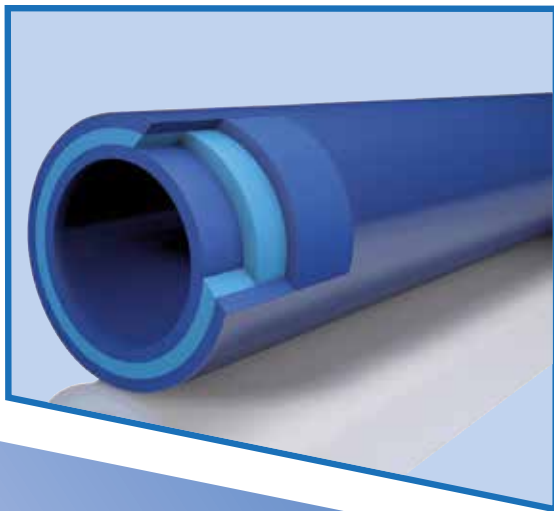




BTGA

Bundesindustrieverband
Technische Gebäudeausrüstung e.V.



BTGA - ALMANACH

2017

Endlich! Rendite im Keller!

Hocheffiziente Anlagen von Wilo
rechnen sich – erst recht mit
staatlicher Förderung.

Jetzt Pumpe
austauschen
und 30 %
Förderung
sichern!

**DEUTSCHLAND
MACHT'S
EFFIZIENT.**

Entscheiden Sie sich für mehr Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit in Ihrem Unternehmen. Mit hocheffizienten Pumpen und Pumpensystemen von Wilo reduzieren Sie den Strombedarf Ihrer Heizungsanlage um bis zu 90 % – und erwirtschaften langfristig eine deutlich bessere Rendite als mit einer gängigen Kapitalanlage.

Optimale Energieeffizienz geht jetzt ganz einfach: Wilo-Energy Solutions unterstützt Sie mit gezielter Beratung rund um den proaktiven Pumpentausch. Der Staat fördert Ihre Investition mit 30 % der Nettokosten.

Alles Wichtige zu Ihren Renditechancen: www.pumpenförderung.de



Zum Geleit



Ing. Josef Oswald
Präsident des BTGA



Günther Mertz M.A.
Hauptgeschäftsführer des BTGA

Am 24. September 2017 wird ein neuer Bundestag gewählt – fast genau ein halbes Jahr nach dem Erscheinen des BTGA-Almanachs 2017. Ein guter Anlass, um einen Blick auf die dann endende 18. Legislaturperiode zu werfen: Die Bundesregierung hat 2014 und 2015 mit dem Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) und der Effizienzstrategie Gebäude (ESG) wichtige Meilensteine gesetzt. Innerhalb der letzten zwölf Monate der Wahlperiode legte sie weitere Papiere vor, die für die Technische Gebäudeausrüstung (TGA-Branche) von großer Bedeutung sind: der Klimaschutzplan 2050, das Grünbuch Energieeffizienz, die Novelle des KWK-Gesetzes und der Entwurf des Gebäudeenergiegesetzes (GEG). Das Fachwissen der Verbände wurde von den zuständigen Bundesministerien sehr unterschiedlich in die Arbeit an den Entwürfen einbezogen – Fristen für schriftliche Stellungnahmen variierten von eineinhalb Monaten bis zu sieben Arbeitstagen. Eines kann aber festgestellt werden: Das Gebäude steht im Fokus der Energiewende. Zu Recht: Rund 40 Prozent des gesamten Energiebedarfs entfallen in Deutschland und Europa auf den Gebäudesektor.

Die vielen politischen Maßnahmen haben aber bisher nicht dazu geführt, den enormen Modernisierungstau im Gebäudebereich auch nur annähernd aufzulösen. Einen unverzichtbaren Baustein der Energiewende stellt die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden dar. Dieser fand bisher gegenüber der Energieeffizienz von Wohngebäuden in der Öffentlichkeit und auf politischer Ebene nicht genug Aufmerksamkeit. Im Bereich der

Nichtwohngebäude muss der Vollzug des Energieeinsparrechts durch intensive begleitende Qualitätssicherung gewährleistet werden. Das betrifft insbesondere die konsequente Durchführung der energetischen Inspektion von Klimaanlagen nach dem bisherigen § 12 EnEV, die erhebliche Optimierungs- und Einsparpotenziale birgt. In der zukünftigen Weiterentwicklung des Energieeinsparrechts sollte die Betriebsüberwachung energetisch relevanter gebäudetechnischer Anlagen weiter gestärkt werden. Dazu sollte die energetische Inspektion auch auf große Lüftungsanlagen ausgedehnt werden, beispielsweise ab einer Luftmenge von 10.000 m³/h. Der BTGA fordert außerdem einen bedarfsorientierten Energieausweis, der bei Vermietung, Verkauf und Verpachtung vorgeschrieben ist. Das Berechnungsverfahren der bisherigen EnEV ist gerade bei Nichtwohngebäuden sehr komplex und muss einfacher, nachvollziehbar, verständlich und übersichtlich sein. Insbesondere für Nichtwohngebäude ist es wichtig, kontinuierliche Prozesse zur Verbesserung der Energieeffizienz zu etablieren, bei denen gleichzeitig die spezifischen Anforderungen an Behaglichkeit und Innenraumluftqualität sichergestellt sind. Eine Energieberatung ist ein wichtiger erster Schritt zur systematischen Erschließung von Einsparpotenzialen. Als zweiter Schritt sollte die Einführung eines Energiemanagementsystems folgen, das für größere Gebäudeportfolios auch die Erstellung eines Sanierungsfahrplans umfasst.

Für den Wirtschaftsstandort Deutschland ist eine langfristig angelegte und verlässli-

che Wirtschafts- und Energiepolitik wichtig. Technologieoffenheit, Energieträgerneutralität und der Grundsatz „Anreize statt Verbote“ sind notwendig, um die Innovationsfähigkeit der deutschen Unternehmen zu erhalten. Nur so kann es gelingen, europäische und nationale Energieeffizienzziele zu erreichen und die Energiewende zu meistern. Der BTGA steht schon lange der Politik auf Landes- und auf Bundesebene für einen zielorientierten Dialog zur Verfügung. In direkten Gesprächen, in Positionspapieren, in mündlichen und in schriftlichen Stellungnahmen benennt er konkrete Punkte und bietet substanzvolle Lösungsvorschläge.

Auch der BTGA-Almanach 2017 dient diesem Dialog: In ihm werden Technologien und Lösungen präsentiert, die in hohem Maße dazu geeignet sind, die Energiewende im Gebäudebereich effizient und praxisorientiert zu unterstützen. Denn nur mit mehr Gebäude-Energieeffizienz lässt sich die Energiewende erfolgreich gestalten. ◀



Inhaltsverzeichnis

Zum Geleit

Ing. Josef Oswald, 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

Schlüsseltechnologie Kraft-Wärme-Kopplung

Jörg Schmidt, Leiter Öffentlichkeitsarbeit,
Viessmann Werke GmbH & Co. KG, Allendorf

12

Software zur Planung thermischer Energieversorgungssysteme

M.Sc. RWTH Daniel Koschwitz, Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D, RWTH Aachen University
Dr.-Ing. Jérôme Frisch, Akademischer Oberrat,
Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D, RWTH Aachen University
Dipl.-Ing. Mark-Alexander Brüntjen, Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D, RWTH Aachen University
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christoph van Treeck, Lehrstuhlinhaber,
Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D, RWTH Aachen University

18

Novellierte Abwassernorm

Peter Reichert, Leiter Produktmanagement Rohrleitungssysteme,
Geberit Vertriebs GmbH, Pfullendorf

22

Energieeffizienz – Das Maß aller Dinge?

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

26

Brandschutz in der Gebäudetechnik

Giovanni Riello, Vorschriften und Zulassungen, Hilti AG, Liechtenstein
Dr.-Ing. Oliver Geibig, Head of Engineering Central Europe,
Hilti Deutschland AG, Kaufering

28

Optimale Anlageneffizienz durch punktgenaue Wartung

Frank Hühren, Geschäftsführer, Priva Building Intelligence GmbH, Tönisvorst

32

Was können moderne Absorptionskälteanlagen leisten?

Jan Albers, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, TU Berlin,
Institut für Energietechnik
Wolfgang Lanser, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, TU Berlin,
Institut für Energietechnik
Christopher Paitazoglou, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, TU Berlin,
Institut für Energietechnik
Stefan Petersen, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, TU Berlin,
Institut für Energietechnik

34

Druckhaltung mit System im Heizwerk „Im Grund“

Fritz Burkhardt,
Leiter Technik – Planung, Stadtwerke Böblingen GmbH & Co. KG
Alexander Kessler,
Projektleiter Industrietechnik, Sülzle Kopf Gebäudetechnik GmbH

40

Hocheffiziente Wärmerückgewinnung
am Beispiel einer Mensa des Studentenwerks Leipzig

Dipl.-Ing. Lutz Krischowsky, Leiter Verbände- und Normungsarbeit,
Wolf GmbH, Mainburg

42

Warmwasser – bereit?

Dipl.-Ing. Heiko Heitefuss,
Mitglied für den BTGA im DIN-Ausschuss NA 041-01-58-06 AK

46

Vakuum-Sprührohrentgasung mit System

Helmut Brinkmann, Produktmanager Entgasungssysteme & Abscheidetechnik,
Reflex Winkelmann GmbH, Ahlen

50

Fußbodenheizung und Wohnungsstation

Dipl.-Ing. (FH) Peter Gabanyi, Software-Entwickler und Inhaber
eines Rechenzentrums für angewandte Heiztechnik

52

Korrosion in Heiz- und Kühlsystemen

Dr. rer. nat. Oliver Opel, wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Leuphana Universität, Lüneburg
Dipl.-Ing. Mani Zargari, wissenschaftlicher Mitarbeiter, SIZ energie+
Dr. rer. nat. Tanja Eggerichs, wissenschaftliche Mitarbeiterin,
Leuphana Universität, Lüneburg
Dr.-Ing. Stefan Plesser, Projektleiter, stellvertretender Leiter SIZ energie+
MSc. Tobias Otte, wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Leuphana Universität, Lüneburg
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang K. L. Ruck, Projektleiter,
Leuphana Universität, Lüneburg
BSc. Marlies Wiegand, wissenschaftliche Mitarbeiterin,
Leuphana Universität, Lüneburg
Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch, Leiter SIZ energie+

56

Prozesskühlwasserverrohrung in der Industrie –
Praxisbericht über eine Herausforderung

Anke Klein, Dipl.-Ing. (FH) Versorgungstechnik,
Geschäftsführerin BROCHIER Gebäudemanagement GmbH, Nürnberg

60

Einsatz von dezentralen Ventilatoren
zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen

Tobias Klimmt M.Eng., Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung, Universität Kassel
Niklas Alsen M.Sc., Referent für Technische Gebäudeausrüstung
bei Hochbauangelegenheiten des Landes, Ministerium für Bauen,
Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen
Prof. Dr.-Ing. Jens Knissel
Leiter des Fachgebiets Technische Gebäudeausrüstung, Universität Kassel

62

Ringleitungen in der Stockwerksinstallation

Dipl.-Ing. Matthias Hemmersbach, Area Application Manager D/A/CH,
Uponor GmbH, Haßfurt

68

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

Gesamtherstellung: STROBEL VERLAG GmbH & Co. KG, Arnsberg



Neue Methode zur Beurteilung der Verschmutzungsneigung von Zuluft-Schlitzdurchlässen

Christian Kampers M.Sc., Masterstudent bei der TROX GmbH zum Thema „Experimentelle und numerische Untersuchung eines Schlitzdurchlasses“
Dipl.-Ing. Thomas Wolters, Leiter Forschung & Entwicklung / Manager Research & Development, TROX GmbH

72

Neue Filternorm für die allgemeine Raumlufttechnik

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

76

BIM: Internationaler Expertenansatz für Entwicklung entscheidend

Arjan Calis, Head of Business Development, Market Manager Commercial HVAC WIL0 SE

82

Effiziente und intelligente Pumpen für die Heizungs- und Klimatechnik

Daniel Wittoesch, Vertriebsleiter West, Grundfos GmbH

86

Behaglichkeitsanalysen unter transienten Bedingungen

PD Dr.-Ing. habil. Joachim Seifert, Privatdozent für Heizungs- und Raumlufttechnik, TU Dresden
Dipl.-Ing. Maximilian Beyer, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Energietechnik, TU Dresden
Dipl.-Ing. Lars Schinke, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Energietechnik, TU Dresden
Dipl.-Ing. Alexander Buchheim, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Energietechnik, TU Dresden

90

Normgerechte Trinkwasserzirkulation auf engstem Raum

Frank Kasperkowiak, Produktmanager, Viega Technology GmbH & Co. KG, Attendorn

94

Neues lufttechnisches Konzept zur Reduzierung der Formaldehydbelastung im anatomischen Praktikum

Dipl.-Ing. Peter Thiel, Leiter Labor, Forschung und Entwicklung, Rud. Otto Meyer Technik Ltd. & Co. KG (ROM Technik), Hamburg

98

Behandlung von Hallengebäuden im Gebäudeenergiesparrecht

Dipl.-Ing. Ralf Kiryk, Abteilungsleiter, BDH e.V.
Dipl.-Ing. M.Eng. Stefan Tuschy, technischer Referent, BTGA e.V.

104

Mitarbeit in einer Verbands-Arbeitsgruppe: Zeitverschwendung oder Weiterbildung?

Dipl.-Ing. (FH) Anke Klein, Mitglied der BTGA-Arbeitsgruppe 3.003

110

Wirtschaft, Recht und Berufsbildung

Klimaschutzziele nur mit Kompetenz der Anlagen bauenden Unternehmen erreichbar
Karl-Walter Schuster, Präsident der GCP Europe

112

Der EU-Turbo zur Energiewende

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

114

Duales Studium zum „Dipl.-Ing. (BA) Versorgungs- und Umwelttechnik“ an der Staatlichen Studienakademie Glauchau

Prof. Dr.-Ing. Jörg Scheibe, Leiter des Studienganges Versorgungs- und Umwelttechnik, Staatliche Studienakademie Glauchau
Thomas Pfunke, Referent des Direktors, Staatliche Studienakademie Glauchau

118

Vertragsgestaltung bei Dualen Studiengängen

Rechtsanwalt Tobias Dittmar, Justiziar des BTGA e.V.

122

2016: Positive Baukonjunktur – dank Wohnungsbau und öffentlichem Bau

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

128

Hinweise zur Titelseite

Wilo-GEP Fire-H

Die Wilo-GEP Fire-H für die sichere Löschwasserversorgung bietet ein maßgeschneidertes Komplettpaket – mit flexiblen Einsatz- und Erweiterungsmöglichkeiten, für große Gebäude und ganze Liegenschaften.



Produktvorteile:

- Platzsparende Kompaktanlage für eine minimale Aufstellfläche ab 0,64 m²
- Hygienische Sicherheit durch freien Auslauf Typ AB nach DIN EN 1717
- Modulare Kompaktanlage zertifiziert durch DVGW, DEKRA und TÜV-Süd
- Automatischer Funktionstest aller Mess- und Regelgeräte bis Redundanzstufe 3 sowie integrierte, automatische Stagnationswasserspülung der Trinkwasseranschlussleitung
- Durch optionale Pumpen-Notentwässerung ist die Aufstellung auch unterhalb der Rückstauenebene und die Ausgabe von Betriebs- und Fehlermeldungen über potenzialfreie Kontakte möglich

WIL0 SE

Nortkirchenstraße 100 · 44263 Dortmund · Telefon 0231 4102-0
www.wilo.de · wilo@wilo.com

„Q-Tech“ Thermostatventile von Oventrop



Die „Q-Tech“ Thermostatventile von Oventrop ermöglichen einen automatischen Hydraulischen Abgleich. Sie erleichtern die Volumenstromanpassung an den jeweiligen Verbraucher in Heizungs- und Kühlanlagen.

Die Vorteile der Q-Tech auf einen Blick:

- Konstanter Volumenstrom auch bei stark schwankenden Anlagen-Differenzdrücken
- Einfach nachrüstbar
- Stufenlose Voreinstellung

90

94

98

Oventrop GmbH & Co. KG

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

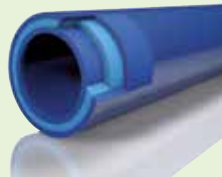
104

aquatherm blue pipe ot

Mit dem aquatherm blue pipe ot bietet aquatherm ein sauerstoffdichtes Rohr, welches mit einer Diffusionsspererschicht ausgestattet ist und somit den Anforderungen der DIN 4726 entspricht. aquatherm blue pipe beinhaltet alle Systemkomponenten für Rohrleitungsinstallationen im Anlagenbau.

Die Vorteile:

- sauerstoffdicht gemäß DIN 4726 durch Diffusionssperre
- hohe Schlagzähigkeit
- absolut korrosionsresistent
- Resistenz gegenüber Chemikalien
- geringe Rohrrauigkeit
- wärme-/schallsisolierende Eigenschaften
- hohe Stabilität
- sehr gute Schweiß Eigenschaften
- hochwärmestabil
- deutlich dünnere Isolierung



112

114

118

Aufbau der Schichten von innen nach außen:

PP-R Schicht, Faserschicht, PP-R Schicht, Sauerstoffsperrschicht

122

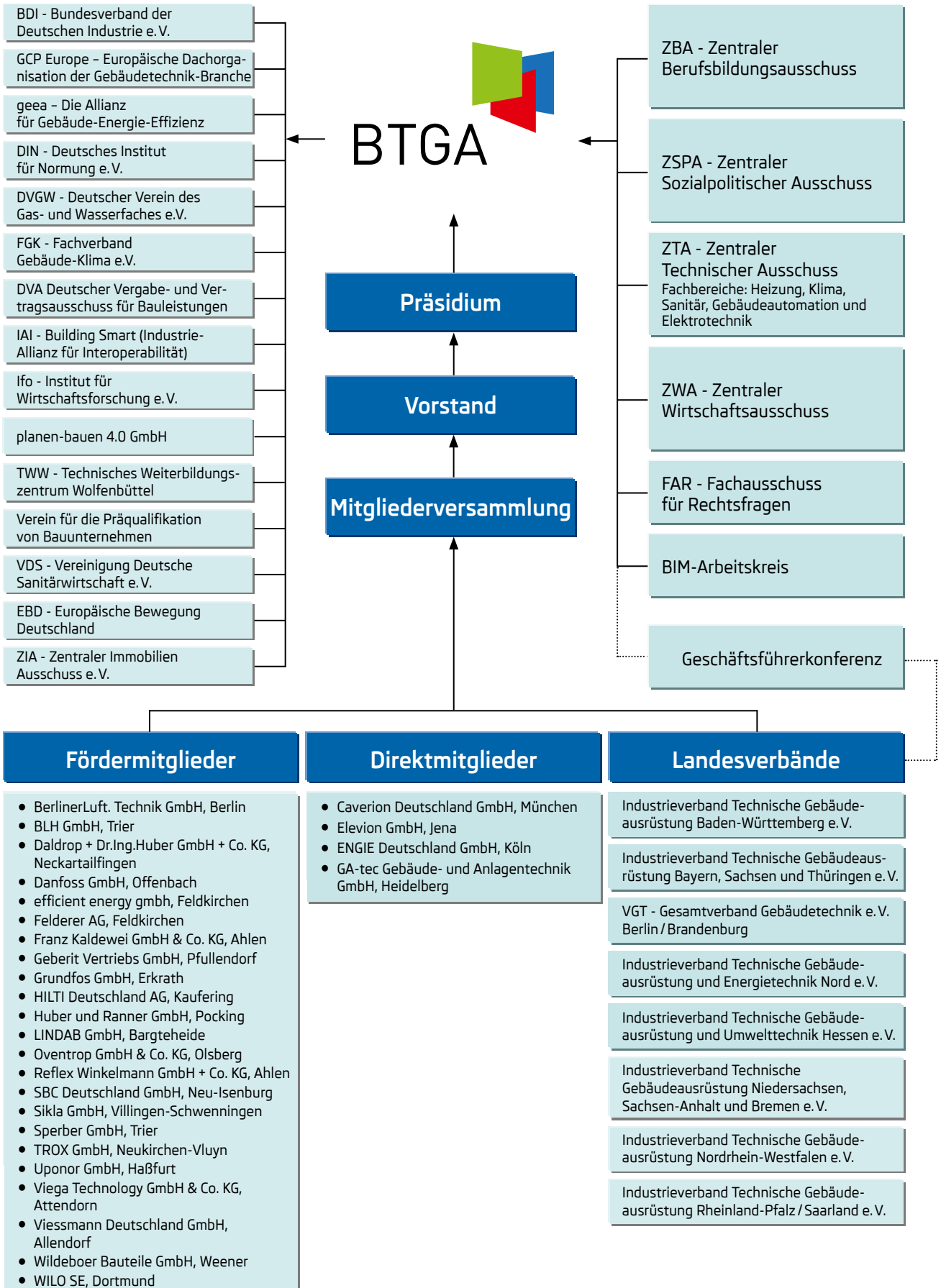
aquatherm GmbH

Biggen 5 · 57439 Attendorn Deutschland
Tel: 02722-950-0 · Fax: 02722-950-100
E-Mail-Adresse: info@aquatherm.de

128



Die Organisationsstruktur des BTGA

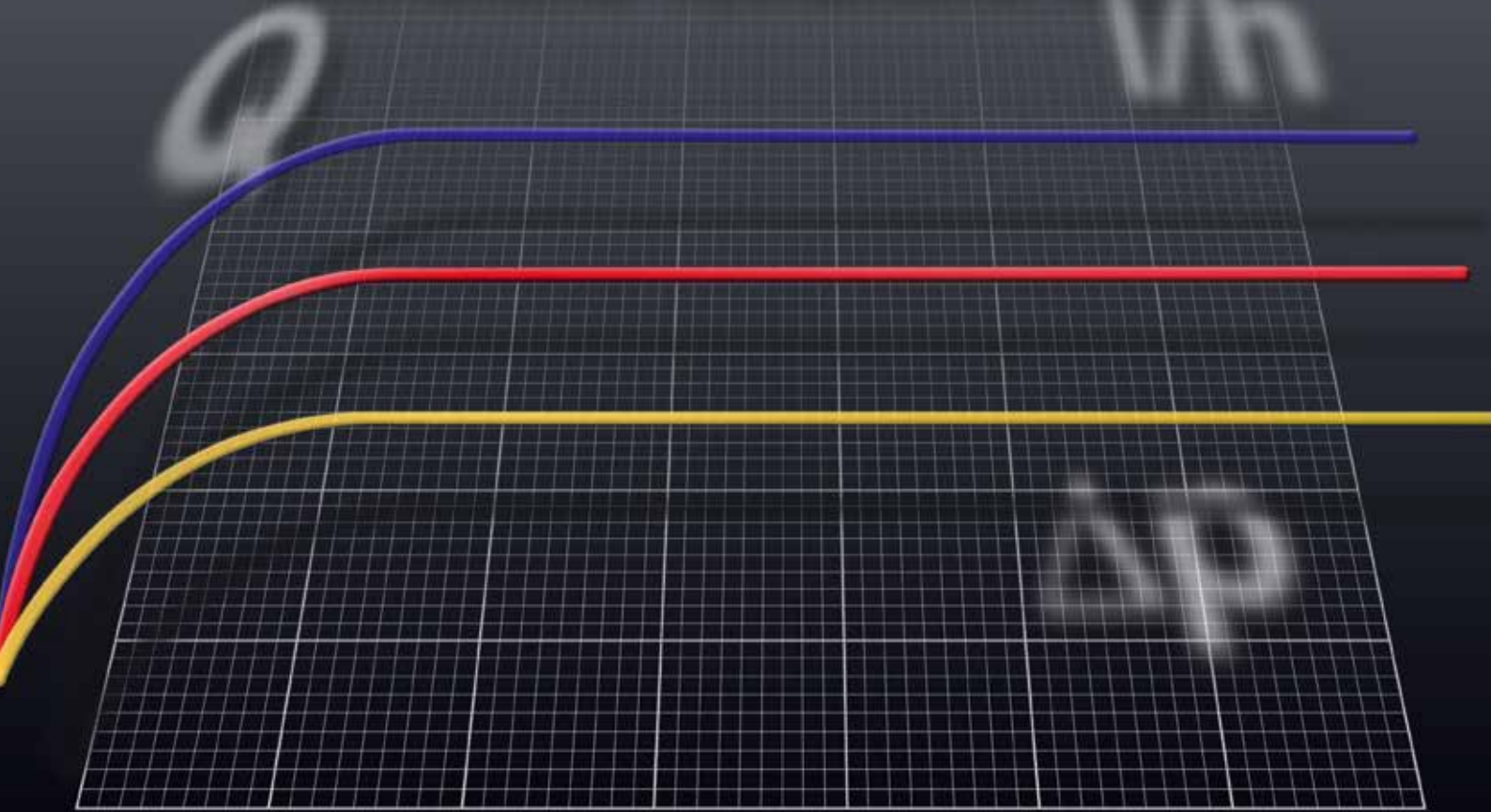


Einfach nachrüsten
Zuverlässig regeln

für die bessere
Energieeffizienz ...

Q-Tech

Automatischer Hydraulischer Abgleich





Der BTGA und seine Landesverbände

**Bundesindustrieverband
Technische Gebäude-
ausrüstung e.V.**



Hinter Hoben 149, 53129 Bonn
Tel.: (02 28) 9 49 17-0; Fax: (02 28) 9 49 17-17
Internet: www.btga.de
E-Mail: info@btga.de
Präsident: Ing. Josef Oswald
Hauptgeschäftsführer: Günther Mertz, M. A.

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



Raiffeisenstr. 18, 30938 Großburgwedel
Tel.: (0 51 39) 89 75-0; Fax: (0 51 39) 89 75-40
Internet: www.itga-mitte.de
E-Mail: info@itga-mitte.de
Vorsitzender: Dipl.-Ing. (FH) Nikolaus Daume
Geschäftsführer: RA Dirk Drangmeister

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



Motorstraße 52, 70499 Stuttgart
Tel.: (07 11) 13 53 15-0; Fax: (07 11) 13 53 15-99
Internet: www.itga-bw.de
E-Mail: verband@itga-bw.de
Vorsitzender: Dipl.-Ing. (FH) Jürgen Sautter
Geschäftsführer: RA Sven Dreesens

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



Winterhuder Weg 76, 22085 Hamburg
Tel.: (0 40) 32 90 95-70; Fax: (0 40) 32 90 95-95
Internet: www.itga-nord.de
E-Mail: info@itga-nord.de
Vorsitzender: Dipl.-Kfm. Thomas Storm
Geschäftsführer: RA Thomas Wiese

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



Rümannstr. 61, 80804 München
Tel.: (0 89) 360 350 90; Fax: (0 89) 3 61 37 65
Internet: www.itga-suedost.de
E-Mail: info@itga-suedost.de
Vorsitzender: Dipl.-Ing. Werner Menge
Geschäftsführer: RA Dr. Florian Festl

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



Bilker Str. 3, 40213 Düsseldorf
Tel.: (02 11) 32 92 17/18; Fax: (02 11) 32 44 93
Internet: www.itga-nrw.de
E-Mail: info@itga-nrw.de
Vorsitzender: Michael Mahr
Geschäftsführer: RA Martin Everding

**VGT -
Gesamtverband
Gebäudetechnik e.V.**



Haynauer Str. 56 A, 12249 Berlin
Tel.: (0 30) 76 79 29 10; Fax: (0 30) 7 76 10 73
Internet: www.vgt-az.de
E-Mail: info@vgt-az.de
Vorsitzender: Dipl.-Ing. M.Eng. Andreas Neyen
Geschäftsführerin: Dipl.-Kffr. Carola Daniel

**Industrieverband
Technische Gebäudeausrüstung
Rheinland-Pfalz / Saarland e.V.**



Wilhelm-Heinrich-Str. 16, 66117 Saarbrücken
Tel.: (06 81) 5 36 67; Fax: (06 81) 58 42 47
Internet: www.itga.info
E-Mail: info@itga.info
Vorsitzender: Dipl.-Ing. (FH) Hermann Sperber
Geschäftsführer: RA Dr. Jörg Schultheiß

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



Emil-von-Behring-Straße 5, 60439 Frankfurt/Main
Tel.: (0 69) 9 58 09-150; Fax: (0 69) 9 58 09-91 50
Internet: www.itga-hessen.de
E-Mail: edward.fuhrmann@itga-hessen.de
Geschäftsführer: RA Edward Fuhrmann
Vorsitzender: Dr. Sven Herbert

Life Cycle Solutions for
Buildings and Industries

VERNETZTER PLANEN TRANSPARENTER BAUEN

Wir von Caverion bauen Zukunft – und das so konsequent wie nie. Denn für noch mehr Transparenz und Intelligenz beim vollvernetzten Bau und Betrieb von Gebäuden gehen wir gemeinsam mit Ihnen einen entscheidenden Schritt weiter. Erfahren sie alles über BIM by Caverion inklusive Lünendonk Whitepaper.

