte gradgenaue Wassertemperatur bereitgestellt wird, ergeben sich hier deutliche energetische Vorteile. Die Norm enthält einen Berechnungsansatz, der mögliche Energieeinsparungen durch eine bauartbedingte Volumenstrombegrenzung quantifiziert – allerdings mit der Einschränkung, dass diese nicht für den öffentlich-rechtlichen Nachweis, sondern nur bei einer Energieberatung berücksichtigt werden dürfen.

### 10. Wärmerückgewinnung aus Duschabwasser

Systeme zur passiven Wärmerückgewinnung aus Duschabwasser mittels Wärmeübertrager werden in einigen Ländern häufig eingesetzt, beispielsweise in den Niederlanden. Das geschieht vor allem, weil sie eine vergleichsweise kosteneffiziente Maßnahme zur Verringerung des Energieverbrauchs sind. Die Neufassung der DIN V 18599-8 ermöglicht jetzt auch für Deutschland eine energetische Bewertung.

### 11. Weitere wesentliche Änderungen

Gegenüber der Ausgabe DIN V 18599-5:2011-12 wurden darüber hinaus folgende Änderungen vorgenommen:

- Aufnahme von Standardwerten für den Deckungsanteil und für die direkte und indirekte Wärmeabgabe bei dezentralen und hydraulisch eingebundenen Einzelfeuerstätten,
- Aufteilung der Deckungsanteile bei Kombianlagen für Heizung und Trinkwassererwärmung,
- Beschreibung der Vorgehensweise bei Bestimmung der Leistungszahlen im Teillastbetrieb (analog zu drehzahlgeregelten elektrischen Wärmepumpen),
- Abfrage nach dem Wasserinhalt des Wärmeerzeugers entfällt,
- Korrektur der Begriffe zur Elektro-Speicherheizung,
- Gleichung zum Kollektorwirkungsgrad ergänzt, damit dieser nicht negativ wird,

- Vereinheitlichung des Belastungsfaktors in Anhang B,
- Ergänzung eines Verfahrens in Abschnitt B.9 des Teils 5 zur Berechnung der maximalen Heizleistung von Wärmepumpen bei Angabe einer Bivalenztemperatur,
- Änderung der Berechnung der maximalen Vorlauftemperatur von Wärmepumpen zur Warmwasserbereitung,
- Änderung der Standardwerte für die maximale Vorlauftemperatur zur Trinkwarmwasserbereitung,
- Ergänzung einer Beschreibung zur Vorgehensweise bei geregelten gasmotorischen Wärmepumpen,
- Ergänzung eines Berechnungsansatzes für kalte Wärmenetze als Wärmequelle für Wärmepumpen.

## VI. DIN V 18599 - Teil 6: Endenergiebedarf von Wohnungs- lüftungsanlagen und Luftheizungs- anlagen für den Wohnungsbau

Teil 6 der Normenreihe liefert die Algorithmen und Kennwerte für die Berechnung des Endenergiebedarfs von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau. Die aktuelle Fassung enthält gegenüber der Ausgabe DIN V 18599-5:2011-12 einige wesentliche Erweiterungen.

### 1. Neuer Algorithmus für Teillüftung

Der bisher verwendete und pauschal beschriebene Ansatz einer flächenanteiligen Berechnung aller relevanten Energiebedarfs-

werte führte in der Praxis zu Unklarheiten und Missverständnissen. Mit der Neuausgabe des Teils 6 wird die Teillüftung detailliert und gültig für unterschiedliche Kombinationen berechnet, beispielsweise aus:

- freier Lüftung und ventilatorgestützter Lüftung,
- ventilatorgestützter Lüftung mit und ohne Wärmerückgewinnung,
- ventilatorgestützter Lüftung mit und ohne Bedarfsführung,
- ventilatorgestützter Lüftung mit Heizperioden- und Ganzjahresbetrieb.

Für die weitere Klarstellung wurde eine Definition der „Teillüftung“ aufgenommen.

### 2. Umstellung der Berechnung der Wärmeverluste bei der Wärmeübergabe

In den Anlagenteilen erfolgt einheitlich die Umstellung der Berechnung der Wärmeverluste bei der Wärmeübergabe auf ein Verfahren unter Berücksichtigung der Temperaturabweichungen im Raum (bisher mit Nutzungsgraden). Diese Umstellung wird im Teil 6 genutzt, um die Zahl der Kennwerte drastisch zu reduzieren und um die Anwendung zu vereinfachen.

### 3. Anpassung an Ecodesign-Richtlinie

Zur Anpassung an die Ecodesign-Richtlinie werden die Berechnungen für den Energieaufwand der Ventilatoren und für die Berücksichtigung verschiedener Frostschutzstrategien modifiziert:

#### Ventilatoren

- Umstellung von bezogener Leistungsaufnahme der Ventilatoren  $p_{el, fan}$  auf spezifische Leistungsaufnahme der Ventilatoren SPI nach DIN EN 13142,
- Aktualisierung der Standardwerte für DC/EC-Systeme (Berücksichtigung der technologischen Weiterentwicklung).

#### Frostschutzstrategien

- Erweiterung für Frostschutz durch Reduzierung des Zuluftvolumenstroms (bisher nur Abschaltung des Zuluftventilators berücksichtigt),
- Berücksichtigung von Abluft-Zuluft-Wärmepumpen mit einem zweiten Kondensator zur Luftvorwärmung.

### 4. Erweiterung der Systeme zur Wohnungskühlung

Bei der Wohnungskühlung erfolgt lediglich eine moderate Erweiterung der bilanzierbaren Systeme – bei gleichzeitiger punktueller Vereinfachung. Zum einen werden Sys-

teme zur Luftkühlung mit begrenzter Zulufttemperatur (Kühlgrenze) berücksichtigt, um den Aspekt der thermischen Behaglichkeit besser berücksichtigen zu können. Zum anderen erfolgt die Berechnung der Jahresarbeitszahl von Kompressions-Kältemaschinen unter Berücksichtigung des Baualters, um die Auswirkungen des technischen Fortschritts auf die Energieeffizienz erfassen zu können.

### 5. Überarbeitung des Algorithmus für Abluft-Wärmepumpen

In ventilatorgestützten Lüftungssystemen kommen heute Abluft-Wärmepumpen in unterschiedlichsten Konstellationen zum Einsatz. Typisch sind zum Beispiel:

- Abluft-Zuluft-Wärmepumpen,
  - Abluft-Wasser-Wärmepumpen zur Heizungsunterstützung und
  - Abluft-Wasser-Wärmepumpen zur Trinkwassererwärmung,
- die gegebenenfalls mit Außenluft als zusätzlicher Wärmequelle und mit Wärmeübertragern kombiniert werden.

Während in den vergangenen Jahren der Einsatz von unregelmäßig, einstufig betriebenen Wärmepumpen überwog, werden zunehmend Lösungen mit leistungsgeregelten Wärmepumpen angeboten – oft als Inverterregelung des Verdichters. Diese Leistungsregelung der Wärmepumpen wurde erstmalig mit der Normfassung von 2011 der DIN V 18599 erfasst. Durch die technische Weiterentwicklung einerseits und Erfahrungen mit der Anwendung der Norm andererseits erfolgt eine komplette Überarbeitung des Berechnungsansatzes mit folgenden Zielen:

- Abgleich der Algorithmen mit Teil 5 und Teil 8,
- nationale und europäische Messwerte als Eingabekenngrößen ermöglichen,
- korrekte Berücksichtigung von drehzahlgeregelten Verdichtern mit variabler Priorität der Wärmenutzung (Zulufterwärmung, wasserbasierte Heizung und Trinkwassererwärmung),
- Erweiterung der abgebildeten Systeme (zum Beispiel bisher nur Abluft-Zuluft-Wärmepumpe, neu Abluft-Zuluft-Wärmepumpe mit Außenluft als zusätzliche Wärmequelle).

Die Überarbeitung der Berechnung für die Abluft-Wärmepumpen hat zur Folge, dass die Struktur der Norm im Abschnitt 9 angepasst wird und jetzt stärker auf die vorhandenen Komponenten (Wärmeübertrager, Wärmepumpe, Luftheizung) anstatt auf die Lüftungssysteme ausgerichtet ist.





## VII. DIN V 18599 – Teil 7: Endenergiebedarf von Raumluft- technik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau

Teil 7 der Normenreihe DIN V 18599 beschreibt die Berechnung des Endenergiebedarfs für die Raumlufttechnik und Klimakälteerzeugung. Ausgehend vom Nutzenergiebedarf für die Raumkühlung (Teil 2) und die Außenluftaufbereitung (Teil 3) werden Übergabe- und Verteilverluste für die Raumkühlung sowie die RLT-Kühlung und RLT-Heizung berechnet und Randbedingungen für die Komponenten der Raumluft- und Klimakältetechnik definiert.

Gegenüber der Ausgabe DIN V 18599-7:2011-12 wurden folgende Änderungen in der Neufassung der Norm vorgenommen. Zuvor ist anzumerken, dass grundsätzlich im Teil 7 keine wesentlichen Neuerungen eingearbeitet wurden, sondern im Wesentlichen die Randbedingungen an die veränderte Normen- und Verordnungslage angepasst wurden.

### 1. Randbedingungen RLT-Geräte und -Systeme

Die Schnittstellen für die Lüftungs- und Klimatechnikgeräte und -systeme wurden an die Neufassung der DIN EN 16798-3 aus dem europäischen EPBD-Mandat angepasst. Diese Norm ersetzt die bisherige DIN EN 13779 für die Planung und Ausführung der RLT-Anlagen.

Die Mindestanforderungen an RLT-Geräte (elektrische Leistungsaufnahme und Wärmerückgewinnung) sind seit dem 1.1.2016 durch die Ecodesign-Verordnung EU 1253/2014 neu geregelt. Die bisherigen Anforderungen der EnEV (§15) sind damit in der jetzigen Fassung nicht mehr umsetzbar – die Ecodesign-Verordnung hat für die betroffenen Geräte Vorrang. Weitere Details sind in der Neufassung der DIN EN 13053 für RLT-Geräte neu spezifiziert worden.

Diese Normen geben insbesondere auch eine Klarstellung zu den verschiedenen Arten der spezifischen Leistungsaufnahme der Ventilatoren (SFP intern, zusätzlich und extern), die für die energetische Bewertung eine zentrale Rolle spielen.

### 2. Klimakälteanlagen

Die Standardkennwerte für die Kälteerzeugung wurden überarbeitet und an die Mindestanforderungen der Ecodesign-Verordnung EU 2281/2016 für Kälteerzeuger angepasst. Dazu wurden ergänzende Baualterfaktoren eingeführt und die Standardwerte um die Niedrig-GWP-Kältemittel R1234ze und R290 erweitert. Die Bewertungsmethodik für die regenerative Kühlung wurde um

freie Kühlung mit Kühltürmen im Parallelbetrieb ergänzt.

