



# BTGA

Bundesindustrieverband  
Technische Gebäudeausrüstung e.V.

 oventrop



# BTGA - ALMANACH 2022

A photograph of a shower head in the upper left corner, with water spraying downwards. The water droplets are captured in mid-air, creating a misty effect. Below the shower head, a wooden floor is visible, with water droplets scattered across its surface. To the right, an open cardboard box sits on the floor. The background is a plain wall with a vertical shadow line.

# LEITUNGEN, DIE NICHT GENUTZT WERDEN, MACHEN SICH LEGIONELLEN ZUNUTZE.

**Fakt ist: In leer stehenden Einheiten wachsen Bakterien in den Leitungen und breiten sich ungehindert in der gesamten Trinkwasseranlage aus.**

Innovative Lösungen, wie Sie die Trinkwassergüte erhalten, finden Sie auf [viega.de/Trinkwasser](https://www.viega.de/Trinkwasser)

**viega**



## Zum Geleit



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



Günther Mertz M.A.  
Hauptgeschäftsführer des BTGA

In Folge der Bundestagswahl 2021 wird Deutschland erstmals von einer Bundesregierung geführt, die von SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP gebildet wird. Schon im Koalitionsvertrag haben die neuen Partner angekündigt, dass es für sie oberste Priorität hat, die Klimaschutzziele von Paris zu erreichen: „Es gilt, die soziale Marktwirtschaft als eine sozial-ökologische Marktwirtschaft neu zu begründen. Wir schaffen ein Regelwerk, das den Weg frei macht für Innovationen und Maßnahmen, um Deutschland auf den 1,5-Grad-Pfad zu bringen. Wir bringen neues Tempo in die Energiewende [...]“

Entsprechend wurden bei der Ressortaufteilung neue Akzente durch die Koalitionspartner gesetzt: Das CDU-geführte Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) wurde zum grün-geführten Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), bei dem die Zuständigkeit für Energie verbleibt. Erstmals seit 1998 gibt es auch wieder ein eigenständiges Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. Ihm wurden die Zuständigkeiten für Bauwesen, Bauwirtschaft und Bundesbauten, für Stadtentwicklung, Stadtentwicklungsprogramme und Wohnen sowie für Raumordnung, Regionalpolitik und Landesplanung übertragen. Es wird von der SPD geführt.

Anfang des Jahres 2022 hat die Bundesregierung ihre im Koalitionsvertrag vereinbarten Vorhaben im Deutschen Bundestag vorgestellt und präzisiert. Die vom Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz geforderte Erhöhung der Geschwindigkeit der Emissionsminderung wird vom BTGA – Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung ausdrücklich unterstützt. Ge-

rade im Gebäudebereich liegen die großen Potenziale zur Effizienzsteigerung und Emissionsminderung, die endlich gehoben werden müssen. Die vom BMWK geplante Anpassung seiner Fördermaßnahmen an die tatsächlich zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Minderungseffekte ist deshalb notwendig und richtig. Die dadurch mögliche Technologieoffenheit bei Planung und Ausführung wird von der Branche der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA-Branche) seit langem gefordert. Dazu gehört auch, dass sich der BTGA dafür einsetzt, die Wärmerückgewinnung aus der Abluft als Erneuerbare Energie anzuerkennen und bei einer Novellierung im Gebäudeenergiegesetz (GEG) als solche zu verankern. Die Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen als reine Ersatzmaßnahme anzusehen, wird ihrer Bedeutung nicht gerecht. Sie ist in ihrer Funktion analog den Wärmepumpen zu sehen und arbeitet sogar effizienter als diese – die Wärme der Abluft wird regeneriert und auf die Zuluft übertragen (regenerativ).

Die Entscheidung für ein eigenständiges Bundesbauministerium zeigt, dass die Bundesregierung gewillt ist, dem Gebäudesektor die ihm zustehende Bedeutung einzuräumen. Die zuständige Ministerin betonte seit ihrer Nominierung mehrfach, dass „gutes und bezahlbares Wohnen in einem lebenswerten Umfeld“ einen besonders großen Stellenwert in der Arbeit des Ministeriums einnehmen wird. Zu einer umfassenden Betrachtung des Bauwesens und des Gebäudesektors gehört aber unbedingt auch der Bereich der Nichtwohngebäude – der BTGA wird nicht müde werden, die Politikerinnen und Politiker daran zu erinnern. Es muss vermieden werden, dass sich die Politik wieder vor allem auf die Wohngebäude konzen-

triert und Nichtwohngebäude vernachlässigt. Ohne den Bereich der Nichtwohngebäude und ohne moderne Technische Gebäudeausrüstung werden wir die europäischen und nationalen Energieeinsparziele im Gebäudesektor nicht erreichen. Zudem zeigen Sanierungsmaßnahmen in der TGA oftmals sogar negative CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten: Sie amortisieren sich in kürzester Zeit – zum Wohl der Umwelt und für den Betreiber. Dazu zählen beispielsweise der Einsatz von Wärmerückgewinnungstechnologien und der Austausch veralteter Lüftungs- und Kältetechnik – insbesondere im Komponentenbereich. Angekündigte, neue steuerliche Abschreibungsmodelle müssen dringend umgesetzt werden, so dass der Investitionsanreiz endlich geschaffen wird. Auch hier fordert der BTGA seit Jahren eine entsprechende Anpassung des Steuerrechts, die einen schnelleren Klimaschutz ermöglichen wird.

Die erforderlichen Neubau- und Sanierungsmaßnahmen im Gebäudesektor können nur mit gut ausgebildetem und in ausreichender Anzahl vorhandenem Fachpersonal umgesetzt werden. Sonst drohen die Ziele der Bundesregierung und der Europäischen Union in Deutschland am Fachkräftemangel zu scheitern. Der BTGA hat bereits 2018 seine Aus- und Weiterbildungsinitiative gestartet, um dem Fachkräftemangel gemeinsam mit seinen Mitgliedern und Kooperationspartnern tatkräftig entgegenzuwirken. Außerdem fanden mehrere Gespräche mit der damals für das Bauwesen zuständigen Abteilung im Bundesinnenministerium statt, in deren Mittelpunkt die Überlegung stand, wie die Bundespolitik und die TGA-Branche junge Menschen begeistern können, sich für Ausbildung oder Studium in diesem Bereich zu entscheiden. Wir begrüßen deshalb die Ankündigung der Bundesbauministerin, gemeinsam mit dem BMWK eine „Fachkräfteinitiative im Bauhandwerk“ ins Leben rufen zu wollen. Diese Initiative sollte allerdings auch die Ingenieurberufe einschließen, damit wir auch zukünftig über ausreichend gut ausgebildetes Fachpersonal in den Bereichen „Engineering“ und „Ausführung“ verfügen werden.

Die Technische Gebäudeausrüstung liefert innovative Lösungen und Technologien für Energieeffizienz und Klimaschutz, für Digitalisierung und für den Schutz der Gesundheit, von denen der BTGA in dem vorliegenden Almanach 2022 eine Auswahl präsentiert. Wir wünschen lohnende und erkenntnisreiche Lektüre! ◀



# 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

Reduzierung der Kaltwassertemperatur im Wohnungsbau

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

Benedikt Kemler M.Eng.,  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter / Projekttechniker,  
FB Energie, Gebäude, Umwelt, FH Münster

Stefan Cloppenburg M.Eng.,  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter / Projekttechniker,  
FB Energie, Gebäude, Umwelt, FH Münster

12

ETIM oder VDI 3805? Beides!

Martin Schröder, Marketing Engineering Management-Data,  
Bosch Thermotechnik GmbH, Wetzlar

Dr.-Ing. Lutz Blauch, Leiter der Abteilung Forschung,  
Hottgenroth Software GmbH & Co. KG, Köln

17

Neueste Technik für Elefant und Giraffe

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

20

Umsetzung der semizentralen Lüftung in einem Schulneubau

Prof. Dr.-Ing. Jens Knissel,  
Leiter des Fachgebiets für Technische Gebäudeausrüstung, Universität Kassel

Verena Stuttrucker M.Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
am Fachgebiet für Technische Gebäudeausrüstung, Universität Kassel

Stephanie Hagedorn M.Sc., Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
am Fachgebiet für Technische Gebäudeausrüstung, Universität Kassel

22

Vorteile von Wassermanagement-Systemen  
für Gebäudebetreiber

Guido Wurm, Produktmanager für digitale Produkte,  
Schell GmbH & Co. KG, Olpe

28

Wesentliche oder unwesentliche Abweichung?

Dipl.-Ing. Michael Kaffenberger-Küster,  
Produktmanager Haustechnik/Conlit Brandschutz,  
Deutsche Rockwool GmbH & Co. KG, Gladbeck

32

Kritischen Temperaturen auf der Spur

Thomas Wegner, Produktmanager Rohrleitungssysteme,  
Geberit Vertriebs GmbH, Pfullendorf

35

Auf dem Weg zur flexiblen und flächeneffizienten Immobilie

Dr.-Ing. Niels Bartels (M. Sc.), Innovationsmanager,  
Goldbeck GmbH, Bielefeld

Tizian Müller, Vertriebsgebietsleiter Region Mitte,  
Priva Building Intelligence GmbH, Tönisvorst

38

Fehler bei der Einregulierung  
größerer Warmwasser-Zirkulationssysteme

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

Prof. Dr. Lars Rickmann,  
FB Technik und Wirtschaft, SRH Hochschule in Nordrhein-Westfalen

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

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

41

Dichtheitsprüfung von Abwasserleitungen –  
Erste Erfahrungen mit der BTGA-Regel 5.005

Dipl.-Ing. (FH) Heiko Bachmann, Technischer Leiter,  
H+E Haustechnik und Elektro GmbH, Plattling

Dipl.-Ing. (FH) Olaf Heinecke, Geschäftsführer,  
Olaf Heinecke Beratende Ingenieurgesellschaft mbH, Berlin

Dipl.-Ing. Peter Reichert, Leiter Produktmanagement Rohrleitungssysteme,  
Geberit Vertriebs GmbH, Pfullendorf

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

46

BIM – Mehrwert durch gewerkeübergreifende Befestigung

Dr. Robert Skorupski, Manager Geschäftsentwicklung BIM,  
Sikla GmbH, Villingen-Schwenningen

50

Digital und analog: Neue Ausbildungsmethoden im Praxistest

Dipl.-Ing. (FH) Manuel Bartoschek,  
Associate Director, Head of HVAC Engineering, Merck KGaA, Darmstadt

52

Erprobung eines adaptiven hydraulischen Abgleichs  
von Heizungsanlagen im Feld

M.Eng. Jack Anisits, Promovend, gefördert durch BHT-Promotionsstipendium,  
Berliner Hochschule für Technik

M.Eng. Thomas Scheunemann, Promovend,  
Berliner Hochschule für Technik

Thanh Dang Duc, Studentische Hilfskraft,  
Berliner Hochschule für Technik

Prof. Dr.-Ing. Huu-Thoi Le, Professur für Heizungs-, Energie- und Umwelt-  
technik, Berliner Hochschule für Technik

55

Rohrschneider mit Markierungsfunktion für Pressrohrsysteme

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Mödder, Entwicklungsleiter,  
Wiegel Gebäudetechnik GmbH, Kulmbach

60

**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 MEDIA GROUP, Arnberg

**Erscheinungstermin:** April 2022

## Hersteller im digitalen Wandel

Dr. Nils Krönert, BIM Innovation Manager,  
Hilti AG, Schaan

Heike Kling, Head of Engineering,  
Hilti Deutschland AG, Kaufering

## Bedeutung der Innenraumlüftung im Pandemiefall

Dipl.-Ing. (FH) Clemens Schickel,  
Geschäftsführer Technik des BTGA e.V.

## Vorfertigung mit System und nach Maß

Matthias Feld, Key Account Manager District Heating & Cooling,  
Reflex Winkelmann GmbH, Ahlen

## CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Gebäudetechnik

Dipl.-Ing. Zahra Mehdipour, Senior Sustainability Expert and Digitalization,  
Ph.D. Researcher, Uni Kassel

Alexander Hollberg Assistant Professor, Architecture and Civil Engineering,  
Building Technology, Sustainable Building, Chalmers University

## Nachhaltige Trinkwasser-Installationen unterstützen Hygiene

Dr. Christian Schauer, Director des Kompetenzzentrums Wasser,  
Corporate Technology, Viega GmbH & Co. KG, Attendorn

## Einzigartiges Wohnhaus mit innovativer Gebäudetechnik

Nicola Holweg M.A., Referentin für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit,  
aquatherm GmbH, Attendorn

## Wirtschaft, Recht und Berufsbildung

### Kritische Betrachtung der Fördermaßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung

Günther Mertz M.A., Hauptgeschäftsführer des BTGA –  
Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V.

### Klimaschutz ist justiziabel (geworden)

Rechtsanwältin Britta Brass, Justiziarin des BTGA e.V.

### Bauwirtschaft trotz Corona-Krise – Baupreise steigen kräftig

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

## Hinweise zur Titelseite

### Der KlimaCon F Raumthermostat von Oventrop Raumtemperatur smart geregelt.



Die KlimaCon F Raumthermostate bieten eine Systemlösung für die komfortable und gradgenaue Raumtemperaturregelung in Systemen mit Flächenheizung und -kühlung. Vom analogen Einstellen über ein Drehrad

bis hin zu einer digitalen Lösung für das Heizen und Kühlen über die KlimaCon-App auf dem Smartphone – KlimaCon F bietet viele Möglichkeiten und ist einfach zu installieren und zu konfigurieren. Die KlimaCon F Raumthermostate lassen sich auch perfekt mit Wärmepumpen kombinieren. Das moderne, eigenständige Design zeigt dabei, wie moderne Haustechnik aussehen kann.

Entdecke die smarte Systemlösung für die Raumtemperaturregelung [climacon.ventrop.com](http://climacon.ventrop.com)

#### Oventrop GmbH & Co. KG

Paul-Oventrop-Straße 1 · 59939 Olsberg  
Service-Hotline +49 2962 82100  
[mail@oventrop.com](mailto:mail@oventrop.com) · [www.oventrop.com](http://www.oventrop.com)

### DEWetech Vorfertigungsservice – Schnell, individuell und alles aus einer Hand. Von der Planung bis zur Montage

Beraten lassen kostet nichts – Fachkräftemangel schon!

Wir fertigen nach Kundenwunsch komplette Baugruppen für die unkomplizierte Montage vor Ort.



Eine unserer Lösungen:

Heiz-/Kühlzentrale mit Heizkreisverteiler und Kältespeicher

- Ausarbeitung und Planung der Zentrale in 3D
- Die erforderlichen Einbauteile werden direkt aus unserem Lager der eigenen Produktion zur Verfügung gestellt

• Alle Baugruppen wie Heizkreisverteiler, Tauscherkreis und Anbindungen an den Kältepufferspeicher inklusive aller erforderlichen Komponenten werden vorgefertigt und montiert

• Die Fertigung erfolgt durch professionelle WIG-Schweißverfahren mit allen relevanten Prüfprotokollen

• Lieferung in gewohnter Qualität auf die Baustelle

• Auf Wunsch montieren wir die komplette Zentrale vor Ort

#### DEINZER + WEYLAND GmbH

Niedesheimer Straße 25 · 67547 Worms  
E-Mail: [tdl.vorfertigung@dewetech.de](mailto:tdl.vorfertigung@dewetech.de)  
Internet: [www.deinzer-weyland.de/vorfertigung/](http://www.deinzer-weyland.de/vorfertigung/)

### Von der digitalen zur realen Baustelle

Building Information Modeling (BIM) unterstützt bei der digitalen Planung und hilft dabei, die Komplexität in der Planung und Durchführung von Bauprojekten zu reduzieren, sowie den Baubetrieb durch Bereitstellung von nützlichen Informationen zu vereinfachen. Mit einer innovativen Kombination aus BIM-Modell und dem semi-autonomen Bohrroboter Jaibot können Baustellenabläufe jetzt beinahe vollständig automatisiert werden und Fehler minimiert werden. Bauprojekte können so schneller, sicherer und präziser abgeschlossen werden. Jaibot, der semi-autonome Bohrroboter für Deckenbohrungen, übernimmt auf Grundlage der BIM-Planung in Kombination mit der Totalstation PLT 300 die Herstellung der Bohrlöcher an der Decke. Die digitalen BIM-Daten werden zudem für Status und Bohrfortschritt zur Baustelle über eine Cloud-Anwendung während des Baubetriebs genutzt.

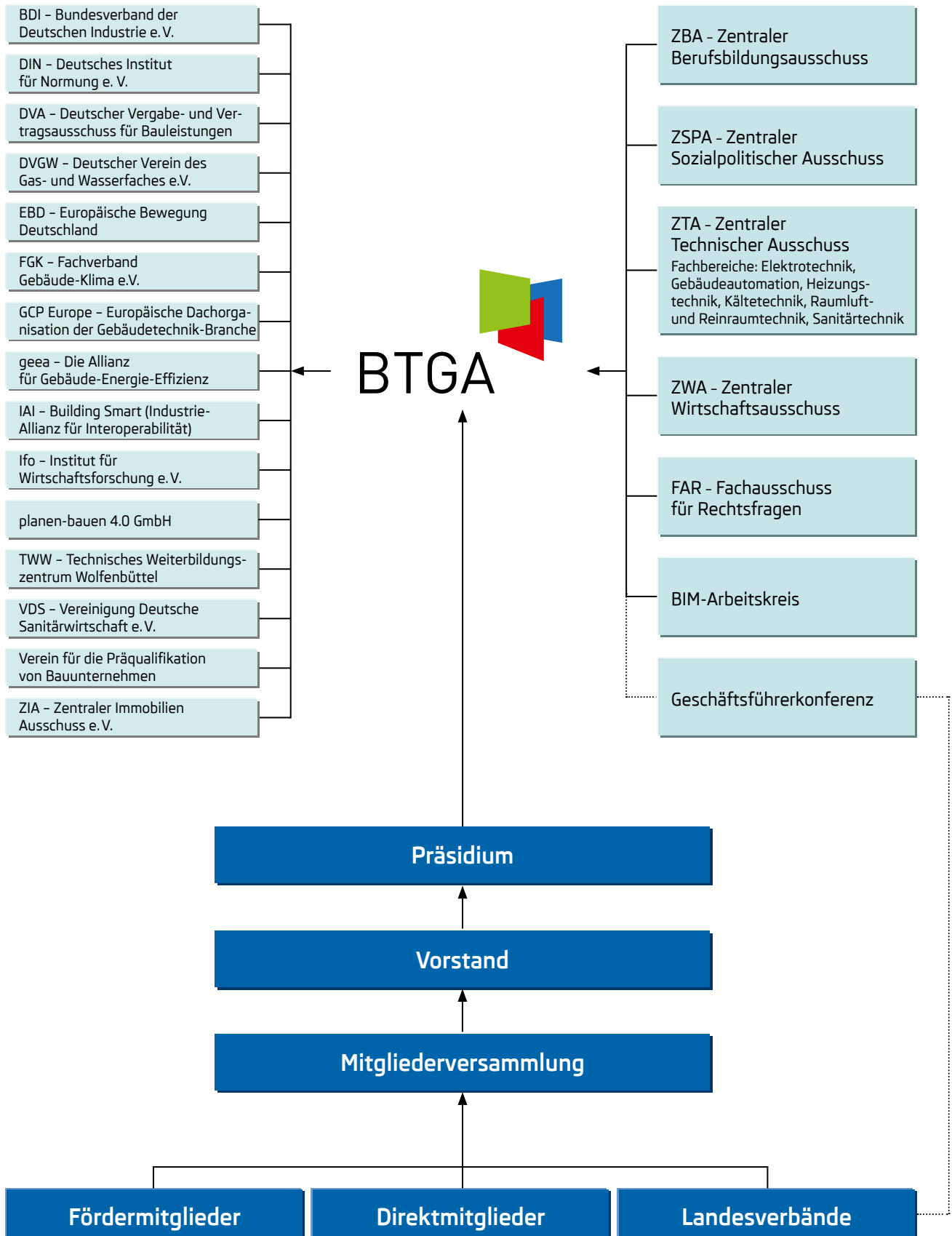


Weitere Informationen finden Sie unter: [www.hilti.de/jaibot](http://www.hilti.de/jaibot)

**Hilti Deutschland AG**  
Hiltistr. 2 · 86916 Kaufering  
Internet: [www.hilti.de](http://www.hilti.de)

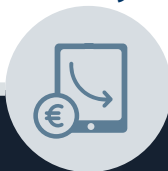


# Die Organisationsstruktur des BTGA



# ROM E<sup>4</sup> Programm: Unser Leistungsspektrum für mehr Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit.

**Energieeffizienz-  
Analyse**



**Energie-  
Audit**



**Energetische  
Inspektionen**



**Energie-  
Management**





# Der BTGA und seine Landesverbände

# BTGA



## 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.



## 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 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: Michael Gonzalez Salcedo  
Geschäftsführer: RA Dirk Drangmeister



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



Am Tower 23, 90475 Nürnberg  
Tel.: 09128 92566-01  
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: Dipl.-Ing. (FH) Bernd Bürner



## 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



## 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 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.-Wirtsch.-Ing. Jan Opländer  
Geschäftsführer: RA Tobias Dittmar, LL.M.



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

Emil-von-Behring-Straße 5,  
60439 Frankfurt/Main  
Tel.: 069 95809-109; Fax: 069 95809-233  
Internet: [www.itga-hessen.de](http://www.itga-hessen.de)  
E-Mail: [info@itga-hessen.de](mailto:info@itga-hessen.de)  
Vorsitzender: Dipl.-Ing. (FH) Martin Scherrer  
Geschäftsführer:  
RA Dipl.-Betriebsw. (DH) Rainer von Borstel



## 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



Grüne Energie,  
effiziente Technik,  
E-Ladelösungen  
und vieles mehr:

# Wir begleiten Sie auf Ihrem Weg zur Klimaneutralität

Machen Sie Ihre Gebäude  
mit ENGIE fit für die Zukunft.

[engie-deutschland.de](https://engie-deutschland.de)

The ENGIE logo consists of a white, curved, swoosh-like shape above the word "ENGIE" in a bold, white, sans-serif font.

**#Act  
With  
ENGIE**



# 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)

**ENGIE Deutschland GmbH**

Aachener Str. 1044, 50858 Köln  
Tel.: 022146905-0, Fax: -250 · [www.engie-deutschland.de](http://www.engie-deutschland.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)

**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)

**Elevion GmbH**

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

**Salvia Group GmbH**

Gutenbergstr. 1, 73054 Eisligen  
Tel.: 07161 6520-200, Fax: -222 · [www.salvia-gebäudetechnik.de](http://www.salvia-gebäudetechnik.de)

## Fördermitglieder

**ACO Passavant GmbH**

Im Gewerbepark 11c, 36466 Dermbach  
Tel.: 036965 819-0, Fax: -361  
[www.aco-haustechnik.de](http://www.aco-haustechnik.de)

**HILTI Deutschland AG**

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

**Schell GmbH & Co. KG**

Raiffeisenstr. 31, 57462 Olpe  
Tel.: 02761 892-0, Fax: -199  
[www.schell.eu](http://www.schell.eu)

**BerlinerLuft. Technik GmbH**

Herzbergstr. 87-99, 10365 Berlin  
Tel.: 030 5526-2040, Fax: -2211  
[www.berlinerluft.de](http://www.berlinerluft.de)

**Huber & Ranner GmbH**

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

**Sikla GmbH**

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

**Franz Kaldewei GmbH & Co. KG**

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

**Trox GmbH**

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

**Danfoss GmbH**

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

**Uponor GmbH**

Industriestr. 56, 97437 Haßfurt  
Tel.: 09521 690-0  
[www.uponor.de](http://www.uponor.de)

**Felderer AG**

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

**Oventrop GmbH & Co. KG**

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

**Viega GmbH & Co. KG**

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

**Georg Fischer GmbH**

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

**Reflex Winkelmann GmbH**

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

**Viessmann Deutschland GmbH**

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

**Geberit Vertriebs GmbH**

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

**REHAU AG + Co**

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

**Wilbeoer Bauteile GmbH**

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

**Grundfos GmbH**

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

**WILO SE**

Wilopark 1, 44263 Dortmund  
Tel.: 0231 4102-0, Fax: -7363  
[www.wilo.de](http://www.wilo.de)

# Einfach. Sicher. Wirtschaftlich. Wassermanagement mit SCHELL SWS.

Das innovative Wassermanagement-System SWS ermöglicht die Vernetzung und Steuerung elektronischer Armaturen in öffentlichen, halböffentlichen oder gewerblich genutzten Gebäuden. Und wenn Sie möchten, können Sie mit dem Online-Service SMART.SWS auch von jedem Ort der Welt aus auf alle Liegenschaften und Armaturen zugreifen. Das bedeutet durchdachte Unterstützung beim hygienischen Betrieb der Trinkwasser-Installation.

Jetzt SWS entdecken.  
Mehr unter [www.schell.eu](http://www.schell.eu)



# Reduzierung der Kaltwassertemperatur im Wohnungsbau

Wenn warmes Wasser kaltes Wasser kälter macht – mit innovativen Verteil-systemen den Wasserwechsel fördern und Systemtemperaturen reduzieren

*Damit das Wachstum von Mikroorganismen im Trinkwasser minimiert werden kann, müssen neben der Stagnation des Trinkwassers in der Leitungsanlage und der Begrenzung des Nahrungsange-botes insbesondere die Temperaturbereiche vermieden werden, in denen das Wachstumsoptimum der Erreger liegt. Ein hygienisch unbedenkliches Verteilkonzept für Trinkwasser-Installationen in Wohngebäuden ergibt sich daher erst dann, wenn alle Teilstrecken des Rohrnetzes mit dem bestimmungsgemäßen Betrieb regelmäßig turbulent durchströmt werden und damit auch die Temperatur des kalten Trinkwassers bestmöglich unter 20°C bzw. 25°C bleibt. Aktuelle Projekte der FH Münster belegen, dass nur dann trinkwasserhygienisch einwandfreie Verhältnisse in den Leitungsanlagen erwartet werden dürfen, sofern auch die Wechselwirkungen zwischen den genannten Einflussfaktoren berücksichtigt werden.*



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



Benedikt Kemler  
M.Eng.,  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter /  
Projektingenieur,  
FB Energie,  
Gebäude, Umwelt,  
FH Münster



Stefan Cloppenburg  
M.Eng.,  
Wissenschaftlicher  
Mitarbeiter /  
Projektingenieur,  
FB Energie,  
Gebäude, Umwelt,  
FH Münster

## I. Grundlagen

In der DIN 1988-200 werden Kaltwassertem-peraturen unter 25 °C nach dem vollen Öff-nen der Entnahmemarmatur nach 30 Sekun-den gefordert [1]. Ergänzend dazu verweist die DVGW-Information Nr. 90 darauf, dass bei Trinkwassertemperaturen unter 20 °C nur sehr selten Legionellen nachgewiesen werden [2]. Aus dieser Formulierung muss geschlossen werden, dass das Risiko einer

Kontamination des kalten Trinkwassers mit Legionellen erst dann auf ein Minimum redu-ziert ist, wenn die Kaltwassertemperaturen überwiegend unter 20 °C gehalten werden können. Mit höher zugelassenen Tempera-turen erhöht sich daher sukzessiv auch das Betriebsrisiko (Abbildung 1). Dieser Zusam-menhang muss dem Fachplaner und ins-besondere auch dem zukünftigen Betreiber bekannt und bewusst sein.

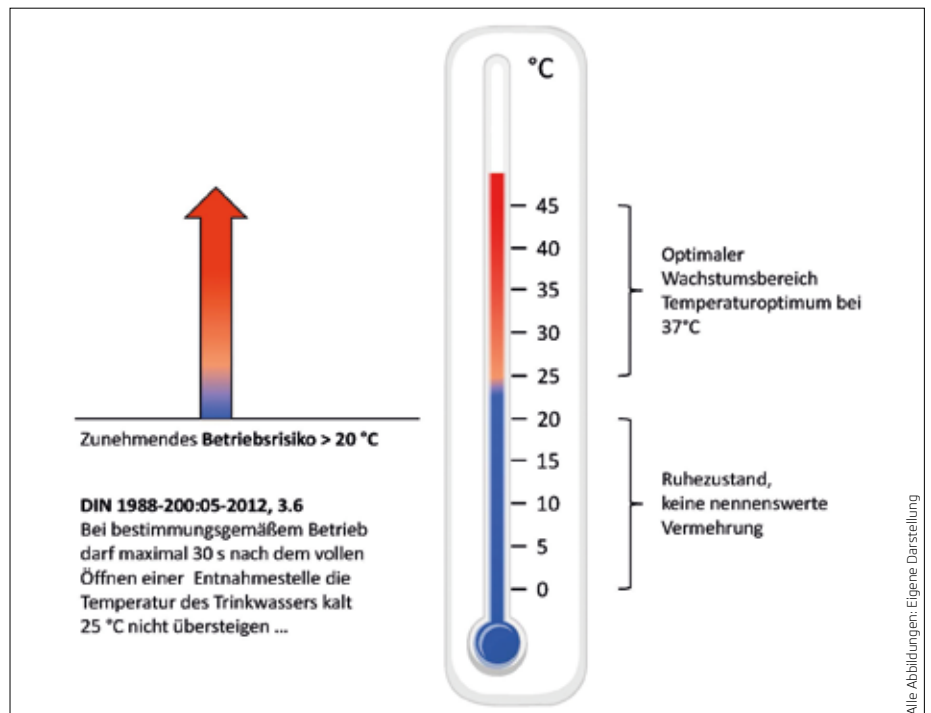


Abbildung 1: Beispiele für Temperaturbereiche mit Risikoabschätzung

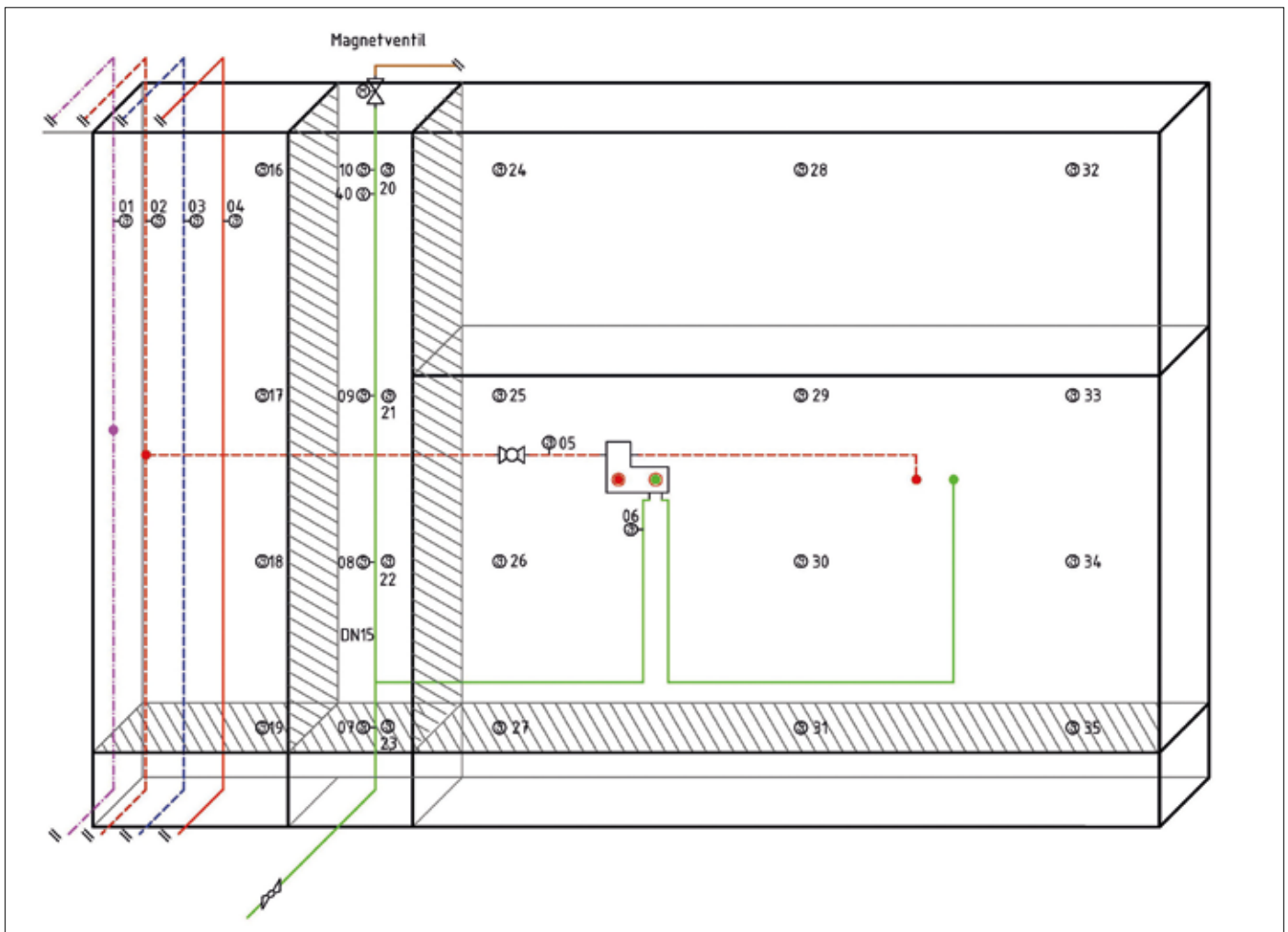


Abbildung 2: Darstellung des Versuchsstandes

Bereits zur Einhaltung der normativen Vorgaben (DIN 1988-200: 30-Sekunden-Regel) müssen zunächst alle passiven Maßnahmen zur Reduzierung des stagnationsbedingten Wärmeeintrags in das Kaltwassersystem realisiert werden. Zu den passiven Maßnahmen gehört unter anderem die Verlegung der Kaltwasserleitungen in separaten Schächten und/oder in von Wärmequellen abgeschotteten Bereichen. Mit dieser Maßnahme kann der konvektive Wärmeübergang von warm auf kalt in einem gemeinsamen Installationsraum unterbunden bzw. reduziert werden, beispielsweise in einem vertikal verlaufenden Schacht oder in einer Zwischendecke.

Sofern diese Maßnahmen nicht ausreichen, müssen aktive Maßnahmen etabliert werden. Das zentrale temperaturgeführte Spülen – als ein häufig anzutreffender aktiver Prozess – ist aufgrund der Wohnungswasserzählung auf die Verteil- und Steigleitungen beschränkt. Alternativ dazu kann auch mit so genannten Hygienespülstationen dezentral in den Nasszellen ge-

spült werden. Abhängig von inneren und äußeren Wärmelasten und der Wassereintrittstemperatur in das Gebäude können solche Spülmaßnahmen erhebliche Wasserverluste verursachen – insbesondere in den Sommermonaten. Zur Vermeidung hoher Spülwasserverluste ist aus ökologischer und betriebstechnischer Sicht eine nachhaltigere Technik zu bevorzugen. Dabei sollte die Temperaturabsenkung weitestgehend aus dem bestimmungsgemäßen Betrieb der Trinkwasser-Installation heraus sicherstellt werden.

## II. Versuchsstand

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der FH Münster wurde nach einem Verteilkonzept für das Kaltwasser in Wohngebäuden gesucht, das in Wechselwirkung mit einer verbesserten Durchströmung auch die mittlere Temperatur des kalten Trinkwassers deutlich absenkt. Die vergleichende Bewertung der untersuchten Installationskonzepte erfolgte auf Grundlage messtechnischer Ergebnisse aus einem Prüfstandsauf-

bau und hydraulischer Berechnungen für ein Referenzobjekt. Der Versuchsstand umfasste eine raumhohe Installationsvorwand mit Anschlüssen für einen Waschtisch und eine Dusche. Damit werden die Verhältnisse einer Nasszelle des Referenzobjektes näherungsweise abgebildet. Die Nasszelle wird bei einer im Wohnungsbau vorherrschenden, vertikal orientierten Verteilung über Steigleitungen mit kaltem und warmem Trinkwasser versorgt. Die Verlegung der Steigleitung für das kalte Trinkwasser erfolgte in einem abgeschotteten Teilbereich des Schachtes (Abbildung 2). Für die messtechnischen Untersuchungen wurde eine Warmwassertemperatur von 60 °C und eine Zirkulationstemperatur von 55 °C angesetzt. Die heizungsseitigen Systemtemperaturen betragen 75 °C/55 °C.

## III. Konventionelle Installationstechnik

Als Referenz für vergleichende Bewertungen wurde eine konventionelle Steigleitung mit einer Reihenleitung im Stockwerk festgelegt. Die Durchströmung der Steigleitung folgte

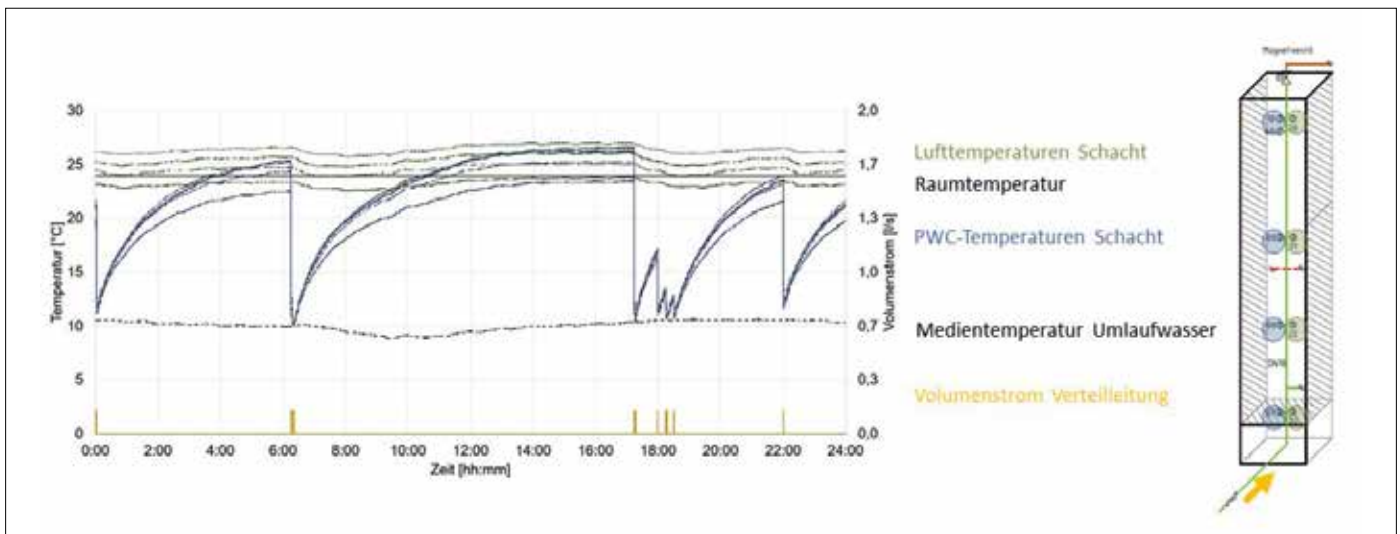


Abbildung 3: Temperaturverläufe in der Steigleitung einer konventionell aufgebauten Trinkwasser-Installation in Abhängigkeit von der Durchströmung

dabei einem Zapfprofil, das aus Messwerten in einer in Betrieb befindlichen Trinkwasser-Installation generiert wurde.

Der Temperaturverlauf des kalten Trinkwassers in der Steigleitung einer konventionell aufgebauten Trinkwasser-Installation wird ausschließlich von den Wasserentnahmen in den direkt angeschlossenen Nasszellen geprägt. Wird Wasser über die Entnahmestellen entnommen, fällt die Temperatur auf Minimalwerte ab. In längeren Stagnationsphasen steigen die Temperaturen dann wieder auf Umgebungslufttemperaturen an (Abbildung 3). Bereits diese Messwerte bestätigen den großen Einfluss der Durchströmung auf die Kaltwassertemperaturen in der Steigleitung.

Durch das konventionelle Verteilsystem ergeben sich lange Stagnationszeiten zwischen den Entnahmen. Damit impliziert das konventionelle Verteilsystem partiell regelmäßig und langandauernde Kaltwassertemperaturen oberhalb von 25 °C.

#### IV. Innovatives Verteilkonzept

In den vergangenen zwölf Jahren wurde eine Vielzahl von Stockwerks-Installationen in Krankenhäusern, Hotels, Seniorenheimen usw. mit Strömungsteilern an den Steig- bzw. Verteilleitungen ausgestattet und von der FH Münster messtechnisch begleitet. Die Durchströmung eines Strömungsteilers verursacht Induktionsvolumenströme in der angeschlossenen Ringleitung und intensi-

viert damit den Wasserwechsel in ansonsten temperaturkritischen Leitungsbereichen. Im direkten Vergleich mit den mittleren Temperaturen des kalten Trinkwassers in konventionell aufgebauten Installationen führt in einer Strömungsteiler-Installation bereits der laufende Betrieb zu einer Absenkung der mittleren Kaltwassertemperatur in den Stockwerksleitungen um ca. 5 K – ohne dass zusätzlich Fremdenergie eingesetzt werden muss oder dass Spülmaßnahmen durchgeführt werden müssen.

Bedingt durch Induktionsvolumenströme über Wasserzähler für die verbrauchsabhängige Abrechnung von Wasser- und Wärmekosten können derartige Installationskonzepte in Wohngebäuden nicht eingesetzt wer-

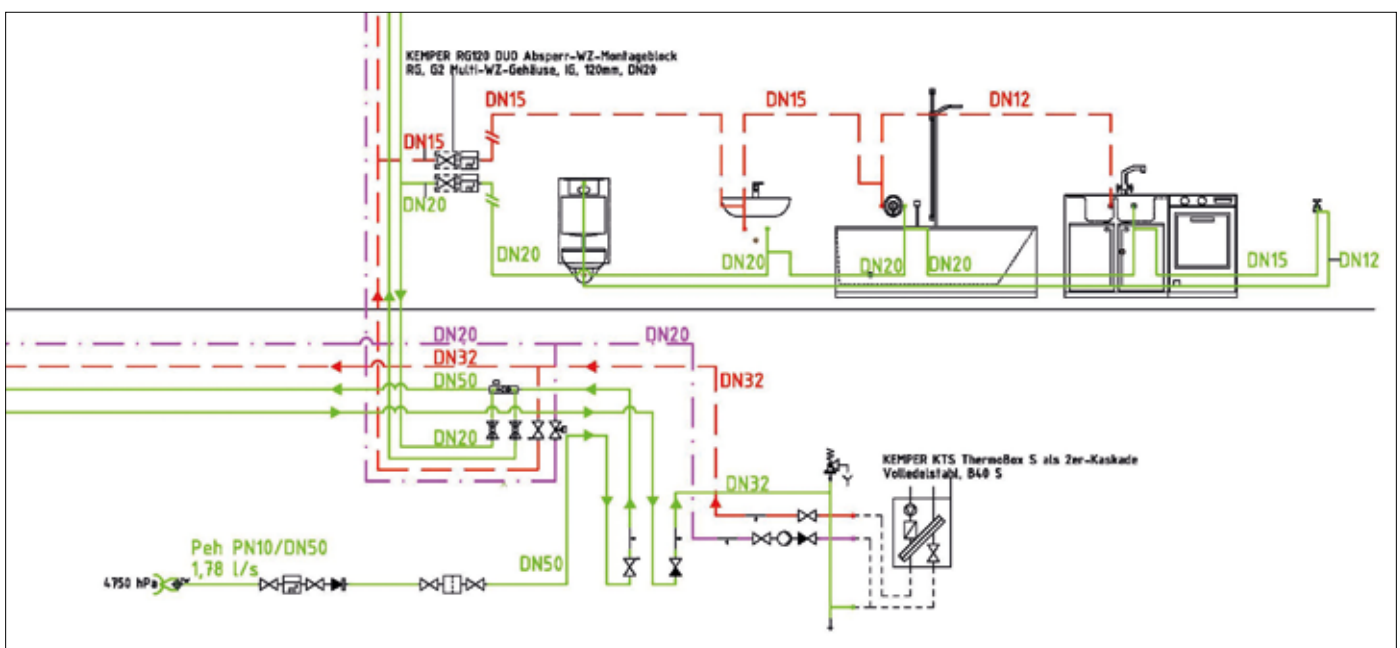


Abbildung 4: Anschluss einer Steig-/Ringleitung an die Verteilung über einen Strömungsteiler

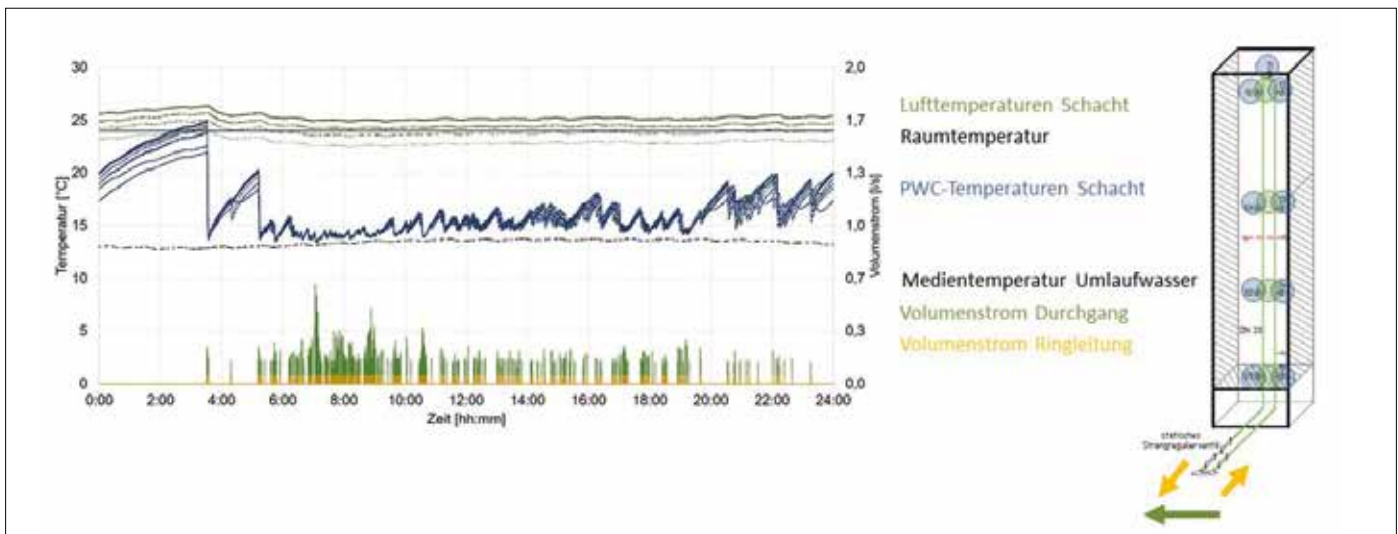


Abbildung 5: Temperaturverläufe in einer Steig-/Ringleitung in Abhängigkeit von der Durchströmung

den. Dadurch scheidet der Einsatz dieses Verteilkonzepts für Stockwerks-Installationen dort aus. Der Wasserwechsel in den Kaltwasser-Steigleitungen kann jedoch mit dieser Technik noch erheblich erhöht werden.

Auf der Suche nach insgesamt verbesserten Konzepten für den Wohnungsbau, die die Durchströmung temperaturkritischer Leitungen bereits mit dem laufenden Betrieb intensivieren, wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens folgende neue Lösungsansätze untersucht:

- Die Steigleitungen werden als Ringleitungen ausgebildet und über einen Strömungsteiler an die Verteilleitungen angeschlossen.
- Die PWC-Verteilleitung in Fließrichtung hinter den Strömungsteilern wird als Zuleitung für die Trinkwasser-Erwärmungsanlage (TWE) genutzt – sofern es die Druckverhältnisse zulassen und es bautechnisch möglich ist.
- Eine zentrale Einrichtung zum temperaturregeführten Spülen oder eine Kreislaufkühlung kann in dieses Verteilkonzept integriert werden, wenn auf Grund klimatischer Randbedingungen die Wassereintrittstemperatur in das Gebäude häufig oder auch regelmäßig höher liegt als beispielsweise 20 °C.

Das im Rahmen des Forschungsvorhabens entwickelte Verteilkonzept für den Wohnungsbau hat zum Ziel, den Wasseraustausch zu erhöhen und damit das Temperaturniveau der Kaltwasserleitung im Schacht signifikant zu senken. Dabei werden die konventionellen Steigleitungen durch Steig-/Ringleitungen ersetzt, die mit einem Strömungsteiler an die Verteilleitung angeschlossen werden (Abbildung 4).

Durch Wasserentnahmen in Fließrichtung hinter dem Strömungsteiler ergeben sich zusätzlich zu den reinen Wasserentnahmen Induktionsvolumenströme in der Steig-/Ringleitung. Die endständige Anbindung der Kaltwasser-Verteilleitung an den Eingang des Warmwassererzeugers erhöht zusätzlich die Wasserwechselrate innerhalb der Kaltwasser-Installation (Abbildung 5). Das verwendete Zapfprofil entspricht dem realen Verbrauch eines ähnlichen Wohngebäudes.

#### V. Vergleich der Installationskonzepte

Die messtechnischen Untersuchungen des innovativen Verteilkonzepts belegen die hygienisch positiven Auswirkungen im Wohnungsbau – bezogen auf den Wasseraustausch und die damit einhergehenden, wesentlich geringeren Kaltwassertemperaturen. Aus den versuchsstandspezifischen Untersuchungen des innovativen Verteilkonzepts resultiert die dauerhafte Unterschreitung der Kaltwassertemperatur von 25 °C. Damit erfüllt das Verteilsystem die Vorgaben der DIN 1988-200, sofern lange Stockwerks- und Einzelzuleitungen dem nicht entgegenstehen.

In Abbildung 6 sind für beide Installationsvarianten die Temperaturbereiche >20 °C und <20 °C in einem Zeitraum von 24 Stunden dargestellt. Den größten zeitlichen Anteil eines Temperaturbereiches von über 20 °C erfasst bei beiden Installationsvarianten der Tauchfühler 9. Das erhöhte Temperaturniveau resultiert aus dem Kreuzungsbereich mit der Warmwasserleitung.

Bei der konventionellen Schacht-Installation wird ein Temperaturniveau von 20 °C über einen zeitlichen Anteil von 31,2 Prozent unterschritten. Im Vergleich kann dem innovativen Verteilkonzept ein zeitlicher An-

teil von 84,6 Prozent einem Temperaturbereich von <20 °C zugeordnet werden. Aus den Messergebnissen des innovativen Verteilsystems resultiert eine deutliche Reduzierung des zeitlichen Anteils im Temperaturbereich >20 °C. Grundsätzlich sind die zu erwartenden Stagnationstemperaturen abhängig von der Temperatur des Trinkwassers in der Hausanschlussleitung.

Der prozentuale Unterschied beider Varianten beträgt 53,4 Prozent, bezogen auf Fühlerposition 9. Damit kann im innovativen Verteilsystem eine Kaltwassertemperatur von unter 20 °C über zwölf Stunden länger gewährleistet werden als bei einer konventionell aufgebauten Trinkwasser-Installation.

Der kaltwasserseitige Installations-schacht fällt bei dem innovativen Verteilsystem aufgrund der doppelten Leitungsführung größer aus, jedoch ist in diesem System eine direkte Anbindung zum warmgehenden Schacht eher tolerierbar als bei der konventionellen Installationsvariante. Das Spannungsfeld zwischen Kostendruck und einer hygienisch unbedenklichen Trinkwasser-Installation kann durch das innovative Verteilsystem verringert werden.

Durch die unterschiedliche Fließweglänge werden die Druckdifferenzen zwischen Kaltwasser und Warmwasser an den Armaturenanschlüssen erhöht. Um unzulässige Betriebszustände auszuschließen, ist der rechnerische Nachweis für die Unterschreitung der maximal zulässigen Druckdifferenz entsprechend Herstellerangabe zu erbringen. Dadurch ist die räumliche Ausdehnung der Rohrnetze begrenzt. Der Anlageninhalt des innovativen Verteilsystems ist im Vergleich zur konventionellen Trinkwasser-Installation größer. Durch den endständigen Anschluss der Trinkwassererwärmungsan-

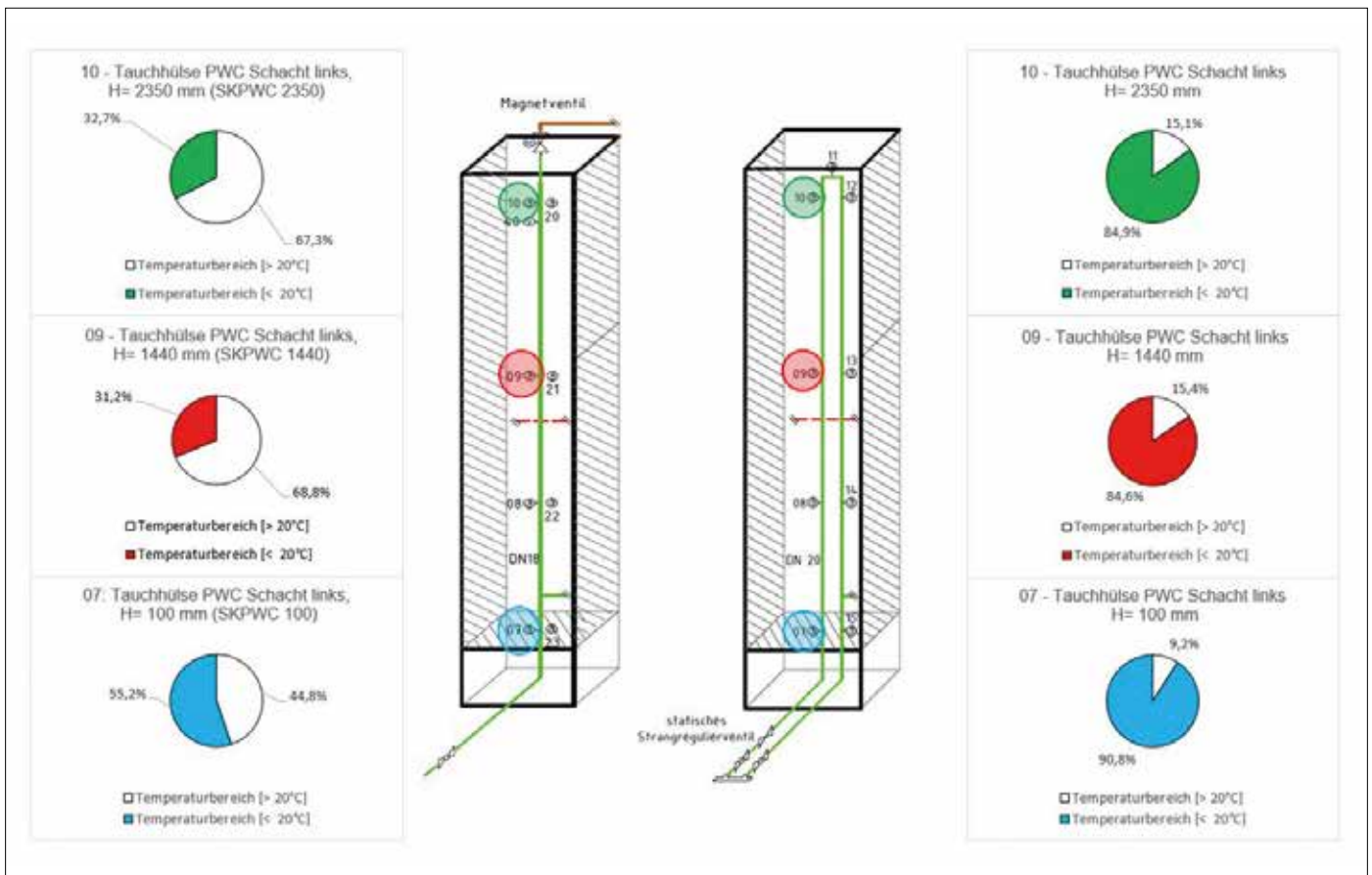


Abbildung 6: Darstellung der zeitlichen Temperaturanteile beider Verteilvarianten

lage hinter der letzten Kaltwasser-Steigleitung kann die Erhöhung des Wasserinhalts auf 13 Prozent begrenzt werden. Grundsätzlich müssen bei der Auswahl des Verteilkonzepts die sich ergebenden Anlagenvolumina und die resultierenden Stagnationstemperaturen in ein hygienisches Verhältnis gesetzt werden. Ein etwas höheres Anlagenvolumen, das aufgrund natürlicher Wasserentnahme ständig ausgetauscht wird, ist sicherlich besser zu bewerten als eine schlecht durchströmte Leitungsanlage mit geringem Anlagenvolumen. Des Weiteren kann durch das innovative Verteilkonzept die Anzahl automatisierter Spülvorgänge reduziert werden. Auch energetische Vorteile in Bezug auf eine natürliche Vorerwärmung der Kaltwasserzuleitung des Trinkwassererwärmers sind ableitbar [3].