Jetzt besuchen: www.bimmobilie.de

www.caverion.de

Caverion



Direkt- und Fördermitglieder des BTGA

Direktmitglieder

Caverion Deutschland GmbH

Riesstr. 8, 80992 München
Tel.: 089/374288-500, Fax: -520 · www.caverion.de

Elevion GmbH

Göschwitzer Straße 56, 07745 Jena
Tel.: 03641/2934-100, Fax: -199 · www.elevion.de

ENGIE Deutschland GmbH

Aachener Straße 1044, 50858 Köln
Tel.: 0221/46905-0, Fax: -250 · www.engie.de

GA-tec Gebäude- und Anlagentechnik GmbH

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

Fördermitglieder

BerlinerLuft. Technik GmbH

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

BLH GmbH

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

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

Daldropstr. 1, 72666 Neckartailfingen
Tel.: 07127/1803-0, Fax: 07127/3839
www.daldrop.com

Danfoss GmbH

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

efficient energy gmbh

Hans-Riedl-Str. 5, 85622 Feldkirchen
Tel.: 089/693369-500, Fax: -8610
www.efficient-energy.de

Felderer AG

Kreuzstr. 15, 85622 Feldkirchen
Tel.: 089/742-1500, Fax: 089/742-84000
www.felderer.de

Franz Kaldewei GmbH & Co. KG

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

Geberit Vertriebs GmbH

Theuerbachstr. 1, 88630 Pfullendorf
Tel.: 07552/934-881, Fax: -99881
www.geberit.de

Grundfos GmbH

Schlüterstr. 33, 40699 Erkrath
Tel.: 0211/92969-0, Fax: -3739
www.grundfos.de

HILTI Deutschland AG

Hiltistr. 2, 86916 Kaufering
Tel.: 08191/90-4237, Fax -174237
www.hilti.de

Huber & Ranner GmbH

Gewerbering 15, 94060 Pocking
Tel.: 08531/705-0, Fax -22
www.huber-ranner.com

LINDAB GmbH

Carl-Benz-Weg 18, 22941 Bargtheide
Tel.: 04532/2859-0, Fax -4444
www.lindab.de

Oventrop GmbH & Co. KG

Paul-Oventrop-Str. 1, 59939 Olsberg
Tel.: 02962/82-0, Fax: -401
www.ventrop.de

Reflex Winkelmann GmbH

Gersteinstr. 19, 59227 Ahlen
Tel.: 02382/7069-0, Fax: -9588
www.reflex.de

SBC Deutschland GmbH

Siemensstr. 3, 63263 Neu-Isenburg
Tel.: 06102/2025-0, Fax: -200
www.saia-pcd.com

Sikla GmbH

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

Sperber GmbH

An den Kaiserthermen 5, 54290 Trier
Tel.: 0651/97023-0, Fax: -33
www.sperber.org

Trox GmbH

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

Uponor GmbH

Industriestr. 56, 97437 Haßfurt
Tel.: 09521/69-0
www.uponor.com

Viega Technology GmbH & Co. KG

Viega-Platz 1, 57439 Attendorn
Tel.: 02722/61-0, Fax: -1415
www.viega.de

Viessmann Industrie Deutschland GmbH

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

Wilbeoer Bauteile GmbH

Marker Weg 11, 26826 Weener
Tel.: 04951/950-0, Fax: -27120
www.wilbeoer.de

WILO SE

Nortkirchenstr. 100, 44263 Dortmund
Tel.: 0231/4102-0, Fax: -7363
www.wilo.de

Mit BIM Lebenszykluskosten schon in der Ausschreibungsphase planen

Nicht enden wollende Verzögerungen und Kostenexplosionen bei Großprojekten wie dem Flughafen Berlin BER oder Stuttgart 21 sorgten in den vergangenen Jahren für harsche Kritik. Oft beschränken sich Fehlkalkulationen jedoch nicht nur auf den Bau an sich, sondern ebenso auf die Kosten für den laufenden Betrieb. Abhilfe schafft das Building Information Modeling (BIM), mit dem die wirklichen Lebenszykluskosten der Gebäudeausstattung vor Baubeginn errechnet werden können.

Lange Zeit fokussierten Ausschreibungen nur die Investitionskosten. Dabei ist das günstigste Angebot nicht unbedingt das auf Dauer wirtschaftlichste. Hier kann BIM künftig für mehr Transparenz sorgen. Neben den Baukosten rückt nun auch die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes in den Fokus, sodass der Nutzer oder das Facility Management es rentabel und ressourcenschonend unterhalten kann. Und genau das ist wichtig, denn laut einer Studie der Bundesarchitektenkammer entfallen „bei einer 40-jährigen Nutzungsdauer eines Gebäudes [...] nur 20 % der Kosten auf die Erstellung, aber 80 % auf den Betrieb“¹.

Erste Versuche allgemeingültiger Berechnungen

Gegenwärtig diskutieren diverse Verbände sinnvolle Berechnungsgrundlagen für Lebenszykluskosten. Ein aktuell neu formuliertes Berechnungsverfahren ist in der VDI-Richtlinie 4703 für Lebenszykluskostenorientierte Ausschreibungen aufgezeigt. Die Richtlinie beschreibt eine Methode, die den sogenannten Barwert, also den Wert, den zukünftige Zahlungen in der Gegenwart besitzen, sowie Produktmerkmale der technischen

Anlagen eines Gebäudes berücksichtigt. Jedes Produktmerkmal hat einen zu bestimmenden Berechnungsfaktor, der sich aus Preis-, Nutzungs- und Finanzfaktoren zusammensetzt und seitens des potenziellen Auftraggebers festgelegt wird. Die Lebenszykluskosten werden für alle Produktmerkmale ermittelt und zuletzt summiert. Das ergibt die schlussendlich angesetzten Lebenszykluskosten.

Es gilt zu bedenken, dass einzelne Berechnungsfaktoren großen Einfluss auf das Ergebnis haben können. In der Planung müssen idealerweise mehrere Annahmen getroffen werden, um realistisch kalkulieren zu können. Noch mangelt es den Produktmerkmalen, die durch die Anbieter benannt werden müssen, an ausreichenden Ausarbeitungen. Ein geeignetes Angebot oder Produkt auszuwählen, ist schwierig, da die Anbieter aufgrund verschiedener Grundannahmen und Rahmenbedingungen nicht einheitlich berechnen und die Produkte daher kaum miteinander vergleichbar sind. Mögliche Berechnungsverfahren werden laufend weiterentwickelt und um zusätzliche Aspekte ergänzt, beispielsweise um die Expertise

aus dem Bereich des Betriebs von Gebäuden seitens der German Facility Management Association, GEFMA.

Kosten sparen in den Details

Zeit- und kosteneffizientes BIM muss eine immense Informationsfülle über die Flächen- und Anlagenverwaltung, die Systemsteuerung und das Instandhaltungsmanagement berücksichtigen. Für alle möglichen Ausstattungsszenarien sind Daten wie Wartungshäufigkeit oder Bauteilinformationen zu hinterlegen. Das setzt eine umfassende Produktdatenmodellierung des Herstellers in der Datenbank voraus.

CWS-boco, Fullservice-Spezialist für Waschraumhygienelösungen, bietet bereits viele Informationen für diverse Stoffhandtuch-, Seifen-, Duft- und Toilettenpapierspender an. Das Facility Management kann so den Unterhalt von Waschräumen nachhaltig planen: Welche Materialien eignen sich besser, nachhaltige Einmalstoffhandtücher aus dem Spender, die immer wieder gereinigt und geliefert werden, oder Papier, das im Müllimer landet? Was kostet die Entsorgung des Abfalls? Was ist sparsamer anzuwenden, Schaum- oder Cremeseife? Der Hygieneexperte veröffentlicht alle Waschräumspender als BIM-Objekte in Datenbanken wie www.bimobject.com und www.heinzebauoffice.de.

Die frühe Lebenszykluskostenberechnung auf Grundlage realistischer Daten beugt verwaisten Gewerbeimmobilien und leeren Haushaltskassen vor. Denn nur Gebäude, die sich auch im Alltag effizient und nachhaltig bewirtschaften lassen, machen unternehmerisch Sinn.

Alexander Stollbert, CWS-boco Deutschland
www.cws-boco.de



Bereits in der Planungsphase erlauben in BIM hinterlegte Produktinformationen die Berechnung von Lebenszykluskosten.

¹ Bundesarchitektenkammer – Die Verantwortung der Architekten von Peter Conrad 26. 6. 2004, Rede zum Bundesauftakt für den Tag der Architektur 2004 „Umwelt bauen“ in Dessau im Bundesumweltamt am 26. Juni 2004 <http://www.bak.de/site/ItemID=124/mid=527/842/default.aspx>



Schlüsseltechnologie Kraft-Wärme-Kopplung

Neuen Modellen der Strom- und Wärmeerzeugung gehört die Zukunft

Die Gestaltung einer umwelt- und ressourcenschonenden sowie zugleich wirtschaftlichen Energieversorgung ist angesichts des Klimawandels wichtiger denn je. Der weltweite Verbrauch der fossilen Energieträger hat sich in den vergangenen 40 Jahren verdoppelt. Nach Prognosen der International Energy Agency (IEA) wird er sich bis 2030 nahezu verdreifachen. Aufgrund der damit einhergehenden CO₂-Emissionen sind gravierende Klimaveränderungen zu erwarten. Nachhaltiges Handeln ist deshalb heute mehr denn je geboten. Eine Schlüsselrolle wird dabei die Kraft-Wärme-Kopplung spielen.



Abbildung 1: Bereits Anfang des 18. Jahrhunderts wurde die Idee der Nachhaltigkeit geboren: Es sollte immer nur so viel Wald eingeschlagen werden, wie wieder nachwächst. Foto: Viessmann



Jörg Schmidt, Leiter Öffentlichkeitsarbeit, Viessmann Werke GmbH & Co. KG, Allendorf

Vergleich zum vorindustriellen Niveau sieht.

Um das gesteckte 1,5°-Ziel erreichen zu können, müssen die Treibhausgasemissionen weltweit zwischen 2045 und 2060 auf Null zurückgefahren und anschließend ein Teil des zuvor emittierten Kohlendioxids (CO₂) wieder aus der Erdatmosphäre entfernt werden. Erreichbar ist das nur mit einer sehr konsequenten und sofort zu beginnenden Klimaschutzpolitik, da sich das Zeitfenster, in dem das noch realisierbar ist,

rasch schließt. Soll das Ziel ohne den Einsatz von Techniken zur Abscheidung und Speicherung von CO₂ erreicht werden, muss die Verbrennung fossiler Energieträger bis etwa 2040 komplett eingestellt und bis dahin die Energieversorgung – Strom, Wärme und Verkehr – vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt werden.

Allerdings ist die viel beschworene Energiewende hin zu einer hundertprozentigen Versorgung mit erneuerbaren Energien nicht so ohne weiteres möglich. In Deutschland

1. Weltklimakonferenz in Paris setzt 1,5°C-Ziel

Gemessen an den Herausforderungen des Klimaschutzes und einer nachhaltigen Energieversorgung ist die Politik auf globaler Ebene den Erwartungen bisher nur zögerlich gerecht geworden. 20 Jahre nach der ersten Welt-Nachhaltigkeitskonferenz hat sich die weltweite Staatengemeinschaft zwar zum Aufbau einer „Green Economy“ bekannt, konkrete Ziele wurden aber auch bei der Nachfolgekonferenz „Rio 20+“ nicht vereinbart. Gleiches gilt für das Kyoto-Protokoll. Das hat sich mit der Weltklimakonferenz Ende 2015 in Paris grundlegend geändert. Am Abend des 12. Dezember 2015 wurde von der Versammlung ein Klimaabkommen beschlossen, das die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst 1,5 °C, im

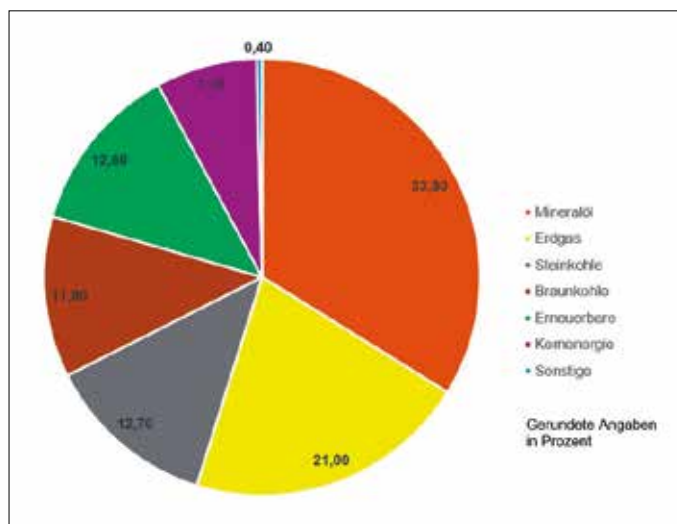
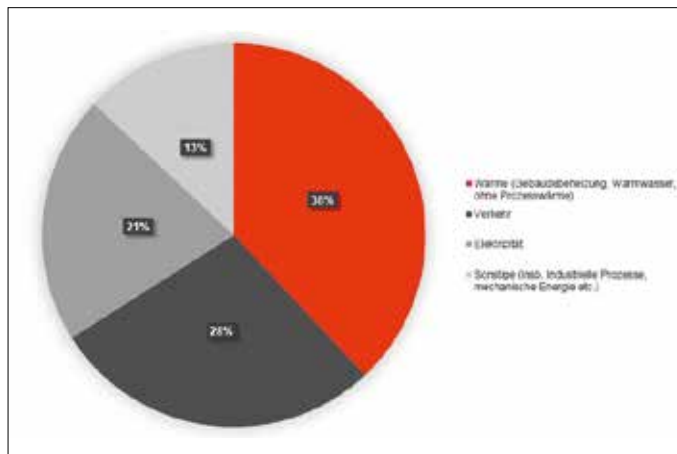


Abbildung 2: Energiemix in Deutschland über alle Sektoren (Wärme, Verkehr, Strom, Industrie) Grafik: Viessmann



Abbildung 3:
Energieverbrauch
in Deutschland nach
Anwendungsbereichen
(Quelle: Verband der
dt. Elektrizitätswirt-
schaft (VDEW)/ Arbeits-
gruppe Erneuerbare
Energien (AGEE))
Grafik: Viessmann



tragen die fossilen Energieträger zu fast 80% zur Energieversorgung bei (Abbildung 2). Auch langfristig reicht das theoretische Potenzial der Erneuerbaren nicht aus, um den Bedarf in heutiger Größenordnung zu decken. Um den verbleibenden Rest abzudecken, erfordert es deshalb einen ausgewogenen Mix aller verfügbaren Ressourcen. Das reicht vom effizienten Einsatz fossiler Energie über die Nutzung von Solarenergie, Wind, Erdwärme bis hin zur Energieerzeugung aus Biomasse.

2. Energiewende - Herausforderung und Chance

Bereits vor dem Pariser Klimaabkommen, im Jahr 2008, hat sich die Europäische Union zu Klimaschutz und Ressourcenschonung ambitionierte Ziele vorgenommen. Danach sollen der Energieverbrauch bis 2030 um 27% verringert, der Anteil erneuerbarer Energien auf 27% gesteigert und die CO₂-Emissionen gegenüber 1990 um 40% gesenkt werden. Um diese Ziele zu erreichen, werden die einzelnen Länder enorme Kraftanstrengungen leisten müssen.

Deutschland hat dazu konkrete Maßnahmen erarbeitet, die nicht zuletzt auch in der Verbesserung der politischen Rahmenbedingungen bestehen: den Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE) und das Aktionsprogramm Klimaschutz. Als für den Wärmemarkt wichtigste Maßnahmen enthält der NAPE:

- den Ausbau der Förderung durch KfW und Marktanzreizprogramm und
- das Effizienz-Labeling von Bestandsanlagen.

Das Aktionsprogramm Klimaschutz adressiert die CO₂-Minderungspotenziale vor allem in der Energiewirtschaft, aber auch in der Industrie, den Haushalten und im Verkehr.

Die Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele folgt in Deutschland der Doppelstrategie aus Steigerung der Energieeffizienz und Substitution fossiler durch erneuerbare Energie. Zusätzlich sind ein CO₂-neutraler Gebäudebestand bis 2050, der Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 und die Verdoppelung des Anteils der Kraft-Wärme-Kopplung an der Stromerzeugung von 12% (Stand 2008) auf 25% bis 2020 beschlossen. Außerdem soll auch die Stromerzeugung in Kohlekraftwerken aufgrund hoher Emissionen reduziert werden. Zur Substitution stillgelegter Kernkraftwerke und konventioneller Kohlekraftwerke werden Windparks und Photovoltaikanlagen in großer Zahl errichtet.

3. Wärmemarkt spielt wichtige Rolle bei der Energiewende

Der Schlüssel zum Erfolg der Energiewende liegt im Wärmemarkt. Mit einem Anteil von

nahezu 40% am Gesamtenergieverbrauch in Deutschland ist er der bedeutendste Sektor. Die Bereiche Verkehr (28%) und Elektrizität (21%) folgen mit großem Abstand (Abbildung 3).

Von den 20 Millionen Heizungsanlagen in Deutschland sind mindestens 75% modernisierungsbedürftig. Im Durchschnitt werden Heizungen erst nach 25 Jahren ausgetauscht. Nach Berechnungen von Experten werden dadurch mindestens 30% mehr Energie verbraucht als notwendig. Das entspricht 13% des Gesamtenergieverbrauchs und liegt damit deutlich über dem Anteil der Atomkraft am Energiemix (7,5%).

Der Wärmemarkt bietet jedoch nicht nur das größte Potenzial für Energieeinsparungen, er kann darüber hinaus durch dezentral installierte, stromerzeugende Heizungen eine wichtige Rolle bei der zukünftigen Stromversorgung spielen.

4. Verknüpfung von Strom- und Wärmemarkt

Schon heute kann an wind- und sonnenreichen Tagen in Deutschland der gesamte Spitzenbedarf an Strom erneuerbar abgedeckt werden. Allerdings wird Strom nicht immer dort erzeugt, wo er aktuell benötigt wird, und es besteht auch nicht immer Spitzenbedarf. Auf der anderen Seite gibt es Zeiten, in denen die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht, aber trotzdem ein hoher Strombedarf vorhanden ist. Bei Engpässen in der volatilen Stromerzeugung können Systeme der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) einen wichtigen Beitrag zur Deckung des Bedarfs leisten. Weil dies dezentral geschieht und der



Abbildung 4: Zwei Vitobloc 200 Blockheizkraftwerke mit jeweils 140 Kilowatt elektrischer Leistung im Heizkraftwerk „West 1“ der Stadtwerke Güstrow

Foto: Viessmann

Strom am Ort des Verbrauchs erzeugt wird, werden zudem die Stromnetze entlastet. Darüber hinaus bieten innovative Konzepte wie Power-to-Heat und Power-to-Gas neue Möglichkeiten der Speicherung bzw. Nutzung regenerativ erzeugten Stroms.

4.1 Lösungen zur Kraft-Wärme-Kopplung

Das Realisieren einer dezentralen Energieversorgung mit kleinen Einheiten, die leicht und schnell zu regeln sind, ist eine Voraussetzung zum Gelingen der Energiewende. Bei der zentralen Stromerzeugung in Großkraftwerken gehen ohne weitere Nutzung der entstehenden Wärme bis zu zwei Drittel der eingesetzten Ausgangsenergie verloren. Eine wesentlich bessere Nutzung der eingesetzten Primärenergie lässt sich erreichen, wenn Strom und Wärme direkt dort erzeugt werden, wo sie auch benötigt werden. Dabei sollte das Hauptaugenmerk auf die Nutzung der bei der Stromproduktion entstehenden Wärme gerichtet sein.

4.1.1 Gasbetriebene Blockheizkraftwerke

Längst etabliert ist die Kraft-Wärme-Kopplung in großen Einheiten – ganz gleich ob Heizkraftwerke zur Fernwärmeerzeugung, Krankenhäuser, Hotels oder Verwaltungsgebäude (Abbildung 4). Ein mit Erd- oder Biogas betriebener Motor treibt dazu einen Generator zur Stromerzeugung an. Der elektrische Strom wird entweder vom Betreiber selbst genutzt oder gegen eine entsprechende Vergütung in das öffentliche Netz eingespeist.



Abbildung 5: Für eine hohes Maß an Unabhängigkeit: Brennstoffzellen-Heizgeräte wie das abgebildete Vitovalor 300-P liefern neben Wärme zugleich auch Strom für die Hausenergieversorgung.

Foto: Viessmann

Die Abwärme des Motors sowie die Wärme aus dem Abgas wird über Wärmetauscher dem Heizungssystem zur Verfügung gestellt.

Diese Blockheizkraftwerke (BHKW) erzielen durch ihre hohe Brennstoffausnutzung Gesamtwirkungsgrade von bis zu 95%. Nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE) reduzieren BHKW den

Energieverbrauch um bis zu 36% und die CO₂-Emissionen um bis zu 58% gegenüber der herkömmlichen getrennten Strom- und Wärmeerzeugung (Strom aus zentralem Kraftwerk, Wärme aus der Heizzentrale bzw. dem Heizungskeller).

Beispielsweise sind die von Viessmann angebotenen BHKW für den gewerblichen und kommunalen Einsatz konzipiert. Dazu bieten sie elektrische Leistungen von 6 bis 530 Kilowatt und thermischen Leistungen von 15 bis 660 Kilowatt. Sie werden als betriebsbereite Kompaktmodule mit speziell für den Stationärbetrieb ausgelegten 3-, 4-, 6- und 12-Zylinder-Gasmotoren ausgeliefert, die jeweils einen Synchrongenerator antreiben. Besonders lange Wartungsintervalle sorgen für niedrige Betriebskosten. Alle BHKW verfügen zudem über das Einheitszertifikat nach BDEW-Richtlinie (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft). Es gewährleistet, dass die Geräte den Anforderungen der Stromnetzbetreiber entsprechen und an das öffentliche Stromnetz angeschlossen werden dürfen.

4.1.2 Mikro-KWK-Systeme für Ein- und Zweifamilienhäuser

Mit Mikro-KWK-Geräten, die Brennstoffzellen und Stirlingmotoren zur Strom- und Wärmeerzeugung einsetzen, hat die Kraft-Wärme-Kopplung auch in Ein- und Zweifamilienhäusern Einzug gehalten. Dieser Anwendungsbereich bietet mit etwa 14 Millionen Gebäuden in Deutschland ein hohes Potenzial für den Einsatz dieser Technologien. Die Häuser erhalten mit diesen Geräten eine Energiezentrale, die nicht nur die gesamte benötigte Raumwärme und das Warmwasser bereitstellen, sondern auch einen Großteil des Strombedarfs im Haushalt decken. Die Bewohner machen sich damit unabhängiger vom öffentlichen Netz und steigenden Strompreisen. Und auch die Energie für elektrisch betriebene Fahrzeuge können die Betreiber damit selbst erzeugen.

Brennstoffzellen-Systeme erzeugen aus dem im Erdgas vorhandenen Wasserstoff durch einen elektrochemischen Prozess Strom, Wärme und Wasser. Eine Verbrennung findet nicht statt, der Betrieb der Geräte ist nahezu geräuschlos. Als erstes in Serie gefertigtes Brennstoffzellen-Heizgerät wurde im Frühjahr 2014 Vitovalor 300-P in den Markt eingeführt (Abbildung 5).

Das Gerät besteht aus einer PEM-Brennstoffzelle (750 W_{el}, 1 kW_{th}) und einem Gas-Brennwert-Spitzenlastkessel (bis 19 kW, Trinkwassererwärmung bis 30 kW) mit integrierten Trinkwasser- und Heizwasser-Pufferspeichern. Die PEM-Brennstoffzelle von



Abbildung 6: Mikro-KWK-Gerät Vitovalor 300-W mit Stirling-Motor und integriertem Gas-Brennwert-Spitzenlastkessel, daneben der Heizwasser-Pufferspeicher Vitocell 340-M

Foto: Viessmann



der japanischen Panasonic Corporation ist für eine Lebensdauer von mindestens 15 Jahren konzipiert und in Japan seit nunmehr acht Jahren erfolgreich im Einsatz. Mittlerweile wurden dort mehr als 80.000 Geräte installiert. Bevorzugtes Einsatzfeld des Brennstoffzellen-Heizgeräts sind Neubauten und energetisch sanierte Bestandsgebäude mit einem Wärmebedarf von mehr als 8.000 kWh/a. Bauherren erhalten für die Anschaffung des Brennstoffzellen-Heizgeräts einen staatlichen Zuschuss von 9.300 Euro. Damit liegen die Kosten etwa in gleicher Höhe wie bei Wärmepumpen.

Stirlingmotoren arbeiten durch Wärmezuführung von außen. Dadurch können sie im Prinzip jede Wärmequelle nutzen. Im Zylinder wird ein Arbeitsgas (z. B. Helium) abwechselnd erwärmt und wieder abgekühlt, wodurch eine Bewegung des Arbeitskolbens erzeugt wird, der wiederum einen Generator antreibt. Stirlingmotoren in Mikro-KWK-Geräten werden üblicherweise von einem Gasbrenner angetrieben. Ein integriertes Gas-Brennwertgerät deckt Wärmebedarfs-spitzen und sorgt für die schnelle Warmwasserbereitung.

Ein Beispiel für ein Mikro-KWK-Gerät mit Stirlingmotor ist Vitotwin 300-W (Abbildung 6). Die elektrische Leistung des Motors beträgt 1 kW, die thermische Leistung 5,3 kW. Zur Deckung von Wärmebedarfs-spitzen an besonders kalten Tagen und für die schnelle Trinkwassererwärmung liefert der integrierte Gas-Brennwertkessel zusätzlich bis zu 20 kW. Das Gerät ist kaum größer



Abbildung 7: Kombinationen mit Photovoltaikanlagen und Stromspeichern ermöglichen die nahezu autarke Stromversorgung und auch die Bereitstellung von Strom für elektrische Fahrzeuge. Im Bild das Brennstoffzellen-Heizgerät Vitocalor 300-P mit nebenstehendem Stromspeicher Vitocharge (links). Foto: Viessmann

als übliche Gas-Wandgeräte. Als Vitotwin 350-F ist das Mikro-KWK-Gerät mit integriertem Heizwasser-Pufferspeicher verfügbar. Beide Systeme eignen sich besonders für Häuser mit einem jährlichen Wärmebedarf von mindestens 20.000 kWh.

4.1.3 Energiemanagementsysteme für Strom und Wärme

Attraktiv ist die Kombination der BHKW und Mikro-KWK-Systeme mit Stromspeichern und Photovoltaikanlagen. Da im Sommer in der Regel weniger Wärme benötigt wird, pro-

duzieren KWK-Systeme in dieser Zeit auch weniger Strom. Um auch dann möglichst unabhängig vom öffentlichen Stromnetz zu bleiben, ist die Einbindung von Photovoltaikanlagen ideal. Der Stromspeicher bevorratet den Strom aus BHKW bzw. Mikro-KWK-Gerät und der Photovoltaikanlage, der aktuell nicht benötigt wird, für die Deckung späterer Strom-Verbrauchsspitzen. So sind zum Beispiel mit den heute verfügbaren Technologien in Ein- und Zweifamilienhäusern bis zu 95% Autarkie von der öffentlichen Stromversorgung möglich (Abbildung 7).