Da es immer wieder Forderungen nach Vereinfachung und Kürzung der Normtexte im Kontext von EnEV und DIN V 18599 gab, wurden verschiedene Standardwerte und Tabellenwerte gekürzt und gestrafft. Das betrifft vor allem die bisher sehr differenzierten Freikühlfaktoren der Kälteerzeugung.

Für eine einfachere Festlegung der Referenzkennwerte der Kaltwasserhydraulik wurde das vereinfachte Verfahren aus dem bisherigen Anhang D leicht überarbeitet und als Hauptverfahren spezifiziert. Das ausführliche Verfahren wurde als Alternativverfahren in den Anhang D verschoben.

## VIII. DIN V 18599 – Teil 9: End- und primärenergetische Bewertung von Kraft-Wärme-Kopplungs-, Photovoltaik- und Windenergieanlagen im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude

Auch der Teil 9 der Normenreihe DIN V 18599 wurde überarbeitet und aktualisiert. Nach längerer Diskussion in einer speziellen Ad-hoc-Gruppe einigte man sich darauf, dass trotz der bekannten Nachteile die bisher zur Brennstoffallokation bei Kraft-Wärme-Kopplungs-(KWK-)Systemen verwendete Stromgutschriftmethode weiterhin angewendet werden soll. Neuigkeiten gibt es hingegen bei den im Folgenden genannten Punkten.

### 1. Motorische KWK

Aufbauend auf einer umfangreichen Marktübersicht der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE) konnten Standardwerte für den elektrischen und thermischen Wirkungsgrad von motorischen Blockheizkraftwerken (BHKW) im Leistungsbereich von 20 kW bis 17 MW in die Norm aufgenommen werden. Ferner wurden ein Hinweis zur gewerkweisen Aufteilung der Endenergie von KWK-Systemen aufgenommen und der Berechnungsansatz für Spitzenlasterzeuger bei KWK-Anlagen konkretisiert.

### 2. Brennstoffzellen

Die Neuausgabe der Norm ermöglicht erstmalig die Berechnung von Brennstoffzellen. Dazu sind die bisher in DIN SPEC 32737 veröffentlichten Bewertungsansätze in die Norm integriert worden. Wie bei den anderen KWK-Systemen wird auch hier der für den EnEV-Nachweis erforderliche Primärenergiefaktor unter Berücksichtigung des Spitzenlastkessels ermittelt. Weiterhin können die für

die Wirtschaftlichkeitsberechnung wesentlichen Kennwerte bestimmt werden: Brennstoffbedarf sowie Strom- und Wärmeerzeugung.

### 3. PV-Systeme

Der bisherige Berechnungsansatz zur Ermittlung der Stromproduktion von PV-Systemen wurde weiterentwickelt. Die Standardwerte für die PV-Peakleistungskoeffizienten wurden an die technische Entwicklung angepasst, außerdem wird der Einfluss der Alterung der PV-Module (Degradation) jetzt im Berechnungsgang berücksichtigt. Umfangreiche Ergänzungen gibt es auch, um den im Gebäude selbst genutzten Anteil des erzeugten Stromes qualifiziert abzuschätzen. Dazu wurde das von Markus Lichtmeß entwickelte, vereinfachte Verfahren zur Bestimmung der Eigenstromnutzung in die Norm aufgenommen. Es berücksichtigt neben dem Stromkonsum innerhalb der Bilanz auch den Haushaltsstrombedarf. Der positive Einfluss eines Batteriespeichers auf die Eigenstromnutzung wird erfasst.

Das Verfahren kann zunächst nur für Wohngebäude angewendet werden. Die Berechnung von Nichtwohngebäuden und von Power-to-Heat-Lösungen ist (vorerst) nicht möglich.

## IX. DIN V 18599 – Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten

In DIN V 18599-10 werden Randbedingungen für Wohn- und Nichtwohngebäude sowie Klimadaten bereitgestellt. Die aufgeführten Nutzungsrandbedingungen können als Grundlagen für den öffentlich-rechtlichen Nachweis herangezogen werden und bieten darüber hinaus Informationen für Anwendungen im Rahmen der Energieberatung.

Die Überarbeitung des Teils 10 der DIN V 18599 beinhaltet einige inhaltliche Änderungen, welche im Folgenden zusammengefasst dargestellt sind.

### 1. Nutzungsrandbedingungen Wohngebäude

Der Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser wird nicht mehr wie bislang mit festen Werten in Abhängigkeit vom Gebäudetyp (EFH/MFH) vorgegeben, sondern in Abhängigkeit von der Größe einer Wohneinheit. Der Wertebereich für  $q_{w,b}$  liegt zwischen etwa 8,5 und 13,5 kWh pro m<sup>2</sup> (Nettogrundfläche-NGF) und Jahr.

Der in DIN V 18599-9 für die Bewertung von PV-Anlagen beschriebene Anwendungsstrombedarf wurde neu aufgenommen



men – ohne Anteile der Hilfs- und Endenergien für die Heizung, Trinkwassererwärmung, Kühlung, Lüftung. Die ebenfalls für die PV-Bewertung benötigte tägliche Stundenzahl mit relevanter solarer Einstrahlung ist als zusätzlicher Eintrag in Tabelle 8 angegeben.

### 2. Nutzungsrandbedingungen Nichtwohngebäude

Die Nutzungsprofile in DIN V 18599-10 werden um die für DIN V 18599-4 benötigten Angaben des Anpassungsfaktors zur Beleuchtung vertikaler Flächen ergänzt. Weiterhin erfolgen Änderungen in Tabelle 5 und Anhang A bezüglich:

- der relativen Abwesenheit RLT beim Hotelzimmer (Tabelle 5 und Anhang A),
- der Zuordnung von Raum-Solltemperaturen bei Nutzungen mit niedrigen Innentemperaturen (Tabelle 5 und Anhang A),
- der Angaben zum Mindestaußenluftvolumenstrom, zum Mindestaußenluftvolumenstrom Gebäude und zur relativen Abwesenheit RLT bei den Nutzungen „Gewerbliche und industrielle Hallen (Nr. 22.1 bis 22.3)“ und „Labor“ (Tabelle 5 und Anhang A),
- der Angaben zu „Wärmequellen - Personen“ bei den Nutzungen „Gewerbliche und industrielle Hallen (Nr. 22.1 bis 22.3).

### X. DIN V 18599 – Teil 11: Gebäudeautomation

Der Teil 11 behandelt das Thema Gebäudeautomation. Es werden in diesem Normteil keine neuen Rechenprozeduren beschrieben, sondern die Regel- und Automationseinrichtungen vier Klassen zugeordnet (A bis D). Abhängig von der Ausstattung ergeben sich rechnerisch abweichende Sollwerte bzw. Betriebszeiten der Anlagen. Bei Verwendung der entsprechenden Kennwerte in den Rechenprozeduren der anderen 10 Normteile ergibt sich dann ein Energiebedarf unter Berücksichtigung der Qualität der Automationskomponenten.

Im Betrieb ergeben sich häufig abweichende Bedingungen und ein vom Bedarf abweichender Verbrauch. Ein Teil dieser Bedingungen, die Witterungsbedingungen, ist nicht beeinflussbar. Aber auch der witterungsbereinigte Energieverbrauch einer Anlage kann deutlich höher ausfallen als ihr errechneter Bedarf. Mögliche Ursachen innerhalb der Anlagentechnik sind zu hoch eingestellte Sollwerte, unterlassene Sollwertreduzierungen in Nichtnutzungszeiten, unnötige Fensteröffnungen, fehlerhafte Einstellungen von Komponenten und Armaturen und dergleichen mehr.

Die Informationen aus Gebäudeautomatisierungs- und Energiemanagementsystemen können für Vorkehrungen und Maßnahmen genutzt werden, mit denen Energieverbräuche, die den Bedarf übersteigen, wirkungsvoll reduziert werden. Die Bewertung solcher Vorkehrungen und Maßnahmen selbst ist indes nicht Gegenstand der DIN V 18599-11. Dass in der Praxis der witterungsbereinigte Energieverbrauch niedriger als der berechnete Bedarf ausfällt, ist nicht ungewöhnlich. Das ist neben den genannten Ursachen in der Anlagentechnik im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass im Gebäude andere und in der Summe geringere Nutzungszeiten und Nutzungsanforderungen vorliegen, als sie in der Bedarfsberechnung zugrunde gelegt wurden. Gebäudeautomatisierungs- und Energiemanagementsysteme erlauben die Berücksichtigung des tatsächlichen Bedarfs und seiner Änderungen. Im Teil 11 werden Verfahren angegeben, wie diese Möglichkeiten in einem verminderten Bedarf ausgewiesen werden können. Dazu werden die in den einzelnen Vornormteilen von DIN V 18599 beschriebenen Steuer-, Regel- und Automationsfunktionen übersichtsartig zusammengestellt und entsprechend ihrer möglichen Auswirkungen auf einen energieeffizienten Gebäudebetrieb bestimmten Automatisierungsgraden zugeordnet. Den Automatisierungsgraden ist eine fiktive Temperaturdifferenz zugeordnet, die bei der Bestimmung der Bilanz-Innentemperatur berücksichtigt wird, sodass der energetische Einfluss in der Bilanz nach Teil 2 ausgewiesen werden kann.

In der überarbeiteten Ausgabe des Teils 11 sind zusätzliche Angaben zum elektrischen Hilfsenergieaufwand von Komponenten der Gebäudeautomation enthalten, die dann bei der Gesamtenergiebilanz berücksichtigt werden können.

### XI. DIN V 18599 – Teil 12: Tabellenverfahren für Wohngebäude

Mit der Ausgabe 2016 der Vornorm DIN V 18599 wurde erstmals ein ergänzendes Tabellenverfahren für Wohngebäude veröffentlicht. Beim Tabellenverfahren handelt es sich nicht um neue Berechnungsansätze, sondern es sind alle allgemeinen Berechnungsansätze aus den Teilen 1, 2, 5, 6, 8 und 9 unter Berücksichtigung der Standardwerte aus Teil 10 und der Standardwerte für Anlagenkomponenten und Anlagenteilebereiche in fertig berechnete Tabellen überführt. Das Verfahren entspricht daher dem Ansatz der DIN V 4701-10:2003-08, in dem gleichzeitig zwischen Algorithmen und Tabellen gewählt werden kann, um den Energiebedarf

zu bestimmen. Bei der Berechnung des Nutzenergiebedarfs kann durch einen vorausschauenden Ansatz für den Energieaufwand der Anlagentechnik eine Iteration vermieden werden.