#### VI. Fazit

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Wasserwechsel ein entscheidendes Kriterium für die resultierenden Wassertemperaturen im Kaltwasserschacht darstellt. Eine nutzungsbedingte Erhöhung des Wasserwechsels kann durch das vorgestellte Konzept einer Ringleitungs-Steigleitung realisiert werden. Mit diesem Konzept konnte das

Temperaturniveau der Kaltwasserleitung im Schacht signifikant gesenkt und die Anzahl automatisierter Spülvorgänge reduziert werden. ◀

#### Literatur:

- 1 DIN 1988-200: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen - Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) - Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW, Beuth-Verlag, Mai 2012.
- 2 DVGW-Information WASSER Nr. 90: Informationen und Erläuterungen zu Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 551, Juli 2016.
- 3 Kehler, Benedikt: Untersuchung eines innovativen Verteilkonzepts mittels optimierter Anordnung von Strömungsteilern in Schacht-Installationen, Masterarbeit FH Münster, Januar 2021.





# ETIM oder VDI 3805? Beides!

Jeder dieser Standards hat bei Building Information Modeling (BIM) seine Berechtigung

*Wenn sich Experten für Building Information Modeling (BIM) treffen, wird schon mal über scheinbar kryptische Begriffe diskutiert: „VDI 3805“, „ISO 16757“, „ETIM“. Dann geht es darum, welcher Standard bei BIM seine Berechtigung hat, wie sich VDI 3805 und ETIM voneinander unterscheiden und Doppelungen vermeiden lassen. Ein genauerer Blick auf die Vor- und Nachteile des jeweiligen Standards für BIM zeigt, was dieser in Zusammenhang mit BIM jeweils leistet.*



Martin Schröder,  
Marketing  
Engineering  
Management-Data,  
Bosch Thermotechnik GmbH,  
Wetzlar



Dr.-Ing. Lutz Blaich,  
Leiter der Abteilung  
Forschung,  
Hottgenroth Software GmbH & Co. KG,  
Köln

Im Fokus jedes BIM-Prozesses steht das 3D-Gebäudemodell (Building Information Model). Es wird von allen Gewerken gleichmäßig genutzt und fortlaufend mit den gewerkspezifischen Daten angereichert. Architekten und TGA-Fachplaner benötigen konkrete Produktdaten der Hersteller, um die technische Gebäudeausrüstung mittels BIM planen zu

können – beispielsweise Daten für die Komponenten des Heizsystems, für Trinkwasser und Abwasser. Diese Informationen können, ebenso wie das spätere 3D-Modell, in verschiedene Computerprogramme eingelesen und den Nutzern für Berechnungen und Kostenermittlungen verfügbar gemacht werden. Dann schlägt die Stunde der VDI 3805.

## Grundlage von BIM: Daten nach VDI 3805

Experten haben die VDI-Richtlinie 3805 unter dem Titel „Produktdatenaustausch in der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA)“ vor etwa 20 Jahren definiert, um Produktdaten von Herstellern computerlesbar zu machen. Die Richtlinie beschreibt ein maschinenlesbares Format, mit dem sich herstellerspezifische technische Produktkataloge, die bisher ausschließlich in gedruckter Form vorlagen, per Computer verarbeiten lassen. Ein Produktdatensatz nach VDI 3805 enthält alle Daten für Konstruktion, Planung, Dimensionierung, Simulation und Betrieb der TGA eines Gebäudes:

- 3D-Geometriedaten in unterschiedlichen Details zur Verwendung der Produkte in CAD-Konstruktionsprogrammen,
- technische Daten für Berechnungen aller Art, zum Beispiel für Druckverlustberechnungen in Rohrnetzen, Akustikberechnungen in Lüftungskanälen und für Simulationen von PV-Anlagen,
- beschreibende Auswahldaten der Produkte, zum Beispiel Gerätetypen, Anschlusskonfigurationen und Dämmstandards,
- Mediendaten, zum Beispiel Explosionszeichnungen, Montage-/Inbetriebnahme-Anleitungen/-videos, Wartungsvorschriften und Produktbilder und
- baureihen- oder produktspezifisches Zubehör.

Daten, die für die TGA relevant sind, werden in das 3D-Gebäudemodell integriert und stehen so während der gesamten Lebenszeit des Gebäudes zur Verfügung. Weil alle Daten für Dimensionierungen oder Simulationen über das Modell verfügbar sind, sind auch Um- oder Erweiterungsplanungen während des Gebäudebetriebes möglich – beispielsweise beim Mieterwechsel mit sich ändernden



Abbildung: Buderus

Abbildung 1:  
Um die technische Gebäudeausrüstung mit BIM planen zu können, braucht es Produktdaten von Heizsystemkomponenten wie beispielsweise der Luft-Wasser-Wärmepumpe Logatherm WLW196i.

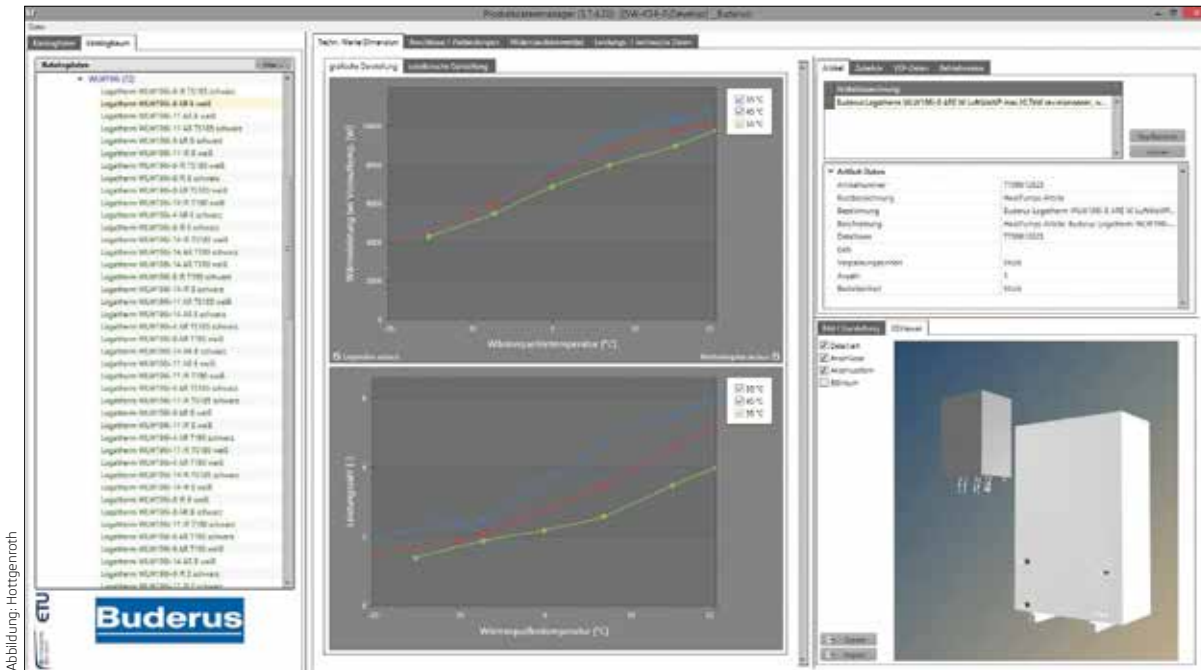


Abbildung: Hottgenroth

Abbildung 2: Leistungsdiagramm und Geometrie der Luft-Wasser-Wärmepumpe Logatherm WLW196i-8 AR E aus VDI 3805-Funktionen im Katalog-Auswahl-Tool

Nutzerprofilen oder bei Erweiterungsbauten. Der BIM-Prozess wird so optimal unterstützt beziehungsweise überhaupt ermöglicht. Weltweit tätige Hersteller und Baukonzerne fordern aufgrund der positiven Erfahrungen mit der VDI 3805 deshalb, diese zu internationalisieren. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) unterstützt dieses Vorhaben. Erste Teile sind über die Normungsorganisationen CEN und ISO bereits als EN ISO 16757 erschienen und von den guten

Erfahrungen, die in Deutschland mit der Anwendung der VDI 3805 gewonnen wurden, können global weitere Anwender profitieren.

**Viele Vorteile durch VDI 3805**

Funktionen und Geometrien sind zwei Besonderheiten der VDI 3805. Zu den Funktionen, die der Nutzer eingeben kann, zählen Druckverlust-, Akustik- oder Leistungsberechnungen. Hier können Hersteller ihre

eigenen Auslegungs- oder Berechnungsalgorithmen hinterlegen, die dann von den Anwendungsprogrammen an Stelle von Standardalgorithmen benutzt werden. Es lassen sich beispielsweise Leistungsdiagramme von Produkten erstellen; Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für die Kennlinien einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Mit diesen Kennlinien berechnet ein Simulationsprogramm in beliebigen Zeitschritten für die aktuell nötige systembedingte Vorlauftemperatur und für

Abbildung 3: Heizkreis-Anschluss der Luft-Wasser-Wärmepumpe WLW196i im CAD-Programm RUKON

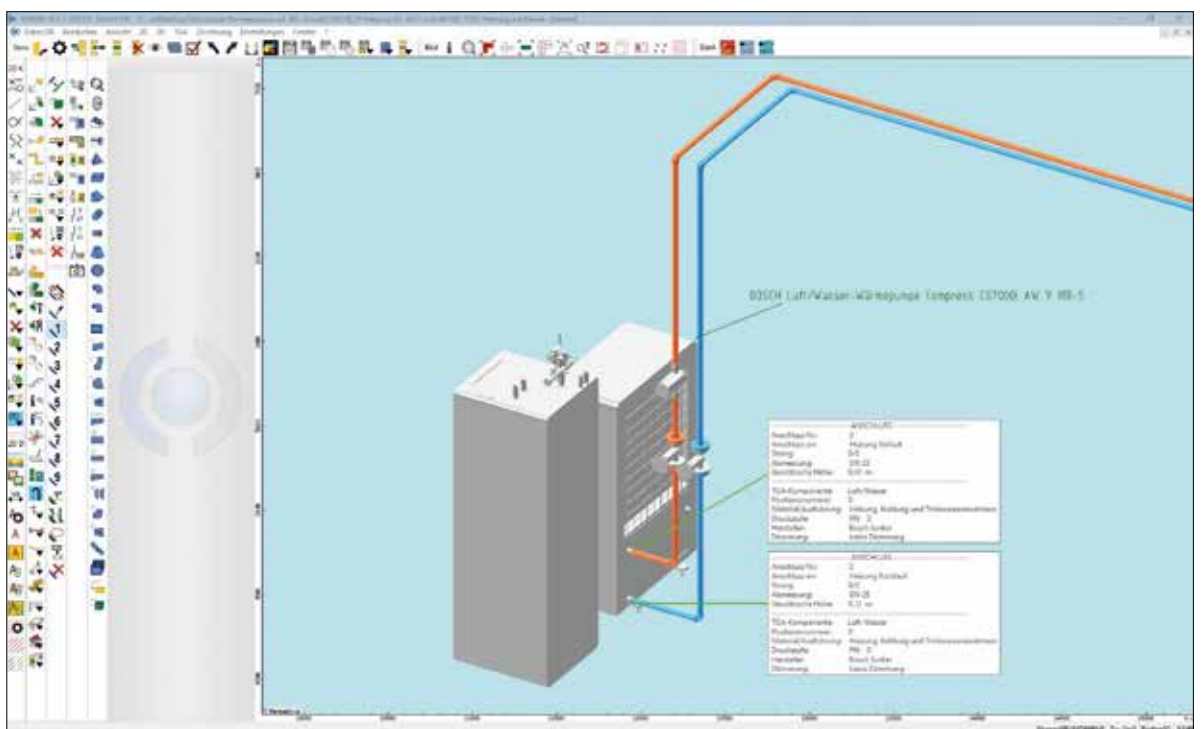


Abbildung: Hottgenroth & Tarcos



die aktuelle klimaabhängige Außentemperatur die Parameter „Stromaufnahme“, „Wärmeleistung“ und „Wirkungsgrad“ der Wärmepumpe. Über das Jahr summiert, sind die daraus ermittelten stündlichen oder minütlichen Ergebnisse viel genauer als beispielsweise eine Norm-Berechnung nach VDI 4650, bei der mit wenigen Lastfällen und Jahreshäufigkeiten eine Leistungszahl errechnet wird. Zusätzlich sind über die Funktionen auch Artikelnummern generierbar. Für Massenerzeugnisse wie Heizkörper, bei denen aufgrund der hohen Zahl an Längen, Farben und Anschlusspositionen schnell eine sechsstellige Anzahl von Varianten in einer Baureihe zustande kommen, ist das eine praktische Möglichkeit, alle Versionen einer Baureihe abzubilden. Dieses Feature wird auch in der Lüftungstechnik bei Schalldämpfern oder bei Brandschutzklappen gern verwendet.

Über die Standardfunktion „Geometrie“ lassen sich wiederum parametrisierte Geometrien verwenden. Mit nur einer Geometriebeschreibung kann so eine komplette Baureihe abgebildet werden. Diese Beschreibung enthält viele unterschiedliche Informationen, die erforderlich sind, um eine TGA und die Rohrnetze für Heizung, Kühlung, Trinkwasser, Abwasser, Löschwasser und Lüftung mit CAD-Programmen zu konstruieren:

- Produktraum, Bedienraum, Einbringraum, Montageraum (für Berechnungen zur Kollisionskontrolle),
- vier Detailstufen der Produktdarstellung,
- Farb- und Materialinformationen,
- umfangreiche Anschlussinformationen (DN, Anschlussformen und -kennungen, Medientypen und -flussrichtungen etc.).

Hinzu kommen weitere interessante Möglichkeiten der VDI 3805: Nutzer können beispielsweise Systeme oder Produktpakete bilden – über Querverweise zu VDI 3805-Datensätzen anderer Produkte oder auch zu Artikeln anderer Hersteller. Speicher (VDI 3805 Blatt 20) lassen sich so beispielsweise Wärmeerzeugern (VDI 3805 Blatt 3) oder Wärmepumpen (VDI 3805 Blatt 22) zuordnen. Oder der Anwender verbindet Einstellventile (VDI 3805 Blatt 2) fest mit Heizkörpern (VDI 3805 Blatt 6).

### Schneller zu Artikeln mit ETIM

Das ETIM-Klassifikationsmodell entstammt ursprünglich der Standardisierung von Erzeugnissen der Elektrotechnik. Der ETIM Deutschland e.V. wurde 1999 von neun Elektro-Großhändlern und Einkaufsgemeinschaften gegründet. Elektrotechnische Er-



Abbildung 4:  
Die Luft-Wasser-Wärmepumpe Logatherm WLW196i AR ist in ETIM klassifiziert.

zeugnisse werden mit ETIM einheitlich und technisch beschrieben – Produkt- und Katalogdaten zwischen Industrie und Großhandel lassen sich so einfacher austauschen. Die Standardisierung ermöglicht es, lieferantenunabhängig technische Produkte anhand der Klasse oder technischer Merkmale wiederzufinden. ETIM teilt dabei jedes gehandelte Erzeugnis einer bestimmten Produktklasse zu. Innerhalb dieser Klasse werden den Produkten unterschiedliche objektivierbare Eigenschaften zugeordnet, die sie beschreiben – beispielsweise Material oder Leistungsaufnahme. Diese Klassen werden zusätzlich in der Regel durch Synonyme beschrieben, die die Suche erleichtern. Außer den zur Klassifizierung nötigen Daten werden auch zusätzliche Informationen übertragen. Es ist davon auszugehen, dass es eine umfassende Beschreibung für fast alle elektrotechnischen Produkte gibt, weil der Elektrogroßhandel das ETIM-Klassifikationsmodell seit etwa Anfang 2000 aktiv nutzt.

Der Sektor SHK ist seit September 2017 ebenfalls enthalten, mit der Veröffentlichung der ETIM-Version 7.0 stehen rund 2.700 Produktklassen inklusive definierter Merkmale zur Verfügung. Der Einsatz des Standards in der SHK-Branche wird unterstützt von ARGE Neue Medien, dem Deutschen Großhandelsverband Haustechnik (DG Haustechnik) und dem ZVSHK.

### Fazit: ETIM und VDI ergänzen sich

Beide Formate sind im BIM-Prozess unverzichtbar und ergänzen sich gut. ETIM legt im SHK-Bereich den Fokus überwiegend auf die kaufmännische Seite des BIM-Prozesses, beispielsweise mit Kostenermittlung, Bauabwicklung (Angebote, Bestellungen) und Ersatzteilmanagement. Die VDI 3805 legt dagegen den Schwerpunkt darauf, technische Produktdaten für Konstruktion, Planung, Auslegung und Simulation bereitzustellen. Gerade bei Massenware wie Heizkörpern überzeugt die Richtlinienreihe VDI 3805: Sie kann komfortabel alle Varianten abbilden, weil diese erst zur Laufzeit des Anwendungsprogrammes konfiguriert und mit Artikelnummern versehen werden. Außerdem ist ein nicht komprimierter Heizkörperdatensatz mit rund 4,5 Millionen Produkten kleiner als vier MB. Dieses sehr kompakte Format ist ein weiterer Pluspunkt.

ETIM kann die VDI-/ISO-Standards nicht ersetzen. Selbstverständlich gibt es aufgrund der parallelen und voneinander unabhängigen Entwicklung Daten, die in beiden Welten vorkommen. Die verantwortlichen Gremien im Bereich ETIM/VDI/ISO haben deshalb signalisiert, dass sie zusammenarbeiten wollen, um die Merkmale abzustimmen. Ziel ist es, hier zukünftig noch mehr Synergien zu nutzen und die Schnittstellen zwischen beiden Systemen effizienter zu gestalten. ◀



Abbildung: Frenger Systemen BV Heiz- und Kühltechnik GmbH

Abbildung 1:  
Das neue Elefantenhäus  
des Augsburgers Zoos  
wurde 2020 eingeweiht.

## Neueste Technik für Elefant und Giraffe

Deckenstrahlheizungen sorgen im Zoo Augsburg für wohlige Wärme

*Mehr als 700.000 Besucher strömen jährlich in den Augsburgers Zoo. Er zieht mehr Gäste an als der FC Augsburg in seinem Stadion und ist die größte Publikumsattraktion im Umland. Damit nicht nur die Schwaben auch weiterhin zahlreich kommen, muss der Zoo neue Anziehungspunkte bieten: In den vergangenen Jahren wurde unter anderem das Giraffenhaus modernisiert und erweitert und die Elefanten bekamen eine neue Anlage. Effizient beheizt und beleuchtet werden die Innenräume beider Häuser mit hochmodernen Deckensystemen.*



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

Die Anforderungen an Zoobetriebe wachsen ständig, sodass vor ein paar Jahren im Zoo Augsburg die Entscheidung für ein neues Elefantenhäus fiel. Auch wurden die Haltungsvorgaben für Giraffen nicht mehr erfüllt, sodass der Zoo zunächst ein neues Gehege bauen musste, um wieder die höchsten Tiere der Welt in Augsburg halten zu dürfen. Die Erweiterung und der Neubau sind Investitionen in die Zukunft, da beide Tier-

arten zu den Besuchermagneten des Zoos gehören.

Zwei Jahre nach der Grundsteinlegung wurde das neue Elefantengehege im Jahr 2020 in Betrieb genommen. Die insgesamt 10.000 qm große Anlage bietet Platz für vier bis fünf Elefanten. Einer davon ist Targa, mit 66 Jahren der älteste indische Elefant in Europa. Zwei weitere Elefantenkühe kamen 2020 aus Berlin nach Augsburg.

### Strenge Vorgaben an Anlagen für Tiere

Die jetzige Elefantenanlage ist rund viermal so groß wie das bisherige Areal und bietet seinen neuen Bewohnerinnen einen Wasserfall und ein Wasserbecken. In Gehegen von Elefanten staubt es oft, die Tiere bewerfen sich und ihre Gefährten gern mit Sand. Viele Tiergärten bauen deswegen aufwendige Filteranlagen in die Gehege ein. Darauf konnte der Augsburgers Zoo durch ein Bewässerungssystem verzichten: Der sandige Boden kann mit einer App-gesteuerten Sprinkler-

anlage beregnet werden. Das Wasser regnet auf den Sand, dazu lassen sich weit oben in der Halle Luken für einen Durchzug öffnen – das Staubproblem ist gelöst. Eine solche Anlage gibt es in anderen Zoos nicht.

### Haltung und Technologie auf dem neuesten Stand

Mit der neuen Anlage änderte sich auch die Tierhaltung: Die Elefanten werden jetzt in so genanntem geschütztem Kontakt gehalten. Damit haben die Pfleger keinen unmittelbaren Kontakt mehr mit den Tieren. Die natürlichen Sozialstrukturen der Herde sollen dadurch gefördert werden und für die Pfleger ist diese Haltung sicherer.

Stolz sind sie im Zoo, dass sie mit relativ geringen Mitteln eine moderne, weitläufige Anlage errichtet haben, die auf dem neuesten Stand hinsichtlich Technologie und Haltung ist. Im Außenbereich gibt es einen Teich und auch in der Halle können die Elefanten baden. Die Tiere können sich auf der Anlage



Tag und Nacht frei bewegen. Deckenstrahlplatten des südhessischen Unternehmens Frenger Systemen BV halten im Innenraum die Temperatur auf konstant 18 bis 19 Grad Celsius.

### Wärme strahlt von der Decke

Die Wärmeerzeugung erfolgt mittels einer Gasbrennwert-Doppelkesselanlage. Die Heizanlage beinhaltet unter anderem einen indirekt beheizten Heizungspufferspeicher und geregelte Pumpen mit Nachtabsenkung. Insgesamt 66 Stück der hocheffizienten Deckenstrahlplatten sind im 1.500 qm großen Elefantenhaus montiert. Sie sind in Savannengelb ausgeführt, einer Sonderfarbe ähnlich RAL 1024. Die Montage wurde durch die gebogene Dachform erschwert. Trotzdem waren nach zwei Wochen alle Heizbänder vom herstellereigenen Montageteam fertig montiert.

Beleuchtet wird das Gebäude sehr effizient mit insgesamt 82 LED-Leuchten. Sie sind direkt in die Platten integriert. Da sie einfach durchverbunden und per innovativer Steckverbindung angeschlossen wurden, konnte die Montage unter dem neun Meter hohen Dach vereinfacht und beschleunigt werden – zusätzliche Kosten für Elektroarbeiten wurden eingespart.

Die LED-Leuchten sind besonders langlebig; sie bieten eine Lebensdauer von bis zu 100.000 Betriebsstunden bei mindestens 80 Prozent Restlichtstrom. Dank vorgesetzter Scheibe besteht ein hoher Schutz vor Beschädigung durch den von den Elefanten umhergeworfenen Sand.

Die Heizlast des Elefantenhauses liegt bei knapp 187 kW. Ausgelegt wurde die Leistung mit einer Vorlauftemperatur von 75 Grad Celsius und einer Rücklauftemperatur von 55 Grad Celsius.

Die Planung der Haustechnik wurde vom Augsburger Büro Donner ausgeführt. „Wir sind seit vielen Jahren Partner des Zoos“, sagte André Säuberlich, Geschäftsführer und technischer Leiter bei Donner Planung GmbH für Haustechnik. „Es freut uns sehr, bei der Modernisierung mitwirken zu können und so den Besuchern einen erlebnisreichen Zoobesuch zu ermöglichen“.

### Angenehmes Raumklima

Mit Deckenstrahlplatten kennt sich André Säuberlich aus: „Bereits bei vielen Projekten haben wir die Deckenheizungen eingesetzt.“ Dabei habe er immer beste Erfahrungen gemacht: „Die Deckensysteme sind völlig geräuschlos und arbeiten ohne Zugluft. Das macht sie nicht nur ideal für die Arbeitsplätze von Menschen. Auch für Unterkünfte von

großen und kleinen Tieren sind sie bestens geeignet.“ Von erheblichem Vorteil sind auch die Wartungsfreiheit und die vom Hersteller mit über 30 Jahren angegebene Lebensdauer. Zwei Jahre zuvor wurde schon das Giraffenhaus des Augsburger Zoos unter der Planung der Ingenieure des Büros Donner erweitert. In dem 220 qm großen Gebäude sorgen 25 Deckenstrahlplatten für die gewünschten 18 Grad Celsius. Sie belegen eine Fläche von rund 160 qm. Die Vorlauftemperatur beträgt hier 70 Grad Celsius und die Rücklauftemperatur 50 Grad Celsius. Die Heizlast liegt bei rund 80 kW.

### Gleichmäßige Temperaturverteilung

Giraffenbullen können bis zu sechs Meter, die drei Kühe im Augsburger Zoo maximal viereinhalb Meter groß werden. Für die höchsten Tiere der Welt sind die Heizbänder an der acht Meter hohen Decke bestens geeignet, denn die Wärme verteilt sich gleichmäßig horizontal wie vertikal. Boden, Wände und Tiere werden gleichmäßig ohne Kältelöcher erwärmt. Selbst bei nur kurzer Distanz zu den Platten herrschen angenehme Tempera-

turen ohne die Gefahr von Überhitzung oder gar Verbrennung. Für die passende Beleuchtung sorgen insgesamt 28 LED-Leuchten, die in die savannengelb lackierten Strahlplatten eingebaut sind.

### Zahlreiche Sponsoren und Unterstützer

Das 2020 eingeweihte neue Elefantenhaus ist mit 7,3 Millionen Euro die größte Einzelinvestition in der Geschichte des Augsburger Zoos. Mit einem Zuschuss in Höhe von 2 Millionen Euro beteiligte sich die Stadt Augsburg an den Baukosten. Zusammen mit seinem Förderverein „Freundeskreis des Augsburger Zoo e.V.“ hat der Tierpark 800.000 Euro gesammelt. Wie wichtig der Zoo für Augsburg ist, zeigen die zahlreichen Sponsoren und Unterstützer. Ein großes Sponsorenschild am Eingang des Elefantenhauses benennt alle, die den Bau der neuen Anlage ermöglicht haben. Durch die Spendengelder konnte auch ein Umweltbildungszentrum eingerichtet werden, in dem vor allem Schülerinnen und Schüler Arten- und Umweltschutz erlernen und erleben. ◀



Abbildung 2: Aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit im Elefantenhaus müssen die Deckenstrahlplatten besonders korrosionsbeständig sein. Die LED-Beleuchtung mit vorgesetzter Schutzscheibe ist in die gelben Deckenstrahlplatten integriert.



Abbildung 3: Im Giraffenhaus sind die gelben Heizbänder in acht Meter Höhe montiert.

# Umsetzung der semizentralen Lüftung in einem Schulneubau

## Planungserfahrungen, Komponentenentwicklung und Energieeinsparungen des innovativen Lüftungssystems

Das innovative semizentrale Lüftungssystem wird im Rahmen des Forschungsprojekts „SLIM – Semizentrale Lüftung und intelligentes Betriebsmonitoring“ in der Auefeldschule in Kassel umgesetzt. Es handelt sich dabei um ein zentrales Lüftungssystem, bei dem dezentrale Ventilatoren für die bedarfsgeführte Volumenstromregelung eingesetzt werden. Durch den Einsatz der dezentralen Ventilatoren anstelle von drosselnden Volumenstromreglern kann der Stromverbrauch um bis zu 50 Prozent reduziert werden [1]. Somit kann das semizentrale Lüftungssystem einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden leisten. Die Auefeldschule wird derzeit um einen Anbau erweitert und ist das erste Schulgebäude, in dem dieses innovative Lüftungssystem umgesetzt wird.



Prof. Dr.-Ing.  
Jens Knissel,  
Leiter  
des Fachgebiets  
für Technische  
Gebäudeausrüstung,  
Universität Kassel



Verena Stutrucker  
M.Sc.,  
Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin  
am Fachgebiet  
für Technische  
Gebäudeausrüstung,  
Universität Kassel



Stephanie Hagedorn  
M.Sc.,  
Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin  
am Fachgebiet  
für Technische  
Gebäudeausrüstung,  
Universität Kassel

Mechanische Lüftungsanlagen sind ein wichtiges Element energieeffizienter Gebäude. Sie stellen einerseits eine gute Luftqualität sicher und ermöglichen andererseits eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Einsatz einer Wärmerückgewinnung. Von zentraler Bedeutung sind dabei möglichst geringe Ventilatorstromverbräuche. Erreicht wird das unter anderem durch eine bedarfsabhängige Volumenstromregelung. Um den Luftvolumenstrom an den Bedarf der einzelnen Räume anzupassen, wird heutzutage üblicherweise die vom Ventilator in der Lüftungszentrale aufgebaute Druckdifferenz im Kanalnetz gezielt durch Volumenstromregler abgedrosselt. Diese Drosselung sollte aus Energieeffizienzgründen jedoch möglichst reduziert bzw. vermieden werden. Das wird durch die semizentrale Lüftung erreicht. Die Volumenstromregler im Kanalnetz werden dabei durch Ventilatoren ersetzt, die die Druckerhöhung dezentral an den Stellen und in der Höhe aufbauen, wie es für die Luftförderung in die einzelnen Räume erforderlich ist. Die Drosselung des Volumenstroms entfällt und der Stromverbrauch bzw. die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden reduziert.

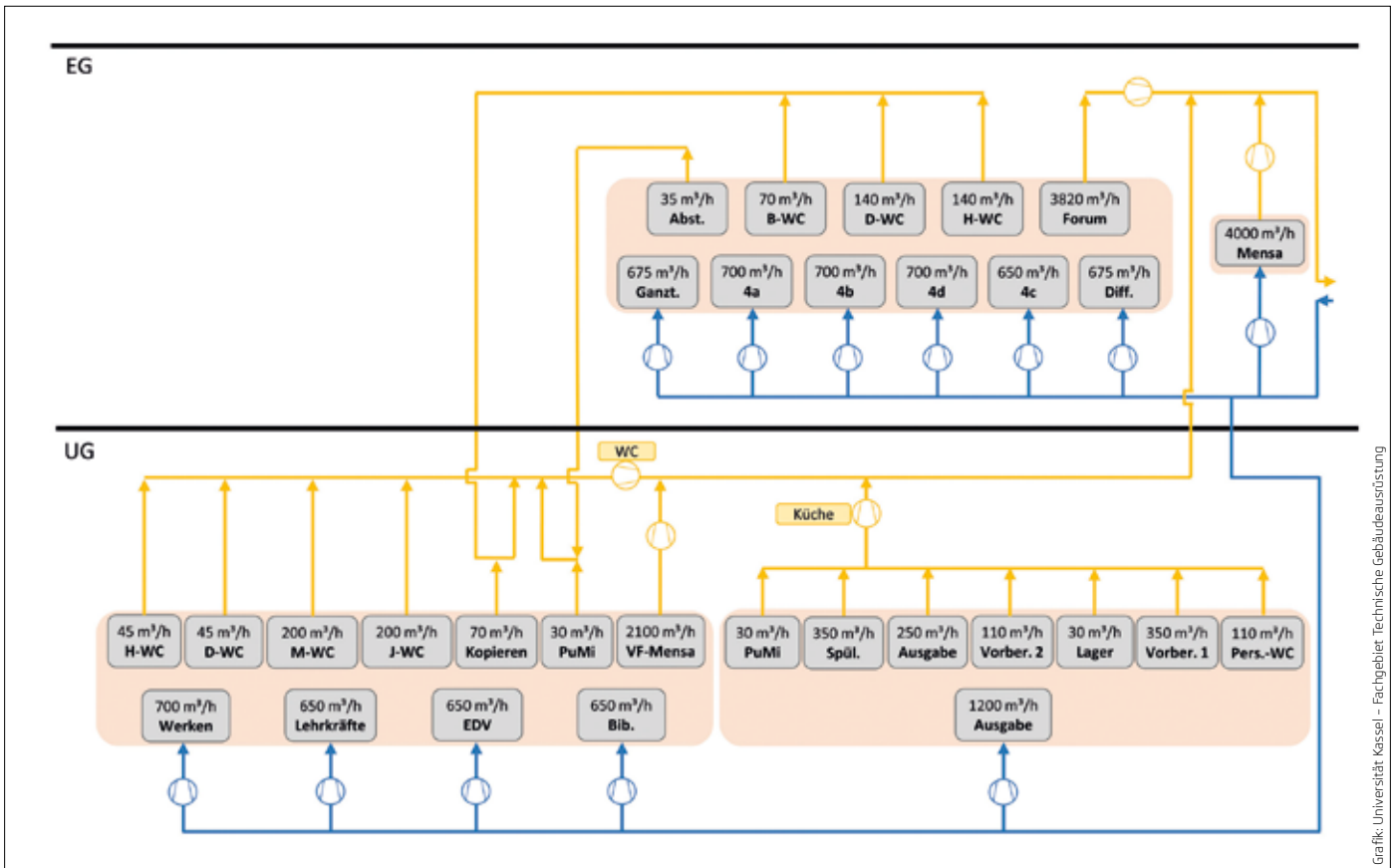
### Ausgangslage

In dem Forschungsprojekt „Einsatz dezentraler Ventilatoren zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen“ (FKZ 03ET1200A – Laufzeit 01.10.2013 bis 31.07.2018) wurden anlagentechnische Konzepte für das semizentrale Lüftungssystem theoretisch betrachtet und erste mögliche Einsparungen berechnet

(vgl. u. a. BTGA-Almanach 2017, S.62 ff: Einsatz von dezentralen Ventilatoren zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen). Im aktuellen Forschungsprojekt SLIM wird das innovative Lüftungssystem in vier Gebäuden implementiert und im Praxisbetrieb messtechnisch erfasst und energetisch bewertet. SLIM wird unter Leitung des Fachgebiets für Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel gemeinsam mit der Howatherm Klimatechnik GmbH durchgeführt. Eines der Gebäude ist der Anbau der Auefeldschule in Kassel. Die Grundschule wird um einen Neubau mit Klassenräumen, weiteren Aufenthaltsräumen und einem Mensa-Aula-Bereich erweitert.

### Erweiterungsbau der Auefeldschule

Neben den Klassenräumen, den Aufenthaltsräumen für die Schüler und Schülerinnen (Bibliothek, Werkraum, EDV-Raum) und dem Mensa-Aula-Bereich werden in dem Neubau ein Zimmer für die Lehrkräfte, WC und weitere Nebenräume auf zwei Etagen untergebracht. Der größte zusammenhängende Nutzungsbereich wird der Mensa-Aula-Bereich mit einem Luftraum über beide Geschosse und der Besonderheit, dass der Raum neben dem Mensabetrieb auch als Aula für schulische und außerschulische Veranstaltungen verwendet werden soll. Bauherrin der Auefeldschule ist die Stadt Kassel, das Architekturbüro Anderhalten Architekten GmbH wurde mit der Gebäudeplanung beauftragt. Die Lüftungsplanung wurde an das EDL Ingenieurbüro für Energie- und Umwelttechnik GmbH vergeben.



Grafik: Universität Kassel – Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung

Abbildung 1: Strangenschema zur semizentralen Lüftung der Auefeldschule

### Lüftungskonzept

Die Lüftungsanlage wird die zwei Etagen des Neubaus mit Zu- und Abluft versorgen. Das Zentralgerät wird sich in der oberen Etage in einem Technikraum befinden. Von dort aus wird über das Kanalnetz die Zuluft in die Versorgungsbereiche geleitet bzw. die Abluft aus den Bereichen zur Lüftungszentrale abgeführt – wie auch bei einem konventionellen zentralen Lüftungssystem. Entgegen dem konventionellen Lüftungssystem werden sich keine Volumenstromregler im Kanalnetz befinden, sondern dezentrale Ventilatoren zur Volumenstromregelung (im Folgenden als „semizentrale Ventilatoren“ bezeichnet). Während in der Mensa über mehrere an der Decke verteilte Drallauslässe die Zuluft zu- und über ein Gitter die Abluft abgeführt wird, werden die anderen Räume entweder den Zu- oder den Abluftbereichen zugeordnet. Die Zuluft wird in die Zuluftbereiche eingeleitet, strömt von dort über Überströmöffnungen in die Abluftbereiche und wird dort abgeführt.

Wie in Abbildung 1 dargestellt, wird im Untergeschoss die Luft in die Zuluft Räume Werkraum, Raum für Lehrkräfte, EDV-Raum und die Bibliothek eingeleitet und wird dort in den Abluftbereich strömen – in dem

Fall die Verkehrsfläche vor der Mensa, die WC und die Nebenräume. Zwei semizentrale Ablufteinheiten werden für die Abfuhr der Abluft sorgen: Ein Abluftventilator wird die Abluft aus dem Bereich der Verkehrsfläche vor der Mensa (VF-Mensa) ziehen, ein weiterer wird die Abluft aus den WC und den Nebenräumen ziehen. Dem Küchenbereich wird die Zuluft im Essensausgaberaum zugeführt, die Abluft wird aus mehreren Nebenräumen der Küche über den Abluftventilator abgezogen.

Im Erdgeschoss wird den Klassenzimmern, dem Ganztagsbereich und dem Differenzierungsbereich Zuluft zugeführt (Abbildung 2). Von dort wird eine Überströmung in die WC und das Forum stattfinden. Aus dem Forum wird die Abluft über einen Abluftventilator abgeführt. Die Luft aus den WC wird in das Untergeschoss geleitet und dort über den WC-Abluftventilator des Untergeschosses abgezogen.

Die semizentralen Einheiten werden bevorzugt im Flurbereich platziert, um die Ventilatoren als Schallquellen außerhalb der Lernräume zu halten. Eine Platzierung im Treppenhaus ist aus Brandschutzgründen nicht möglich, daher werden drei Einheiten innerhalb von Lernräumen positioniert.

### Komponentenentwicklung

Anlagentechnisch baut das semizentrale Lüftungssystem auf heute am Markt verfügbaren Komponenten auf, die für die neuen Betriebsbedingungen des Systems angepasst und optimiert wurden. Die Fa. Howatherm Klimatechnik GmbH entwickelte unter anderem auf der Grundlage der Erfahrungen aus der Konzepterstellung einer semizentralen Lüftung für ein weiteres Schulgebäude [2] eine Kompakteinheit, die alle für die dezentrale Volumenstromregelung notwendigen Lüftungskomponenten enthält. Vor dem Hintergrund einer Kostenminimierung und optimierten Einbaumaßen entstand eine Kompakteinheit mit abgestimmten Komponenten, vorinstallierter Messtechnik und einem hohen Vorfertigungsgrad.

### Semizentrale Kompakteinheiten

Im Kanalnetz des Auefeldschulens-Anbaus werden insgesamt 17 semizentrale Einheiten eingesetzt, davon 12 Zuluft-Einheiten und 5 Ablufteinheiten. 14 der Einheiten sind im Rahmen des Forschungsprojekts neu entwickelten Kompakteinheiten, bei den restlichen drei Einheiten sind aufgrund der Einbausituation Sonderlösungen umgesetzt. Die Einheiten bzw. Ventilatoren in den Einheiten

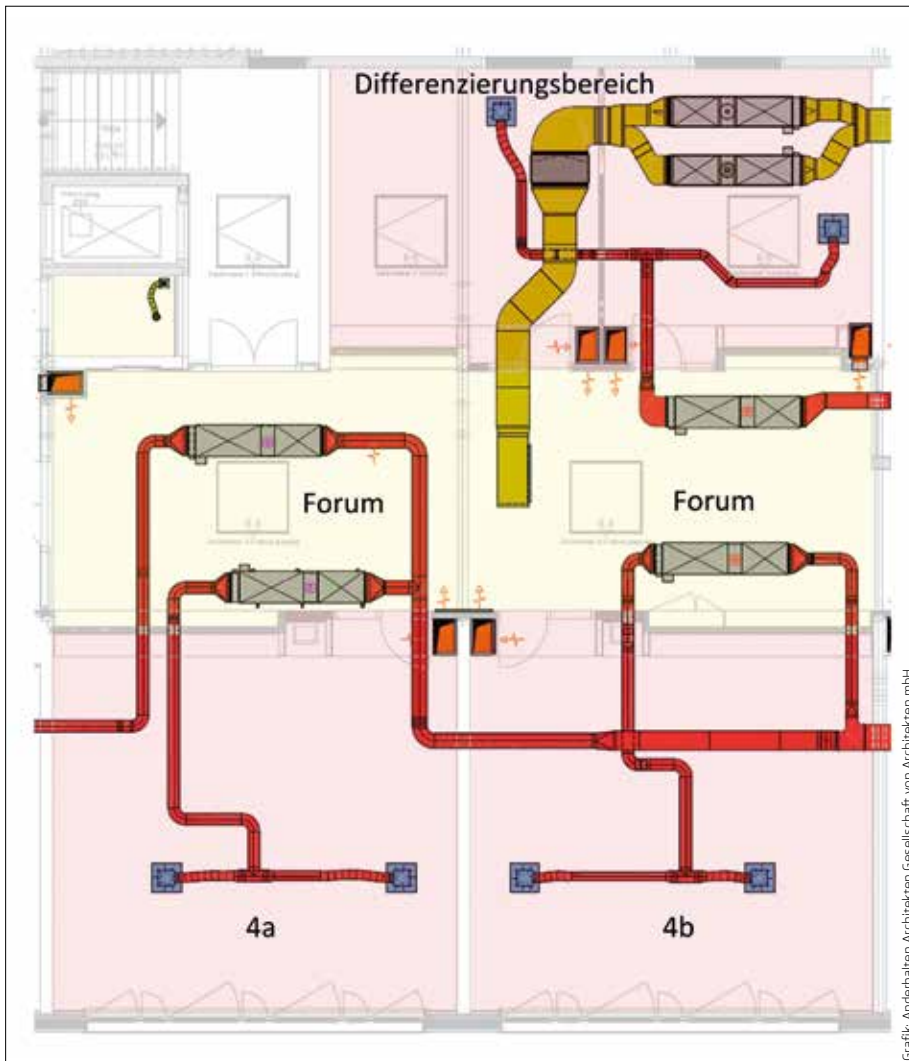


Abbildung 2: Planausschnitt der oberen Etage mit Lüftungskanalnetz, EDL Ingenieurbüro für Energie- und Umwelttechnik GmbH, Planungsstand Dezember 2021



Abbildung 3: Semizentrale Zuluft-Kompakteinheit mit geöffneten Revisionsdeckeln

sind für Nennvolumenströme von 650 m<sup>3</sup>/h bis zu 4.000 m<sup>3</sup>/h und Druckerhöhungen von 122 Pa bis zu 308 Pa ausgelegt.

In einer Zuluft-Kompakteinheit sind auf einer Länge von 2,9 m der Ventilator, eine Absperrklappe und jeweils ein saug- und druckseitiger Schalldämpfer untergebracht. Bei den Ablufteinheiten wird zusätzlich ein Filter integriert. Die Absperrklappe ist notwendig, um Rückströmungen bei Nicht-Betrieb des Ventilators zu verhindern. Des Weiteren ist die für die Regelung notwendige Messtechnik enthalten. Essenziell sind dabei Drucksensoren mit einer hohen Genauigkeit zur Aufnahme des Wirkdrucks für die Bestimmung des Volumenstromes, insbesondere bei niedrigen Teillastvolumenströmen.

Die semizentralen Einheiten werden teilweise in einer Zwischendecke untergebracht – als konstruktive Anforderung ergibt sich für die Einheit daher eine maximale Bauhöhe von 450 mm. Das limitierte Platzangebot und die Schallanforderungen ergaben für die semizentrale Kompakteinheit eine rahmenlose Gehäusekonstruktion in doppelschaliger Bauweise mit einem Kern aus Mineralwolle und aufeinander abgestimmten Schalldämpfern (Abbildung 3). Über seitlich angebrachte Montageaufnahmen wird die Einheit über Gewindestangen schwingungsentkoppelt an der Decke montiert. Die Einheit lässt sich von unten über die gesamte Länge über mehrere Revisionsplatten öffnen, sodass alle Komponenten leicht zugänglich sind.

Eine Sonderlösung wird für die beiden Mensaeinheiten (1x Zuluft, 1x Abluft) umgesetzt, da diese neben den schalltechnischen Vorteilen v.a. aus Gründen der Revisionsbarkeit in dem Technikraum positioniert sind: Jede Mensaeinheit besteht aus zwei parallelen Ventilatoren, die in einem Rahmengehäuse untergebracht sind. Die Einheiten werden ohne Absperrklappen ausgeführt, da Brandschutzklappen in den beiden Strängen vorhanden sein werden und diese bei Nicht-Betrieb der Mensa-Ventilatoren die Stränge verschließen. Auch die Schalldämpfer werden aufgrund der engen Platzverhältnisse des Technikraums nicht in der Einheit integriert. Die raumseitigen Schalldämpfer werden direkt am Eintritt des Kanalnetzes in die Mensa platziert, die zentralseitigen Schalldämpfer werden entsprechend des zur Verfügung stehenden Platzangebots zwischen den semizentralen Ventilatoren und dem Zentralgerät im Kanalnetz eingebracht. Der Mensa-Ablufteinheit wird außerdem ein Filter im Kanalnetz vorgelagert.

Bei zwei weiteren Einheiten (VF-Mensa und Forum) sind für die Beförderung des Nennvolumenstroms zwei parallel geschal-





tete Ventilatoren erforderlich. Dafür werden zwei Kompakteinheiten parallel angebracht und der Volumenstrom auf beide Einheiten aufgeteilt.

Neben den semizentralen Einheiten wird in der Auefeldschule ein Standardzentralgerät eingesetzt, wie es auch bei konventionellen zentralen Lüftungssystemen zum Einsatz kommt. Die im Zentralgerät eingesetzten Ventilatoren sind im Gegensatz zu Ventilatoren eines konventionellen Systems jedoch auf geringere Pressungen ausgelegt, da die Druckverluste des Kanalnetzes von den semizentralen Ventilatoren überwunden werden und von den Zentralventilatoren nur die Druckverluste des Zentralgeräts und des Fort- bzw. Außenluftstrangs aufgebracht werden müssen. Für die Umsetzung der Regelstrategie und für das Anlagenmonitoring wird das Zentralgerät mit zusätzlicher Messtechnik ausgestattet, unter anderem mit Drucksensoren zum Messen der Druckerhöhung der Ventilatoren und für die Bestimmung des Gesamtvolumenstroms.

### Ventilatorauswahl

Entsprechend der auftretenden Betriebszustände wurden Ventilatoren des Ventilatorherstellers und Projektpartners ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG ausgewählt und speziell an die Betriebszustände angepasst. Für die Auswahl und Auslegung der Ventilatoren wurde neben den standardmäßig betrachteten Nennbedingungen insbesondere ein Augenmerk auf effiziente Teillastzustände gelegt.

Um einen großen Regelbereich ausnutzen zu können, wurden die Ventilatoren mit einer geringen Leistungsreserve ausgelegt. Dafür wurde das Drehzahlverhältnis  $n_V$  vom Nenn-Betriebspunkt  $n_{nenn}$  zum maximalen Betriebspunkt  $n_{max}$  möglichst hoch gewählt, um im Nennbetrieb und auch in den zahl-

reich auftretenden Teillastzuständen möglichst hohe Wirkungsgrade zu erzielen. Als maximales Drehzahlverhältnis wurde jedoch 0,9 gewählt, damit eine gewisse Leistungsreserve vorhanden ist.

$$n_V = \frac{n_{nenn}}{n_{max}} \leq 0,9$$

Ergänzend wurden die Zentralventilatoren mit einer Leistungsreserve von über 20 Prozent ausgewählt, sodass die Möglichkeit besteht, über die Zentralventilatoren die semizentralen Ventilatoren zusätzlich zu unterstützen.

Für die Regelung der Ventilatoren muss der von jedem Ventilator beförderte Volumenstrom  $\dot{V}$  ermittelt werden. Dafür wird über eine Einlaufdüse, die bei den eingesetzten Ventilatoren als Standardprodukt erhältlich ist, der Wirkdruck  $\Delta p_{wirk}$  gemessen. Der Volumenstrom berechnet sich aus dem  $k$ -Wert der Einlaufdüse und dem gemessenen Wirkdruck.

$$\dot{V} = k \cdot \sqrt{\Delta p_{wirk}}$$

In den Modellprojekten zur semizentralen Lüftung soll eine Reduktion des Volumenstroms der einzelnen semizentralen Ventilatoren auf bis zu 15 Prozent des Nennvolumenstroms abhängig von der jeweiligen Raumbelugung möglich sein. Um derart reduzierte Volumenströme quantifizieren zu können, muss der Wirkdruck auch in diesem Minimalbetrieb mit einer ausreichend hohen Genauigkeit gemessen werden. Über das Proportionalgesetz [3]

$$\frac{\Delta p_{wirk,tl}}{\Delta p_{wirk,nenn}} = \left( \frac{\dot{V}_{tl}}{\dot{V}_{nenn}} \right)^2$$

kann aus dem bekannten Wirkdruck im Nennbetrieb  $\Delta p_{wirk,nenn}$  der Wirkdruck im Teil-

lastbetrieb  $\Delta p_{wirk,tl}$  berechnet werden. Hierbei reduziert sich der Wirkdruck im Teillastbetrieb entsprechend dem Quadrat des Teillastanteils  $f_{tl}$ :

$$\begin{aligned} \Delta p_{wirk,tl} &= \Delta p_{wirk,nenn} \cdot \left( \frac{\dot{V}_{tl}}{\dot{V}_{nenn}} \right)^2 \\ &= \Delta p_{wirk,nenn} \cdot f_{tl}^2 \end{aligned}$$

Aus einer Volumenstromreduktion auf bis zu 15 Prozent resultiert ein Wirkdruck im Minimalbetrieb von 2,25 Prozent des Wirkdrucks im Nennbetrieb. Bei einer Genauigkeit des Drucksensors von +/-1 Pa und einer akzeptierten prozentualen Abweichung von maximal 20 Prozent des Messwerts ergibt sich ein minimaler Wirkdruck von 5 Pa. Folglich muss der Wirkdruck im Nennbetrieb mindestens 200 Pa betragen.

Bei der Entwicklung der Kompakteinheit wurde weiterhin die Einbausituation des Ventilators berücksichtigt: Um die Einbau- und Umlenkverluste des Ventilators in der Kompakteinheit zu minimieren, wurden Ventilatoren mit einem Laufraddurchmesser von maximal 2/3 des hydraulischen Durchmessers des freien Querschnitts der Einheit gewählt.

Im Neubau der Auefeldschule werden drei verschiedene Radial-Ventilator Typen zum Einsatz kommen, die alle auftretenden Betriebspunkte abdecken können. Abbildung 4 zeigt die gemessenen Ventilator Daten für den Ventilator Typen des Ausgabebereichs.

Je Ventilator Typ findet eine Überprüfung und Nachmessung der Ventilator Daten in der Kompakteinheit statt, inklusive der Kalibrierung der integrierten Messtechnik.

### Regelung der Ventilatoren

Im semizentralen Lüftungssystem werden die beiden Zentralventilatoren auf einen konstanten Vordruck von in der Regel 0 Pa gegenüber Umgebung geregelt. Der Vordruck-

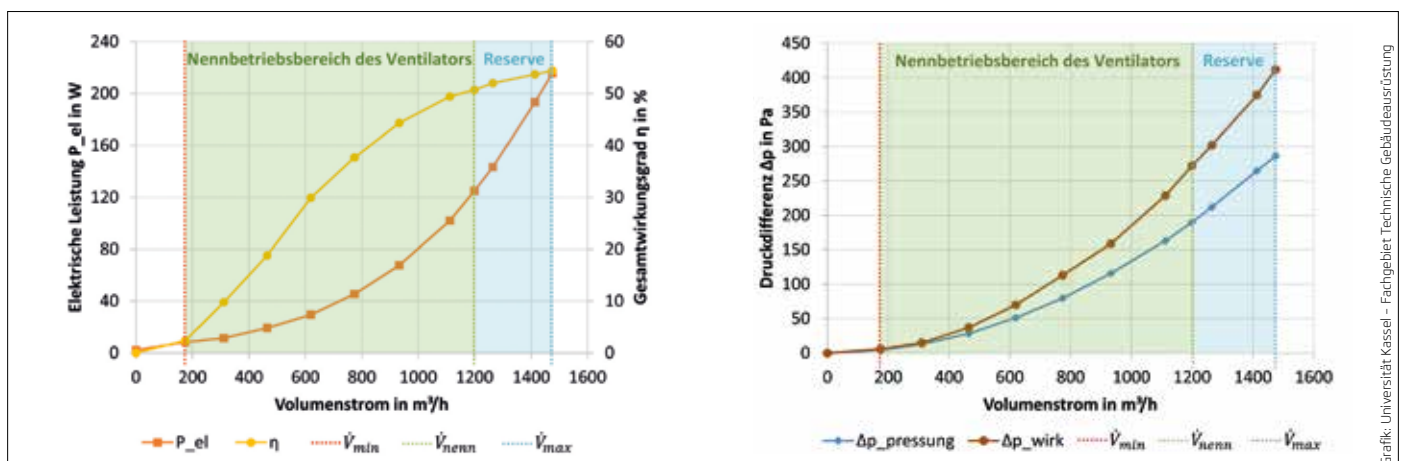
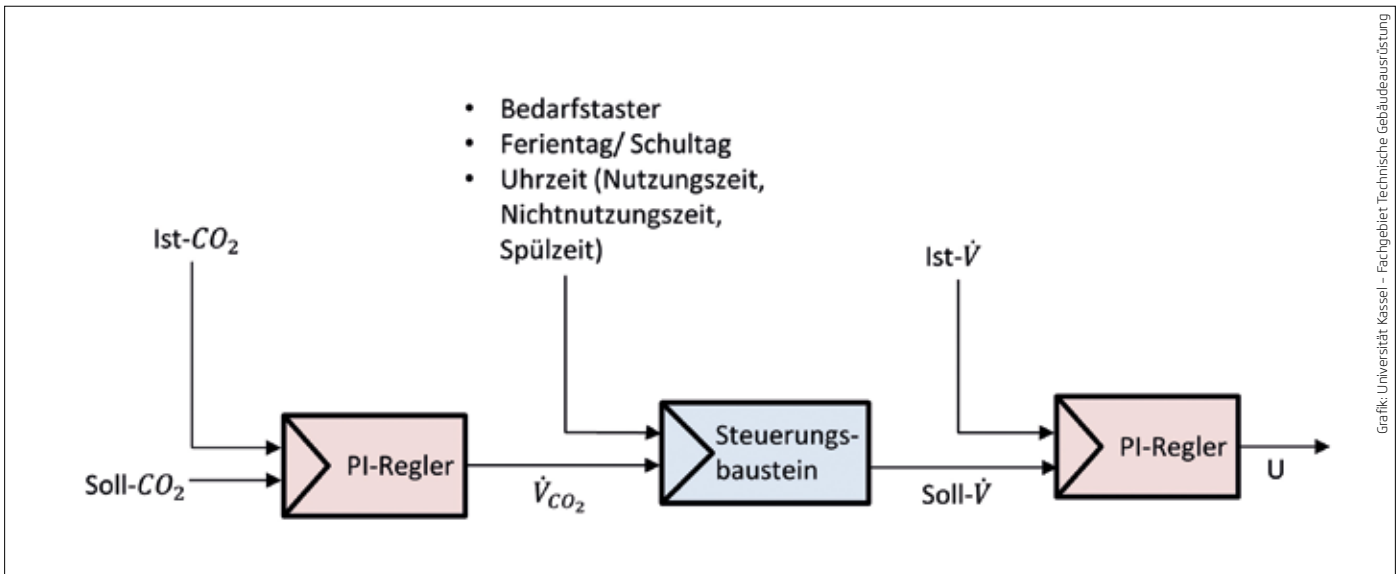


Abbildung 4: Messdaten des eingesetzten Ventilators der Kompakteinheit des Ausgabebereichs [Messwerte: ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG]



Grafik: Universität Kassel - Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung

Abbildung 5: Regelschema eines semizentralen Zuluftventilators

sensor wird zuluftseitig am Ausgang des Zentralgeräts positioniert, abluftseitig vor Eintritt in das Zentralgerät.

Wie in Abbildung 5 zu sehen, werden die semizentralen Zuluftventilatoren über eine CO<sub>2</sub>-Volumenstrom-Kaskadenregelung bedarfsabhängig geregelt. In der Auefeldschule wird größtenteils eine Einzelraumregelung umgesetzt. Im zu versorgenden Bereich wird ein CO<sub>2</sub>-Sensor platziert, der den aktuellen CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Raumluft (Ist-CO<sub>2</sub>) misst. Neben dem gemessenen CO<sub>2</sub>-Gehalt werden weitere Informationen wie Schultag/Ferientag und Uhrzeit und das Signal des Bedarfstasters in die Regelung einfließen. Durch einen Bedarfstaster wird für die Raumnutzenden die Möglichkeit bestehen, für einen in der Regelung hinterlegten Zeitraum (z.B. eine Stunde) die Nennluftmenge anzufordern. Aus diesen Informationen wird der Sollvolumenstrom ermittelt und die sich daraus ergebende Steuerspannung an die semizentrale Zuluftseinheit geleitet. Im Küchenbereich werden anstatt des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Feuchtegehalt und die Raumtemperatur als Regelgrößen einfließen.

Die semizentralen Abluftventilatoren werden dem Volumenstrom des jeweils zugehörigen semizentralen Zuluftventilators nachgeführt. Bei Ablufteinheiten, die mehreren Zuluftventilatoren zugeordnet sind, wird der Sollvolumenstrom aus einer Summenbildung der gemessenen Zuluftvolumenströme berechnet.