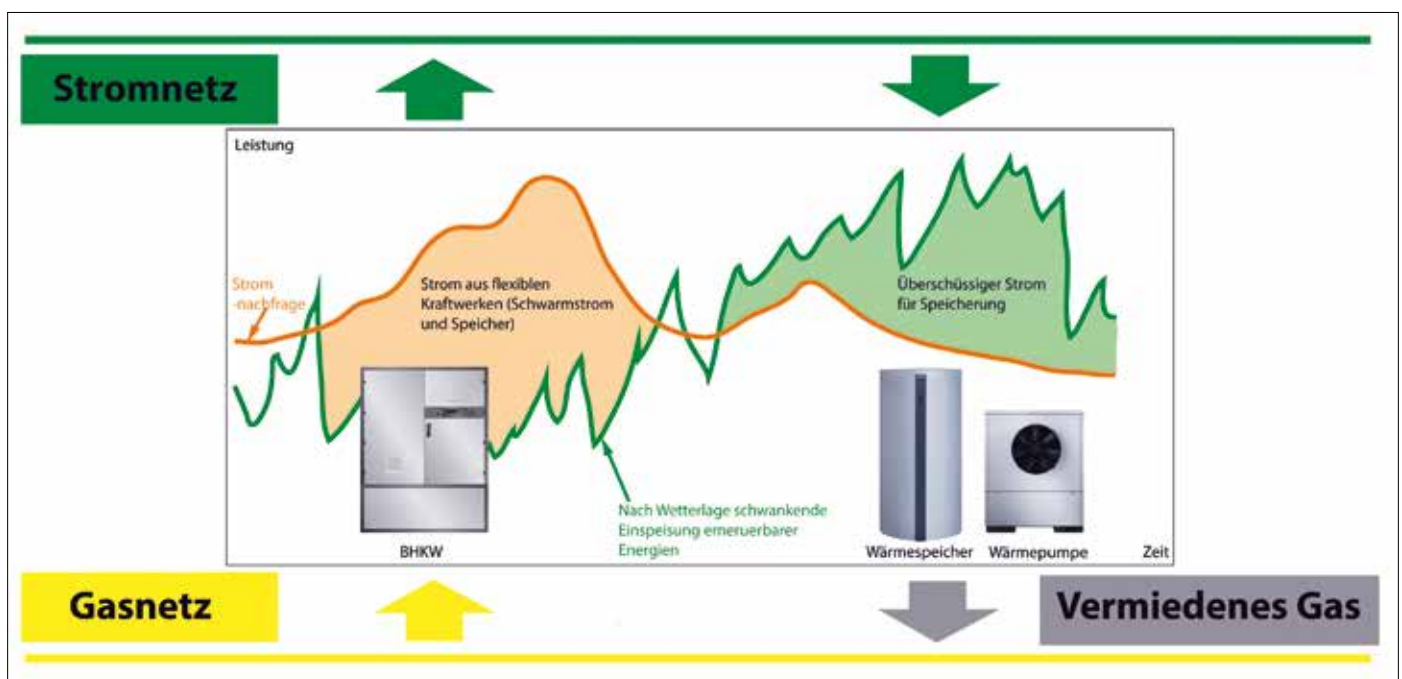


Abbildung 8: Dezentral installierte KWK-Systeme als virtuelle Kraftwerke und Power-to-Heat-Lösungen mit Wärmepumpen können im Wechselspiel die Volatilität des Stromangebots aus erneuerbaren Energien ausgleichen. Grafik: Viessmann

4.1.4 Virtuelle Kraftwerke und Power-to-Heat

Dezentral installierte BHKW und Mikro-KWK-Systeme können in Zukunft einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die Volatilität des Stromangebots aus erneuerbaren Energien auszugleichen. Bei einer drohenden Unterversorgung würde dann je nach Bedarf eine variable Anzahl dieser Geräte zu so genannten virtuellen Kraftwerken automatisch zusammengefasst, um Strom in das öffentliche Netz einzuspeisen. Die Anlagenbetreiber könnten dafür besonders attraktive Bonuszahlungen erhalten.

Bei Stromüberschuss können zudem Wärmepumpen einen Beitrag zur kurzfristigen Speicherung der Energie leisten. Sie wandeln den Überschussstrom in Wärme um, die sich in Pufferspeichern und Speicher-Wassserwärmern bevorraten lässt, und so zu einem späteren Zeitpunkt zur Gebäudebeheizung und Trinkwassererwärmung zur Verfügung steht. Dieses als Power-to-Heat bezeichnete Konzept setzt flexible Strompreise voraus, die sich nach Angebot und Nachfrage richten.

Wichtig für gut funktionierende virtuelle Kraftwerke und Power-to-Heat-Lösungen sind eine intelligente Steuerung sowie Kommunikation zwischen Stromerzeugern und -verbrauchern sowie der Leitstelle (Abbildung 8). Durch ein koordiniertes Einspeiseverhalten lassen sich zusätzliche Vorteile erzielen: Beispielsweise kann ein BHKW den

Strom vorwiegend zur Netzlastspitze produzieren und die zeitweilig überschüssige Wärme in einem Heizwasser-Pufferspeicher bevorraten.

4.2 Speicherung von Überschussstrom durch Power-to-Gas

Ein Konzept mit großem Potenzial ist Power-to-Gas – gerade auch für die langfristige Speicherung und Übertragung von Energie über weite Entfernungen. Dabei wird genutzt, dass das deutsche Erdgasnetz nahezu flächendeckend weite Teile des Landes mit Erdgas versorgen kann und zudem in der Lage ist, große Energiemengen zu speichern. Es kann mit seiner Gesamtlänge von rund 530.000 Kilometern sowie den daran angeschlossenen über 40 Untertagespeichern soviel Gas aufnehmen, wie Deutschland für drei Monate benötigt. Im Vergleich dazu hat das Stromnetz keine nennenswerte Speicherkapazität – würde die Stromproduktion komplett eingestellt, gingen nach weniger als einer Stunde alle Lichter aus.

Power-to-Gas nutzt überschüssigen Strom aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen, um durch Elektrolyse von Wasser Wasserstoff zu gewinnen. In einem zweiten Schritt kann daraus durch den Zusatz von CO₂ synthetisches Methan erzeugt und in die Erdgasnetze eingespeist werden. Das Erdgasnetz kann so indirekt als mächtiger Pufferspeicher für regenerativ erzeugten Strom dienen. Dies dient der politisch gewollten Sektorkopplung

von Strom, Wärme und Mobilität: Unabhängig vom Ort der Erzeugung kann das Methan zur Stromproduktion, zur Wärmeversorgung oder in Erdgasautos als klimafreundlicher Kraftstoff verwendet werden (Abbildung 9).

MicrobEnergy hat zur Methanherzeugung ein Verfahren entwickelt, das sich durch hohe Flexibilität auszeichnet und damit ideal geeignet ist, fluktuierende Energie aufzunehmen. Dabei werden Wasserstoff und das Kohlendioxid aus einer Biogasanlage mit Hilfe von Mikroorganismen in Methan umgewandelt. So sind keine hohen Drücke und Temperaturen erforderlich, wie bei herkömmlichen Verfahren, die das Methan auf chemisch-katalytischem Weg erzeugen. Die weltweit erste Anlage dieser Art zur Erzeugung synthetischen Methans im industriellen Maßstab wurde Anfang 2015 in Allendorf (Eder) in Betrieb genommen. Außerdem wird in einer Kooperation mit dem Automobilhersteller Audi das Gas als Kraftstoff für Erdgasautos vermarktet.

5. Resümee

In Deutschland ist die Energiewende unweigerlich eingeleitet. Die zentrale Voraussetzung für ihr Gelingen ist, dass alle Effizienzpotenziale ausgeschöpft und die erneuerbaren Energien ausgebaut werden. Dabei spielt der Wärmemarkt eine wichtige Rolle, denn mit beinahe 40% Anteil am Gesamtenergieverbrauch und 15 Millionen modernisierungsbedürftigen Heizungen bietet er das größte Potenzial für Energieeinsparungen und Emissionsminderung. Darüber hinaus hält er für die politisch gewollte Sektorkopplung zwischen Wärme, Strom und Mobilität zahlreiche Lösungen bereit, beispielsweise Blockheizkraftwerke und Mikro-KWK-Systeme für die Dezentralisierung der Stromversorgung. Durch intelligente Vernetzung zu virtuellen Kraftwerken können sie Engpässe der volatilen Stromerzeugung ausgleichen und so zur Sicherung der Stromversorgung beitragen. Stromüberschüsse können von Wärmepumpen in Wärme umgewandelt und so für die Wohnraumbeheizung und Warmwasserbereitung nutzbar gemacht werden (Power-to-Heat). Ein Konzept mit enormen Potenzial für die Speicherung und Übertragung von Energie ist Power-to-Gas. Damit kann Überschussstrom aus erneuerbaren Energien indirekt langfristig gespeichert und in Form von synthetischen Methan unterschiedlichen Anwendungen der verschiedenen Sektoren zur Verfügung gestellt werden. Die Heizungsbranche hält bereits heute die Lösungen bereit, die zum Erreichen der energie- und klimapolitischen Ziele benötigt werden. ◀

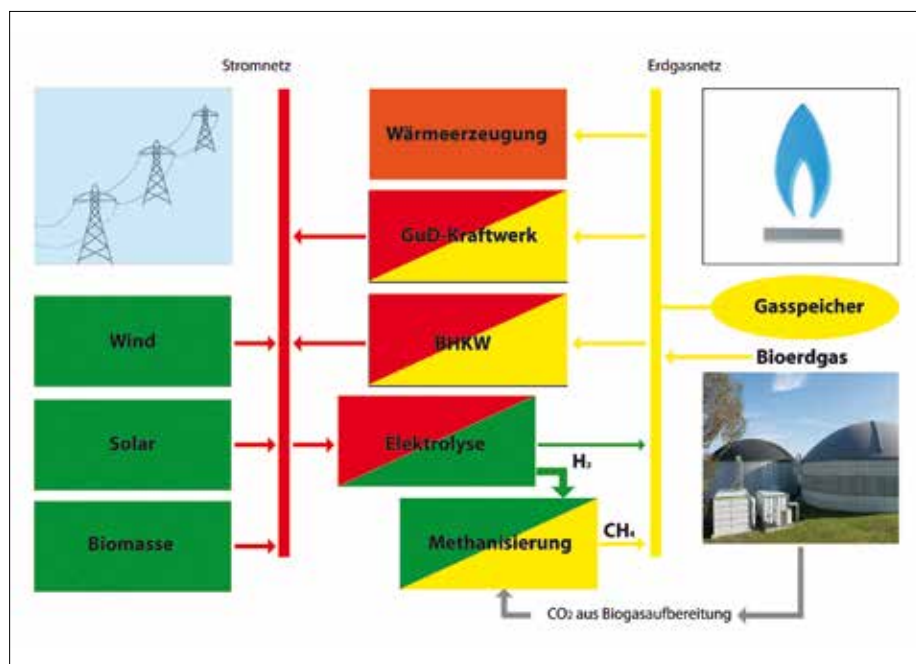


Abbildung 9: Das Power-to-Gas-Konzept ist ein Eckpfeiler der Sektorkopplung, das im Rahmen der Energiewende zum Ausgleich der Volatilität von regenerativ erzeugten Strom zwingend erforderlich wird. Grafik: Viessmann

GESAGT, GETAN

**VERSPRECHEN KANN MAN VIEL –
DIE UMSETZUNG MACHT DEN UNTERSCHIED.**

Wir machen keinen Unterschied zwischen Planern, Fachhandwerkern oder Architekten. Jeder Kunde ist der wichtigste Kunde für uns. Ob mit dem schnellen 2-Minuten-Konfigurator für Planer oder der neuen modularen Wärmepumpe für das Handwerk. Es geht uns immer um schnelle, einfache Installation und langlebige Komponenten. Mit dem neuen WOLF Fachpartnerportal hat man jederzeit und überall das komplette technische WOLF-Wissen zur Hand.

ISH Sprechen Sie mit uns am STAND F 64 WOLF HEIZUNG,
IN HALLE 8 und am STAND B 11 WOLF AIRHANDLING, IN HALLE 11.

Fordern Sie uns und erfahren Sie, was
„VOLL AUF MICH EINGESTELLT“ für Sie bedeutet.

Software zur Planung thermischer Energieversorgungssysteme

Die Planung thermischer Energieversorgungssysteme erfordert oftmals detaillierte Informationen zum Leistungsbedarf eines Abnehmers oder einer Abnehmergruppe. Um Erzeuger und Verteilungssysteme bei Informationsknappheit dennoch hinreichend genau dimensionieren zu können, bedarf es softwareseitiger Tools, die bei minimalen Datenanforderungen die Konzeptionierung unterstützen.



M.Sc. RWTH Daniel Koschwitz, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D, RWTH Aachen University



Dr.-Ing. Jérôme Frisch, Akademischer Oberrat, Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D, RWTH Aachen University



Dipl.-Ing. Mark-Alexander Brüntjen, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D, RWTH Aachen University



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christoph van Treeck, Lehrstuhlinhaber, Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen E3D, RWTH Aachen University

Thematischer Hintergrund

Bei der Planung und Sanierung von Gebäuden und Quartieren als Energiesysteme stellt sich die Herausforderung, konzeptionelle Lösungen bei Informationsmangel zu erarbeiten. So erfordert beispielsweise die Ermittlung des Leistungsbedarfs zur Auslegung von zentralen und dezentralen Wärmeerzeugern und thermischen Netzen, detaillierte gebäudespezifische Daten – sowohl auf Quartiersebene als auch gebäudescharf. Diese stehen jedoch bei der Entwurfsplanung oftmals nicht zur Verfügung. Das betrifft in hohem Maße den Gebäudebestand und erschwert die Gegenüberstellung verschiedener Versorgungslösungen und Sanierungskonzepte. Um dennoch Varianten geeigneter Energiesysteme miteinander vergleichen und bewerten zu können, ist eine angepasste softwareseitige Lösung erforderlich, mit der bei minimalem Dateneinsatz hinreichend genaue Ergebnisse erzielt werden können. Einen Lösungsansatz dafür bieten die vereinfach-

ten Verfahren zur Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 Beiblatt 2.

Unter Einbezug von Berechnungsmethoden für die Ermittlung von Gleichzeitigkeitsfaktoren sowie abnehmerspezifischer Leistungsklassen kann in der Entwurfsplanung der Wärmeleistungsbedarf eines Gebäudes oder eines Quartiers ermittelt werden. In Zusammenarbeit mit einem Planungsunternehmen wurde eine erste Version des Software-Tools SCoTED (Simplified Calculation of Thermal Energy Demand) entwickelt und erfolgreich getestet (Abbildung 1). Dabei lag der Fokus neben der thematischen Umsetzung vorwiegend auch auf der Integration des Tools in die betriebliche Praxis, in der Microsoft Excel angewendet wird. Hierzu wurde SCoTED überwiegend mit Visual Basic for Applications (VBA), einer Programmiersprache innerhalb von Microsoft-Umgebungen (wie beispielsweise Excel) gewählt. Mit Hilfe einer Schnittstelle zu der freien und kostenlosen Entwicklungsumgebung

Scilab¹, die als Plattform für den Rechenkern des Programms dient, konnten Performance-Probleme bei VBA bezüglich größerer Datenmengen vermieden werden.

Teile dieses Beitrages beziehen sich auf den Konferenzbeitrag im Rahmen der BauSIM 2016 [Koschwitz et al. 2016].

Entwicklung für die betriebliche Praxis

Der thematische Kern von SCoTED beruht auf den vereinfachten Verfahren zur Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 Beiblatt 2. Hierbei stehen mit dem Hüllflächen- und Verbrauchsverfahren Berechnungsmethoden zur Verfügung, die eine Gebäudeparametrierung mit wenigen Input-Variablen ermöglichen. Bei dem Hüllflächenverfahren dient die thermische Hülle eines Gebäudes zur Berechnung der Heizlast. Das Verbrauchsverfahren bietet mit dem gemessenen Jahresendenergieverbrauch und mit Analysemethoden von Lastgängen unterschiedlicher Detaillierungstiefe verschiedene Anwendungsmöglichkeiten zur Berechnung der erforderlichen Nennleistung eines Wärmeerzeugers. Die Entscheidung für den Ansatz zur Berechnung der Gebäudeheizlast über die DIN-Norm beruht auf dem Ziel, den Planungsprozess zu unterstützen und eine dem Stand der Technik entsprechende normen- und richtliniengerechte Anwendung in der Praxis zu ermöglichen. Die Erweiterung der Bilanzierungsebene von Einzelgebäuden auf Quartiere bedingt die Berücksichtigung von Gleichzeitigkeiten in den Leistungsanforderungsprofilen der einzelnen Abnehmer. In SCoTED ist ein Modul implementiert, das einen Gleichzeitigkeitsfaktor für jede gebildete Gebäude-Leistungsklasse innerhalb des Versorgungsnetzes bildet. Dadurch ist eine Abschätzung des Einflusses der Gleichzeitigkeit auf die anzusetzende Netzhöchstlast möglich.

Die in dem Programm integrierten Daten zu Außentemperaturen stammen einerseits aus den Vorgaben zur Norm-Außentempera-

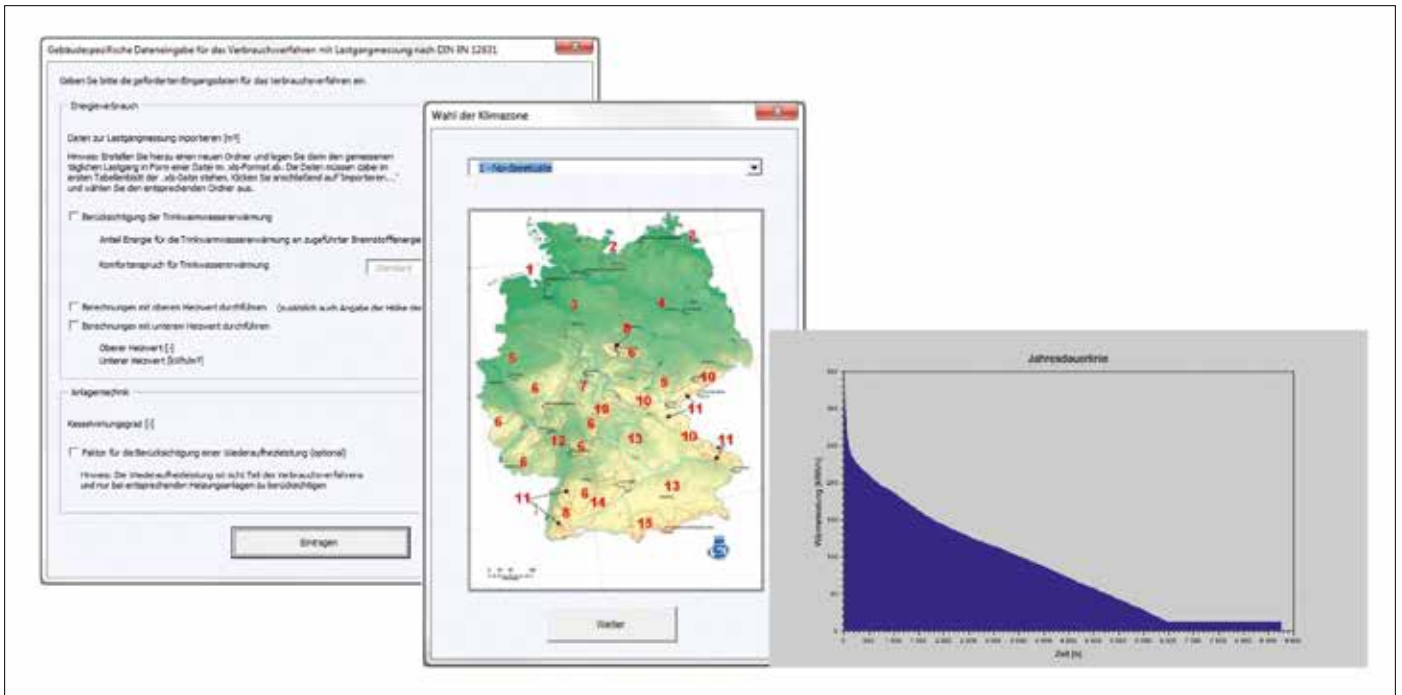


Abbildung 1: Dialogfenster und grafische Darstellungen in SCoTED

Screenshot: RWTH Aachen University

tur in dem Beiblatt 1 der DIN EN 12831, dem nationalen Anhang, und andererseits aus den vom Deutschen Wetterdienst (DWD) zur Verfügung gestellten Datensätzen in Form von Testreferenzjahren (TRY). Auf Grundlage dieser Datensätze erfolgt die stündlich aufgelöste Berechnung der benötigten Wär-

meerzeugerleistung. Die Ergebnisse dienen in der Folge auch der Generierung einer Jahresdauerlinie, wie in Abbildung 2 exemplarisch veranschaulicht.

Das Software-Tool ermöglicht dem Anwender, in Bezug auf die gebäudespezifische Dateneingabe mit verschiedenen Detaillie-

rungsgraden zu arbeiten. Er kann beispielsweise mit einem mittleren U-Wert für das gesamte Gebäude rechnen, aber auch differenziert mit bauteilbezogenen U-Werten. Ferner sind zudem charakteristische Werte für die Gebäude und ihre Anlagentechnik auf Grundlage von Vorschlägen aus den

www.strobel-shop.de



DIN-Normen wählbar, sodass die Heizlastermittlung mit minimalem Datenaufwand möglich ist. Die benötigten Eingangsdaten für das Verbrauchsverfahren auf Grundlage von Lastgangmessungen können importiert werden.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt zum einen mittels der Jahresdauerlinie, mit welcher die Dimensionierung und Kombination von Wärmeerzeugern möglich ist. Zum anderen erfolgt sie anhand numerischer Ergebnisse wie der erforderlichen Nennleistung oder maximalen Feuerungsleistung des Wärmeerzeugers. Darüber hinaus werden der jeweilige Gleichzeitigkeitsfaktor und die sich auf Grundlage der Anwendung des Gleichzeitigkeitsfaktors ergebende angepasste Nennleistung ausgegeben. Die numerischen und grafischen Ergebnisse können abschließend optional als Dateien exportiert und anschließend weiterverarbeitet werden.

Module und Erweiterungen

Für die Weiterentwicklung von SCoTED wird die Programmiersprache Python verwendet, um eine eigenständige, plattformunabhängige Lösung bereit zu stellen (Abbildung 3). Die enge Verbindung zu Excel bleibt jedoch durch die Berücksichtigung geeigneter Schnittstellen bestehen.

Mittels Datenbankintegration in das Konzept können auch große Datenmengen projektspezifisch verwaltet und eingesetzt werden, beispielsweise bei der Anwendung auf Quartiersebene. Dies gewinnt zusätzlich im Hinblick auf die Einbindung weiterer Berechnungsmodule an Bedeutung, wie beispielsweise zur wirtschaftlichen Optimierung der Auslegung von Wärmeerzeugern und -netzen oder zur Speichergrößenoptimierung. Aufgrund des modularen Aufbaus lassen sich fortlaufend Erweiterungen in den Programmablauf integrieren, wo-

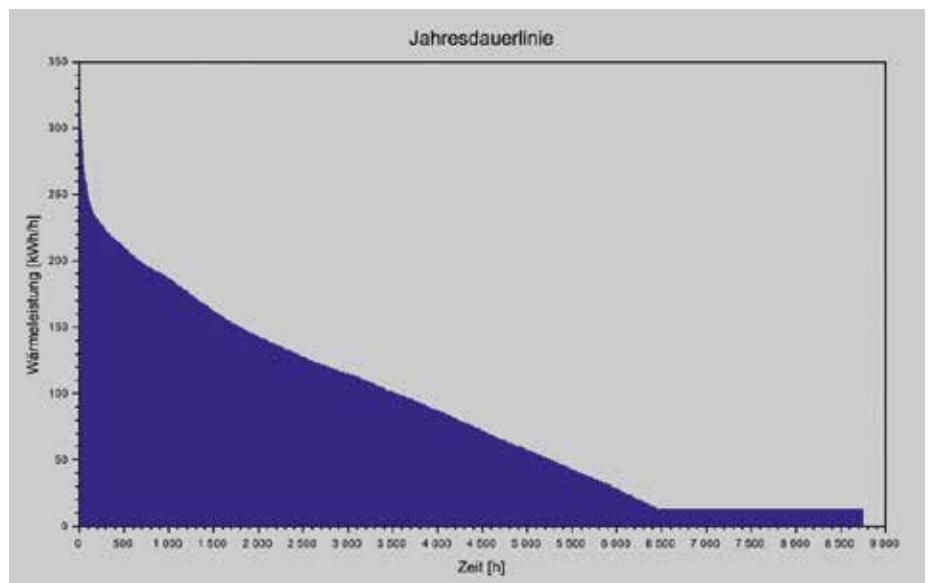


Abbildung 2: Darstellung einer Jahresdauerlinie in SCoTED

Grafik: RWTH Aachen University

durch auch aktuellen Anpassungen in Normen und Richtlinien sowie dem aktuellen Stand der Wissenschaft Rechnung getragen werden kann.

Fazit

Mit dem Software-Tool SCoTED lassen sich in der Entwurfsplanung von zentralen und dezentralen thermischen Versorgungslösungen für Gebäude und Quartiere Aussagen zur Dimensionierung und Auslegung von Wärmeerzeugern und -netzen basierend auf Normen und Richtlinien treffen. Schnittstellen zu Excel ermöglichen eine Eingliederung des Tools in die betriebliche Praxis von Unternehmen und sichern die Weiterverwendung der generierten Daten und Informationen. Der modulare Programmaufbau bietet zudem die notwendige Flexibilität für funktionelle Anpassungen und Erweiterungen.

Literatur

Koschwitz, D., Brüntjen, M.-A., Chivite, A., Frisch, J., van Treeck, C. A. (2016): Softwaregestützte Wärmebedarfsermittlung bei Informations- und Ressourcenknappheit. Proceedings of the CESBP Central European Symposium on Building Physics / BauSIM 2016, 16.-18. September 2016, Dresden. ◀

¹ <http://www.scilab.org/>

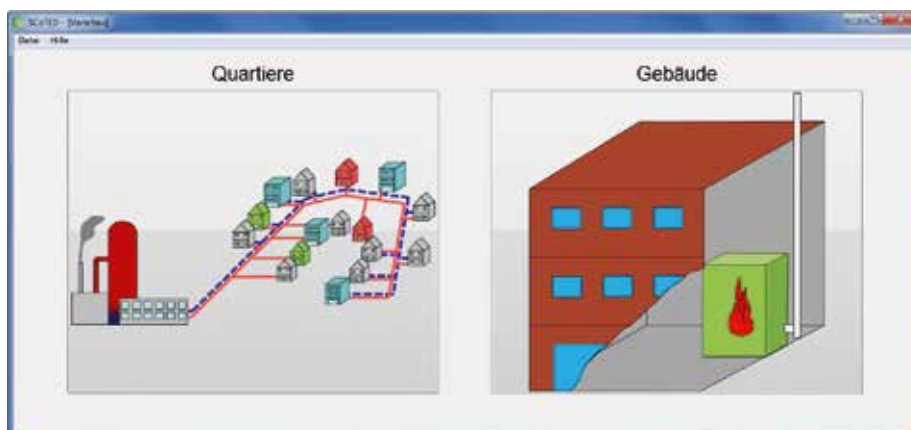


Abbildung 3: Startbildschirm von SCoTED in Python

Screenshot: RWTH Aachen University

**DEUTSCHLAND
TAUSCHT
AUS**

10 MIO. PUMPEN BIS INS JAHR 2020:
JETZT MITMACHEN UND PROFITIEREN

GEBÄUDELEISTUNG STEIGERN, BETRIEBSKOSTEN SENKEN UND VON 30 % FÖRDERUNG PROFITIEREN!

**DEUTSCHLAND
MACHT'S
EFFIZIENT.**

ERSCHLIESSEN SIE ECHTE EINSARPOTENZIALE

Die Bundesregierung fördert die Optimierung der Energieeffizienz von Gebäuden. Der Austausch von Heizungspumpen und der hydraulische Abgleich mitsamt nötiger Zusatzinvestitionen werden mit 30 % auf Kaufpreis und Montage gefördert – bis zu einer Summe von 25.000,- Euro pro Maßnahme. Außerdem profitieren Sie von handfesten Einsparungen: Durch eine Umstellung auf hocheffiziente Pumpentechnik von Grundfos können Sie bis zu 60 % Energie einsparen.

Wollen Sie mehr wissen? Besuchen Sie uns auf www.grundfos.de/foerderung

be
think
innovate

GRUNDFOS 



Novellierte Abwassernorm

DIN 1986-100:2016-12 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056“



Peter Reichert,
Leiter
Produktmanagement
Rohrleitungssysteme,
Geberit
Vertriebs GmbH,
Pfullendorf

Die novellierte DIN 1986-100 mit Ausgabedatum Dezember 2016 ist die konsolidierte Fassung, in der die Änderungen A1 und A2 zur Ausgabe 2008-05 eingearbeitet wurden. Die Änderungen E DIN 1986-100 A1:2013-11 und E DIN 1986-100 A2:2014-12 zur Ausgabe 2008-05 sind nie im Weißdruck erschienen, es standen der Fachöffentlichkeit lediglich die Entwurfsfassungen zur Einspruchnahme zur Verfügung. Abbildung 1 gibt den zeitlichen Werdegang zur Neufassung wieder.

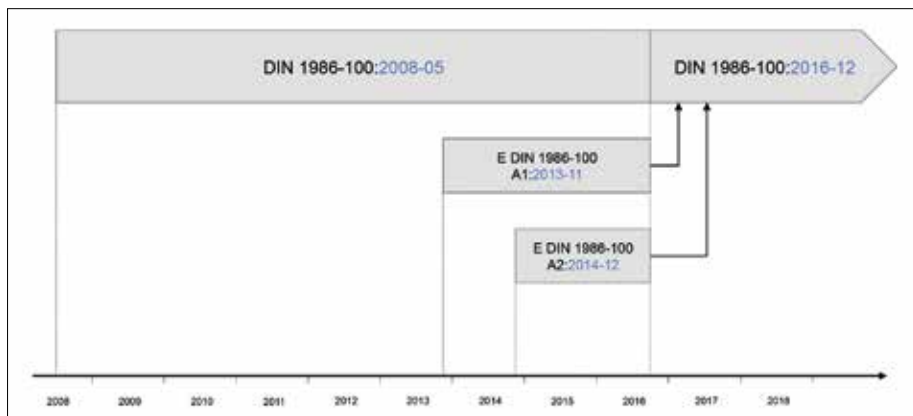


Abbildung 1: Zeitverlauf und Erscheinungsdatum der Änderungen A1 und A2

Alle Abbildungen: Geberit Vertriebs GmbH

Änderung A1

Die Änderung A1 wurde aufgrund von Anfragen an den Normenausschuss, von Fehlerkorrekturen, von nicht eindeutigen Formulierungen sowie von neuen Entwicklungen erforderlich. Nachstehend sind die wichtigsten Änderungen erläutert.