Die Tabellen für Anlagenkomponenten und Anlagenteilebereiche enthalten Aufwandszahlen, die von der mittleren Belastung, der Leistung oder von der Nettogrundfläche abhängen. Für alle Tabellen, die für bestimmte Randbedingungen erstellt sind, wurden bei abweichenden Randbedingungen einfache Umrechnungen angegeben. Wie detailliert von den Gleichungen in den Teilen 1, 2, 5, 6, 8 und 9 zu den zugehörigen Tabellen zu kommen ist, wurde für jede Tabelle dokumentiert. Damit besteht auch die Möglichkeit, dass Hersteller produktbezogene Tabellen mit von den Standardwerten abweichenden Eingangsdaten erstellen können. Alle Berechnungen werden in Formblättern durchgeführt, sodass das Tabellenverfahren grundsätzlich auch als Handrechenverfahren durchzuführen ist.

Das Tabellenverfahren ist ein Monatsbilanzverfahren, das sowohl für Neubau- als auch Bestands-Wohngebäude angewendet werden kann. Beim Einsetzen gleicher Randbedingungen weichen die Ergebnisse gegenüber dem EDV-Verfahren nur in einem hinnehmbaren Toleranzbereich ab. Die im EDV-Verfahren möglichen Ansätze für saisonalen Fensterluftwechsel können im Tabellenverfahren einschränkend nicht berücksichtigt werden. Aus dem Bereich der Anlagentechnik sind Absorptions-Kältemaschinen und gasmotorische Wärmepumpen nicht in Tabellen abgebildet.

Aufgrund der in Tabellen vorberechneten Aufwandszahlen führen Berechnungen mit gleichen Eingangswerten immer zu gleichen Ergebnissen. Durch die Verwendung von Aufwandszahlen können Berechnungen einfach kontrolliert werden und beim Anwender bildet sich Präsenzwissen. Mit dem Tabellenverfahren kann der energetische Nachweis für Wohngebäude geführt werden, sodass dieses geeignet ist, die Norm DIN V 4701-10:2003-08 abzulösen, die nicht mehr dem Stand der Technik entspricht. Das Verfahren kann aber auch zur Energieberatung auf der Grundlage von Standardwerten für die Anlagentechnik genutzt werden. Damit ist es in einfacher Form möglich, Ausführungsalternativen miteinander zu vergleichen oder bei Sanierungsmaßnahmen die Einhaltung oder Verbesserung der energetischen Qualität nachzuweisen. ◀

# IKZ-NEWSLETTER

**IKZ HAUSTECHNIK FACHPLANER NEWSLETTER**

Anzeige

**ISH** Hightech statt konventionell. **ISH Energy** **Energy Transfer**

**Zuschuss bei der Heizungs-erneuerung**  
 Hausbesitzer, die ihre Öheizung modernisieren wollen, können dafür Zuschüsse in Anspruch nehmen. Dafür sorgt ein Fördermittel-Service im Rahmen der Aktion „Besser flüssig bleiben“.

**Anzeige**  
**Die Luft muss raus - mit dem RV2 von Spirotech**  
 Informieren mit Mehrwert, das geht anlässlich der ISH mit Spirotech in Halle 9.0 am Stand B09. Ein Messehighlight ist der **Mikroblasenabscheider RV2**: leicht zu installieren und höchst effektiv in der Nutzung. Direkt hinter dem Kessel im Vorlauf montiert fängt er Luft- und Mikroblasen ab. So stellt der RV2 den guten Wärmeübergang sicher. Durch seinen drehbaren Anschluss lässt er sich in jeder Position einbauen. Sieben Größen stehen bereit – in 22 und 28 mm sowie in 1/4, 1/2, 3/4 und 2 Zoll, auch mit Cönningschalen. 20 Jahre Garantie kommen on Top.  
 Hier erfahren Sie mehr.

- Der IKZ-Newsletter informiert über die wichtigsten News aus der Haustechnikbranche
- Sorgfältig recherchiert und bearbeitet durch die IKZ-Redaktion
- Wöchentlich neu und kostenlos



Jetzt anmelden unter:  
[www.ikz.de/newsletter](http://www.ikz.de/newsletter)



STROBEL MEDIA GROUP

Herstellerverband  
 Raumluftechnische Geräte e.V.



## EIN GARANT FÜR QUALITÄT UND EFFIZIENZ

**Ein starkes Duo!**  
 Energieeffizienz und Regelkonformität bilden ein starkes Duo und sichern maximale Zuverlässigkeit. Zwei Labels auf der Überholspur - Europaweit.

Regelkonform zur Richtlinie RLT 01

**R**

Energieeffizienzklasse

**A+**

Neugierig geworden?  
 Hier erfahren Sie mehr:

Herstellerverband Raumluftechnische Geräte e.V.  
 Danziger Straße 20 • 74321 Bietigheim-Bissingen  
[info@rlt-geraete.de](mailto:info@rlt-geraete.de) • [www.rlt-geraete.de](http://www.rlt-geraete.de)

# 6.200 Milliarden Kilowattstunden Klima-Strom

Studie der IEA zur weltweiten Raum- und Gewerbeklimatechnik im Jahr 2050



Günther Mertz M.A.,  
Hauptgeschäftsführer  
des BTGA - Bundes-  
industrieverband  
Technische Gebäude-  
ausrüstung e.V.

Auf Basis vieler Annahmen wagt die Studie „The Future of Cooling“ der renommierten Internationalen Energie-Agentur (IEA) eine Prognose zum weltweiten Bedarf und Betrieb von Raumklimageräten im Jahr 2050. Die Ergebnisse dieser Studie sind stark polarisierend: Während den Geräteherstellern auch in den nächsten 30 Jahren blühende Geschäfte besonders in Fernost vorhergesagt werden, verweisen Umweltschutzgruppen auf den immensen Strombedarf der dann 5,6 Milliarden Klimageräte und die damit einhergehenden stark steigenden Treibhausgasemissionen. Aber der IEA-Bericht enthält auch eine Lösung des Problems - wie realistisch diese auch immer sein mag.

Nach dem ersten Teil des IEA-Reports „The Future of Cooling - Opportunities for

energy-efficient air conditioning“<sup>1</sup> ergibt sich fast unweigerlich eine erschreckende Erkenntnis: Durch den rasanten Anstieg an Raumklimatisierung scheint die Welt in den kommenden Jahrzehnten fast unweigerlich auf eine Klimakatastrophe zuzusteuern. Wie Tabelle 1 zeigt, werden im Jahr 2050 weltweit in Haushalten und im Gewerbe fast 5,6 Milliarden Klimageräte betrieben werden. Zum Vergleich: 2016 gab es weltweit etwa 1,62 Milliarden Klimageräte, 2017 wurden weitere 130 Millionen Geräte verkauft - und ähnliche Absatzzahlen werden in der Studie auch für die kommenden Jahre bis 2050 angenommen. Das bedeutet, dass bis zum Jahr 2050 pro Sekunde weltweit rund vier Klimageräte verkauft werden. Sie alle brauchen Strom für den Betrieb, der fossil und regenerativ erzeugt werden muss. Wenn diese Prognose stimmen sollte, besitzt 2050 weltweit jeder Mensch durchschnittlich 0,57 Klimageräte.

### Pro Jahr 2.000 Milliarden kWh für Klima-Strom

Bleiben wir zunächst bei der aktuellen Situation. Laut Studie erzeugten 2016 die weltweit 1,62 Milliarden Klimageräte und -systeme eine Gesamtkälteleistung von 11.700 GW. Je etwa 50 Prozent dieser Kälteleistung entfallen auf Wohngebäude und

auf gewerbliche Anwendungen. Die führenden Raumklimagerätenationen sind (Tabelle 1): China (570 Mio. = 35%) vor den USA (374 Mio. Geräte = 23%), Japan (148 Mio. = 9%), Europa (97 Mio. = 6%) und Südkorea (59 Mio. Geräte = 4%). Zum Betrieb der 1,62 Milliarden Geräte wird jährlich eine elektrische Arbeit von rund 2.000 Milliarden kWh benötigt. Durch den Betrieb der Geräte, also durch die Stromerzeugung in Kraftwerken, wird die Umwelt jährlich mit 1.130 Mio. t CO<sub>2</sub> belastet. Zum Vergleich: Deutschland hat pro Jahr einen Gesamtstromverbrauch von etwa 600 Milliarden kWh - davon etwa ein Drittel regenerativ erzeugt - und emittiert rund 850 bis 900 Millionen t CO<sub>2</sub>.

### Gründe für den steigenden Klimatisierungsbedarf

Ein weiteres Ergebnis der IEA-Studie lautet: Von 1990 bis 2016 ist weltweit der Anteil an Energie zur Raum- und Gebäudekühlung in Wohngebäuden von 2,5 auf 6 Prozent und im Gewerbe von 6 auf 11,5 Prozent angestiegen. Dieser Bedarf wird bis 2050 deutlich steigen - mehrere wichtige Entwicklungen werden in den kommenden Jahrzehnten dafür sorgen. Laut IEA-Studie sind das beispielsweise folgende:

Die Weltbevölkerung wird bis 2050 von 7,4 (2016) auf 9,7 Mrd. Menschen wachsen. Überproportionale Zuwächse zwischen 20 und 30 Prozent werden in Indien (auf 1,7 Mrd.), in den USA (auf 392 Mio.), im Mittleren und Nahen Osten (auf 354 Mio.) und in Indonesien (auf 322 Mio. Menschen) erwartet (Tabelle 2). Damit steigt auch der Bedarf an Kühlleistung.

Mit der Zunahme des globalen Treibhauseffekts steigen bis 2050 auch die jährlichen Mitteltemperaturen und die Kühlstunden deutlich an. Wie Tabelle 2 zeigt, liegen dann Indonesien (>4.000) und Indien (fast 3.500), der Mittlere und Nahe Osten (2.500) und Brasilien (2.300) weit vorn. Die USA, Japan, Mexiko und China haben etwa 1.000 bis 1.200 Kühlstunden pro Jahr, in Europa sind es nur etwa 350 Stunden. Hinzu kommt der Aspekt der Luftfeuchtigkeit, der besonders in tropischen Staaten neben der Kühlung eine wichtige Rolle spielt.

Tabelle 1: Weltweiter Bestand an Raumklimageräten im Jahr 2016 (in Millionen Stück) in verschiedenen Staaten (Regionen) und deren Zunahme von 2016 bis 2050 in %

	2000	2016	2030	2050	Zunahme 2016-2050
Indien	8	27	240	1.144	4.100%
Indonesien	3	12	72	236	1.870%
Mexiko	8	16	48	126	690%
Brasilien	13	27	57	165	510%
Mittler Osten	18	47	102	210	350%
Europa	65	97	167	275	184%
China	138	569	1.128	1.419	150%
USA	291	374	453	542	56%
Japan/Korea	150	207	244	266	28%
Rest	121	246	482	1.194	385%
	<b>815</b>	<b>1.622</b>	<b>2.993</b>	<b>5.577</b>	<b>250%</b>



Das weltweite Wirtschaftswachstum und die damit einhergehenden steigenden Einkommen werden es immer mehr Menschen ermöglichen, ein Klimagerät zu kaufen und damit ihre Wohnung zu kühlen – besonders in den heutigen Dritt- und Schwellenländern.