### Energetische Bewertung

Für die Betrachtung der energetischen Einsparungen bei Einsatz des semizentralen Lüftungssystems wird der Jahresenergiebedarf

darf  $Q_V$  im Vorfeld zum Betrieb theoretisch berechnet. Dafür wird die elektrische Ventilatorleistung  $P_V$  jedes Ventilators  $i$  für jeden Zeitpunkt  $j$  ermittelt, mit der zugehörigen Betriebszeit  $t_{j,i}$  multipliziert und über das Jahr summiert:

$$Q_V = \sum_j \left[ \sum_i P_{V,j,i} \cdot t_{j,i} \right]$$

Die elektrische Ventilatorleistung ergibt sich aus dem beförderten Volumenstrom  $\dot{V}_{j,i}$ , der Druckerhöhung des Ventilators  $\Delta p_{\text{Druckung},j,i}$  und dem Gesamtwirkungsgrad des Ventilators  $\eta_{j,i}$  im jeweiligen Betriebszustand:

$$P_{V,j,i} = \frac{\dot{V}_{j,i} \cdot \Delta p_{\text{Druckung},j,i}}{\eta_{j,i}}$$

Die sich aus der Nutzung ergebenden bedarfsabhängigen Volumenströme der Betriebszustände werden nach der DIN V 18599-10 bzw. -7 mit Anpassungen aus Erfahrungswerten bestimmt. Die Druckerhöhung und der Ventilatorwirkungsgrad werden, wie in [2] dargestellt, für die einzelnen Betriebszustände berechnet. Neben dem Energiebedarf für das semizentrale Lüf-

tungssystem wird als Vergleichswert der Energiebedarf für ein konventionelles Volumenstromreglersystem mit konstantem Vordruck berechnet. In Tabelle 1 sind die berechneten Jahresenergiebedarfe aufgeführt. Für den Auefeldschulen-Erweiterungsbau ergibt sich bei Einsatz des semizentralen Systems ein Energiebedarf pro Jahr in Höhe von 5.970 kWh und somit Einsparungen von 32 Prozent gegenüber dem Volumenstromreglersystem. Die berechneten Energieeinsparungen werden im Laufe des Forschungsprojekts mit den Betriebsmessdaten der Anlage validiert.

### Ausblick und Fazit

Aktuell (Stand Dezember 2021) befindet sich der Auefeldschulen-Anbau in der Bauphase. Die Lüftungsanlage wird im Frühjahr 2022 in das Gebäude eingebracht, die Inbetriebnahme ist für Ende 2022 geplant. Das semizentrale Lüftungssystem des Erweiterungsbaus der Auefeldschule ist damit eines von vier Umsetzungsvorhaben im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Forschungsprojekts. Neben der Auefeldschule gehören dazu die Implementierung des Lüftungssystems in den Neubau eines Hörsaal- und Bürogebäudes auf dem Umweltcampus Birkenfeld und die Umrüstung zweier Bestands-Lüftungsanlagen (Labor- und Bürogebäude) an der Universität Kassel. Alle vier Lüftungsanlagen werden nach Inbetriebnahme messtechnisch untersucht. Abschließend findet eine Querschnittsauswertung statt, das heißt, gebäudeübergreifend wird eine vergleichende Auswertung durchgeführt und Erkenntnisse werden gebäudebezogen und -übergreifend auf-

Tabelle 1: Berechneter Jahresenergiebedarf für das semizentrale Lüftungssystem und das Volumenstromreglersystem mit konst. Vordruck

	Energiebedarf [kWh/a]
<b>Semizentrales Lüftungssystem</b>	5.970
<b>Volumenstromreglersystem mit konstantem Vordruck</b>	8.840

gearbeitet. Neben der messtechnischen Auswertung der vier Implementierungen werden im Forschungsprojekt Planungserfahrungen bei der Umsetzung gesammelt und die Anwendung des semizentralen Lüftungssystems in der Praxis demonstriert. Die Entwicklung der Kompakteinheit für die semizentrale Volumenstromregelung ermöglicht es, dass Fachplaner auf fertige Produktlinien für das semizentrale System zurückgreifen können. Die vier Umsetzungsvorhaben finden alle im Nicht-Wohngebäudebereich statt, grundsätzlich ist bei geeigneten Randbedingungen auch eine Anwendung des Systems für Wohngebäude möglich.

### Projektdaten

Forschungsprojekt SLIM – Semizentrale Lüftung und intelligentes Betriebsmonitoring  
FKZ 03EN1005A  
Laufzeit: 01.06.2019 bis 31.05.2024

### Projektbeteiligte

Fachgebiet für Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel  
Howatherm Klimatechnik GmbH  
ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG  
innovaTec Energiesysteme GmbH  
schiller engineering

#### Gefördert durch:

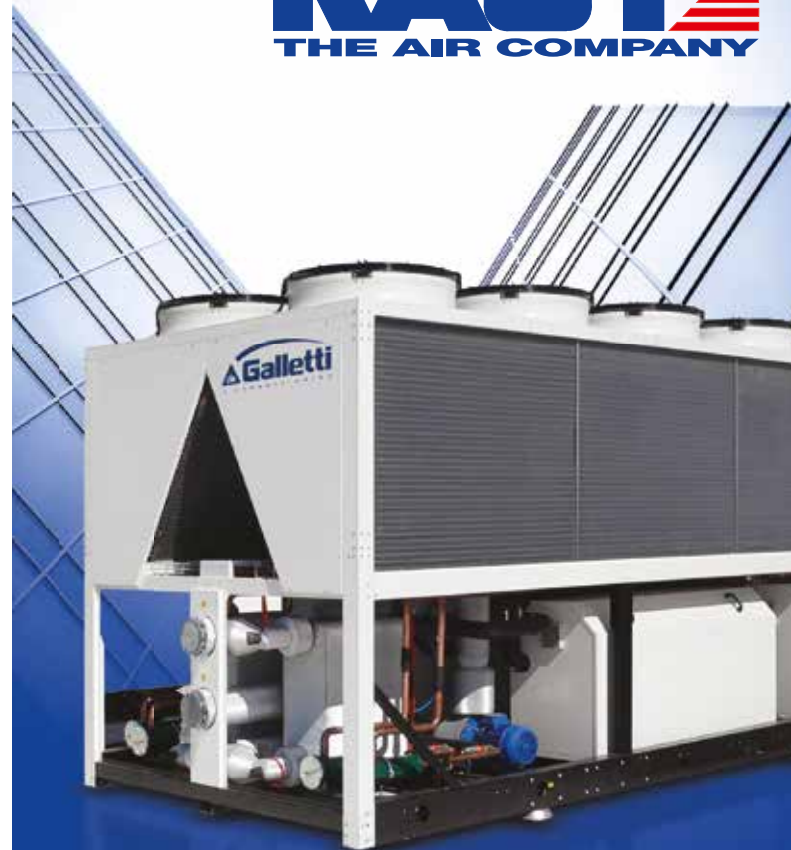


Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

#### Literatur:

- [1] Knissel, J.; Giesen, M.; Klimmt, T.: Planungsleitfaden Semizentrale Lüftung; kassel university press, Kassel 2018.
- [2] Knissel, J.; Hagedorn, S.: Umsetzungskonzept zur semizentralen Lüftung, in: HLH, 02 (2020).
- [3] Hörner, B. (Hrsg.); Schmidt, M. (Hrsg.): Handbuch der Klimatechnik: Band 2 – Anwendungen, 5. Auflage, Berlin 2011.



Hohe Effizienz und niedrige  
GWP-Werte mit R454B

## Kaltwassersysteme von GALLETTI

Galletti Kaltwassersätze und Wärmepumpen mit Kältemittel R454B zeichnen sich durch hohe Energieeffizienz, die Einhaltung der F-GAS-Verordnung und eine Vielzahl an Konfigurationsmöglichkeiten aus.

- Kältemittel R454B mit GWP < 500
- Luft- oder wassergekühlt
- Hohe saisonale Effizienz
- Reduzierte Kältemittelfüllmenge
- Größere Dichtheitsprüfintervalle
- Fernüberwachung
- Schallgedämpfte Ausführungen

# Vorteile von Wassermanagement-Systemen für Gebäudebetreiber

Wassermanagement-Systeme unterstützen beim Erhalt der Trinkwassergüte

*Betreiber von öffentlichen, halböffentlichen und gewerblichen Gebäuden sind für den hygienisch einwandfreien Betrieb von Trinkwasser-Installationen und damit auch für den Schutz der Gebäudenutzer verantwortlich. Voraussetzung dafür ist, dass alle Entnahmestellen nach dem planerisch zugrunde gelegten „bestimmungsgemäßen Betrieb“ genutzt werden. Ist das nicht möglich, ist es für den Erhalt der Trinkwassergüte entscheidend, dass der bestimmungsgemäße Betrieb simuliert wird, indem über alle Entnahmestellen entsprechend gespült wird. Der hohe zeitliche und personelle Aufwand, alle Entnahmestellen eines Gebäudes manuell gleichzeitig zu öffnen und später wieder zu schließen, kann durch ein Wassermanagement-System deutlich reduziert werden. Es unterstützt Betreiber dabei, Stagnationsspülungen automatisiert durchzuführen und so die übermäßige Konzentration von Bakterien in Trinkwasser-Installationen präventiv zu verhindern – und das mit gleichzeitig gesteigerter Wirtschaftlichkeit.*



Guido Wurm,  
Produktmanager  
für digitale Produkte,  
Schell GmbH & Co. KG,  
Olpe

nen, errichten und betreiben sind, dass sie mindestens den „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ entsprechen. Das bedeutet, dass im Trinkwasser keine Krankheitserreger „in Konzentrationen enthalten sind, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit besorgen lassen.“

## Trinkwassergüte erhalten

Wassermanagement-Systeme, wie beispielsweise das SWS von Schell, entlasten Gebäudebetreiber dabei, die genannten Vorgaben

einzuhalten. Auch in Zeiten mit niedriger Frequentierung unterstützen sie die Trinkwasserhygiene durch die Simulation des „bestimmungsgemäßen Betriebs“ mithilfe von automatisierten Stagnationsspülungen.

Mit „bestimmungsgemäßen Betrieb“ wird der Betrieb bezeichnet, für den die Anlage technisch ausgelegt ist. Das bedeutet unter anderem, dass alle Entnahmestellen regelmäßig genutzt werden. Bei niedrigerer Frequentierung als ursprünglich geplant, stagniert Wasser in den Rohrleitungssystemen,

Gebäudebetreiber können durch regelmäßiges, bedarfsgerechtes Spülen ihrer Trinkwasser-Installationen vermeiden, dass sich die Bakterienkonzentration in den Leitungen auf ein für die Gesundheit bedenkliches Maß erhöht. Im regulären Betrieb von Krankenhäusern, Pflegeheimen, Schwimmbädern, Verwaltungsgebäuden, Einkaufszentren und vielen anderen (halb)öffentlichen und gewerblichen Gebäuden werden die Entnahmestellen regelmäßig genutzt. Damit ist ein vollständiger Wasserwechsel gewährleistet. Doch saisonbedingte Pausen und Zeiten mit niedriger Frequentierung, beispielsweise Ferien oder pandemiebedingte Schließungen, können den Betrieb stark reduzieren. Dadurch nimmt die Gefahr eines überproportionalen Anstiegs an Legionellen in den Leitungen zu.

Auch gesetzlich sind Gebäudebetreiber verpflichtet, die Güte des Trinkwassers zu erhalten. Die Trinkwasserverordnung besagt, dass Trinkwasser-Installationen so zu pla-



Abbildung 1: Ob zum Händewaschen oder für WC- und Urinalspülung – Trinkwasser wird in nahezu allen öffentlichen, halböffentlichen und gewerblichen Sanitäranlagen benötigt.

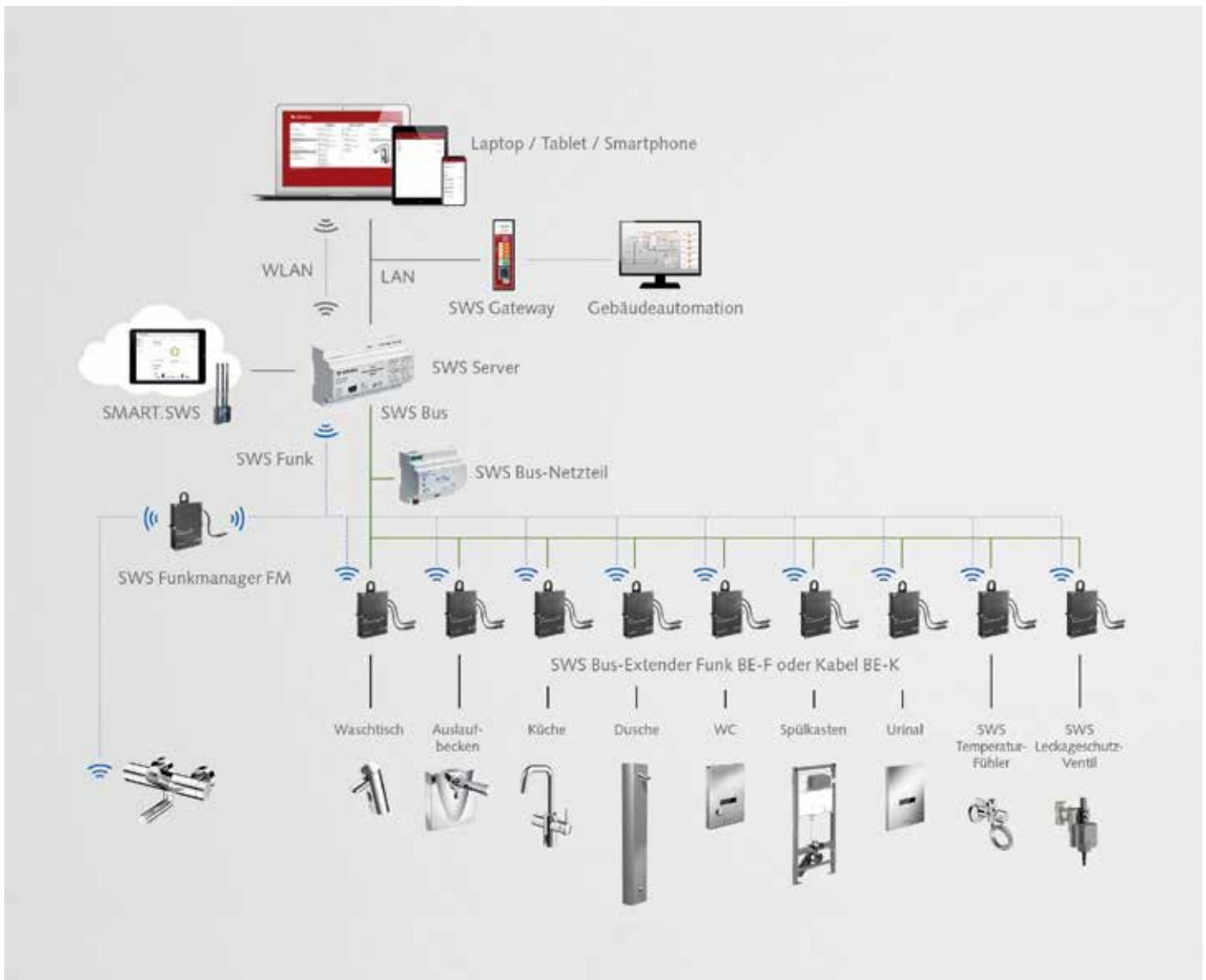


Abbildung 2: Mit einem Wassermanagement-System können Betriebsunterbrechungen bei unregelmäßiger Nutzung verhindert werden: Wassermanagement-Systeme unterstützen die Steuerung und Überwachung von Trinkwasserinstallationen in einem Gebäude.

die Vermehrung von Legionellen wird stark begünstigt. Das kann verhindert werden, indem das in den Leitungen stagnierende Wasser und die bis dahin eventuell vorhandenen Legionellen ausgespült werden.

Um sicherzustellen, dass die gesamte Trinkwasser-Installation fachgerecht gespült wird, müssen möglichst viele Entnahmestellen gleichzeitig geöffnet werden, damit der vom Planer ermittelte Spitzendurchfluss erreicht wird. Bei zu niedrigen Fließgeschwindigkeiten findet der Wasseraustausch nur im Kern der Leitung statt. Das wird als Rohr-in-Rohr-Phänomen bezeichnet. Bei turbulenten Strömungen werden auch die Randzonen der Rohre erreicht und freigespült. Wollen Gebäudebetreiber dies händisch umsetzen, hat das einen hohen Personal- und Zeitaufwand zur Folge: Die Armaturen müs-

sen erst alle manuell geöffnet und dann wieder geschlossen werden – und das möglichst gleichzeitig. Für die Facility Manager sind damit lange Wege und ein entsprechender Dokumentationsaufwand verbunden. Das führt wiederum zu hohen Personalkosten.

#### Stagnationsspülungen automatisiert durchführen

Ein Wassermanagement-System ist eine effiziente, hygienische und wirtschaftliche Alternative zu Stagnationsspülungen per Hand. Durch Vernetzung und Steuerung wird der bestimmungsgemäße Betrieb simuliert. Dabei fungiert der Server des Wassermanagementsystems als Zentrale, die die Armaturen, Sensoren und andere Komponenten vernetzt und die Hygienespülungen automatisiert durchführt und dokumentiert, bei-

spielsweise Stagnationsspülungen oder thermische Desinfektionen.

Über das Wassermanagement-System können mehrere Armaturen zu Spülgruppen zusammengefasst und zu festgelegten Zeiten gleichzeitig gespült werden, zum Beispiel alle drei Tage nachts um drei Uhr. Im Gegensatz zum manuellen Spülen kann der Server die Spülung über exakte Zeiträume bedienen – es wird nicht mehr Wasser verbraucht als nötig. Stagnationsspülungen werden an mehreren Armaturen gleichzeitig ausgelöst und erzeugen die turbulenten Strömungen, die angestrebt werden, um das bereits erwähnte Rohr-in-Rohr-Phänomen zu vermeiden. Auch selten genutzte Entnahmestellen können mit automatisierten Stagnationsspülungen regelmäßig gespült werden, beispielsweise im Reinigungsmittelraum.



Abbildung 3: Über den Server des Wassermanagement-Systems lassen sich alle elektronischen Armaturen vernetzen und steuern. Darüber können beispielsweise Stagnationsspülungen an mehreren Armaturen zeitgleich ausgelöst werden.



Abbildung 4: Die Ansprüche an Armaturen in öffentlichen, halböffentlichen und gewerblichen Sanitäreinrichtungen sind hoch; sie müssen robust sein und den hohen Anforderungen standhalten. Mit berührungsfreien, infrarotgesteuerten Armaturen können im Vergleich zu Standard-Einhebelmischern bis zu 62 Prozent Wasser eingespart werden.



Abbildung 5: Mit einem Online-Service ist ein globaler Fernzugriff auf einzelne Armaturen, ganze Trinkwasserinstallationen und sogar mehrere Liegenschaften gleichzeitig möglich.

Endständige Entnahmestellen stellen somit keine Problemzonen mehr dar.

Wassermanagement-Systeme haben aber noch weitere Vorteile: Wenn die Temperatur von Kaltwasser auf über 25 °C ansteigt oder die Temperatur von Warmwasser unter 55 °C fällt, wird das Wachstum von Legionellen im Trinkwasser begünstigt. Mithilfe von Temperaturfühlern kann die Temperatur durchgängig überwacht werden. Bei kritischen Werten löst das System automatisch Stagnationsspülungen aus – zu warmes Kalt-Wasser bzw. zu kaltes Warm-Wasser werden ausgespült.

Weitere Sicherheit für den Gebäudebetreiber bringt eine in die Vernetzung integrierbare Leckageschutz-Armatur, die die Wasserzufuhr zentral für das gesamte Gebäude oder Teilbereiche absperrt. Damit kann sichergestellt werden, dass beispielsweise nachts, wenn also keine Personen anwesend sind, die Wasserzufuhr geschlossen ist und bei Rohrbrüchen keine größeren Schäden entstehen können. Diese planbaren Nutzungs- und Schließzeiten lassen sich mittels einer Kalenderfunktion komfortabel programmieren. Sind zu diesen Zeiten Stagnationsspülungen geplant, haben diese Hygienespülungen Vorrang und die Leckageschutz-Armatur öffnet und schließt für Stagnationsspülungen automatisch. Und noch einen weiteren Vorteil bieten vernetzte Armaturen: Die Parameter an der Armatur selbst können einzeln oder gruppenweise zentral programmiert werden, beispielsweise Sensorreichweite, Laufzeit oder Nachlaufzeit.

#### Zuverlässig dokumentiert

Neben zahlreichen Einstellungsmöglichkeiten in Bezug auf Armaturenparameter bieten Wassermanagement-Systeme weitere Vorteile für Betreiber: Eine browserbasierte Software lässt sich über gängige PC, Tablets und Smartphones intuitiv bedienen. Es lassen sich zum Beispiel Raumpläne erstellen und Armaturen in Gruppen zusammenfassen.

Darüber hinaus gibt es eine Funktion zur lückenlosen Dokumentation über übersichtliche CSV-Dateien. Damit lässt sich jederzeit nachweisen, dass die nötigen Maßnahmen zum Erhalt der Trinkwassergüte getroffen wurden.

Besonders komfortabel wird es, wenn das Wassermanagement-System mit einem Online-Service kombiniert wird, beispielsweise mit SMART.SWS von Schell. Dadurch wird ein globaler Fernzugriff auf die mit dem Wassermanagement-System vernetzten Armaturen und Sensoren möglich, sogar in mehreren Liegenschaften gleichzeitig und ortsunabhängig. Darüber hinaus können die do-



kumentierten Daten anschaulich aufbereitet werden und die Optimierung wird unterstützt, sodass der Betrieb bedarfsgerecht auf das jeweilige Objekt abgestimmt werden kann. Auch können Wartungseinsätze, wie zum Beispiel ein Batteriewechsel, effizient geplant und durchgeführt werden. Verschiedene Benutzerrollen erleichtern die tägliche Arbeit: Verantwortliche mehrerer Liegenschaften können jederzeit von unterwegs all ihre Immobilien überwachen und bei Bedarf den jeweiligen Facility Manager informieren. Dieser sieht wiederum nur sein Objekt und kann beispielsweise Einstellungen zu Stagnationsspülungen anpassen.

#### Flexibler Einbau

In vielen Gebäuden, die normalerweise kontinuierlich genutzt werden, war der Betrieb zuletzt pandemiebedingt stark eingeschränkt oder unterbrochen. Die Verantwortlichen sahen sich mit dem Problem der unzureichenden Nutzung konfrontiert und folglich mit einer Gefährdung der Trinkwasserhygiene. Soll ein Wassermanagement-System nachgerüstet werden, besteht die größte Herausforderung darin, im Bestand Datenkabel und Stromversorgung an alle benötigten Stellen zu verlegen.

Optimal für die Nachrüstung ist es, wenn Armaturen und Sensoren mit Batterien betrieben und per Funk gesteuert werden können. Größte Flexibilität erlaubt ein Wassermanagement-System, in dem alle Komponenten via Funk und/oder Kabel vernetzt werden können. Auch im Bestand ist dann eine Vernetzung ohne große Umbauten möglich. Das Wassermanagement-System sollte ebenfalls leicht in übergeordnete Gebäudeleitsysteme zu integrieren sein. Das kann mittels Gateways geschehen, die das Protokoll des Wassermanagement-Systems in das gewünschte Standard-Bus-Protokoll übersetzen. Je nach Protokoll und Anzahl der benötigten Datenpunkte sollten verschiedene Ausführungen zur Verfügung stehen.

#### Fazit

Mit einem Wassermanagement-System werden Gebäudebetreiber maßgeblich dabei unterstützt, die Trinkwassergüte zu erhalten. Durch regelmäßige, automatisierte Stagnationsspülungen an allen relevanten Entnahmestellen erhalten Nutzer stets Trinkwasser in der hohen Güte, mit der es durch die Ver-

sorger zur Verfügung gestellt wird. Nutzer werden so bestmöglich geschützt. Da mithilfe des Wassermanagement-Systems die Durchführung von Stagnationsspülungen automatisiert erfolgt, erhalten Gebäudebetreiber eine effektive und wirtschaftliche Möglichkeit, Trinkwasser-Installationen hygienisch und effizient zu betreiben. ◀



**Building Information Modeling (BIM)** unterstützt bei der digitalen Planung und hilft dabei, die Komplexität in der Planung und Durchführung von Bauprojekten zu reduzieren. Mit dem Jaibot, dem semi-autonomen Bohrroboter für Deckenbohrungen, kann dieser Arbeitsschritt auf der Baustelle vollständig automatisiert und das Risiko von Fehlern minimiert werden. Auf Grundlage der digitalen BIM-Planung übernimmt der Bohrroboter Jaibot in Kombination mit der Einmessung via Totalstation PLT 300 die Herstellung der Bohrlöcher an der Decke. Die digitalen BIM-Daten werden zudem für Status und Bohrfortschritt zur Baustelle über eine Cloud-Anwendung während des Baubetriebs genutzt.



Mehr Informationen über  
den Hilti BIM-Service



Alle Abbildungen: Deutsche Rockwool GmbH & Co. KG

Abbildung 1: Es gibt eine Vielzahl verschiedenartiger Rohrleitungen und Elektroleitungen, die es zu dämmen und abzuschotten gilt. Die Planung von Maßnahmen für den vorbeugenden Brandschutz in der Haustechnik wird dadurch immer komplexer.

## Wesentliche oder unwesentliche Abweichung?

### Brandschutz in der Haustechnik bleibt eine Herausforderung

Die Planung von Maßnahmen für den vorbeugenden Brandschutz in der Haustechnik wird immer komplexer. Ursächlich sind sowohl die Vielzahl verschiedenartiger Rohrleitungen und Elektroleitungen, die es zu dämmen und abzuschotten gilt, als auch die Vielzahl ihrer Anwendungen. Zudem wird im Markt von Herstellern nicht immer einheitlich informiert. Die Folgen für die technische Fachberatung werden im folgenden Beitrag dargestellt.



Dipl.-Ing. Michael Kaffenberger-Küster, Produktmanager Haustechnik/Conlit Brandschutz, Deutsche Rockwool GmbH & Co. KG, Gladbeck

Wer haustechnische Anlagen bei erhöhten Anforderungen an den baulichen Brandschutz gemäß geltendem Baurecht sicher planen und ausschreiben will, der muss ein Viel- und Schnelleser sein: Es ist nämlich notwendig, die An- und Verwendbarkeitsnachweise sämtlicher vorgesehenen Brand-

schutzsysteme und Produkte gründlich zu studieren. Als solche können neben den nationalen bauaufsichtlichen Nachweisen im engeren Sinne genannt werden:

- allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse (abP),
- allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen (abZ) und
- allgemeine Bauartgenehmigungen (aBG).

Im weiteren Sinne zählen dazu auch:

- Zustimmungen (der obersten Bauaufsichtsbehörde) im Einzelfall,
- auf Bauvorhaben bezogene Bauartgenehmigungen (BvBG) für die Anwendung bestimmter Bauarten und
- Europäische Technische Bewertungen (ETA) mit Leistungserklärung für Bauprodukte.

Diesen Dokumenten sind produkt- bzw. anwendungsbezogene Merkmale und Leistungsangaben zu entnehmen, deren Nachweis die Verwendung der Produkte und Systeme baurechtlich absichert.

Ist die im konkreten Bauvorhaben geplante Anwendung eines Brandschutzsystems dort beschrieben und in allen Details abgedeckt? Wenn nicht, dann verhindert das unter Umständen später die öffentliche, baurechtliche Abnahme. Auch privatrechtlich können sich Probleme für den Ausführenden ergeben, wenn sein Auftraggeber aufgrund einer Abweichung die Abnahme verweigert.

#### Gründliche Recherche empfohlen

Vor Ausschreibung und Verarbeitung müssen die Anwendbarkeitsnachweise der vorgesehenen Abschottungssysteme auch deshalb genau geprüft werden, weil viele Systeme





nur innerhalb bestimmter Grenzen einsetzbar sind. Und diese Grenzen können sehr eng gefasst sein – sogar nur ein einziges Rohrleitungssystem eines Herstellers betreffen. Auch wenn verschiedene Systeme nebeneinander verwendet werden, sind nahezu immer zusätzliche formale und technische Anforderungen zu beachten. Zu empfehlen ist deshalb, dass Fachplaner und Ausführende auch die Anwendbarkeitsnachweise anderer Gewerke betrachten, deren Produkte in unmittelbarer Nähe eingebaut werden, um bewerten zu können, ob die Anwendung eines bestimmten Brandschutzsystems in der gegebenen Situation möglich ist. In der Praxis beraten häufig Spezialisten zu Systemen verschiedener Hersteller, die im Schacht kombiniert werden sollen.

### Kein Jahr ohne neue Prüfungen

Je mehr Einbauvarianten ein bauaufsichtlicher Anwendbarkeitsnachweis für ein Brandschutzsystem umfasst, desto besser für alle, denn jede abweichende Anwendung verursacht eine individuelle Nachweispflicht. Allein Rockwool führt deshalb pro Jahr bis zu sieben große Brandversuche für Leitungsabschottungen durch, um durch die Erweiterung der Anwendbarkeitsnachweise möglichst viele Aufgabenstellungen der Praxis zeitnah abzudecken. Häufig finden Brandversuche und Prüfungen sogar unabhängig von Anforderungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) statt, weil es wiederkehrende Fragen zu bestimmten Aufgabenstellungen gibt – beispielsweise zur Abschottung von Leitungsanlagen in Holzdecken. Im

Ergebnis umfassen die Anwendbarkeitsnachweise der Brandschutzsysteme von Rockwool heute eine Vielzahl der möglichen Anwendungsfälle.

### Systemprüfungen für mehr Sicherheit

Grundsätzlich sollten Planer und Verarbeiter stets versuchen, sowohl nicht wesentliche als auch wesentliche Abweichungen vom bauaufsichtlichen Anwendbarkeitsnachweis eines Brandschutzsystems zu vermeiden. Dazu gehört, dass sie beispielsweise darauf achten, dass Leitungen mit ausreichenden Abständen zueinander und zu anderen Bauteilen verlegt werden. Oder sie schreiben Systeme aus und verarbeiten sie, die auf allen Leitungsarten eingesetzt werden können und für möglichst viele praxisrelevante Einbausituationen geprüft wurden.

### Schnelle Hilfe im Zweifelsfall

Weicht die geplante Anwendung eines Brandschutzsystems vom bauaufsichtlichen Anwendbarkeitsnachweis ab, muss geklärt werden, ob es sich um eine nicht wesentliche oder wesentliche Abweichung handelt. Damit die technische Beratung bei der Abklärung helfen kann, werden zunächst alle Daten zu den im Objekt verarbeiteten Leitungen, Decken, Wänden und anderen Umgebungsbedingungen benötigt.

Eine nicht wesentliche Abweichung ist baurechtlich abnahmefähig, sofern etwa in Bezug auf den Brandschutz der geforderte Feuerwiderstand eines Bauteils trotz der Abweichung erreicht wird. Im Falle einer wesentlichen Abweichung vom bauaufsicht-

lichen Anwendbarkeitsnachweis ist eine Abnahme nur bei Vorliegen einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE) bzw. einer vorhabenbezogenen Bauartgenehmigung der obersten Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes möglich. Diese dokumentiert die zur Kompensation der Abweichung ergriffenen zusätzlichen baulichen Maßnahmen.

### Individuelle Stellungnahmen

Grundsätzlich ist der Ersteller einer Abschottung verpflichtet, eine Übereinstimmungserklärung seiner Leistung mit dem bauaufsichtlichen Anwendbarkeitsnachweis des verbauten Systems abzugeben. Eine nicht wesentliche Abweichung hat er hierbei zu dokumentieren. Dabei gibt es ein Problem: Häufig sieht sich der Ersteller nicht in der Lage, festzustellen, ob eine Abweichung nicht wesentlich oder wesentlich ist. Außerdem wird in den meisten Fällen eine Einordnung der Abweichung als nicht wesentlich allein durch den Ersteller bei der baurechtlichen Abnahme nicht akzeptiert. Der Prüfer verlangt dann eine Bewertung durch den Systeminhaber, den Hersteller oder eine anerkannte Prüfstelle.

Die Gründe für Abweichungen können zahlreich sein: Eine sehr individuelle Einbausituation oder der Einsatz neuartiger, bisher kaum geprüfter Rohrleitungen kann durch bauaufsichtliche Anwendbarkeitsnachweise noch nicht gedeckt sein. Vor allem bei Sanierungen oder Nutzungsänderungen von Gebäuden ergeben sich regelmäßig Zwänge durch die Bestandssituation. In Einzelfällen



Abbildung 2: Werden Systeme ausgeschrieben und verarbeitet, die auf allen Leitungsarten eingesetzt werden können und für möglichst viele praxisrelevante Einbausituationen geprüft wurden, können nicht wesentliche und wesentliche Abweichungen vom bauaufsichtlichen Anwendbarkeitsnachweis eines Brandschutzsystems vermieden werden.



Abbildung 3: Bei der Auswahl des passenden Brandschutzsystems und empfehlenswerter Dämm-  
dicken für Rohrleitungen kann der seit Jahrzehnten bewährte „Planungs- und Montagehelfer“  
von Rockwool helfen.

führt auch eine mangelhafte Planung oder Ausführung dazu, dass eine Abweichung festgestellt wird.

### Zuverlässige Bewertung der Abweichung

Um eine Abweichung verlässlich einordnen zu können, ist zunächst zu klären, in welchen Details und in welchem Umfang die Anwendung abweicht (Rohrart, Art der Wand/Decke, Art der Befestigung der Rohrleitung, verwendete Brandschutzkomponenten, deren Abmessung und Art des Einbaus). Bei der anschließenden Bewertung kann der Interpretationsspielraum berücksichtigt werden, den der maßgebliche bauaufsichtliche Anwendbarkeitsnachweis bietet. Maßgebend für die Bewertung sind:

- die baurechtlich definierten Schutzziele,
- diverse baurechtliche Konkretisierungen, beispielsweise in der Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR),
- die vorgegebenen Prüfkriterien gemäß Prüfnormen,
- die sich daraus ergebenden Versagenskriterien,

- Erfahrungen aus Brandversuchen und die daraus für das Brandschutzsystem erkennbaren Reserven.

Im besten Fall wurde die zur Diskussion stehende Anwendung des Systems bereits ähnlich geprüft und die Prüfung laut vorliegendem Prüfbericht bestanden. Im Zusammenhang mit den eigenen Produkten kann ein Hersteller den Verarbeiter dann mit Beratung oder einer individuellen technischen Stellungnahme zu einer nicht wesentlichen Abweichung unterstützen. Dabei ist diese Stellungnahme allerdings nicht als verbindliche, rechtliche Einordnung zu verstehen. Diese obliegt der zuständigen Behörde.

### Zusammenfassung

Eine Vielzahl von Anfragen bezieht sich heute auf Anwendungen, die als nicht wesentliche Abweichungen eingestuft und in einer individuellen technischen Stellungnahme nachvollziehbar als solche beschrieben werden können.

Immer dann, wenn das DIBt die Reichweite von Anwendbarkeitsnachweisen für nicht

ausreichend ansieht und neuen Regelungs- und Prüfbedarf aufwirft, entsteht neue Versicherung bei Planern und Ausführenden – zuletzt hinsichtlich der Abschottung von Mischinstallationen bei Versorgungsleitungen. Diese haben sich in zahlreichen Brandversuchen zwar nicht als Risikofaktor gezeigt, deren Eignung wurde aber auf Betreiben des DIBt in einem separaten Prüfverfahren nachgewiesen und in einem eigenen baurechtlichen Anwendbarkeitsnachweis geregelt.

Mit Blick auf die Zeiträume, die in der Praxis zwischen erfolgreicher Brandprüfung und der Erweiterung des baurechtlichen Anwendbarkeitsnachweises vergehen, lässt das Bauordnungsrecht eine baurechtliche Abnahme bei nicht wesentlichen Abweichungen zu. Das erhält wichtige Gestaltungsfreiräume. Angesichts der vielfältigen Anforderungen an den Brandschutz bleibt der folglich entstehende Beratungsbedarf allerdings sehr hoch. ◀



# Kritischen Temperaturen auf der Spur

## Analyse- und Prüfmöglichkeiten mit Hilfe von Zapfprofilen

Bereits in der Planungsphase müssen etliche Regeln beachtet werden, damit in der Trinkwasser-Installation Kaltwasser möglichst kühler als 25 Grad Celsius bleibt und Warmwasser in der Zirkulation 55 Grad Celsius nicht unterschreitet. Das Erstellen von Zapfprofilen lässt Rückschlüsse zu, welche Fehler in der Anlagentechnik die Ursache dafür sind, warum Temperaturen in kritische Bereiche geraten.

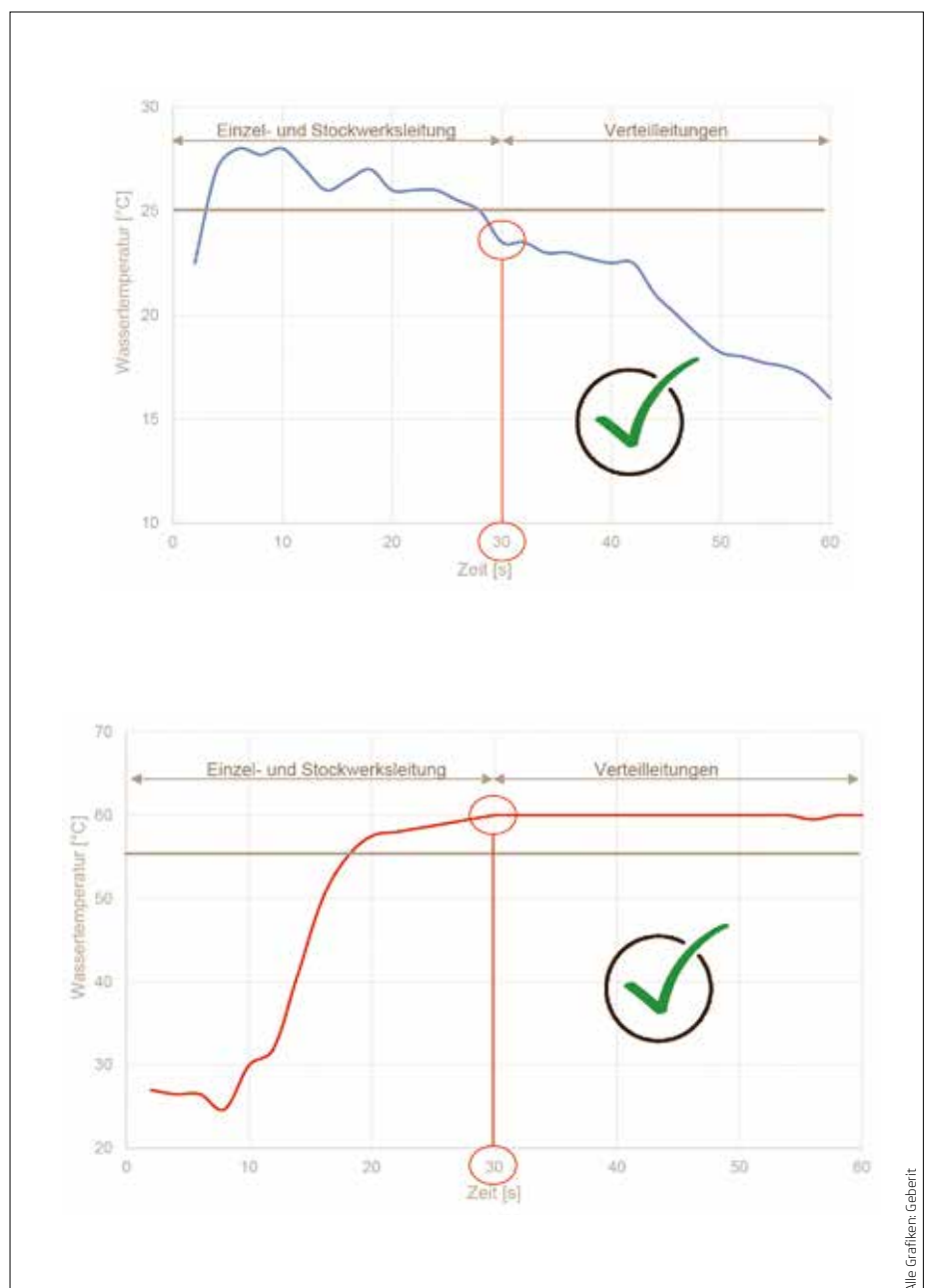


Thomas Wegner,  
Produktmanager  
Rohrleitungs-  
systeme,  
Geberit Vertriebs  
GmbH,  
Pfullendorf

Sanitärprofis stehen vor schwer lösbaren Problemen: Zum einen soll zentral erwärmtes Trinkwasser möglichst schnell an einer endständigen Armatur zur Verfügung stehen. Zum anderen soll Kaltwasser möglichst unter dem Grenzwert von 25 Grad Celsius bleiben, um einer Kontamination der Trinkwasser-Installation entgegenzuwirken. Eine unerwünschte Wärmeübertragung von PWH auf PWC<sup>1</sup> in Technikzentrale, Schacht, Zwischendecke oder Vorwand ist jedoch häufig ein Hindernis in der Praxis und sorgt für eine Differenz zwischen Anspruch und Wirklichkeit.

### Temperatur-Anforderungen werden nicht erfüllt

In der Planungsphase mögen die allgemein anerkannten Regeln der Technik beachtet worden sein. Doch wie die Praxis später zeigt, ergibt sich dennoch kein bestimmungsgemäßer Betrieb in der Trinkwasser-Installation, da Kalt- und/oder Warmwasser in einen kritischen Temperaturbereich gelangen. Beispielsweise können Temperaturmessungen am Auslauf einer Waschtischarmatur ergeben, dass die 30-Sekunden-Regel (s. Infokasten „30-Sekunden-Regel“) nicht erfüllt wird. Stattdessen dauert es oft weit länger als eine halbe Minute, bis auf der Kaltwasserseite kühleres Wasser als maximal 25 Grad Celsius nachströmt.



So sollte es sein: Spätestens nach 30 Sekunden Fließzeit strömt Kaltwasser (oben) unterhalb von 25 Grad Celsius und Warmwasser (unten) mit 60 Grad Celsius aus der Armatur.



### 30-Sekunden-Regel

Die DIN 1988-200 (Fassung 2012-05) legt in Kapitel 3.6 – Betriebstemperatur fest: „Bei bestimmungsgemäßem Betrieb darf maximal 30 Sekunden nach dem vollen Öffnen einer Entnahmestelle die Temperatur des Trinkwassers kalt 25 Grad Celsius nicht übersteigen und die Temperatur des Trinkwassers warm muss mindestens 55 Grad Celsius erreichen.“

Eine Ausnahme bilden Trinkwasser-Erwärmer mit hohem Wasseraustausch und dezentrale Trinkwasser-Erwärmer.

### 3-Liter-Regel

Das DVGW-Arbeitsblatt W 551 gibt vor, dass Stockwerks- und/oder Einzelzuleitungen mit einem Volumen von weniger als 3 Liter ohne Warmwasserzirkulation realisiert werden können. Im Umkehrschluss heißt das vereinfacht, dass an jeder Entnahmearmatur nach dem Ablauf von 3 Liter Warmwasser mindestens 55 °C erreicht werden müssen.

Für das Kaltwasser gilt, dass Einzelzuleitungen so kurz wie möglich sein sollen. Die Obergrenze von 3 Liter Wasservolumen soll möglichst minimiert werden.

Wasserspar-Einsatz montiert sein oder eine leistungsstarke Regenbrause, um zwei Extreme als Beispiele zu nennen. Doch in Kombination mit der 30-Sekunden-Regel ist eine probate Basis geschaffen. Werden nämlich beide Regeln berücksichtigt, zeigt sich in diesem Teil der Trinkwasser-Installation, ob die Voraussetzung für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Trinkwasser-Installation gegeben ist.

### Auf Kollisionskurs mit VDI 6003

Die 30-Sekunden-Regel kann allerdings auf Kollisionskurs geraten, wenn für das Bauprojekt auch die VDI-Richtlinie 6003 „Trinkwassererwärmungsanlagen – Komfortkriterien und Anforderungsstufen für Planung, Bewertung und Einsatz“ gelten soll. Dort sind Komfortkriterien und Anforderungen für Trinkwasser-Erwärmungsanlagen in drei Stufen festgelegt. Um beispielsweise Trinkwarmwasser von 40 Grad Celsius an der Armatur zur Verfügung zu haben, wird in der ersten Anforderungsstufe der VDI 6003 lediglich eine Vorlaufzeit von 60 Sekunden erwartet. Dieser Widerspruch zur 30-Sekunden-Regel muss in der Planungsphase bereits berücksichtigt und die 30-Sekunden-Regel muss angewendet werden.

In der Planungsphase ist es deshalb wichtig, dass der Planer in Abstimmung mit dem späteren Betreiber unter anderem berücksichtigt, welche Komfortkriterien gelten sollen – beispielsweise an einem Waschtisch. Entsprechend muss die Durchfluss-

Bei einer zentralen Warmwasserzirkulation kann ein vergleichbarer Mangel auftreten: Deutlich länger als 30 Sekunden dauert es, bis Warmwasser mit mehr als 55 Grad Celsius am Auslauf gemessen werden kann. Vor allem in Liegenschaften mit einem Bestand verschieden alter Gebäudeteile offenbart sich oft Handlungsbedarf, der sich bereits mit blanker Hand unter einem Auslauf binnen einer Minute feststellen lässt.

### Transparenz schaffen

Was aber ist zielführend, damit die 30-Sekunden-Regel in der Anlagentechnik eingehalten wird? Als Voraussetzung für eine erfolgreiche Ursachenforschung muss zunächst einmal die Installationstechnik transparent sein. Das bedeutet: Ein Anlagensche-

ma über die Trinkwasser-Versorgung muss zur Verfügung stehen und auf aktuellem Stand sein. Anhand der dort verzeichneten Leitungswege lässt sich ermitteln, ob auch die ebenfalls geltende 3-Liter-Regel (s. Infokasten „3-Liter-Regel“) für das Rohrleitungsvolumen eingehalten wird, beispielsweise in Einzelzuleitungen PWC.

Doch inwieweit taugt die 3-Liter-Regel für eine Überprüfung der Anlage? Lässt sich dadurch eine Einschätzung über die im Betrieb befindlichen Leitungswege einschließlich der vorhandenen Temperaturen vornehmen?

Für sich allein betrachtet, ist die 3-Liter-Regel in ihrer Auswirkung unpräzise, weil zunächst nicht offenbart wird, wie leistungstark der Durchfluss sein könnte. Am Ende kann schließlich ein Einhebelmischer mit

## 30-Sekunden-Regel vs. VDI 6003

Tabelle 1. Komfortkriterien Waschtisch

Komfortkriterien	Kurzzeichen/Einheit	Anforderungsstufe		
		I	II	III
1 Zeitlicher Abstand bei serieller Nutzung	$t_{WW}$ in min	max. 5	0	0
2 Möglichkeit gleichzeitiger Nutzung zweier oder mehrerer Entnahmestellen		nein	ja	ja
3 Maximale Temperaturabweichung während der Nutzung	in K	±5	±4	±2
4 Mindestentnahmerate	$\dot{V}$ in l/min	3	5	6
5 Mindestentnahmemenge	$V_B$ in l	4	25	50
6 Maximale Zeit bis zum Erreichen der Nutztemperatur unter Berücksichtigung von Zeile 3 und Zeile 4	$t_p$ in s	60 <sup>b)</sup>	18	10

<sup>a)</sup> vgl. VDI 2067 Blatt 22

<sup>b)</sup> in Anlehnung an die Drei-Liter-Regel nach DIN 1988-200

30-Sekunden-Regel?



Bei vorgegebener Nutztemperatur von 40 Grad Celsius an der Waschtischarmatur kollidiert die 30-Sekunden-Regel mit der Anforderungsstufe I.



leistung der Waschtischarmatur bemessen sein, um die 30-Sekunden-Regel einhalten zu können.

### Etlche Vorgaben nicht einheitlich

Unstimmigkeiten ergeben sich bei Richtwerten bzw. Empfehlungen für Temperatur und Stagnation. Das Umweltbundesamt (UBA), die DIN 1988 „Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen“ und der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) ziehen die Grenze beim Kaltwasser bei maximal 25 Grad Celsius, aber empfehlen teilweise die Einhaltung von 20 Grad.

Für zentrale Trinkwasser-Erwärmer ist eine Austrittstemperatur aus dem Trinkwasser-Erwärmer von 60 Grad Celsius gefordert. Diese Mindesttemperatur gilt jedoch nicht ohne Ausnahme: Bei einem dezentralen Trinkwasser-Erwärmer für eine Gruppenversorgung (z. B. komplettes Bad) werden lediglich mindestens 50 Grad Celsius Austrittstemperatur vorgegeben.

Die Stagnationsdauer differiert in noch größerer Bandbreite und reicht von 4 Stunden (UBA-Empfehlung) bis zu 168 Stunden im DIN-Regelwerk. Aufgrund dieser unterschiedlichen Anforderungen ist damit zu rechnen, dass Prüf- und Analysemöglichkeiten im Betrieb immer wichtiger werden. Deshalb dürfen einzelne Auffälligkeiten, die sich in einer Trinkwasser-Anlage erkennen lassen, nicht isoliert betrachtet werden. Vielmehr müssen die Auswirkungen insgesamt bewertet werden. Temperatur, Zeit und Was-

servolumen haben gleichermaßen Bedeutung und schließen Erkenntnisse aus der 30-Sekunden-Regel ein.

### Ursache(n) auf die Spur kommen

Ursache und Wirkung im Zusammenspiel von Temperatur, Zeit und Durchfluss können mit Hilfe von Zapfprofilen in einer Trinkwasser-Anlage transparent gemacht werden.

Temperatur und Zeit: Wie bereits zuvor beschrieben, lassen sich wichtige Erkenntnisse bereits anhand von Temperaturmessungen gewinnen – ob am Armaturenauslauf oder per Temperaturschreiber über lange Zeit an verschiedenen Stellen in der Anlage.

Durchfluss: Bei einer aufwendigen Fehlersuche in einer Trinkwasser-Anlage hat sich erst nach Auswertung etlicher Messpunkte und Protokolle gezeigt, dass aufgrund eines fehlenden hydraulischen Abgleichs in einem größeren Versorgungssystem eine Zirkulationsleitung stagnierte. In einem weiteren Beispiel ließ sich der falsche Einbau einer Zirkulationspumpe aufgrund der erstellten Zapfprofile ermitteln. Beide Beispiele zeigen, wie wichtig es ist, bei der Fehlersuche ganzheitlich vorzugehen. Nachfolgend werden die wichtigsten Leitlinien vorgestellt.

### Maßgebende Punkte für den Check

- Auf der Warmwasserseite gilt neben der 3-Liter-Regel aus dem DVGW-Arbeitsblatt W 551 auch die 30-Sekunden-Regel aus der DIN 1988-200.

- Mit Blick auf die Analysemöglichkeit bei der Funktionsprüfung sollte die jetzige Form der 30-Sekunden-Regel erhalten bleiben.
- Der Nachweis der 30-Sekunden-Regel und die Berücksichtigung von Komfortklassen nach VDI-Richtlinie 6003 sind in der Planungsphase nur dann verlässlich möglich, wenn Herstellerdaten (Mindestfließdruck und Berechnungsvolumenstrom) für die verwendeten Entnahmearmaturen zur Verfügung stehen.
- Zeit und Volumen dürfen nicht getrennt voneinander betrachtet werden. Erst durch die Verknüpfung können Rückschlüsse auf die Trinkwasser-Installation gezogen werden.
- Spätestens bei Nichteinhaltung der 30-Sekunden-Regel sind Temperatur-Zapfprofile zu erstellen.

Weiterführende Charts entstanden für das 20. Sanitärtechnische Symposium Burgsteinfurt und wurden vom Fachbereich Energie Gebäude Umwelt (EGU) der FH Münster online gestellt unter [www.fh-muenster.de/egu/symposium2020](http://www.fh-muenster.de/egu/symposium2020).

<sup>1</sup> PWH bedeutet Potable Water Hot = Trinkwarmwasser, PWC bedeutet Potable Water Cold = Trinkwasser kalt.

## Analysemöglichkeiten – Temperaturzapfprofil PWC



Anhand der gemessenen Temperaturen, Leitungsdimension, Wassermenge und Zeit lässt sich ermitteln, wo ein unerwünschter Wärmeübergang im Fließweg stattfindet.



„Office Landschaft“ in Gateway Gardens -  
deckengebundene Multisensoren erfassen  
u.a. Luftfeuchtigkeit, Besucher-Präsenz,  
Schallintensität, Luftqualität, Temperatur  
und Lichtintensität.

## Auf dem Weg zur flexiblen und flächeneffizienten Immobilie

Erfahrungsbericht zu einem Smart Building-Pilotprojekt im neuen Frankfurter  
Stadtteil Gateway Gardens



Dr.-Ing. Niels Bartels  
(M. Sc.),  
Innovations-  
manager,  
Goldbeck GmbH,  
Bielefeld



Tizian Müller,  
Vertriebsgebiets-  
leiter Region Mitte,  
Priva Building  
Intelligence GmbH,  
Tönisvorst

Nachhaltigkeit, Klimaschutz und Digitalisierung stellen aktuell die wesentlichen Herausforderungen für die Bau- und Immobilienbranche dar. Insbesondere Nachhaltigkeitsaspekte spielen eine zunehmend entscheidende Rolle - nicht zuletzt deshalb, weil ca. 36 Prozent des nationalen Endenergieverbrauchs auf Gebäude entfallen (dena 2018, S. 23).

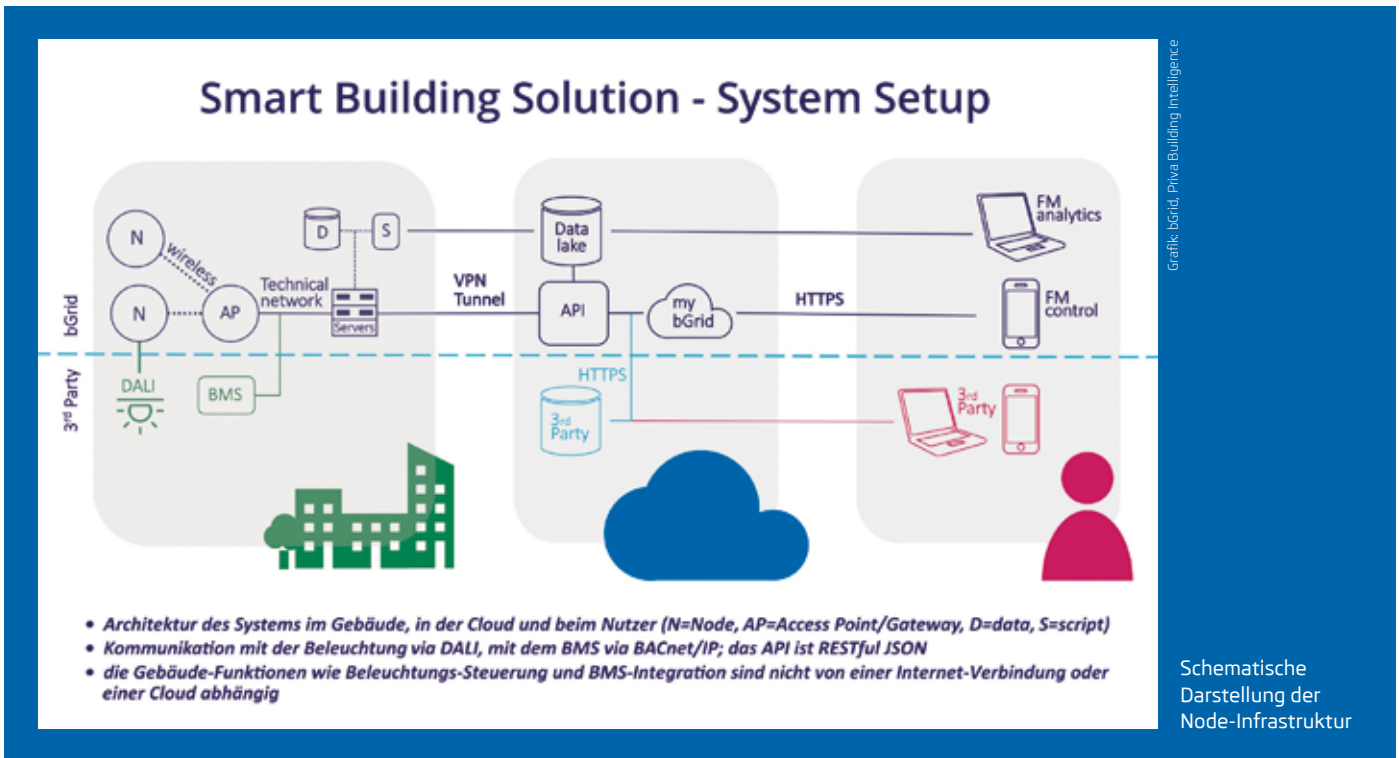
Obwohl bereits viele technische Potenziale für Energieeinsparungen im Planen, Bauen und dem Betrieb von Immobilien genutzt werden, können durch den Einsatz von digitalen Methoden und Tools weitere zukunftsfähige Funktionen und Lösungen entwickelt werden. Diese ermöglichen beispielsweise eine weitere Optimierung der Performance von modernen Gebäuden oder die Implementierung von New Work-Konzepten, die sich ressourcensparend über den Lebenszyklus von Immobilien auswirken können. Die Grundlage für die Umsetzung dieser Lö-

sungen bildet die Entwicklung von Konzepten für flexible und flächeneffiziente Immobilien, welche die Umsetzung moderner Formen des Arbeitens unterstützen.