Kap. 5.10 Balkone und Loggien

Der bisherige Grundsatz, dass Abläufe von Balkonen und Loggien nicht an Regenwasserfallleitungen angeschlossen werden dürfen, wurde aufgehoben und der Anschluss unter bestimmten Bedingungen zugelassen. Wenn mehr als 50 % der Brüstungsfläche eines Balkons als freier Auslauf zur Verfügung stehen, ist der Anschluss an eine Regenwasserfallleitung zukünftig möglich. Abbildung 2 zeigt den Anschluss, wenn die Öffnung in der Brüstung weniger als 50 % beträgt. Bei getrennter Ableitung ist zudem darauf zu achten, dass beide Leitungswege erst nach einem Entspannungspunkt (Schacht mit offenem Durchfluss) zusammengeführt werden.

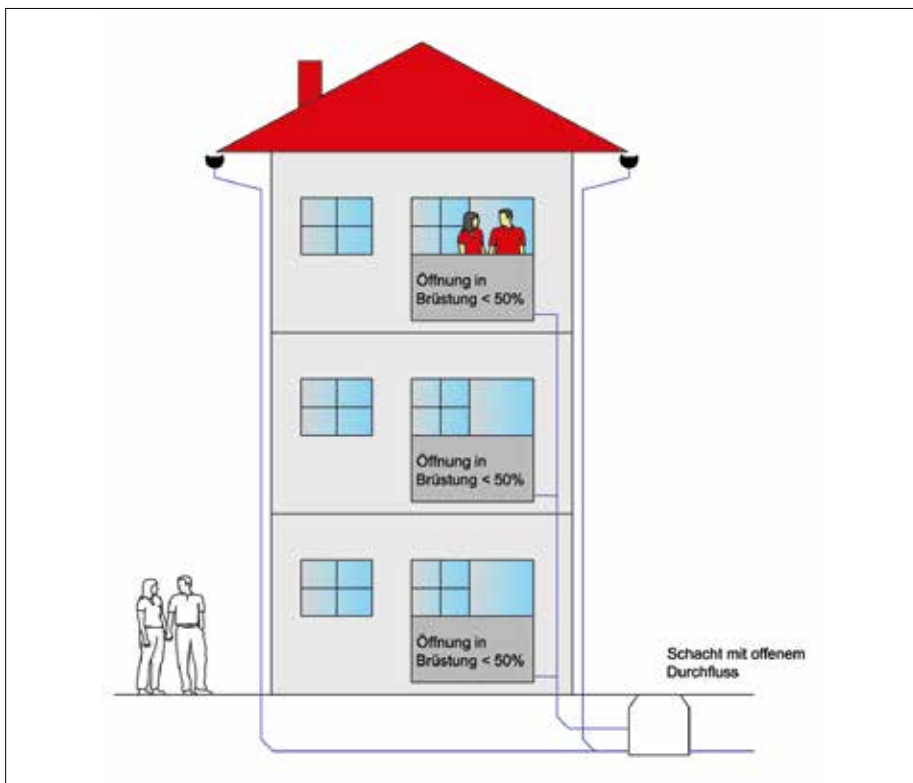


Abbildung 2: Getrennte Ableitung von Niederschlagswasser von Dächern und Balkonen mit Brüstungsöffnungen < 50%

Kap. 6.2.1 Fremdeinspülung

Im Grundsatz gilt, dass Anschlussleitungen so an eine Fallleitung anzuschließen sind, dass Fremdeinspülungen vermieden werden. Deshalb sind in DIN 1986-100 beim gegenüberliegenden Anschluss zweier Anschlussleitungen definierte Rohrsohlenabstände in Abhängigkeit des Spreizwinkels zu beachten. Eine Ausnahme stellt der gegenüberliegende Anschluss zweier WCs dar. Hier ist es möglich, über einen Doppelabzweig auf gleicher Rohrsohle die WCs anzuschließen.

Nunmehr wurde der Anwendungsbereich von Doppelabzweigen 87° ... 88,5° mit Innenradius oder Einlaufwinkel erweitert. Umfangreiche Spülversuche an Doppelabzweigen mit Innenradius haben gezeigt, dass fäkalienhaltige und fäkalienfreie Anschlüsse



leitungen an eine Falleitung angeschlossen werden können, ohne dass es zu Überspülungen kommt. Die horizontalen Abgangsnennweiten des Doppelabzweiges müssen dabei gleich groß sein. Abbildung 3 zeigt eine exemplarische Anschlusssituation.

Ein Doppelabzweig $87^\circ \dots 88,5^\circ$ mit Innenradius ist nach DIN EN 12056-2 ein Abzweig, der einen Einlaufwinkel von 45° oder weniger aufweist oder der einen Radius in der Mittellinie hat, der nicht kleiner als der Innendurchmesser des Rohres ist (Abbildung 4).

Mit dieser geplanten Erweiterung des Anwendungsbereiches von Doppelabzweigen soll die Möglichkeit geschaffen werden, zwei benachbarte Nasszellen ohne komplizierte Leitungsverzüge an eine zentral gelegene Falleitung anschließen zu können.

Kap. 6.5.1 Lüftung der Entwässerungsanlage

Um die nicht endende Diskussion über die Zulässigkeit und die möglichen Ausführungsvarianten von Abdeckungen auf den Endrohren von Lüftungsleitungen zu beenden, hat der zuständige Normenausschuss ein eindeutiges Zeichen gesetzt. Die nachstehende Formulierung (Normzitat) ist eindeutig und wird die Lüftungsrohrabdeckungen aus Entwässerungsanlagen verbannen: „Endrohre von Lüftungsleitungen über Dach sind nach oben offen mindestens mit dem Querschnitt der Lüftungsleitung auszuführen. Abdeckungen dürfen nicht eingesetzt werden.“

Kap. 14.2 Regenwasseranlagen

Bei sehr großen privaten Grundstücken mit eigener Infrastruktur waren Planer häufig mit der Frage konfrontiert, ob die Bemessung

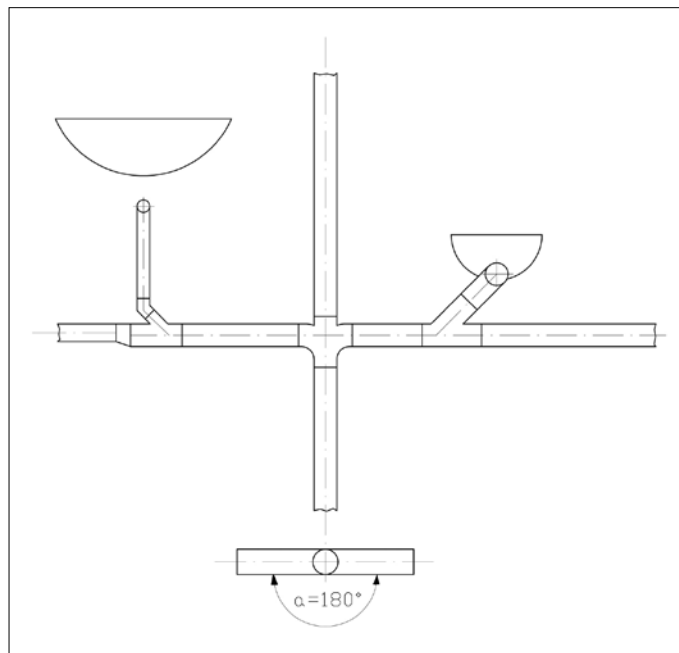


Abbildung 3: Gegenüberliegender Anschluss von fäkalienfreien und fäkalienhaltigen Anschlussleitungen über einen Doppelabzweig mit Innenradius

der Grundstücksentwässerungsanlage nach den DIN- oder DWA- Regelwerken zu erfolgen hat. In der novellierten Fassung ist nunmehr eine Abgrenzung vorgesehen, um die nötige Planungssicherheit herzustellen. So sollen für Grundstücke mit einer abflusswirksamen Fläche bis ca. 60 ha oder mit Fließzeiten von etwa 15 Minuten bis zum Anschlusspunkt an ein Gewässer oder den öffentlichen Abwasserkanal die Bemessungsregelungen nach DIN 1986-100 gelten. Für größere Grundstücke mit längeren Fließzeiten kann alternativ die Bemessung nach den DWA Regelwerken DWA-A 117 und DWA-A 118 erfolgen.

Zudem wurden die zur Bestimmung des Regenwasserabflusses benötigten Abflussbeiwerte C nach neueren Erkenntnissen aktualisiert und präzisiert. Die bislang in

DIN 1986-100:2008-05 geführten C-Werte sind Spitzenabflussbeiwerte, die jedoch nicht als solche gekennzeichnet waren. Zukünftig werden der wirksamen Abflussfläche A ein Spitzenabflussbeiwert C_s und ein mittlerer Abflussbeiwert C_m zugeordnet. Der Spitzenabflussbeiwert C_s gilt für die Berechnung der abflusswirksamen Fläche zur Bemessung der Dachentwässerung und der Grundleitungen. Der mittlere Abflussbeiwert C_m wird für die Volumenbestimmung von Regenwasserrückhalteräumen verwendet. C_m gibt für eine bestimmte Fläche das Verhältnis zwischen Gesamtabflussmenge und Gesamtniederschlagsmenge während des gesamten Abflussvorganges an und liegt in der Regel unter C_s .

Anhang A - Regenspenden in Deutschland

Die in Anhang A, Tabelle A.1 genannten Regenreihen für ausgewählte Städte in Deutschland wurden um eine Dekade gemäß KOSTRA-DWD 2010 fortgeschrieben. Tabelle A.1 wurde zudem um die Städte Solingen und Wuppertal ergänzt.

Angemerkt werden muss, dass in der Ausgabe DIN 1986-100:2016-07 versehentlich eine fehlerhafte Tabelle A.1 aufgenommen wurde. In der Fassung DIN 1986-100:2016-12 wurde dieser Fehler korrigiert.

Änderung A2

Die Änderung A2 stellt eine Besonderheit dar und wurde im Gegensatz zur Änderung A1 nicht in die Kapitel der Norm eingearbeitet. Die Änderung A2 wurde im normativen Anhang C formuliert und stellt eine

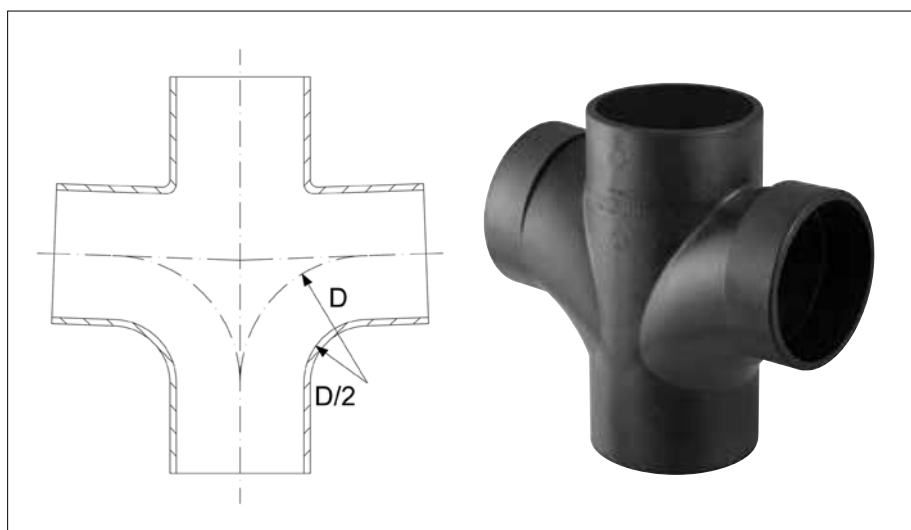


Abbildung 4: Doppelabzweig mit Innenradius, Geberit Silent-db20

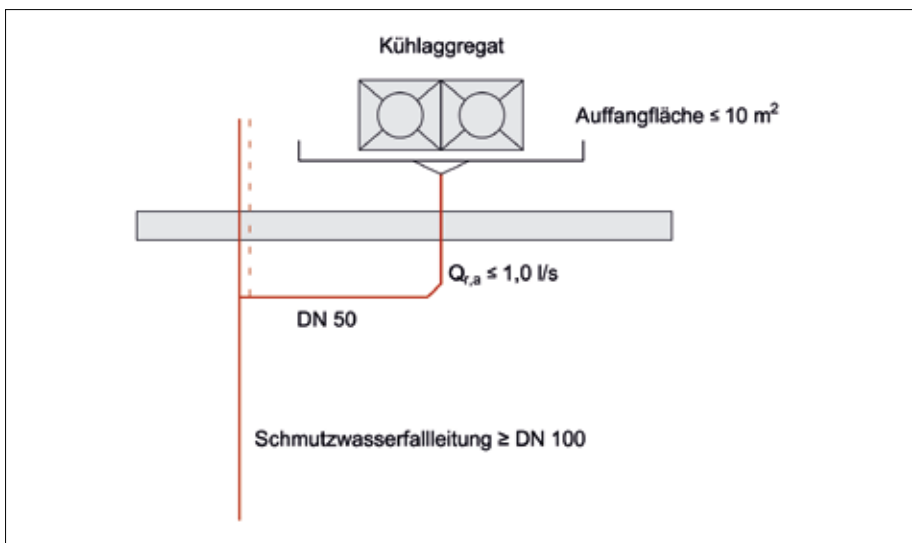


Abbildung 5: Dachablauf einer Auffangfläche mit senkrecht abgehendem Anschluss DN 50 an eine Schmutzwasserfalleitung DN 100

Ausnahmeregelung bei Regenwasseranlagen dar. Die Änderung A2 ist aufgrund des bevorstehenden Inkrafttretens der neuen Bundesanlagenverordnung „AwSV - Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ erforderlich geworden. Die zukünftige AwSV vereinheitlicht die bestehenden Landesverordnungen über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und konkretisiert die gesetzlichen

Vorgaben der §§ 62 und 63 des Wasserhaushaltsgesetzes. Nach heutigem Kenntnisstand ist mit der Einführung im 1. Quartal 2017 zu rechnen.

Auslöser zur Änderung A2 ist §19 (4) AwSV: „Das Niederschlagswasser von Flächen, auf denen Kühlaggregate von Kälteanlagen mit Ethylen- oder Propylenglycol im Freien aufgestellt werden, ist in einen Schmutz- oder Mischwasserkanal einzuleiten.“ Mit dieser

Forderung soll sichergestellt werden, dass im Leckagefall eines Kühlaggregats kein verunreinigtes Niederschlagswasser ungeklärt einem Vorfluter zugeführt wird. Da es u. a. aus Kapazitätsgrenzen bestehender Kanalanlagen nicht ohne weiteres möglich ist, den gesamten Regenwasserabfluss von Dächern mit darauf aufgestellten Kühlaggregaten einem Schmutzwasserkanal zuzuführen, wurde im Anhang C folgende Ausnahmeregelung formuliert:

• **Begrenzte Einleitung von Regenwasser in eine Schmutzwasserfalleitung**

Im Grundsatz gilt, dass Niederschlagswasser nicht in Schmutzwasserfalleitungen eingeleitet werden darf. Jedoch formuliert DIN EN 12056-3: 2001-01 in Kap. 6.4 für kleine Dachflächen ein „Schlupfloch“, welches zur Problemlösung angewendet wurde. Danach ist es möglich einen max. Regenwasserabfluss von $\leq 1,0$ l/s einer Schmutzwasserfalleitung $\geq DN 100$ zuzuführen. Für kleinere Kühlaggregate bietet sich nun die Lösung nach Abbildung 5 an.

Die Begrenzung auf den max. zulässigen Regenwasserabfluss der Auffangfläche von $Q_{r,a} < 1,0$ l/s gilt als erfüllt, wenn die Auffangfläche ≤ 10 m² beträgt und die seitliche Aufkantung der Auffangfläche 35 mm nicht übersteigt. Der zur Dimen-

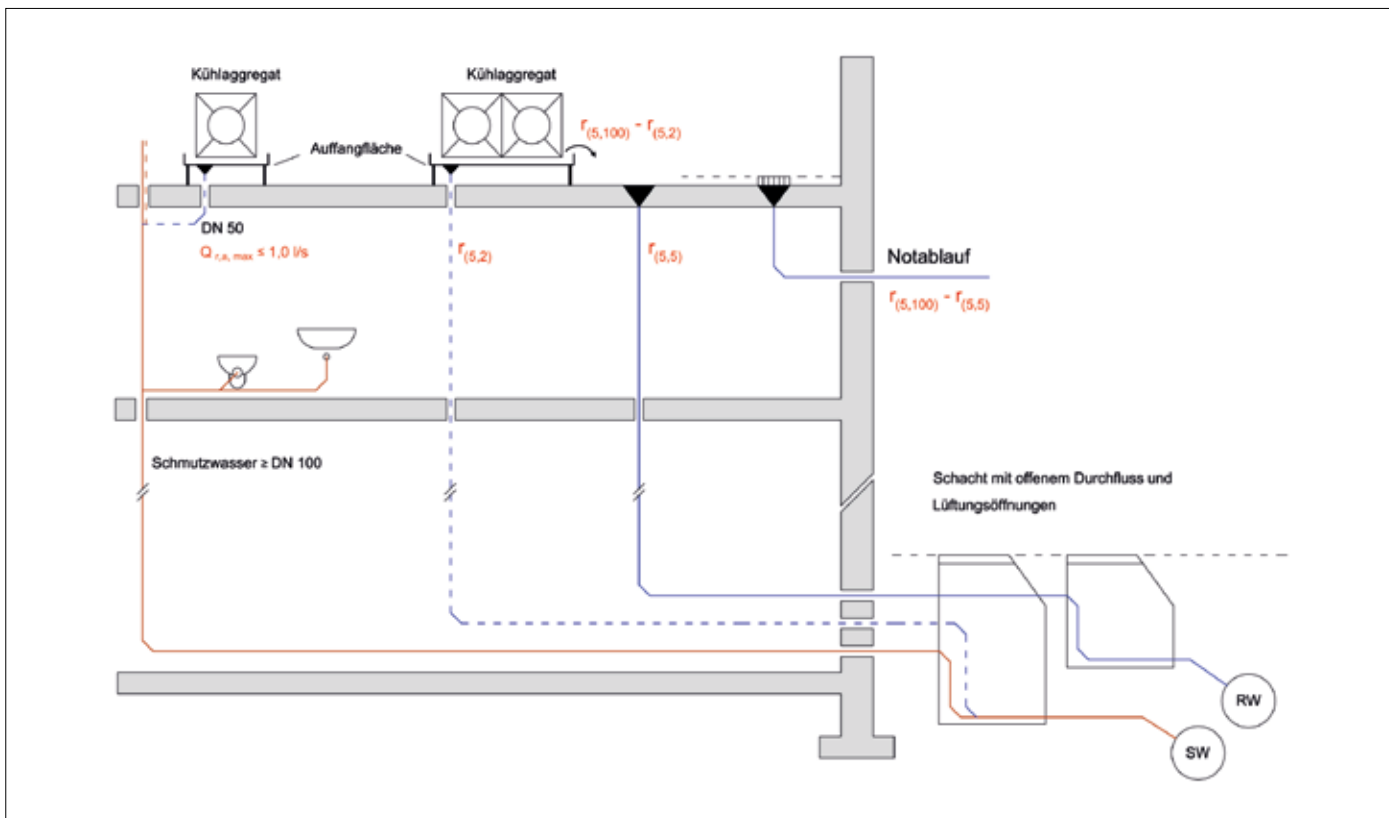


Abbildung 6: Separate Ableitung von potenziell verunreinigtem Niederschlagswasser von Kühlaggregaten



sionierung der Schmutzwasserfalleitung erforderliche Schmutzwasserabfluss Q_{WW} bestimmt sich dann nach:

$$Q_{WW} = K \sqrt{\sum DU} + Q_{r,a}$$

- Q_{WW} Schmutzwasserabfluss [l/s]
- K Abflusskennzahl
- $\sum DU$ Summe der Anschlusswerte
- $Q_{r,a}$ Regenwasserabfluss [l/s] der Auffangfläche

Getrennte Ableitung verschiedener Abwasserarten

Wenn der potenziell verunreinigte Regenwasserabfluss von Auffangflächen 1 l/s übersteigt, muss dieser separat abgeleitet werden, wobei abweichend von der üblichen Regelung für die Bemessung die Berechnungsregenspende $r_{(5,2)}$ anzusetzen ist. Alle den Berechnungsregen $r_{(5,2)}$ übersteigende Regenereignisse müssen über die Entwässerungsanlage der übrigen Dachfläche abgeleitet werden. (Abbildung 6).

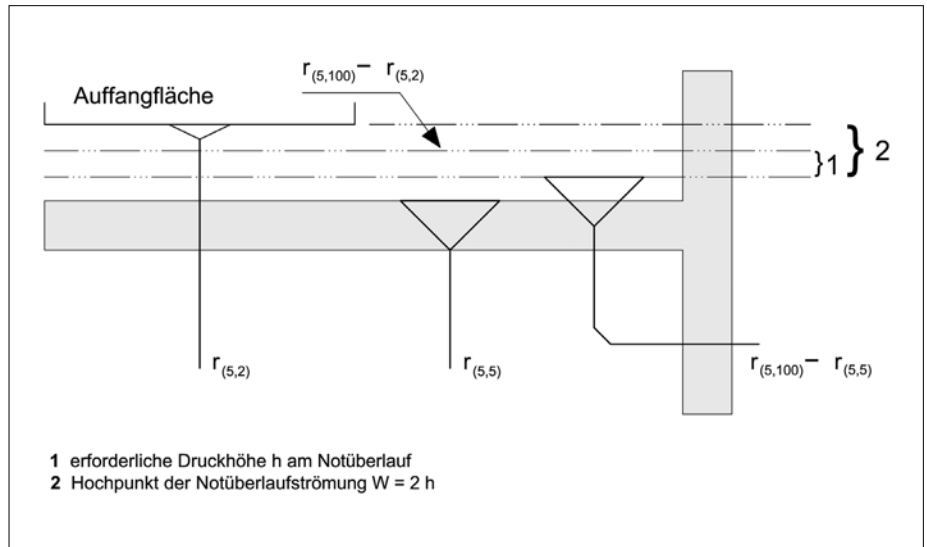


Abbildung 7: Höhe der Ablaufebene von Auffangflächen

Durch konstruktive Maßnahmen (Wasserscheiden, Anheben der Auffangfläche) muss zudem sichergestellt werden, dass kein Niederschlagswasser der übrigen

Dachfläche über die Abläufe der Auffangflächen in die Schmutzwasserleitungen eingeleitet werden kann (Abbildung 7).



IKZ FACHPLANER MAGAZIN FÜR PLANER, BERATER UND ENTSCHIEDER DER GEBÄUDETECHNIK

www.ikz.de

Immer das beste Klima für always the best climate

LEICHTE INSTALLATION

Zehnder Zehner: Die ideale Design-Heizkörper-Lösung für unterschiedliche Raumstrukturen. Mehr unter www.zehnderzehner.com

Zehnder auf der IBC: Halle B.0 Stand D55

Hygiene im Trinkwassersystem Seite 8
Inhalte und Vorgaben der MfAR Seite 16
Zukünftiges Arbeiten mit BIM Seite 24

IKZ FACHPLANER MAGAZIN FÜR PLANER, BERATER UND ENTSCHIEDER DER GEBÄUDETECHNIK

www.ikz.de

WDV-MOLLINÉ Messtechnik die 2016

Energiemanagement – wir bieten die komplette Messtechnik!

Kosten senken
Systematische Planung
Ressourcen schonen
Klimaschutz gewährleisten

HAUSTECHNICTAG 2016 Seite 8
Regenwasserbewirtschaftung Seite 10
Dynamische Gebäudesimulation Seite 25

www.molline.de

- ▶ **Fachmagazin für die Technische Gebäudeausrüstung (TGA)**
- ▶ **Aktuelle Informationen für Fachplaner im TGA-Planungsbüro und im SHK-Handwerksbetrieb**
- ▶ **Monatliche Erscheinungsweise**

Energieeffizienz - Das Maß aller Dinge?

Neues Label bewertet mehr als „nur“ die energetische Effizienz von RLT-Geräten.

Effizienz ist in Zeiten von Ressourcenknappheit und begrenzter Verfügbarkeit von Energie nach wie vor ein hohes Gut. Das trifft in besonderem Maße auf die Industriestaaten mit ihren immer komplexeren Prozessen zu. Gerade erst hat sich auch die deutsche Bundesregierung mit dem Leitspruch „efficiency first“ zur Stärkung der zweiten Säule der Energiewende bekannt. Doch zeichnet allein die effektive Nutzung von Energie bereits qualitativ hochwertige Geräte aus?



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

Seit vielen Jahren ist die Energieeffizienz von Geräten und Anlagen ein großes Thema in allen Branchen. Nicht umsonst existiert hierzu eine Vielzahl von Normen, Regelwerken und Verordnungen. Das Thema „Energieeffizienz“ zieht sich durch alle Bereiche des täglichen Lebens - von den nach Ökodesign-Richtlinie zertifizierten Küchengeräten über das nach neuestem EnEV-Standard errichtete Bürogebäude bis zum vermeintlich besonders geringen Treibstoffverbrauch der Automobile neuester Generation.

Für den Konsumenten sollen verschiedenste Labels und Klassifizierungen Transparenz schaffen. Meist werden diese werbewirksam und gut sichtbar durch den jeweiligen Hersteller platziert. Doch muss die Frage gestellt werden, ob ein einzelner Wert bzw. eine einzelne Klasse als Generalaussage für die Einhaltung aller relevanten Qualitätsanforderungen ausreicht.

Energielabel auch bei RLT-Anlagen

Selbstverständlich gibt es entsprechende Klassifizierungen auch im Bereich der RLT-Geräte. So gibt beispielsweise der Herstellerverband Raumluftechnische Geräte e. V. mit seinen verschiedenen Energielabels einen schnellen Überblick über die Effizienz der einzelnen Geräte (Abbildung 1). Anders als bei anderen Produkten wird hierbei nicht das einzelne Gerät zertifiziert, sondern die Auslegungsoftware der Hersteller. Das ist

deswegen so wichtig, da die zentrale Raumluftechnik in aller Regel ein Projektgeschäft mit Sonderlösungen für die einzelnen Gebäude darstellt.

Verschärfung gesetzlicher Vorgaben

Die immer höheren Anforderungen an die Effizienzklassen spielen auch im Bereich der Raumluftechnik eine große Rolle. Bereits seit dem 1. Januar 2016 dürfen in der Europäischen Union nur noch Geräte der Klasse A aufgestellt werden, ab 1. Januar 2018 nur noch Geräte der Klasse A+. Das ergibt sich durch die erhöhten Anforderungen aus der EU-Verordnung 1253/2014. Auch existieren für die Zeiträume bis 2020 und 2030 jeweils ambitionierte Klimaschutzziele, zu denen der Gebäudebereich beitragen muss. Das er-

da der Lebenszyklus und die Investition in die RLT-Anlagen auf einen deutlich längeren zeitlichen Horizont ausgelegt sind als in vielen anderen Bereichen. Das gilt ebenso für die energetische Ertüchtigung älterer Anlagen, die gerade in Deutschland noch sehr weit verbreitet sind. Derzeit ist auch auf der europäischen Ebene ein Trend zu erkennen, diese Themen stärker zu berücksichtigen. Inwieweit sich dieser Trend in konkreten Verordnungen widerspiegeln wird, bleibt abzuwarten.

Qualitätsanforderungen an die Geräte

Gerade die Qualität der Geräte lässt sich allerdings nicht nur über den einzelnen Faktor „Energieeffizienz“ bewerten. Zwar vermutet ein Kunde bei einer guten Effizienzklasse auch ein hohes Maß an Sorgfalt bei Konstruktion und Fertigung - es handelt sich dabei aber eben nur um eine Vermutung. Da bei einer Kaufentscheidung aber eine Festlegung für mehrere Jahrzehnte erfolgt, will diese wohlüberlegt sein. Gerade deshalb müssen Investoren darauf vertrauen können, dass neben der Energieeffizienz auch alle anderen relevanten Qualitätskriterien und normativen Vorgaben eingehalten werden.