### Klimageräte, Energieeffizienz und Gesetze

Ein Blick zurück: Analysen der IEA zufolge wurde in den vergangenen rund 20 Jahren die Energieeffizienz (SEER-Wert) der Klimageräte um annähernd 50 Prozent verbessert. Für das Jahr 2016 wird für den weltweiten Bestand eine mittlere Arbeitszahl der Geräte von SEER = 3,9 angenommen (1 kW Strom erzeugt 3,9 kW Kälteleistung). Die heute besten Geräte haben SEER-Werte im Bereich von 10. Laut Studie gab es 2016 in 55 Staaten mehr oder weniger strenge Anforderungen an Mindesteffizienzwerte für Kühl- und Klimasysteme, für die kommenden Jahre werden weitere erwartet – plus regelmäßige Verschärfungen der Effizienzvorgaben.

Auf Grundlage der zuvor erläuterten Basisdaten, der Entwicklungen und Prognosen skizziert die IEA-Studie mögliche Entwicklungen des weltweiten Klimamarkts bis 2050 anhand von zwei Szenarien.

#### Das Szenario „Baseline“

Für das Baseline-Szenario werden in der Studie folgende drei wichtige Annahmen getroffen:

1. Infolge des Wirtschaftswachstums und der steigenden Einkünfte auch in den heutigen Dritt- und Schwellenländern können sich immer mehr Menschen ein Kli-

magerät leisten. Dadurch steigt die Zahl der weltweiten Klima- und Kühlgeräte bis 2050 auf etwa 5,6 Milliarden Stück (Tabelle 1).

2. Parallel dazu werden die notwendigen Kapazitäten der Stromerzeugung zum Betrieb der Geräte aufgebaut. Diese Kapazitäten bestehen – ohne dass diese in der Studie genauer erläutert werden – besonders aus konventionellen Kraftwerken, die mit fossilen Brennstoffen arbeiten, und einem steigenden Anteil an regenerativen Energien.
3. Die weltweit vorhandenen und neuen Gesetze zu Mindesteffizienzwerten der Geräte werden im Hinblick auf ihre Anforderungen leicht verschärft. Daraus ergibt sich für das Jahr 2050 eine durchschnittliche Effizienz der Geräte im Bestand von SEER etwa 5 – so die Annahmen der IEA. Im Jahr 2016 betrug der SEER-Wert rund 4.

Aus diesen Annahmen und Prognosen leitet die Studie folgende Ergebnisse ab:

Der Stromverbrauch zum Betrieb der rund 5,6 Milliarden Geräte steigt von 2.000 Milliarden kWh/a im Jahr 2016 um mehr als den dreifachen Wert auf 6.200 Milliarden kWh/a im Jahr 2050. Ein stark überproportionales Wachstum gibt es bei der Klimatisierung von Wohnungen: Zwei Drittel des Stromverbrauchs werden 2050 dafür benötigt, 2016 waren es nur 42 Prozent.

Besonders extrem wird der Stromverbrauch zur Klimatisierung und Kühlung im Jahr 2050 in Indien sein (1.350 Mrd. kWh/a).

Es folgen China (1.000 Mrd. kWh/a), die USA (850 Mrd. kWh/a), der Nahe und Mittlere Osten (500 Mrd. kWh/a) und Indonesien (350 Mrd. kWh). Damit werden in Indien und Indonesien 30 Prozent des jährlichen Stromverbrauchs auf Klima- und Kühlanlagen entfallen, in den weiteren genannten Staaten liegen die Werte bei 20 bis 25 Prozent.

Durch den Stromverbrauch steigen die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1.130 (2016) auf 2.070 Millionen t pro Jahr (2050). Bei dieser Prognose wird bereits ein globaler Anstieg der regenerativen Energien bei der Stromproduktion berücksichtigt. Diese zeigt sich im Szenario „Baseline“ durch die Annahme, dass sich der weltweite Emissionswert bei der Stromerzeugung von etwa 500 g/kWh (2016) auf etwa 270 g CO<sub>2</sub> pro kWh im Jahr 2050 fast halbiert.

#### Das Szenario „Effective Cooling“

In Ergänzung zum Baseline-Szenario werden im Effective-Cooling-Szenario zwei weitere wichtige Annahmen definiert:

1. Bis 2050 werden die weltweiten Standards an die Mindesteffizienz der Klimageräte kontinuierlich erweitert und verschärft. Dadurch steigt im Jahr 2050 die durchschnittliche Arbeitszahl der Geräte im Wohn- und Gewerbebestand deutlich auf einen Wert von SEER = 8,5. Zum Vergleich: Im Baseline-Szenario betrug dieser Wert SEER = 5.
2. Bis 2050 erfolgt weltweit ein immenser Anstieg bei der Stromproduktion aus regenerativen Energien (Solar, Wind, Wasser, Biomasse). So wird in der Studie angenommen, dass 70 Prozent der elektri-

Tabelle 2: Wachstum der Bevölkerung und Zunahme der jährlichen Anzahl an Kühlstunden (CDD) in verschiedenen Staaten und Regionen von 2016 bis 2050

	2016		2050		Zunahme 2016-2050	
	CDD	Bevölkerung	CDD	Bevölkerung	CDD	Bevölkerung
Indonesien	3.390	261	4.051	322	20%	23%
Indien	3.084	1.327	3.486	1.705	13%	28%
Mittlerer Osten	2.337	232	2.516	354	8%	52%
Brasilien	1.846	210	2.314	238	25%	13%
China	1.051	1.384	1.169	1.351	11%	-2%
Japan	909	127	1.040	108	14%	-15%
Mexiko	868	123	1.188	156	37%	27%
USA	764	328	973	392	27%	20%
Korea	762	51	844	51	11%	0%
Südafrika	714	55	746	66	4%	20%
Europa	292	511	343	505	17%	-1%
<b>Welt</b>	<b>1.905</b>	<b>7.422</b>	<b>2.388</b>	<b>9.714</b>	<b>25%</b>	<b>31%</b>

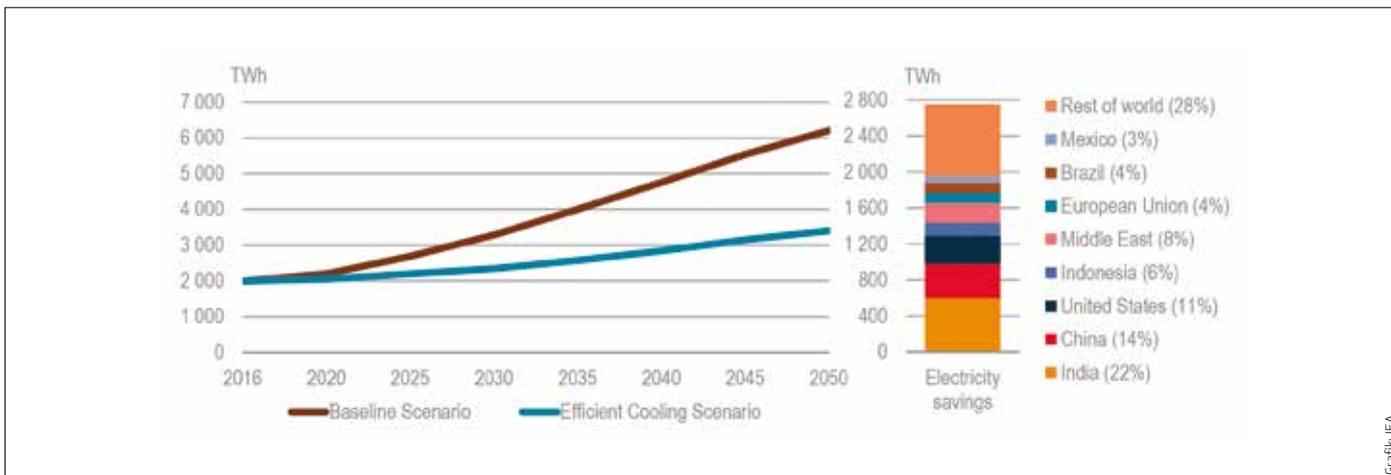


Abbildung 1: Beim Szenario „Baseline“ steigt bis 2050 der weltweite Stromverbrauch der dann etwa 5,6 Milliarden Klimageräte auf rund 6.200 Milliarden kWh pro Jahr. Das Szenario „Efficient Cooling“ prognostiziert einen um 45 % geringeren Verbrauch von rund 3.400 Milliarden kWh/a. Im rechten Bereich der Abbildung ist dargestellt, wie stark die einzelnen Staaten und Regionen zu dieser Verringerung beitragen sollen.

schon Arbeit, die zum Betrieb der Klimageräte verbraucht wird, regenerativ und damit (nahezu) emissionsfrei erzeugt werden.

3. Besser bauen und betreiben: Weitere Verringerungen des Bedarfs an Klima- und Kühlung können durch eine bessere Bauausführung und eine bedarfsabhängige oder zeitgesteuerte Regelung der Geräte erreicht werden.

Daraus leitet die Studie für das zweite Szenario folgende Ergebnisse ab:

Beim Effective-Cooling-Szenario beträgt im Jahr 2050 der weltweite jährliche Stromverbrauch der Klimageräte rund 3.400 Milliarden kWh. Dieser ist zwar um 70 Prozent höher als im Jahr 2016 (2.000 Milliarden kWh), aber auch 45 Prozent geringer als beim Szenario „Baseline“ (6.200 Milliarden kWh, siehe Abbildung 1).

Noch viel drastischer und auch verblüffender ist ein Vergleich der Studienergebnisse bei den sich aus der Klimatisierung und Kühlung ergebenden CO<sub>2</sub>-Emissionen, dargestellt in Abbildung 2: Beim Efficient-Cooling-Szenario sinken nämlich die Treibhausgasemissionen im Jahr 2050 sogar deutlich unter den Wert von 2016 auf nur etwa 150 Mio. t pro Jahr – trotz der riesigen Zunahme an Klimageräten.

Woher diese auf den ersten Blick verblüffenden Ergebnisse zu den durch Klimageräte bewirkten Emissionen (2016 = 1.130 Mio. t, Baseline 2050 = 2.100 Mio. t, Efficient Cooling 2050 = 150 Mio. t) kommen sollen, zeigt die Abbildung 2:

- Durch die deutlich bessere Energieeffizienz der Raumklimageräte im Bestand (Baseline SEER = 5, Efficient Cooling SEER = 8,5) erwartet die IEA aufgrund der damit einhergehenden Energieein-

sparung eine Verringerung der Emissionen um etwa 900 Millionen t CO<sub>2</sub> pro Jahr (Abbildung 2, mittlere Säule „Efficient ACs“).

- Hinzu kommen weitere Einsparungen an fast 1.000 Millionen t CO<sub>2</sub> durch die erheblich stärkere Nutzung regenerativer Energien bei der Stromerzeugung.