### Smart Buildings – systematisiertes Bauen löst gegenwärtige Probleme

Für die Realisierung der notwendigen ressourcenschonenden und zeitgemäßen Gewerbeimmobilien bietet das Konzept des Smart Buildings eine der aussichtsreichsten Lösungen.

Ein Smart Building ist ein Gebäude, in dem vielfältige Daten gesammelt werden, beispielsweise zu Temperatur, Stromverbrauch, Luftqualität oder der Performance von gebäudetechnischen Anlagen (Bartels 2021, S. 38). Die Datenerhebung und -sammmlung erfolgt über die in IT-Systemen integrierten Sensoren und Aktoren der Raum- und Anlagenautomation. Die in eine Cloud transferierten Daten werden analysiert, um



Verbesserungspotenziale der Gebäudenutzung zu erkennen und auszuschöpfen.

In der heutigen Praxis scheitern Überlegungen zur Realisierung von Smart Buildings allerdings oftmals an den hohen Kosten der Implementierung und des Betriebs bisheriger prototypischer Lösungen. Deshalb ist eine Systematisierung auf der Basis erprobter und standardisierter Prozesse notwendig, um kundenzentrierte und kosteneffiziente Lösungen zu schaffen.

#### BIM-Methode – Grundlage für zukünftige Cloud-Lösungen

Systematisiertes Bauen bezeichnet einen Planungs- und Bauablauf, der auf definierten Prozessen, Bausystemen und einer industriellen Vorproduktion fußt. Die Planung von systematisierten Gebäuden basiert auf Bausystemen, evaluierten Standards (z.B. definierte Raster) und auf Ausführungsdetails. Die beim Bau verwendeten Komponenten entstehen in einer industriellen Vorproduktion – beispielsweise Wand- und Deckenelemente.

Im systematisierten Bauen stellt der Einsatz der Methode des Building Information Modeling (BIM) bereits eine wesentliche Grundlage dar. Darin liegt ein besonderer Vorteil im Hinblick auf die Systematisierung von Smart Buildings, denn die per BIM-Methode erstellten digitalen Gebäudemodelle bilden eine optimale Grundlage zur späteren Verarbeitung der Daten aus dem Betrieb des smarten Gebäudes in der Cloud.

ANZEIGE

Unsere Reinräume entstehen nach dem

# SHELMEQ®

Prinzip.

SHELMEQ® Reinraum Technologie übernimmt, als modulare, definierte Leistungseinheit, die Verantwortung für die Einhaltung der Garantiewerte

**Reinheitsklasse**  
**Druckregime**  
**Raumtemperatur**  
**Raumfeuchte**  
**Beleuchtungsstärke**



**Daldrop + Dr. Ing. Huber**  
 SHELMEQ®  
 Reinraum Technologien

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



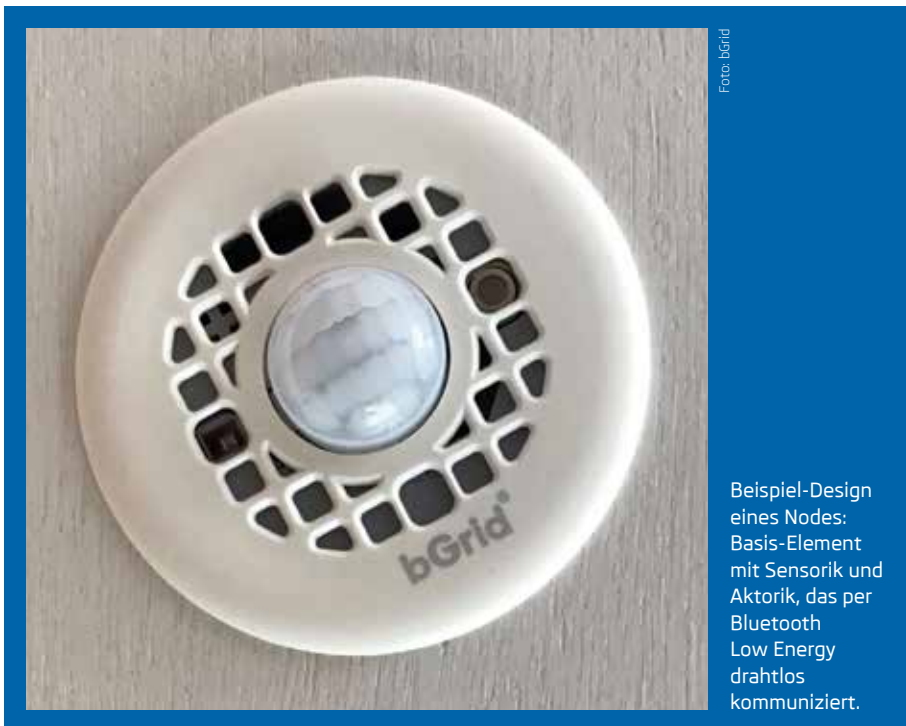


Foto: bGrid

Beispiel-Design eines Nodes: Basis-Element mit Sensorik und Aktorik, das per Bluetooth Low Energy drahtlos kommuniziert.

### Pilotprojekt – Goldbeck-Office in Gateway Gardens

Das Smart Building-Team des international operierenden Bauunternehmens Goldbeck aus Bielefeld analysiert umfassend die Implementierung ihrer smarten Lösungen in einem kürzlich gebauten und genutzten eigenen Bürogebäude. Standort des im April 2020 bezogenen Gebäudes ist Gateway Gardens, ein als jüngster Stadtbezirk der Stadt Frankfurt am Main vermarktetes Areal mit direktem Anschluss zum Flughafen.

Das Gebäude verfügt über ca. 6.100 Quadratmeter Bruttogeschossfläche, die auf sechs Etagen verteilt ist. Neben einem Empfangs- und Loungebereich befinden sich Besprechungsräume sowie offene und geschlossene Arbeitsflächen in dem Gebäude.

### Node-Infrastruktur – funktionale Erweiterbarkeit durch offene API-Schnittstellen

In Gateway Gardens werden seit dem Frühjahr 2020 gezielt Daten aus der Raum- und Anlagenautomation aggregiert und in einer Cloud analysiert. Darüber hinaus werden deckengebundene Multisensoren getestet, die verschiedene Parameter messen. Basis ist dabei eine Infrastruktur des Anbieters bGrid, einem Partnerunternehmen des Gebäudeautomations-Experten Priva.

Diese Infrastruktur besteht aus einem in den Deckenbereichen installierten drahtlosen Netz von Hardware-Elementen, so genannten Nodes (Knoten). Diese mit Sensorik

und Aktorik ausgestatteten Elemente kommunizieren drahtlos per Bluetooth Low Energy (BLE) und benötigen keine spezielle Kommunikationsverkabelung wie beispielsweise Ethernet. Jeder Node liefert unter anderem Temperaturdaten mit Blick auf Strahlungs- und Luftwärme, Daten zur Raumbeleuchtung und mit Blick auf die Raumnutzung Daten zur Schallintensität, zur Intensität der Bewegung von Personen und zur Belegung von Räumlichkeiten. Durch die Integration in das Gebäudeautomations-System können diese Nodes im Weiteren zur Steuerung des Lichts, der Raumtemperatur, von Lüftungsanlagen und von Jalousien-Bewegungen genutzt werden. Da diese Node-Infrastruktur über offene API-Schnittstellen verfügt, kann grundsätzlich eine Vielzahl weiterer Funktionen durch das Einbinden von Beleuchtungs- und Klimasystemen, Facility Management- und Analyse-Modulen realisiert werden. Für erweiterte Steuerungs- und Kommunikationszwecke können Anwendungen von Drittanbietern genutzt werden – etwa auf der Basis von auf Smart Devices laufenden Applikationen.

### Pilotprojekt-Daten – Raumnutzungs-Optimierung durch New Work-Konzepte

Die Analyse der Daten aus dem Pilotprojekt erbrachte, dass im Gebäude 24.200 Datenpunkte vorhanden sind, die rund 2,3 Millionen Messwerte täglich erzeugen. Diese „Datenmasse“ wurde unter anderem genutzt,

um die Auswirkungen eines New Work-Konzepts in der Praxis zu bewerten. Auf die Bürofläche wurde ein Raumkonzept angewendet, das verschiedene Flächen differenzierte: Büroarbeitsplätze in Form von Zellenbüros oder Open Space-Arbeitsflächen sowie Flächen zur offiziellen und inoffiziellen Kommunikation.

Mithilfe der sensorisch erfassten Nutzungsdaten hat das Smart Building-Team begonnen, beispielsweise die Auslastung von Besprechungsraummodulen zu analysieren. Es zeichnet sich ab, dass bestimmte Besprechungsräume seltener genutzt werden, während demgegenüber andere Raummodule stark frequentiert sind. Die Daten bieten die Grundlage für eine zukünftig optimierte Raummodul-Konzeption, die eine effektvolle Umgestaltung von Flächen umfassen kann.

### Ausblick und Fazit – Erfolg durch erprobte und standardisierte Prozesse

Die weitere Auswertung des Pilotprojekts hat ergeben, dass die Aussichten für die Nutzbarkeit weiterer neuer Formen der Zusammenarbeit im realisierten Smart Building grundsätzlich vielversprechend sind. Dafür bietet beispielsweise die Konnektivität zwischen Kalender- und Raumbuchungssystemen eine verlässliche Grundlage – abgestimmt mit in der Cloud aufbereiteten Nutzungs-Daten.

Aufgrund der Erfahrungen aus dem Projekt lässt sich darüber hinaus die Hypothese ableiten, dass die Realisierung ganzheitlich konzipierter und systematisierter Smart Buildings aussichtsreich und praktikabel ist. Im Detail zeichnet sich ab, wie wichtig eine Integration von Raum- und Anlagenautomation mit erweiterbarer Sensorik und Aktorik gerade auf der Basis von erprobten und standardisierten Prozessen und Protokollen ist. Vor diesem Hintergrund lassen sich in systematisierten Gebäuden Smart Building-Lösungen mit deutlich weniger Aufwand und Kosten realisieren als in Gebäuden, in denen „smarte Features“ per Einzellösung und individuell implementiert werden. ◀

### Literatur:

- Bartels, Niels u. Weilandt, Gerhard: Umsetzung von New-Work-Konzepten mit Smart Buildings, Bauen + 2 (2021), S. 37–39.
- Dena (Hrsg.): dena-Gebäudereport Kompakt 2018: Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand, Berlin 2018.





# Fehler bei der Einregulierung größerer Warmwasser-Zirkulationssysteme

## Die Bedeutung des hydraulischen Abgleichs



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



Prof. Dr.  
Lars Rickmann,  
FB Technik und  
Wirtschaft,  
SRH Hochschule  
in Nordrhein-  
Westfalen



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



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

Zur Sicherstellung der hygienischen Anforderungen an das Trinkwasser wird der Warmwassertemperatur im Speicher und in der Leitungsanlage besondere Bedeutung beigegeben. Aus diesem Grund muss am Warmwasseraustritt des Trinkwassererwärmers

eine Temperatur von mindestens 60 °C kontinuierlich eingehalten werden. Durch ein geeignetes Warmwasser-Zirkulationssystem muss dafür gesorgt werden, dass die Temperatur in Verteilungs- und Steigleitungen nicht unter 55 °C absinkt. Nur Stockwerks- oder Einzelzuleitungen in Wohngebäuden, die ein Wasservolumen  $\leq 3$  Liter aufweisen, dürfen ohne Zirkulation realisiert werden.

Es ist bekannt, dass die geforderte Temperaturhaltung über 55 °C insbesondere in ausgedehnten Trinkwasserinstallationen aufgrund einer unzureichenden Zirkulation des erwärmten Trinkwassers oftmals nicht gelingt. Eine Kontamination des nicht ausreichend erwärmten Trinkwassers mit fakultativen Krankheitserregern kann die Folge sein.

Da die Ursachen für die Fehlfunktion eines Warmwasser-Zirkulationssystems vielfältig sein können, ist es zur Beseitigung der Probleme in der Regel nicht ausreichend, nur die Pumpendruckdifferenz zu erhöhen. Im Folgenden werden problemverursachende Fehler im Aufbau und in der Bemessung des Rohrnetzes, der Positionierung der Regulier-

technik im Netz und der Fehlbemessung der Regulierertechnik aufgezeigt - ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Außerdem wird eine Berechnungsmethode beschrieben, mit der diese Fehler bereits im Planungsprozess identifiziert und beseitigt werden können.

### Anforderungen

Eine erste Beurteilung der Betriebsverhältnisse einer trinkwasserhygienisch auffällig gewordenen Trinkwasserinstallation erfolgt in der Regel auf der Grundlage so genannter Zapfprofile. Unter einem Zapfprofil wird der zeitliche Verlauf der Kalt- bzw. Warmwassertemperatur bei Wasserentnahme an einer Entnahmestelle im laufenden Betrieb verstanden. Zapfprofile ermöglichen auf einfachem Wege eine Einschätzung, ob eine Trinkwasserinstallation gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik betrieben werden kann oder nicht. Bewertungskriterien für die grundsätzliche Gebrauchstauglichkeit sind in DIN 1988-200 und in den VDI-Richtlinien 6023<sup>1</sup> und - sofern vertraglich vereinbart - in der VDI-Richtlinie 6003<sup>2</sup> enthalten.

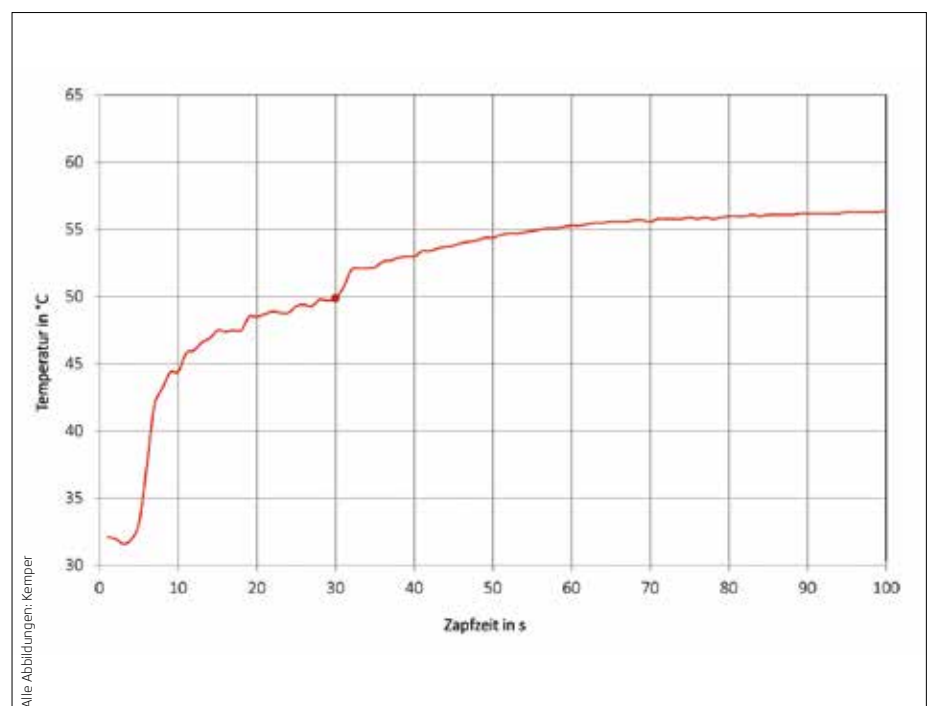


Abbildung 1: gemessenes PWH-Zapfprofil bei einer Zirkulation über die Stockwerksleitungen

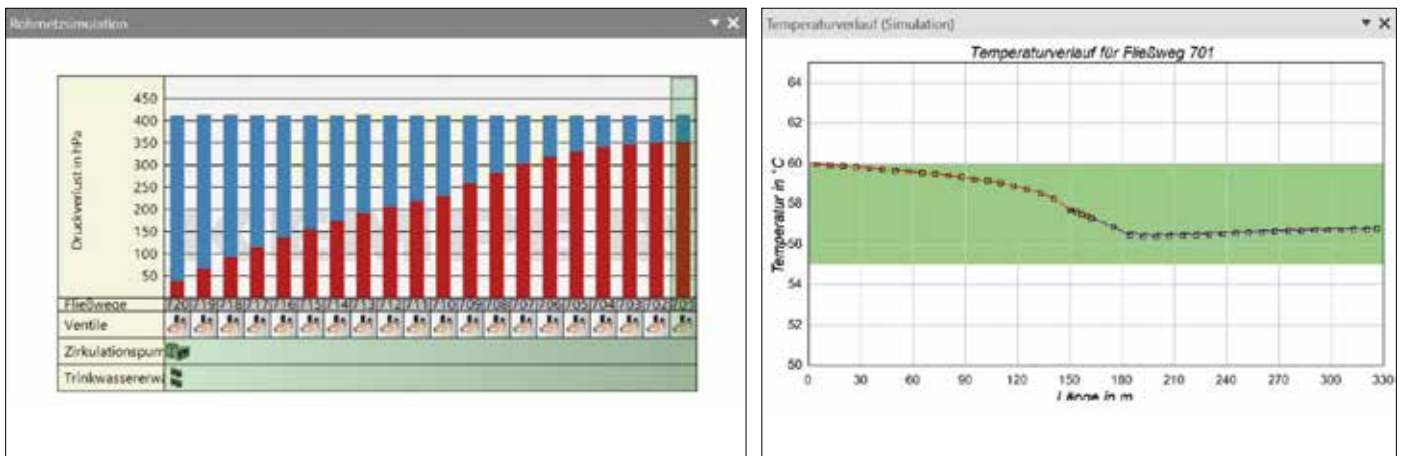


Abbildung 2: Volumenstromverteilung bzw. Temperaturverlauf in einem Zirkulationssystem für ein Wohngebäude mit 20 Steigleitungen, einreguliert mit MultiTherm-Zirkulationsregulierventilen

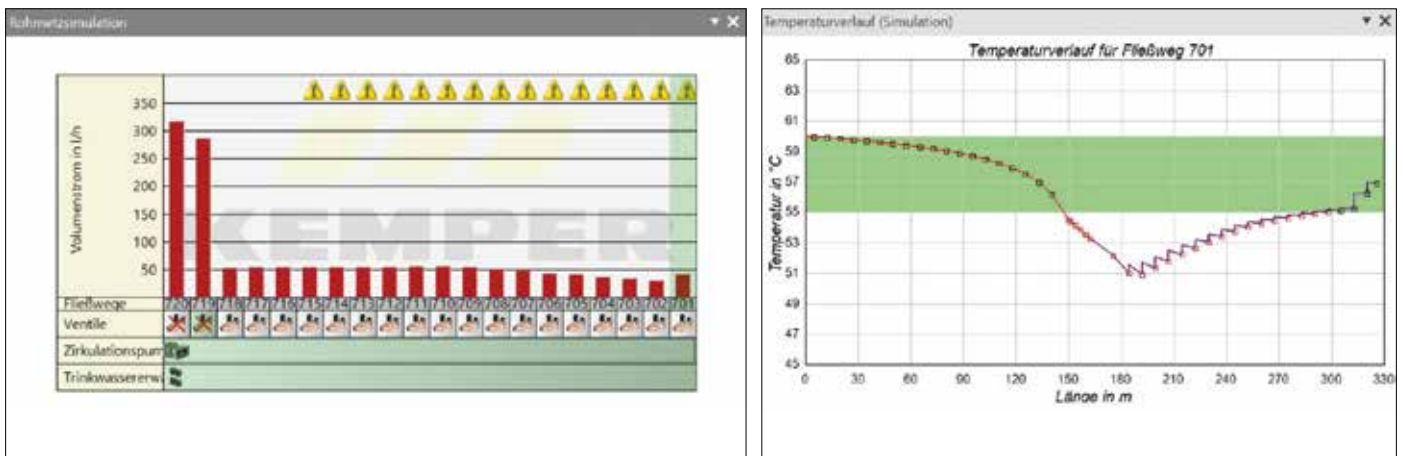


Abbildung 3: Volumenstromverteilung bzw. Temperaturverlauf bei einem durch fehlende Reguliertechnik in zwei Zirkulationskreisen nicht vollständig abgeglichenen Zirkulationssystem

Bei bestimmungsgemäßem Betrieb darf maximal 30 Sekunden nach dem vollen Öffnen einer Entnahmestelle die Temperatur des Trinkwassers kalt 25 °C nicht übersteigen und die Temperatur des Trinkwassers warm muss mindestens 55 °C erreichen.<sup>3</sup>

Abbildung 1 zeigt das Warmwasser-Zapfprofil einer Entnahmearmatur nach einer Stagnationsphase. Der Temperaturverlauf lässt auf eine Störung der Zirkulation im größeren Umfange schließen, da eine Warmwassertemperatur von >55 °C erst nach mehr als 30 Sekunden zur Verfügung steht. Bei einer einwandfreien Funktion der Zirkulation müsste innerhalb weniger Sekunden die Warmwassertemperatur oberhalb von 55 °C liegen.

### Konstruktion und Bemessung

Bereits mit dem konstruktiven Aufbau und der Bemessung des Rohrnetzes sowie dem planerischen Einsatz der erforderlichen Reguliertechnik werden die entscheidenden

Merkmale für die Funktion und die Wirtschaftlichkeit eines Warmwasser-Zirkulationssystems festgelegt. Der Entwurf für die Leitungsanlage einer Trinkwasserinstallation muss daher immer folgende grundsätzliche Ziele verfolgen:

- sofern möglich, Temperaturhaltung bis an die Entnahmearmaturen,
- näherungsweise symmetrischer Aufbau des Rohrnetzes mit „mittiger Einspeisung“,
- Minimierung der wärmeabgebenden Oberfläche, insbesondere im Bereich der Installationsschächte, in denen Warmwasser- und Kaltwasserleitungen parallel verlegt werden müssen,
- Bemessung der Kaltwasser-, Warmwasser- und Zirkulationsleitungen unter Berücksichtigung der Regeln in DIN 1988-300,
- Ermittlung der kV-Werte für die Regulierventile zur Sicherstellung des hydraulischen Abgleichs.

### Der hydraulische Abgleich

Jeder Anschluss einer Zirkulationsleitung an eine Verbrauchsleitung eröffnet einen neuen Zirkulationskreis. Zur Sicherstellung einer Warmwasserzirkulation im energetischen Optimum darf in jedem dieser Zirkulationskreise nur der Volumenstrom fließen, der gerade noch zur Temperaturhaltung notwendig ist. Damit dieses Ziel erreicht werden kann, muss der so genannte hydraulische Abgleich hergestellt werden. Das heißt, dass die Pumpendruckdifferenz bei den errechneten Zirkulationsvolumenströmen in jedem Zirkulationskreis gleich der Summe der Druckverluste sein muss. Die für den hydraulischen Abgleich fehlende Differenz (blauer Anteil des Balkendiagramms in Abbildung 2) zwischen Pumpendruck und den Druckverlusten im Rohrnetz (roter Anteil) muss im jeweiligen Zirkulationskreis in mindestens einem Zirkulationsregulierventil erzeugt werden. Das Regulierventil muss sich dabei in der Teilstrecke mit dem Anschluss der Zir-



kulation an die Verbrauchsleitung befinden (Abbildung 4).

Der hydraulische Abgleich in größeren Trinkwasserinstallationen kann nur dann erreicht werden, wenn die Leitungsanlage auf Grundlage der allgemein anerkannten Regeln der Technik hydraulisch berechnet wurde, die Zirkulationspumpen die berechneten Zirkulationsvolumenströme zur Verfügung stellen können und eine sinnvolle Kombination aus dynamischer und statischer Regulierertechnik angeordnet wurde.

- Die Regulierertechnik eines Zirkulationssystems muss auf der Grundlage der Berechnungsergebnisse einer Rohrnetzbeziehung ausgelegt werden.

Fehlen in einem oder in mehreren Zirkulationskreisen Regulierventile – fehlt also der vollständige hydraulische Abgleich – kommt es zu hydraulischen Kurzschlüssen, in denen in der Regel große Zirkulationsvolumenströme abfließen, die dann für die Temperaturhaltung an anderen Stellen im Rohrnetz nicht mehr zur Verfügung stehen. Die Folge kann ein häufig unbemerkter, weiträumiger Temperaturabfall unter 55 °C sein (Abbildung 3).

Gelegentlich werden durch einen fehlerhaften Aufbau des Rohrnetzes einem Zirkulationsregulierventil zwei Anschlüsse zugeordnet (Abbildung 4). Diese Situation ist hydraulisch unbestimmt. Es kommt dadurch immer zu einem mehr oder weniger großen Temperaturabfall – meist örtlich begrenzt.

- Jeder Anschluss der Zirkulation an die Verbrauchsleitung eröffnet einen neuen Zirkulationskreis.

- Zur Sicherstellung des hydraulischen Abgleichs muss jedem Zirkulationskreis mindestens ein Zirkulationsregulierventil zugeordnet werden.
- Jeweils ein Regulierventil muss sich zwingend in den Teilstrecken mit dem Anschluss der Zirkulation an die Verbrauchsleitung befinden.

Alle Zirkulationssysteme müssen so aufgebaut werden, dass der Druckabfall über den Regulierventilen schallschutzkritische Werte nicht überschreitet (z. B. 400 hPa als Herstellervorgabe) und Erosionskorrosionen am Regulierkegel vermieden werden. In ausgedehnten Trinkwasserinstallationen mit mehreren Zirkulationszonen und größeren Pumpendruckdifferenzen (> 400 hPa) ist dazu in der Regel eine mehrstufige Einregulierung erforderlich. Bei einer mehrstufigen Einregulierung darf sich zur Sicherstellung der Ventilautorität jeweils nur in der Teilstrecke mit dem Anschluss der Zirkulation an die Verbrauchsleitung ein thermostatisches Zirkulationsregulierventil befinden. Alle anderen Regulierventile im Zirkulationskreis müssen „statisch“ ausgelegt werden (Abbildung 5).

- Der Druckabfall über einem Zirkulationsregulierventil sollte nicht mehr als 400 hPa betragen.
- Bei mehreren Zirkulationszonen und ausgedehnten Netzen mit größeren Pumpendruckdifferenzen ist eine mehrstufige Einregulierung erforderlich.
- Nur in der Teilstrecke mit dem Anschluss der Zirkulation an die Verbrauchsleitung darf sich ein thermostatisches Zirkulationsregulierventil befinden.

- Die Hintereinanderschaltung von thermostatischen Zirkulationsregulierventilen in einem Zirkulationskreis ist nicht zulässig.

Bei horizontal ausgerichteten Verteilungssystemen, wie sie bei hochinstallierten Gebäuden – beispielsweise in Krankenhäusern – üblicherweise anzutreffen sind, kann in endständigen Teilstrecken der Zirkulationsvolumenstrom größer werden als der nach DIN 1988-300 berechnete Spitzenvolumenstrom. Bleibt das bei der Bemessung dieser Teilstrecken unberücksichtigt, kann sich ein Leitungsbereich ergeben, in dem die Temperatur des zirkulierenden Wassers unter zulässige Werte abfallen kann. Geregelt Zirkulationsventile, unabhängig davon, ob sie mit oder ohne Fremdenergie betrieben werden, können dann trotz geringer Warmwassertemperaturen nicht mehr so weit öffnen, dass die für die Temperaturhaltung erforderlichen Zirkulationsvolumenströme fließen können. Die Regulierventile wirken dann als zusätzlicher Strömungswiderstand. Dadurch kann die Rohrnetzkenlinie des Zirkulationssystems so steil werden, dass selbst eine erhebliche Erhöhung der Pumpendruckdifferenz häufig keine wesentliche Verbesserung der Temperaturverhältnisse mehr nach sich zieht. Werden die unplanmäßigen Strömungswiderstände beseitigt, funktioniert in der Folge die Zirkulation wie erwartet.

- Über die Rohrnetzbeziehung muss sichergestellt werden, dass die betreffenden Teilstrecken für den größeren Wert bemessen werden – Spitzenvolumenstrom bzw. Zirkulationsvolumenstrom.

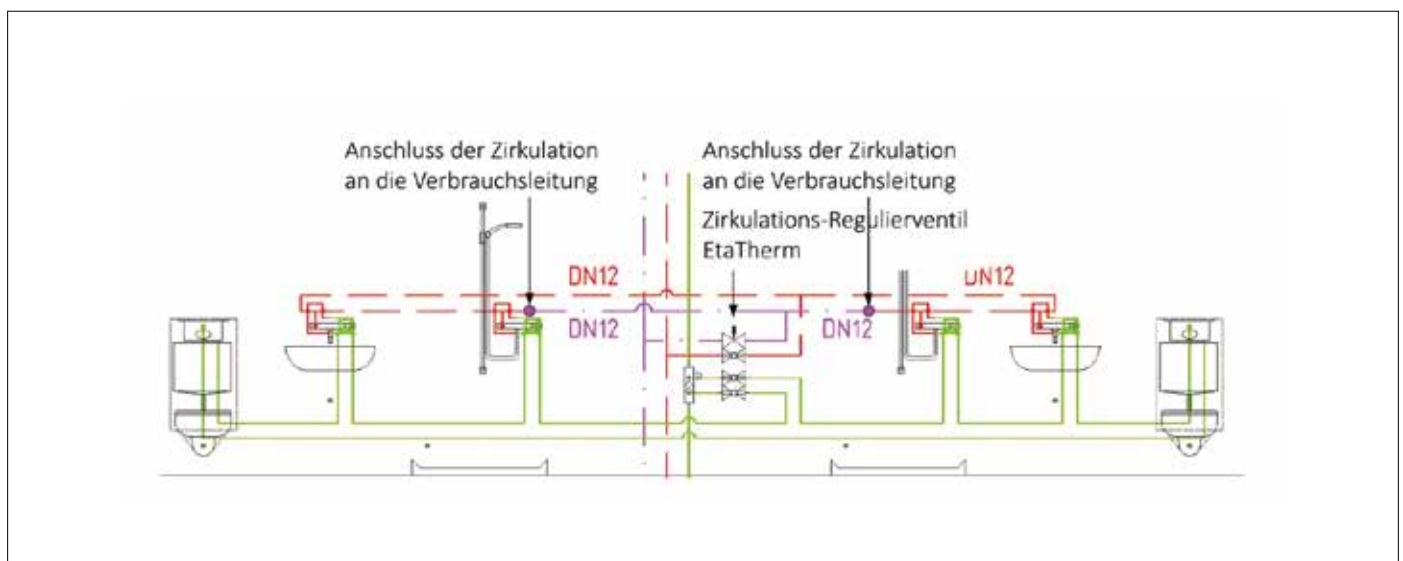


Abbildung 4: Fehlerhafter Aufbau einer Stockwerkszirkulation – dem Zirkulationsregulierventil wurden zwei Zirkulationskreise zugeordnet.

- Die eingesetzten Regulierventile müssen über den berechneten kV-Wert dimensioniert werden.

Wegen der grundsätzlichen Bedeutung für die Funktion der Warmwasser-Zirkulation hat der DVGW für geregelte Zirkulationsventile Prüfanforderungen zur Erteilung eines Prüfzeichens aufgestellt.<sup>4</sup>

- Thermostatische Zirkulationsregulierventile müssen dem DVGW Arbeitsblatt W 554 entsprechen.<sup>5</sup>

Der Einsatzbereich eines thermostatischen Zirkulationsregulierventils wird durch den minimal erreichbaren kV-Wert und maßgeblich durch die nutzbare Regelflanke zwischen 55 °C und 60 °C festgelegt. Je länger die nutzbare Regelflanke des Ventils ist, umso größer und flexibler ist der mögliche Einsatzbereich. Wie die Zusammenstellung einiger im Prüfstand messtechnisch ermittelter Kennlinien handelsüblicher thermostatischer Zirkulationsregulierventile DN 15 zeigt, besitzen die Ventile stark unterschiedliche Eigenschaften (Abbildung 6).

Nur wenige Ventile verfügen auch im Prüfstand über die in den Technischen Unterlagen der Hersteller veröffentlichten Kennlinien. Insbesondere wird nur von einem Ventil der werkseitig eingestellte Temperatursollwert im zugelassenen Toleranzfeld erreicht (Abbildung 6, Ventil 1 - Kemper, MultiTherm DN 15). Dieses Ventil verfügt zusätzlich über die mit Abstand längste nutzbare Regelflanke zwischen 55 °C und 60 °C. Damit ist der Einsatzbereich wesentlich größer als bei allen anderen getesteten Thermostatventilen der Nennweite DN 15.

Für den rechnerischen Nachweis des hydraulischen Abgleichs gemäß DIN 1988-300 stehen grundsätzlich zwei Verfahren zur Verfügung. In dem einen Fall müssen alle Ventile, auch die thermostatischen Zirkulationsregulierventile, „von Hand“ auf die berechneten Werte eingestellt werden. Im anderen Fall gilt diese Anforderung nur für die statischen Regulierventile eines mehrstufig einregulierten Systems; die thermostatischen Zirkulationsregulierventile verbleiben bei Werkseinstellung (58 °C). In diesem Fall muss durch eine zusätzliche Simulationsrechnung nachgewiesen werden, dass die Temperatur des erwärmten Trinkwassers im zirkulierenden System an keiner Stelle unter 55 °C abfällt.

- Die Regelstrategie muss festgelegt werden: statisch oder dynamisch, mit oder ohne Fremdenergie, Einregulierung „von Hand“ oder automatisch über die Temperatur des zirkulierenden Wassers.
- Bei einem Wechsel der Regelstrategie muss das Rohrnetz insgesamt neu berechnet und der hydraulische Abgleich muss erneut nachgewiesen werden.

### Einregulieren „von Hand“

Nach der hydraulischen Berechnung eines Zirkulationssystems liegen die berechneten Betriebspunkte noch nicht auf der Kennlinie thermostatischer Zirkulationsregulierventile (Abbildung 6). Zur Sicherstellung des hydraulischen Abgleichs muss daher grundsätzlich jedes Ventil „von Hand“ eingestellt werden. Diese Forderung gilt ausdrücklich auch für thermostatische Zirkulationsregulierventile. Durch eine Veränderung der Temperatur-Sollwerteinstellung am Ven-

til muss die Kennlinie so lange parallel zur x-Achse (Temperatur) verschoben werden, bis der jeweils berechnete Betriebspunkt (Wassertemperatur und kV-Wert) auf der Kennlinie des Thermostatventils liegt.

In Abbildung 6 wurden die aus einer Rohrnetzrechnung für ein System mit 20 Steigleitungen geforderten Betriebspunkte für die Reguliertechnik (Wassertemperatur und kV-Wert) beispielhaft eingetragen. Bereits aus dem Verlauf der Kennlinie einiger Ventile (Abbildung 6, Ventil 2 bis Ventil 4) lässt sich unschwer ableiten, dass sich eine Vielzahl der geforderten Betriebspunkte durch Verschieben der Kennlinie auf der x-Achse nicht bzw. nicht präzise einstellen lassen. Das ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass die werkseitig am Ventil eingestellten Temperatursollwerte (57 °C) nicht im zugelassenen Toleranzbereich (+/-1 K nach DVGW W 554 (P)) erreicht werden. Damit verfügen diese Ventile nicht über eine ausreichend definierte Basis für eine zielführende Sollwerteinstellung „von Hand“.

- Das Ergebnis einer Rohrnetzrechnung für ein Zirkulationssystem ist nur dann hydraulisch eindeutig bestimmt, wenn explizit nachgewiesen wird, dass sich die berechneten Betriebspunkte auf der Kennlinie der Regulierventile befinden. Erfolgt dieser Nachweis nicht, muss mit Fehlfunktionen gerechnet werden.
- Der Hersteller muss in seinen Einbauanleitungen angeben, wie seine Ventile auf Grundlage der Berechnungsergebnisse aus computergestützten Rohrnetzrechnungen „von Hand“ eingestellt werden müssen.

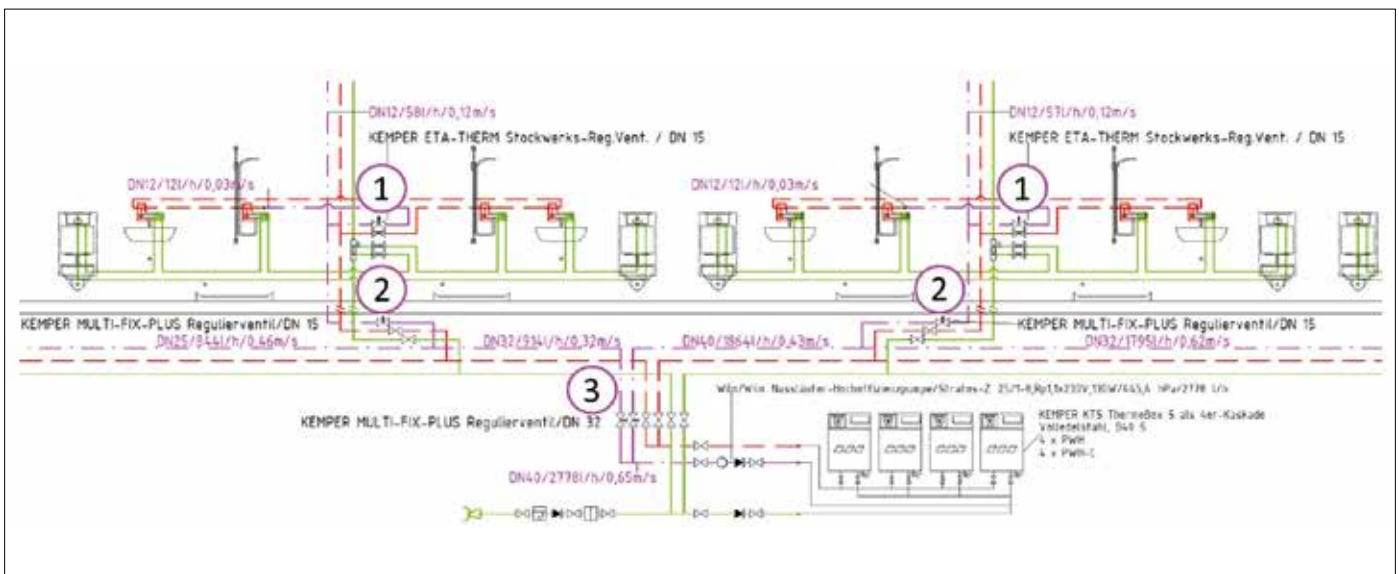


Abbildung 5: mehrstufige Einregulierung eines größeren Zirkulationssystems

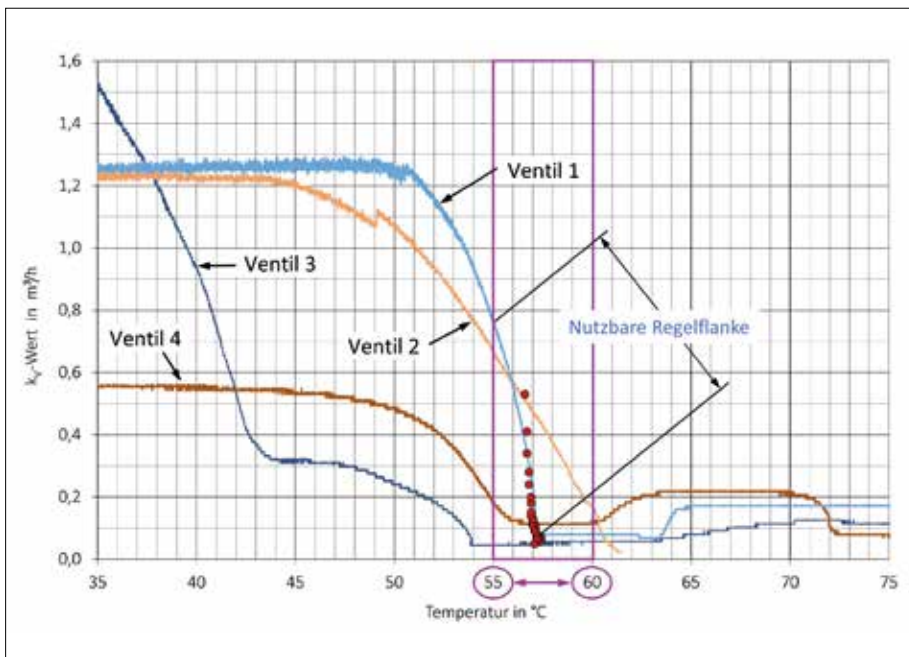


Abbildung 6: Im Prüfstand gemessene Ventilkennlinien handelsüblicher thermostatischer Zirkulationsregulierungsventile DN 15 mit eingetragenen Betriebspunkten eines Berechnungsbeispiels (Beimischgrad 0 und 1)

### Automatisches Einregulieren bei Werkseinstellung

In der Installationspraxis wird allerdings erwartet, dass sich das Zirkulationssystem bei der Verwendung von thermostatischen Zirkulationsregulierungsventilen mit Einschalten der Zirkulationspumpe automatisch über die Temperatur des zirkulierenden Wassers einreguliert, ohne dass Thermostatventile „von Hand“ eingestellt werden müssen.

Abweichend von den Lösungen anderer Hersteller wurden die Thermostatventile der Fa. Kemper mit dem Anspruch entwickelt, dass sich das Zirkulationssystem bei Werkseinstellung der Ventile mit dem Einschalten der Pumpe über die Temperatur des zirkulierenden Wassers automatisch einreguliert. Dafür wurden die Kennlinien der Ventile zielgerichtet so entwickelt, dass sie bereits in der Nähe der am Einbauort zu erwartenden Betriebspunkte verlaufen (Abbildung 6, Ventil 1).

Damit der rechnerische Nachweis geführt werden kann, dass bei Werkseinstellung der Ventile in allen Zirkulationskreisen die nach DIN 1988-200 geforderten Temperaturen nicht unterschritten werden, wurde bereits im Jahre 2006 die so genannte Simulationsrechnung für Zirkulationssysteme für die hauseigene Regulieretechnik eingeführt (Dendrit-Studio). Mit diesem zusätzlichen Berechnungsschritt kann der Nachweis geführt werden, dass das Zirkulationssystem auch bei Werkseinstellung der thermostatischen

Zirkulationsregulierungsventile (im Sinne der DIN 1988-300<sup>6</sup> hydraulisch abgeglichen ist und die Temperaturanforderungen gemäß DIN 1988-200 erfüllt werden (Abbildung 2). Im Rahmen der Simulationsrechnung können diese Nachweise nicht nur für den normalen Betriebsfall, sondern auch für den Desinfektionsfall erstellt werden.

Weiterhin können mit diesem zusätzlichen Berechnungsschritt auch beliebige vorgegebene Rohrnetze nachberechnet und so Fehler identifiziert werden, die sich aus einem ungeeigneten konstruktiven Aufbau des Rohrnetzes, fehlerhafter Bemessung der Rohrleitungen und/oder der Regulieretechnik, unzureichender Dämmung usw. ergeben. Darüber hinaus können Zirkulationspumpen eines Herstellers ausgewählt und realitätsnah eingestellt werden. Die langjährige Berechnungserfahrung mit Simulationsrechnungen für sehr große und stark verzweigte Zirkulationssysteme in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen usw. zeigt, dass sich die geforderten Temperaturen  $\geq 55\text{ °C}$  mit der Werkseinstellung (richtig bemessener) Zirkulationsregulierungsventile „automatisch“ einstellen.

Es gehört zur Baustellenpraxis, dass die Zirkulationssysteme nur in Ausnahmefällen „wie geplant“ in Betrieb genommen werden. In der Regel führen Veränderungen am Rohrnetz während der Bauphase auch zu veränderten Betriebsbedingungen im Zirkulationssystem. Die Veränderungen müssen dann nachträglich ausgeregelt werden. Das

führt gelegentlich dazu, dass eine höhere Pumpendruckdifferenz zur Sicherstellung der Funktion erforderlich wird, als ursprünglich rechnerisch vorgesehen. Diese Verhältnisse sprechen eher für eine „automatische“ Einregulierung über Thermostatventile mit Werkseinstellung und den Einsatz drehzahl geregelter Pumpen.

### Fazit

Die Begutachtung vieler ausgeführter Anlagen mit unbefriedigender Temperaturhaltung hat gezeigt, dass die Fehlfunktionen nicht nur auf Zirkulationspumpen mit zu geringer Leistung und/oder auf zu geringe Nennweiten in pumpenfernen Teilstrecken zurückzuführen sind, sondern maßgeblich auch auf fehlbemessene Regulieretechnik. Das Einregulierungsproblem liegt in der Regel darin begründet, dass pumpenferne geregelte Zirkulationsventile nicht weit genug öffnen können, beispielsweise Abbildung 6, Ventil 3 und Ventil 4. Geregelte Zirkulationsventile für die Einregulierung größerer Zirkulationssysteme müssen daher nicht nur geeignet drosseln, sondern auch bei  $55\text{ °C}$  noch „weit“ öffnen können. Ist das nicht gegeben, gelingt die automatische Einregulierung häufig nicht. Dabei ist es völlig unerheblich, ob die geregelten Zirkulationsventile mit oder ohne Einsatz von Fremdenergie betrieben werden.

Bei festgestellten Fehlfunktionen sollte daher zunächst die Bemessung des Rohrnetzes kritisch geprüft werden – mit Blick auf die pumpenfernen Nennweiten in hydraulisch ungünstigen Zirkulationskreisen und die dort angeordneten geregelten Zirkulationsventile. ◀

<sup>1</sup> Richtlinie VDI/DVGW 6023 – Hygiene in Trinkwasser-Installationen; Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung.

<sup>2</sup> VDI-Richtlinie VDI 6003 Trinkwassererwärmungsanlagen – Komfortkriterien und Anforderungsstufen für Planung, Bewertung und Einsatz.

<sup>3</sup> DIN 1988-200, 3.6 Betriebstemperatur.

<sup>4</sup> DVGW W 554 (P):2011-03 Technische Prüfgrundlage, Geregelte Zirkulationsventile.

<sup>5</sup> DIN 1988-200, 6.4 Zirkulationsregulierungsventile.

<sup>6</sup> DIN 1988-300:2012-05, 6.5 Einregulierung des Systems.

# Dichtheitsprüfung von Abwasserleitungen – Erste Erfahrungen mit der BTGA-Regel 5.005



Dipl.-Ing. (FH)  
Heiko Bachmann,  
Technischer Leiter,  
H+E Haustechnik  
und Elektro GmbH,  
Plattling



Dipl.-Ing. (FH)  
Olaf Heinecke,  
Geschäftsführer,  
Olaf Heinecke  
Beratende  
Ingenieurgesell-  
schaft mbH,  
Berlin



Dipl.-Ing.  
Peter Reichert,  
Leiter Produkt-  
management Rohr-  
leitungssysteme,  
Geberit Vertriebs  
GmbH,  
Pfullendorf



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

Gemäß § 60 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) dürfen Abwasseranlagen nur nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet, betrieben und unterhalten werden. Ein Einleiten von Abwasser über undichte Rohrleitungen in den Untergrund und das Grundwasser ist nach § 48 WHG nicht statthaft, wenn von einer nachteiligen Veränderung der Grundwassereigenschaften auszu-

gehen ist. Erdverlegte Abwasserleitungen müssen deshalb grundsätzlich dicht sein. Die regelmäßigen Dichtheitsprüfungen erfolgen entweder mit Wasser oder Luft.

## Normative Historie

Als entsprechende normative Grundlagen gelten die DIN EN 1610 „Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen“ und die DIN 1986-30 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 30: Instandhaltung“. Dabei geht es in der DIN 1986-30 um in Betrieb befindliche Entwässerungsanlagen, während die DIN EN 1610 für neue Anlagen gilt. Die darin enthaltenen Vorgaben bezüglich der Dichtheitsprüfung fokussieren ausschließlich die Grundleitungen außerhalb des Gebäudes (Abbildung 1).

In der Gebäudeinstallation sind Dichtheitsprüfungen von Schmutz- und Regenwasserleitungen nicht grundsätzlich vorgeschrieben. Eine Dichtheits- und Sichtprüfung im Rahmen der Installation ist dennoch oftmals ausgeschrieben und in einigen Fällen auch sinnvoll. Durch eine Dichtheitsprüfung werden mögliche Undichtigkeiten frühzeitig aufgedeckt, die sonst unentdeckt bleiben würden und in der späteren Betriebsphase des Gebäudes zu massiven Wasserschäden führen können. Empfehlenswert ist eine Dichtheitsprüfung deshalb in Gebäuden mit besonders schützenswerten Gütern.

Um die normative Lücke zu schließen und klare Vorgaben für den Gebäudebereich zu beschreiben, hat der BTGA im Jahr 2020 die BTGA-Regel 5.005 „Dichtheitsprüfung von Schmutz- und Regenwasserleitungen innerhalb von Gebäuden“ erstellt. In Kooperation mit Herstellern, ausführenden Unternehmen und wissenschaftlicher Begleitung wurden Grundlagen zur Durchführung einer solchen Dichtheitsprüfung in Bezug auf Prüfdruck und Prüfzeit geschaffen. Dazu fanden umfangreiche Untersuchungen mittels speziell angefertigter Prüfstände statt.

## Untersuchungen und neue Festlegungen

Aufgrund der Betriebsweise von innenliegenden Schmutz- und Regenwasserleitungen unterscheidet sich deren Dichtheitsprüfung grundsätzlich von der Dichtheitsprüfung bei Trinkwasser-Installationen. Mit Ausnah-

me von Unterdruck-Dachentwässerungssystemen werden Abwasseranlagen innerhalb von Gebäuden teilgefüllt nach dem Schwerkraftprinzip betrieben; zudem besitzen sie häufig eine Vielzahl offener Leitungsenden zu den sanitären Einrichtungsgegenständen oder offene Übergänge zu Grundleitungen und Schacht- oder Kanalanlagen.

Der größtmögliche Überdruck in einer Abwasseranlage entsteht nicht im regulären Betrieb, sondern durch Rückstau oder Verstopfung mit der Folge einer Vollenfüllung der Leitungsanlage bis zum Erreichen einer Leitungsöffnung.

Bei der Erstellung der BTGA-Regel wurde darauf geachtet, dass die Prüfung praxisgerecht und mit überschaubarem Aufwand durchgeführt werden kann. Durch die Wahl der Prüfverfahren wurde insbesondere berücksichtigt, dass der Aufwand der Dichtheitsprüfung nicht den Aufwand der Leitungsinstallation übersteigt. Die ausführenden Unternehmen sollten mit dem Verfahren eine klar kalkulierbare Leistungsposition erhalten.

Des Weiteren musste sichergestellt werden, dass das Verfahren für die heute vorwiegend installierten Stecksysteme angewendet werden kann und kein zusätzlicher Befestigungsaufwand für die Rohrleitungen entsteht. Die Anwendbarkeit und Aussagekraft der Prüfverfahren wurden in einem Prüfstand bei der Firma Geberit verifiziert (Abbildung 2). Es werden drei Prüfverfahren unterschieden:

1. Sichtprüfung,
2. Dichtheitsprüfung mit Luft und
3. Dichtheitsprüfung mit Wasser.

## Sichtprüfung

Die Sichtprüfung sollte insbesondere bei den Leitungsteilen durchgeführt werden, wo aufgrund einer Vielzahl von Leitungsöffnungen nur unter erhöhtem Aufwand eine Dichtheitsprüfung mit Luft oder Wasser durchgeführt werden kann. Das ist beispielsweise bei Einzel- und Sammelschlussleitungen der Fall. In wenig sensiblen Bereichen ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten (Verhältnismäßigkeit von Zeit- und Kostenaufwand) mit dem Auftraggeber abzustimmen, ob eine Sichtprüfung ausreichend ist. Im Rahmen der Sichtprüfung werden die system- oder herstellereinspezifischen Verlege-, Befesti-



gungs- und Rohrverbindungsangaben überprüft.

### Dichtheitsprüfung mit Luft

Entgegen DIN 1986-30 sieht die BTGA-Regel 5.005 kein Prüfverfahren mit Unterdruck vor, da die heute in Steckverbindungen vorwiegend eingesetzten Lippendichtungen auf die Abdichtung gegen Überdruck konstruiert und optimiert sind.

Der Prüfdruck wird unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten mit einer Wartezeit zum Temperatenausgleich über eine Pumpe oder einen Kompressor aufgebracht. Die Prüfabschnitte werden durch Rohrdichtkissen oder durch Verschlüsse an den Leitungsenden begrenzt. Abbildung 3 zeigt beispielhaft, wie der Prüfdruck über die Reinigungsöffnung einer Falleitung aufgebracht werden kann.

Für innenliegende Abwasserleitungen beträgt der Prüfdruck 50 hPa. Die Prüfzeit von 30 Minuten beginnt nach Erreichen eines stabilen Prüfdrucks.

Der gewählte Prüfdruck von 50 hPa mag Fragen aufwerfen, zumal Abwasserleitungen nach DIN 1986-100 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“ einem inneren und einem äußeren Überdruck von 500 hPa standhalten müssen. Die Festlegung des Prüfdrucks auf 50 hPa stammt aus den Erkenntnissen im Prüfstand: Im Prüfaufbau wurde festgestellt, dass ohne Änderung der allgemeinen Befestigungsregeln oder ohne zusätzliche Sicherung der Rohrverbindung (z. B. Haltekralle) der Prüfdruck auf 50 hPa begrenzt werden muss, da sonst die Gefahr des Auseinandergleitens von Komponenten oder des Verbiegens von Befestigungselementen besteht. Gleichzeitig wurde festgestellt, dass dieser Prüfdruck völlig ausreicht, um eine fehlerhafte Rohrverbindung zu detektieren.

### Dichtheitsprüfung mit Wasser

Bei der Dichtheitsprüfung mit Wasser handelt es sich um eine hydrostatische Prüfung, bei der die Rohrleitungen bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt werden. Der maximale Druck der Wassersäule wirkt auf den tiefsten Punkt des Prüfabschnitts, das entspricht der Situation einer Vollfüllung bei Rückstau. Bei der Auswahl der Prüfabschnitte müssen die Herstellervorgaben hinsichtlich der maximal zulässigen Druckbeaufschlagung der Bauteile eingehalten werden. Der Druckaufbau kann analog zur Dichtheitsprüfung mit Luft über die Verschlusskappe einer Reinigungsöffnung aufgebracht werden (Abbildung 5).