Bei RLT-Anlagen in besonderen Bereichen, wie Krankenhäusern oder Altenheimen, spielen noch weitere Faktoren eine Rolle: So hat das Thema „Raumlufthygiene“ in den vergangenen Jahren immer weiter an Bedeutung gewonnen. Auch die Betriebssicherheit und die Benutzerfreundlichkeit spielen eine zentrale Rolle. Doch wie können Bauherr, Planer und Betreiber letztlich bewerten, ob diese Faktoren bei den verschiedenen Herstellern am Markt Beachtung finden? Schließlich gilt es, im Bereich der Raumluftechnik verschiedenste Normen und Richtlinien zu beachten. Außerdem müssen Kriterien erfüllt werden, die über die vom Gesetzgeber geforderten messbaren Werte hinausgehen und teilweise schwer greifbar sind.



Abbildung 1: Energielabel des RLT-Herstellerverbandes

klärt auch die derzeit starke Fokussierung auf die Energiepolitik. Dabei sind weitere Themen keinesfalls zu vernachlässigen, beispielsweise „Hygienische Anforderungen“, „Prozesssicherheit“ oder die immer wichtiger werdende „Indoor Air Quality“ (IAQ). Sie rücken immer mehr in den Vordergrund,

RLT-Richtlinien geben Hilfestellung

Dieses Dilemma wurde bereits vor einigen Jahren vom Herstellerverband Raumlufttechnische Geräte e. V. erkannt. Daher wurde der Grundstein für die RLT-Richtlinien 01 bis 04 und die RLT-Richtlinie Zertifizierung gelegt. Diese beschreiben neben den energetischen Anforderungen auch weitere Kriterien für spezielle Einsatzzwecke, beispielsweise den EX-Bereich oder den Entrauchungsfall. Alle Richtlinien stehen auf der Internetseite des Verbandes kostenlos zur Verfügung: www.rlt-geraete.de.

Als Basis für alle weiteren Papiere dient hier immer die RLT-Richtlinie 01, welche allgemeine Anforderungen an Raumlufttechnische Geräte definiert. Diese werden teilweise aus vorhandenen Normen aufgegriffen, aber auch ergänzt und, wo es notwendig ist, konkretisiert.

Somit steht für alle Marktteilnehmer, vom Hersteller bis zum Bauherrn, ein praxisnahes und vollständiges Werk zur Verfügung, das die Bewertung der verschiedenen Geräte ermöglicht.

Typische Mindestanforderungen werden hier an die Oberflächenbeschaffenheit, die Baustoffklassen oder den Arbeitsschutz beim Umgang mit den Geräten gestellt. Aber auch Anlagen für besondere Bereiche finden Berücksichtigung: Für wetterfeste Geräte und für solche mit besonders hygienisch relevanten Einsatzgebieten werden jeweils erweiterte Kriterien aufgeführt.

Neues Label zur Regelkonformität

Die in der RLT-Richtlinie 01 formulierten Anforderungen sind sehr vielschichtig. Die Einhaltung einer bestimmten Effizienzklasse ist jedoch explizit in die Richtlinie Zertifizierung ausgegliedert worden. Streng genommen kann ein Hersteller also ein entsprechendes Energielabel erhalten, ohne alle weitergehenden Anforderungen der RLT 01 einzuhalten.

Um hier mehr Transparenz zu schaffen, wurde 2016 das neue R-Label eingeführt. Dieses zeichnet die Regelkonformität des RLT-Gerätes mit der RLT 01 aus (Abbildung 2). Um dieses Label zu erhalten, müssen sowohl der Hersteller als auch die spezifische Gerätereihe zunächst alle Kriterien mindestens eines Energielabels einhalten. Um zusätzlich auch das R-Label ausweisen zu dürfen, wird geprüft, ob darüber hinaus auch alle anderen Punkte der RLT 01 eingehalten werden. Ist dies der Fall, ist der Hersteller berechtigt, sein Produkt entsprechend zu kennzeichnen und zu bewerben. Dabei gehen das Energielabel und das neue R-Label „Hand in Hand“. Sie werden in der

Regel gemeinsam ausgewiesen, um den Kunden die besondere Qualität der hergestellten Anlagen zu vermitteln.



Abbildung 2: Das neue R-Label

Fazit

Die Anforderungen an die Raumlufttechnik steigen stetig. Das gilt auch für zentrale raumlufttechnische Anlagen, die oft in umfangreichen Gebäudekomplexen wie Kliniken, Wohnanlagen oder Einkaufszentren eingesetzt werden. Da RLT-Anlagen nahezu immer in öffentlichen oder durch Dritte zugänglichen Bereichen eingesetzt werden, wird auf die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik besonderer Wert gelegt.

Das neue Label zur Regelkonformität des RLT-Herstellersverbandes garantiert, dass die maßgeblichen Normen und Vorschriften eingehalten werden und ein hoher Qualitätsstandard erfüllt wird. Dies wird durch die langjährige Kooperation mit der TÜV-Süd Industrieservice GmbH sichergestellt. Die Prüfung durch einen neutralen Dritten gewährleistet den Anspruch des Herstellerverbandes auf Transparenz und Zuverlässigkeit.

Da die zugehörigen RLT-Richtlinien kontinuierlich überprüft und angepasst werden, bietet das neue Label somit eine stets aktuelle und sichere Basis für alle Marktteilnehmer und schafft im Dickicht der verschiedenen Normen und gesetzlichen Vorgaben den notwendigen Durchblick. ◀



IKZ.de

Die ganze Welt der Gebäude- und Energietechnik

Am Puls der Branche



 [ikz.de/facebook](https://www.facebook.com/ikz.de)

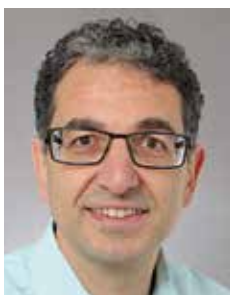
 [ikz.de/twitter](https://twitter.com/ikz.de)

 [ikz.de/xing](https://www.xing.com/profile/ikz.de)

 [ikz.de/youtube](https://www.youtube.com/ikz.de)

Brandschutz in der Gebäudetechnik

Vorschriften, Richtlinien und Auslegungsmethoden zum baulichen Brandschutz sind Teil der täglichen Herausforderungen im SHK-Fachhandwerk. Vor allem brandsichere Befestigungen für haustechnische Leitungen sorgen immer wieder für große Unsicherheiten bei der Planung und Umsetzung. In diesem Artikel werden die geltenden Regelwerke und Herausforderungen aus der Praxis vorgestellt. Darüber hinaus wird aufgezeigt, mit welchen Auslegungsmethoden sich die Anforderungen zuverlässig nachweisen und realisieren lassen.



Giovanni Riello,
Vorschriften
und Zulassungen,
Hilti AG,
Liechtenstein



Dr.-Ing. Oliver Geibig,
Head of Engineering
Central Europe,
Hilti Deutschland AG,
Kaufering

Gesetzliche Anforderungen

Jeder Bewohner oder Benutzer einer Anlage hat einen Anspruch auf die in Gesetzen, Vorschriften und Richtlinien gesellschaftlich vereinbarten Schutzziele zum Brandschutz. Im Rahmen der EU-Bauproduktenverordnung [1] werden diese Schutzziele als „Grundanforderungen an Bauwerke“ definiert und dadurch unmittelbar in das nationale Recht der Mitgliedstaaten übernommen. Für den Brandschutz sind diese Basisanforderungen wie folgt definiert:

- „Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass bei einem Brand
- die Tragfähigkeit des Bauwerks während eines bestimmten Zeitraums erhalten bleibt;
 - die Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerks begrenzt wird;
 - die Ausbreitung von Feuer auf benachbarte Bauwerke begrenzt wird;
 - die Bewohner das Bauwerk unverletzt verlassen oder durch andere Maßnahmen gerettet werden können;
 - die Sicherheit der Rettungsmannschaften berücksichtigt ist.“

In Deutschland werden diese Anforderungen u.a. durch die Muster-Leitungs-Anlagen-Richtlinie (MLAR) [2] weiter konkretisiert. Die MLAR 02/2015 definiert Anforderungen für Leitungsanlagen in notwendigen Fluren und Treppenträumen. Im Hinblick auf Mon-

tagesysteme für die technische Gebäudeausrüstung trifft die MLAR die folgende Kernaussage: „Die besonderen Anforderungen hinsichtlich der brandsicheren Befestigung der im Bereich zwischen den Geschossdecken und Unterdecken verlegten Leitungen sind zu beachten.“

Herausforderungen aus der Praxis

In der Praxis stellt diese aus den Schutzzielen abgeleitete Anforderung eine besondere Herausforderung dar. Geringe Bauhöhen

im Zwischendeckenbereich und sehr hohe Installationsdichten können zur Folge haben, dass der Installationsabstand zu den Unterdecken sehr gering ausfällt (Abbildung 1). In solchen Fällen müssen speziell die Verformungen der Montagesysteme bei Brandlasten betrachtet werden, um mögliche Beschädigungen an der brandschutzwirksamen Unterdecke ausschließen zu können.

Darüber hinaus erfordern weitere alltägliche Anwendungen von Montagesystemen eine erhöhte Aufmerksamkeit, um die genannten Schutzziele zu erreichen, insbesondere

- bei der Überbauung von anderen klassifizierten Bauteilen, beispielsweise Kabelanlagen mit Funktionserhalt (Abbildung 2);
- für die Funktionsfähigkeit von Montagesystemen bei sicherheitsrelevanten Anwendungen der Lüftungs- und Entrauchungstechnik;
- bei der Bewertung von Sprinklersystemen bezüglich deren Tragfähigkeit im Brandfall bis zur Aktivierung der Sprinkler.



Abbildung 1: Zwischendeckenbereich mit hoher Installationsdichte und geringen Abständen zur Unterdecke
Foto: Hilti Deutschland AG



Abbildung 2:
Überbauung von
Kabeltragsystemen
mit Funktionserhalt
durch Rohrleitungen
Foto:
Hilti Deutschland AG

Nachweisverfahren

Die Auslegung von Rohrhaltersystemen und die Abschätzung des Verformungsverhaltens beim Einbau über brandschutzwirksamen Bauteilen erfolgt heute in der Regel mit einem der beiden folgenden Verfahren:

- Analytische Berechnungen auf Basis des Eurocodes EN 1993-1-2 [3] oder
- Ingenieurtechnische Beurteilung auf Basis von Brandversuchen von typischen Anwendungen.

Aktuelle Forschungsergebnisse im Auftrag der RAL Gütegemeinschaft Rohrbefestigung zeigen jedoch, dass die Anwendung der Reduktionsfaktoren nach DIN EN 1993-1-2 zu unsicheren Ergebnissen im Hinblick auf das Verformungsverhalten führt.

Ein Gutachten der MFPA Leipzig führt hierzu aus: „Mit zunehmender Temperatur, weichen die experimentell ermittelten und die modellierten Temperaturlinien immer deutlicher voneinander ab (Abbildung 3). Diese Abweichungen sind für die Verformungsbeurteilung dünnwandiger Stahlbauteile relevant, da die Stahltemperatur mit nur kurzer Verzögerung der Brandtemperatur folgt, die bei einer Brandbeanspruchung unter den Bedingungen der Einheitstemperatur-Zeitkurve (ETK) nach DIN EN 1363-1 bereits in der 6. Prüfminute 590 °C überschreitet.“ [4]

Das bedeutet, dass die realen Verformungen von dünnwandigen Montageschienen bei der Anwendung der Reduktionsfaktoren nach DIN EN 1993-1-2 unterschätzt werden. Die Funktionalität einer darunterliegenden brandschutztechnisch wirksamen Unterecke kann im Brandfall nicht sichergestellt werden, da eine mechanische Schädigung nicht ausgeschlossen werden kann.

Die RAL Gütegemeinschaft Rohrbefestigung hat diese Problematik erkannt und deshalb ihren Mitgliedsfirmen empfohlen,

die Anwendung der DIN EN 1993-1-2 (EC 3) zur Berechnung der Verformungen dünnwandiger, kaltprofilierter, offener Profile aus Stahl im Brandfall nicht anzuwenden [5].

Aufgrund einer möglichen Beeinträchtigung der Schutzziele stehen Hersteller von Montageschienen in der Pflicht, auf diesen Stand der Wissenschaft und Technik bei der Anwendung des Eurocodes hinzuweisen. Ein Umstand, dem gegenwärtig noch nicht alle Hersteller gegenüber Planern und Installationsfirmen mit vollständiger Transparenz nachkommen.

Brandschutzlösungen und Empfehlungen für die Praxis

Eigene Forschungsergebnisse haben frühzeitig erkennen lassen, dass ein rein analytischer Ansatz ohne die Berücksichtigung von Tests keine verlässlichen Aussagen zum Verformungsverhalten von Montagesystemen für die Rohrbefestigung zulässt. Bestätigt wurde diese Einschätzung bereits im Jahre 2004 durch die Arbeiten von Dr. Peter Nause an Montagesystemen [6].

Um den baurechtlichen Anforderungen dennoch gerecht zu werden und um keine Kompromisse beim Thema Sicherheit einzugehen, müssen sichere Lösungen auf der Basis von Prüfungen für die brandschutztechnisch kritischen Anwendungen in Flucht- und Rettungswegen angeboten werden: Umfangreiche Testserien unter Brandeinwirkung sind seit Jahren fester Bestandteil bei der Entwicklung und Neueinführung von Hilti-Produkten für die Rohrbefestigung. Brandtests an Montagesystemen werden von anerkannten Materialprüfanstalten durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse, also das Verformungsverhalten und die Lastkapazität der Systeme in Abhängigkeit von der Branddauer, sind in Prüfberichten von anerkannten Materialprüfanstalten dokumentiert und können für den bautechnischen Nachweis herangezogen werden.

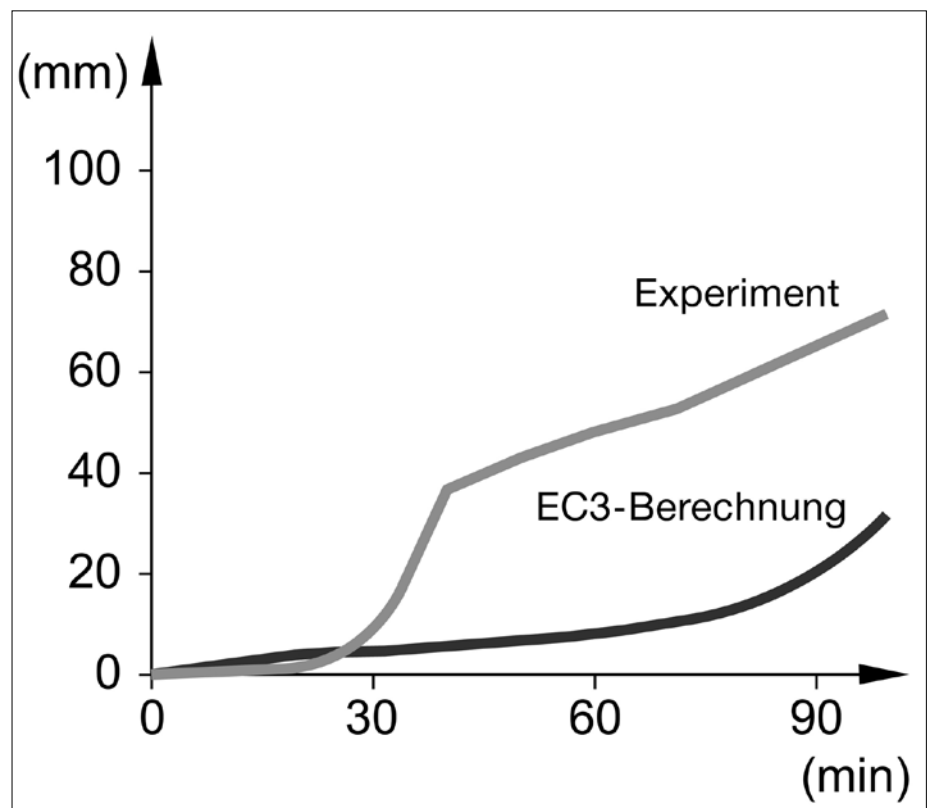


Abbildung 3: Verformungsverhalten einer dünnwandigen Montageschiene unter realen Testbedingungen und nach EC3-Berechnung
Grafik: Hilti Deutschland AG

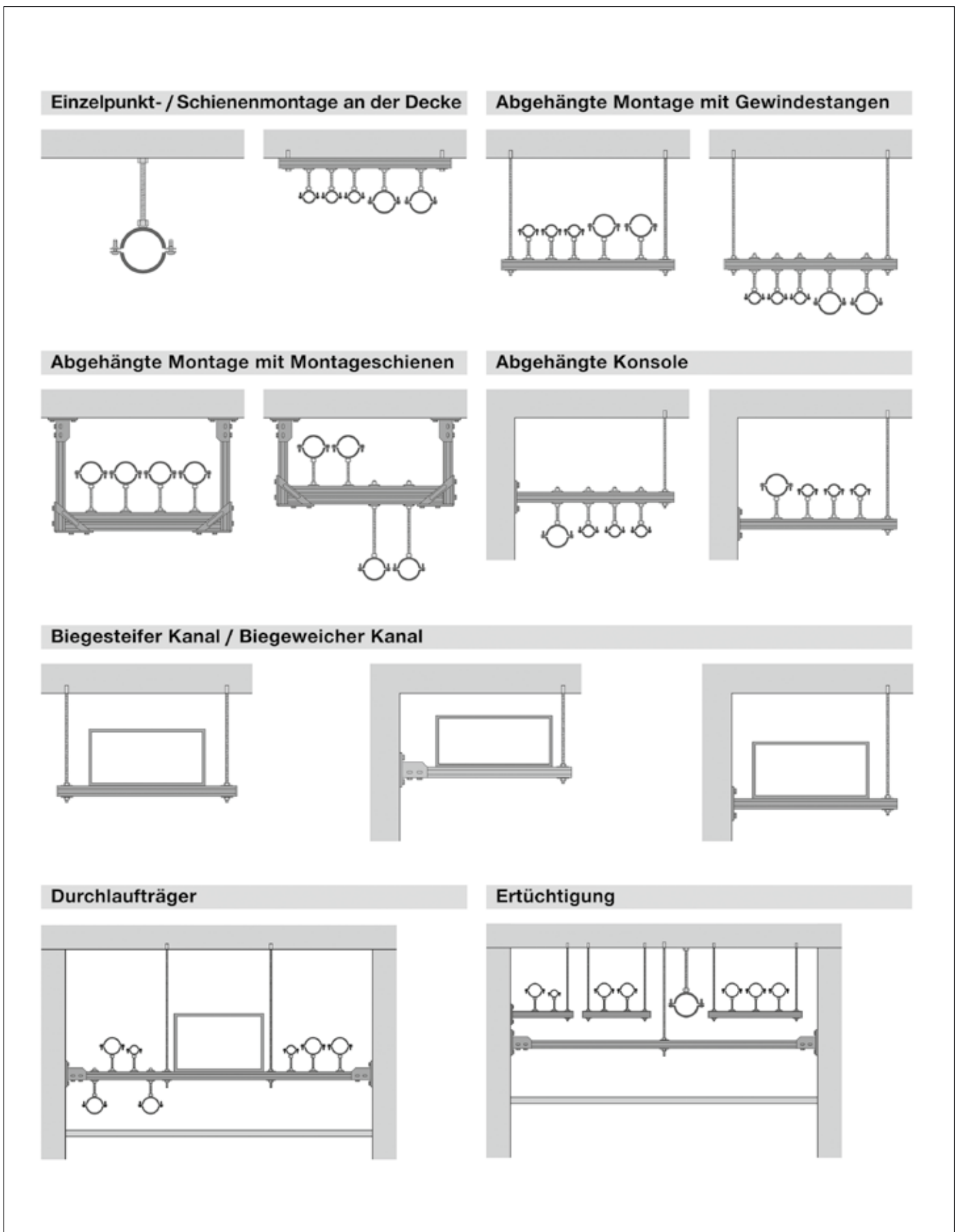


Abbildung 4: Brandgeprüfte Hilti Montagesysteme

Foto: Hilti Deutschland AG



Die Ergebnisse der getesteten Systeme und Bauteile wurden in einer anwenderfreundlichen Planungshilfe zusammengefasst. Diese wird interessierten Planern und Anwendern zur Verfügung gestellt. Damit ist es möglich, auf Grundlage von Brandprüfungen an Montagesystemen und unter Einwirkungen der Einheits-temperatur-Zeitkurve (ETK) nach DIN EN 1363-1 eine Auslegung aller gängigen Systeme für die Rohrbefestigung vorzunehmen.

Die Testergebnisse decken insbesondere die Einzelbefestigungen durch Rohrschellen und direkt an der Decke befestigte bzw. durch Gewindestangen abgehängte Montageschienen ab. Um auch die Ableitung von besonders hohen Lasten im Brandfall zu ermöglichen, wurden außerdem U-Jochkonstruktionen aus leistungsfähigen Montageschienen und robusten Konstruktionswinkeln einer Prüfung und Bewertung unterzogen. Durchlaufträger für die Abdeckung größerer Spannweiten, Systeme für biegesteife und biegeweiche Lüftungskanäle sowie Lösungen für die Er-tüchtigung von bestehenden Leitungen im Gebäudebestand runden das Angebot der

brandgeprüften Installationssysteme von Hilti ab (Abbildung 4).

Zusammenfassung

In Zwischendeckenbereichen oberhalb brandschutztechnisch relevanter Unterdecken von Flucht- und Rettungswegen und anderen sicherheitsrelevanten Anwendungen kommt den Befestigungssystemen in der Installationstechnik eine besondere Rolle zu, um die bauaufsichtlichen Schutzziele umfassend erfüllen zu können. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass das Verformungsverhalten von Montageschienen bei Heranziehung der Reduktionsfaktoren nach DIN EN 1993-1-2 (EC 3) unterschätzt wird und zu unsicheren Ergebnissen führt. In Ermangelung wissenschaftlich anerkannter Berechnungsmethoden ist es deshalb sinnvoll, die bautechnischen Nachweise auf der Grundlage von Brandtests unter den Bedingungen der Einheitstemperatur-Zeitkurve (ETK) nach DIN EN 1363-1 zu führen. Mit den veröffentlichten Prüfergebnissen und bautechnischen Bewertungen können für die gängigsten Montagesysteme die jeweils geforderten Schutzziele sicher nachgewiesen und erreicht werden. ◀

Literatur

- [1] Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates.
- [2] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR) - Fassung Februar 2015.
- [3] Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1993-1-2:2005 + AC:2009.
- [4] Hauswaldt, S.: Verformungsberechnungen Montageschienen im Brandfall, Schreiben an die RAL Gütegemeinschaft (2016).
- [5] Mietzner H.: Brandverhalten von Rohrbefestigungen, RAL Gütegemeinschaft (2016).
- [6] Nause, P.: Brandverhalten von Befestigungssystemen in der Installationstechnik, Moderne Gebäudetechnik (2004).

HÄTTE, WÄRE, MÜSSTE ... ZU SPÄT.



Im Brandfall helfen Ausreden niemandem. Werden Sie lieber frühzeitig Ihrer Verantwortung für Menschen und Werte gerecht. Entscheiden Sie sich für das Optimum an vorbeugendem baulichem Brandschutz mit dem CONLIT System. Planen Sie haustechnische Anlagen ohne Kompromisse mit den nichtbrennbaren Steinwolle-Dämmstoffen von ROCKWOOL: Schmelzpunkt > 1000 °C, Feuerwiderstand bis zu 120 Minuten.

Übernehmen Sie beim Brandschutz die 1000 °C-Verantwortung!

Optimale Anlageneffizienz durch punktgenaue Wartung

Monitoring-Tools sparen Energie und erhöhen den Komfort für Nutzer

Schlecht funktionierende oder gewartete gebäudetechnische Anlagen verschwenden Energie und sind ein Ärgernis für die Nutzer. Hier lohnt sich die Investition in eine leistungsfähige Monitoring-Lösung. Sie kann die Wartung vereinfachen und damit die Effizienz der Anlagen entscheidend erhöhen. Im Ergebnis verbessert sich die Energiebilanz – das schont die Umwelt und spart Kosten. Zudem profitieren die Nutzer durch höheren Komfort.



Frank Hühren,
Geschäftsführer,
Priva Building
Intelligence GmbH,
Tönisvorst

Experten schätzen, dass in bis zu 70% aller Gebäude die technischen Anlagen nicht einwandfrei funktionieren. Davon betroffen sind sowohl Wohnhäuser als auch Gewerbegebäude. Heizungen, Klimaanlage oder Belüftungssysteme haben einen schlechten Wirkungsgrad oder arbeiten nicht optimal und unterliegen häufigen Störungen. Soll-Temperaturwerte sind zu hoch oder zu niedrig eingestellt. Die Steuerung ist schwerfällig, kompliziert oder lässt sich nicht komplett automatisieren. Diese Probleme wirken sich in erster Linie auf die Nutzer aus – ganz gleich ob Mieter, Wohneigentümer oder Mitarbeiter in Unternehmen. Sie leiden unter einem schlechten Raumklima und fühlen sich in ihren eigenen vier Wänden oder am Arbeitsplatz nicht wohl. Aufgrund von Störungen muss häufig der technische Notdienst alarmiert werden, was die Geduld und die Nerven stark strapaziert. Oder schon die reine Bedienung der Anlagen überfordert die Nutzer, wodurch deren Unzufriedenheit steigt.

Aber auch die Betreiber oder Vermieter von Gebäuden sind betroffen: So kosten beispielsweise häufige Ausfälle der Heizung viel Geld – sowohl durch die Inanspruchnahme des Notdienstes als auch durch mögliche Minderungen seitens der Mieter. Zudem verschwenden fehlerhaft arbeitende Anlagen nutzlos Energie, was ebenfalls unnötig hohe Kosten verursacht. Außerdem belastet

eine unzureichende Energieeffizienz auch die Umwelt, vergeudet wertvolle Ressourcen und trägt zum Klimawandel bei. Nach Schätzungen ließen sich 20% der verschwendeten Energie durch die richtigen Maßnahmen sofort und problemlos einsparen. Und nicht zuletzt sehen sich auch Gebäudedienstleister im Nachteil – vor allem dann, wenn kompliziert zu bedienende und intransparente Steuerungssysteme die Wartung und Instandhaltung der gebäudetechnischen Anlagen erschweren.

Detaillierter Einblick in Anlagenprozesse

Wie lassen sich die Zuverlässigkeit, die Effizienz und der Wirkungsgrad der Anlagen nachhaltig erhöhen? Unabdingbare Voraussetzung hierfür ist in erster Linie eine reibungslos funktionierende und gut gewartete

technische Installation. Dabei ist es wichtig, die Systeme für Heizung, Klimatisierung und Belüftung kontinuierlich zu überwachen. Betreiber und Dienstleister müssen stets über den Status und den Betriebszustand der Anlagen informiert sein, um Störungen sofort und zielgerichtet beheben zu können. Wertvolle Dienste leisten hier moderne Monitoring-Systeme, beispielsweise die cloud-basierte Anwendung BI Metrics von Priva. Derartige Lösungen bieten einen detaillierten Einblick in sämtliche Prozesse rund um den Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen. Aktuelle Temperaturwerte werden konstant gemessen und über sogenannte KPI's (Key Performance Indicator) in einer übersichtlichen Benutzeroberfläche mittels Dashboard visualisiert. Daraus lässt sich zuverlässig ableiten, ob Heizung, Klimaanlage und Belüftung korrekt funktionieren oder ob ein Eingreifen



Monitoring-Tools bieten einen detaillierten Einblick in sämtliche Prozesse rund um den Betrieb von gebäudetechnischen Anlagen.
Foto: Priva Building Intelligence GmbH



Beim Monitoring werden große Datenmengen analysiert und zielgenau alle Gebäudebereiche sowie Anlagenteile, die nicht optimal arbeiten, identifiziert und transparent dargestellt.

Foto: Priva Building Intelligence GmbH

seitens des Betreibers oder Dienstleisters erforderlich ist.

Dabei werden große Datenmengen analysiert. Zielgenau werden alle Gebäudebereiche sowie Anlagenteile, die nicht optimal arbeiten, identifiziert und transparent dargestellt. So können Dienstleistungsfirmen gezielt Wartungsmaßnahmen an genau den Stellen durchführen, an denen sie erforderlich sind. Dies ermöglicht eine vorausschauende, punktgenaue und präventive Instandhaltung. Dadurch lässt sich die Leistung installierter Anlagen unmittelbar nach der Inbetriebnahme sicherstellen und über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes hinweg aufrechterhalten. Ein besonderer Vorteil: Die Lösungen sind durchgängig kompatibel mit allen gängigen Gebäudeautomationssystemen verschiedener Hersteller und damit flexibel einsetzbar. So lassen sich bestehende Systeme auch problemlos als Datenquelle nutzen. Aufwändige, manuelle Messungen sowie zusätzliche Analyse-Geräte oder Sensoren im Gebäude sind nicht erforderlich.