### Fazit und Ausblick

Der weltweite Zuwachs um rund 4 auf 5,6 Milliarden Klimageräte bis zum Jahr 2050, der besonders stark in Indien, Indonesien, Brasilien, Mexiko, dem Mittleren und Nahen Osten sowie in China ausfallen wird, stellt sowohl die Stromversorgung als auch die Ökologie (Treibhausgasemissionen) vor große Herausforderungen. Um möglich drastische Auswirkungen auf den globalen Treibhauseffekt durch den Betrieb dieser Geräte zu minimieren, müssen laut IEA-Studie bereits heute wichtige Maßnahmen eingeleitet und umgesetzt werden. Als besonders Wichtige zählen dazu beispielsweise: weltweit deutlich verschärfte Anforderungen an die Mindesteffizienz der Geräte (die schrittweise gesteigert werden muss) und ein massiver Auf- und Ausbau der Kapazitäten zur Stromerzeugung aus regenerativen Energien. Ob die Annahme im Szenario „Efficient Cooling“ tatsächlich realistisch ist, dass im Jahr 2050 die weltweite Stromerzeugung zu 70 Prozent regenerativ erfolgen wird, scheint aus heutiger Sicht eher fragwürdig bzw. sehr ambitioniert.

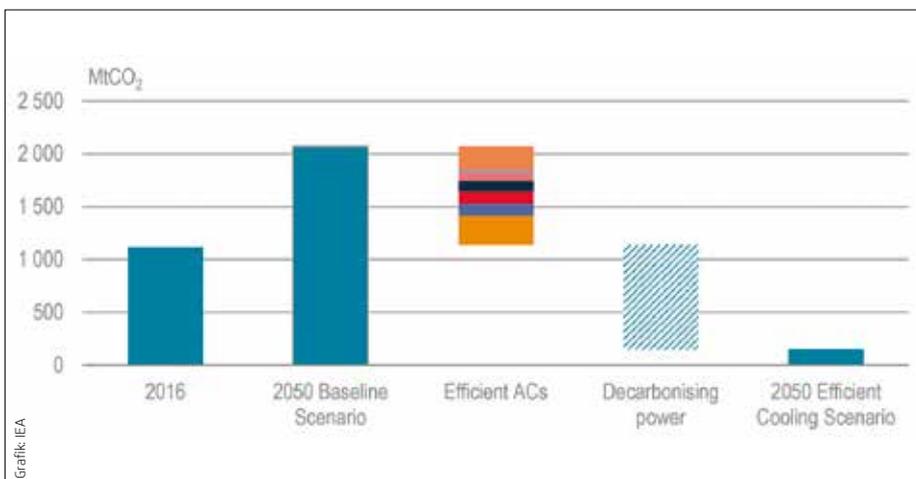


Abbildung 2: Durch den Betrieb der deutlich energieeffizienteren Klimageräte (Mitte) und eine starke Zunahme von Strom aus regenerativen Energien (2. Säule von rechts) sinken beim Szenario „Efficient Cooling“ bis 2050 die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf etwa ein Siebtel des Werts von 2016.

<sup>1</sup> Quelle: <https://webstore.iea.org/the-future-of-cooling> [zuletzt geprüft am 4. Dezember 2018].



# Fairness-Schutz der Allgemeinen Geschäftsbedingungen erhalten

Der Einsatz der Initiative „pro AGB-Recht“ für den Erhalt des Rechts der Allgemeinen Geschäftsbedingungen



Rechtsanwalt  
Tobias Dittmar, LL.M.,  
Geschäftsführer  
des BTGA e.V.

## A. Einleitung

Vor mehr als vierzig Jahren, im Jahr 1976, wurde das Gesetz zur Regelung des Rechts der Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB-Gesetz) eingeführt. Es sollte den wirtschaftlichen Gegebenheiten von immer wiederkehrenden Vertragssituationen Rechnung tragen. Zunehmend entsprach das Zustandekommen von Verträgen nicht mehr der Vorstellung des Bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB) von einem selbstbestimmten, gleichberechtigten und individuellen Aushandeln von Verträgen durch zwei oder mehr Parteien. Vielmehr hatten sich Vertragsbedingungen etabliert, die einseitig von einer Vertragspartei vorgegeben wurden. Sie sollten Wirtschafts- und Geschäftsabläufe vereinfachen und rationalisieren, um nicht immer wieder von neuem alle Einzelheiten eines Vertrages aushandeln, festlegen, beschreiben und formulieren zu müssen.

Neben diesen Gedanken der Rationalisierung war indes vielfach der Gedanke getreten, vertragliche Risiken einseitig auf den Vertragspartner abzuwälzen. Diese Entwicklung sollte mit dem AGB-Gesetz eingrenzt werden. Das Gesetz sollte verhindern, dass der Verwender von AGB seinen Vertragspartner unter Abbedingung des dispositiven Rechts unangemessen benachteiligt. Dispositiv sind solche gesetzlichen Regelungen, von denen durch vertragliche Vereinbarung der Vertragsparteien abgewichen werden kann.

Das AGB-Gesetz trat am 1. Januar 2002 außer Kraft. Die materiell-rechtlichen AGB-Bestimmungen wurden durch das Schuld-

rechtsmodernisierungsgesetz jedoch weitgehend unverändert in die §§ 305-310 BGB übernommen.

Die Notwendigkeit des Schutzes für denjenigen, dem AGB gestellt werden, ist heute nicht weniger wichtig als vor vierzig Jahren. Von einigen Unternehmen wird jedoch seit geraumer Zeit das Ziel verfolgt, das AGB-Recht im unternehmerischen Rechtsverkehr aufzuweichen. Betonten CDU/CSU und SPD im Jahr 2013 vor Beginn der 18. Legislaturperiode noch die Bedeutung des AGB-Rechts als wichtiges Instrument, um dem Machtgefälle von Vertragsparteien wirksam begegnen zu können, wittern diejenigen, die sich weiterhin für eine Reduzierung des derzeit bestehenden Schutzzumfangs einsetzen, nun Morgenluft. Grund ist folgender Passus im Koalitionsvertrag für die 19. Legislaturperiode: „Wir werden das AGB-Recht für Verträge zwischen Unternehmen auf den Prüfstand stellen mit dem Ziel, die Rechtssicherheit für innovative Geschäftsmodelle zu verbessern. Kleine und mittelständische Unternehmen, die Vertragsbedingungen ihres Ver-

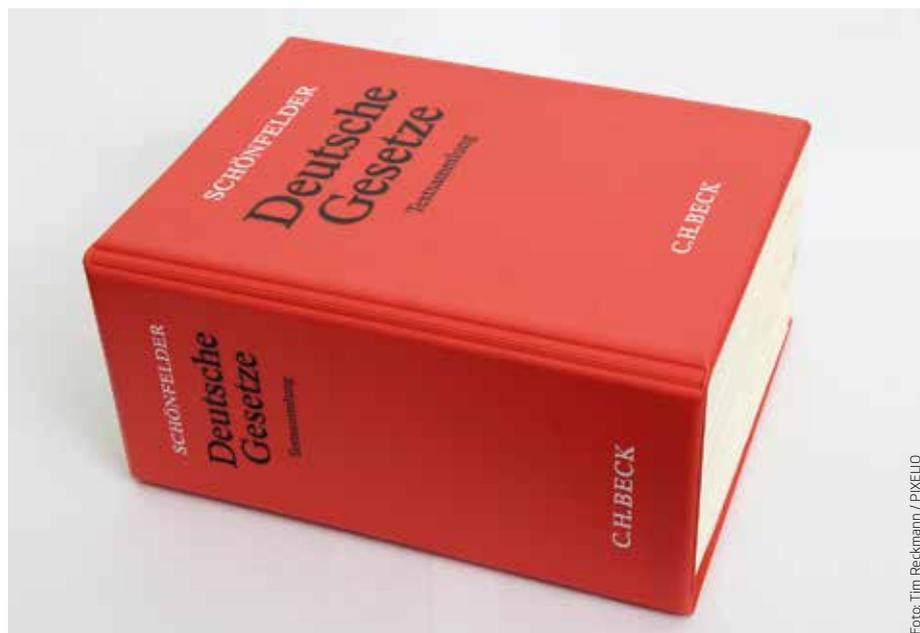
tragspartners aufgrund der wirtschaftlichen Kräfteverhältnisse faktisch akzeptieren müssen, sollen im bisherigen Umfang durch das AGB-Recht geschützt bleiben.“

Der vorliegende Beitrag zeigt auf, warum sich der BTGA bereits seit 2012 gemeinsam mit einer Vielzahl weiterer Wirtschaftsverbände in der Initiative „pro AGB-Recht“ intensiv für den Erhalt des AGB-Rechts einsetzt.

## B. Allgemeine Geschäftsbedingungen im Sinne des BGB

Den Begriff der AGB legt § 305 Abs. 1 BGB fest. Als AGB gelten danach alle für eine Vielzahl von Verträgen vorformulierten Vertragsbedingungen, die eine Vertragspartei (Verwender) der anderen Vertragspartei bei Abschluss eines Vertrages stellt.

Eine „Vielzahl“ liegt in der Regel vor, wenn eine Klausel tatsächlich dreimal oder mehrfach verwendet worden ist. Dann wird (widerleglich) vermutet, dass sie nicht nur für einen bestimmten Vertrag, sondern für eine Vielzahl von Verträgen formuliert



Die materiell-rechtlichen AGB-Bestimmungen wurden 2001 weitgehend unverändert in das Bürgerliche Gesetzbuch übernommen.

wurde. Die jeweilige Klausel darf also nicht nur für einen bestimmten Vertrag ausgearbeitet sein; ausgenommen davon sind Verbraucherverträge (§ 310 Abs. 3 Nr. 2 BGB). Voraussetzung für den AGB-Charakter einer Klausel ist allerdings nicht, dass sie vom Verwender tatsächlich wiederholt verwendet worden ist. Entscheidend ist vielmehr die Absicht desjenigen, der die Klausel formuliert.

Im Einzelnen zwischen den Vertragsparteien ausgehandelte Bedingungen fallen hingegen nicht unter den AGB-Begriff.

Eine Vertragsbedingung gilt als „ausgehandelt im Sinne des BGB“, wenn ihr Inhalt nicht nur vom Verwender, sondern ebenso von der Verwendergegenseite in deren rechtsgeschäftlichen Gestaltungswillen aufgenommen worden ist. Somit ist sie Ausdruck der rechtsgeschäftlichen Selbstbestimmung und Selbstverantwortung beider Vertragsparteien. Es reicht insoweit nicht aus, dass der Kunde die jeweilige Vertragsbedingung lediglich zur Kenntnis genommen und dass ihr Inhalt erläutert und erörtert worden ist. „Aushandeln“ meint vielmehr, dass der Verwender den von den gesetzlichen Regelungen abweichenden Kerngehalt der betroffenen Klausel ernsthaft zur Disposition stellt und der Verwendergegenseite Gestaltungsfreiheit einräumt, um die eigenen Interessen wahren zu können. Die Verwendergegenseite muss die reale Möglichkeit haben, die inhaltliche Ausgestaltung der Klausel zu beeinflussen.