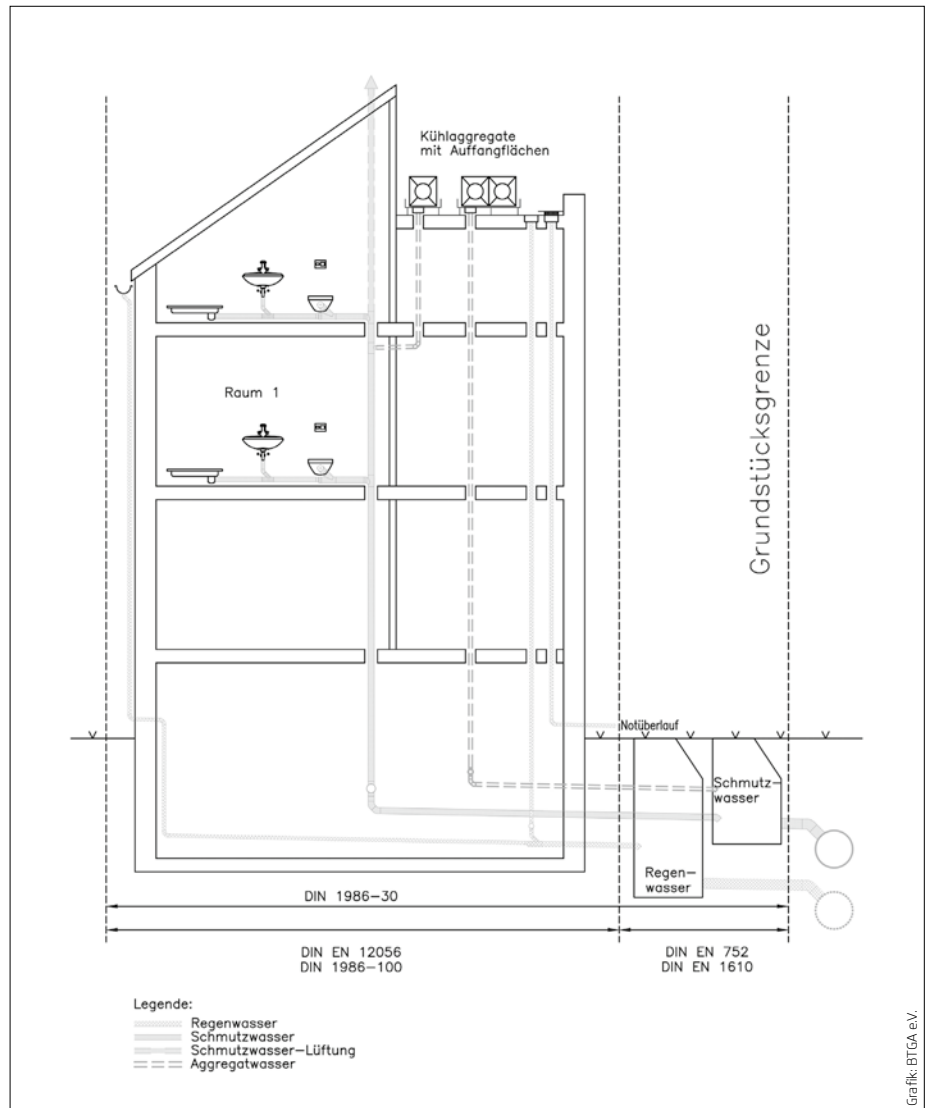
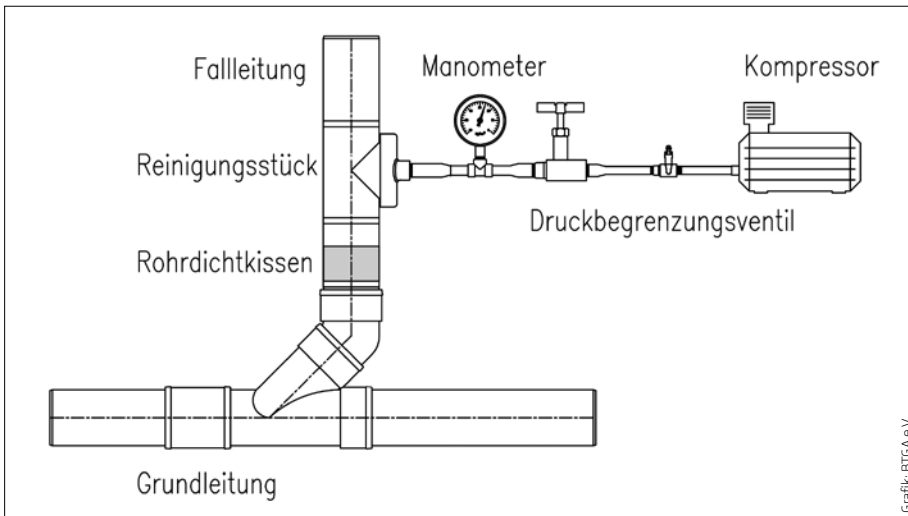


Abbildung 1: Geltungsbereiche der BTGA-Regel 5.005

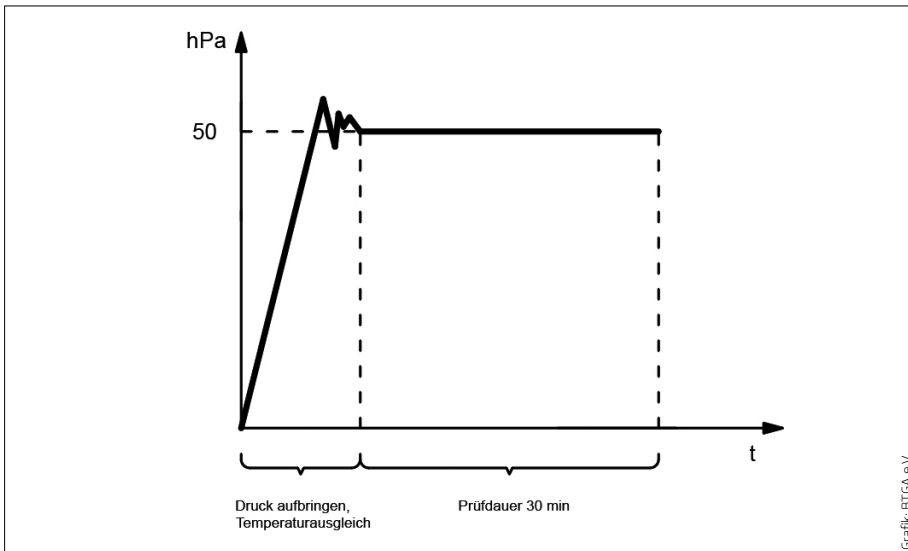


Abbildung 2: Prüfstand bei Geberit



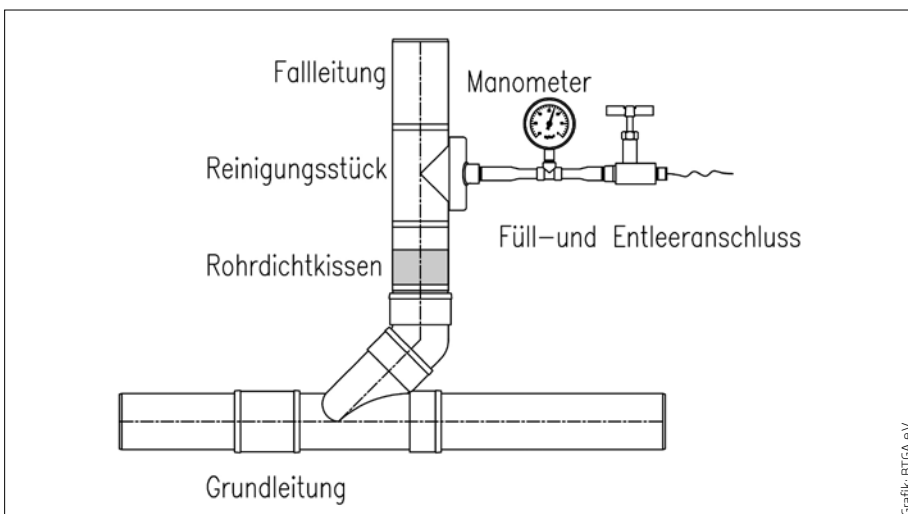
Grafik: BTGA e.V.

Abbildung 3: Prüfverfahren Luft - Aufbringen des Prüfdrucks über die Verschlusskappe einer Reinigungsöffnung



Grafik: BTGA e.V.

Abbildung 4: Prüfverfahren Luft - Prüfbedingungen



Grafik: BTGA e.V.

Abbildung 5: Prüfverfahren Wasser - Aufbringen der Wassersäule über die Verschlusskappe einer Reinigungsöffnung

### Erste Praxiserfahrungen

Seit Veröffentlichung der BTGA-Regel 5.005 wurde diese bereits bei mehreren Projekten geplant, ausgeschrieben, beauftragt und durchgeführt. Prinzipiell kann festgehalten werden, dass die Planungen und Ausschreibungen aufgrund der ausführlichen Beschreibung und der hilfreichen beispielhaften Ausschreibungstexte gut umsetzbar waren.

Interessant wurde es bei den Angebotsauswertungen und den Vergabeempfehlungen: Es war anhand der Angebotspreise sofort erkennbar, welcher Bieter die Regel gelesen hat und welcher nicht. Es gab vor allem preisliche Ausreißer: Die Dichtheitsprüfungen wurden teilweise derart preiswert angeboten, dass Nachfragen auf Auskömmlichkeit der Preise unvermeidbar waren. Bei den entsprechenden Anfragen musste festgestellt werden, dass den entsprechenden Bietern die Regel weder bekannt war, noch lag sie ihnen zum Zeitpunkt der Angebotsunterbreitung vor.

In einigen Bauvorhaben konnten die Preise angepasst werden; in Projekten der öffentlichen Hand mussten die Bieter beauftragt werden, obgleich klar war, dass die Preise nicht auskömmlich kalkuliert waren.

Bei der Durchführung der Dichtheitsprüfungen mussten bei der Mehrheit der bauüberwachenden Ingenieurbüros und ausführenden Unternehmen unzureichende Erfahrungen mit den neuen Vorgaben festgestellt werden. Die Vorgaben der Dichtheitsprüfung konnten hingegen gut umgesetzt werden und die Prüfergebnisse zeigten auch Undichtigkeiten auf. Somit konnten schon während der Bauphase durch die Berücksichtigung des Prüfverfahrens Bauschäden durch ungewollten Wasseraustritt vermieden werden.

### Fazit und Ausblick

Festzuhalten ist der Grundsatz, dass innenliegende Schmutz- und Regenwasserleitungen nicht zwingend auf Dichtheit geprüft werden müssen. Eine Prüfung sollte nur in Ausnahmefällen erfolgen, wenn besonders sensible Bereiche einen erhöhten Schutz erfordern, beispielsweise in der Lebensmittelverarbeitung, in Archiven oder Serverräumen. Insbesondere muss die Verhältnismäßigkeit von Zeit- und Kostenaufwand berücksichtigt werden.

Die richtige Umsetzung einer Dichtheitsprüfung im Schmutz- oder Regenwassernetz im Gebäude stellte die ausführenden Firmen schon lange vor schwierige Aufgaben: Einerseits sind unrichtige und nicht praktikable



Ausschreibungen zu bewerten und umzusetzen, andererseits gibt es zunehmend Wasserschäden nach Inbetriebnahme der Abwassernetze im Gebäude mit teilweise umfangreichen Folgeschäden. Umso dringender war die Klarstellung einer Lösung aus technischer Sicht in der neuen BTGA-Regel 5.005. Insbesondere in der Umsetzung der Dichtheitsprüfung in planmäßig vollgefüllten Regenwassernetzen stellte sich die Regel als sehr praktikabel und sinnvoll heraus.

Meist erfolgte die Dichtheitsprüfung mit Luft, da weder ausreichend Wasser noch Entwässerungsmöglichkeiten zum Zeitpunkt der Montage zur Verfügung standen. Ein großer Effekt konnte auch durch Einführung und Nachhalten der so wichtigen Sichtprüfung der montierten Schmutzwassersysteme und Verbindungen festgestellt werden: Die sorgfältige Verarbeitung und die Kontrolle der Verbindungen sind unabdingbar. Eine Dichtheitsprüfung im Schmutzwassersystem ist in der Regel nur schwer umsetzbar. Die BTGA-Regel hilft hier auch bei der fachlichen Auseinandersetzung mit dem schwierigen Thema der Dichtheitsprüfung in Gebäuden.

Nach gut einem Jahr Praxiserfahrung zeigt sich, dass die neuen Vorgaben gut anwendbar sind. Aktuell sind sie aber noch nicht flächendeckend in der Fachwelt und in Betreiberkreisen etabliert – das zeigt sich oftmals auch an Ausschreibungstexten mit alten und nicht mehr gültigen Normenbezügen. Hier sollte auf die angebotenen Textbausteine im Anhang der BTGA-Regel 5.005 zurückgegriffen werden.

Um die neuen Vorgaben nach Bestätigung der Praxistauglichkeit auch normativ zu verankern und flächendeckend zu streuen, sollen sie in die inhaltliche Überarbeitung der DIN 1986 mit einfließen. Der Kontakt zum zuständigen Normungsgremium wurde bereits hergestellt. ◀



## Building Performance

Wie wir arbeiten und wie wir leben ist maßgeblich geprägt von der Umgebung, die wir selbst erschaffen. Deshalb machen wir uns bei Caverion täglich stark, diese Umgebung sicher zu gestalten, die Bedingungen für Wohlbefinden und Produktivität immer weiter zu verbessern und dabei im Einklang mit der Umwelt und bewusst im Umgang mit natürlichen Ressourcen zu agieren. Kunden bauen auf unsere technische Kompetenz über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden – von der Planung, über die Errichtung bis zu Wartung und Service.



Folgen Sie uns schon auf linkedin?

# BIM – Mehrwert durch gewerkeübergreifende Befestigung

*Building Information Modeling (BIM) ist eine seit Jahren thematisierte Arbeitsmethode in der TGA-Branche, es ist ein Treiber für die Digitalisierung der gesamten Bauindustrie und bringt grundsätzlich enorme Potenziale mit sich. Eine gewerkeübergreifende Befestigung bietet einen Mehrwert, den es zu nutzen gilt.*



Dr. Robert Skorupski,  
Manager Geschäftsentwicklung BIM,  
Sikla GmbH,  
Villingen-Schwenningen

## Der konventionelle Ansatz

Befestigungstechnik als ein eigenes Gewerk einzusetzen, hat in vielen BIM-Projekten bislang keinen hohen Stellenwert. Das Material wird teilweise pauschal in den Kosten der einzelnen Fachgewerke untergebracht und Planungsleistungen finden im Koordinationsmodell oftmals nicht statt. Die Befestigung der TGA innerhalb eines Projektes fällt in Abhängigkeit der Gesamtprojektkosten zudem kaum ins Gewicht und könnte somit als weniger wichtig erscheinen.

Meist wird die Befestigungstechnik in Projekten nach der Planungsphase und in der Ausführungsphase eingebunden. Das bietet wenig Gestaltungsspielraum und -zeit, um für den Kunden eine optimale Lösung zu entwickeln. Bei Deckenabhängungen in Bürogebäuden ist das Platzangebot sehr begrenzt und kann bei einer Vielzahl von planenden Gewerken dazu führen, dass der vorgesehene Platz für die Befestigung nicht ausreicht. Das kann im schlimmsten Fall in der Ausführungsphase eine zeitintensive Neuplanung der gesamten TGA zur Folge haben. Ein weiteres Beispiel ist die falsche Dimensionierung der Befestigung in brandschutzrelevanten Bereichen oder bei hohen seismischen Anforderungen an das Objekt, die im Extremfall Leib und Leben gefährden. Es sind großes Know-how in der Befestigungstechnik und Experten in diesem Bereich nötig, um wirtschaftliche und verlässliche Lösungen für die Kunden zu entwickeln.

## Voraussetzungen für BIM

Eine erhöhte und wertschöpfungsdurchgängige Digitalisierung – gepaart mit einer unternehmensinternen Prozessoptimierung in der gesamten Wertschöpfungskette – ist die Grundlage, um vorhandene Potenziale auszuschöpfen. Aufgrund der verstärkten Digitalisierung kann über die Projektlaufzeit eine reibungslose Projektabwicklung gewährleistet und die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter können bei ihren internen Arbeitsvorgängen unterstützt werden (Abbildung 1).

Für das Erzeugen eines BIM-fähigen 3D-Fachmodells ist es notwendig, eine leistungsfähige Planungssoftware zu verwenden, um die mit Attributen, Parametern und Informationen angereicherten 3D-Elemente der eigenen Produktpalette zusammenzuführen. Stetige Qualitätsprüfungen der eigenen

Planung im Hinblick auf sich ändernde äußere Planungsumstände erfolgen softwaregestützt und umfassen u. a. Kollisionsprüfungen mit anschließendem Issue-Management. Software-Zusatzmodule, beispielsweise SiCAD4Revit von Sikla, ermöglichen es Kunden, auch eigenständig bauteilbasierte Planungen vereinfacht durchzuführen und sich modellbasierte Materialauszüge sowie Übersichts- und Detailpläne auszuleiten. Mit der Planungssoftware interagierende Berechnungsprogramme implizieren Ergebnisse, die neben der reinen Planungsüberprüfung auch Informationen über noch verbleibende Reserven der Befestigungslösung bereitstellen. Die Planungsreserven müssen dabei nicht zwangsläufig in Konkurrenz zur wirtschaftlichen Befestigungsauslegung stehen. Die Montagezeichnungen können aus

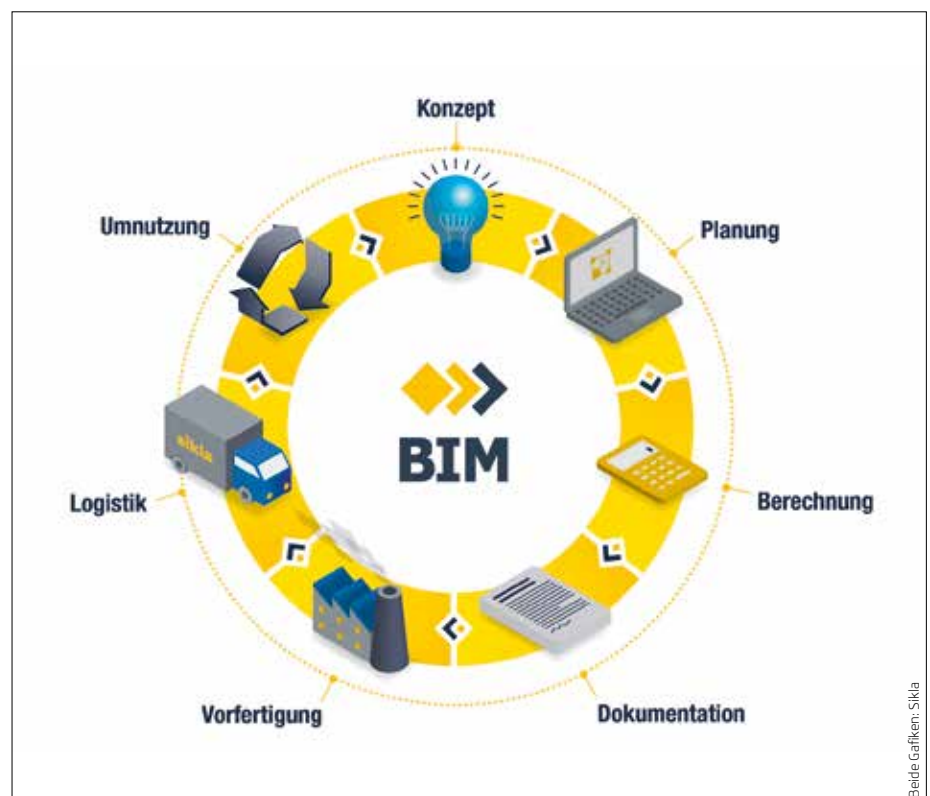


Abbildung 1: BIM-Projektlebenszyklus von Sikla

Beide Grafiken: Sikla



dem 3D-Planungsmodell abgeleitet werden. Damit liegen in der Vormontage alle notwendigen Informationen vor, um reale Befestigungshalterungen zu erzeugen. Mit entsprechender Kennzeichnung auf jeder dieser Befestigungshalterungen ist nicht nur die Nachverfolgung gesichert, auch die Information für den Kunden zum Montageort wird mitgeliefert.

### Mehrwert durch BIM

Entscheidend für einen umfangreichen Mehrwert bei allen Prozessbeteiligten der Befestigungstechnik ist der Einstiegszeitpunkt in ein Projekt, denn nur in frühen Planungsphasen können die Potenziale projektspezifisch vollständig ausgeschöpft werden. Auch wenn die Befestigungstechnik ein sehr flexibles Gewerk im Hinblick auf die Projektherausforderungen ist, gilt es, den wirtschaftlich besten Kompromiss zwischen den Gewerken für den Kunden zu erzielen. Den größten Mehrwert in einem Projekt bietet mitunter eine Befestigungsplanung und -auslegung, die alle zu befestigenden Gewerke ganzheitlich vereint und haltet, beispielsweise HKLS, Kabeltrassen, Abhangdecken usw. (Abbildung 2).

Eine in der Konzeptphase grobe Auslegung von Trassen innerhalb des Bauvorhabens ist die Grundlage für das erste Entwickeln effizienter Befestigungslösungen. Da-

durch können erste räumliche Belange der Halterungen zwischen den Gewerken effektiv abgestimmt und kostenoptimiert geplant werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, das Befestigungskonzept derart zu entwickeln, dass mit möglichst wenigen typisierten Befestigungslösungen alle Gewerke vollumfänglich gehalten werden können. Das bedeutet einen optimalen Materialeinsatz und führt zu minimalen Kosten und zu nachhaltiger Arbeit.

Nach dem Erstellen eines 3D-Teilmodells der Befestigungslösung erfolgen in kooperativer Abstimmung Planänderungen nach dem Prinzip des geringsten Aufwands und der geringsten Kosten, u.a. auf der Basis von Kollisionsprüfungen. Die Befestigungsauslegung ist sehr komplex, was in den Anforderungen des Gesetzgebers, der Bauindustrie und des Kunden begründet liegt. Diese müssen über verschiedene Berechnungssoftware nachgewiesen werden. Wichtige Kenntnisse zum Brandschutz, zur Seismik, zur Rohrleitungstechnik, zu Sprinklersystemen und vielem mehr sind notwendig, um die Befestigungslösung korrekt auszulegen und zu berechnen.

Für diese Schritte sind hochqualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nötig. Sie überprüfen gleichzeitig auch, ob vor dem Hintergrund der Gesetz- und Normgebung weitere Kostenpotenziale bei der Auslegung

bestehen. Eine derartige Planungsvertiefung bietet auch den Kunden einen Nutzen zur Kostenbeeinflussung, beispielsweise ein reduziertes Nachtragswesen innerhalb der Ausführungsphase durch präzisere Ausschreibungen. Die Dokumentation von projektrelevanten Informationen kann überwiegend über das Modell durch geeignete Informationsanreicherung der eingeplanten 3D-Elemente erfolgen. Die entscheidenden Daten sind im Modell stets ableitbar hinterlegt, zum Beispiel Stücklisten, Übersichtspläne, Werks- und Montageplanung, Montagezeichnungen, statische Nachweise aus Berechnungsmodellen u. v. m. Die Mitarbeit in frühen Projektphasen kann zum einen die Materialverfügbarkeit durch frühe Disposition der Ware erhöhen. Zum anderen kann der Bauablauf auf Grundlage einer koordinierten Ausführungsplanung basierend auf dem koordinierten 5D-Planungsmodell und der gezielten Materialanlieferung optimiert werden.

### Fazit

Die Potenziale der Befestigungstechnik in Verbindung mit der BIM-Arbeitsmethode in TGA-Projekten sind groß und noch nicht vollständig ausgeschöpft. Der Trend zur Anwendung der BIM-Arbeitsmethode unterstützt die Digitalisierung und Transformation des Bausektors. Der gesamte Mehrwert kann nur vollständig ausgenutzt werden, wenn die Befestigungstechnik als Gewerk sehr früh in die Planung einbezogen wird. Nur so kann die Komplexität der Befestigungstechnologie optimal in ein Projekt einfließen (Abbildung 2). Hohen Stellenwert haben dabei die Qualifikation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hinsichtlich der BIM-Methode, die Entwicklung einer BIM-fähigen Softwarelandschaft und das Schaffen abgestimmter interner Prozesse. ◀

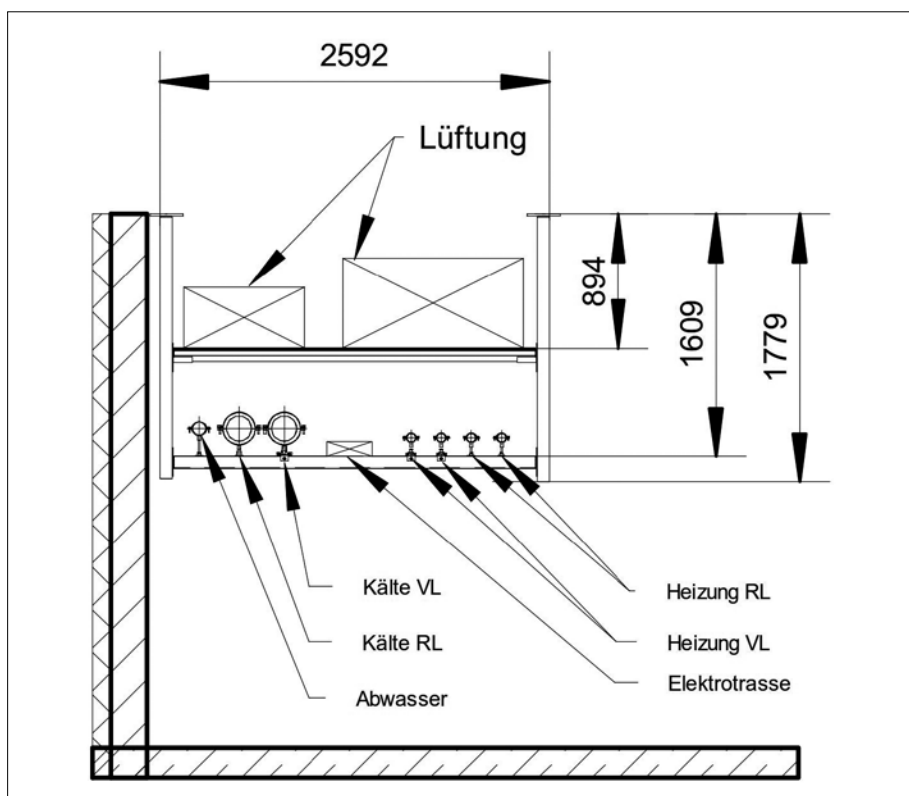


Abbildung 2: Beispielhafte Halterungskonzeption als technischer Schnitt für mehrere Gewerke

# Digital und analog: Neue Ausbildungsmethoden im Praxistest

Im Wettbewerb um talentierte Nachwuchskräfte für Planung, Bau und Betrieb von TGA-Anlagen ist Kreativität gefragt. In dem folgenden Erfahrungsbericht informiert das Wissenschafts- und Technologieunternehmen Merck über seine Investitionen in innovative Werkzeuge, die einen Qualitätssprung in Ausbildung und Berufspraxis ermöglichen.



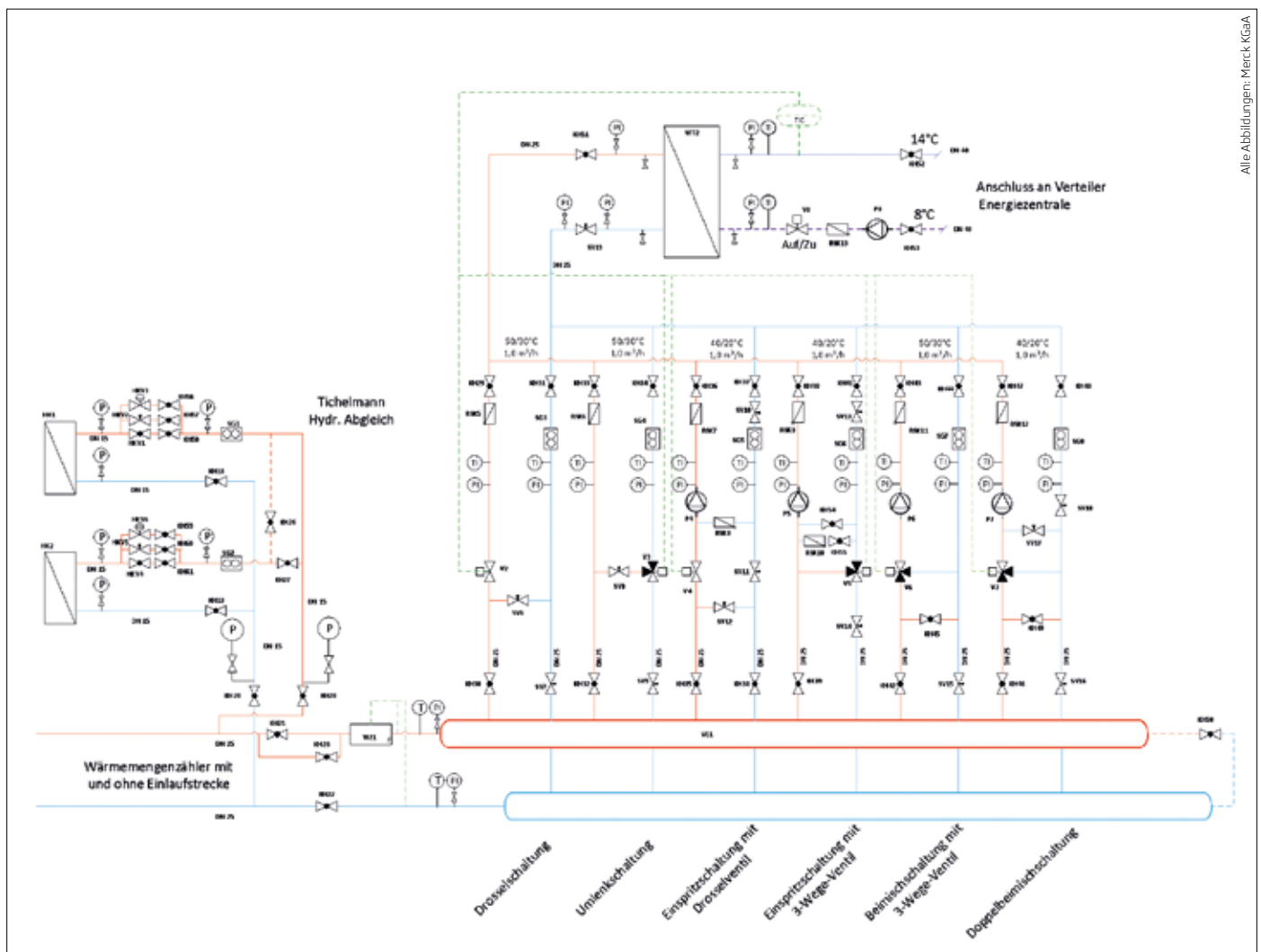
Dipl.-Ing. (FH)  
Manuel Bartoschek,  
Associate Director,  
Head of HVAC  
Engineering,  
Merck KGaA,  
Darmstadt

## Praktische Demonstration hydraulischer Zusammenhänge

Neun Pumpen, fünf Regelventile, ein Wärmeübertrager und vielleicht zwei Dutzend Druck- und Temperaturfühler – der flüchtige Beobachter glaubt, vor einem gewöhnlichen Heizungsverteiler zu stehen. Erst bei genauerem Hinsehen wird der Fachmann stutzig: Welche Funktion haben die kleinen Heizkörper? Wozu dienen die parallelge-

schalteten Schieber, Ventile und Schmutzfänger? Und vor allem – warum sind die Rohrleitungen aus transparentem Kunststoff gefertigt?

Jan-Peter Markhof, Ingenieur der Abteilung Building Technologies am Hauptsitz der Darmstädter Merck KGaA, klärt den Betrachter auf: Es handelt sich um eine Schulungsinstallation zur Demonstration hydraulischer Schaltungen, physikalischer Grundlagen der



Alle Abbildungen: Merck KGaA

Abbildung 1: R&I-Schema „Hydraulikwand“ (Auszug)



Heiz- und Kältetechnik sowie der Funktionsweise ihrer wichtigsten Komponenten. Markhof hat diese Hydraulikwand projektiert – inspiriert durch eine vergleichbare Anlage eines deutschen Heiztechnikproduzenten. Jetzt bietet er Fortbildungen für unternehmenseigene Facharbeiter, Studenten und Ingenieure an.

Hydraulik ist ein anspruchsvolles Fachgebiet, das in der Ausbildung manchmal zu kurz behandelt wird. Die Hydraulikwand bietet die Möglichkeit, Kollegen im eigenen Haus intensiv und praxisnah zu schulen. Den Anlagenmechanikern hilft die Ausbildung bei der Behebung von Störungen in der häufig sehr komplexen Gebäudetechnik am größten Standort des Unternehmens; Mechatroniker erproben die Wechselwirkungen von „Hardware“ und Gebäudeautomation in einer realitätsnahen, zugleich aber geschützten Umgebung. Die Planungsingenieure frischen ihre theoretischen Kenntnisse auf und vermeiden typische Fehler bei der Auslegung heiz- und kältetechnischer Schaltungen. Und die Studierenden des dualen Ausbildungsgangs „Umwelt- und Versorgungstechnik“ können ihre fachbezogenen Studieninhalte unmittelbar in der Praxis vertiefen – ein echtes Privileg, gerade in Zeiten pandemiebedingt eingeschränkter Präsenz an der Hochschule. Die Ausbildungsinhalte sind in zielgruppen-gerechte Module mit einem Umfang von jeweils 8 bis 16 Stunden gegliedert (Tabelle 1), die auch Theorieanteile zur Vorbereitung der Übungen und Demonstrationen an der Hydraulikwand enthalten.

Auszubildende erhalten zunächst eine grundlegende Einführung, beispielweise in Aufbau und Funktion einer Wärmeübergabestation. Fortgeschrittene werden mit simulierten Störungen konfrontiert – dabei kann es sich um erhöhte Druckverluste infolge zugesetzter Bauteile, um fehlerhaft eingestellte Pumpen und Regulierventile oder gar um falsch herum eingebaute Komponenten handeln.

Der Aufwand ist beträchtlich – doch er ist begründet in den steigenden Ansprüchen der werkinternen Auftraggeber; Forschungs- und Produktionsbetriebe, die auf einen reibungslosen Anlagenbetrieb ohne ungeplante Stillstandzeiten zwingend angewiesen sind.

Ein weiterer, kaum weniger wichtiger Aspekt: Fundierte Hydraulikkenntnisse sind unverzichtbar für die energetische Optimierung heiz- und kältetechnischer Anlagen. Studien belegen, dass in Bestandsanlagen allein die optimale Einstellung hydraulischer Parameter – etwa der Pumpenförderhöhe oder der Thermostatventile – eine Reduzierung des thermischen Energieverbrauchs

Tabelle 1: Ausbildungsmodulare des dualen Studienganges „Umwelt- und Versorgungstechnik“

Grundlagen der Wasserhydraulik für Techniker, Meister & Ingenieure
Anwendung der Wasserhydraulik
Grundlagen der Wasserhydraulik für Auszubildende
Inbetriebnahme von Heizungs- oder Kaltwassersystemen
Bedienung von Umwälzpumpen
Fehleranalyse in der Wasserhydraulik
Bedienung von Messgeräten



Abbildung 2: Augmented Reality unterstützt das Bedienpersonal

Tabelle 2: Priorisierte Anwendungsfälle der AR in der Gebäudetechnik bei Merck

Einblenden von Messinformationen aus der Gebäudeautomation
Anzeige der zeitlichen Verläufe von Sensor- und Aktorwerten
Erfassung und Lektüre digitaler Logbucheinträge mittels eines Tablet-PCs
Einsicht in digital abgelegte Anlagendokumentation wie etwa Montage- und Betriebsanweisungen



Abbildung 3: Am Ort des Geschehens: einfacher Zugriff auf digitale Daten

von über 20 Prozent ermöglicht. Und das ganz ohne Investitionen in neue Komponenten. Es besteht kein Zweifel: Optimierte Hydraulik ist praktizierter Klimaschutz. Das würdigt auch der Staat, indem er den Anspruch auf Fördermittel aus der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) unter anderem von der dokumentierten Durchführung des viel zu oft vernachlässigten „hydraulischen Abgleichs“ der betroffenen Anlage abhängig macht.

Die in Gestalt der Hydraulikwand neu geschaffenen Ausbildungsmöglichkeiten sind vielfältig, die Rückmeldungen der Schulungsteilnehmer positiv. Ein Aha-Effekt wird besonders häufig genannt: Der in der Installation verwendete Wärmeträger ist mit einer thermochromen Flüssigkeit versetzt, die eine temperaturabhängige Farbveränderung ermöglicht – durch die transparenten Kunststoffleitungen werden die Auswirkungen von Stelleingriffen für den Betrachter unmittelbar sichtbar. Ein Effekt, der sich wohl stärker einprägt als die Lektüre eines Fachbuchs.

### Digitale Werkzeuge erweitern die Realität

Der Schwerpunkt der Ausbildung an der Hydraulikwand liegt auf traditionellen Problemstellungen, beispielsweise der Auswahl geeigneter Schaltungsvarianten oder der Simulation häufiger Störungsquellen. Aber auch

innovative Technologien haben ihren Platz – zum Beispiel der Test eines Augmented Reality-Systems (AR-Systems) zur Unterstützung des Anlagenbetriebs. Worum handelt es sich? AR „bezeichnet eine computerunterstützte Darstellung, welche die reale Welt um virtuelle Aspekte erweitert“, besagt die Definition des Gabler Wirtschaftslexikons. Konkret kann sich der Nutzer dieser Technologie mittels einer speziellen Brille vielfältige Informationen zu konkreten Anlagen vor Ort direkt in sein Sichtfeld einblenden lassen.

In einem ersten Schritt soll AR das Kennenlernen der Hydraulikwand erleichtern. Eine entsprechend programmierte Darstellung markiert die im Rahmen eines Praxisversuchs vorzunehmenden Stelleingriffe – zu öffnende Armaturen werden mit einem Haken gekennzeichnet, zu schließende mit einem Kreuz (Abbildung 2). Ziel ist es, dass Ungeübte sich ohne weitere Unterstützung einen guten Überblick über die Anlage verschaffen und diese sogar eigenständig starten können.

### Einsatzpotenziale in allen Phasen des Gebäudelebenszyklus

Perspektivisch soll Augmented Reality über den Bereich der Ausbildung hinaus auch bei Wartung und Instandhaltung von Bestandsanlagen zum Einsatz kommen. Die Anwendungen sind schier grenzenlos. Zunächst

soll sich aber auf die in Tabelle 2 genannten Funktionen konzentriert werden.

Ein Beispiel veranschaulicht den Nutzen: In der „alten Welt“ ist ein Anlagenmechaniker bei der Störungsbehebung oftmals auf die Unterstützung eines weiteren Kollegen angewiesen – sei es bei der Ansteuerung von Feldgeräten oder der Recherche von Betriebsanweisungen. Zukünftig muss er dafür weder den zentralen Schaltschrank andernorts im Gebäude aufsuchen noch telefonisch die Administratoren der Gebäudeautomation einbeziehen, denn dank AR wird er vor Ort völlig autark Stelleingriffe vornehmen können. Die „Datenbrille“ wird es ihm erlauben, auch versteckt montierte Komponenten rasch aufzufinden; jedem Bauteil können individuelle Informationen zugewiesen werden, die seine Wartung oder Störungsbehebung erleichtern und beschleunigen – beispielsweise „Leiter für Zugang erforderlich“ usw.

Die konsequente Anwendung dieser Funktionen käme im – oftmals sehr zeitkritischen – Anlagenbetrieb schon einer kleinen Revolution gleich. Doch damit sind die Möglichkeiten keineswegs ausgereizt: Im dritten und vorerst letzten Schritt sollen Verfahren der erweiterten Realität auch in der Baukontrolle und im Baubetrieb Einzug halten.

Dann wird es zum Beispiel möglich sein, dreidimensionale (Plan-)Daten in die Umgebung zu projizieren, um etwaige Abweichungen zur Planung einfach festzustellen. Gegebenenfalls erforderliche Korrekturen können direkt in den Plan übertragen werden – eine wichtige Grundlage für das Ziel eines dauerhaft realitätsgetreuen „As-built“-Modells. Noch ist das eine Zukunftsvision – aber die Motivation ist groß und die ersten Schritte sind getan.

### Fazit

Die Einführung neuer Ausbildungs- und Arbeitsmethoden in den eher konservativen Berufsfeldern der Technischen Gebäudeausrüstung ist ein zeit- und ressourcenaufwendiger Prozess. Die vorgestellten Innovationen können aber maßgeblich dazu beitragen, Qualifikation und Leistungsfähigkeit des TGA-Fachpersonals auf eine höhere Ebene zu bringen. Dadurch steigt nicht nur die Qualität der erbrachten Dienstleistungen, sondern auch die Attraktivität des Berufsbildes – und nicht zuletzt diejenige des Arbeitgebers. ◀



Abbildung 4: Visueller Abgleich von Planung und Ausführung mit AR



# Erprobung eines adaptiven hydraulischen Abgleichs von Heizungsanlagen im Feld

Die Erprobung eines temperaturbasierten Verfahrens für den adaptiven hydraulischen Abgleich in mehreren Feldanlagen ist ein wesentlicher Schwerpunkt der aktuellen Forschung an der Berliner Hochschule für Technik [1]. Mithilfe modernster Entwicklungsmethoden, wie der gekoppelten Gebäude-Anlagen-Simulation, ergänzt durch das Hardware-In-The-Loop-Verfahren, wurde ein entsprechender Algorithmus zuvor entwickelt und umfassend validiert [2], [3], [4]. Durch Informationsvernetzung wird ein selbstlernender Abgleich aller Wärmeverbraucher im Heizungssystem selbsttätig ermöglicht. Unter Einhaltung des Nutzerkomforts werden die erforderlichen Durchflüsse bedarfsgerecht verteilt. Auf die Verwendung der konventionellen Methoden kann verzichtet werden, beispielsweise auf die feste Voreinstellung und der damit verbundenen Nachteile. Der erprobte Algorithmus steht nun allen Interessenten zur Verfügung.



M.Eng. Jack Anisits,  
Promovend, gefördert durch BHT-Promotionsstipendium, Berliner Hochschule für Technik



Thanh Dang Duc,  
Studentische Hilfskraft, Berliner Hochschule für Technik



M.Eng. Thomas Scheunemann,  
Promovend, Berliner Hochschule für Technik



Prof. Dr.-Ing. Huu-Thoi Le,  
Professur für Heizungs-, Energie- und Umwelttechnik, Berliner Hochschule für Technik

gleich sorgt insbesondere dafür, dass beim Wechsel des Betriebszustandes – beispielsweise aus dem abgesenkten Betrieb in den Regelbetrieb – eine zu große Ungleichmäßigkeit beim Aufheizen der beteiligten Räume vermieden wird. Über- und Unterversorgungen von Wärmeverbrauchern werden also verhindert.

Nach dem Stand der Technik werden die jeweiligen Abgleichwiderstände an den Ventilkörpern der Regelventile erzeugt. Diese so genannte Voreinstellung wird über einen Einstellring oder eine verstellbare Schraubmutter vorgenommen und kann als eine Verengung des Strömungsquerschnittes verstanden werden. Das Prinzip der Voreinstellung zeigt Abbildung 1, links (roter Kreis). Da die Voreinstellung per Hand vorgenommen wird, wirkt sie statisch, das heißt, sie ist unabhängig vom Anlagenzustand dauerhaft eingestellt. Aufgrund der unterschiedlichen hydraulischen Lage von Verbrauchern im Heizungssystem benötigt jeder Ventilkörper einen anderen Einstellwert. Im Heizungssystem gibt es einen so genannten Schlechtpunkt, der den hydraulisch am ungünstigsten gelegenen Verbraucher kennzeichnet. Dieser Ventilkörper erhält bei identischer Ventilbaureihe als einziger keine Voreinstellung. Alle weiteren Regelventile bekommen kleinere Einstellwerte. Je nach Voreinstellung wird die Durchflusstoleranz mit etwa 10 bis 20 Prozent angegeben [5], [6].

## Stand der Technik – Statischer hydraulischer Abgleich

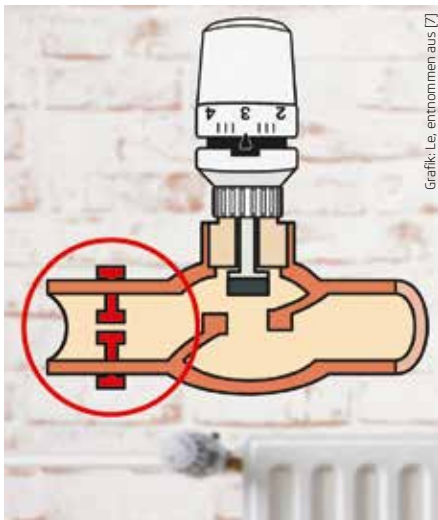
Im Fokus der Betrachtungen stehen konventionelle Ein- und Zweirohr-Heizungsanlagen mit Heizkörpern und/oder Flächenheizungen. Diese sind mit einer zentralen Umwälzpumpe und dezentralen Regelventilen ausgestattet, in der Regel Thermostatventile bzw. elektronische Stellantriebe. In diesen Anlagen ist der hydraulische Abgleich nach wie vor ein wesentliches Erfordernis für einen störungsfreien Betrieb, die Einhaltung des thermischen Komforts und einen geringen Energiebedarf.

Im Allgemeinen wird unter dem hydraulischen Abgleich die Berechnung und Ein-

stellung von unterschiedlich großen hydraulischen Widerständen in den einzelnen Verbraucherkreisen einer Heizungsanlage verstanden. Das Ziel ist es, für einen bestimmten Betriebszustand (Extrem- bzw. Auslegungsfall) die erforderlichen Soll-Durchflüsse einzustellen, die für die Raumbeheizung auf ein festgelegtes Temperaturniveau (Soll-Raumtemperatur) notwendig sind. Dieser theoretische Berechnungsgang setzt die Kenntnis aller relevanten Gebäude- und Anlagendaten (Heizlast, Heizflächen, Rohrnetz, Stellglieder) voraus und berücksichtigt auch die Einhaltung einer ausreichenden Regelgüte an den Regelventilen (Ventilautorität, Proportionalbereich). Der hydraulische Ab-

## Weitere Möglichkeit – Dynamischer hydraulischer Abgleich

Mittlerweile werben die Hersteller mit einem dynamischen bzw. automatischen hydraulischen Abgleich. Gemeint ist die Integration eines Durchflussreglers in den Ventil-



Grafik: Le, entnommen aus [7]

Abbildung 1: Herkömmliche Voreinstellung von Ventilkörpern (manuell und statisch)

körper. Der Sollwert des Reglers entspricht dem geplanten Soll-Durchfluss und wird, wie zuvor bei der herkömmlichen Voreinstellung, über eine Drehschraube am Ventiloberteil fest und dauerhaft eingestellt. Der Abgleichwiderstand wird dann in Abhängigkeit der Abweichung zwischen Ist- und Soll-Durchfluss im Ventil variiert. Die zu erwartenden (geringsten) Durchflusstoleranzen werden im Bereich von 10 bis 25 Prozent in Anhängigkeit der Voreinstellung angegeben [8], [9]. Labor-Messungen am Hydraulik-Prüfstand der Berliner Hochschule für Technik mit einem auf dem Markt verfügbaren Ventilkörper ermitteln eine Abweichung des Durchflusses zwischen 15 und 45 Prozent (Abbildung 2).

Hierbei bedeuten die gezeigten negativen Abweichungen eine Unterversorgung. Beispielsweise beträgt der Soll-Durchfluss 50 l/h bei der Einstellung VE5. Tatsächlich fließen aber nur 28 l/h.

### Planung und Betrieb

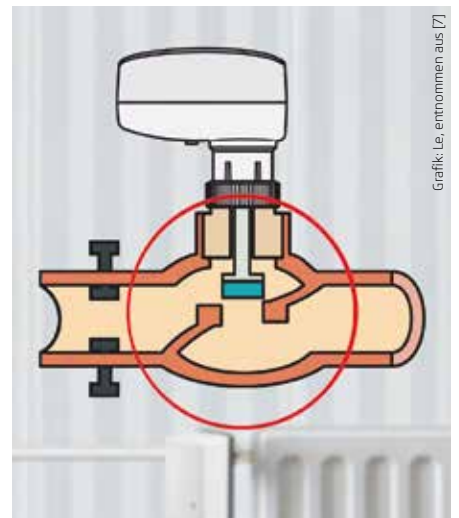
Der für die Berechnung der Voreinstellung zugrunde gelegte Auslegungsfall tritt in der Realität selten auf. Der vorherrschende Teillastbetrieb erfordert geringere Durchflüsse als ursprünglich ermittelt. Der Grund liegt nicht nur im abnehmenden Wärmebedarf durch zeitlich und örtlich wechselnde interne und externe Wärmegewinne (Nutzeranwesenheit, Solarstrahlung), sondern auch in der Überdimensionierung von Heizungskomponenten, beispielsweise Heizflächen und Wärmeerzeuger. Das hohe Wärmeangebot erfordert weiter abnehmende lokale und gesamte Durchflüsse. Das hat Folgen für das zugrunde gelegte hydraulische Netzwerk. Es stellt sich ein neuer Schlechtpunkt ein, der eine Anpassung der Anlagenhydraulik (Voreinstellungen, Umwälzpumpe) verlangt. Denn die ursprünglichen Voreinstellungen wirken nicht mehr zielgerichtet und verursachen unter Umständen zusätzliche hydraulische Widerstände und damit einen erhöhten Energiebedarf für die Umwälzpumpe.

In der Theorie müssten also die Voreinstellungen und Parameter der Umwälzpumpe bei jeglicher Veränderung der Anlagenhydraulik neu berechnet werden. Dazu zählen auch:

- Änderungen der Soll-Raumtemperaturen z. B. von 20 °C auf 22 °C oder 18 °C,

- nachträgliche bauliche Änderungen an der Anlage oder dem Gebäude, beispielsweise Vergrößerung von Heizkörpern oder Fenstertausch,
- Planabweichungen, z. B. Rohrmaterialien, Ventilbaureihen, Dimensionen usw.,
- fortgeschrittener Alterungsprozess der Anlage mit Korrosionen und Ablagerungen in Rohren und an Ventilen.

Die Folgen von Über- und Unterversorgungen durch einen fehlerhaften Abgleich sind bekannt und führen nicht selten zu falschen



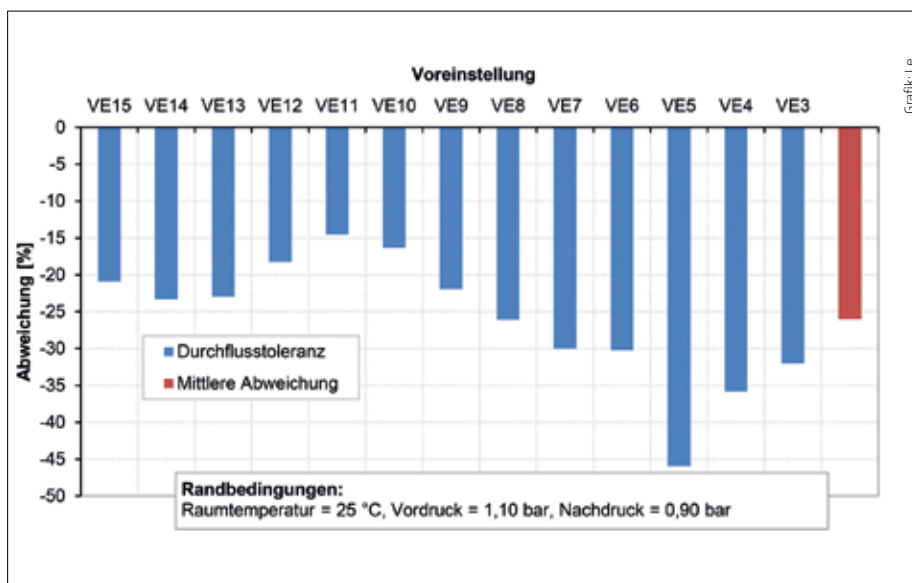
Grafik: Le, entnommen aus [7]

Abbildung 3: Moderne Hubbegrenzung von Regelventilen (automatisch und adaptiv)

Handlungsempfehlungen, wie der Veränderung der Heizkurve und/oder Pumpendrehzahl. Sie erhöhen jedoch weiter das Wärmeangebot und verschärfen die oben genannte Problematik: Dann ist neben hohen Einbußen im thermischen Nutzerkomfort auch mit erhöhten Energiekosten zu rechnen.

Ein weiteres Problem der statischen Voreinstellung ist die dauerhafte Verengung des Strömungsquerschnitts. Der resultierende Strömungsquerschnitt ist gegenüber der anschließenden Rohrleitung um ein Vielfaches geringer. So werden Geräuschbildung und Verstopfungen begünstigt. Eine Verstopfung, zum Beispiel durch gelöstes Dichtmaterial oder Metallspäne, kann dazu führen, dass die Beheizung von Räumen nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr möglich ist. Die Fehlererkennung kann sehr aufwendig sein und zu baulichen Eingriffen an der Anlage oder fälschlicherweise zur Verstellung zentraler Anlagenparameter (Umwälzpumpe, Heizkurve) führen.

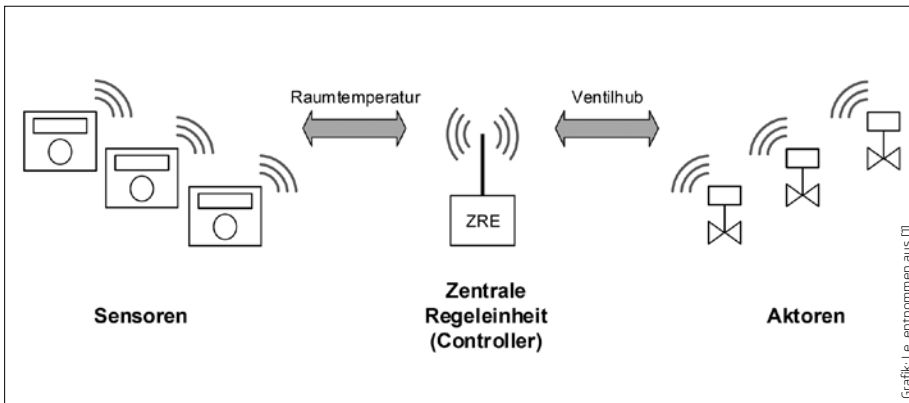
Das zuvor Genannte macht deutlich, dass auch der nachträgliche hydraulische Abgleich im Bestand nicht ohne weiteres zufrie-



Grafik: Le

Abbildung 2: Gemessene Abweichungen des Durchflusses in Abhängigkeit der Voreinstellung bei einem Ventilkörper mit Durchflussregler





Grafik: Le, entnommen aus [1]

Abbildung 4: Prinzip der Funk-Kommunikation zwischen Aktoren, Sensoren und zentraler Regeleinheit (Controller)

denstehend durchgeführt werden kann. Gerade fehlende Planungsunterlagen erschweren dieses Vorhaben enorm.

### Lösungsansatz – Adaptiver hydraulischer Abgleich

Die Lösung der beschriebenen Problematik erfordert die Gesamtbetrachtung einer Heizungsanlage, in der die wesentlichen Anlagenkomponenten miteinander kommunizieren können und so eine bedarfsorientierte Anpassung des aktuellen Anlagenzustands vorgenommen werden kann. Das angewandte Prinzip basiert auf der adaptiven Hubbegrenzung, die den statischen Abgleichwiderstand ersetzt (Abbildung 3). In einem Lernprozess ermittelt ein entsprechender Regel-Algorithmus das Anlagenverhalten und berechnet für jeden Betriebszustand den erforderlichen Einstellwert. Die klassische Voreinstellung wird damit überflüssig und kann entfallen. Der Abgleichwiderstand wird stattdessen automatisch über die Position des Ventilhubes erzeugt und ist zeitlich flexibel.

Ein entsprechendes patentiertes Verfahren [10] zur adaptiven Hubbegrenzung wird im Rahmen der Forschungsaktivitäten an der Berliner Hochschule für Technik entwickelt [11], [12], [13], [14].

### Voraussetzung

Der automatisierte, adaptive hydraulische Abgleich erfolgt temperaturbasiert mithilfe von elektronischen Heizkörper-Antrieben (auf dem klassischen Ventilkörper ohne Voreinstellung) und einer zentralen Regeleinheit. Die Kommunikation untereinander erfolgt regelmäßig und bidirektional. Dabei fungieren die Heizkörper-Antriebe als Stell- und Messeinheit, indem sie den Ventilhub einstellen und die aktuelle Raumtemperatur<sup>1</sup> messen. Diese Informationen tauschen sie mit der zentralen Regeleinheit aus. In Abhängigkeit der abgelegten Zeitprofile für die

Soll-Raumtemperaturen wird aus der aktuellen Regeldifferenz in jedem Raum ein entsprechender Ventilhub berechnet und an den jeweiligen Antrieb gesendet.

### Funktionsweise

Durch die Möglichkeit der zeitvariablen Vorgabe von Soll-Raumtemperaturen wechseln sich Aufheiz-, Regel- und Absenkephasen ab. Gerade in den Aufheizphasen ist ein hydraulisch abgeglichenes System notwendig, damit die Räume gleichmäßig aufheizen. Für diesen Betriebszustand berechnet die zentrale Regeleinheit raumweise die Maximalstel-

lung des Ventilhubes, die oben genannte Hubbegrenzung. Sie wird für die Dauer des Aufheizens festgehalten. Damit stellt sie eine Begrenzung des KV-Wertes im Sinne des hydraulischen Abgleichs dar. Die Begrenzung ist nicht statisch, sondern dynamisch und adaptiv. Sie wird für jeden Aufheizvorgang erneut berechnet und eingestellt. Das geschieht in Abhängigkeit des hydraulischen Verhaltens des gesamten Systems. Es stellen sich die erforderlichen Durchflüsse zur Deckung der aktuellen Heizlast ein, damit ein gleicher thermischer Komfort für alle zu versorgenden Räume entsteht. Nach dem Aufheizen entfällt der Grenzwert und das Regelventil kann wieder frei regeln.

Die Berechnung der Hubbegrenzung erfolgt unter Verwendung eines adaptiven Regel-Algorithmus. Dieser benötigt dabei keine Informationen über die aktuelle Heizlast, die Rohrnetzstruktur oder die dazugehörigen hydraulischen Widerstände. Als Kenngrößen werden nur die Stellung des Ventilhubes und die Raumtemperatur benötigt. Da das Verfahren selbstlernend arbeitet, werden unter anderem auch bauliche Änderungen an der Anlage, dem Gebäude oder der Soll-Raumtemperaturen und altersbedingte Verschmutzungen berücksichtigt. Durch die Aufhebung der Hubbegrenzung können Verstopfungen und Geräuschbildung vermieden werden.



Grafik: Le, entnommen aus [1]

Abbildung 5: Grundriss der Feldanlage 1 mit drei Büroräumen



Abbildung 6:  
Grundriss  
der Feldanlage 2  
mit vier beheizten  
Wohnräumen

### Umsetzung im Feld

Das vorgestellte Heizsystem ist als Plug-and-Play-Lösung konzipiert, damit es eine einfache Umrüstung von einer herkömmlichen Anlage mit Thermostatventilen ermöglicht. Die Kommunikation zwischen den Komponenten erfolgt deshalb funkbasiert und kann beispielsweise mithilfe des EnOcean-Funkprotokolls<sup>2</sup> erfolgen. Abbildung 4 zeigt den Informationsaustausch zwischen der Regelungseinheit und den Aktoren und Sensoren.