Optimale Kooperation zwischen Eigentümern und Dienstleistern

Insbesondere Gebäude-Dienstleister profitieren von solchen Lösungen. Die Unternehmen können damit ihre Beziehungen zu den Eigentümern und Verwaltern von Gebäuden optimieren und neue Vertragsarten anbieten. Dank einer Berichterstattungsfunktion sind die Dienstleister in der Lage, die Gebäudeeigner intensiver in nachhaltige Wartungsprozesse einzubinden. Die Parteien können Zielwerte auf einer gesicherten Basis disku-

tieren und sich über zukünftige Schritte zur Prozessoptimierung austauschen. Auf diese Weise erhöhen beide Parteien in enger Zusammenarbeit die Leistung der gebäudetechnischen Anlagen signifikant. Von Vorteil ist auch, dass sich solche Lösungen sehr schnell und einfach installieren lassen, was die Kosten für die Investition deutlich verringert. Pilotprojekte haben gezeigt, dass ein Return on Investment oftmals bereits innerhalb eines Jahres eintritt. Daher eignen sich solche Lösungen nicht nur für große Gebäude, in denen hohe Energiekosten refinanziert werden müssen, sondern auch für kleinere Objekte.

Durch die verbesserte Wartung und Funktionsfähigkeit der Anlagen erhöhen sich der Komfort und damit die Zufriedenheit der Nutzer beträchtlich. Zudem lassen sich durch korrekt eingestellte Werte Energieeinsparungen in großem Ausmaß realisieren. Und dank Abbildung sämtlicher Prozesse über die Cloud können die Dienstleistungsunternehmen Fernwartungen durchführen, was wiederum Energie und Fahrtkosten einspart. Außerdem lassen sich mit solchen Lösungen bestimmte Aspekte der Anlagenleistung verschiedener Gebäude objektiv vergleichen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können dazu beitragen, die Effizienz der Anlagen zu erhöhen und den Energieverbrauch weiter zu senken. Durch die transparente Verwaltung können Gebäude-Dienstleister und Fachberater permanent Anpassungen vornehmen und so den Wirkungsgrad von Heizung, Klimatisierung und Belüftung stetig verbessern.

Fazit

Ein Großteil der technischen Anlagen in Gebäuden arbeitet mit einem unzureichenden Wirkungsgrad, was sich negativ auf die Energieeffizienz, die Betriebskosten sowie die Zufriedenheit der Nutzer auswirkt. Eigentümer sind daher gut beraten, in eine Monitoring-Lösung zu investieren. Diese unterstützt in vielerlei Weise: Sie bietet einen klaren Einblick in die Performance der Installationen, optimiert die Wartungsprozesse und erhöht die Anlageneffizienz. Eigentümer und Gebäudemanager können dadurch die Leistung verbessern, signifikante Energieeinsparungen realisieren und die Zusammenarbeit mit Dienstleistungsunternehmen auf eine neue Stufe stellen. Der Bezug der Dienste aus der Cloud ermöglicht eine Fernwartung und bedarfsgerechte, flexible Abrechnungsmodelle. Problemlos lassen sich solche Lösungen in Kombination mit vorhandenen Gebäudeautomationssystemen nutzen. Und nicht zuletzt erhöht sich auch die Zufriedenheit der Gebäudenutzer. Sie profitieren von einem hohen Anlagenkomfort, optimaler Energieeffizienz und einem guten Raumklima. ▶

Was können moderne Absorptionskälteanlagen leisten?

In einem mehrjährigen, vom BMWi geförderten Feldtestprojekt „EnEff Wärme: Absorptionskälteanlagen für KWKK Systeme“ (FAKS) werden zwei neue Absorptionskälteanlagen an den Herausforderungen der Praxis gemessen. Um die Betriebsweise in Systemen mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) zu optimieren, wird eine modellbasierte Mehrgrößenregelung eingesetzt. Mit dieser kann beispielsweise eine technische, ökologische oder wirtschaftliche Verbesserung der Kältebereitstellung erreicht werden. Die gleichen Anlagen werden auch bereits in internationalen Projekten eingesetzt, beispielsweise zum solaren Kühlen in Jordanien. Interessierte Anwender und Planer können sich in den Demonstrationsvorhaben informieren. Die neuen Anlagen erweitern das Anwendungsfeld von Absorptionskälte sowohl im technischen als auch im ökologischen und wirtschaftlichen Bereich.



Jan Albers,
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter,
TU Berlin, Institut
für Energietechnik



Wolfgang Lanser,
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter,
TU Berlin, Institut
für Energietechnik



Christopher
Paitazoglou,
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter,
TU Berlin, Institut
für Energietechnik



Stefan Petersen,
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter,
TU Berlin, Institut
für Energietechnik

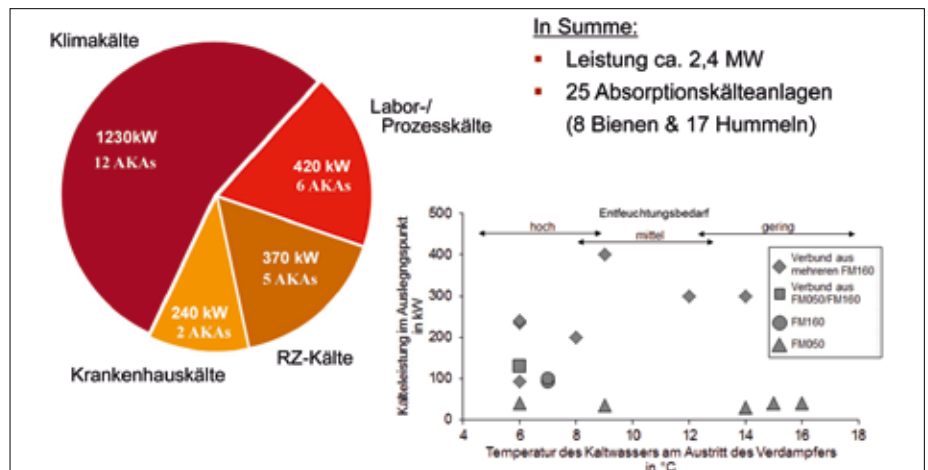


Abbildung 1: Übersicht zu Systemanwendungen und erforderlichen Kaltwassertemperaturen

Grafik: TU Berlin, Institut für Energietechnik



Abbildung 2: Installation mit drei Absorptionskälteanlagen vom Typ „Hummel“

Foto: T. Scherrer / Stadtwerke Karlsruhe



Hummel (160kW)	
Typ	Single Effekt LiBr-H ₂ O
Gewicht	1750 kg (netto)
L / h / b [m]	1,95 / 2,12 / 1,12
Module	2 + 4 (<850 kg)
Desorber	
$t_{Di, \text{min/max}}$	$\Delta p (\dot{V}_{Nom})$
55 / 110 [°C]	0,1bar / (10m ³ /h)
Verdampfer (Evaporator)	
$t_{Ei, \text{min/max}}$ [°C]	$\Delta p (\dot{V}_{Nom})$
21 / 16 [°C]	0,25 bar / (28 m ³ /h)
Absorber / Kondensator	
$t_{Ai, \text{min/max}}$ [°C]	$\Delta p (\dot{V}_{Nom})$
15 / 45 [°C]	0,4 bar / (40 m ³ /h)



Abbildung 3: Kenndaten der Absorptionskälteanlage vom Typ „Hummel“

Grafik: TU Berlin, Institut für Energietechnik

Biene (50kW)	
Typ	Single Effekt LiBr-H ₂ O
Gewicht	750 kg (netto)
L / h / b [m]	1,80 / 1,60 / 0,65
Module	1
Desorber	
$t_{Di, \text{min/max}}$	$\Delta p (\dot{V}_{Nom})$
55 / 110 [°C]	0,1bar / (3,2m ³ /h)
Verdampfer (Evaporator)	
$t_{Ei, \text{min/max}}$ [°C]	$\Delta p (\dot{V}_{Nom})$
21 / 16 [°C]	0,5 bar / (8,5 m ³ /h)
Absorber / Kondensator	
$t_{Ai, \text{min/max}}$ [°C]	$\Delta p (\dot{V}_{Nom})$
15 / 45 [°C]	0,7 bar / (14 m ³ /h)



Abbildung 4: Kenndaten der Absorptionskälteanlage vom Typ „Biene“

Grafik: TU Berlin, Institut für Energietechnik

Das Projekt

Für den effizienten und wirtschaftlichen Einsatz von Absorptionskälteanlagen in gekoppelten Kraft-Wärme-Kälte-Systemen (KWKK-Systeme) sind neben der Deckung des Kältebedarfs weitere Kriterien von Bedeutung. Hierzu zählen neben den Betriebskosten vor allem auch die Heißwasserspreizung und die Rücklauftemperatur im Wärmenetz.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „EnEff Wärme: Absorptionskälteanlagen für Niedertemperaturantrieb - Grundlagen und Entwicklung von Absorptionskälteanlagen für die fernwärme- und solarbasierte Kälteversorgung“, Förderkennzeichen 0327460A+B, wurden von der TU Berlin in

Zusammenarbeit mit der Vattenfall Europe Wärme AG und dem Zentrum für angewandte Energieforschung Bayern (ZAE) zwei Absorptionskälteanlagen (AKA) mit Nennleistungen von 50 und 160 kW entwickelt.

FAKS ist ein Verbundprojekt von AGFW, BTGA, ILK, TU Dresden und der TU Berlin. Geleitet wird es von der TU Berlin. In dem Projekt werden die Anlagen in einem bundesweiten Feldtest eingesetzt. Neben der Demonstration der Anwendung mit ganz verschiedenen Nutzerprofilen (Klimaanwendungen, Prozess- und Gewerbeanwendung, Rechenzentren, Krankenhäuser) wird gezeigt, dass ein breites Temperaturband in der Kaltwasserversorgung zwischen 6 °C

und 16 °C mit einer guten Temperaturstabilität bzw. Regelgüte von ca. ±0,5 K bedient werden kann. Dafür ist eine Vielzahl von hydraulischen Verschaltungen umgesetzt worden – abhängig von den jeweiligen Zielstellungen der einzelnen Liegenschaften. Abbildung 1 gibt einen Überblick zu ausgewählten Systemparametern und in Abbildung 2 ist ein AKA-Verbund dargestellt, bestehend aus drei Anlagen vom Typ „Hummel“. Allen Projekten ist neben dem Ziel der Kälteversorgung, eine Beschränkung der Heißwasserrücklauftemperatur gemeinsam, die je nach Liegenschaft zwischen 55 °C und 72 °C beträgt. Sie ist mit unterschiedlicher Priorisierung gegenüber der Kältelastdeckung einzuhalten. Bei Fernwärmeanwendungen ist die maximale Rücklauftemperatur in der Regel auf unter 68 °C festgelegt, bei BHKW-Anwendungen auf 68 °C – 72 °C.

Die hydraulischen Verschaltungen einzelner Systeme werden in [1], [2] und [3] detaillierter beschrieben. Der Almanach erscheint ebenfalls erst zur ISH: Eine Broschüre mit der Übersicht zu allen Systemen kann bei der TU Berlin, beim BTGA oder der AGFW angefordert werden.

Beschreibung der Absorptionskälteanlagen

Das Anlagenkonzept der neu entwickelten, einstufigen Absorptionskälteanlagen basiert auf einer klassischen, modularen Zweibehälterbauweise unter Verwendung des konventionellen Arbeitsstoffpaares Wasser/Lithiumbromid (H₂O/LiBr). Für die kostengünstige Konstruktion der Anlagen wurde ein neues Wärmeübertragerdesign verwendet, das eine höhere Kompaktheit bei kostengünstiger Serienproduktion zulässt. Aufgrund der Kompaktheit und der modularen Bauweise sind die Absorptionskälteanlagen zugänglich und lassen sich auch im Bestand integrieren.

Die wesentlichen thermodynamischen Betriebseigenschaften der neuen Anlagen sind:

- hohe Spreizungen im Antrieb für Fernwärmeanwendung (Δt von 5 bis 40 K realisierbar),
- weiter Antriebstemperaturbereich am Anlageneintritt von 55 °C bis 110 °C,
- Kühlwassertemperaturen am Anlageneintritt von 15 °C bis 45 °C,
 - Einsatz von trockenen Rückkühlsystemen möglich,
 - Betrieb als Wärmepumpen für Heizsysteme bis 60 °C Heizungsvorlauftemperatur realisierbar,
- hohe Lastwechselgeschwindigkeit (von 25 % auf 100 % Leistung in weniger als zehn Minuten),

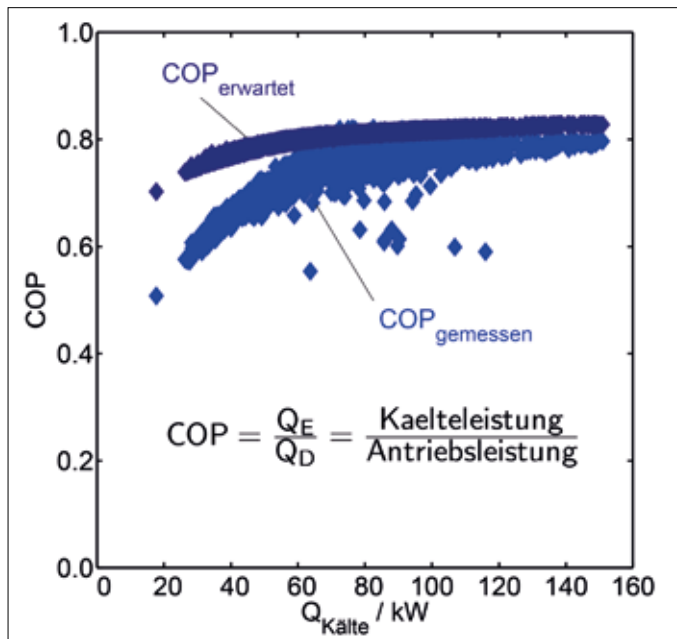


Abbildung 5:
Gemessene thermische
Effizienz einer Anlage
(Typ „Hummel“)
gegenüber angepassten
Erwartungswerten einer
Laboranlage ähnlich
zum Typ „Hummel“
Grafik: TU Berlin, Institut
für Energietechnik

- e) Tolerierung weiter Volumenstrombereiche in Heiß- und Kühlwasserkreis, Betriebsbereitschaft ab fünf Prozent der nominalen Volumenströme,
- f) Volumenstrom des Kaltwassers ab 20 % des Nominalvolumenstroms zulässig,
- g) thermische Effizienz (COP) im Nominalpunkt ca. 0,8,
- h) direkte Anschlussfähigkeit für viele FW-Netzte (PN16),
- i) geringe Druckverluste der Wärmetauscher → geringe Nebenstromverbräuche realisierbar.

In Abbildung 3 und Abbildung 4 sind die Kenndaten zu den Anlagen vom Typ „Hummel“ und „Biene“ zusammengefasst.

Im Rahmen des Feldtests wurden die Erfahrungen und Anregungen der Planer und Installateure hinsichtlich der Handhabung und der Installationsfreundlichkeit der Anlagen kontinuierlich zur Verbesserung der Konstruktion umgesetzt. Die Anlagen sind als Kompakteinheit oder in modularer Bauweise ab Werk lieferbar, die Fußkonstruktion inklusive Nivellierelementen wurde verbessert, die hydraulischen Anschlüsse sind wahlweise in Losflansch oder Rohrgewinde

vorkonfektioniert. Die Anlagen verfügen über ein internes Vakuumsystem. Die gute thermische Effizienz der Laboranlagen aus dem Entwicklungsprozess konnte im Feldtest auch bei unterschiedlichsten Lastanforderungen und -wechseln nachgewiesen werden (siehe Abbildung 5). Weitere Details zur Anlagen-Performance sind den Publikationen [1], [2], [3], [4] zu entnehmen.

Dynamisches Lastverhalten und Regelung

Zusammen mit den Absorptionskälteanlagen werden im Rahmen des Feldtests auch verschiedene Regelstrategien für den Betrieb im KWKK-System untersucht. Diese Regelstrategien basieren auf einer weiterentwickelten Methode charakteristischer Gleichungen, mit deren Hilfe das Teillast- und Regelungsverhalten von Absorptionskälteanlagen unter den aktuellen Betriebsbedingungen als lineare Funktion einer modifizierten charakteristischen Temperaturdifferenz $\Delta\Delta t^*$ vorausberechnet werden kann. Diese modifizierte charakteristische Temperaturdifferenz $\Delta\Delta t^*$ wird aus der Austrittstemperatur im Kaltwasser t_{Eo} sowie der Heiß- und Kühlwas-

sereintrittstemperatur t_{Di} und t_{Ai} gebildet. Dies gilt sowohl für konstante als auch für variable externe Volumenströme [5].

$$Q_E = K_{\ddagger} \cdot \Delta\Delta t^* \\ = K_{\ddagger} \cdot [t_{Di} \cdot (1 - K_1) - t_{Ai} \cdot (1 - K_2) + t_{Eo} \cdot (1 - K_3)]$$

Gleichung 1

Über die anlagenabhängigen Koeffizienten K_N in Gleichung 1 wird die Betriebscharakteristik der AKA beschrieben. Aus Gleichung 1 folgt, dass bei Vorgabe eines Kaltwassersollwertes $t_{Eo} = t_{Eo, set}$ und einer daraus resultierenden geforderten Kälteleistung $Q_E = Q_{E, set} = \dot{V}_E \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_{Ei} - t_{Eo, set})$ beide Anforderungen – die zusammen als Lastfall ($Q_{E, set}; t_{Eo, set}$) bezeichnet werden – durch verschiedene Kombinationen der Heiß- und Kühlwassertemperatur (t_{Di}, t_{Ai}) erreicht werden können. Mit welcher konkreten Kombination aus Heiß- und Kühlwassereintrittstemperatur der Lastfall gedeckt wird, kann unter Berücksichtigung der Betriebsgrenzen der betrachteten Anlage erfolgen.

Durch den Lastfall ($Q_{E, set}; t_{Eo, set}$) ist über Gleichung 1 auch der Wert für $\Delta\Delta t^* = \Delta\Delta t^*_{set}$ definiert. Bei festgelegtem Kaltwassersollwert $t_{Eo} = t_{Eo, set}$ ergibt sich aus dem Freiheitsgrad in der Festlegung einer der beiden Eintrittstemperaturen t_{Di} oder t_{Ai} zum Einstellen des erforderlichen Wertes für $\Delta\Delta t^*_{set}$ die Möglichkeit, neben der Lastdeckung noch eine weitere regelungstechnische Zielstellung vorzugeben. Durch diese Zielstellung ist dann das notwendige Wertepaar ($t_{Di}; t_{Ai}$) eindeutig festgelegt. In [5, 6] sind die zugehörigen Berechnungsgrundlagen detaillierter dargestellt.

Als dritte Zielstellung für die Regelung ist sowohl eine Maximierung der thermodynamischen Effizienz als auch eine Minimierung der Kältegestehungskosten denkbar (siehe [5]). Zur Sicherstellung einer möglichst langen Betriebszeit von KWKK-Anlagen ist jedoch das Einhalten einer bestimmten Heißwasseraustrittstemperatur $t_{Do} = t_{Do, set}$ aus der AKA von entscheidender Bedeutung. Daraus resultieren folgende drei Zielstellungen für die Regelung der Absorptionskälteanlagen im Feldtest:

- 1) Bereitstellung der geforderten Kälteleistung $Q_E = Q_{E, set}$
→ technische Zielstellung/Funktionsfähigkeit
- 2) Einhaltung der Austrittstemperatur im Kaltwasser $t_{Eo} = t_{Eo, set}$
→ kälteverbrauchsseitige Zielstellung

Tabelle 1: Übersicht zur Priorisierung der Ziele für verschiedene Backup-Strategien

Backup-Strategie	1. Priorität	2. Priorität	3. Priorität
Wärmeerzeugerseitig	Heißwasseraustritt $t_{Do} = t_{Do, set}$	Kälteleistung $Q_E = Q_{E, set}$	Kaltwasseraustritt $t_{Eo} = t_{Eo, set}$
Kälteverbraucherseitig	Kälteleistung $Q_E = Q_{E, set}$	Kaltwasseraustritt $t_{Eo} = t_{Eo, set}$	Heißwasseraustritt $t_{Do} = t_{Do, set}$



- 3) Einhaltung der Austrittstemperatur im Heißwasser $t_{Do} = t_{Do, set}$
 → wärmeerzeugerseitige Zielstellung

Diese drei Zielstellungen lassen sich durch kontinuierliche Regelung der Heiß- und Kühlwassereintrittstemperatur jedoch nur dann gleichzeitig erreichen, wenn ausreichend hohe Antriebsleistungen – beispielsweise vom BHKW – und ausreichend niedrige Kühlwassertemperaturen zur Verfügung stehen. Letzteres ist jedoch bei trockener Rückkühlung, beispielsweise über einen Tischkühler, und hohen Außentemperaturen nicht immer möglich.

Für den Fall, dass eine der Versorgungstemperaturen nicht ausreichend ist, greifen im SPS-Programm so genannte Backup-Strategien (BuS). Mit diesen wird versucht, die Unterversorgung in einem Versorgungskreis dadurch auszugleichen, dass ein anderer Kreis höher beansprucht wird. Unterschieden wird dabei zwischen wärmeerzeugerseitigen und kälteverbraucherseitigen Backup-Strategien (siehe Tabelle 1).

Der wesentliche Unterschied in den Backup-Strategien liegt in der Priorisierung der Ziele, mit der festgelegt wird, welches der drei Ziele als letztes aufgegeben wird. Bei der kälteverbraucherseitigen BuS kommt es vorrangig darauf an, den Bedarf der Kälteverbraucher zufrieden zu stellen. Von geringerer Bedeutung (3. Priorität) ist hier die Einhaltung der Heißwasserrücklauftemperatur $t_{Do, set}$. Beispielsweise ist in Fernwärmenetzen ein kurzzeitiges Überschreiten des Sollwertes $t_{Do, set}$ von geringerer Bedeutung als das Einhalten von $t_{Eo, set}$. Bei der erzeugerseitigen BuS ist es dagegen von oberster Priorität, dass $t_{Do, set}$ eingehalten wird, um beispielsweise einen Not-Stopp der KWK-Anlage zu verhindern. Die dann fehlende Kälteleistung aus der AKA muss durch andere Erzeuger oder Speicher im KWKK-System bereitgestellt werden.

Aus den Kurvenverläufen in Abbildung 6 ist zum einen die Wirkungsweise dieser modellbasierten Mehrgrößenregelung und zum anderen das dynamische Lastverhalten der eingesetzten AKA erkennbar. Erläuterungen zu den verschiedenen Backup-Strategien sind u.a. den Publikationen [5] und [7] zu entnehmen.

Im dargestellten Zeitraum sind die Versorgungstemperaturen immer ausreichend – das heißt, es stehen ausreichend heißes Fernwärme- und ausreichend kaltes Kühlwasser zur Verfügung. Um kurz vor 16 Uhr erfolgt die Freigabe der betrachteten AKA. Aufgrund des gespeicherten Kältemittels aus einer vorhergehenden Betriebsphase

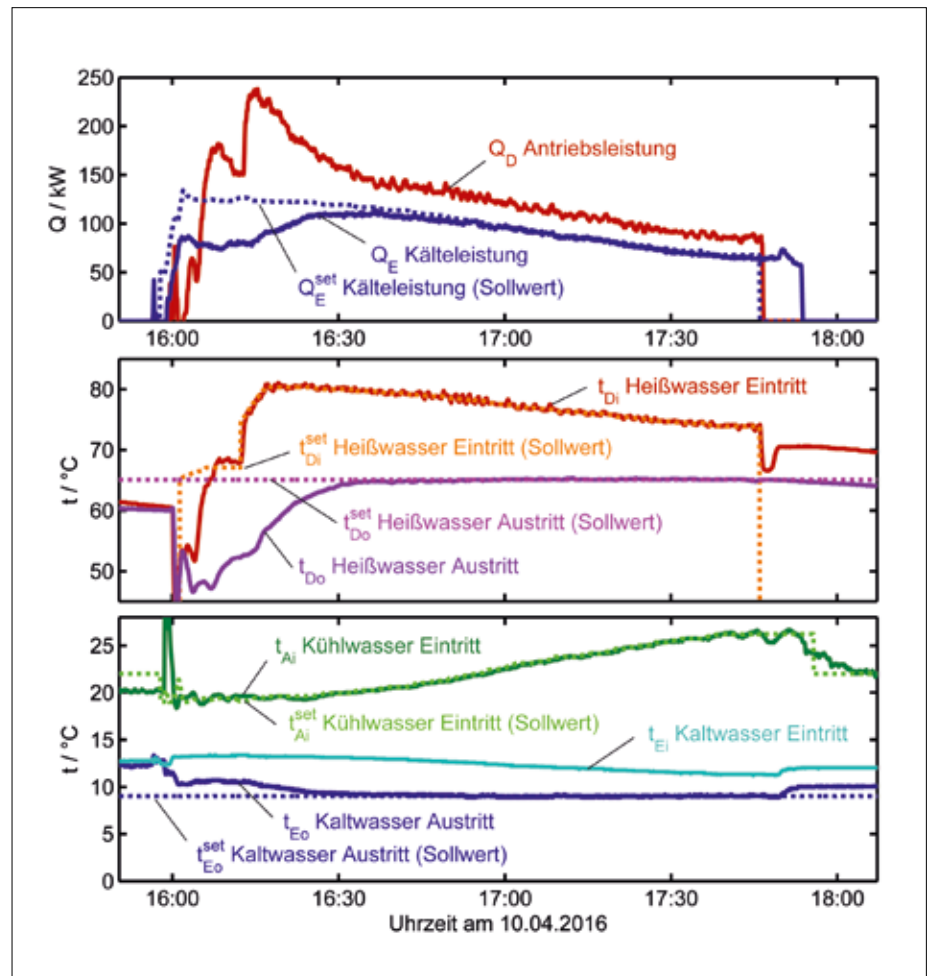


Abbildung 6: Dynamisches Lastverhalten einer Absorptionskälteanlage vom Typ „Hummel“ bei gleichzeitiger Regelung von Heiß- und Kühlwassertemperatur
 Grafik: TU Berlin, Institut für Energietechnik

steht bereits wenige Minuten nach Betriebsbeginn eine nennenswerte Kälteleistung von über 80 kW zur Verfügung. Dennoch wird bis etwa 16.30 Uhr der Kaltwassersollwert nicht exakt eingehalten. Das resultiert aus der Betriebsphase bis etwa 16.15 Uhr, in der zum einen der Sollwert $t_{Di, set}$ nicht sofort erreicht wird und dieser Sollwert zum anderen sehr vorsichtig eingestellt wird, um einen Überschwinger $t_{Do} > t_{Do, set}$ zu vermeiden. Ab ca. 16.30 Uhr ist die Anfahrphase mit einer notwendig hohen Antriebsleistung zum Erhöhen der Lösungskonzentration abgeschlossen. Diese „thermische Investition“ kann beim Abfahren der Anlage ab ca. 17.50 Uhr durch Kälteerzeugung ohne Antriebswärme anteilig zurückgewonnen werden. Zwischen dem Ende der Anfahrphase bis zum Entzug der Freigabe werden alle drei Ziele erreicht. Das gelingt durch die gleichzeitige Regelung der Heiß- und Kühlwassereintrittstemperatur, in dem die Sollwerte $t_{Di, set}$ und $t_{Ai, set}$ kontinuierlich an die sich ändernden Lastbedingungen über die modellbasierte Regelung angepasst werden.

Energieeffizienz

Für die energetische Bewertung der Kälteerzeugung werden in allen Feldtestsystemen nicht nur die installierten Absorptionskälteanlagen sondern auch deren Umfeld durch ein wissenschaftliches Monitoring begleitet, beispielsweise weitere Kälteerzeuger wie Kompressionskälteanlagen, Freikühler aber auch Wärmeerzeuger und BHKWs etc. Dazu wurden alle relevanten Komponenten mit Strom-, Wasser-, Gas-, und Wärmemengenzählern ausgerüstet. Seitens der TU Berlin wurden die Anlagenbauer, Planer und Feldtestpartner mit Einbauempfehlungen auf Basis von gültigen Vorschriften und Normen [8, 9, 10] hinsichtlich der hydraulischen Einbauposition von Durchflusssensoren und Temperaturfühlern unterstützt. Hierdurch konnte ein hohes Maß an wissenschaftlicher Nachvollziehbarkeit und Messgenauigkeit erreicht werden. Aktuell wird der Großteil der Energieströme in den Feldtestsystemen systematisch erfasst und hinsichtlich der Energieeffizienz bei der Kälteerzeugung aus-

gewertet. Darauf aufbauend werden Optimierungspotenziale aufgezeigt.

Für die Bewertung der Energie- bzw. Primärenergieeffizienz und für die Vergleichbarkeit von Ergebnissen der Feldtestsysteme ist es erforderlich, Kennzahlen zu bilden. Die verwendeten Kennzahlen, die bereits in [11] kurz eingeführt worden sind, wurden in Anlehnung an bestehende Standards, Normen und Richtlinien erarbeitet (siehe z.B. DIN 18599, DIN 15316, FW311 (AGFW), VDI 3423).