Die Regelung in § 305 Abs. 1 BGB soll mit hin AGB von Individualvereinbarungen abgrenzen und damit den Schutzbereich der AGB-rechtlichen Bestimmungen festlegen. Denn der Schutzbereich soll nur eröffnet sein, wenn eine Partei ihre durch das dispositive Recht erlassene vertragliche Gestaltungsfreiheit einseitig in Anspruch nimmt und dadurch die Gefahr besteht, dass die Gegenseite gegenüber der gesetzlichen Rechtslage unangemessen benachteiligt wird.

### C. AGB-Recht als Korrektiv und Schutz vor unfairen Vertragsklauseln

Die Mindeststandards für die Einbeziehung bestimmter Klauseln in einen Vertrag legt das deutsche AGB-Recht in den §§ 305-310 BGB fest. Maßstab ist insbesondere der Grundsatz, dass Leistungen so zu bewirken sind, wie Treu und Glauben mit Rücksicht auf die Verkehrssitte dies erfordern (§ 242 BGB).

Dabei beschränkten sich diese Regeln auch ursprünglich nicht auf Verträge zwischen Unternehmen und Verbrauchern – wie teilweise unzutreffend behauptet wird. Von vornherein erfasst waren und sind nach wie vor ausdrücklich auch Verträge zwischen Unternehmen.

Vertragsklauseln, die gemäß den gesetzlichen Regeln gegenüber Verbrauchern unfair und damit unwirksam sind, sind zugleich ein Indiz für unfaire und damit unwirksame Vertragsklauseln zwischen Unternehmen. Diesen ursprünglich von der Recht-

sprechung entwickelten Grundsatz einer „Indizwirkung“ hat der deutsche Gesetzgeber inzwischen ausdrücklich bestätigt. Der Grundsatz vermeidet in Liefer- und Leistungsketten, an deren Anfang Verträge zwischen Unternehmen stehen und an dessen Ende ein Unternehmen einen Vertrag mit einem Verbraucher schließt, dass sich durch einen unterschiedlichen Prüfungsmaßstab „Haftungsfallen“ für das Unternehmen ergeben, das am Ende der Liefer- und Leistungskette den Vertrag mit dem Verbraucher schließt.

Durch Rechtsprechung und Rechtsetzung besteht am Wirtschaftsstandort Deutschland inzwischen eine weitgehende Rechtsklarheit und Rechtssicherheit, welche Vertragsklauseln unfair und damit unwirksam sind.

### D. Ziele der Initiative „pro AGB-Recht“

Das AGB-Recht sorgt seit mehr als vier Jahrzehnten für Gerechtigkeit und Rechtsfrieden im unternehmerischen Geschäftsverkehr. Es verhindert unfaire Vertragsbedingungen und schützt den wirtschaftlich unterlegenen Vertragspartner vor einseitigen, unangemessenen Benachteiligungen und Risikoverlagerungen.

Gemeinsam mit über 30 Wirtschaftsverbänden setzt sich der BTGA daher in der Initiative „pro AGB-Recht“ für den Erhalt des Fairness-Schutzes des AGB-Rechts in seiner Gesamtheit ein.

Bereits vor einigen Jahren widersprach die Initiative „pro AGB-Recht“ dem Versuch, das deutsche AGB-Recht im Interesse einiger Unternehmen „aufzuweichen“ und damit unfaire Vertragsklauseln zu legitimieren, die bislang unwirksam sind.

Aus guten Gründen verfangen die Bemühungen um eine „Aufweichung“ des AGB-Rechts seinerzeit nicht.

Mit Besorgnis haben die Unterstützer der Initiative „pro AGB-Recht“ im vergangenen Jahr im Koalitionsvertrag zwischen CDU/CSU und SPD für die 19. Legislaturperiode zur Kenntnis genommen, dass das AGB-Recht für Verträge zwischen Unternehmen mit dem Ziel auf den Prüfstand gestellt werden soll, die Rechtssicherheit für innovative Geschäftsmodelle zu verbessern. Zugleich sollen laut Koalitionsvertrag kleine und mittlere Unternehmen im bisherigen Umfang geschützt bleiben, die Vertragsbedingungen ihres Vertragspartners aufgrund der wirtschaftlichen Kräfteverhältnisse faktisch akzeptieren müssen.

Der Koalitionsvertrag lässt indes offen, was „innovative Geschäftsmodelle“ sein sollen. Ebenso unklar bleibt, warum das Recht der Allgemeinen Geschäftsbedingungen ir-

**IKZ select** **Gemeinsam stark!**

Die exklusive SHK-Community.

[www.ikz-select.de](http://www.ikz-select.de)



gendein Unternehmen daran hindern sollte, innovativ zu sein.

Das Recht der Allgemeinen Geschäftsbedingungen verhindert keine Innovationen, sondern beseitigt unfaire Vertragsbedingungen. Es schützt innovative Unternehmen beispielsweise dadurch, dass Vertragsstrafen ohne Verschulden oder über einen bestimmten Gesamtbetrag hinaus ebenso unwirksam sind, wie so genannte Bürgschaften „auf erstes Anfordern“.

Das AGB-Recht soll davor schützen, dass ein Verwender seine Vertragsfreiheit einseitig in Anspruch nimmt, um seinen Vertragspartner durch unfaire Klauseln zu benachteiligen. Das hat mit Unternehmensgröße erst einmal nichts zu tun und kann zwischen kleinen und mittleren Unternehmen ebenso auftreten wie zwischen großen Unternehmen. Entscheidend sind auch nicht die „wirtschaftlichen Kräfteverhältnisse“.

Die Initiative „pro AGB-Recht“ tritt daher mit Nachdruck dafür ein, den notwendigen Fairness-Schutz des AGB-Rechts insgesamt zu erhalten. Das AGB-Recht bietet auch im unternehmerischen Rechtsverkehr einen si-

cheren und bewährten Rechtsrahmen für die erforderliche Klauselkontrolle. Es besteht kein Grund, den Anwendungsbereich im unternehmerischen Geschäftsverkehr für bestimmte „Geschäftsmodelle“ einzugrenzen und Klauseln zu erlauben, die bislang unfair und damit unwirksam sind.

#### E. Fazit

Das deutsche AGB-Recht hat sich als ein zentrales Regelwerk für Vertragsabschlüsse zwischen Unternehmern bewährt. Es hat heute einen Grad an Transparenz, Ausgewogenheit und Vertrauen erreicht wie kaum ein anderer Rechtsrahmen. Die Vertragspartner können auf klare Kriterien für die rechtssichere Gestaltung ihrer AGB zurückgreifen. Insbesondere die mittelständische Wirtschaft braucht verlässliche und bürokratiearme Rahmenbedingungen.

Das AGB-Recht für Verträge zwischen Unternehmen erfüllt diese Anforderung und ist mit seinen bewährten Regeln auch zukünftigen Herausforderungen gewachsen. Diese Regeln sorgen sowohl bei etablierten als auch bei neuartigen Geschäftsmodellen für

einen angemessenen Interessenausgleich entlang der gesamten Liefer- und Leistungskette. Unternehmen können Verträge ohne Sorge vor Haftungsfallen und anderen unvorhersehbaren Risiken durch einseitig gestellte Klauseln ihrer Vertragspartner schließen.

Das AGB-Recht schützt und bewahrt zudem die Vertragsfreiheit. Sie setzt voraus, dass sich die Geschäftspartner auf Augenhöhe begegnen. Wer aufgrund seiner Marktposition nicht in der Lage ist, die Vertragsbedingungen des Vertragspartners abzulehnen, verhandelt nicht oder verhandelt jedenfalls nicht frei. Um auch in diesen Fällen die erforderliche Augenhöhe herzustellen, bedarf es des AGB-Rechts. Davon abgesehen kann jeder gesetzlich zulässige Vertragsinhalt individuell vereinbart werden. Das AGB-Recht schränkt diese Freiheit nicht ein.

Es ist notwendig, den durch das AGB-Recht gewährleisteten Schutz zu erhalten. Dafür wird sich der BTGA auch in der laufenden Legislaturperiode engagieren – gemeinsam mit den weiteren die Initiative „pro AGB-Recht“ tragenden Wirtschaftsverbänden. ◀

## EIN FLAMMENDER APPELL FÜR STEINWOLLE

Vertrauen Sie bereits bei der Planung von haustechnischen Anlagen auf das CONLIT System mit dem vorbeugenden Brandschutz von ROCKWOOL Steinwolle. Bauen Sie auf die Sicherheit, die Ihnen unsere nicht-brennbaren Dämmstoffe bieten: Schmelzpunkt > 1000°C, Feuerwiderstand bis zu 120 Minuten. Entscheiden Sie sich für das gute Gefühl, im Ernstfall alles zum Schutz von Menschen und Werten getan zu haben.

**Übernehmen Sie beim Brandschutz die 1000°C-Verantwortung!**



[www.rockwool.de](http://www.rockwool.de)



# Wohnungsbau stützt weiteres Wachstum - Energetische Sanierung wichtiger Baubereich

Der Bausektor blieb auch im Jahr 2018 auf Wachstumskurs – Wachstumsmotoren waren der Wohnungsbau und der öffentliche Bau. Das Ausbaugewerbe wuchs um 3,5 Prozent und entwickelte sich damit stärker als das Bauhauptgewerbe mit +3,0 Prozent. Das Gesamtvolumen der Investitionen in energetische Sanierungen stieg 2017 auf mehr als 62 Milliarden Euro; das Investitionsvolumen bei der energetischen Wohngebäudesanierung stieg 2017 im Vergleich zum Vorjahr um 10,6 Prozent und im Nichtwohnbau um 13,3 Prozent. Das neunte Jahr in Folge wuchs der Umsatz der deutschen Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik-Branche.



Jörn Adler,  
Referent  
für Wirtschaft und  
Öffentlichkeitsarbeit  
des BTGA e.V.