Die Umsetzung und Erprobung des Systems erfolgt aktuell in mehreren Feldanla-

gen. Dabei handelt es sich um einzelne Wohnungen in Mehrfamilienhäusern, ein Einfamilienhaus und eine Bürogruppe. Die Anlagen unterscheiden sich im Wesentlichen im Gebäudealter, im Dämmstandard, in anlagentechnischer Ausstattung, beheizter Fläche und Raum- und Nutzeranzahl. Damit bieten sie eine Vielfalt von individuellen Betriebssituationen, denen der adaptive Regelalgorithmus standhalten muss. In ausführlichen Tests wird dieser validiert und verifiziert und auf Wirksamkeit und Robustheit geprüft. Die Wirksamkeitsstudien erfordern

unabhängige Bewertungsgrößen. Neben der Raumtemperatur ist eine weitere (optionale) Bewertungsgröße die Vor- und Rücklauftemperatur am Heizkörper. Sie ermöglichen die Analyse von Fremdeinflüssen – beispielsweise Nutzereingriff – und Rückschlüsse zur Plausibilität der Messergebnisse.

Beispielhaft werden nachfolgend die Ergebnisse einer Feldanlage mit Büronutzung vorgestellt. Der dargestellte Grundriss (Abbildung 5) zeigt drei Räume mit einer beheizten Fläche von ca. 77 m<sup>2</sup> und ein Zweirohrsystem mit je einem Plattenheizkörper pro Raum.

Außerdem werden die Ergebnisse einer Wohneinheit in Berlin gezeigt. Die Feldanlage befindet sich innerhalb eines Mehrfamilienhauses mit fünf Stockwerken (Baujahr unbekannt). Die im Erdgeschoss befindliche Wohnung besitzt vier beheizte Räume, mit einer Grundfläche von ca. 40 m<sup>2</sup>. Für die Wärmeversorgung sind Plattenheizkörper vorhanden, die über eine Zweirohrleitung an eine Gas-Etagenheizung angeschlossen sind. Abbildung 6 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Feldversuchsanlage.

### Ergebnis

Abbildung 7 zeigt ein Beispiel für die Wirksamkeit des adaptiven hydraulischen Abgleichs aus der Feldanlage mit Büronutzung.

Über einen Messzeitraum von etwa drei Wochen lernt der adaptive Algorithmus bei sich ständig ändernden Randbedingungen aus jedem Aufheizvorgang. Das Aufheizen beginnt täglich um 6:00 Uhr. Alle drei Räume erhalten einen Sollwertsprung von 17 °C auf 20 °C (Räume 2 und 3) bzw. von 18 °C auf 22 °C (Raum 1).

Da am ersten Tag noch keine Lerndaten vorliegen, gleicht dieser Zustand einem System ohne hydraulischen Abgleich. Der Lernprozess wird sichtbar anhand der Entwicklung der Hubbegrenzungen an den darauffol-

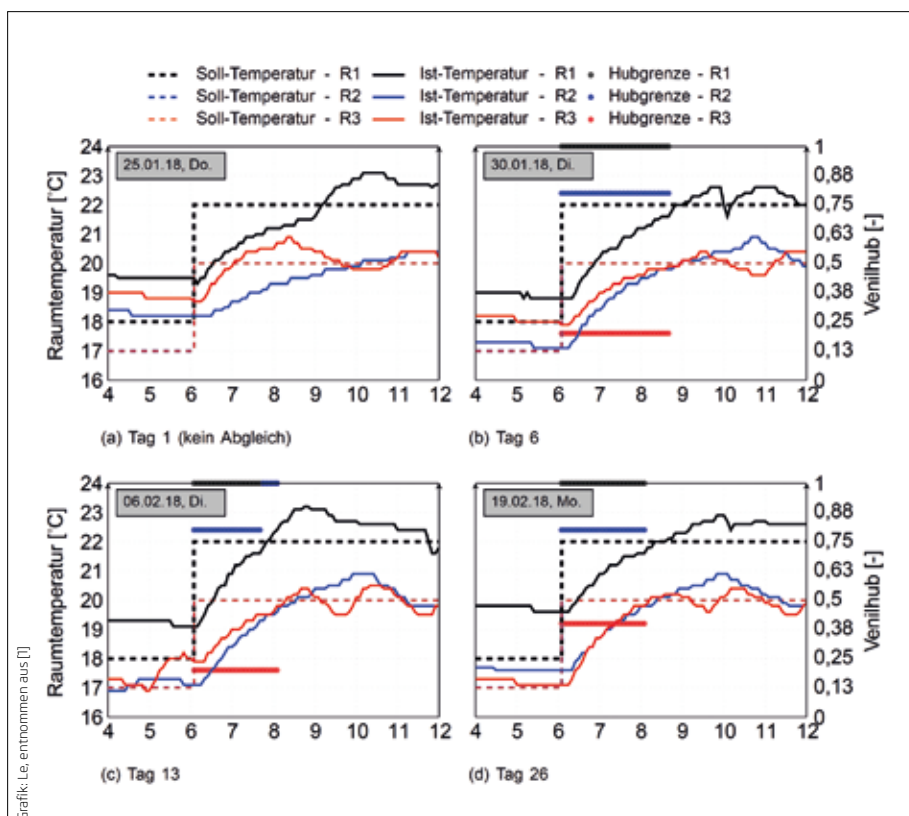


Abbildung 7: Feldanlage 1 - Vergleich der Raumtemperaturverläufe und Hubgrenzen ohne (Tag 1) und mit adaptivem hydraulischen Abgleich



genden Tagen: Schon nach dem ersten Lernzyklus zeigt sich eine Annäherung der Temperaturentwicklung. Sie steht für eine gleichmäßige Wärmeversorgung.

Abbildung 8 zeigt die Inbetriebnahme des adaptiven Systems (links) in der oben genannten Wohneinheit und die Wirksamkeit des Regel-Algorithmus nach neun Tagen (rechts). Mit dem ersten Aufheizen um 17:00 Uhr beginnt die Aufnahme der Kenngrößen. Bei einer Soll-Temperaturänderung von 18 °C auf 22 °C zeigt sich eine Unterversorgung im Raum 4, bei gleichzeitigem Aufheizen aller Räume. Erst durch die im Lernprozess ermittelten Hubgrenzen stellt sich ein gleichmäßiges Aufheizen aller Räume ein (Abbildung 8, rechts). Der neunte Tag fällt auf ein Wochenende, weshalb das Aufheizen um 9:00 Uhr beginnt.

**Fazit**

Ein adaptives Verfahren für den hydraulischen Abgleich beseitigt die oben genannten Nachteile des statischen und dynamischen Verfahrens. Während des Anlagenbetriebs ermittelt es in einem Lernprozess die notwendigen hydraulischen Eingriffe fortlaufend und selbstständig. Jegliche Änderungen im hydraulischen System, unter anderem hervorgerufen durch Nutzereingriff und/oder -anwesenheit, werden beim Lernprozess berücksichtigt. So wird jederzeit eine gleichmäßige bedarfsgerechte Wärmeversorgung aller Verbraucher unter Berücksichtigung sich ständig ändernder Randbedingungen und ohne Komforteinbußen ermöglicht. Die durchgeführten Feldversuche in mehreren Anlagen haben die Wirksamkeit und Robustheit des an der Berliner Hochschule für Technik entwickelten Algorithmus bestätigt. Dieser steht nun allen Interessenten zur Verfügung. ◀



**Literatur:**

[1] Le, Huu-Thoi; Anisits, Jack u. Scheunemann, Thomas: SmartAdapt. Entwicklung eines Demonstrators für ein adaptives Heizungssystem mit anschließendem Feldtest, Abschlussbericht (FK-03ET1431A), 2021.

[2] Le, Huu-Thoi; Anisits, Jack u. Scheunemann, Thomas: Entwicklung moderner Prüfstände für Forschung, Lehre und Technologietransfer, HLH 5 (2021), Bd. 72, S. 34-38.

[3] Le, Huu-Thoi; Anisits, Jack u. Scheunemann, Thomas: Adaptives Heizungssystem nach dem Plug-and-Play-Prinzip, HLH 6 (2018), Bd. 69, S. 38-42.

[4] Le, Huu-Thoi; Anisits, Jack u. Scheunemann, Thomas: INNOHEAT. Entwicklung eines innovativen Heizungssystems nach Plug & Play Prinzip mit umfangreichen Adaptionfunktionen, Abschlussbericht (FK-03ET1150A), 2017.

[5] IMI Hydronic Engineering Deutschland GmbH, Datenblatt Thermostat-Ventilunterteile (V-exact II), 2016.

[6] Oventrop GmbH & Co. KG, Datenblatt Thermostatventile (AV9 & AF), 2017.

[7] Le, Huu-Thoi; Kuntsche, Raimo u. Polowczyk, Jack: Adaptives Heizungssystem, in: EnOB-Symposium 2014 - Energieinnovationen in Neubau und Sanierung, Posterbeitrag, 2014, S. 237.

[8] IMI Hydronic Engineering Deutschland GmbH, Datenblatt Thermostat-Ventilunterteil mit automatischer Durchflussregelung (Eclipse), 2016.

[9] Oventrop GmbH & Co. KG, Datenblatt Thermostatventil für den automatischen hydraulischen Abgleich (AQ), 2018.

[10] Le, Huu-Thoi: Verfahren zum Betrieb einer Heizungsanlage, Europäisches Patent EP 2 912 384 B1, 28.08.2019.

[11] Le, Huu-Thoi u. Polowczyk, Jack: Automatisierter hydraulischer Abgleich, in: EnEV aktuell, 1 (2015), S. 8-10.

[12] Le, Huu-Thoi; Polowczyk, Jack u. Kuntsche, Raimo: Adaptives Heizungssystem, in: Tagungsband Research Day 2015 - Stadt der Zukunft, Berlin 2015, S. 188-190.

[13] Le, Huu-Thoi; Anisits, Jack; Scheunemann, Thomas u. Sakowsky, Ulrich: Dynamischer hydraulischer Abgleich im Feldtest, Research Day 2018 - Stadt der Zukunft, Tagungsband 2018, S. 146-151.

[14] Le, Huu-Thoi; Polowczyk, Jack u. Kuntsche, Raimo: Intelligenzschub für die Heizung, in: Beuth Presse - Campuszeitschrift, 1 (2016), S. 31.

<sup>1</sup> Optional kann auch ein zusätzlicher Raumtemperatursensor ergänzt werden.  
<sup>2</sup> Ein von der EnOcean GmbH entwickelter herstellernerutraler Funk-Standard.

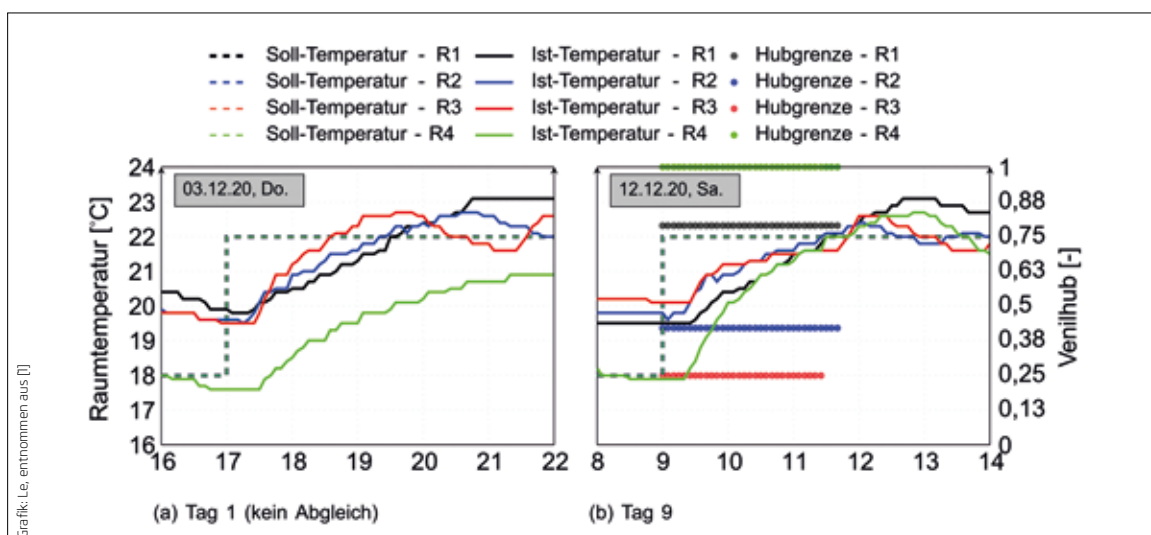


Abbildung 8: Feldanlage 2 - Vergleich der Raumtemperaturen und Hubgrenzen der vier Räume ohne (links) und mit (rechts) adaptiven hydraulischen Abgleich

# Rohrschneider mit Markierungsfunktion für Pressrohrsysteme

Typische Montagefehler von Pressrohrsystemen sollten nach dem Verpressen sicher erkannt werden können

*Automatisch angebrachte und fälschungssichere Einstecktiefenmarkierungen beim Schneiden von Rohren für Pressrohrsysteme ermöglichen einfache und aussagekräftige Sichtprüfungen nach dem Pressvorgang. Wasserschäden durch defekte Pressverbindungen aufgrund zu geringer Einstecktiefen können so vermieden werden.*



Dipl.-Ing. (FH)  
Matthias Mödder,  
Entwicklungsleiter,  
Wiegel Gebäudetechnik GmbH,  
Kulmbach

In der Praxis treten immer wieder Wasserschäden durch defekte Pressverbindungen auf. Die Ursache sind oft falsche Einstecktiefen. Diese Schadensfälle sind für die TGA-Betriebe auch ein Kostenrisiko: Die Havariekosten können mehrere hunderttausend Euro je Fall betragen; Versicherer von Anwendern kalkulieren aufgrund der Schadensfälle höhere Prämien bzw. verlan-

gen höhere Selbstbeteiligungen nach Schadensfällen.

Die Markierung der Einstecktiefe ist sehr wichtig, sie soll es ermöglichen, nach dem Pressvorgang die für die Festigkeit erforderliche Einstecktiefe des Rohrendes in den Fitting zu kontrollieren. Leider wird das Anzeichnen einer Einstecktiefenmarkierung vor dem Pressvorgang mittels einer Schablone in der Praxis oft übersprungen – im schlimmsten Fall wird sie erst nach dem Verpressen angezeichnet, um bei Kontrollen nicht aufzufallen. Wenn das Rohrende beim Pressvorgang nicht weit genug eingesteckt ist, können Leckagen sofort oder erst nach Monaten auftreten. Eine Druckprüfung bietet daher keine Sicherheit.

Ein solcher Markierungsstrich lässt sich leider bisher nach dem Verpressen sehr leicht entlang des Fitting-Rands „fälschen“. Eine solche „Fälschung“ kann nicht von einem regulär mit Schablone angebrachtem Markie-

rungsstrich unterschieden werden. Eine einfache und aussagekräftige Sichtprüfung der Pressstelle ist deshalb nicht möglich.

Daher wünschen sich ausführende Fachbetriebe maschinell angebrachte, nachvollziehbar positionierte und fälschungssichere Markierungen auf individuell zugeschnittenen Rohren – idealerweise auch auf Fittings wie IA-Bögen. Fittings könnten ab Werk mit maschinell angebrachter Markierung geliefert werden, im besten Fall mit gleichem Erscheinungsbild wie die Markierungen der im Folgenden beschriebenen Schneidevorrichtungen.

## Gleichzeitiges Schneiden und Markieren der Rohre

Wiegel Gebäudetechnik hat zwei neue Rohrschneidewerkzeuge konzipiert und zum Patent angemeldet. Die Schneidefunktion entspricht dem Stand der Technik: Eine scharfe Schneiderolle wird durch den Druck einer

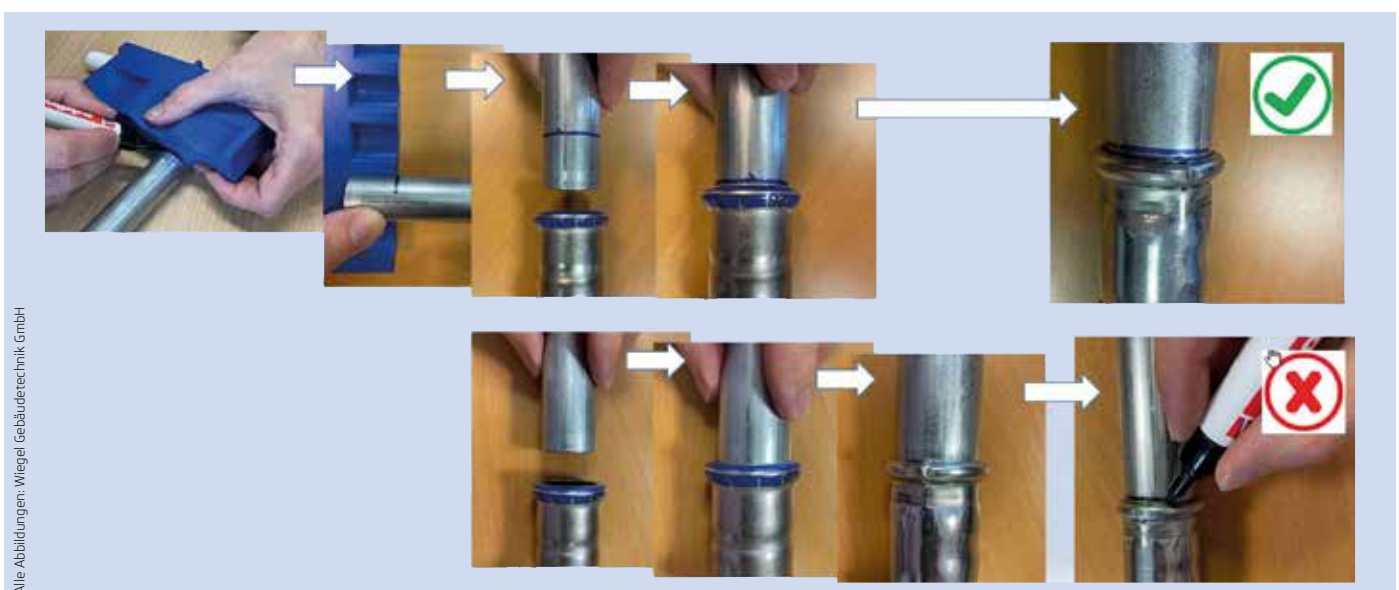


Abbildung 1: Das Anzeichnen einer Einstecktiefenmarkierung vor dem Pressvorgang mittels Schablone wird leider oft übersprungen.



Zustellspindel auf die Wandung des Rohrs gepresst. Beim Abwälzen über die Rohrwandung hinterlässt die Schneiderolle eine Kerbe, die mit jeder Umdrehung tiefer wird und schließlich die gesamte Wandstärke des Rohrs durchtrennt.

Beim Schneiden des Rohrs wird auf beiden Seiten der Schnittkante eine gut sichtbare Markierung erzeugt. Die Markierungen können vom Erscheinungsbild her eindeutig den Rohrschneidegeräten zugeordnet werden. Markierungsrollen hinterlassen dabei eine Mattierung auf dem Rohr und verformen die Rohroberfläche nur einige Mikrometer tief. Selbst bei dünn verzinkten Rohren konnte keine Beeinträchtigung des Korrosionsschutzes ermittelt werden. Die Markierung auf Kupfer- und Edelstahlrohren entsteht auf gleiche Weise und ist ebenfalls gut sichtbar.

#### Werkzeug Variante 1

Die Abstandseinstellung der Markierung zur Schnittkante erfolgt mit automatisch einstellenden Markierungsrollen in Abhängigkeit des Rohrdurchmessers mittels beidseitigem Führungskurvengetriebe. Das Führungskurvengetriebe stellt die Markierungsräder automatisch in die richtige Position und hält sie während des Schneidevorgangs dort. Wird ein Rohr einer anderen Außendurchmesserstufe zum Schneiden in die Vorrichtung eingelegt, stellen sich die Markierungsrollen beim Schneiden automatisch in die richtige Position.

#### Werkzeug Variante 2

Die Vorrichtung nutzt geometrisch gestaffelte, fest positionierte Markierungsrollen. Aufgrund der unterschiedlichen Außendurchmesser der Rohre wälzen jeweils nur die Markierungsrollen auf der Rohroberfläche ab, die den vorgesehenen Abstand zur Schnittkante haben. Dieser Abstand entspricht der zu markierenden Einstecktiefe.

#### Fazit

Die neu konzipierten Werkzeuge ermöglichen es, Rohrstücke einfach, schnell und fälschungssicher zu markieren. Die beiden Arbeitsschritte „Schneiden“ und „Markieren“ der Rohre erfolgen dabei gleichzeitig. Es wird Sicherheit gewonnen und Bearbeitungszeit gespart. Das bietet Schutz vor typischen Montagefehlern und kann Leckagen und Wasserschäden verhindern – davon profitieren Monteure, ausführende Firmen und deren Kunden. Aktuell wird daran gearbeitet, die Technik für Anwender zugänglich zu machen und das Werkzeug zur Serienreife zu bringen. ◀



Abbildung 2: Die Markierungen sind auf verzinkten Rohren, auf Edelstahl- und auf Kupferrohren gut sichtbar und können eindeutig den Schneidegeräten zugeordnet werden.



Abbildung 3: Das Versuchswerkzeug hinterlässt auf beiden Seiten der Schnittkante eine gut sichtbare Markierung.

# Hersteller im digitalen Wandel

## BIM als Basis für eine effiziente Baustellenunterstützung

Die Veränderung durch die digitale Transformation ist nicht nur bei Planern oder Bauausführenden zu spüren – auch die Hersteller sind von diesem Wandel stark betroffen. Dabei befinden sich gerade die Hersteller in einem interessanten Spannungsfeld, da sie nicht nur von den digitalen Methoden der Baustelle betroffen sind, sondern auch digitale Fertigungsprozesse bzw. Industrie 4.0 durchleben. Der Hersteller muss daher immer eine Balance finden, wie er den erneuerten digitalen Bauprozess mit seinem Fertigungsprozess in Einklang bringt. Aus diesem Grunde ist es besonders wichtig, dass Hersteller sich den veränderten Kundenanforderungen bestmöglich stellen. Ein Beispiel der geänderten Anforderungen ist Building Information Modelling (BIM). Im Folgenden soll aufgezeigt werden, wie ein Hersteller BIM begegnet und sich auch neu positionieren kann.



Dr. Nils Krönert,  
BIM Innovation  
Manager,  
Hilti AG,  
Schaan



Heike Kling,  
Head of  
Engineering,  
Hilti Deutschland AG,  
Kaufering

### Definition von Anwendungsfällen als Basis für den Wandel

Auch wenn das Thema „Building Information Modelling (BIM)“ in aller Munde ist, wird in vielen Dialogen und Kundengesprächen deutlich, dass es nicht die eine BIM-Realität gibt, an der sich ein Hersteller orientieren kann. Daneben bleibt der Kundennutzen aller Produkte eines Herstellers zentraler Bestandteil. Das bedeutet, dass ein Hersteller sich eine Strategie überlegen muss, wie er die Themen „BIM“ und „Digitalisierung“ mit seinem Kundenangebot vereinbaren kann. Dazu ist es hilfreich, sich genaue Anwendungsfäl-

le zu überlegen, die den Kundennutzen klar aufzeigen. Aus diesem Grund hat die Firma Hilti sechs anschauliche BIM-Anwendungsfälle entwickelt: „Planungsoptimierung“, „Vorfertigung“, „Durchdachte Logistik“, „BIM to Field“, „Validierung“, „Field to BIM“. Ziel jedes einzelnen Anwendungsfalls ist es, das Potenzial einer zielgerichteten BIM-Nutzung mit den jeweiligen Einsparungen und resultierenden Verbesserungen den interessierten Kunden detailliert näherzubringen. Jeder Anwendungsfall kann sowohl isoliert als auch im Gesamtkontext mehrerer Anwendungen genutzt werden. Für jeden Anwendungsfall werden den Kunden aufeinander abgestimmte Leistungen aus Hardware, Software und Services angeboten, um das aufgezeigte Potenzial in deren Anwendung größtmöglich auszuschöpfen. Auch wenn die Anwendungsfälle einzeln genutzt werden können, so erzielen sie den größten Mehrwert für den Kunden im Rahmen einer gesamtheitlichen und durchgängigen Nutzung, da so von Beginn an die Gesamtleistungen optimal aufeinander abgestimmt und zielorientiert erbracht werden können.

### Anwendungsfall „Planungsoptimierung“ – Grundlage des Erfolgs

Die Planung in Deutschland ist sehr stark durch die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) und deren Leistungsphasen geprägt. Sie gibt den Rahmen für so genannte Leistungsbilder entlang der Leistungsphasen, die sich in Grundleistungen und besondere Leistungen in der Planung aufteilen. Darauf aufbauend hat sich über Jahre eine Vergabep Praxis einzelner Leistungen entwickelt, die viele Gewerke und Untergewerke an unterschiedliche Planer in

Abhängigkeit der Leistungsphasen verteilt. Dadurch können jedoch schwer zu koordinierende Brüche in der Durchgängigkeit einer Planung entstehen, die gleichzeitig auch große Herausforderungen an eine mängelfreie Umsetzung beinhalten.

Ein Ansatz, hier neue Wege zu gehen, ist die integrale Planung. Dabei werden Leistungen aus späteren Leistungsphasen bereits zu einem früheren Zeitpunkt berücksichtigt. Das kann auch eine Erhöhung des Detaillierungsgrades einschließen. Auch wenn dieses Vorgehen in der frühen Phase mit geringem Mehraufwand verbunden ist, führt dieser Ansatz jedoch nachweislich zu einer erheblichen Steigerung der Kostensicherheit, zu einer reduzierten Ausführungsdauer und zu einer verbesserten Einbauqualität im Gesamtprojekt.

Dieser Ansatz liegt auch dem Anwendungsfall „Planungsoptimierung“ zugrunde. „Planungsoptimierung“ bezieht sich vor allem auf die Haustechnik und darauf, wie diese durch eine gewerkeübergreifende Koordination optimiert und ausführungsfähig geplant werden kann. Dabei wird die Haustechnikplanung um die Disziplinen der Brandabschottung und Befestigungstechnik erweitert.

Die Befestigungstechnik stellt das Bindeglied zwischen Haustechnik und der statischen Konstruktion dar, dem eigentlichen Bauwerk. In der Regel wird die Befestigung meist erst durch den Ausführenden festgelegt. Das führt allerdings immer wieder zu Konflikten, da die Befestigungstechnik zum einen in ihrer Funktion ein statisches Element ist und zum anderen ihren Platz im Bauwerk benötigt, der normalerweise nur pauschal berücksichtigt wird. Interne Pro-



jektanalysen haben ergeben, dass in der Regel die nötigen Konstruktionen ohne ausreichendes statisches Konzept auf der Baustelle realisiert werden. Weiterhin werden sie nur je Gewerk betrachtet, wodurch es zu vielen separaten Einzelaufhängungen kommt. Das führt häufig dazu, dass mehr Material verwendet werden muss als bei einer kombinierten Lösung. Auch benötigt die Befestigung immer einen gewissen Platz, der aber kaum berücksichtigt wird und auch nie auf mögliche Kollisionen mit den Haustechnikgewerken überprüft wird. Auf der Baustelle müssen dann immer wieder aufwendige Sonderlösungen geschaffen werden, die oft auch nicht in die Planung zurückfließen.

Wird die Befestigungstechnik frühzeitig im Planungsablauf berücksichtigt, ermöglicht das die Bündelung von Heizungs-, Lüftungs- und Sanitär-Trassen innerhalb einer ganzheitlichen Betrachtung. Dabei werden auch rechtzeitig Platz- und Montageoptimierungen für die Installation berücksichtigt. Das ist besonders dann entscheidend, wenn aufgrund einer hohen Mediendichte die Platzverhältnisse stark limitiert sind.

Gerade hier bietet die Aufhängungsplanung einen Mehrwert, da sich die Medienplanung normalerweise durch den Fachplaner auf Nennweiten der Leitungen, Art und Durchmesser der Isolierungen fokussiert und notwendige Konstruktionen, um Lasten abzufangen, auf den nachgelagerten Installateur abgewälzt werden. Wie aufgezeigt, führt dieses Vorgehen allerdings immer wieder zu einem erhöhten Konfliktpotenzial.

Einhergehend mit der Befestigung kann auch gleichzeitig die Brandabschottung berücksichtigt werden. Auch die Abschottung wird in der Regel von jedem Ausführenden separat bestimmt. Das kann gerade für den Betrieb hinderlich sein, weil so unterschiedliche Lösungen zum Einsatz kommen. Das bedeutet wiederum einen erhöhten Wartungsaufwand.

Nachweislich konnten daher mit der Aufhängungsplanung in BIM die Materialkosten signifikant gesenkt werden und nachfolgende BIM-Anwendungsfälle wurden möglich.

#### Anwendungsfall „Vorfertigung“ – Höhere Qualität in weniger Zeit

Vorfertigung wird als ein Schlüsselthema für die Steigerung der Produktivität auf der Baustelle angesehen. Sie kann als Teil der Industrialisierung der Baustelle verstanden werden. Auch wenn die Vorfertigung in einigen Bereichen des Bauwesens schon Standard ist, beispielsweise bei Betonfertigteilen, wird dieses Konzept noch nicht allumfassend



Abbildung 1: Übersicht der von Hilti entwickelten BIM-Anwendungsfälle

in Projekten umgesetzt. Nicht der einzige Grund ist sicherlich die oft fehlende detaillierte Vorplanung, die dafür notwendig wäre.

Durch Planungsoptimierung kann eine Vorfertigung der Aufhängung angeboten werden. Dabei werden direkt aus dem Ergebnis der Planung die notwendigen Informationen (Stücklisten, Pläne) ohne wesentlichen Zusatzaufwand generiert. Diese Informationen werden den Vorfertigungseinheiten digital zur Verfügung gestellt, die anhand des Projektablaufplans die notwendigen Elemente erstellen, paketieren und für den Transport bereitstellen. Durch eine ausführungsnahen Abstimmung mit der Baustelle können die einzubauenden Elemente Just-In-Time geplant, zusammengebaut und verschickt werden (Abbildung 2).

Die Besonderheit des Anwendungsfalls „Vorfertigung“ ist die Möglichkeit, die Individualität eines Gebäudes zu wahren, da nicht alle Elemente im Vorfeld global standardi-

siert werden müssen. Sie können im Rahmen der Planung spezifisch entwickelt und den Rahmenbedingungen angepasst werden. Die Vorfertigung ist daher geprägt von einem hohen Grad an Flexibilität bei gleichzeitiger Berücksichtigung des industriellen Ansatzes. Erste Projekterfahrungen haben gezeigt, dass es sich um einen derzeit gangbaren Mittelweg handelt, der sich sehr gut in die tägliche Bauausführung einbetten lässt.

#### Anwendungsfall „Durchdachte Logistik“ – Direkte Statusübersicht

Eine Logistik, die Just-in-Time ist, wird heutzutage schon als eine Art Standard erwartet. Dabei soll Material erst dann geliefert werden, wenn es auch benötigt wird. Hier kommt dann aber die Frage auf, wie eine solche Logistik überhaupt entstehen kann. Beim BIM-Anwendungsfall „Durchdachte Logistik“ werden die Ergebnisse der digitalen Planung mit Prozessen der Logistik verbunden, um so



Abbildung 2: Vorgefertigte Elemente der Firma Hilti

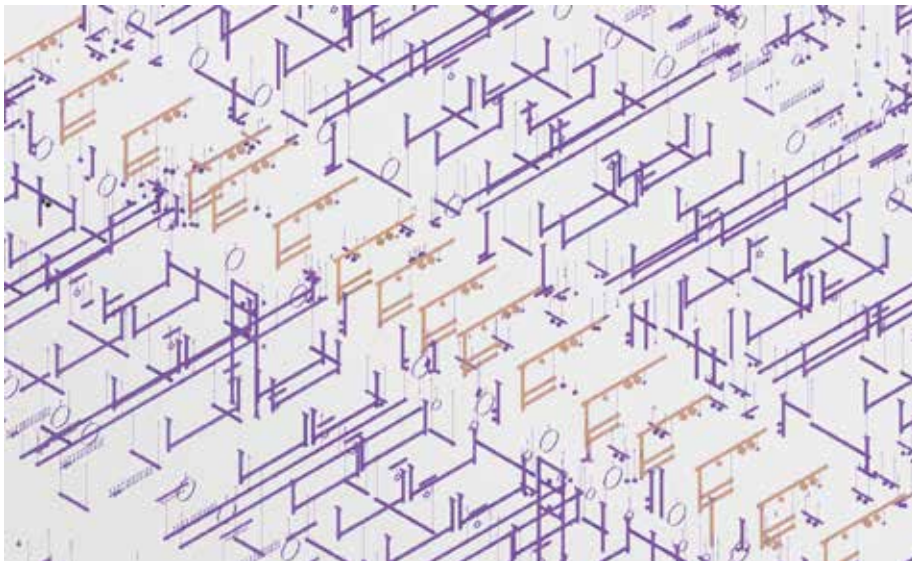


Abbildung 3: Statusübersicht im BIM-Modell



Abbildung 4: Gerätegestützte Kontrolle des Drehmoments

eine durchgängige Übersicht des Lieferfortschritts (Tracking) zu bekommen. Ausgangspunkt ist die digitale Planung mit dem geometrischen Modell. Innerhalb des Modells besitzen alle zu trackenden Elemente eine eindeutige Identifikation, die die Grundlage des Prozesses bildet. Während der Produktion, beispielsweise der Vorfertigung, wird diese Identifikation mit dem physischen Produkt verknüpft, zum Beispiel mit der Aufhängung. Die Verknüpfung kann je nach Einsatzgebiet durch verschiedene Tags erfolgen, beispielsweise QR-Codes oder BLE-Tags.

Innerhalb des definierten Logistik-Prozesses dient der „Tag“ als Erkennung für den Status des jeweiligen nachzuverfolgenden

Elements. Über eine App oder ein Gateway wird der Status protokolliert und auf einen zentralen Server zurückgespielt, wo er über die eindeutige Identifikation mit dem Modell verknüpft wird (Abbildung 3).

#### Anwendungsfall „BIM to Field“ – Digitale Daten direkt auf der Baustelle

Neben der digitalen Planung ist die digitale Nutzung der Daten auf der Baustelle eine der größten Herausforderungen. Dieser so genannte BIM to Field-Ansatz ermöglicht es, die digitalen Planungsinformationen direkt auf der Baustelle zu verwenden. Das bietet im Vergleich zur traditionellen händischen Arbeitsweise immense Vorteile: Zum einen

kann die Aktualität der Pläne immer gewährleistet werden, da direkt auf diese zugegriffen werden kann. Es ist nicht mehr nötig, sich auf Papierpläne zu verlassen, die in der Regel nie den neuesten Index besitzen. Zum anderen können sich bei der Verwendung von mechanischen Geräten mögliche Fehler vervielfachen und so die geforderten Toleranzen überschreiten, beispielsweise bei Schnurgerüsten oder dem Zollstock.

Diesen Herausforderungen begegnet der Anwendungsfall „BIM to Field“. Dabei dient das BIM-Modell, beispielsweise mit der geplanten Befestigung, als Grundlage für jeglichen Datentransfer zu Vermessungsgeräten auf der Baustelle.

Für die Nutzung auf der Baustelle müssen innerhalb des BIM-Modells die zu vermessenden Punkte definiert werden und notwendige Referenzen festgelegt werden. Das Modell kann dann mit diesen Daten auf die Bedienungsgeräte einer Station oder eines Tachymeters übertragen werden. Die Übertragung erfolgt dabei über ein Cloud-System, so dass gewährleistet ist, dass die Daten jederzeit aktuell vorliegen. Auf der Baustelle positioniert sich die Station automatisch an den vorgegebenen Referenzpunkten, so dass immer eine genaue Lokalisierung möglich ist. Der Nutzer kann dann auf dem Gerät einen vordefinierten Vermessungspunkt oder ein anderes Absteckelement auswählen, beispielsweise „Bauachse“. Das Vermessungsgerät zeigt dann auf der Baustelle exakt die geplante Position an.

#### Anwendungsfall „Validierung“ – Wissen, was gemacht wurde

Wie der vorherige Anwendungsfall gezeigt hat, existieren schon mehrere Methoden, um die digitalen Planungsdaten auf der Baustelle zu verwenden (Soll-Daten). Die Baustelle selbst produziert aber auch immer wieder Daten bzw. werden durch den Bau Daten erzeugt (Ist-Daten). Für eine möglichst störungsfreie Baustelle und um die Abnahme zu erzielen, sollte nachgewiesen werden, wie gut die Soll-Daten mit den Ist-Daten übereinstimmen. Dafür wurde der Anwendungsfall „Validierung“ definiert.

Bei der Validierung werden die Planungsdaten genutzt, um die eingebauten Elemente bzw. den Einbau der Elemente zu überprüfen. Das erfolgt zum einen mit technischen Geräten und zum anderen mit einer gleichzeitigen Verknüpfung zum Planungsmodell. Ein Beispiel für die Validierung ist ein adaptives Drehmomentmodul (Abbildung 4). Dabei kann der Akku-Schlagschrauber einfach zugerüstet werden und über das eingesteckte Modul automatisiert auf das notwen-





dige Drehmoment für eine zulassungskonforme Dübel- oder Schienenmontage eingestellt werden. Nach erfolgreichem Anzug liefert es die Information zurück ins Modell.

Dieses vergleichbar einfache Beispiel zeigt, wie BIM-Daten beim Einbau genutzt werden können, um eine direkte und kontinuierliche Qualitätskontrolle zu implementieren.

**Anwendungsfall „Field to BIM“ – Die Dokumentation des Bauergebnisses**

Ein wichtiger Bestandteil eines jeden Gebäudes ist die Dokumentation der Errichtung. Es muss sichergestellt werden, dass die übergebenen Informationen der Realität entsprechen – also der gebauten Situation. Das Rückspielen der Baudaten bzw. der positive Abgleich der Validierung wird als „Field to BIM“ bezeichnet, weil die Informationen der Baustelle in das Modell integriert werden. Beim Anwendungsfall „Field to BIM“ geht es allerdings größtenteils nicht um die Aufnahme von Daten eines Neubaus zum Vergleich mit den Planungsdaten, da dies schon

direkt im Anwendungsfall „Validierung“ abgeglichen wird. Vielmehr sollten Daten des Gebäudes erfasst werden, die noch nicht in einem digitalen Modell zur Verfügung stehen, um so die Digitalisierung des Gebäudes zu unterstützen und eine digitale Planung zu ermöglichen.

So können beispielsweise verschiedene Detektionsgeräte genutzt werden, um die Bewehrung im Beton zu ermitteln. Diese Daten werden elektronisch festgehalten und können in der Planungssoftware eingebunden werden, so dass mögliche Kollisionen frühzeitig erkannt werden können.

**Entwicklung neuer Geräte und Prozesse durch den Wandel**

Mit den gezeigten Anwendungsfällen konnte ein ganzheitlicher Ansatz gebildet werden, damit ein Hersteller die Baustelle bestmöglich im digitalen Zeitalter unterstützen kann. Es zeigt sich, dass der digitale Wandel die Möglichkeit schafft, neuartige Ansätze zu etablieren, die zu einer nachhaltigen Produktivität für die Baustelle, aber auch zu einem besseren Angebot der Hersteller führen.

Weiterhin bildet der digitale Ansatz auch die Grundlage für neuartige Prozesse und Methoden auf der Baustelle. Erst durch die klare Definition der Anwendungsfälle sind solche innovativen Implementierungen möglich.

Bei der Befestigungsplanung werden in der Regel eine Vielzahl von Aufhängungen an der Decke vorgesehen. Das bedeutet für die ausführende Firma in der Leistungsphase 8, dass viele Tätigkeiten als „Überkopf-Arbeiten“ erfolgen. So werden durch die Berufsgenossenschaften und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung Tätigkeiten definiert, bei denen die Hände über Schulterniveau gehalten werden müssen. Da solche Arbeiten ein hohes Gefährdungspotenzial und Unfallrisiko bergen, muss es das Ziel sein, diese Art der Arbeiten zu reduzieren und die verbleibenden, repetitiven Aufgaben maschinell umzusetzen.

Eine durchgängige integrale Planung in Verbindung mit richtig ausformulierten BIM-Anwendungsfällen ermöglicht eine durchgängige Übertragung des digitalen Zwillings auf die Baustelle. Dieser Ansatz bildete die



# CALVIAS

**Natürlich von Calvias:**  
Innovative TGA-Lösungen für grüne Gebäude.



**GREEN DEAL  
NEEDS  
GREEN  
BUILDINGS!**

Innovativ

Effizient

Verlässlich

Ökologisch

Echt

Kompetent

Unternehmen der **CALVIAS** Gruppe



**CALVIAS**  
GEBÄUDETECHNIK



**BOLWIN & HEEMANN**  
TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG



**AQUA THERM**  
TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG



**NEUEFEIND**  
TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG



**AQUA INSTALACIJE**  
TEHNIČKO OPREMANJE OBJEKATA



**PITTHAN**  
ELEKTROTECHNIK

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

Grundlage für einen neuen innovativen Ansatz, der Befestigungssystemlösungen und Gerätetechnik miteinander verbindet. Im digitalen Modell lassen sich im Rahmen einer detaillierten Planung mit sehr geringem Aufwand entscheidende Parameter der Befestigung integrieren. Die im Modell definierten Befestigungen von TGA-Aufhängungen oder auch Deckenelementen können mit Attributen des Typs versehen werden, beispielsweise „Dübel“ oder „Betonerschraube“. Die dazugehörigen Parameter „Bohrlochdurchmesser“ oder „Einbindetiefe“ lassen sich ohne zusätzliche graphische Darstellung im Modell hinterlegen. Da das für jede Bohrung einzeln möglich ist, ergeben sich automatisch

alle Koordinaten der Bohrungen im Modell. Die Koordinaten lassen sich mit der Verortung des Gesamtgebäudes in Bezug setzen und einfach auf eine Station übertragen. Somit liegen alle notwendigen Informationen für die Durchführung der Bohrung in digitaler Form auf der Baustelle vor.

Aufbauend auf diesen Informationen konnte eine teil-automatisierte Bohrmethode entwickelt werden (Abbildung 5): Ein computergesteuerter Bohrroboter, der basierend auf digitalen Bohrinformationen die Deckenbohrungen autonom durchführen kann. Durch die Verwendung der digitalen Informationen wird ein verlässliches Bohrbild gewährleistet. Des Weiteren verringert der Bohr-

boter die hohe Arbeitsbelastung der Mitarbeiter im Vergleich zum traditionellen händischen Bohren, da der Mitarbeiter nicht den Risiken „Höhe“, „Vibration“ und „Staub“ ausgesetzt ist. Auch werden Fehler eliminiert, die durch manuelles Einmessen entstehen können, da das digitale Gebäudemodell immer die Basis der Bohrung bildet. Durch Sensorik wird das digitale Gebäudemodell immer mit der Wirklichkeit abgeglichen. Einhergehend ist eine termingerechte Taktsteuerung für den Bohrfortschritt auf der Baustelle, die auf einem nahtlosen digitalen Arbeitsprozess aufbaut und jederzeit eine Fortschrittskontrolle in der Ausführungsphase ermöglicht (Abbildung 6).

Erste Projekterfahrungen haben gezeigt, dass mit dem computergesteuerten Bohrroboter erhebliche Produktivitätssteigerungen erzielt werden können. Zum einen können die Bohrungen von nur noch einer Person und mit einer höheren Stückzahl ausgeführt werden. Zum anderen benötigen nachfolgende Gewerke eine kürzere Installationszeit, da ein separates Einmessen und Bohren unnötig wird.

### Fazit

Der digitale Wandel macht auch vor der Baustelle nicht halt und damit auch nicht vor Herstellern von Bauprodukten. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass ein Hersteller sich Prozesse und neue Ansätze überlegt, wie er den Sprung in das digitale Zeitalter bewältigt. Am Beispiel der von der Firma Hilti definierten BIM-Anwendungsfälle konnte eine klare Implementierungsstrategie von BIM durch einen Hersteller gezeigt werden. Dabei können Kunden je nach Projektstatus und -anforderungen alle oder nur die für sie relevanten und angepassten Anwendungsfälle in Anspruch nehmen. Um allerdings den Mehrwert der Anwendungsfälle umfassend zu ermöglichen, ist eine frühe Einbindung nötig, damit notwendige digitale Informationen zum richtigen Zeitpunkt und in der entsprechenden Qualität erfasst werden. Langfristig erzeugt eine solche frühe Einbindung für alle Seiten eine Win-Win-Situation.

Neben der Implementierung von Anwendungsfällen offeriert der digitale Wandel aber auch die Möglichkeit, Innovationen für die Baustelle voranzutreiben. Der computergesteuerte Bohrroboter ist ein Beispiel dafür, wie digitale Informationen die Entwicklung von neuen Geräten und Einbaumethoden ermöglichen. Die Bohrautomation ist ein wesentlicher Beitrag zur Produktivität aber auch zur Arbeitssicherheit auf Baustellen. ◀



Abbildung 5: Einsatz des computergesteuerten Bohrroboters Hilti Jaibot für Überkopf-Bohrungen

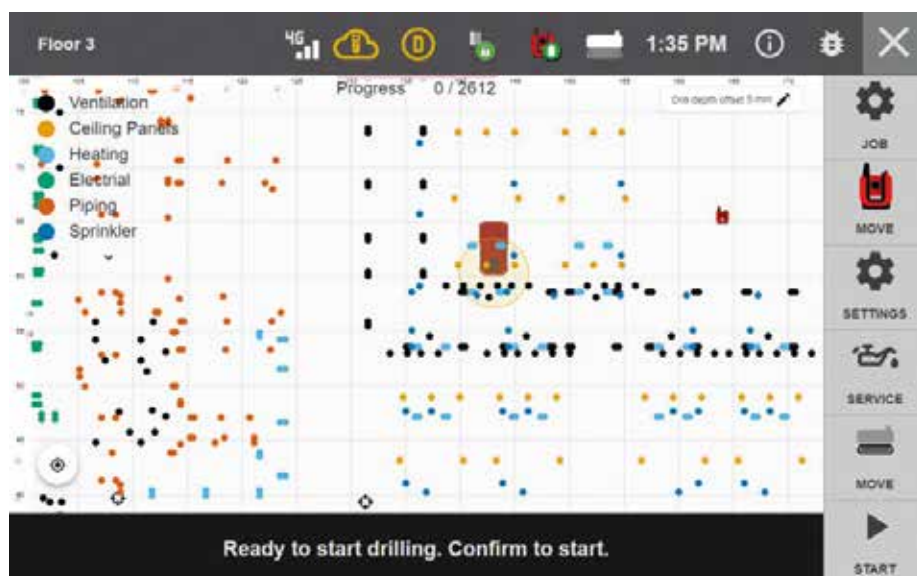


Abbildung 6: Typ und Fortschrittsanzeige der Bohrungen



Abbildung: Ralf Dunker / LTG AG

# Bedeutung der Innenraumlüftung im Pandemiefall

## Imagewandel der Raumlufttechnik in der öffentlichen Wahrnehmung



Dipl.-Ing. (FH)  
Clemens Schickel,  
Geschäftsführer  
Technik  
des BTGA e.V.

Seit Beginn der SARS-CoV-2-Pandemie im Frühjahr 2020 stehen Fragen rund um die Ausbreitung von Viruserkrankungen und die Entwicklung der 7-Tage-Inzidenz im Fokus des öffentlichen Interesses. Zunächst wurde die Schmierinfektion als Haupt-Übertragungsweg eingeschätzt und als geeignete Schutzmaßnahmen die AHA-Regeln eingeführt – also Abstand einhalten, Hygieneregeln beachten (Niesen, Husten, Händehygie-

ne) und die allgemeine Maskenpflicht („Alltagsmaske“). Schnell erkannte die Wissenschaft jedoch, dass der Übertragungsweg „Luft“ eine wesentliche Rolle bei der Ausbreitung der Infektion spielt: Aerosole bieten den Viren eine nahezu perfekte Möglichkeit, von einer infizierten Person emittiert zu werden und von sich in der Nähe befindenden Personen über die Schleimhäute und Atemwege aufgenommen und so verbreitet zu werden. Damit kam auch die genauere Betrachtung der Raumlufthygiene hinzu, die Regeln wurden um ein „+L“ für das Lüften ergänzt. Einige Experten haben inzwischen ein weiteres „+L“ als Symbol für den Einsatz von Raumluftreinigern hinzugefügt. Von anderer Stelle wird ein „+C“ ergänzt, das auf den Einsatz der Corona-Warnapp hinweisen soll.

Auch nach nahezu zwei Jahren, in denen wir uns mit dem Virus auseinandersetzen mussten, konnte noch keine Entwarnung gegeben werden. Nicht zuletzt aufgrund der

Mutationen, hier genannt sei das Auftreten der Omikron-Variante, ist ein Ende der notwendigen Einschränkungen zur Verringerung der Infektionszahlen nicht in Sicht. Allerdings gibt es verlässliche Aussagen zum richtigen Verhalten in der Pandemiezeit. Für den sicheren Aufenthalt in Innenräumen, in denen sich Personen aus verschiedenen Haushalten länger aufhalten, ist das Erstellen eines Lüftungskonzeptes und das strikte Einhalten der dort festgelegten Regeln unerlässlich. Der wichtigste Faktor für die Vermeidung von Infektionen in Innenräumen ist, dass ein ausreichender Austausch von Raumluft und Außenluft sichergestellt wird. Dieser Austausch kann manuell, mechanisch oder durch eine Mischung aus diesen Möglichkeiten erfolgen. Eine manuelle Lüftung, beispielsweise durch das Öffnen von Außenfenstern, führt jedoch nicht immer zum gewünschten Erfolg. Ein zuverlässiger, dauerhafter Luftaustausch ist durch die Fensterlüftung nicht zu erreichen. In Abhängigkeit



von physikalischen Parametern wie Winddrücken oder Temperaturdifferenzen innerhalb und außerhalb des Raums, stellt sich ein nicht vorherbestimmbarer Luftwechsel ein. Das rechtzeitige – gegebenenfalls angezeigt durch eine CO<sub>2</sub>-Ampel – und regelmäßige Öffnen und Schließen der Fenster wird von den Raumnutzern vorgenommen. Das erfordert eine gewisse Disziplin und auch die Akzeptanz niedrigerer Raumtemperaturen – gerade in der kalten Jahreszeit.

### Kontrollierter Luftaustausch durch RLT-Anlagen

Um einen dauerhaften, regelmäßigen und definierten Luftwechsel sicherstellen zu können, muss auf mechanisch angetriebene Systeme zurückgegriffen werden. Korrekt geplante und ausgeführte Raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) tragen wesentlich zu einer gesundheitlich zuträglichen Raumlufte und zur Verbesserung der Umgebungsqualität (IAQ – Indoor Air Quality) in Räumen bei. Das gilt sowohl für den Betrieb unter regulären Umständen als auch für Pandemiesituationen, bei denen Infektionen durch Aerosole übertragen werden können. RLT-Anlagen bieten den größtmöglichen Schutz auch vor aerosolbasierten Infektionen. Den wesentlichen Anteil an der positiven Wirkung hat der kontrollierte Austausch von belasteter Raumlufte gegen aufbereitete Außenluft. Die Grundlagen zur Dimensionierung und für das Errichten von RLT-Anlagen wurden im Jahr 1960 gelegt und ständig fortentwickelt, beginnend mit der Norm DIN 1946 Teil 2 „Lüftungstechnische Anlagen (VDI-Lüftungsregeln) – Lüftung von Versammlungsräumen“. Dabei spielen Fragen der Raumluftequalität und der (Raumlufte-)Hygiene stets die Hauptrolle. Aspekte des aktiven Infektionsschutzes in einem Pandemiefall standen bisher nicht im Vordergrund und werden nun erstmals breit diskutiert.

Insbesondere der Frage nach der „richtigen“ Außenluftmenge wurde mit verschiedenen wissenschaftlichen Untersuchungen auf den Grund gegangen. In zahlreichen Laborversuchen an mehreren Universitäten und darauf basierend mit ergänzenden Simulationsrechnungen wurde nach der geeigneten Luftmenge geforscht. Für den wichtigsten Anwendungsfall liegen die Ergebnisse vor: die Nutzung von Räumen zum dauernden Aufenthalt von sitzenden Personen (1 met; Metabolisches Äquivalent: ruhiges Sitzen). Damit sind häufige Anwendungsfälle wie Büronutzung, Schulzimmer oder Besprechungsraum abgedeckt. Die Ergebnisse

zeigen, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Raumlufte als korrelierende Größe für die Beladung der Luft mit Aerosolen herangezogen werden kann. Wird dieser Wert in einem Bereich von ca. 800 bis max. 1.000 ppm CO<sub>2</sub> (Particles per Million) gehalten, ist ein ausreichender Schutz der Personen im Raum vor luftgetragenen Infektionen gewährleistet. Diese Konzentration kann mit einer Außenluftfrate eingehalten werden, die nach DIN EN 16798 Teil 1<sup>1</sup>, Kategorie I berechnet wurde. Eine Anlage mit reinem Außenluftanteil, der idealerweise nach Kategorie I ausgelegt wurde, stellt den Infektionsschutz optimal sicher. Die weiteren Planungsaspekte sind in der Planungsnorm und den einschlägigen Gesetzen enthalten, beispielsweise die Güte der Luftfiltrierung, mindestens ePM1 60 Prozent, die effiziente Energienutzung, vorgegeben durch die zulässigen SFP-Klassen der Ventilatoren, oder die Qualität der Wärmerückgewinnung. Unter anderem sind die Vorgaben des GEG<sup>2</sup> und der Ökodesignrichtlinie<sup>3</sup> einzuhalten. Weitere Maßnahmen sind nicht erforderlich, ein Schutz vor luftgetragenen Infektionen ist gegeben.

### Umluftbetrieb

Manche RLT-Anlagen wurden mit einem Umluftanteil geplant, beispielsweise zur Abfuhr von Wärmelasten. Durch diesen Umluftanteil könnten Aerosole aus einem Raum über die Abluftansaugung der RLT-Anlage geführt und, nach der Luftbehandlung, in einen anderen Bereich transportiert werden. Der Umluftanteil im normalen Betrieb kann durch Umgehungsschaltungen mit luftdichten Klappen vermieden werden, die im Pandemiefall geschlossen werden – sofern das konstruktiv vorgesehen wurde oder nachgerüstet werden kann. Gleichzeitig könnte der Außenluftanteil erhöht werden. Zu beachten ist, dass durch eine größere Außenluftmenge die Zuluft gegebenenfalls nicht in der dem Normalbetrieb entsprechenden Qualität aufbereitet werden kann. Die Anforderungen an Lufttemperatur und -feuchte könnten für diesen Fall eingeschränkt erfüllt werden, was bei der Umplanung der Anlagen beachtet werden muss. Eine Dimensionierung von Wärmeübertragern und Befeuchtern auf diesen Ausnahmefall kann untersucht und die Bauteile können gegebenenfalls angepasst werden. Werden die Luftleitung und deren Bauteile bereits im Rahmen der Anlagenplanung für einen höheren Luftvolumenstrom als im normalen Betrieb benötigt ausgelegt, stehen den erhöhten Investitionskosten geringere Druckverlustwerte gegen-

über, die zu geringeren Betriebskosten führen können.

Die Zentralanlage könnte auch mit geeigneten, zusätzlichen Luftbehandlungseinheiten ausgestattet werden. In einem Filterleerteil kann die Anlage zur Montage von HEPA-Filtern, mindestens HEPA 13 entsprechend der Normenreihe EN 1882<sup>4</sup>, vorgerüstet werden. Im Fall einer (erneuten) Pandemie muss sie dann mit dem entsprechenden Filtermaterial ausgestattet werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass durch die Verwendung von HEPA-Filtern gegenüber Feinfiltern nach ISO 16890<sup>5</sup> ein erhöhter Druckverlust auftritt, den die Ventilatoren der RLT-Anlage zu überwinden haben. Vorfilter sind ebenfalls einzuplanen, da andernfalls mit geringen Standzeiten der HEPA-Filter zu rechnen ist. Der mit der Verwendung dieser Filter verbundene, höhere Energieeinsatz tritt nur auf, wenn diese tatsächlich eingesetzt werden müssen. In dem Fall, also bei einer Pandemiesituation, treten energetische Aspekte jedoch meist hinter die Anforderungen der Infektionsvermeidung zurück. Sollte eine Leistungsvorhaltung der Ventilatoren zur Überwindung dieser zusätzlichen Druckverluste zu einem Regelbetrieb mit niedrigen Wirkungsgraden führen, könnten parallel zum RLT-Gerät Bypass-Luftleitungen mit zusätzlichen Ventilatereinheiten vorgesehen werden. Diese würden nur in dem speziellen Fall einer Pandemie ihren Betrieb aufnehmen und helfen, den zusätzlichen Druckverlust zu überwinden. Für den normalen Betrieb werden die Bypass-Leitungen mit luftdichten Klappen verschlossen. Dadurch wird erreicht, dass die Ventilatoren im regulären Betrieb in ihrem optimalen Betriebspunkt energieeffizient arbeiten können. Das gilt in Analogie auch für eine mögliche Erhöhung der Außenluftfrate im Pandemiefall, die ebenfalls zu höheren Druckverlusten im gesamten Luftleitungsnetz gegenüber dem Normalbetrieb führt.