Erste Ergebnisse zur Anlagen- und Systemeffizienz sind in [7, 12, 13] vorgestellt worden. Bei der elektrischen Effizienz konnten z.B. nach Abschluss der Probebetriebsphase Jahresmittelwerte zwischen 10 kWh_{Kälte}/kWh_{el} und 15 kWh_{Kälte}/kWh_{el} erreicht werden. Durch erste Optimierungsmaßnahmen im Anlagenbetrieb werden für das Betriebsjahr 2017 noch einmal höhere Werte erwartet. In einem speziellen Feldtestsystem, dessen AKA-Rückkühlung über eine Flusskühlung realisiert wurde, werden sogar Werte von bis zu 60 kWh_{Kälte}/kWh_{el} erreicht. Die Flusswasserkühlung stellt zwar eine Ausnahme dar, verdeutlicht aber die Abhängigkeit der Systemeffizienz insbesondere von der Art der Rückkühlung. Darüber hinaus wird die primärenergetische Effizienz der

Kälterzeugung neben der thermischen Effizienz der Kälteanlage auch stark von der primärenergetischen Bewertung der Antriebswärme beeinflusst. Erste Auswertungen zeigen, dass bei der thermischen Kälterzeugung Primärenergiefaktoren im Bereich von 1,5 kWh_{PE}/kWh_{Kälte} bis zu 0,2 kWh_{PE}/kWh_{Kälte} erreicht wurden. Im Winter stellt in der Regel die freie Kühlung die primärenergetisch günstigste Kälteproduktion dar.

Analysen zur Untersuchung von verschiedenen Effizienzparametern wurden in [14, 15] unternommen. Demzufolge ist die Primärenergieeffizienz von zentralen oder dezentralen KWKK-Systemen stark abhängig von verschiedenen Effizienzparametern, beispielsweise von der Leistungszahl der AKA (ϵ_{AKA}), der Leistungszahl der Referenzkälteanlage (ϵ_{KKA}), der Effizienz der eingesetzten Rückkühltechnologien (ϵ_{RKW}) und nicht zuletzt von der Wahl der gegebenenfalls zeitvariablen Primärenergiefaktoren für Strom (f_{el}) und Wärme (f_{FW}). In Abbildung 7 sind dazu exemplarisch die Einflüsse von drei Parametern auf die relative Änderung der PE-Einsparung eines KWKK-Systems gegenüber einem Vergleichssystem ohne KWKK dargestellt. Die Variationsgrenzen der Parameter (z.B. $0 < f_{FW} < 0,5$) sind an den Enden jeder Kurve genannt. In der Abbil-

dung ist unter anderem zu erkennen, dass bei Erhöhung des PE-Faktors der Fernwärme f_{FW} (gegenüber dem Referenzwert von 0,16 kWh_{PE}/kWh_{FW}) bis zu einem Grenzwert $f_{FW,g} = 0,22$ kWh_{PE}/kWh_{FW} ein KWKK-System noch primärenergiesparend gegenüber einem Vergleichssystem ohne KWKK aber mit effizienter Kompressionskälteanlage $\epsilon_{KKA} = 5$ kWh_{Kälte}/kWh_{el} ist. Im Gegensatz dazu steigt die Primärenergieeinsparung steil an, wenn die mittlere Effizienz der Referenzkälteanlage kleiner als $\epsilon_{KKA} = 5$ kWh_{Kälte}/kWh_{el} ist. Eine detailliertere Betrachtung ist den genannten Publikationen zu entnehmen. Es ist aber offensichtlich, dass nur mit einer ausreichend hohen elektrischen Effizienz des KWKK-Systems – beispielsweise durch effiziente Rückkühltechnologien mit $\epsilon_{RKW} \gg \epsilon_{RKW,g} = 10$ kWh_{Abwärme}/kWh_{el} – eine hohe Primärenergieeinsparung erreicht werden kann.

Zusammenfassung

In einem breit angelegten Feldtest wird die Praxistauglichkeit und Energieeffizienz von zwei Baugrößen einer neu entwickelten, modernen Absorptionskälteanlage in unterschiedlichen KWKK-Systemen erprobt. Die Anlagen vom Typ „Biene“ und „Hummel“ mit Nennkälteleistungen von 50 bzw. 160 kW eignen sich aufgrund ihrer kompakten und modularen Bauweise auch für das nachträgliche Einbringen in Bestandsgebäude. Sie können in der Regel direkt am Fernwärmenetz angeschlossen werden und liefern bereits bei niedrigen Antriebstemperaturen Kälte aus Abwärme von KWK-Anlagen.

Die betrachteten Absorptionskälteanlagen sind für eine hohe Bandbreite an Kühlwassertemperaturen konzipiert und erlauben den ganzjährigen Betrieb mit trockener Rückkühlung. Wasseraufbereitungsanlagen, Trinkwasserverbrauch und mikrobiologische Probleme können damit vermieden werden, sodass die Wirtschaftlichkeit von KWKK-Systemen verbessert wird. Hierzu trägt auch eine intelligente Regelung bei. Mit dieser kann nicht nur gewährleistet werden, dass der Kältebedarf gedeckt wird – auch eine maximal zulässige Rücklauf Temperatur im Heißwasser kann damit eingehalten werden. Dadurch können längere Betriebszeiten der KWK-Anlage realisiert bzw. vertraglich zugesicherte RL-Temperaturen im Fernwärmenetz sicher eingehalten werden. Durch die gleichzeitige Regelung der Heiß- und Kühlwassertemperatur im Zusammenspiel mit einer geschickten Wärmeüberträgeranordnung wird außerdem erreicht, dass moderne Absorptionskälteanlagen kaum noch als „träge“ zu bezeichnen sind.

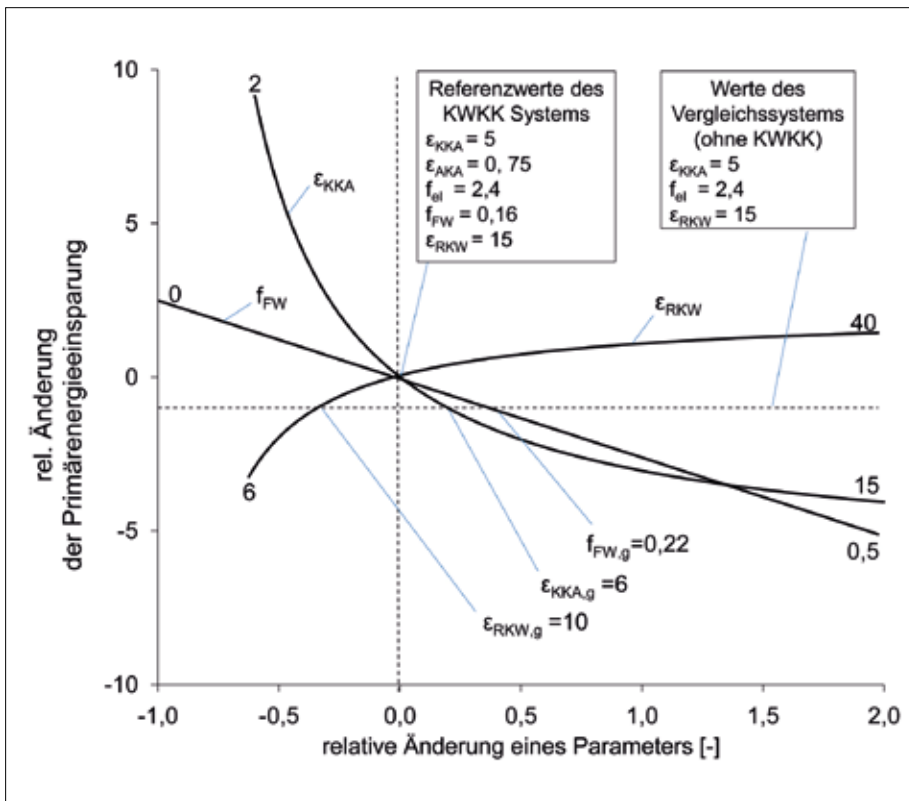


Abbildung 7: Einfluss ausgewählter Parameter auf die Primärenergieeinsparung

Grafik: TU Berlin, Institut für Energietechnik



In Bezug auf die Primärenergieeffizienz der AKA kommt einer guten Integration in das KWKK-System eine hohe Bedeutung zu. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Reduktion der Nebenstromverbräuche. Dies kann beispielsweise durch druckverlustarme Hydraulik und eine hohe thermische Effizienz der AKA gelingen. Dadurch bleibt die abzuführende Wärmemenge und somit der spezifische Elektroenergiebedarf im Rückkühlwerk auch in Teillast gering. Zusätzlich sollen zukünftig auch die Volumenströme im Kalt-, Kühl- und Heißwasser aktiv geregelt werden, um eine hohe Primärenergieeffizienz bei der thermischen Kälteerzeugung sicherzustellen. Moderne Absorptionskälteanlagen können damit einen häufig unterschätzten und signifikanten Beitrag zur Energiewende leisten. ◀

Danksagung

Das Projekt wird vom BMWi aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages im Rahmen des EnEff: Wärme Programms unter der Forschungskennziffer 03ET1171A gefördert. Der Dank gilt auch den beteiligten Stadtwerken, dem Projektträger Jülich sowie den Verbundpartnern der TU Berlin, die dieses Projekt ermöglichen.



Literatur

- [1] S. Petersen, A. Hansske, C. Hennrich, W. Hüls, W. Lanser, M. Mittermaier, F. Ziegler. Fernwärmebasierte Kälteversorgung. *KK, Die Kälte und Klimatechnik*, 6: 64-69, 2011.
- [2] S. Petersen, J. Albers, C. Hennrich, S. Hunt, W. Hüls, W. Lanser, M. Schröder. Absorptionskälteanlagen für die Gebäudekühlung mit Fernwärme. *EuroHeat&Power*, 42. Jg (5): 42-49, 2013.
- [3] S. Petersen, F. Ziegler, J. Albers, W. Lanser. EnEff Wärme: Absorptionskälte-technik für Niedertemperaturantrieb - Grundlagen und Entwicklung von Absorptionskältemaschinen für die fernwärme- und solarbasierte Kälteversorgung. Technical Report FKZ 0327460B, TU Berlin, Institut für Energietechnik, Sek. KT 2, Fachgebiet Maschinen u. Energieanlagentechnik, September 2013.
- [4] BINE Informationsdienst. Mit Wärme kühlen - Eine neue Generation kompakter Kältemaschinen kühlt und heizt mit Niedertemperaturwärme. BINE Projektinfo 07/2012, www.bine.info > Publikationen > Projektinfos > 2012 > 07 > Mit Wärme kühlen.
- [5] J. Albers. Erweiterung einer Berechnungsmethode für die Regelung von Absorptionskälteanlagen. Dissertation an der TU Berlin, Fakultät III Prozesswissenschaften, Institut für Energietechnik, Bearbeitungsstand Dezember 2016.
- [6] J. Albers, S. Petersen, A. Hanßke, C. Hennrich, S. Hunt, W. Hüls, W. Lanser, C. Paitazoglou, M. Schröder, F. Ziegler. Untersuchung regelungstechnischer Zielstellungen für zwei baugleiche Absorptionskälteanlagen im Feldtest. In Tagungsband Deutsche Klima-Kälte-Tagung, Hannover, November 2013.
- [7] W. Lanser, J. Albers, W. Hüls, C. Paitazoglou, S. Hunt, S. Petersen. Systemintegration von Absorptionskälte: Erste Betriebserfahrungen aus einem Feldtest für KWKK-Systeme. Tagungsband Deutsche Klima-Kälte-Tagung, Dresden, November 2015.
- [8] DIN EN 1434-2. Wärmehähler - Teil 2: Anforderungen an die Konstruktion, 2007.
- [9] Technische Richtlinien: Messgeräte für thermische Energie, K8 Auswahl und Einbau von Temperaturfühlern für Messgeräte thermischer Energie (Wärme- und Kältezähler). Physikalisch Technische Bundesanstalt, 11 2012.
- [10] Technische Richtlinien: Messgeräte für thermische Energie, K9 Inbetriebnahme von Wärme- und Kältezählern. Physikalisch Technische Bundesanstalt, 11 2012.
- [11] C. Paitazogou, S. Petersen, M. Schröder, J. Albers. Betriebsauswertung von Absorptionskälteanlagen im kleinen Leistungsbereich - Konzepte von zwei Feldtestinstallationen. *Euro Heat & Power*, 11 (2016): 16-21.
- [12] C. Paitazogou, S. Petersen, M. Schröder, J. Albers. Betriebsauswertung von Absorptionskälteanlagen im kleinen Leistungsbereich - Energieeffizienz von KWKK-Systemen. *Euro Heat & Power*, 12 (2016), 20-25.
- [13] C. Hennrich, R. Graf, S. Petersen. Absorptionskälteanlagen am Fernwärmehücklauf Betriebsergebnisse aus dem FAKS-Projekt. In Tagungsband Deutsche Klima-Kälte-Tagung, Kassel, November 2016.
- [14] C. Paitazoglou, F. Ziegler. Primärenergetische Systemanalyse - Teil 1: Systematik zur Beschreibung der Primärenergieeffizienzerhöhung. *BWK*, 2013 (6): 40-46.
- [15] Christopher Paitazoglou, Felix Ziegler. Primärenergetische Systemanalyse - Teil 2: Sensitivitätsanalyse und Anwendung. *BWK*, 2013 (7/8): 43-49.

Druckhaltung mit System im Heizwerk „Im Grund“

Das Heizwerk „Im Grund“ sollte nach über einem halben Jahrhundert technisch erneuert werden. Die Umstellung im laufenden Heizwerkbetrieb stellte Auftraggeber, Hersteller und Anlagenbauer vor große Herausforderungen.



Fritz Burkhardt,
Leiter
Technik - Planung,
Stadtwerke Böblingen
GmbH & Co. KG



Alexander Kessler,
Projektleiter
Industrietechnik,
Sülzle Kopf
Gebäudetechnik
GmbH

Seit Mitte der 1960er-Jahre versorgt das rund 20 Kilometer südwestlich von Stuttgart gelegene Böblinger Heizwerk „Im Grund“ Häuser in den angrenzenden Wohngebieten mit Fernwärme. Eine Feuerungswärmeleistung von 49 MW sorgt für wohlthuende Wärme in den Gebäuden. Das Heizwerk besteht aus fünf Heißwasser-Großbraunkesselanlagen, ausgelegt für eine Vorlauftemperatur bis 130 °C. Das Fernwärmenetz hat eine Trassenlänge von rund 43 Kilometern und einen Gesamtwasserinhalt mit Kesselanlagen von etwa 1.230 Kubikmetern. Eine besondere Herausforderung besteht für die Druckhaltepumpen: Sie müssen einen Systemdruck von 7,0 bar(ü) aufbauen und konstant halten. Bei Druckabweichungen von +/- 0,20 bar wird das Netzwasser bei steigendem Druck in die Ausgleichsbehälter überspeist und bei fallendem Druck über die Druckhaltepumpen in das Fernwärme-Netz eingespeist.

Nach über einem halben Jahrhundert standen im Jahr 2015 die Zeichen auf technische Erneuerung - zumal die alte Druckhalteanlage damals „offen“ konzipiert wurde. Das

bedeutet: Sie ist offen gegen die Atmosphäre. Die Regelventile und die vier Nachspeisepumpen hatten die Nutzungsdauer weit überschritten. Außerdem war nur eine der Pumpen drehzahl geregelt. Der kosten- und personalintensive Wartungsaufwand wurde zu hoch. Zudem waren die Behälter für die Ausgleichsvolumen zu klein bemessen; Druckhaltung und Entgasung mussten auf den neuesten Stand gebracht werden.

Aufwändige Deinstallationen um Platz zu schaffen

Eine neue Druckhalteanlage mit Leistungsreserven auf heutigem technischen Standard sollte errichtet werden, um im Heizwerk „Im Grund“ auch zukünftig den vorgesehenen Anlagenerweiterungen auf der Erzeuger- und auf der Abnehmerseite gerecht zu werden und die Versorgung der Menschen in der Region dauerhaft zu gewährleisten.

Dazu galt es, zunächst Platz zu schaffen. Ein Heizöltank mit 300.000 Litern Fassungsvermögen musste fachgerecht demontiert und entsorgt werden. Die Sanierung ging danach Schritt für Schritt weiter: ein neuer

Fußboden, eine neue Fassade, diverse Durchbrüche. Dennoch blieb der Wirkungskreis begrenzt. Auf kleinstem Raum mussten alle Armaturen und Bauteile so angeordnet werden, dass sie noch bestmöglich bedien- und revisionierbar sind. Um das zu realisieren, wurde eine Druckhaltung im Verbundbetrieb mit vier Pumpen (je 15 m³/h) und vier Überströmern konzipiert. Eine Nachspeisestation mit zwei Pumpen (je 20 m³/h), eine Sonderentgasung (12 m³/h) und die Steuerung S7 mit TP 1500 komplettierten das System.

Reibungslose Umstellung und zufriedener Betreiber

Während des laufenden Heizwerkbetriebs wurde die neue Druckhalteanlage durch die Firma Sülzle Kopf Gebäudetechnik GmbH in den Bestand eingebunden. Gleiches galt für die Aufschaltung auf die zentrale Leittechnik der Stadtwerke Böblingen sowie die sicherheitstechnische Einbindung in die Bestandsanlage.

Vom ersten Tag an lief die Umstellung reibungslos. Dem 14-tägigen Probetrieb schloss sich im Sommer 2016 die offizielle



Die neue Druckhalteanlage des Heizwerks „Im Grund“

Foto: Reflex Winkelmann GmbH

Inbetriebnahme an. Anfang August 2016 wurde die Altanlage demontiert.

Eine erste größere Bewährungsprobe hat die neue Druckhaltung gleich bestanden: Aufgrund einer Leckage im Fernwärme-Netz gab es mehr als 15 m³ Wasserverlust am Tag – die neue Anlage konnte dies problemlos abdecken.

Fazit

Die gute Zusammenarbeit von Auftraggeber, Hersteller und Anlagenbauer hat dazu geführt, dass die Umstellung während des laufenden Heizwerkbetriebs erfolgreich durchgeführt werden konnte. Im Vergleich zum vorherigen System wurde der Wartungsaufwand um mehr als 60% reduziert. Und die neuen drehzahlgeregelten Pumpen haben den Stromverbrauch deutlich gesenkt. ◀

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.**



Neugierig geworden?
Hier erfahren Sie mehr:



Herstellerverband Raumlufotechnische Geräte e.V.
Danziger Straße 20 • 74321 Bietigheim-Bissingen
info@rlt-geraete.de • www.rlt-geraete.de



Mensa des Studentenwerks Leipzig

Foto: Wolf GmbH

Hocheffiziente Wärmerückgewinnung am Beispiel einer Mensa des Studentenwerks Leipzig

Die verschiedenen Gesetze zur effizienten Verwendung von Energie haben einen Trend zur hocheffizienten Wärmerückgewinnung begründet. Manchmal kann eine hocheffiziente Wärmerückgewinnung sogar den Heizkessel bzw. den Anschluss an das Fernwärmenetz ersparen, wie das folgende Beispiel zeigt.



Dipl.-Ing.
Lutz Krischausky,
Leiter Verbände- und
Normungsarbeit,
Wolf GmbH, Mainburg

Eine kleinere Mensa mit Küche des Studentenwerks Leipzig war zu belüften, dafür wurden 5.000 m³/h Außenluft benötigt. Ein Gas- bzw. Fernwärmeanschluss war nicht vorhanden, da die Mensa in ein bestehendes, vorher anders genutztes Gebäude eingebaut wurde. So entstand die Idee, die in der Küche reichlich anfallende Wärme so hocheffizient

zurückzugewinnen, dass eine Erwärmung der Zuluft im Normalfall nicht erforderlich ist.

Für den Arbeitsbeginn in der Küche, wenn der Wärmeanfall noch gering ist, wurde ein Elektroheizregister in das Zuluftgerät eingebaut. Laut Betreiber war dies im Winter 2015/16 nur wenige Stunden in Betrieb. Überhaupt zeigte sich der Betreiber von dem Konzept überzeugt und ist mit dem sparsamen Betrieb hoch zufrieden. Auch die Investitionskosten waren günstig, musste doch ein wegen großer Entfernungen teurer Gas- bzw. Fernwärme-Anschluss nicht realisiert werden.

Eine solche Lösung war möglich, da heute alle drei Verfahren der Wärmerückgewinnung, Plattenwärmetauscher (PWT), Rotationswärmetauscher (RWT) und Kreislaufverbundsystem (KVS) so verbessert worden

sind, dass sie nicht nur die EnEV-Anforderungen seit 1. Januar 2016, sondern auch die verschärften Vorgaben ab 2018 erfüllen können.

Darüber hinaus sorgen modernste Regelungskonzepte dafür, dass physikalisch bedingte Nachteile bei den einzelnen Verfahren minimiert werden. So wird die unerwünschte Reifbildung an PWT und KVS bei Außentemperaturen unter Null zu einer gut beherrschbaren Erscheinung. Die Wärmerückgewinnung wird bei diesen Betriebszuständen nur so weit wie wirklich nötig gedrosselt bzw. der Bypass zur Umgehung nur so viel und so lange wie nötig geöffnet. Dafür sorgen optimal angeordnete Temperaturfühler sowie ausgeklügelte Regelalgorithmen. Die früher bei RWT sehr störenden Undichtheiten an den Abdichtungen des Wärmerades konnten durch die neuartige Labyrinth-Dichtung auf

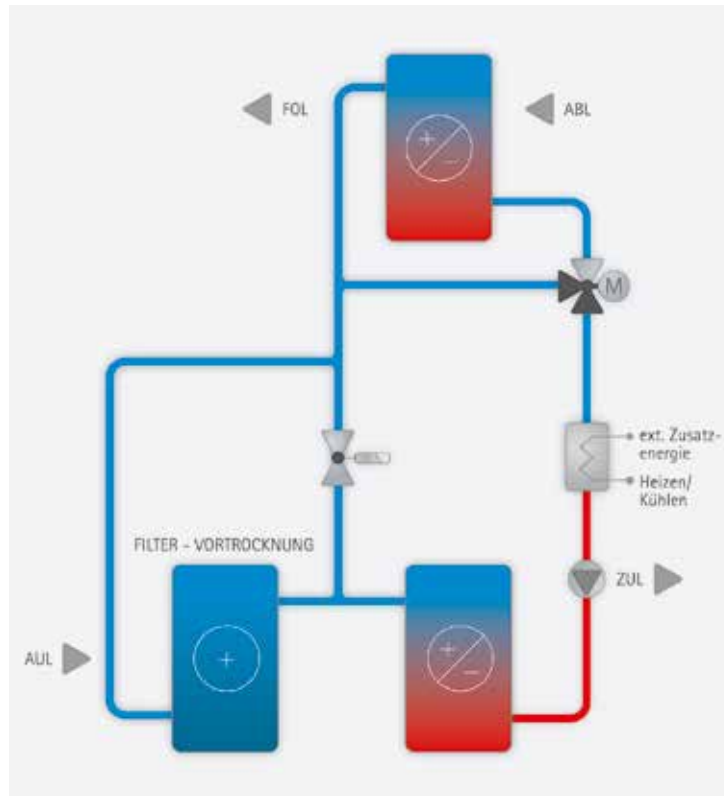


2% reduziert werden – und das selbst bei hohen Differenzdrücken.

Besonderheiten des Kreislaufverbundsystems

Beim Kreislaufverbundsystem (KVS) ist das richtige Verhältnis der Wärmekapazitätsströme von Sole zu Luft entscheidend. Das Verhältnis muss nahe 1 sein. Diagramm 1 zeigt die Abhängigkeit der zurückgewonnenen Wärmeleistung von dem Verhältnis des Wärmekapazitätsstroms der umlaufenden Sole zu dem Wärmekapazitätsstrom der Luft für ein Hochleistungs-Kreislaufverbundsystem.

Zu erkennen ist auch, dass die zusätzliche Einkopplung von Wärme in den Solekreislauf die rückgewonnene Leistung reduziert. Es sollte also jeweils im Einzelfall abgewogen werden, ob eine Wärme- bzw. Kälteeinkopplung oder ein klassisches Heiz- bzw. Kühlregister zum Erreichen der Zuluftsoltemperatur eingesetzt wird. Steht Abfallwärme zur Verfügung, ist Einkopplung eine Option. Wird die Luftmenge bedarfsgerecht heruntergefahren, so muss auch der Soleumlauf kontinuierlich angepasst werden. Dazu ist es unabdingbar, dass der Solevolumenstrom genau gemessen wird. Dafür wird eine präzise Durchflussmessung anhand magnetisch-induktiver Sensoren eingesetzt. Der Solestrom wird dann mit einer drehzahlregulierten Hocheffizienzpumpe optimal geregelt. Billige Hydraulikeinheiten verzichten auf solche hochwertigen Komponenten. Die Folge ist dann oft, dass es bei Luftmengenveränderung einen Einbruch bei der Effizienz des KVS gibt.



Kreislaufverbundsystem
Grafik: Wolf GmbH

Eigenschaften der WRG-Systeme

Bereits erzeugte, vorhandene Wärme, Feuchte und Kälte technisch und effizient zu nutzen, ist durch den Einsatz individuell berechneter und auf den Bedarf abgestimmter Energierückgewinnungssysteme möglich. Dadurch wird der Einsatz von Primärenergie nachhaltig reduziert, Treibhausgase werden verhindert und die Amortisationszeit der

Anlage wird positiv beeinflusst. In vielen nationalen und internationalen Normen und Vorschriften ist der Einsatz von Energierückgewinnungssystemen zwingend vorgeschrieben und muss nachgewiesen werden.

Vorteile der Wärmerückgewinnung sind:

- die Reduzierung der Betriebskosten,
- die Optimierung der Amortisation (ROI),
- die Reduzierung des Primärenergiebedarfs,
- die Reduzierung der notwendigen installierten Leistung für Heizen, Befeuchten, Kühlen,
- die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes,
- die Einhaltung von Forderungen, Vorschriften und Gesetzen,
- hygienisch und energetisch geprüfte und zertifizierte Systeme und
- ein möglicher Wirkungsgrad bis über 90%.