(DIW) hervor. Die Baupreise erhöhten sich um 4,8 Prozent. Dieser Preisanstieg ist deutlich stärker als in den vergangenen Jahren; die Ursachen sind laut DIW vor allem die gestiegenen Lohn- und Materialkosten.<sup>1</sup>

Preisbereinigt wuchs die Bauwirtschaft im Jahr 2018 um 3,2 Prozent. Wachstumsmotoren waren der Wohnungsbau und der öffentliche Bau: Der Wohnungsbau wuchs um 4,1 Prozent gegenüber dem Vorjahr und der öffentliche Bau um 5,0 Prozent. Die Entwicklung im Wirtschaftsbau war mit +0,5 weniger dynamisch.<sup>2</sup>

Eine Aufschlüsselung des gesamten Bauvolumens zeigt die sehr unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Baubereiche: Der Wohnungsbau weist den größten Anteil am Bauvolumen auf; er lag 2017 nominal bei 57,1 Prozent. Der Anteil des Wirtschaftsbaus

(Hoch- und Tiefbau) lag bei 29,4 Prozent und der Anteil des öffentlichen Baus bei lediglich 13,4 Prozent (Diagramm 1) – die Zahlen für das Jahr 2018 lagen Anfang 2019 noch nicht vor.<sup>3</sup>

## Ausblick auf die Jahre 2019 und 2020

Auch in den Jahren 2019 und 2020 wird die Bauwirtschaft eine wichtige Stütze der Konjunktur in Deutschland sein, prognostiziert das DIW. Für das Jahr 2019 wird ein weiterer Anstieg des nominalen Bauvolumens erwartet, wenn auch etwas weniger stark als im Vorjahr: Das DIW prognostiziert ein Wachstum insgesamt um 7,4 Prozent auf ca. 430 Milliarden Euro (Tabelle 1). Preisbereinigt wäre das ein Zuwachs von 2,9 Prozent. Nach Baubereichen aufgeschlüsselt rechnet das DIW mit einem realen Anstieg von

Das nominale Bauvolumen (Hoch- und Tiefbau) ist im Jahr 2018 um insgesamt 8,0 Prozent gegenüber dem Vorjahr auf rund 400 Milliarden Euro angestiegen (Tabelle 1). Das geht aus Berechnungen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung

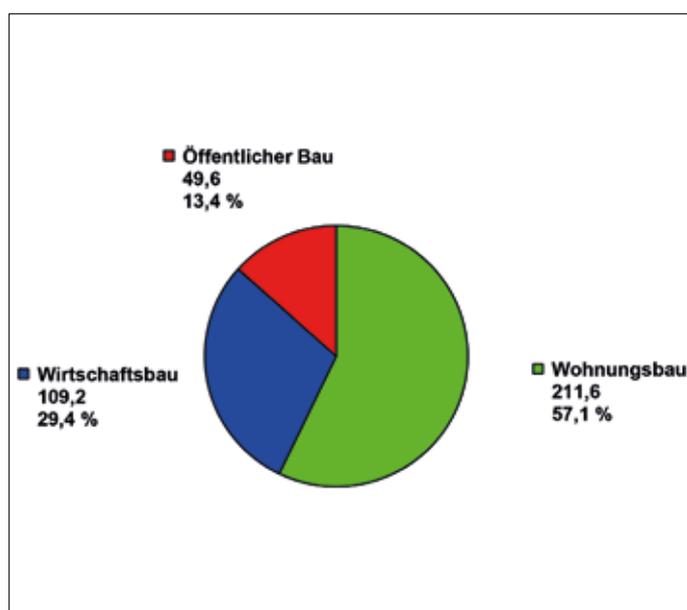


Diagramm 1: Struktur des nominalen Bauvolumens in Deutschland nach Baubereichen im Jahr 2017 (Hoch- und Tiefbau) – in jeweiligen Preisen in Milliarden Euro; Anteile in Prozent

Quelle: Bauvolumenrechnung des DIW Berlin, 2018

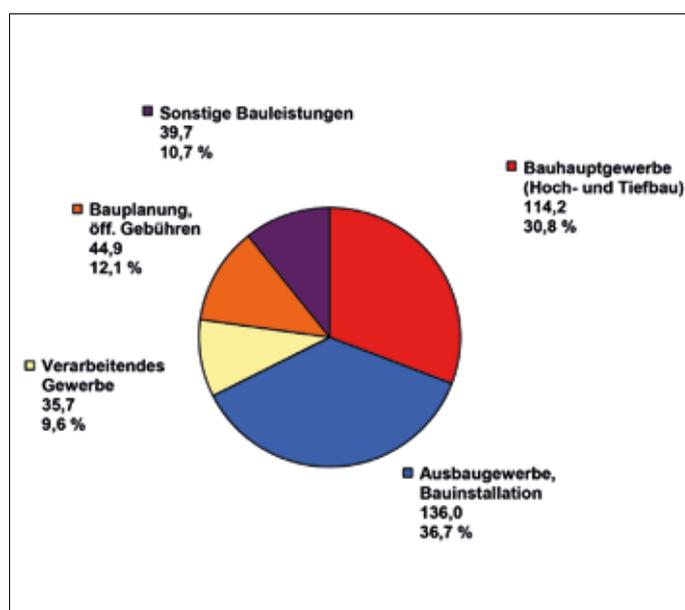


Diagramm 2: Struktur des nominalen Bauvolumens in Deutschland nach Produzentengruppen im Jahr 2017 (Hoch- und Tiefbau) – in jeweiligen Preisen in Milliarden Euro; Anteile in Prozent

Quelle: Bauvolumenrechnung des DIW Berlin, 2018



3,3 Prozent im Wohnungsbau, mit einem Plus im Wirtschaftsbau von 1,6 Prozent und mit ebenfalls +3,3 Prozent im öffentlichen Bau.<sup>4</sup>

Für das Jahr 2020 erwartet das DIW für den Wohnungsbau ein reales Wachstum von 3,3 Prozent. Ähnlich soll sich der öffentliche Bau mit einem Plus von 3,0 Prozent entwickeln. Eine etwas stärkere Entwicklung soll es 2020 im Vergleich zu 2019 beim Wirtschaftsbau geben (+2,9 Prozent).

Die Baupreise werden 2019 voraussichtlich um 4,5 Prozent und 2020 um weitere 3,6 Prozent steigen.<sup>5</sup> Das DIW erwartet, dass sich die hohe Nachfrage nach Bauleistungen, aber auch das so genannte Baukindergeld und die Sonderabschreibungen für neue Mietwohnungen in den Preisen niederschlagen. Zudem hat die Bauwirtschaft ihre Kapazitätsgrenze wahrscheinlich bereits erreicht – laut DIW war zu keinem Zeitpunkt seit der Wiedervereinigung der Auslastungsgrad in der Bauwirtschaft höher.<sup>6</sup>

### Ausbaugewerbe und Bauhauptgewerbe entwickeln sich positiv

2018 wuchs das Bauvolumen für das von der Bauinstallation bestimmte Ausbaugewerbe nach Berechnung des DIW um 3,5 Prozent. Damit setzt sich die positive Entwicklung des Jahres 2017 (+2,2 Prozent) fort. Für das Jahr 2019 erwartet das DIW ein Wachstum von 2,9 Prozent und für 2020 von 3,0 Prozent.<sup>7</sup>

Bauhauptgewerbe und Ausbaugewerbe entwickelten sich 2018 beide positiv, wenn

Tabelle 1: Entwicklung des Bauvolumens in Deutschland

	2013	2014	2015	2016	2017	2018*	2019*	2020*
<b>In Milliarden Euro zu jeweiligen Preisen</b>								
nominales Bauvolumen insgesamt	315,92	328,36	334,53	349,71	370,49	400,15	429,78	458,78
<b>real, Kettenindex 2005=100</b>								
reales Bauvolumen insgesamt	103,32	105,27	105,37	108,09	111,06	114,62	117,91	121,58
<b>Nach Baubereichen</b>								
Wohnungsbau	106,49	108,48	109,88	114,24	117,94	122,82	126,88	131,01
Wirtschaftsbau	103,43	105,12	103,84	104,01	106,28	106,81	108,55	111,64
Öffentlicher Bau	92,14	94,51	92,79	94,85	96,72	101,50	104,90	107,97
<b>Nach Produzentengruppen</b>								
Bauhauptgewerbe	108,43	112,97	112,13	115,95	120,26	123,80	127,11	131,31
Ausbaugewerbe	98,66	99,33	98,86	100,76	102,94	106,49	109,61	112,91
Sonstige Bauleistungen	104,39	105,51	107,52	110,84	114,34	118,46	122,36	126,06
<b>Veränderungen gegenüber dem Vorjahr in Prozent</b>								
nominales Bauvolumen insgesamt		3,9	1,9	4,5	6,0	8,0	7,4	6,8
Preisentwicklung		2,0	1,8	2,0	3,2	4,8	4,5	3,6
<b>real, Kettenindex 2005=100</b>								
reales Bauvolumen insgesamt		1,9	0,1	2,6	2,8	3,2	2,9	3,1
<b>Nach Baubereichen</b>								
Wohnungsbau		1,9	1,3	4,0	3,2	4,1	3,3	3,3
Wirtschaftsbau		1,6	-1,2	0,2	2,2	0,5	1,6	2,9
Öffentlicher Bau		2,6	-1,8	2,2	2,0	5,0	3,3	3,0
<b>Nach Produzentengruppen</b>								
Bauhauptgewerbe		4,2	-0,7	3,4	3,7	3,0	2,7	3,3
Ausbaugewerbe		0,7	-0,5	1,9	2,2	3,5	2,9	3,0
Sonstige Bauleistungen		1,1	1,9	3,1	3,2	3,6	3,3	3,0

\*Schätzungen

Quelle: DIW Bauvolumenrechnung, DIW Berlin, 2019

Tabelle 2: Energetische Sanierung bestehender Gebäude im Nichtwohnbau und Wohnbau

	2010			2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017		
	in Mrd. €*	in Mrd. €*	Veränderung zum Vorjahr																					
<b>Nichtwohnbau</b>																								
Bestandsvolumen Nichtwohnbau (Öffentlicher + Wirtschaftsbau)	55,6	59,3	6,7%	57,5	-3,0%	56,8	-1,2%	58,7	3,2%	58,8	0,2%	57,5	-2,2%	60,9	5,9%									
Bauvolumen energetische Sanierung im Nichtwohnbau	14,9	17,5	16,9%	17,0	-2,5%	17,2	0,9%	17,3	0,8%	18,0	4,2%	18,6	3,2%	21,1	13,3%									
Anteil d. Bauvolumens energetische Sanierung am Bestandsvolumen Nichtwohnbau	26,9%	29,4%	29,6%	30,2%	29,5%	30,7%	32,4%	34,7%																
<b>Wohnbau</b>																								
Bestandsvolumen Wohnbau	118,9	123,9	4,2%	127,2	2,7%	127,3	0,1%	129,3	1,6%	129,8	0,4%	135,7	4,5%	145,2	7,0%									
Bauvolumen energetische Sanierung im Wohnbau	38,6	39,8	3,1%	37,9	-4,7%	36,0	-5,0%	35,6	-1,2%	33,1	-7,0%	37,1	12,2%	41,0	10,6%									
Anteil d. Bauvolumens energetische Sanierung am Bestandsvolumen Wohnbau	32,5%	32,1%	29,8%	28,3%	27,5%	25,5%	27,3%	28,3%																

\*Zu jeweiligen Preisen

Quelle: Modernisierungsvolumen Heinze GmbH; Bauvolumenrechnung des DIW Berlin, 2018