### Sekundärluftanlagen

Sekundärluftanlagen sind lufttechnische Anlagen, bei denen ein Luftstrom einem Raum entnommen und nach Behandlung demselben Raum wieder zugeführt wird. Dazu zählen auch die zurzeit oftmals geforderten „Luftreiniger“. Diese sind mit qualifizierten Filtersystemen ausgestattet und erlauben das Abscheiden von Aerosolen. Allerdings sind sie nicht in der Lage, die Raumlufte von weiteren Stoffen zu befreien, beispielsweise von flüchtigen organischen Bestandteilen (Volatile Organic Compounds, VOC) oder einer ansteigenden CO<sub>2</sub>-Konzentration. Auch



weitere Systeme zur Luftbehandlung stehen bereits seit längerem und unabhängig von der aktuellen Pandemielage zur Verfügung. Dazu zählen die Bestrahlung mit UV-C Licht, Ionisations- und Plasmatechnologien oder eine Ozonbehandlung. Dabei treten nur geringe Druckverluste auf, jedoch werden die Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten durch den Einsatz deutlich steigen. Jedes der Systeme weist spezifische Vor- und Nachteile auf. Welches der genannten Systeme für den jeweiligen Einzelfall geeignet ist, muss im Rahmen der Anlagenplanung untersucht werden. Ein geregelter Ersatz der Raumluft durch (aufbereitete) Außenluft ist bei einem Einsatz von Sekundärluftgeräten weiterhin erforderlich.

#### Fazit

Mit zunehmender Pandemiedauer und den damit verbundenen Einschränkungen, beispielsweise der Maskenpflicht bei einem Aufenthalt in Innenräumen, wird der Nutzen

des Einsatzes von RLT-Anlagen immer deutlicher. Nicht nur sorgen sie im normalen Betrieb für eine gesundheitlich zuträgliche Innenraumqualität, sondern sie tragen auch erhöhten Anforderungen an die Aufbereitung der Raumluft Rechnung.

Der zurzeit vielfach geforderte Einsatz von Sekundärluftgeräten kann nur als kurzfristige und nicht nachhaltige Ad-hoc-Lösung betrachtet werden. Vielmehr müssen bereits bei der Planung von Gebäuden oder deren Sanierung grundsätzliche Überlegungen zum Erhalt einer zuträglichen Raumluftqualität angestellt werden. Fachleute aus verschiedenen Disziplinen entwickeln technisch korrekte und wirtschaftlich vertretbare Lösungen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden zusätzlich in die Normen- und Richtlinienwerke zu überführen sein, um schließlich zu „anerkannten Regeln der Technik“ zu werden. Nicht zuletzt haben auch die Verbände Hinweise und Handlungsempfehlungen gegeben.<sup>6</sup> Berechnungsansätze zur Bewer-

tung von Kombinationen aus RLT-Anlagen und Sekundärluftsystemen bietet beispielsweise der Status-Report 52<sup>7</sup> des FGK.

Viele interessante Entwicklungen werden zweifellos folgen und die positiven Wirkungen der Lüftungstechnik in der Öffentlichkeit weiter bekannt machen. ◀

<sup>1</sup> EN 16798-1:2021-04 „Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik“.

<sup>2</sup> GEG: Gebäudeenergiegesetz.

<sup>3</sup> ErP Energy related Products 2009/125/EG.

<sup>4</sup> DIN EN 1822:2019-10 „Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA)“.

<sup>5</sup> DIN EN ISO 16890:2017-08 „Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik“.

<sup>6</sup> BTGA, FGK, RLT-Hersteller: „Betrieb Raumlufttechnischer Anlagen unter den Randbedingungen der aktuellen Covid-19-Pandemie“ Stand 03.08.2020, [www.btga.de](http://www.btga.de).

<sup>7</sup> Status-Report 52 „Anforderungen an Lüftung und Luftreinigung zur Reduktion des Infektionsrisikos über den Luftweg“, [www.fgk.de](http://www.fgk.de).

# DAS BESTE HOTEL DER STADT. ABER LEIDER DER ZWEITBESTE BRANDSCHUTZ.

Alles vom Feinsten, dafür beim baulichen Brandschutz in der Haustechnik gespart? Eine Rechnung, die im Ernstfall nie aufgeht, weil solche Entscheidungen richtig teuer werden können. Entscheiden Sie sich lieber für den erstklassigen Conlit Brandschutz mit nichtbrennbaren Steinwolle-Dämmstoffen von ROCKWOOL: Schmelzpunkt > 1000 °C, Feuerwiderstand bis zu 120 Minuten.

**Übernehmen Sie beim Brandschutz die 1000 °C-Verantwortung!**



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



# Vorfertigung mit System und nach Maß

Skid-Lösungen sorgen für zeitliche Entlastung und effizientere Abläufe beim Projekt vor Ort

*Wie lässt sich insbesondere bei Großprojekten der Ablauf noch reibungsloser und zügiger realisieren? Eine Antwort darauf ist die Implementierung von Standardlösungen und Prozessen. Als Anbieter von Systemen für die Heizungs- und Warmwasserversorgungstechnik setzt Reflex Winkelmann konsequent auf Vorfertigung. Diese Skid-Lösungen erweisen sich als höchst effizient. Sie bieten viele Vorteile für die herstellende Seite, für den Installateur und für den Betreiber vor Ort.*



Matthias Feld,  
Key Account  
Manager District  
Heating & Cooling,  
Reflex Winkelmann  
GmbH,  
Ahlen

Standardlösungen und Prozesse sorgen für einen reibungslosen und zügigen Ablauf von Großprojekten. Dabei gewinnt das Thema „Vorfertigung“ mehr und mehr an Bedeutung. Neben Container-Lösungen im Freien kommen auch vorgefertigte Systeme im Inneren von Gebäudekomplexen zum Einsatz. Dabei profitieren Planer und Fachhandwerker in großen Wohnkomplexen und Schulen wie auch in Fußballarenen, Flughäfen, Fernheizzentralen, Kraftwerken und Industrieobjekten. So werden die Produkte in Heiz- und Kühlzentralen, ebenso in Wasserversorgungs- und Solaranlagen jeglicher Gebäudetypen wie Größenordnungen verbaut. Es sind aufeinander abgestimmte Systemlösungen unter anderem für Druckhaltung, Entgasung, Wasseraufbereitung und auch Verteilertechnologie und hydraulische Weichen. Bei der Entwicklung dieser Lösungen liegt, neben der Steigerung der Energieeffizienz, der Fokus auf Komfort und Bedienfreundlichkeit.

## Vorproduzierte Module für Rechenzentren

Das Beispiel „Rechenzentren“ zeigt die wachsende Bedeutung der Vorfertigung: Die Betreiber und Planer schreiben hier oft eigene Standards vor. Auch in diesem hochsen-

siblen Segment – gemäß den komplexen Anforderungen vor Ort – lassen sich komplett vorproduzierte Module integrieren. Diese sogenannten Skids werden nach Maßgabe der kundenspezifischen Parameter konzipiert und gefertigt. Es sind vorgefertigte und vorab getestete Komplettlösungen für Druckhaltung, Entgasung, Nachspeisung und Wasseraufbereitung, inklusive vollständiger Verrohrung und intelligenter Steuerung. Damit können die einzelnen Komponenten miteinander vernetzt und per Master-Slave-Schaltung aufeinander abgestimmt werden. Letzteres sichert im Fall einer Störung ein Back-Up und garantiert somit maximale Zuverlässigkeit und Funktionalität.

Die vormontierte Systemgruppe kann schnell und reibungslos vor Ort integriert

werden. Dabei gehören Montagefehler, die bei erforderlichen komplexen Einzelinstallationen nicht ausgeschlossen wären, der Vergangenheit an. Der Montageaufwand beim Anwender wird deutlich reduziert.

## Via Lkw angeliefert – ohne Sondertransport

Große Skids können in kleineren Einheiten geliefert werden, damit keine Sondertransporte erforderlich sind. Die einzelnen Skids werden via Lkw angeliefert und können dann am Einsatzort ohne viel Aufwand zusammengefügt und angeschlossen werden. Dank „Plug and Play“ erhöht sich der Komfort – bei weniger Installationsaufwand. In der Regel werden Skid-Lösungen im Inneren von Gebäudekomplexen eingesetzt – doch Aus-



Alle Abbildungen Reflex-Winkelmann GmbH

Abbildung 1:  
Skid für ein  
Datencenter



Abbildung 2:  
Druckhaltestation  
nach TRD 604 Bl. 2  
auf einem Skid  
betriebsbereit montiert – „Plug and Play“

nahmen bestätigen diese Regel. Alternativen sind insbesondere dann gefragt, wenn es die räumliche Situation nicht zulässt.

Eine Option ist das Aufstellen der Systemlösungen im Freien (Abbildung 3). Hier haben sich in der Praxis Container bewährt, wie bei einem realisierten Großprojekt in der Schweiz: die Planung und Umsetzung einer Sonderdruckhaltung im Werk Untervaz des größten Zementherstellers des Landes. In der bestehenden ORC-Anlage vor Ort galt es, einen Zwischenkreis herzustellen, mit dem die Abgaswärme von 420 Grad Celsius genutzt werden kann. Durch den weiteren Zwischenkreis kann die Abgaswärme auf 220 Grad reduziert werden. Dabei

wird die Abgaswärme mit einer Dampfturbine via Generator in Strom umgewandelt; dadurch entsteht eine zusätzliche Nennleistung von rund 1,92 MW. Dieser Wert entspricht einer Jahresleistung von rund 14 Gigawattstunden, womit sich etwa 3.500 Haushalte mit Strom versorgen ließen. Im Zementwerk wurde der Stromeinkauf dadurch zusätzlich um 20 Prozent verringert. Bezüglich der Vorfertigung wurde die komplette Druckhaltung konzipiert und unter freiem Himmel aufgestellt. Das Hydraulikmodul mit Pumpen und zwei Überstromventilen und auch die Steuereinheit wurden vollständig in einem Container montiert und angeliefert.

### Weitere Vorfertigungsmöglichkeiten

Zwar sind Vorfertigungen im Markt noch nicht sehr verbreitet, sie erfreuen sich aber einer immer größeren Beliebtheit. Der Hauptgrund dafür ist, dass sich die Rahmenbedingungen in den zurückliegenden Jahren verändert haben: Der Arbeitsalltag ist heute komplexer und vernetzter, alles muss möglichst schnell und Hand in Hand über die Bühne gehen. Vorgefertigte Systemteile werden diesem Anspruch gerecht. Sie bieten einen hohen Grad an Entlastung, sodass sich der Kunde auf sein Kerngeschäft konzentrieren kann. Zu den vorgefertigten Systemteilen gehören nicht nur Skid-Lösungen, sondern auch individuell vorgefertigte Anlagen. Die Komponenten werden hier gemäß den Kundenbedürfnissen individuell vorgefertigt und können beispielsweise schon bei Lieferung aus einem Verteiler, Heiz- oder Kühlkreisen, der Einspeisung und Pumpen bestehen.

### Fazit

Wer konsequent auf vorgefertigte Module setzt, vereint viele Vorteile innerhalb seines Großprojekts: angefangen bei der zeitlichen Entlastung und effizienteren Abläufen bei Planern, Ingenieuren und Fachhandwerkern im Berufsalltag über eine bestmögliche Bauqualität bis hin zu einer termingerechten Lieferung. Nicht zu unterschätzen ist auch der wirtschaftliche Aspekt: Skid-Lösungen ermöglichen eine deutliche Entlastung des Kostenbudgets. ◀



Abbildung 3:  
Untervaz (CH): Vorfertigung  
einer Druckhaltestation –  
im Freien installiert

# CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Gebäudetechnik

## Lebenszyklusanalyse einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

*Die nachhaltige Entwicklung und die Bewertung der Umweltverträglichkeit von Gebäuden gewinnen immer mehr an Bedeutung. Die Umweltauswirkungen der gebäudetechnischen Anlagen stehen jedoch nicht im Mittelpunkt der meisten aktuellen Studien. Demgegenüber hat die energetische Optimierung in der Nutzungsphase der Gebäude bereits ein hohes Niveau erreicht. Allerdings besteht sowohl bei den Bauprodukten als auch bei der Technischen Gebäudeausrüstung noch ein hohes Optimierungspotenzial. Die Optimierung des Energieverbrauchs von Klimaanlage erfordert die Installation neuer Produkte und hat zu einem höheren Anteil an grauen Treibhausgasemissionen geführt, beispielsweise bei Lüftungssystemen mit Wärmerückgewinnung. Anstatt sich nur auf die Verringerung des betrieblichen Energiebedarfs und der damit verbundenen Treibhausgasemissionen zu konzentrieren, ist es wichtig, eine Nachhaltigkeitsbewertung vorzunehmen. Diese berücksichtigt den gesamten Lebenszyklusbeitrag und die Auswirkungen von Bauprodukten und deren Herstellung. Ziel dieser Studie ist es, einen zuverlässigen Ansatz zur Bewertung und Quantifizierung der mit den Elementen und Komponenten einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in einem Mehrfamilienhaus verbundenen grauen Emissionen zu liefern. Die Studie entstand im Rahmen der Doktorarbeit „Umweltbewertung und Lebenszyklusanalyse von Gebäuden und Gebäudetechnik“ an der Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik und unter Betreuung der TU Darmstadt, Fachgebiet Stoffstrommanagement und Ressourcenwirtschaft.*



Dipl.-Ing.  
Zahra Mehdipour,  
Senior Sustainability  
Expert and  
Digitalization,  
Ph.D. Researcher  
Uni Kassel



Alexander Hollberg  
Assistant Professor,  
Architecture and  
Civil Engineering,  
Building Technology,  
Sustainable Building,  
Chalmers University

Der Gebäudesektor ist ein wichtiger Schlüssel für den kostengünstigen Klimaschutz weltweit. Als zweitgrößter globaler Kohlendioxid-Emittent nach der verarbeitenden Industrie trägt er mit einem Anteil von fast einem Drittel zu den globalen Gesamtemissionen bei (International Energy Agency (IEA 2019; Riffat SB 2015)).

Derzeit konzentrieren sich die meisten der verfügbaren Optimierungslösungen auf die Verringerung der betrieblichen Treibhausgasemissionen (THG). Welchen Einfluss die Bauprodukte, die für die Bausubstanz, den Ausbau und die Technische Gebäudeausrüstung verwendet werden, auf die THG haben, wurde in der Literatur jedoch kaum beschrieben.

Die Dekarbonisierung während der Herstellungs-, Transport-, Bau- und End-of-Life-Phase von Gebäuden stellt eine kritische Frage für die Bestandteile ihrer Produkte und Herstellungsprozesse dar. In der Regel wird die Dekarbonisierung durch die in Baumaterialien und -produkten enthaltenen, grauen Treibhausgasemissionen gemessen. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Reduzierung des so genannten Embodied Carbon wird das Wissen über Bauprodukte und die Treibhausgasemissionen der Bauelemente immer wichtiger.

Embodied Carbon kann bei im Betrieb sehr energieeffizienten Gebäuden für einen großen Anteil der gesamten THG-Emissionen über den Lebenszyklus verantwortlich sein. So führt beispielsweise die detaillierte Berücksichtigung der Technischen Gebäudeausrüstung in der Ökobilanz eines Passivhauses zu einer Erhöhung des Embodied Carbon um 30 bis 45 Prozent (Röck et al. 2020). Die richtige Material- und Produktauswahl hat demnach einen großen Einfluss auf die Embodied Carbon-Optimierung.

Auf der Grundlage einer IRP-Modellierung (International Resource Panel) können die THG-Emissionen aus dem Materialkreislauf von Wohngebäuden in China und den G7-Staaten bis zum Jahr 2050 durch den Einsatz einer Reihe von Materialeffizienzstrategien um mindestens 80 Prozent gesenkt werden. Konstruktionen mit geringerem Materialverbrauch, eine intensivere Nutzung der Gebäude und bessere Recyclingtechniken zur Wiederverwendung von Baumaterialien können als die vielversprechendsten Lösungsmöglichkeiten angesehen werden.

Das Konzept für die Integration eines mechanischen Lüftungssystems in die Gebäude wird immer wichtiger, um ein hohes Leistungsniveau unter verschiedenen Gesichtspunkten wie Luftqualität (nach der Verbes-



serung der Luftdichtheit und des thermischen Komforts) oder optimierte Energieziele zu erreichen. Außerdem kann es zu einer höheren Energieeffizienz während der Betriebsphase führen. Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann aufgrund des für den Betrieb benötigten Stroms und des allgemein zunehmenden Material- und Ressourcenverbrauchs in der Produktionsphase ebenfalls zu einem Rebound-Effekt führen, der negative Umweltauswirkungen nach sich ziehen kann. Es ist deshalb wichtig, Methoden zu entwickeln, die eine detaillierte Analyse der Umweltauswirkungen von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen (HLK-Anlagen) über den gesamten Lebenszyklus ermöglichen.

### Lebenszyklusanalyse und Embodied Carbon

Die Methode der Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment – LCA) (ISO, 2006a) ist eines der wichtigsten Managementinstrumente für die ganzheitliche Bewertung der Nachhaltigkeit in der Bauindustrie. Die ganzheitliche Perspektive verringert das Risiko, dass die Auswahl und Analyse einer technischen Strategie und Lösung, die zur Senkung des Heizenergiebedarfs (während der Betriebsphase der Gebäude) vorgeschlagen wird, die Umweltauswirkungen einfach von einer Lebenszyklusphase in eine andere oder von einer Art von Umweltauswirkungen in eine andere verschiebt.

Die Lebenszyklusanalyse wurde für die Berechnung der grauen Treibhausgasemissionen angewandt. Die Produktionsphase (Vornutzungsphase) ist ausschlaggebend für den Verbrauch an grauen Treibhausgasemissionen bei der Herstellung der Lüftungskomponenten und des Lüftungssystems.

Ökobilanzierung könnte eine Methode zur Bewältigung der Herausforderungen im Zusammenhang mit dem technologischen Fortschritt im Bausektor unterstützen und eine Methode zur Quantifizierung der Auswirkungen von Produkten und Technologien entwickeln.

Ziel ist es, mehr Transparenz für die Interpretation in der Ökobilanz und die detaillierte Bewertung von gebäudetechnischen Lösungen zu schaffen. Für die Berechnung der Umweltindikatoren wurde die Folgenabschätzungsmethode ReCiPe2016 Midpoint Level gewählt, um die Auswirkungen auf den Klimawandel (GWP) in  $\text{kgCO}_2\text{e}$  für das bewertete Lüftungssystem zu berechnen und ecoinvent v3 wurde für die Bestandsaufnahme der Lebenszyklusdaten implementiert.  $\text{CO}_2$ -Emissionen werden in den meisten Studien zur Messung von Treibhausgasemissionen verwendet, und auch diese Studie folgt dieser Praxis für die Berechnung.



## Geben Sie Keimen keine Chance. Mit Wilo-ThermoDes.

Mit dem Kauf einer Druckerhöhungsanlage von Wilo sind Sie auf der sicheren Seite. Alle Anlagen werden vor Auslieferung zusätzlich zur chemischen Desinfektion auch thermisch desinfiziert. Betreiber und Verarbeiter, die auch nachträgliche Verkeimungen, zum Beispiel bei Transport oder Lagerung, ausschließen wollen, können auf Wilo-ThermoDes mobil zurückgreifen.

#### Ihre Vorteile:

- Echtes Hygiene-Plus dank Wilo-ThermoDes-Verfahren
- Präventive Hygienemaßnahme dank doppelstufiger Desinfektion aller Druckerhöhungsanlagen im Produktionswerk
- Einhaltung der mikrobiologischen Anforderungen der Trinkwasserverordnung
- Maximale Sicherheit und Flexibilität auch am Einbauort dank Wilo-ThermoDes mobil
- Wirksamkeit des Verfahrens bestätigt vom unabhängigen Rheinisch-Westfälischen Institut für Wasser mit Schwerpunkt auf der Eliminierung von *Pseudomonas aeruginosa* (PSA)
- Garantierte Sicherheit im Zweifelsfall



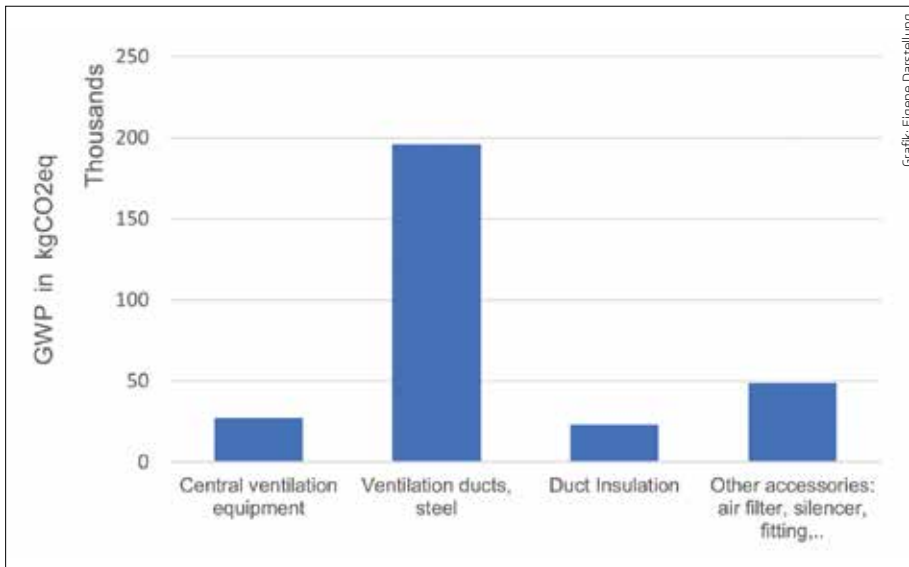


Abbildung 1: Ergebnisse des Treibhauspotenzials (GWP) für das bewertete Lüftungssystem in kgCO<sub>2</sub>e

### Bestandsanalyse Lüftungsanlage

Die Auslegung der zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und ihrer Komponenten basiert auf der Überwachung und Simulation eines typischen Mehrfamilienhauses mit der Software TRNSYS, um den Heizenergiebedarf für das ausgewählte Gebäude zu ermitteln. Der berechnete jährliche Betriebsenergieverbrauch wird für die Berechnung und Auslegung des Wärmerückgewinnungslüftungssystems, der Luftkanäle und anderer Komponenten kalkuliert.

In der Studie wurde das Lüftungssystem für ein typisches Mehrfamilienhaus untersucht, da die Anwendung eines solchen

Systems für größere Wohngebäude eingeschränkt ist. Ein typisches Mehrfamilienhaus in Frankfurt am Main wurde im Detail untersucht. Das Wohngebäude besteht aus insgesamt acht Wohnungen mit 580 m<sup>2</sup> Heizfläche.

### Ergebnisse und Fazit

Abbildung 1 zeigt die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Lüftungskomponenten während des Lebenszyklus für die Fallstudie. Die Ergebnisse der Lebenszyklusuntersuchung stellen das Treibhauspotenzial für das zentrale Lüftungsgerät, verschiedene Luftkanäle (Stahlkanäle), die Isolierung der Kanäle

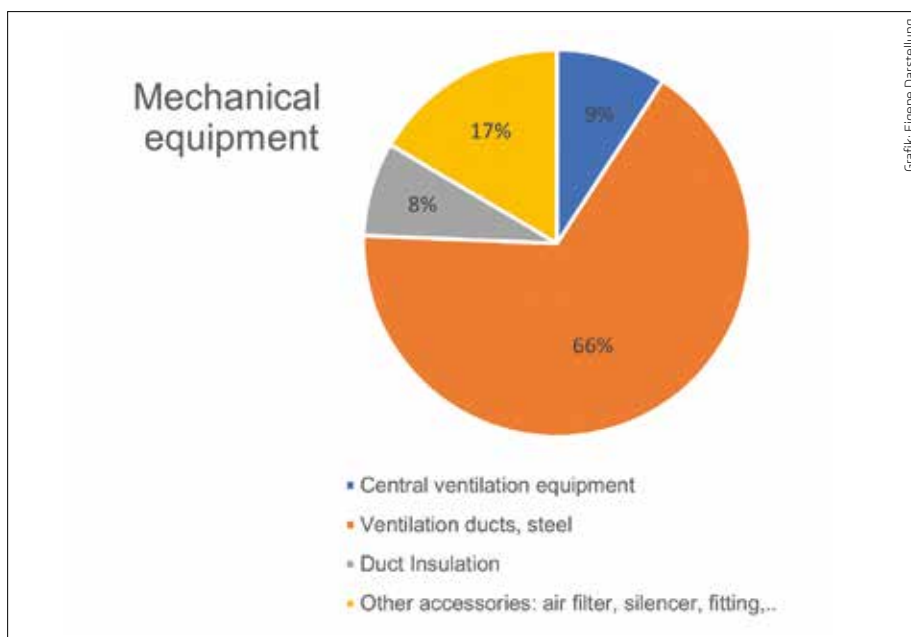


Abbildung 2: Das Verhältnis von GWP für die Lüftungsanlagen

und andere mechanische Geräte (Lufteinlass und -auslass, Filter, Schalldämpfer usw.) dar.

Die Ergebnisse der Ökobilanz zeigen, dass das Treibhauspotenzial der bewerteten zentralen Lüftungsanlage 295,13 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent beträgt.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über das Verhältnis des Treibhausgaspotenzials für die Ergebnisse der Lüftungsanlagen: Die zentrale Lüftungsanlage trägt zu neun Prozent der gesamten CO<sub>2</sub>-e bei.

Darüber hinaus zeigt die detaillierte Ökobilanz der Lüftungsanlage, dass die Luftkanäle aus Stahl den höchsten Beitrag zum GWP leisten, der 66 Prozent des Gesamtbeitrags der Lüftungsanlage ausmacht.

Eines der Hauptziele solcher Studien ist es, Transparenz über die tatsächlichen Auswirkungen der Technischen Gebäudeausrüstung auf die THG-Bilanz zu schaffen. Vereinfachungen sollen vermieden werden, da sie zu ungenauen und irreführenden Berechnungen der Umweltauswirkungen führen können.

Schließlich besteht noch die Notwendigkeit, Optimierungsziele festzulegen, um die Technische Gebäudeausrüstung in die zukünftige Bewertung und die Dekarbonisierung des Gebäudesektors einzubeziehen. ◀

### Literatur:

Röck, Martin; Ruschi, Marcella; Saade, Mendes; Balouktsi, Miria; Nygaard Rasmussen, Freja; Birgisdottir, Harpa; Frischknecht, Rolf; Habert, Guillaume; Lützkendorf, Thomas u. Passer, Alexander: Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation, Applied Energy Volume 258 (2020).

Anderson, John E.; Wulfhorst, Gebhard u. Lang, Werner: Energy Analysis of the Built Environment – A Review and Outlook., in: Renewable and Sustainable Energy Reviews 44 (2015), S. 149-158.

Hollberg, Alexander u. Ruth, Jürgen: LCA in Architectural Design – A Parametric Approach, in: The International Journal of Life Cycle Assessment 21/7 (2016), S. 943-960.



Alle Fotos/Grafiken: Viega

Abbildung 1:  
Zeitgemäße Neubauten sind hervorragend gedämmt, beispielsweise dieses Mehrfamilienhaus in Niederbayern. Umso mehr Aufmerksamkeit gilt jetzt dem Energiebedarf für die Bereitung von Trinkwasser warm, um die Ökobilanz noch weiter zu verbessern.

## Nachhaltige Trinkwasser-Installationen unterstützen Hygiene

In der Frühphase der Auslegung die Basis für ressourcenschonende Warmwasserbereitung legen

*Warmwasserführende Trinkwasser-Installationen müssen zukünftig nicht nur unter hygienischen, sondern auch unter energetischen und ressourcenschonenden Aspekten bewertet werden – denn nur so sind nennenswerte Fortschritte in der Verringerung des Primärenergiebedarfs in Gebäuden zu erreichen. Durch eine qualifizierte Auslegung gibt es bereits heute diverse Ansatzpunkte, um den Aufwand für die Bereitung von Trinkwasser warm deutlich zu senken.*



Dr. Christian Schauer,  
Director des  
Kompetenzzentrums  
Wasser, Corporate  
Technology,  
Viega GmbH & Co. KG,  
Attendorn

Die Heizlast von Gebäuden ist in den vergangenen Jahren über gedämmte Gebäudehüllen stark reduziert worden. Bedarfswerte von  $<35 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  werden zum Standard. Und selbst für öffentlich-gewerblich genutzte Objekte ist mit einem Heizwärmebedarf von  $= 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  der Passivhausstandard kei-

ne Zukunftsmusik mehr (Abbildung 1). Viele Neubauten erzeugen als Energie-Plus-Gebäude im rechnerischen Durchschnitt mittlerweile sogar mehr Energie, als sie im Betrieb verbrauchen.

Durch diese Effizienzverbesserungen rückt automatisch der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung als neues Handlungsfeld in den Fokus, da der Aufwand zur Erzeugung von Trinkwasser warm aufgrund des gesunkenen Anteils für Raumwärme mittlerweile schon bei etwa 20 Prozent des Primärenergieeinsatzes liegt (Quelle: AG Energiebilanzen; Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen).

Doch auch eine ressourcenschonende, nachhaltige Trinkwasser-Installation – insbesondere in Gebäuden mit Abgabe von Trinkwasser an die Öffentlichkeit – steht dabei selbstverständlich immer unter dem Pri-

mat des Erhalts der Trinkwasserhygiene. Ein wichtiges Stichwort ist hier die (noch) gültige  $60/55\text{-}^\circ\text{C}$ -Regel aus dem DVGW-Arbeitsblatt W 551. Danach darf bekanntlich nirgendwo im gesamten Rohrleitungsnetz von Trinkwasser warm bzw. der Zirkulation von Trinkwasser warm (PWH-C) die Anlagentemperatur bis zum Wiedereintritt in den Trinkwassererwärmer unter  $55\text{ }^\circ\text{C}$  absinken. Der dafür notwendige Energieeinsatz ist aber insbesondere in weitläufigen Installationen beträchtlich. Zudem steht er dem zunehmenden Einsatz von ressourcenschonenden Wärmepumpen diametral gegenüber, da diese die notwendigen Vorlauftemperaturen in aller Regel nicht ohne (elektrische) Zusatzheizung erreichen.

Trotzdem kann der Primärenergieeinsatz noch deutlich verringert werden – und zwar über eine ganzheitliche Betrachtung

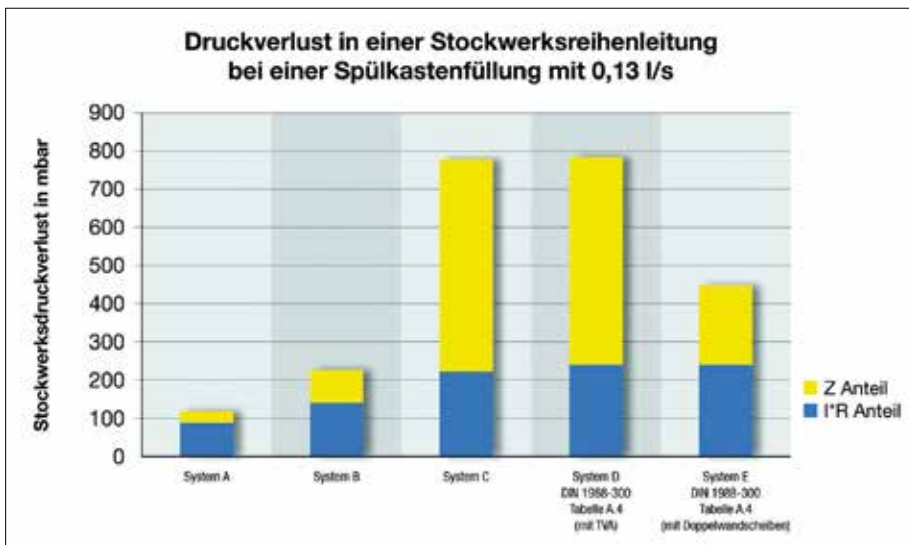


Abbildung 2: Formteile haben einen massiven Einfluss auf die Druckverhältnisse in einer Stockwerksinstallation, je nach Rohrleitungssystem bis zu 75 Prozent. Deswegen sollte aus energetischen wie hygienischen Gründen immer mit den realen Zeta-Werten gerechnet werden.

der Trinkwasser-Installation und der an sie gestellten Nutzungsanforderungen. Denn schon in der Frühphase der Auslegung werden die Weichen nicht nur für den hygiene-gerechten, sondern gleichermaßen für einen ressourcenschonenden und damit nachhaltigen Betrieb der Trinkwasser-Installation gelegt. Die entscheidenden Einflussgrößen dafür sind:

- die bedarfsgerechte Dimensionierung der Rohrleitungen mit realen, herstellereigenen Zeta-Werten,
- die Erwärmung des Trinkwassers zentral im Durchflussprinzip,
- der Verzicht auf bzw. die Reduktion von Zirkulationsleitungen und
- eine Reduzierung der Leitungsvolumina zum Erhalt der Trinkwassergüte sowohl in den warm- als auch in den kaltgehenden Rohrleitungen.

### Bedarfsgerechte Dimensionierung

Die bedarfsgerechte Dimensionierung der Trinkwasserleitungen auf Basis der realen Zeta-Werte ist bei der Auslegung einer Trinkwasser-Installation unter hygienebewussten Planern und Fachhandwerkern bereits ein wesentlicher Bestandteil des Maßnahmenpakets zum Erhalt der Trinkwassergüte.

Der Hintergrund: Die realen Zeta-Werte der Hersteller sind generell deutlich praxisgerechter als die Referenzwerte aus den Tabellen der DIN 1988-300. Letztere können zu einer hygienisch problematischen Überdimensionierung der Trinkwasser-Installation bzw. zu einer Funktionsbeeinträchtigung der Entnahmematrat führen. Die Auslegung mit realen Zeta-Werten führt also automa-

tisch zu einer schlankeren Dimensionierung der Trinkwasser-Installationen, deren Wasserinhalt letztlich (Abbildung 2) durch die konstruktiv druckverlustoptimierten Rohrleitungssysteme gesenkt wurde, beispielsweise durch „Raxofix“ von Viega.

Das hat gleichzeitig positive Effekte auf den ressourcenschonenden Betrieb der Trinkwasser-Installation, da sich durch eine allgemeine Verringerung des Wasserinhalts

im Rohrleitungssystem, unter Beachtung der einschlägigen Komfortkriterien, auch die Menge des energieaufwendig aufzuheizenden Trinkwassers warm grundsätzlich verringert (Abbildung 3).

### Zentrale Erwärmung des Trinkwassers nach dem Durchflussprinzip

Ein vergleichbares Ziel, und ebenfalls in Kombination mit dem Hygieneerhalt zu sehen, verfolgt die zentrale Erwärmung des Trinkwassers nach dem Durchflussprinzip. Der Gedanke dahinter: Gerade in Geschosswohnungsbauten, Krankenhäusern oder Pflegeeinrichtungen werden aktuell noch große Speichervolumina installiert, um die hinreichende Versorgung mit Trinkwasser warm auch bei Spitzenlasten abzusichern. Zum einen sind diese Spitzenlasten oft genug nicht praxisgerecht, weil sie deutlich zu hoch angesetzt werden. Zum anderen verursacht die 24/7-Bevorratung von mehreren tausend Litern Trinkwasser warm einen immensen Energieeinsatz.

Aus hygienischer und energetischer Sicht ist im Übrigen die dezentrale Bereitung von Trinkwasser warm, beispielsweise über elektrische Durchlauferhitzer, keine Alternative zur beschriebenen, zentralen Warmwasserbereitung nach dem Durchflussprinzip. Das Umweltbundesamt stellte schon am 18. Dezember 2018 in einer Mitteilung fest, „dass es auch in dezentralen Trinkwasserer-

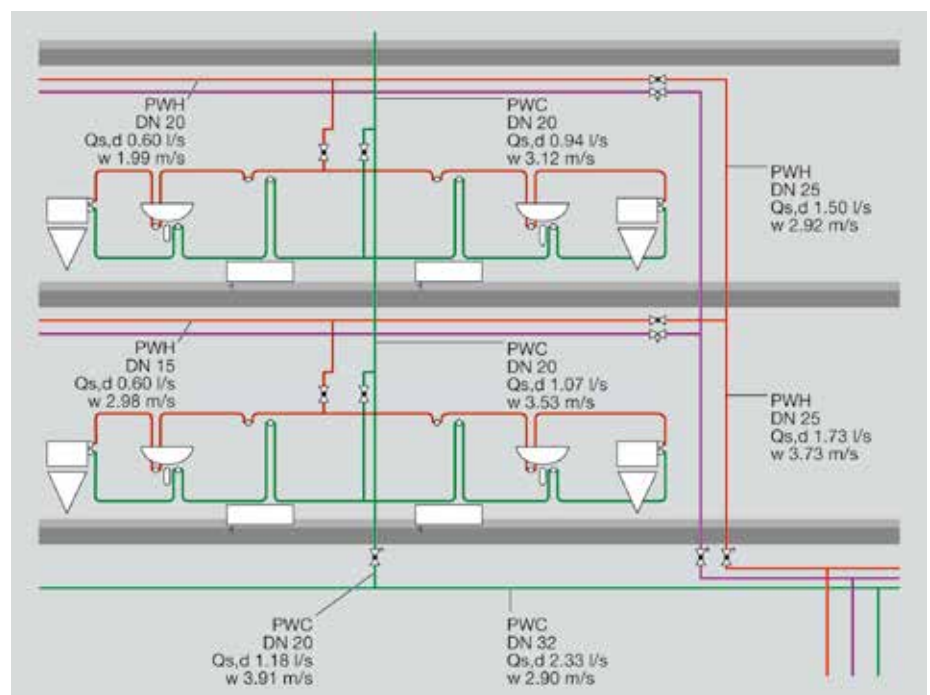


Abbildung 3: Über eine hygienisch vorbildliche Rohrführung kann bereits bei der Planung einer Trinkwasser-Installation ein nennenswerter Beitrag zu einem verringerten Wärmebedarf geleistet werden – und die hygienischen Vorteile gibt es gewissermaßen automatisch dazu.



Abbildung 4: Der präzise thermische Abgleich von Trinkwasser-Installationen, beispielsweise über elektronische Zirkulationsregulierventile, unterstützt nicht nur den Erhalt der Trinkwasserhygiene, sondern verhindert gleichzeitig die Verschwendung von Energie.

wärmern und in den dahinterliegenden Leitungen zu einer Legionellenvermehrung kommen kann.“ Ein Positivnachweis, wie diese Systeme richtig betrieben werden können, damit es nicht zu einer Legionellenvermehrung kommen kann, ist nicht gegeben.

Zum Stichwort „Energiebilanz“ wiederum sei auf die hohen elektrischen Anschlusswerte verwiesen, die mit einer komfortablen, dezentralen elektrischen Versorgung mit Trinkwasser warm einhergehen.<sup>1</sup>

### Verzicht auf bzw. Reduktion von Zirkulationsleitungen

Zirkulationsleitungen sind ein probates Mittel, um in großen Objekten sowohl den Versorgungskomfort als auch – über den regelmäßigen Wasseraustausch – den Erhalt der Trinkwassergüte mit abzusichern. Allerdings werden diese Vorteile durch einen nicht unbeträchtlichen Energieeinsatz „erkaufte“: Neben der notwendigen Pumpenleistung sind es vor allem die Abstrahlverluste, die im Sinne eines nachhaltigen und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs die Bilanz belasten.

Daher sollte bei der Planung einer Trinkwasser-Installation im ersten Schritt die Zirkulation von Trinkwasser warm nur auf zentrale (Funktions-)Bereiche des Objekts bezogen werden. Dazu gehören beispielsweise die Steigestränge für die vertikale und eventuelle Flure für die horizontale Verteilung. Das unterstützt zugleich die Forderung

nach übersichtlich strukturierten Trinkwasser-Installationen, um über eindeutige und nachvollziehbare Fließwege auch den hydraulischen Abgleich gemäß DIN 1988-300 (Kap. 6.5 – Einregulierung des Systems) fachgerecht sicherzustellen (Abbildung 4). Außerdem sind derartig aufgebaute Zirkula-

tionssysteme einfacher zu warten – und zwar bis hin zur schematischen Beprobung, sodass sich eine entsprechende Planung auch wirtschaftlich auszahlt.

In den Nutzungseinheiten wiederum ist aus energetischer Sicht auf Zirkulationsleitungen in den Systemen Trinkwasser warm und kalt zugunsten durchgeschliffener Reihenleitungen zu verzichten. Das führt neben den niedrigeren Installations- und Betriebskosten, unter anderem durch die verringerte Leitungslänge, unmittelbar zu geringeren Wärme- und damit Energieverlusten, die bei warmgehenden Rohrleitungen etwa sieben Watt pro laufendem Meter betragen. Wie viel das ausmacht, zeigt die Beispielrechnung aus einem Krankenhaus mit 200 Betten in 100 Zimmern: Bei acht Meter Rohrleitung für die Zirkulation pro Doppel-Nasszelle ergeben sich Wärmeverluste von 2.800 W<sup>2</sup>; also jährlich rund 24.500 kWh. Das entspricht in etwa dem Wärmebedarf von acht Einfamilienhäusern.

Außerdem unterstützt die durchgeschliffene Reihenleitung mit einem Hauptverbraucher am Ende zum Schutz vor Stagnation den Erhalt der Trinkwassergüte auf der Kaltwasserseite (Abbildung 5): Es wird deutlich weniger Wärme als bei einer Zirkulation in die Vorwand und damit in die in der Regel parallel laufende Rohrleitung vom Trinkwasser abgegeben. Diese so genannte Fremderwärmung von Trinkwasser kalt-Leitungen hat nach jüngsten Erkenntnissen zunehmend zu



Abbildung 5: Die durchgeschliffenen Reihenleitungen mit einem Hauptverbraucher am Ende schützen nicht nur vor Stagnation, sie geben zugleich deutlich weniger Wärme als bei einer Zirkulation in die Vorwand ab.

einer Verlagerung der Legionellen-Problematik von Warm- auf Kaltwasser geführt. Die Konsequenz ist, dass mittlerweile sogar Kaltwasser-Leitungen regelmäßig gespült werden müssen, um die Wassertemperatur in einem für das Legionellen-Wachstum unkritischen Bereich zu halten.

Wie kritisch die Fremderwärmung von Trinkwasser kalt gesehen wird, unterstreicht in diesem Zusammenhang eine Empfehlung des Arbeitskreises Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen beim Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat von April 2021: „Oberhalb von 25 °C ist mit einer Vermehrung von Legionellen zu rechnen. [...] Grundsätzlich erfolgt der physikalische Wärmeübergang immer von der warmen Seite in den kühleren Bereich. Dies betrifft insbesondere Installationen in Versorgungsschächten, Vorsatzschalen oder abgehängten Decken. Trinkwasser-Installationen sind daher thermisch getrennt bzw. separat von Wärmequellen oder warmgehenden Leitungen zu verlegen. [...] Eine Rohrdämmung verzögert zwar zeitlich den Wärmeübergang, kann aber das Trinkwasser kalt nicht vollständig

vor Wärmelasten aus der unmittelbaren Umgebung schützen (Sekundäraufheizung). [...] Aus Sicht der Trinkwasserhygiene sind daher auch Kaltwasserleitungen in Räumen mit hoher Umgebungstemperatur, zum Beispiel Zentralen, als besonders kritisch einzustufen.“ Der Arbeitskreis rät daher: „Der Schutz des Trinkwassers kalt vor Wärmelasten sollte bereits in der Planung als passive Maßnahme berücksichtigt werden und zählt unter anderem zu den Qualitätsmerkmalen einer Entwurfsplanung. Mängel einer unvorteilhaften Planung oder Ausführung lassen sich im Nachgang meistens nicht oder nur mit einem erheblichen Mehraufwand kompensieren.“ (Abbildung 6)

Überschreitet die Umgebungstemperatur 25 °C, sollte der Empfehlung folgend zum Beispiel auf eine Planung und Verlegung von Trinkwasser kalt in Heizzentralen und ähnlichen Räumen, aber eben auch Vorwänden, verzichtet werden.

Das Durchschleifen der Installation, also der Verzicht auf eine energieintensive und hygienekritische Ringleitung, steht dabei im Übrigen auch nicht im Widerspruch zur Einhaltung definierter Ausstoßzeiten oder zur

RKI-Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention<sup>3</sup>, wonach „die Rohrleitungen nach DIN 1988 Teil 3 (jetzt DIN 1988-300) zu dimensionieren, Endstränge und Versorgungsbereiche mit stagnierendem Wasser zu vermeiden und Ringversorgungen anzustreben“ sind.

Die daraus fast ausnahmslos abgeleiteten Ringinstallationen unterliegen jedoch einer Fehlinterpretation der RKI-Richtlinie durch Isolierung von technischen Zusammenhängen auf vermeintlich wichtige Einzelfaktoren. Ein mitentscheidender Punkt aus der RKI-Richtlinie, der häufig wenig Beachtung findet, ist zum Beispiel der Satz „Kaltwasserleitungen sind in ausreichendem Abstand zu Wärmequellen (zum Beispiel Rohrleitungen, Schornsteine, Heizungsanlagen) so zu planen, herzustellen und zu dämmen, dass die Wasserqualität durch Erwärmung (temperaturbedingte Vermehrung von Mikroorganismen) nicht beeinträchtigt wird (siehe auch DIN 1988 Teil 2 – jetzt DIN 1988-200, Nr. 10.2).“ Danach ist also zum Schutz des Trinkwassers kalt vor Erwärmung auch die Lage von Rohrleitungen in die Betrachtung einzubeziehen.<sup>4</sup> In der aktuellen DIN EN 806-2 unter Punkt 14.2 steht dazu ebenfalls, dass „Kaltwasserleitungen [...] gegen äußere Wärme einwirkung entweder durch genügenden Abstand von Wärmequellen oder durch Dämmung zu schützen“ sind.<sup>5</sup>

Die Praxis hat darüber hinaus schon länger eindeutig gezeigt, dass es neben der Vorwand auch besonders an Übertisch-Wandarmaturen und Unter- sowie Aufputzarmaturen an Duschen über metallene Grundkörper zu einer permanenten Erwärmung von Kaltwasserleitungen kommt.<sup>6,7,8</sup>

Als weiterer Punkt ist die „Übersetzung“ der Formulierung „möglichst kurz“ aus der RKI-Richtlinie mit „direkt“, bezogen auf die Länge der Rohrleitungen bis zur Entnahmestelle, zu nennen. Die allgemein anerkannten Regeln der Technik ermöglichen jedoch einen Wassereinhalt von bis zu drei Litern in der Warmwassereinzelleitung, worauf sich auch die RKI-Richtlinie mit ihrem allgemeinen Verweis auf die DIN 1988-200 bezieht. Danach müssen „Einzelleitungen zu Entnahmearmaturen [...] so kurz wie möglich sein. Ein Wasservolumen von drei Litern ist als Obergrenze einzuhalten; kleinere Wasservolumina sind anzustreben.“ Wird die Anforderung des RKI mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik kombiniert, kommen Planer also zu dem Ergebnis, dass eine möglichst kurze Verbindung eben nur so kurz sein sollte, dass in einem naheliegenden Bereich kein Schaden auftritt.

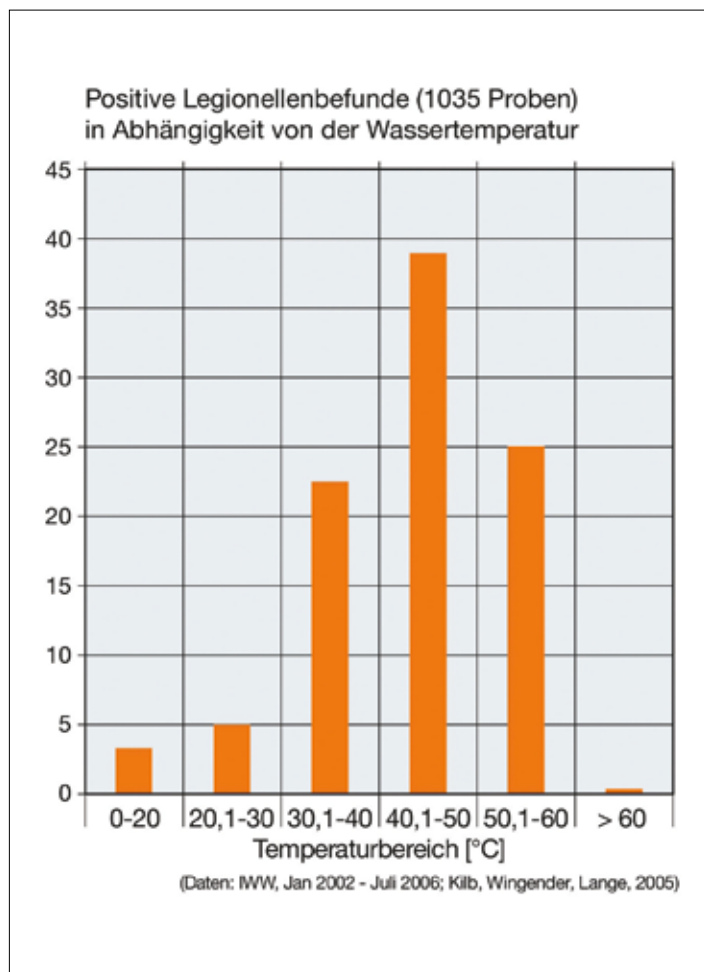


Abbildung 6:  
Der direkte Zusammenhang zwischen Trinkwasser-Temperaturen und Legionellenwachstum insbesondere oberhalb 20°C ist durch zahlreiche Untersuchungen belegt.



Abbildung 7: Um zu einer signifikanten Verringerung des Energiebedarfs für Trinkwasser warm zu kommen, muss perspektivisch eine Absenkung der geforderten Systemtemperaturen von derzeit noch 60/55 °C auf weniger als 50 °C erfolgen.

Dies gilt umso mehr, als dass dennoch die geforderten Ausstoßzeiten nach VDI 6003 eingehalten werden können: Ist in der Planung zum Beispiel die Komfortstufe III mit einer Ausstoßzeit von zehn Sekunden für Trinkwasser warm angesetzt, kann eine nicht zirkulierende Reihen-/Einzelzuleitung von bis zu 14 Meter Mehrschichtverbundrohr in der Dimension 16 mm geplant werden, ohne dass es zu einer Überschreitung der Ausstoßzeit kommen würde. Diese einfache Installationsart genügt allen Ansprüchen und macht somit eine durchgeschliffene Zirkulation für Trinkwasser warm in der Vorwand vollkommen überflüssig.

### Reduzierung der Spülvolumina

Wird im Sinne einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Betriebsweise die Trinkwasser-Installation ganzheitlich betrachtet, spielen nicht zuletzt noch die Häufigkeit und die Menge speziell von Trinkwasser warm eine Rolle, das zum Schutz vor Stagnation bei Nutzungsunterbrechungen ausgespült wird: Intelligente Spüleinrichtungen erkennen über eine entsprechende Sensorik, ob im vorgelagerten Rohrleitungsnetz entweder Stagnationszeiten (72 Stunden nach VDI 6023) oder Systemtemperaturen langfristig über- bzw. unterschritten werden. Sie sorgen dann automatisch für den notwendigen Wasseraustausch, wie beispielsweise die möglichst endständig zu installierenden „Prevista Dry“-WC-Elemente mit „AquaVip“-Spülstation. Aus trinkwasserhygienischer Sicht ist das optimal, aber nur bei minimalen Spülvolumina.

Ziel muss es sein, dass die Spülzyklen

- über die schlanken Rohrleitungsdimensionen, also reduzierte Anlagenvolumina, und
- die Vermeidung der Fremderwärmung von Trinkwasser kalt auf dem gesamten Fließweg

ebenfalls auf das absolute Minimum gedrückt werden, um so neben Wasser auch unmittelbar Energie einzusparen.

### Fazit

Durch die Verschiebung der Wärmelasten weg von der Raumwärme hin zur Warmwasserbereitung wird es im Sinne der Reduzierung von Betriebskosten zunehmend wichtiger, bei der Auslegung komplexer Trinkwasser-Installationen sowohl dem Aufwand für die Trinkwassererwärmung als auch den Wärmeverlusten im Rahmen des Betriebs der Installation deutlich mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Dazu bedarf es einer ganzheitlichen Betrachtung der gesamten Installation, vom Wärmeerzeuger bzw. der originären Bereitstellung von Trinkwasser warm über den gesamten Fließweg bis zur Entnahmestelle, da Wärmeverluste auf dieser Strecke oftmals auch gleichbedeutend mit Hygienrisiken für Trinkwasser kalt einhergehen. Perspektivisch wird dieser Planungsansatz zentral, da mit der ressourcenschonenden Bereitstellung von Trinkwasser warm unmittelbar der Einsatz von Wärmeerzeugern auf Basis regenerativer Energien verbunden ist – insbesondere Wärmepumpen. Gerade diese werden wiederum als Schlüsseltechnologie der zukünftigen Wärmeversorgung angesehen,

um den Gebäudesektor in Deutschland bis 2045 klimaneutral aufzustellen.

In einem ersten Schritt ist es daher zwingend notwendig, auf Basis der aktuellen Erkenntnisse und somit der allgemein anerkannten Regeln der Technik generell für eine effektivere Nutzung des Energieeinsatzes in warm gehenden Trinkwasser-Installationen zu sorgen. Dazu zählen im Wesentlichen:

- die bedarfsgerechte Abstimmung des Anlagenvolumens – bis hin zum Einsatz innovativer Wärmeüberträger anstelle überdimensionierter Trinkwasserspeicher,
- die Reduktion der Wärmeverluste als anerkanntes Qualitätsmerkmal einer Trinkwasser-Installation und – insbesondere mit Blick auf eventuell notwendige Spülmaßnahmen zum Schutz vor Stagnation – nicht zuletzt
- die möglichst effektive Nutzung des anstehenden Trinkwassers warm.

Um zu einer signifikanten Verringerung des Energiebedarfs für Trinkwasser warm zu kommen, bedarf es noch eines weiteren Schrittes: Perspektivisch ergibt sich der größte Hebel zur Energieeinsparung zweifellos durch eine Absenkung der geforderten Systemtemperaturen von derzeit noch 60/55 °C (Abbildung 7) auf weniger als 50 °C. Da die DIN 1988-200 hier jedoch auf das DVGW-Arbeitsblatt W 551 verweist, sind aktuell noch mindestens 55 °C an jeder Stelle der Zirkulation von Trinkwasser warm einzuhalten, so lange nicht ein gleichwertiger Ersatz zur Temperaturbarriere als Schutz vor Verkeimung des Trinkwassers durch Legionellen zur Verfügung steht. Dieser Ersatz könnte zum Beispiel eine Absenkung des Bakterien- und Nährstoffgehaltes im Trinkwasser durch Ultrafiltration im Bypass der Zirkulationsleitung sein, wie es in wissenschaftlich begleiteten Feldtests aktuell bereits erfolgversprechend umgesetzt wird. ◀

<sup>1</sup> „Elektro-Durchlauferhitzer vs. zentrale Warmwasserbereitung“, in: IKZ-FACHPLANNER 10 (2021), S. 60 ff.

<sup>2</sup> 8 Meter Rohr x 50 Doppel-Nasszellen = 400 m x 7 Watt = 2.800 Watt.

<sup>3</sup> Robert-Koch-Institut (Hrsg.): Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention, München 2004.

<sup>4</sup> Ebenda.

<sup>5</sup> DIN EN 806-2 „Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 2: Planung“, Berlin, Juni 2005.

<sup>6</sup> Schauer, C.: Moderne Sanierungsmaßnahmen zur Wiederherstellung der Trinkwasserqualität – Teil 1, in: KTM. Krankenhaus Technik Management 7-8 (2014), S. 43-46.

<sup>7</sup> Köhler, H.: Schleifen sind nicht immer „chic“, in: SBZ 13 (2014), S. 40-43.

<sup>8</sup> Schulte, W.: Moderne Bautechnik – Risiken für die Trinkwassergüte, in: IKZ Sonderheft Trinkwasserhygiene 2017, S. 14-21.



Abbildung 1:  
In Beckum ist Deutschlands  
erstes Wohnhaus aus dem  
3D-Drucker entstanden.

## Einzigartiges Wohnhaus mit innovativer Gebäudetechnik

Flächenheiz- und Kühlsystem sorgt für passende Klimatisierung  
in Deutschlands erstem 3D-Wohnhaus

*Das derzeit wohl innovativste Wohngebäude Deutschlands ist im nordrhein-westfälischen Beckum entstanden: Das zweigeschossige Einfamilienhaus mit rund 160 Quadratmetern Wohnfläche wurde nicht in herkömmlicher Bauweise erstellt, sondern von einem 3D-Betondrucker gedruckt. Es ist damit das erste seiner Art in Deutschland. Das Projekt wurde vom Land Nordrhein-Westfalen im Rahmen seines Förderprogrammes „Innovatives Bauen“ mit 200.000 Euro gefördert und sollte durch eine innovative Gebäudetechnik ergänzt werden. Daher fiel die Entscheidung für den Einsatz eines besonderen Flächenheiz- und Kühlsystems, das die passende Klimatisierung für das Gebäude liefert.*



Nicola Holweg M.A.,  
Referentin  
für Presse- und  
Öffentlichkeitsar-  
beit,  
aquatherm GmbH,  
Attendorf

Das erste gedruckte Einfamilienhaus in Deutschland steht in der nordrhein-westfälischen Stadt Beckum. Gedruckt wurde das Gebäude von der Peri GmbH. Zum Einsatz kam ein Portaldrucker, bei dem sich der Druckkopf über drei Achsen auf einem fest installierten Metallrahmen bewegt (Abbildung 2). Bedient wurde der Drucker von lediglich zwei Personen, der Druckkopf und die Druckergebnisse wurden per Kamera

überwacht. Für einen Quadratmeter Wand benötigte der Drucker rund fünf Minuten. Die Konstruktion des Hauses besteht aus dreischaligen Wänden, die mit Isoliermasse verfüllt wurden. Während des Druckvorganges berücksichtigte der Drucker bereits die später zu verlegenden Leitungen und Anschlüsse. Durch diese innovative Technik lässt sich gegenüber den herkömmlichen Bauweisen nicht nur erheblich Zeit einspa-





ren, auch ist der Ressourcenverbrauch deutlich geringer. Beispielsweise kann durch die präzise Platzierung des Druckmörtels die Materialmenge für die Wände im Vergleich zu anderen massiven Wandkonstruktionen um bis zu 50 Prozent reduziert werden. Außerdem eröffnet diese Technologie größere Freiheit bei der Gebäudegestaltung. Geplant wurde das Haus von MENSE-KORTE ingenieure+architekten aus Beckum, Bauherr ist die Hous3Druck UG.

### Oberflächennahe Rohrregister in Fertigteildecken

Die Decke des Hauses wurde aus Betonfertigteil-Elementen hergestellt und bei der B. Lütkenhaus GmbH in Dülmen produziert (Abbildung 3). Bei der Klimadecke handelt es sich um eine Betonfertigplatte mit statisch mitwirkender Ortbetoneergänzung. Das Besondere daran ist: Der Einbau des Flächenheiz- und Kühlsystems aus dem Hause aquatherm erfolgte oberflächennah zwischen den Gitterträgern unmittelbar auf der unteren Bewehrungslage der Elementdecken. Mit dem Ergebnis, dass die Heiz-/Kühlregister nach dem Betonieren der Elementdecken vor Baustellenbeschädigungen geschützt sind. Auf diese Weise entsteht ein thermisch aktiviertes Bauelement, denn das Flächenheiz- und Kühlsystem ermöglicht ein gleichmäßiges Klima ohne Konvektion und Zugluftgefühl und völlige Freiheit bei der Gestaltung offener und moderner Räume.

Die aus dem korrosionsresistenten Kunststoff Polypropylen gefertigten Register erwärmen nicht die Luft, sondern die Objekte, den Boden, die Wände, die Möbel – alles, was sich in den Räumen befindet. Dazu wird das System in die Decke verlegt und erwärmt diese sanft auf Oberflächentemperaturen von bis zu 26 °C. Die Energie wird nun als Wärmestrahlung in den Raum abgegeben. Trifft die Wärmestrahlung auf Gegenstände, werden diese erwärmt. Die gemessene Lufttemperatur kann bei dieser Art von Beheizung aufgrund der gleichmäßigen Wärmestrahlung der Raumumfassungsflächen ca. 3 °C niedriger liegen als bei Konvektionsheizungen – das Thermometer zeigt 20 °C und es fühlt sich an wie 23 °C. Das spart rund 18 Prozent Energie.

Der Einbau in der Decke bietet auch für die passive Kühlung systemische Vorteile: Anders als bei herkömmlichen Klimaanlage, die die Wärme durch Ventilationsbetrieb mit Luftbewegung aus dem Raum entziehen, führen Klimadecken die Kühllast überwiegend mittels Strahlung aus dem Raum ab. Zugluft ist mit Ausnahme des teils hygienisch notwendigen Luftwechsels durch diesen Prozess



Abbildung 2: Der Druckkopf des 3D-Druckers bewegt sich über drei Achsen auf einem fest installierten Metallrahmen.



Abbildung 3: Das Flächenheiz- und Kühlsystem wurde direkt in die Betonfertigdecke eingebracht.



Abbildung 4: anaplast.com/3d

Abbildung 4: Nach dem Eingießen des Betons ist nur noch der Anschluss des Systems zu sehen.

ausgeschlossen bzw. wird auf ein Mindestmaß reduziert.

### Hohe Heiz- und Kühlleistungen

Durch den geringen Verlegeabstand der Registerrohre und der dadurch erzielten qua-

dratmeterbezogenen hohen Flächendichte kann das System mit niedrigeren Vorlauf-temperaturen als konventionelle Heiz- bzw. höheren Vorlauftemperaturen als andere Kühlsysteme betrieben werden. In Verbindung mit seiner schnellen Reaktionsfähig-

keit ermöglicht es einen effizienten und energiesparenden Betrieb unter wechselnden Bedingungen. Die im 3D-Haus eingesetzte Split Luft/Wasser-Wärmepumpe (Coefficient of Performance bis zu 5,0 – nach EN 14511 bei A7/W35 °C) mit geringen Vorlauf-temperaturen bietet perfekte Voraussetzungen für das Heiz-/Kühlsystem.

Das Flächenheiz- und Kühlsystem wurde nach Kundenwunsch in Größen von 24 cm x 60 cm bis 48 cm x 500 cm produziert. Insgesamt kamen 97,4 m<sup>2</sup> Register zum Einsatz. Das entspricht einer Belegung im Objekt von rund 60 Prozent und damit einer geringen Belegfläche. Sie ist trotzdem ausreichend, um das Gebäude effektiv zu beheizen und zu kühlen. Die Register wurden bereits werkseitig mit einem optischen Dichtheits-Kontrollsystem ausgestattet. So mussten sie nur noch in die zu gießenden Fertigteildecken eingelegt werden. Die Register wurden speziell in den Filigrandecken angeordnet, sodass eine Bohrtiefe von rund 2,5 cm für spätere Installationsmöglichkeiten gewährleistet werden konnte. Das ermöglicht beispielsweise ein problemloses Anbringen von Lampen oder C-Profilen von Trockenbauwänden.

Im Heiz- sowie Kühlbetrieb kann durch den funktionellen Aufbau des Flächenheiz- und Kühlsystems mit geringem Verlegeabstand und harfenförmigem Aufbau die thermische Energie gleichmäßig und effizient übertragen werden, sodass hohe Heiz- und Kühlleistungen mit geringem Druckverlust erzielt werden. Dadurch können die Wärme und die Kälte gleichmäßig verteilt werden. Später auf der Baustelle mussten die einzelnen Fertigteildeckenelemente nur noch miteinander verbunden werden (Abbildungen 4 und 5).

### Fazit

Deutschlands erstes Wohnhaus, das mit einem 3D-Drucker hergestellt wurde, sollte durch eine innovative Gebäudetechnik im Bereich der Beheizung und Kühlung ergänzt werden. Das Flächenheiz- und Kühlsystem wurde in die Elementdecken aus Beton eingebracht. Auf diese Weise entstand ein thermisch aktiviertes Bauelement, das ein gleichmäßiges Klima ohne Konvektion und Zugluftgefühl und völlige Freiheit bei der Gestaltung offener und moderner Räume ermöglicht. ◀



Abbildung 5: anaplast.com/3d

Abbildung 5: Auf der Baustelle mussten die einzelnen Fertigteildeckenelemente nur noch miteinander verbunden werden.



**Ausgewählte Haustechnik-Themen als Podcast.**

**Ideal für unterwegs und zur Information im Büro oder auf der Baustelle!**

**Hören Sie doch mal rein!**



QR-Link zu den Podcasts auf IKZ-select

**IKZ gehört**

**Erhältlich bei allen bekannten Podcast-Anbietern und auf [www.ikz-select.de](http://www.ikz-select.de)**



Herstellerverband  
 Raumlufotechnische 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



Energieeffizienzklasse **A+**



Neugierig geworden? Besuchen Sie uns auf  
**[www.rlt-geraete.de](http://www.rlt-geraete.de)**

Herstellerverband Raumlufotechnische 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)

# Kritische Betrachtung der Fördermaßnahmen zur energetischen Gebäudesanierung

Die Bundesregierung fördert bereits seit vielen Jahren Investitionen in Maßnahmen, die bei Wohn- und Nichtwohngebäuden zu Einsparungen von thermischer Energie und damit zu Minderungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen beitragen sollen. Doch welche ökologischen und ökonomischen Wirkungen haben diese Förderungen tatsächlich? Dieser Beitrag untersucht den Zeitraum von 2010 bis 2018.



Günther Mertz M.A.,  
Hauptgeschäftsführer des BTGA -  
Bundesindustrieverband Technische  
Gebäudeausrüstung  
e.V.

Zu den wichtigsten Förderinstrumenten zählten in den vergangenen Jahren insbesondere das Markteinführungsprogramm zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien (kurz Marktanreizprogramm oder MAP) und das CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm mit jeweils vielen spezifischen Unterprogrammen, für die jährlich mehr als eine Milliarde Euro zur Verfügung gestellt wurden. Mittlerweile wurde Anfang 2021 die Bundesförderung energieeffiziente Gebäude (BEG) eingeführt, die die bestehenden Programme zur Förderung von Energieeffizienz und regenerativen Energien im Gebäudebereich ersetzt.

Eine wichtige Quelle für die Entwicklungen bei Wohn- und Nichtwohngebäuden und deren Daten für die Jahre 2010 bis 2018 ist die Bundestags-Drucksache 19/22670 „Antwort der Bundesrepublik auf die Kleine Anfrage „Berichte über mangelnde Effizienz beim Klimaschutz im Gebäudesektor““ aus dem September 2020. Bevor diese betrachtet wird, muss folgendes bekannt sein:

- Die Daten berücksichtigen die Förderungen und Investitionen zur Einsparung an thermischer Energie (Heizen, Kühlen) in Gebäuden und die dadurch verringerten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Einsparungen an elektrischer Energie werden hier nicht be-

trachtet, da diese in anderen staatlichen Bilanzen erfasst werden.

- Unter Nichtwohngebäuden werden alle Gebäude in den Bereichen Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie Lagerlogistik und Versammlungsstätten zusammengefasst.
- Zur Vereinfachung der Berechnungen wird nachfolgend für den Zeitraum 2010 bis 2018 mit Summen- oder Mittelwerten gerechnet. Von Jahr zu Jahr gab es teilweise sehr unterschiedliche Entwicklungen, aber letztlich ist entscheidend, welche Ergebnisse in diesem Zeitraum tatsächlich gesamtweit erreicht wurden.
- Aufgrund der schwierig zu erfassenden Randbedingungen bei den Förderprogrammen und der ungenauen Definition energetischer Investitionen enthalten die Daten und Ergebnisse eine gewisse Unsicherheit. Dennoch können nachfolgend zumindest aussagekräftige Tendenzen aufgezeigt werden.

## I. Was sagen die offiziellen Statistiken?

Auf Basis der Angaben in der Bundestags-Drucksache 12/22670 beliefen sich von 2010 bis 2018 die gesamten Investitionen in energetische Sanierungen von Wohngebäuden auf insgesamt rund 342 Milliarden Euro und in energetische Sanierungen von Nichtwohngebäuden auf rund 155 Milliarden Euro. Daraus ergibt sich in Summe ein Jahresdurchschnitt von 55,2 Milliarden Euro.

In der Bundestags-Drucksache wird aufgeführt, dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bereich Wohngebäude von 2010 bis 2018 um 22,8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> zurückgegangen sind. Die CO<sub>2</sub>-Einsparungen bei Nichtwohngebäuden betragen im gleichen Zeitraum von 2010 bis 2018 8,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>. Daraus ergibt sich für die gesamte CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung für die betrachteten Gebäude von

2010 bis 2018 ein Wert von 31,4 Millionen Tonnen (Jahresdurchschnitt 3,9 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>). Bei diesen Werten ist zu beachten, dass hier nur CO<sub>2</sub>-Minderungen berücksichtigt sind, die aufgrund von Einsparungen von thermischer Energie (Wärme, Kälte) erreicht wurden.

## II. Zuschüsse aus Förderprogrammen

Die Bundestags-Drucksache enthält auch die Fördersummen der Bundesregierung für das CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm und das Marktanreizprogramm zwischen 2010 und 2018: Diese beliefen sich beim MAP auf eine Summe von 2,19 Milliarden Euro und beim CO<sub>2</sub>-Programm auf 9,63 Milliarden Euro. Somit summierten sich die gesamten staatlichen Förderungen in der betrachteten Periode auf 11,82 Milliarden Euro, was einem Jahresdurchschnitt von 1,31 Milliarden Euro entspricht. Hier ist eine Unterscheidung, welche Ausgaben zur energetischen Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden investiert wurden, nicht mehr möglich.

Gleichzeitig wurden infolge dieser Förderungen erhebliche Investitionen in gebäudetechnische Maßnahmen zu Einsparungen an thermischer Energie ausgelöst. Diese betragen von 2010 bis 2018 bezogen auf Förderungen im MAP etwa 11 Milliarden Euro und beim CO<sub>2</sub>-Programm 317 Milliarden Euro, in Summe (gerundet) 327 Milliarden Euro.

Aus diesen Daten errechnet sich für das MAP, bezogen auf die gesamte Zeitperiode, ein durchschnittlicher Förderhebel von 5. Dieser ergibt sich aus den Investitionen geteilt durch Förderungen, also 11 Milliarden Euro geteilt durch 2,19 Milliarden Euro. Zum Vergleich: Der Förderhebel des CO<sub>2</sub>-Programms liegt bei etwa 33 (317 Milliarden Euro geteilt durch 9,63 Milliarden Euro).

In der Bundestags-Drucksache 19/22670 wird auch ausgeführt, dass von 2010 bis 2018 bei Wohngebäuden insgesamt 342 Milliarden Euro und bei Nichtwohngebäuden 155 Milliarden Euro in Maßnahmen zu energetischen Sanierungen investiert wurden (Summe 497 Milliarden Euro). Daraus folgt,

„Berichte über  
mangelnde Effizienz  
beim Klimaschutz  
im Gebäudesektor“



dass insgesamt rund 66 Prozent aller Investitionen in energetische Sanierungen durch diese beiden Programme gefördert wurden (327 Milliarden Euro geteilt durch 497 Milliarden Euro).

### III. Was folgt aus diesen Zahlen?

Mit diesen Daten können – für eine Analyse der tatsächlichen ökologischen und ökonomischen Wirksamkeit der Förderprogramme – vier verschiedene Berechnungen durchgeführt werden.

#### 1. CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung

Von 2010 bis 2018 wurde durch Maßnahmen zur energetischen Sanierung von Gebäuden eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 31,4 Millionen Tonnen erreicht. Das entspricht einer Verringerung von rund 4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Das sind 2,7 Prozent der Emissionen im Gebäudesektor und 0,4 Prozent der gesamtdeutschen Emissionen im Jahr 2010.

#### 2. Förderung pro Tonne CO<sub>2</sub>-Minderung

Die Summe der Aufwendungen für die Förderprogramme betrug von 2010 bis 2018 11,82 Milliarden Euro. Damit wurden 31,3 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart. Demnach wurden in dem betrachteten Zeitraum (jährlich schwankend) zwischen 265 und 581 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>-Reduktion ausgegeben, im Mittel etwa 378 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>. Für die Berechnung müssen verschiedene Annahmen getroffen werden, beispielsweise die Zunahme der beheizten Fläche, die zeitliche Verzögerung zwischen Förderung und messbarer CO<sub>2</sub>-Reduktion und die Schwankungen der jährlichen Emissionen.

#### 3. Gesamtkosten pro Tonne CO<sub>2</sub>-Vermeidung

Für die Ermittlung der Gesamtkosten werden die von 2010 bis 2018 berechneten, tatsächlich getätigten Gesamtinvestitionen in energetische Gebäudesanierungen in Höhe von 497 Milliarden Euro ins Verhältnis zu den im gleichen Zeitraum realisierten CO<sub>2</sub>-Einsparungen gesetzt. Abhängig von den zuvor genannten Annahmen belaufen sich die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten auf 10.000 bis 24.000 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>, im Mittel etwa 15.900 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> – mit jährlichen Schwankungen.

#### 4. Investition pro Tonne CO<sub>2</sub>-Vermeidung

Angenommen, die eingesparten Treibhausgasemissionen von 31,4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> sind allein auf die von 2010 bis 2018 insgesamt ausgelösten Investitionen zurückzuführen,

die durch das MAP und das CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm hervorgerufen wurden (327 Milliarden Euro), belaufen sich die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten auf rund 10.000 Euro pro Tonne. Daraus ergibt sich ein Wert von rund 10.000 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>.

### IV. Fazit:

#### Invest in CO<sub>2</sub>-Vermeidung lohnt sich

Die staatliche Förderung durch das MAP und das CO<sub>2</sub>-Programm wird sehr stark geprägt durch das CO<sub>2</sub>-Programm, auf das von 2010 bis 2018 mehr als 80 Prozent der Gesamtförderausgaben von 11,82 Milliarden Euro entfielen. Gleichzeitig hat das CO<sub>2</sub>-Programm aber mehr als 96 Prozent der Gesamtinvestitionen von 327 Milliarden Euro in energetische Sanierungen von Gebäuden ausgelöst. Werden die durch beide Programme von 2010 bis 2018 insgesamt bewirkten tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 31,4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> berücksichtigt, ergibt sich ein durchschnittlicher Wert der Vermeidungskosten von etwa 5.000 bis 15.000 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> – bezogen auf das ausgelöste Investitionsvolumen und abhängig von verschiedenen Maßnahmen.

Der realisierte ökologische Effekt durch die Fördermaßnahmen ist gering. Tatsache ist, dass von 2010 bis 2018 die CO<sub>2</sub>-Emissionen (nur bezogen auf thermische Energie) in Wohn- und Nichtwohngebäuden um je mehr als 20 Prozent gesenkt wurden. Wird aber berücksichtigt, dass im Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2018 pro Jahr 1,3 Milliarden Euro Fördergelder in energiesparende Maßnahmen investiert wurden, um pro Jahr etwa 4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> einzusparen, ist das im Vergleich zu den Gesamtemissionen in Deutschland von jährlich etwa 900 bis 1.000 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> relativ gering.

Wird allerdings der gesamtwirtschaftliche und volkswirtschaftliche Aspekt der Förderung berücksichtigt, so ist dieser beachtlich: Mit 11,82 Milliarden Euro wurden Investitionen von 327 Milliarden Euro ausgelöst: Jeder Förder-Euro führte zu Investitionen von knapp 28 Euro. Dabei ist zu berücksichtigen, dass viele Maßnahmen von den Bauherren ohnehin (also auch ohne Förderung) hätten durchgeführt werden müssen. Festzuhalten bleibt, dass diese Förderungen und Investitionen sowohl die Industrie als auch die installierenden Gewerke stärken. Hinzu kommt die Mehrwertsteuer aus den Investitionen. Diese dürfte höher sein als die Kosten für die Fördermaßnahmen. Eine „gute Rendite“ allein ist allerdings weder ein notwendiges noch ein hinreichendes Argument für die Förderung bestimmter Maßnahmen. Gefördert werden sollte in diesem Kontext

nur, was einen gesellschaftlichen oder klimapolitischen Nutzen hat.

Insgesamt betrachtet liefern MAP- und CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm sehr gute Impulse und Sicherungsinstrumente für Industrie und Ausbauunternehmen. Im Bereich der Ökologie tragen sie zwar zu CO<sub>2</sub>-Einsparungen im Gebäudesektor bei, können allerdings, bezogen auf die Ziele zur Senkung der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland, nur einen minimalen Beitrag leisten.

Die genaue Analyse der großen Förderprogramme ist im Hinblick auf die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten erhellend. Warum lohnt es sich dennoch, sich mit den CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten intensiver auseinanderzusetzen, insbesondere dann, wenn sie mit Steuergeldern finanziert werden? Im Jahr 2019 beauftragten der Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung (BTGA), der Fachverband Gebäude-Klima (FGK) und der Herstellerverband RLT-Geräte drei wissenschaftliche Einrichtungen mit der Untersuchung der CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten in der Gebäudetechnik, schwerpunktmäßig in der Klima-, Kälte- und Lüftungstechnik für den Nichtwohngebäudebereich. Aus dieser Studie resultierten völlig andere Zahlen: So liegen die Vermeidungskosten für die Wärmerückgewinnung für die im Jahr 2017 verkauften RLT-Geräte bei minus 216 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>. Negative Vermeidungskosten bedeuten, dass sich Investitionen in die CO<sub>2</sub>-Vermeidung sehr schnell amortisieren und eine hohe Rentabilität haben. Ähnliche Werte ergeben sich für die variable Volumenstromregelung und die Erhöhung des Ventilatorwirkungsgrades. Etwas höher liegen der Studie zufolge die Vermeidungskosten im Bereich der Kältetechnik. Aber selbst bei einem Ersatz aller oft veralteten und ineffizienten Wasserkühlsätze in den Büro- und Verwaltungsgebäuden mit RLT-Anlagen ergeben sich CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von lediglich 107 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>. Schon 2007 war die vom Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) beauftragte McKinsey-Studie zu dem Ergebnis gekommen, dass die Vermeidungskosten im Bereich der Lüftungstechnik im ein- bis maximal zweistelligen Euro-Bereich liegen oder vielfach auch negativ sind. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse muss sich zwangsläufig die Frage stellen, ob die Fördertöpfe bei reiner Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten richtig platziert sind. Mit Blick auf die europäischen CO<sub>2</sub>-Ziele wäre eine Verlagerung dringend erforderlich. ◀

# Klimaschutz ist justiziabel (geworden)



Rechtsanwältin  
Britta Brass,  
Justiziarin  
des BTGA e.V.

Der so genannte Klimabeschluss des Bundesverfassungsgerichts (BVerfG) vom 24. März 2021 [1] wird zu Recht als „historisch“, „bahnbrechend“ oder „epochal“ bezeichnet. Nach diesem Beschluss ist das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) teilweise verfassungswidrig, weil es zukünftige Generationen übermäßig stark belastet, da es keine spezifischen Regelungen zu Treibhausgasemissionen nach 2030 trifft und somit zu befürchten sei, dass zukünftige Klimaschutzmaßnahmen Freiheitsrechte „weit drastischer beschneiden“ müssen.

Zum besseren Verständnis der Entscheidung des BVerfG bedarf es erst einiger Erläuterungen zum KSG. Zweck des KSG ist es, vor den Auswirkungen des Klimawandels zu schützen und die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben zum Klimaschutz sicherzustellen. Grundlage ist das im Pariser Klimaschutzabkommen enthaltene Ziel, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf „deutlich unter 2 Grad Celsius und möglichst auf 1,5 Grad Celsius gegenüber dem industriellen Zeitalter“ zu begrenzen. Das KSG gibt durch verbindliche Vorgaben zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Deutschland den Rahmen vor, die konkreten Maßnahmen werden durch spezifische Fachgesetze geregelt.

Das KSG zugrundeliegende Pariser Abkommen verpflichtet die Staaten, die es ratifiziert haben, bis zum Jahr 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Zunächst wurde für Deutschland durch den Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) das CO<sub>2</sub>-Budget berechnet, das maximal bis 2050 zur Verfügung steht. Dieses wurde dann der Regelung des Reduzierungspfades im KSG zugrunde gelegt.

Für den Zeitraum bis zum Jahr 2030 zeigt das KSG einen verbindlichen Reduzierungspfad mit Jahresemissionshöchstmengen auf – differenziert nach Sektoren. Für den Zeit-

raum nach 2030 bis zur geplanten Klimaneutralität im Jahr 2050 enthält es aber keine konkreten Jahresemissionshöchstmengen mehr, sondern (nur) eine Ermächtigung der Bundesregierung, den Reduzierungspfad „für weitere Zeiträume“ durch Rechtsverordnung zu regeln. Genau darin sah das BVerfG das „Problem“.

Davon ausgehend, dass jeder Verbrauch des CO<sub>2</sub>-Budgets irreversibel schmälert, stellte das BVerfG in seiner Entscheidung fest, dass die im KSG bis zum Jahr 2030 zugelassenen Emissionsmengen fast das gesamte CO<sub>2</sub>-Budget ausmachen, das Deutschland maximal bis zum Erreichen der Klimaneutralität zur Verfügung steht. Das BVerfG unterstellt daher, dass zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes nach dem Jahr 2030 Anpassungen erforderlich sein werden, die mit tiefgehenden Grundrechtseingriffen einhergehen. Es kommt so zu dem Ergebnis, dass der durch das KSG vorgesehene Reduzierungspfad (bis 2030) einen unverhältnismäßigen Grundrechtseingriff darstellt, insbesondere weil unvermeidbare Freiheitsbeeinträchtigungen fast ausschließlich in die Zukunft verschoben werden.

Im Klartext bedeutet das, dass nicht bereits in den 2020er-Jahren (nahezu) das komplette restliche Emissionsbudget verbraucht werden darf, um dann nachfolgenden Generationen aufzubürden, dass für sie nichts

mehr übrigbleibt. Es geht dabei um Generationengerechtigkeit.

Der Gesetzgeber muss bis zum 31. Dezember 2022 die Fortschreibung der Minderungsziele ab dem Jahr 2030 regeln. Am 12. Mai 2021 wurde bereits der Entwurf eines Änderungsgesetzes beschlossen [2], der eine Verschärfung des Reduzierungspfades bis 2030 vorsieht, um so die grundrechtskonforme Ausgestaltung des Weges zur Klimaneutralität nach dem Jahr 2030 zu ermöglichen.

## Weitreichende Folgen des „Klimabeschlusses“

Der Beschluss des BVerfG, der in unmittelbarem zeitlichen Zusammenhang mit ähnlich gelagerten Entscheidungen des Europäischen Gerichtshofs [3], der Rechtbank Den Haag [4] und des Irish Supreme Court [5] ergangen ist, misst dem Klimaschutzrecht einen ganz neuen Stellenwert bei:

Adressat des Klimaschutzgebots ist der Staat mit all seinen Staatsgewalten. Gesetzgebung, Verwaltung und Rechtsprechung sind also dem Ziel verpflichtet, die Klimaneutralität zu erreichen. Daran sind Bundesgesetzgeber und Bundesregierung ebenso gebunden, wie Landesgesetzgeber, Landesregierungen, nachgeordnete Behörden, Kommunalverwaltungen und Gerichte. Sämtliche Staatsorgane werden bei Entscheidungen, bei denen Treib-



Abbildung: LOB

Der „Klimabeschluss“ des Bundesverfassungsgerichts ist die wohl weitestgehende Klima-Entscheidung eines obersten Gerichts.



hausgasemissionen in Rede stehen, den Klimaschutz als gewichtigen Belang in Abwägungs-, Gestaltungs- und Beurteilungsspielräumen zu berücksichtigen haben [6].

Im Rahmen der geltenden Gesetze wird sich die Entscheidung stärker auf die Auslegung des Rechts auswirken, denn über § 13 Absatz 1 KSG finden die Belange des Klimaschutzes Berücksichtigung bei Einzelentscheidungen: „Die Träger öffentlicher Aufgaben haben bei ihren Planungen und Entscheidungen den Zweck dieses Gesetzes und die zu seiner Erfüllung festgelegten Ziele zu berücksichtigen“.

Wird das Klimaschutzgebot in Zukunft nicht hinreichend berücksichtigt, kann darin ein Abwägungs- bzw. Rechtsinterpretationsfehler liegen, den die Gerichte auch konkret feststellen können, denn Artikel 20a des Grundgesetzes (GG) ist eine den Gesetzgeber bindende und justiziable Rechtsnorm [7]: „Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen und die Tiere im Rahmen der verfassungsmäßigen Ordnung durch die Gesetzgebung und nach Maßgabe von Gesetz und Recht durch die vollziehende Gewalt und die Rechtsprechung.“

Es obliegt verfassungsgerichtlicher Kontrolle, ob diese Bindung ausreichend beachtet wurde. Bürger, die sich in ihren Grundrechten beeinträchtigt glauben, können die Grundrechtskonformität von Klimaschutzmaßnahmen des Gesetzgebers vor dem BVerfG überprüfen lassen. Zwar hat der Gesetzgeber auch weiterhin einen angemessenen Gestaltungsspielraum, dem sind aber durch die Grundrechte Grenzen gesetzt – insbesondere im Hinblick auf künftige Freiheitsrechte.

Zukünftig werden bei administrativen Entscheidungen voraussichtlich klimaneutrale Vorhaben oder Projekte begünstigt, beispielsweise Anlagen zur Gewinnung Erneuerbarer Energien.

Im Anlagenbau insgesamt werden Belange des Klimaschutzes stärker ins Gewicht fallen – nicht nur im Rahmen von Zulassungsverfahren neuer Anlagen. Auch bei Fragen des Bestandsschutzes bestehender Anlagen wird der Klimaschutz eine wichtige Rolle spielen, insbesondere dann, wenn der Bestandsschutz klimaschädlicher Anlagen in Rede steht. So wird nicht mehr auszuschließen sein, dass Belange des Klimaschutzes sogar hochrangige verfassungsrechtliche Güter beeinflussen können, beispielsweise den Schutz des Eigentums.

Da das BVerfG in seiner Entscheidung insbesondere die Klimaziele nach 2030 im Blick hatte, kann davon ausgegangen werden,

dass es auch im Planungsrecht zu grundlegenden Änderungen kommen wird. Bisher wurden die positiven und die negativen Auswirkungen bei Projekten mit Klimarelevanz über einen Zeitraum von rund 10 bis maximal 15 Jahren betrachtet. Dieser Planungs- und Prognosehorizont wird deutlich ausgeweitet werden müssen, um sicherzustellen, dass zukünftige Freiheitsrechte bestmöglich gewahrt werden. Letztendlich wird entsprechend der verfassungsrechtlichen Vorgaben jede staatliche Planung und Zulassung eines Vorhabens die Klimaneutralität anstreben müssen. Vorhaben mit klimaschädlichen Emissionen werden nur noch ausnahmsweise, nach Abwägung der widerstreitenden Belange, zugelassen werden können. Dabei wird sich das Gewicht der Belange des Klimaschutzes in dem Maße verstärken, wie die Aufzehrung des CO<sub>2</sub>-Budgets voranschreitet [6].

Auf Landesebene wird mit veränderten Gesetzesinterpretationen und Änderungen der Klimaschutzgesetze zu rechnen sein. Gemäß § 14 Abs. 1 KSG können die Länder eigene Klimaschutzgesetze erlassen, sobald sie aber Emissionsminderungspfade beinhalten, sind diese an die Vorgaben des KSG anzupassen.

Den Kommunen kommt eine Vorbildwirkung bezüglich einer klimaneutralen kommunalen Verwaltung zu. Das wird bei der Planung und Gestaltung bestehender und neuer Wohn-, Industrie- oder Gewerbegebiete im Hinblick auf die Treibhausgasneutralität mit weit höheren Anforderungen verbunden sein.

Die vom BVerfG geforderte Anpassung des KSG wird zahlreiche Fachgesetze nach sich ziehen, die auch auf Unternehmen einen erheblichen Druck ausüben werden. Sie werden ihr Handeln stärker an Klimaschutzzielen ausrichten müssen, sodass für Unternehmen „Klima-Compliance“ einen hohen Stellenwert einnehmen wird.

### Fazit

Der „Klimabeschluss“ des Bundesverfassungsgerichts ist derzeit die wohl weitestgehende Klima-Entscheidung eines obersten Gerichts, die bei dem Erreichen von Klimazielen erstmals belastbar auf Generationengerechtigkeit pocht und dafür konkrete Regelungen fordert.

Die weiteren, fast zeitgleich ergangenen, ähnlich gelagerten Entscheidungen anderer europäischer Gerichte deuten auf die generelle Tendenz hin, Klimaschutz gerichtlich durchsetzbar zu machen. Es scheint sich eine Art Konsens bezüglich der Klimaverpflichtungen von Staaten zu bilden, wonach Ver-

säumnisse nationaler Gesetzgeber im Zusammenhang mit dem Klimaschutz künftig zunehmend angegangen werden.

Insgesamt zeichnet sich ein genereller Bewusstseinswandel in Richtung „Klimaschutz“ ab, dem durch den Beschluss des Bundesverfassungsgerichts zukünftig eine weitaus größere Bedeutung in der Abwägung beigemessen wird. Auch wenn Artikel 20a GG nach wie vor keinen absoluten Vorrang genießt, sondern weiterhin ein Abwägungsgebot ist, wird sich das Gewicht doch zunehmend zugunsten des Klimaschutzes verschieben, je weitergehender das CO<sub>2</sub>-Budgets ausgeschöpft wird. ◀

### Literatur:

- [1] Bundesverfassungsgericht, Beschluss vom 24. März 2021, Az.: 1 BvR 2656/18 u. a.
- [2] Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes, BR-Drs. 411/21 v. 14.05.2021 (KSG-E).
- [3] Europäischer Gerichtshof, Entscheidung vom 03. Juni 2021: Unzureichende Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa durch die Bundesrepublik Deutschland.
- [4] Rechtsbank Den Haag, Entscheidung vom 26. Mai 2021: Verpflichtung des Unternehmens Royal Dutch Shell, seine CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2030 um 45 Prozent im Vergleich zum Jahr 2019 zu reduzieren. Die Entscheidung ist noch nicht rechtskräftig.
- [5] Irish Supreme Court: Friends of the Irish Environment v The Government of Ireland & Ors (Approved) IESC 49, 31 July 2020. Ähnlich wie im Beschluss des BVerfG befand Irlands höchstes Gericht den „National Mitigation Plan“ zum Klimaschutz als zu unspezifisch und damit ungültig.
- [6] Vgl. BVerfG-Klima-Beschluss: Folgen für Bund, EU, Länder und Kommunen, Untersuchung im Auftrag des Solarenergie-Fördervereins Deutschland e.V. (SFV), Endfassung vom 18.07.2021, Prof. Dr. jur. habil. Dr. phil. Felix Ekardt, LL.M., M.A., RAin Dr. jur. Franziska Heß, Justus Wulff, M.A.
- [7] Der Beschluss des BVerfG stellt (erneut) klar, dass Art. 20a GG als Staatszielbestimmung keine subjektiven Rechte enthält. Dadurch, dass Eingriffe aber auch objektiv verfassungsgemäß sein müssten – also auch mit Art. 20a GG vereinbar – wird er aber letztlich doch subjektiviert.

# Bauwirtschaft trotz Corona-Krise – Baupreise steigen kräftig

Die deutsche Bauwirtschaft konnte insgesamt auch im zweiten Jahr der Covid-19-Pandemie der Krise trotzen: Preisbereinigt wuchs das gesamte Bauvolumen 2021 um 1,6 Prozent. Stütze der Bauwirtschaft war wieder einmal der Wohnungsbau; der Wirtschaftsbau konnte sich nach dem Corona-bedingten Einbruch des Vorjahres erholen. Dass sich die Krise aber auch in der Bauwirtschaft bemerkbar macht, zeigen das deutlich geschrumpfte Bauvolumen im öffentlichen Bau und die kräftig steigenden Baupreise: 2021 lag der Preisanstieg des Bauvolumens bei 8,5 Prozent – im laufenden Jahr dürfte er sogar zweistellig ausfallen. Rund 28 Prozent des gesamten Bauvolumens im Hochbaubestand können 2020 energetischen Sanierungen zugeschrieben werden.



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

Das DIW Berlin – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. hat berechnet, dass das nominale Bauvolumen (Hoch- und Tiefbau) im Jahr 2021 trotz der Covid-19-Pandemie um insgesamt 10,1 Prozent gegenüber dem Vorjahr auf rund 489 Milliarden Euro angestiegen ist (Tabelle 1).<sup>1</sup> Nachdem der deutliche Preisanstieg der Jahre 2017 bis 2019 im Jahr 2020 gebremst wurde (+ 1,8 Prozent), entwickelten sich die Baupreise 2021 sehr dynamisch: Der Preisanstieg lag bei 8,5 Prozent. Die Ursachen sind laut DIW vor allem Lieferengpässe und Materialmangel.<sup>2</sup>

Preisbereinigt wuchs die Bauwirtschaft im Jahr 2021 um 1,6 Prozent. Stütze der Baukonjunktur blieb der Wohnungsbau: Er wuchs um 2,2 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Die Entwicklung im Wirtschaftsbau war 2020 noch deutlich von den Auswirkungen der Covid-19-Pandemie geprägt (-0,3 Prozent). 2021 konnte er sich erholen und wuchs um 1,4 Prozent.<sup>3</sup> Das DIW führt dies auf die wirtschaftliche Erholung zurück, die Investitionen in Fabriken, Werkstätten und Gebäude des Gastgewerbes ermöglichte. Sogar die Anzahl der Baugenehmigungen für Bürogebäude sei wieder gestiegen.<sup>4</sup> Corona-bedingt hielt sich die öffentliche Hand mit Investitionen zurück: Der öffentliche Bau schrumpfte 2021 um 3,3 Prozent.

Eine Aufschlüsselung des gesamten Bauvolumens zeigt die sehr unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Baubereiche: Nominal lag 2020 der Wohnungsbau bei 57,5 Prozent. Er weist weiterhin den mit Abstand größten Anteil am Bauvolumen auf. Der Anteil des Wirtschaftsbaus (Hoch- und Tiefbau) lag bei 28,5 Prozent und der Anteil des öffentlichen Baus bei lediglich 14,0 Prozent (Diagramm 1) – die Zahlen für das Jahr 2021 lagen Anfang 2022 noch nicht vor.<sup>5</sup>

## Ausblick auf die Jahre 2022 und 2023

Das DIW prognostiziert<sup>6</sup>, dass die Aussichten für die Bauwirtschaft auch in den kommenden Jahren positiv sind. Allerdings wird auch die Baubranche die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie spüren – Sorgen bereiten vor allem Materialknappheit, steigende

Preise und Probleme bei der fristgerechten Umsetzung von Bauvorhaben.

Für das Jahr 2022 wird ein Wachstum des nominalen Bauvolumens insgesamt um 12,7 Prozent auf ca. 551 Milliarden Euro erwartet (Tabelle 1). Preisbereinigt wäre das ein Zuwachs von 2,7 Prozent. Nach Baubereichen aufgeschlüsselt rechnet das DIW mit einem realen Anstieg von 2,4 Prozent im Wohnungsbau und mit einem Plus von 3,9 Prozent im Wirtschaftsbau. Der öffentliche Bau soll sich 2022 mit einem Plus von 1,3 Prozent wieder erholen.<sup>7</sup>

Für das Jahr 2023 erwartet das DIW im Wohnungsbau ein reales Wachstum von 2,9 Prozent. Der Wirtschaftsbau soll um 3,6 Prozent wachsen; der öffentliche Bau um 2,4 Prozent. Das nominale Bauvolumen insgesamt soll 2023 um 6,3 Prozent auf rund

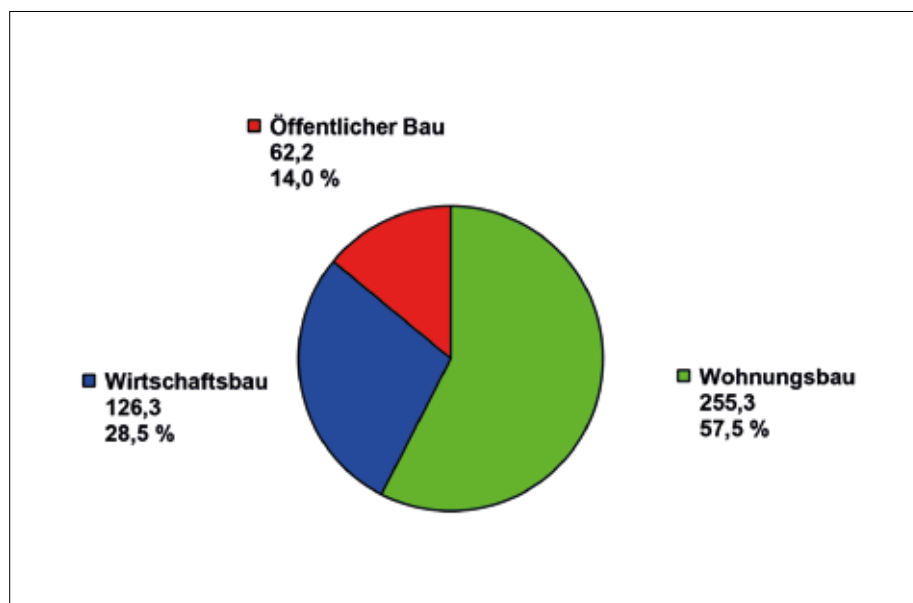


Diagramm 1: Struktur des nominalen Bauvolumens in Deutschland nach Baubereichen im Jahr 2020 (Hoch- und Tiefbau) – in jeweiligen Preisen in Milliarden Euro; Anteile in Prozent

Quelle: Bauvolumenrechnung des DIW Berlin, 2021





585 Milliarden Euro steigen. Preisbereinigt wäre das ein Anstieg um 3,0 Prozent.

Das DIW rechnet mit weiter kräftig steigenden Baupreisen: 2022 voraussichtlich um 10,1 Prozent und 2023 um 3,2 Prozent.<sup>8</sup> Zuletzt kletterten laut DIW die Herstellerpreise so schnell wie nie nach Wiedervereinigung.<sup>9</sup>

### Entwicklung des Ausbaugewerbes und des Bauhauptgewerbes

Das Bauvolumen für das von der Bauinstallation bestimmte Ausbaugewerbe wuchs 2021 nach Berechnung des DIW preisbereinigt um 1,5 Prozent (2020: +2,3 Prozent).<sup>10</sup> Für das Jahr 2022 erwartet das DIW im Ausbaugewerbe ein Wachstum von 2,2 Prozent und für 2023 von 2,7 Prozent. Einen Hauptgrund für den im Vergleich zum Bauhauptgewerbe niedrigeren Wachstumspfad sieht das DIW in Kapazitätsengpässen.<sup>11</sup>

Im Bauhauptgewerbe sorgte der Bauboom der vergangenen Jahre für kräftige Zuwächse – 2020 lag das reale Bauvolumen fast 20 Prozent über dem Niveau des Jahres 2015. 2021 wuchs das Bauvolumen im Bauhauptgewerbe im Vergleich zum Vorjahr preisbereinigt um 1,9 Prozent (2020: +2,6 Prozent). Das stabile Wachstum im Wohnungsbau stützt laut DIW die Entwicklung im Bauhauptgewerbe: 2022 wird ein Plus von 2,8 Prozent erwartet und im Jahr 2023 ein Plus von 3,1 Prozent.<sup>12</sup>

### Investitionen in energetische Sanierungen steigen

Das DIW hat für das Bauvolumen im Hochbau auch den Anteil der Maßnahmen für energetische Sanierungen am Bestandsvolu-

Tabelle 1: Entwicklung des Bauvolumens in Deutschland

	2016	2017	2018	2019	2020	2021*	2022*	2023*
<b>In Milliarden Euro zu jeweiligen Preisen</b>								
nominales Bauvolumen insgesamt	349,71	370,16	395,67	427,33	443,78	488,74	550,97	585,45
<b>real, Kettenindex 2015=100</b>								
reales Bauvolumen insgesamt	102,58	104,88	106,98	110,56	112,82	114,62	117,66	121,18
<b>Nach Baubereichen</b>								
Wohnungsbau	103,97	106,44	108,85	112,64	116,10	118,69	121,51	124,98
Wirtschaftsbau	100,16	102,28	103,32	105,93	105,62	107,07	111,27	115,26
Öffentlicher Bau	102,22	104,24	107,47	112,33	115,40	111,60	113,01	115,77
<b>Nach Produzentengruppen</b>								
Bauhauptgewerbe	103,41	107,45	110,98	116,40	119,37	121,61	125,02	128,88
Ausbaugewerbe	101,92	102,63	104,13	107,08	109,57	111,25	113,71	116,76
Sonstige Bauleistungen	103,08	106,34	110,18	112,61	113,85	115,02	118,40	122,49
<b>Veränderungen gegenüber dem Vorjahr in Prozent</b>								
nominales Bauvolumen insgesamt	4,5	5,8	6,9	8,0	3,8	10,1	12,7	6,3
Preisentwicklung	1,9	3,6	4,9	4,7	1,8	8,5	10,1	3,2
<b>real, Kettenindex 2015=100</b>								
reales Bauvolumen insgesamt	2,6	2,2	2,0	3,3	2,0	1,6	2,7	3,0
<b>Nach Baubereichen</b>								
Wohnungsbau	4,0	2,4	2,3	3,5	3,1	2,2	2,4	2,9
Wirtschaftsbau	0,2	2,1	1,0	2,5	-0,3	1,4	3,9	3,6
Öffentlicher Bau	2,2	2,0	3,1	4,5	2,7	-3,3	1,3	2,4
<b>Nach Produzentengruppen</b>								
Bauhauptgewerbe	3,4	3,9	3,3	4,9	2,6	1,9	2,8	3,1
Ausbaugewerbe	1,9	0,7	1,5	2,8	2,3	1,5	2,2	2,7
Sonstige Bauleistungen	3,1	3,2	3,6	2,2	1,1	1,0	2,9	3,5

\*Schätzungen

Quellen: Statistisches Bundesamt; DIW Bauvolumenrechnung, DIW Berlin, 2022

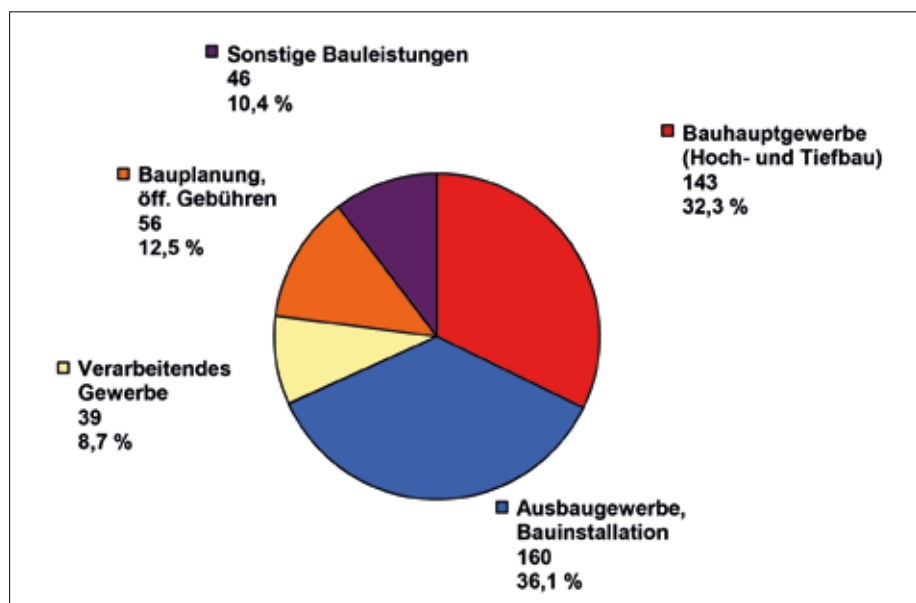


Diagramm 2: Struktur des nominalen Bauvolumens in Deutschland nach Produzentengruppen im Jahr 2020 (Hoch- und Tiefbau) - in jeweiligen Preisen in Milliarden Euro; Anteile in Prozent  
Quelle: Bauvolumenrechnung des DIW Berlin, 2021

men untersucht (Tabelle 2).<sup>13</sup> Das Gesamtvolumen der Investitionen in energetische Sanierungen stieg 2020 auf rund 67 Milliarden Euro (2019: 62,9 Milliarden Euro). Damit ist die energetische Sanierung ein wichtiger Baubereich: Rund 28 Prozent des gesamten Bauvolumens im Hochbaubestand können laut DIW dem Baubereich „energetische Sanierung“ zugeschrieben werden.<sup>14</sup>

Im Wohnungsbau stiegen im Jahr 2020 die Aufwendungen für energetische Sanierungen im Vergleich zum Vorjahr um 6,3 Prozent auf 46,5 Milliarden Euro.<sup>15</sup>

Das Bauvolumen der energetischen Maßnahmen stieg 2020 im Nichtwohnbau auf 20,6 Milliarden Euro (+7,5 Prozent im Vergleich zu 2019).<sup>16</sup>

Für Bauleistungen an bestehenden Gebäuden insgesamt erwartet das DIW auch in den kommenden Jahren deutliche Zuwächse in der nominalen Rechnung. Eine wichtige Rolle spielen dabei die erheblichen Preissteigerungen: 2022 wird mit einem Plus

**Tabelle 2: Energetische Sanierung bestehender Gebäude im Nichtwohnbau und Wohnbau**

	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	in Mrd. €*	in Mrd. €*	Veränderung zum Vorjahr	in Mrd. €*	Veränderung zum Vorjahr	in Mrd. €*	Veränderung zum Vorjahr	in Mrd. €*	Veränderung zum Vorjahr	in Mrd. €*	Veränderung zum Vorjahr	in Mrd. €*	Veränderung zum Vorjahr	in Mrd. €*	Veränderung zum Vorjahr	
<b>Nichtwohnbau</b>																
Bestandsvolumen Nichtwohnbau (Öffentlicher + Wirtschaftsbau)	56,6	57,9	2,2%	57,5	-0,6%	56,4	-2,0%	58,1	3,1%	60,4	4,0%	63,8	5,6%	64,4	0,8%	
Bauvolumen energetische Sanierung im Nichtwohnbau	17,1	17,0	-0,5%	17,6	3,2%	18,4	4,7%	20,0	8,8%	16,8	-16,1%	19,1	13,9%	20,6	7,5%	
Anteil d. Bauvolumens energetische Sanierung am Bestandsvolumen Nichtwohnbau	30,2%	29,4%		30,6%		32,6%		34,4%		27,8%		30,0%		31,9%		
<b>Wohnbau</b>																
Bestandsvolumen Wohnbau	127,5	130,8	2,6%	131,3	0,4%	136,3	3,8%	143,2	5,0%	153,1	6,9%	168,2	9,8%	175,9	4,6%	
Bauvolumen energetische Sanierung im Wohnbau	36,1	36,0	-0,1%	33,5	-7,0%	37,8	12,6%	40,9	8,3%	40,0	-2,1%	43,8	9,4%	46,5	6,3%	
Anteil d. Bauvolumens energetische Sanierung am Bestandsvolumen Wohnbau	28,3%	27,5%		25,5%		27,7%		28,6%		26,1%		26,0%		26,5%		

\*Zu jeweiligen Preisen

Quellen: Statistisches Bundesamt; DIW Bauvolumenrechnung, DIW Berlin 2021

von 13,9 Prozent im Wohnungsbau gerechnet (2021: 11,8 Prozent) und mit einem Plus von 13,0 Prozent im Nichtwohnbau (2021: 9,4 Prozent).<sup>17</sup> Nach einem Abflauen des Preisauftriebs rechnet das DIW für 2023 mit einer Steigerung von 5,3 Prozent im Wohnungsbau und 6,7 Prozent im Nichtwohnbau.<sup>18</sup>

### TGA-Branche wächst das zwölfte Jahr in Folge

Die Umsätze der gesamten deutschen Branche der Haus- und Gebäudetechnik (HKS-Branche) sind im Jahr 2020 deutlich gewachsen: Sie stiegen um 5,7 Prozent auf 64,4 Milliarden Euro (Tabelle 3).<sup>19</sup> Der Umsatz der HKS-Branche wuchs damit das zwölfte Jahr in Folge. Dass sich die Branche trotz steigender Rohstoffpreise und zunehmender Lie-

ferverzögerungen so positiv entwickelt, ist wohl auf den Sanierungsboom im privaten Wohnungsbau und auf Klimaschutzbestrebungen zurückzuführen. Für das Jahr 2021 prognostiziert die B+L Marktdaten GmbH ein Wachstum der HKS-Branche um 8,2 Prozent auf 69,7 Milliarden Euro.<sup>20</sup>

Bei den installierenden Unternehmen stieg der Umsatz 2020 um 5,5 Prozent auf 50,1 Milliarden Euro (2019: 47,5 Milliarden Euro). In der Industrie wurden 22,1 Milliarden Euro erzielt (+3,4 Prozent im Vergleich zu 2019) und im Großhandel 18,6 Milliarden Euro (+9,8 Prozent im Vergleich zu 2019).<sup>21</sup> Für das Jahr 2021 wird für die installierenden Unternehmen ein Umsatz von 52,8 Milliarden Euro prognostiziert; für die Industrie 23,1 Milliarden Euro und für den Großhandel 20,7 Milliarden Euro.<sup>22</sup>

Der Inlandsumsatz der gesamten HKS-Branche stieg 2021 auf 58,0 Milliarden Euro (2020: 53,4 Milliarden). Nachdem der Auslandsumsatz 2020 bedingt durch die Covid-19-Pandemie um 3,5 Prozent gesunken war, stieg er im Jahr 2021 auf 11,7 Milliarden Euro an (+6,4 Prozent).<sup>23</sup>

Die gesamte Branche der Haus- und Gebäudetechnik umfasste im Jahr 2020 rund 50.100 Unternehmen mit 535.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.<sup>24</sup>

**Tabelle 3: Branchenumsätze der Haus- und Gebäudetechnik**

	2019		2020		2021*	
	in Mrd. €	in Mrd. €	Veränderung zum Vorjahr	in Mrd. €	Veränderung zum Vorjahr	in Mrd. €
Industrie	21,4	22,1	3,4%	23,1	4,4%	
Großhandel	17,0	18,6	9,8%	20,7	11,0%	
Installierende Unternehmen	47,5	50,1	5,5%	52,8	5,4%	
<b>HKS-Branche gesamt</b>	<b>60,9</b>	<b>64,4</b>	<b>5,7%</b>	<b>69,7</b>	<b>8,2%</b>	
Inland	49,5	53,4	7,9%	58,0	8,6%	
Ausland	11,4	11,0	-3,5%	11,7	6,4%	

\* Schätzungen

Quelle: Marktbericht Haus- und Gebäudetechnik 2020 – Ausblick 2021, B+L Marktdaten GmbH im Auftrag von Messe Frankfurt - ISH, VDS, VdZ und BDH 2021

<sup>1</sup> DIW Wochenbericht 1+2 (2022), S. 9.

<sup>2</sup> Ebenda, S. 4 u. 9.

<sup>3</sup> Ebenda, S. 9.

<sup>4</sup> Ebenda, S. 10.

<sup>5</sup> Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe. Berechnungen für das Jahr 2020, BBSR-Online-Publikation 32 (2021), S. 16.

<sup>6</sup> Wie Anm. 1, S. 13.

<sup>7</sup> Wie Anm. 1.

<sup>8</sup> Ebenda.

<sup>9</sup> Wie Anm. 1, S. 13.

<sup>10</sup> Wie Anm. 1.

<sup>11</sup> Ebenda, S. 11.

<sup>12</sup> Wie Anm. 1.

<sup>13</sup> Wie Anm. 5, S. 28ff.

<sup>14</sup> Ebenda, S. 30.

<sup>15</sup> Ebenda.

<sup>16</sup> Ebenda.

<sup>17</sup> Wie Anm. 1, S. 7.

<sup>18</sup> Ebenda.

<sup>19</sup> Gemeinsame Pressemitteilung „Sanierungsboom sorgt für anhaltend positive Entwicklung der Haus- und Gebäudetechnik-Branche“ der VDS – Vereinigung Deutsche Sanitärwirtschaft e.V. und VdZ – Wirtschaftsvereinigung Gebäude und Energie e.V. vom 20. 12. 2021.

<sup>20</sup> Ebenda.

<sup>21</sup> Ebenda.

<sup>22</sup> Ebenda.

<sup>23</sup> Ebenda.

<sup>24</sup> Ebenda.

+

Beraten lassen  
kostet nichts  
FACHKRÄFTEMANGEL  
**SCHON**



## VORFERTIGUNG EIN INTELLIGENTER SERVICE

Industriell vorgefertigte Baukomponenten für die unkomplizierte Montage vor Ort.

- ✓ Vorgefertigte Verteileraufbauten
- ✓ Heiz- und Kühlregisterbau
- ✓ Modulbau (Nahwärme / Fernwärme / Systemtrennung)
- ✓ Passstücke (Pumpen, Wärmemengenzähler etc.)
- ✓ Rohrleitungsbau geflanscht oder genietet
- ✓ Regelgruppen
- ✓ Sonderbau

“

Leistung, die weit über die Handelsanforderungen hinaus geht.

”



## Gradgenaue Temperatur. Gradgenaues Design. Ganz schnell installiert.

**Rasch fertig:** Einfach die Montageplatte anschrauben und du hast beide Hände zum Anschließen frei. Unsere digitalen **ClimaCon F Raumthermostate** verbindest du ebenso schnell – nämlich einfach per App. Und deine Kunden? Stellen schnell ihre Komfort-Temperatur ein. Per **Taste, App oder gradgenauem Drehrad**.

Entdecke unsere Systemlösung auf [climacon.ventrop.com](https://climacon.ventrop.com)