Tabelle 3: Branchenumsätze der Haus- und Gebäudetechnik in Mrd. Euro

	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016 (Schätzung)		2017 (Schätzung)		2018 (Schätzung)		2019 (Prognose)	
		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%
Industrie	17,6	-16,5	18,7	6,4	20,0	6,9	20,6	3,0	20,4	-1,3	20,2	-0,9	20,8	3,1								
Großhandel	13,7	-2,5	14,1	2,8	14,9	5,5	15,4	3,5	15,8	2,4	16,0	1,3	16,2	1,3								
Installierende Unternehmen	33,3	0,6	35,3	6,1	37,0	4,8	36,7	-0,9	37,9	3,3	39,2	3,5	39,6	1,0								
HKS-Branche gesamt*	44,5	-3,6	47,3	6,4	49,6	4,8	50,4	1,6	51,6	2,4	52,7	2,1	53,6	1,7	55,3	3,2	57,0	3,1	58,9	3,3	60,4	2,5
Inland	37,2	0,1	39,3	5,6	41,2	4,8	41,4	0,4	42,7	3,2	43,7	2,3	44,2	1,1	45,4	2,7	46,4	2,2	48,0	3,4	49,2	2,5
Ausland	7,3	-18,8	8,0	10,0	8,4	5,0	9,0	7,3	8,9	-1,3	9,0	1,1	9,4	4,4	9,9	5,3	10,6	7,1	10,9	2,8	11,2	2,8

\* Bereinigt von Doppelzählungen infolge der Vorleistungen der jeweiligen Vertriebsstufen

Quelle: ifo-Institut im Auftrag von Messe Frankfurt, BDH, VDS und VDZ, November 2018

auch unterschiedlich stark: Das Bauhauptgewerbe wuchs 2018 um 3,0 Prozent (2017: + 3,7 Prozent). Für 2019 erwartet das DIW im Bauhauptgewerbe ein Wachstum von 2,7 Prozent und für 2020 von 3,3 Prozent.<sup>8</sup>

### Investitionen in energetische Sanierungen legen deutlich zu

Das DIW hat für das Bauvolumen im Hochbau auch den Anteil der Maßnahmen für energetische Sanierungen am Bestandsvolumen untersucht (Tabelle 2).<sup>9</sup> Das Gesamtvolumen der Investitionen in energetische Sanierungen stieg 2017 auf mehr als 62 Milliarden Euro (2016: 55,7 Milliarden Euro). Damit lag das Sanierungsniveau 2017 rund 20 Prozent über dem von 2015. Die energetische Sanierung ist damit ein wichtiger Baubereich: Rund 30 Prozent des gesamten Bauvolumens im Hochbaubestand können laut DIW diesem Sektor zugeschrieben werden.<sup>10</sup>

Im Wohnungsbau stiegen im Jahr 2017 die Aufwendungen für die energetische Sanierung im Vergleich zum Vorjahr um 10,6 Prozent auf 41,0 Milliarden Euro – damit legten die Investitionen in energetische Sanierungen 2016 und 2017 wieder deutlich zu. Im Vergleich dazu war die Entwicklungsdynamik im Bereich der energetischen Sanierungen im Wohnungsbau in den Jahren 2012 bis 2015 eher schwach.<sup>11</sup>

Das Bauvolumen der energetischen Maßnahmen stieg 2017 im Nichtwohnbau um 13,3 Prozent auf 21,1 Milliarden Euro. Das ist ein deutlich stärkeres Wachstum als im Vorjahr (2016: + 3,2 Prozent).<sup>12</sup>

Für Bauleistungen an bestehenden Gebäuden insgesamt erwartet das DIW 2018 ein Plus von 8,0 Prozent im Wohnungsbau und von 6,3 Prozent im Nichtwohnbau.

Auch für die beiden folgenden Jahre wird mit einem Zuwachs gerechnet: 7,7 Prozent für 2019 im Wohnungsbau (2020: + 7,2 Prozent) und 5,9 Prozent 2019 im Nichtwohnbau (2020: + 6,7 Prozent). Diesen Anstieg führt das DIW darauf zurück, dass die steigenden Energiepreise energetische Sanierungen wieder attraktiver machen würden.<sup>13</sup>

### TGA-Branche wächst das neunte Jahr in Folge

Das ifo-Institut München hat Marktdaten zusammengestellt, aus denen aktuelle Informationen zur wirtschaftlichen Entwicklung der TGA-Branche hervorgehen (Tabelle 3). Die Zahlen beziehen sich auf Schätzungen und Prognosen vom November 2018.<sup>14</sup> Aufgrund kontinuierlich sinkender Teilnehmerzahlen hatte das ifo-Institut München bereits im Jahr 2017 die Veröffentlichung aktueller Konjunkturdaten und -prognosen für die installierenden Unternehmen, die Industrie und den Großhandel einstellen müssen. Diese Zahlen liegen deshalb nicht mehr vor.

Die gesamte deutsche HKS-Branche wuchs im Jahr 2018 auf 58,9 Milliarden Euro. Diese um Doppelzählungen bereinigte Wachstumsrate stieg im Vergleich zum Vorjahr um 3,3 Prozent (2017: 57,0 Milliarden Euro). Damit wuchs der Umsatz der HKS-Branche bereits das neunte Jahr in Folge. Für 2019 prognostiziert das ifo-Institut ein Wachstum der Branche um 2,5 Prozent auf 60,4 Milliarden Euro.

Der Inlandsumsatz der gesamten HKS-Branche stieg 2018 auf 48,0 Milliarden Euro (2017: 46,4 Milliarden). Auch der Auslandsumsatz nahm im vergangenen Jahr zu: Er stieg um 2,8 Prozent von 10,6 Milliar-

den im Jahr 2017 auf 10,9 Milliarden Euro. Für 2019 prognostiziert das ifo-Institut einen Inlandsumsatz von 49,2 Milliarden Euro (+ 2,5 Prozent) und einen Auslandsumsatz von 11,2 Milliarden Euro (+ 2,8 Prozent).

### Wirtschaftliche Daten der BTGA-Mitgliedsunternehmen

Der BTGA – Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V. vereint die industriell ausgerichteten, Anlagen erstellenden Unternehmen der Gebäudetechnik mit eigenen Ingenieurkapazitäten. Die BTGA-Organisation umfasst rund 450 mittelständische Unternehmen und Großbetriebe. Im Jahr 2017 erwirtschafteten die BTGA-Mitgliedsunternehmen insgesamt 6,1 Milliarden Euro. Energetische Sanierungen machten im Mittel 13 Prozent des Umsatzes aus. Die Mitgliedsunternehmen des BTGA beschäftigten 2017 insgesamt 47.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. In den Unternehmen wurden 4.500 Auszubildende ausgebildet; rund 300 Ausbildungsplätze mussten unbesetzt bleiben. ◀

<sup>1</sup> DIW Wochenbericht 1+2 (2019), S. 12.

<sup>2</sup> Ebenda, S. 11f.

<sup>3</sup> Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe. Berechnungen für das Jahr 2016, BBSR-Online-Publikation 09 (2018), S. 12.

<sup>4</sup> Wie Anm. 1.

<sup>5</sup> Ebenda.

<sup>6</sup> Ebenda, S. 5f.

<sup>7</sup> Ebenda.

<sup>8</sup> Ebenda.

<sup>9</sup> Ebenda, S. 25.

<sup>10</sup> Ebenda.

<sup>11</sup> Ebenda, S. 26.

<sup>12</sup> Ebenda, S. 25.

<sup>13</sup> Wie Anm. 1, S. 6ff.

<sup>14</sup> ifo-Institut im Auftrag von Messe Frankfurt, BDH, VDS und VDZ, November 2018.

# IKZ<sub>plus</sub> – das Mehrwert-Konzept



**IKZ-ENERGY** berichtet über den Einsatz von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz in Gebäuden. Dabei stehen insbesondere die ganzheitliche Betrachtung der Gebäude und deren Nachhaltigkeit im Vordergrund.

Das Themenspektrum reicht von der Photovoltaik über die Solarthermie, Bioenergie, Geothermie, energieeffiziente Heiztechnik bis hin zur Systemintegration, Gebäudeautomation und weiteren EE-Themen.

Erscheinungsweise: 4 x jährlich



**IKZ-KLIMA** informiert nicht nur über die zentralen und dezentralen Kälte- und raumluftechnischen Lösungen. Der technischen Entwicklung und den Markttrends folgend werden auch alternative Raumkonditionierungskonzepte aufgezeigt, beispielsweise die Kühlung über Raumflächen mittels reversibler Wärmepumpen, die adiabatische Kühlung oder die Erzeugung von Kälte mittels Solarenergie oder industrieller Abwärme.

MSR, Anlagen-Monitoring sowie Möglichkeiten der Anlagenoptimierung runden die Themenbereiche inhaltlich ab.

Erscheinungsweise: 3 x jährlich



**IKZ-DIGITAL** befasst sich mit allen Aspekten der Digitalisierung in der Haus- und Gebäudetechnik.

Im Fokus stehen aktuelle Entwicklungen zu den Anwendungsmöglichkeiten, Komfort-, Sicherheits- und Planungslösungen.

Die redaktionellen Inhalte reichen von der Gerätesteuerung über Technologien wie Smart Home und Vernetzung im Gebäude sowie der Energieversorgung bis hin zu Software für Planer und Installateure. Ebenso wird das Thema BIM ausführlich behandelt.

Erscheinungsweise: 2 x jährlich

## Das kleine *plus* mit großem Mehrwert.



STROBEL VERLAG GmbH & Co KG  
Leserservice IKZplus  
Zur Feldmühle 9-11, 59821 Arnsberg  
Tel. 02931 8900 0, Fax 02931 8900 38  
www.strobel-verlag.de

Jetzt kostenlose  
Ansichtsexemplare  
anfordern!

# GERMAN ENGINEERING. EFFIZIENTE TECHNIK, DIE SIE MIT ENTWICKELT HABEN.

Gemeinsam mit Ihnen Visionen entwickeln und sie durch Erfahrung und Kompetenz in Taten umsetzen. Wie das neue WOLF Kompaktlüftungsgerät CRL evo max. Vier weitere Größen bis 20.000 m<sup>3</sup>/h erweitern die Erfolgsserie. Als Innen- oder Außengerät. Gebaut für einfache Einbringung, intuitive Inbetriebnahme, effizienten Betrieb und schnelle Wartung. Gemeinsam. Erfolgreich.

Mehr unter [www.WOLF.eu/klima-profi](http://www.WOLF.eu/klima-profi)

**WOLF ISH 2019**  
KLIMA HALLE 8.0 / STAND G 68  
HEIZUNG HALLE 12.0 / STAND E 21/E 03



**CRL evo max bis 20.000 m<sup>3</sup>/h**  
Der patentierte Rotationswärmetauscher  
mit geringster Luftleckage von weniger als 2%

VOLL AUF MICH EINGESTELLT.

**WOLF**