Für die Wahl des optimalen Systems sind neben baulichen Gegebenheiten und energetischen Vorgaben auch projekt- und betriebsspezifische Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Kreislaufverbundsystem:

- Absolut getrennte Außen- und Abluftströme,
- Keine Feuchte- und Geruchsübertragung,
- Energieübertragung durch geschlossenen Mediumskreis,

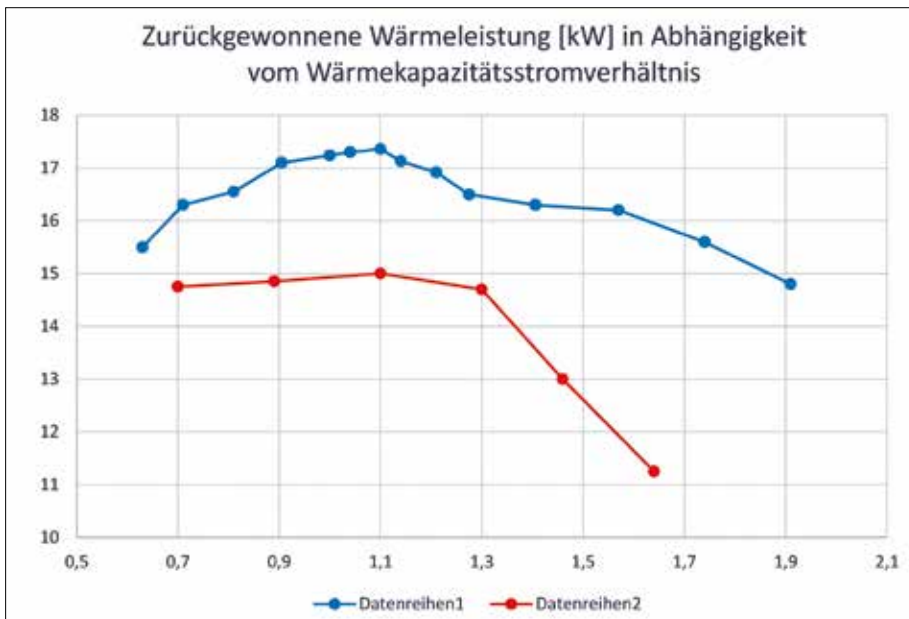
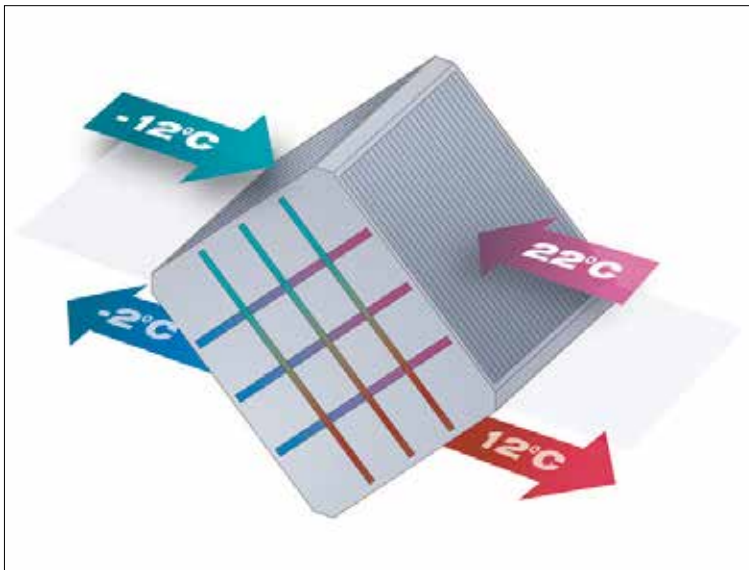


Diagramm 1: Zurückgewonnene Wärmeleistung [kW] in Abhängigkeit vom Wärmekapazitätsstromverhältnis
Grafik: Wolf GmbH

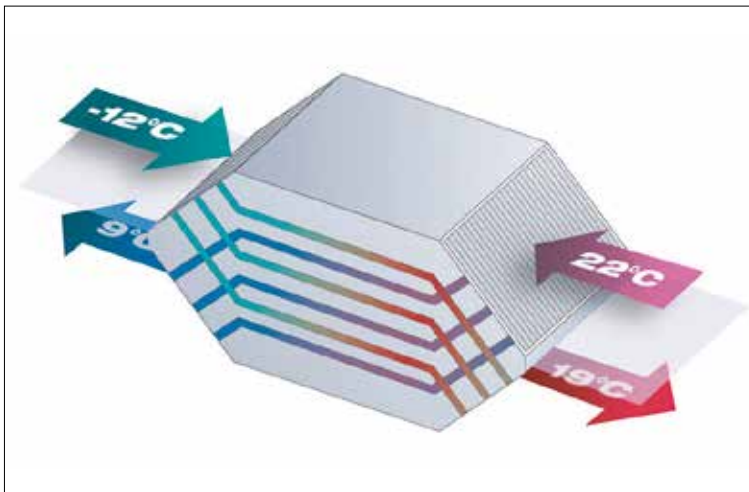


Schema
Kreuzstrom-
Plattenwärme-
tauscher
Grafik:
Wolf GmbH

- Stufenlose Leistungsregelung durch optimierte Hydraulik und Regelungstechnik,
- Mögliche Mehrfachnutzung durch Einspeisung von Wärme und Kälte,
- Geringe Einbaulänge,
- Für adiabate Kühlung einsetzbar,
- Ausführung der Register in Aluminium, Kupfer, mit Beschichtung, Edelstahl oder Kunststoff,
- Sehr variable Einsatzmöglichkeit, da Wärmetauscher in Bau- und Materialausführung den Projektanforderungen individuell angepasst werden kann,
- Optimal zur Nachrüstung bei Bestandsanlagen geeignet.

Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher:

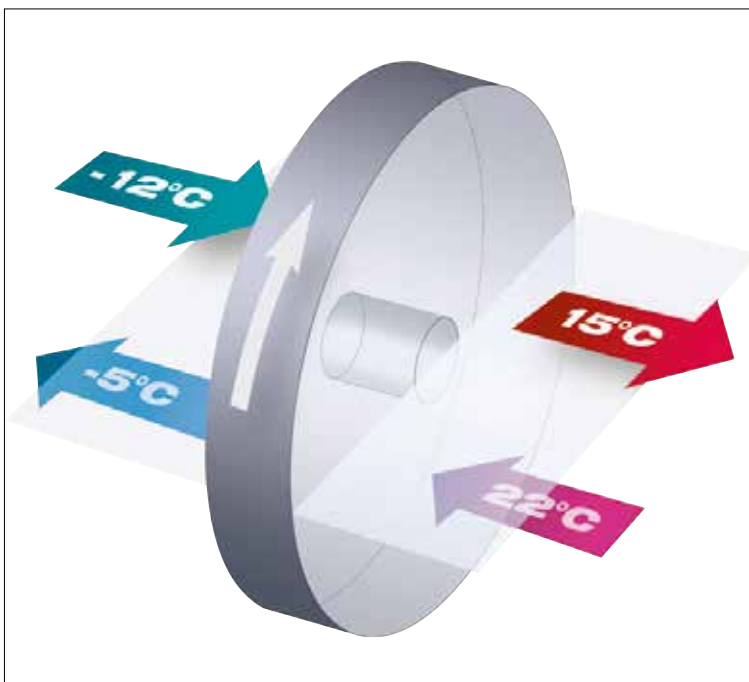
- Keine Feuchte- und Geruchsübertragung,
- Stufenlose Leistungsregelung über Bypass,
- Ausfallsicher und wartungsarm, da keine mechanisch bewegten Teile,
- Für adiabate Kühlung einsetzbar,
- Integrierte Umluft möglich,
- Kompakte Bauweise,
- Ausführung in Aluminium, Aluminium beschichtet, Edelstahl und Kunststoff,
- Hohe Dichtigkeit,
- Hygienisch unbedenklich,
- Optional mit Feuchterückgewinnung (spezielles Plattenmaterial).



Schema
Gegenstrom-
Plattenwärme-
tauscher
Grafik: Wolf
GmbH

Gegenstrom-Plattenwärmetauscher:

- Keine Feuchte- und Geruchsübertragung,
- Stufenlose Leistungsregelung über Bypass,
- Ausfallsicher und wartungsarm, da keine mechanisch bewegten Teile,
- Für adiabate Kühlung einsetzbar,
- Kompakte Bauweise,
- Ausführung in Aluminium und Aluminium beschichtet, für Wohnungslüftungsgeräte auch aus Kunststoff,
- Hohe Dichtigkeit,
- Hygienisch unbedenklich,
- Optional mit Feuchterückgewinnung (spezielles Plattenmaterial).



Schema
Rotations-
wärmetauscher
Grafik: Wolf
GmbH

Rotationswärmetauscher:

- Feuchterückgewinnung möglich,
- Stufenlose Leistungsregelung über Rotationsdrehzahl,
- Geringer Druckverlust,
- Platzsparender Geräteeinbau auch bei großen Volumenströmen,
- Selbstreinigungseffekt durch Betriebsweise,
- Wartung für Antrieb und Dichtung erforderlich,
- Ausführung in Aluminium und Aluminium beschichtet,
- 3 Ausführungen möglich: Kondensationsrotor, Enthalpiorotor oder Sorptionsrotor (höchste Feuchterückgewinnung). ◀



Ihr Projekt ist unsere Verantwortung: Building Services von ENGIE.

Als einer der größten technischen Gebäudeausrüster Deutschlands fühlen wir uns dort zu Hause, wo Neues entsteht, und wissen, worauf es ankommt: auf Termintreue und Kostentransparenz, auf Qualität und das Know-how für eine gewerkeübergreifende Integration und Steuerung.

Unsere Anlagen sorgen zuverlässig für Wärme und Kühlung, für gutes Klima, für die Versorgung mit Wasser und Elektrizität sowie für Sicherheit. Und unsere Spezialisten sorgen mit Erfahrung und Herzblut dafür, dass Ihr Projekt ein Erfolg wird.

Unser Herz schlägt für Technik – seit über 100 Jahren: **ENGIE Building Services.**

Warmwasser - bereit?

Planung von Trinkwassererwärmern im Umbruch

Haben Sie auch das Gefühl, dass die meisten Warmwasserbereiter zwei Nummern zu groß sind? Oder haben Sie alles nach Lehrbuch ausgelegt und es gab hinterher doch böse Überraschungen? Dieser Artikel geht auf Spurensuche mit Negativbeispielen aus der Praxis und zeigt Schwächen der Auslegung nach NL-Zahl in DIN 4708. Doch auch das heiß gehandelte Summenlinienverfahren, welches Grundlage der zukünftigen Norm DIN EN 12831 - Teil 3 ist, hat Grenzen. Kann Simulationssoftware eine Lösung bieten?



Dipl.-Ing.
Heiko Heitefuss,
Mitglied für den BTGA
im DIN-Ausschuss
NA 041-01-58-06 AK

Böse Überraschungen in der Praxis

Warmwasserbereiter sind oft die Ursache vielfältiger Probleme, die meist unterschätzt, verkannt oder verdrängt werden. Dabei können selbst vermeintlich korrekt dimensionierte Trinkwassererwärmer erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Die folgenden Negativbeispiele sind ein kleiner Auszug aus der eigenen Planungspraxis.

Das erste Beispiel ist eine Wohnanlage mit zwei Blöcken und insgesamt 200 Wohnungen. Hier wurden im Jahr 2009 die Heizzentrale und eine Unterstation erneuert. Dies umfasste einen Gasbrennwert-Kessel und zwei Speicherladesysteme mit je 750 Litern. Die Planung der Trinkwassererwärmer erfolgte von unserem Büro gemeinsam mit dem Kesselhersteller nach DIN 4708. Kurz vor Ablauf der Gewährleistung kam es zu einem totalen Kesselschaden durch Korrosion der Abgasseite. Der Schaden lag bei etwa 25.000 Euro.

Was war die Ursache? Die rechnerisch und durch Messung ermittelten Wärmeverluste der Warmwasser- und Zirkulationsleitungen betragen je Block 15 - 20 kW. Die 750 Liter Ladespeicher kühlen allein durch den Zustrom der Zirkulation innerhalb von ca. 15 Minuten von 60° Solltemperatur auf 55° ab. Aus hygienischen Gründen muss zu diesem Zeitpunkt die Nachladung beginnen. Am Brenner wurden knapp 32.000 Brennerstarts pro Jahr ausgelesen, was laut Herstel-

ler infolge der häufigen thermischen Spannungen zum Schaden geführt hat.

Mittlerweile hat der Hersteller für seine Stahlkessel die Betriebs- und Gewährleistungsbedingungen um die Forderung nach max. 15.000 Brennerstarts pro Jahr ergänzt. Es bleibt die Frage, wie die Anzahl der Starts vorab berechnet werden kann? Häufig wird man bei Planern, Handwerkern und Herstellern wohl nur Achselzucken als Antwort ernten.

Ein anderes Beispiel: Das zweite Obergeschoss eines kleinen Mehrfamilienhauses wurde im Jahr 2008 saniert. Dabei wurden zwei Wohnungen zusammengelegt und es gibt zwei entfernt liegende Bäder. Rohrleitungen und Warmwasserspeicher wurden erneuert. Der neue Speicher versorgt nur das zweite Obergeschoss und befindet sich in der Heizzentrale im Keller. Über einen Wasserzähler im Kaltwasserzulauf und einen Wärmemengenzähler in der Heizungsleitung zum Warmwasserspeicher werden sowohl Wärmebedarf als auch Wärmeverbrauch ermittelt.

Für die Erwärmung des Warmwassers der vierköpfigen Familie werden eigentlich nur etwa 3.000 kWh/Jahr benötigt. Der Wärmeverbrauch liegt aber bei etwa 13.000 kWh/Jahr. Trotz sehr guter Dämmung gibt es 75% Wärmeverluste durch das relativ lange Rohrnetz. Die jährlichen Mehrkosten für Gas betragen etwa 600 Euro und entsprechen damit dem gesamten Gasverbrauch eines neuen Einfamilienhauses. Fast jede andere Lösung wäre energetisch, ökologisch und preislich günstiger gewesen, beispielsweise der Einbau von Elektro-Durchlauferhitzern.

Das dritte Beispiel ist eine Schulsporthalle. Im Jahr 2015 war die Erneuerung eines alten 2.000-Liter-Speichers geplant. Unser Büro sollte im Vorfeld den Wasserverbrauch (60°) über einen Monat messen und den neuen Speicher auslegen. Die schlimmsten Befürchtungen wurden bei der Messung

übertroffen: Der Tagesverbrauch lag im Mittel bei nur 50 Litern bzw. max. 111 Liter/Tag, weil die Halle neben dem Schulsport fast nur von Kindersportvereinen benutzt wird. Der Wasseraustausch im alten Speicher dauert 40 Tage und liegt damit 13-fach über dem zulässigen Grenzwert der VDI 6023 für einen bestimmungsgemäßen Betrieb. Bei dieser Größenordnung sind nicht nur Schlammablagerungen im Speicher und Wachstumszeiten für Mikroorganismen Themen, sondern auch das Anreichern von Metallen aus Speicher und Rohrwandung im Trinkwasser.

Alle drei Beispiele zeigen: Die richtige Planung ist viel mehr als nur eine einfache Größenbestimmung. Sie muss wichtige Kriterien berücksichtigen, beispielsweise das Taktverhalten des Wärmeerzeugers. Auch eine intensive Betrachtung der Trinkwasserhygiene nach VDI 6023 ist unverzichtbar.

DIN 4708 - NL-Zahl versus Realität!

Das Anwendungsgebiet der DIN 4708 sind Wohngebäude und wohnähnliche Nutzungen. Die DIN 4708 erschien erstmals im Jahr 1979. Die statistischen Vorarbeiten reichen vermutlich bis in die 1960er-Jahre zurück. Der Wärmewasserverbrauch wird im so genannten Bedarfszeitraum als Gaußkurve angenommen. Die Spitze wird dabei durch Überlagerung mit einer zweiten Kurve nochmals angehoben. Die Form der Gaußkurve ändert sich in Abhängigkeit der Anzahl an Einheitswohnungen N (3,5 Pers., 1 Badewanne). Aus den tatsächlich vorhandenen Wohnungen errechnet der Planende über die Raumanzahl, die Personenbelegung und die Ausstattung der Sanitärräume das Äquivalent an Einheitswohnungen.

Im Prüflabor werden die Warmwasserbereiter bei ihrer jeweiligen NL-Zahl getestet. Die NL-Zahl ist das Laborgegenstück zur N-Zahl. Aus der jeweiligen Gaußkurve wird ein Zapfprofil mit fünf Zapfungen abgeleitet, welches im Labor nachgefahren wird. Die



Prüfung wird meist bei 80 ° Vorlauf, 45 ° Warmwasser an der Mischarmatur (z. B. Zapfstelle mit thermostatischem Mischer), 10 ° Kaltwasser und 60 ° Warmwasser im Speicher bei Versuchsbeginn durchgeführt. Der Versuch gilt als bestanden, wenn die 45 ° an der Mischarmatur bei Versuchsende noch eingehalten werden. Was auf den Produktunterlagen eines Warmwasserbereiters steht, ist also im Labor nachgeprüft worden.

Das Anwendungsgebiet der DIN 4708 ist stark begrenzt: Es fehlen beispielsweise Prüfvorschriften für Frischwasserstationen mit Heizungspufferspeichern oder Warmwasserbereiter, die von Wärmepumpen auf niedrigem Temperaturniveau beheizt werden.

Außerdem ist die DIN 4708 grundsätzlich nicht empfehlenswert bei Holzkesseln. Diese benötigen bei einem Kaltstart nach eigenen Recherchen erst einmal 20 bis 60 Minuten, um selbst die ausreichende Temperatur zu erreichen. Diese Reaktionszeit des vorgelagerten Heizungssystems muss vom Speicher überbrückt werden können. Das wird bei den Laborprüfungen nach DIN 4708 aber nicht untersucht.

Ein offenes Geheimnis in der Fachwelt ist zudem die systematische und teilweise erhebliche Überdimensionierung durch die DIN 4708, weshalb ja auch die DIN EN 12831-3 entwickelt wurde. Hierzu zwei Beispiele, gewissermaßen ein „Realitätsschock“ für das eher theoretische Gaußmodell (siehe Abbildung 1):

In dieser Grafik ist das gemessene Zapfprofil des stärksten Tages einer Langzeitmessung (rosa) eines typischen Mehrfamilienhauses dem Zapfprofil der entsprechenden NL-Zahl (hellblau) gegenübergestellt. Zusätzlich sind die Summenlinien dargestellt (Messung = rot, NL-Zahl = dunkelblau). Alle Werte sind auf 10 °/60 ° bezogen.

Auffällig und unrealistisch ist der rasante Anstieg der NL-Summenkurve. Aufgrund der Stauchung auf ca. 5,5 Stunden, ist die Zehn-Minuten-Spitzenzapfung nach DIN 4708 rund 40 % stärker als die höchste gemessene Ein-Minuten-Zapfung. Der gemessene Tagesverbrauch liegt dabei sogar ca. 20 % höher als nach NL-Zahl. Anders gesagt: In Wirklichkeit verteilen sich die Zapfungen viel stärker über den Tag und überlagern sich auch weniger. Die Spitze nach DIN 4708 ist intensiver und länger als in der Realität.

Im zweiten Beispiel geht in die Ermittlung der Einheitswohnungen N nach Gleichung 1 die Personenbelegung p der Wohnungen n ein.

$$\text{Gleichung 1: } N = \frac{\sum(n \cdot p \cdot \sum w_v)}{3,5 \cdot 5820}$$

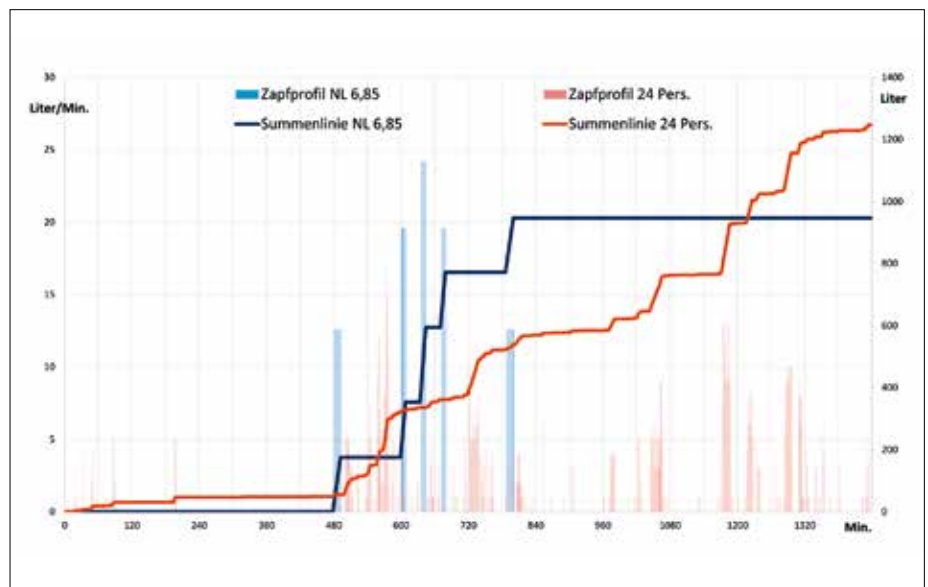


Abbildung 1: Gegenüberstellung WW-Verbrauch NL-Zahl zu Messung

Grafik: h4plan GmbH

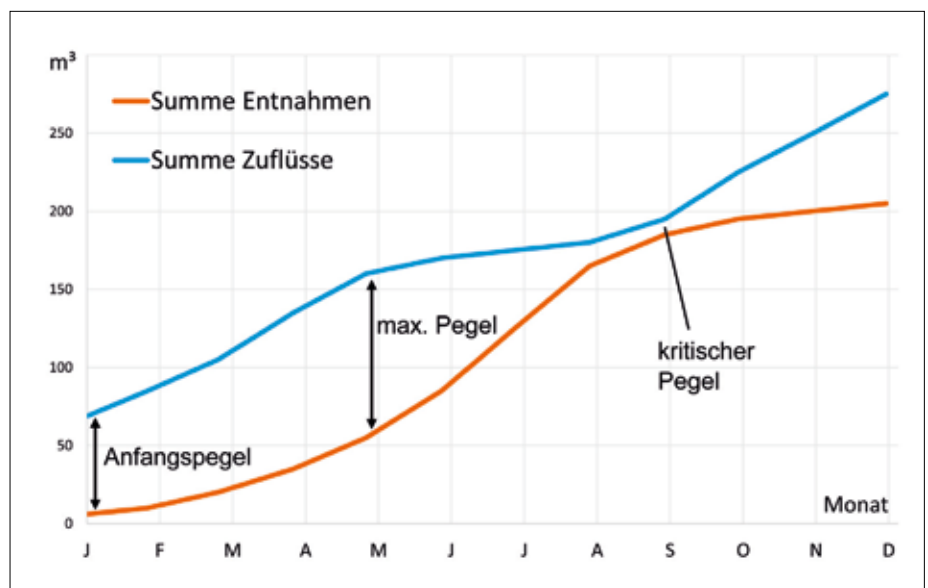


Abbildung 2: Beispiel für Summenlinienverfahren bei Talsperre

Grafik: h4plan GmbH

Die in der Norm hinterlegten Standardwerte für die Belegung p haben sich aber seit Jahrzehnten nicht verändert, obwohl sich Wohnungszuschnitt und Wohnflächen je Person deutlich geändert haben: Laut Statistischem Bundesamt lag die Wohnfläche Ende der 1970er-Jahre bei ca. 29 m²/Person, im Jahr 2011 lag sie bereits bei ca. 43 m²/Person. Die ermittelten N-Zahlen sind also im statistischen Mittel etwa 50 % zu groß.

Die aufgeführten Beispiele zeigen: Die DIN 4708 ist veraltet, gilt nur für Wohngebäude, führt häufig zu massiver Überdimensionierung und ist bei Holzkesseln oder Wärmepumpen nicht sinnvoll einsetzbar.

DIN EN 12831 (Teil 3) – Grundprinzip und Kritik

Vom Anspruch her soll die DIN EN 12831 – Teil 3 (Entwurf 2014) die Schwächen der alten DIN 4708 überwinden und ein zukunftsweisendes Rechenverfahren liefern. Die Norm ist grundsätzlich offen für alle Arten von Gebäuden oder Trinkwassererwärmern. Das Prinzip des Summenlinienverfahrens ist auch tatsächlich sehr einfach und erscheint daher zunächst plausibel für diesen Anwendungsfall. Der Teufel liegt wie so häufig im Detail.

Als ursprünglich grafisches Verfahren wird das Summenlinienverfahren zur Aus-

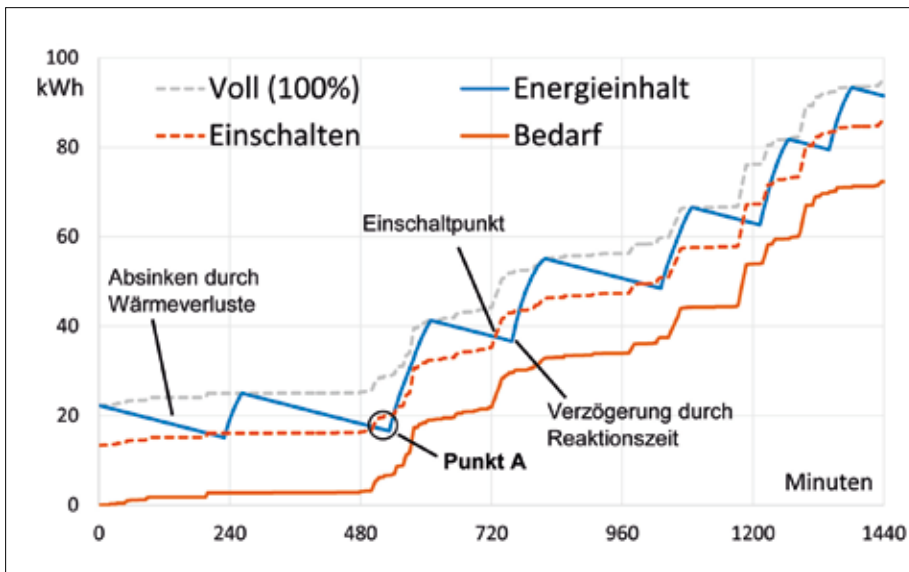


Abbildung 3: Erläuterungen zum Summenlinienverfahren nach DIN EN 12831-3

Grafik: h4plan GmbH

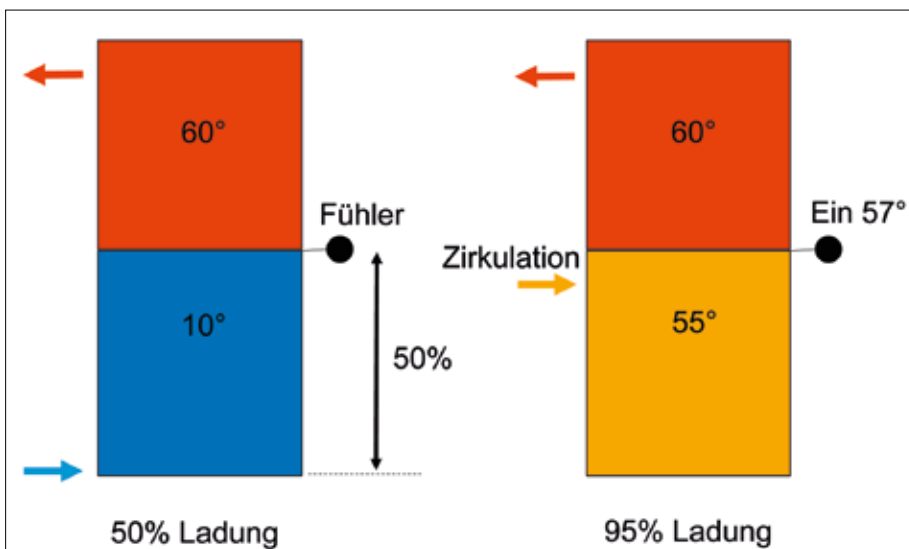


Abbildung 4: Ladestand mit und ohne Zirkulation bei Ladebeginn

Grafik: h4plan GmbH

legung von Speichern aller Art seit Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt. Es basiert auf der statistischen Auswertung von Zustrom und Abstrom bzw. der Entnahme über einen Zeitraum. Am einfachsten ist das Grundprinzip anhand einer Talsperre im mediterranen Gebiet zu erklären: Der Zustrom ist im Frühjahr besonders groß, während die Entnahme wegen Bewässerung im Sommer am stärksten ist. Zu- und Abflüsse werden jeweils aufsummiert und als Summenlinien übereinander für den betrachteten Zeitraum dargestellt. Der Anfangsinhalt des Speichers als Fußpunkt der Zufluss-Summenlinien geben den zeitlichen Verlauf des Füllstandes an. Wenn sich beide Linien treffen, ist die Talsperre trocken gefallen und der

Bedarf kann nicht mehr gedeckt werden, das heißt, die Talsperre wäre zu klein. Der höchste Pegel stellt die Mindestgröße der Talsperre dar (siehe Abbildung 2).

Das Verfahren nach DIN EN 12831-3 ist ein modifiziertes Summenlinienverfahren und basiert auf Muster-Zapfprofilen, die an realen Gebäuden gemessen werden sollen. Für eine vorgegebene Kombination aus Speicherinhalt und Dauerleistung wird die Eignung nachgewiesen oder verworfen. In Abbildung 3 wird das Verfahren erläutert. Aus dem Zapfprofil wird die Bedarfskurve ermittelt. Bedarf (braun), Inhalt und Wärmezufuhr (blau) beim Nachladen des Speichers werden als Energie [kWh] dargestellt. Die Differenz der beiden Kurven stellt den aktuellen Energieinhalt bzw. Ladestand dar. Die

Umrechnung von Volumen zu Energie erfolgt über die Gleichungen 2 und 3. Bei trinkwasserführenden Speichern ergibt sich die Solltemperatur des Speichers aus der Warmwassertemperatur, bei Heizungspufferspeichern aus der Vorlauftemperatur.

Gleichung 2:

$$Q_{\text{Bedarf}} = V_{\text{Warmwasser}} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{\text{Warmwasser}} - T_{\text{Kaltwasser}})$$

Gleichung 3:

$$Q_{\text{Speicher}} = V_{\text{Speicher}} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{\text{Speicher}} - T_{\text{Kaltwasser}})$$

Zusätzlich sind Einflüsse wie Wärmeverluste des Rohrnetzes und Reaktionszeit berücksichtigt. Außerdem ist der 100-Prozent-Ladestand als (graue) Obergrenze eingezeichnet. Die (rote) Einschaltkurve ist eine Parallelverschiebung der Bedarfskurve anhand geometrischer Überlegungen zur Fühlerhöhe. Liegt der Fühler beispielsweise auf 40% der Höhe, wird die Ladung ausgelöst, wenn 40% der Energie verbraucht sind.

Positiv sind die Verwendung von gemessenen Zapfprofilen sowie die Berücksichtigung von Wärmeverlusten und Reaktionszeit. Bei genauer Betrachtung fallen allerdings viele Schwächen auf, von denen einige hier genannt seien:

Es gibt beispielsweise derzeit noch keine dem Autor bekannten Zapfprofile in Ein-Minuten-Auflösung, die frei verfügbar sind oder gar in den offiziellen DIN-Kanon aufgenommen wurden. Eigene Messungen einer Vielzahl von Wohn- und Nichtwohngebäuden haben zudem ergeben, dass stärkster Tag, stärkste Stunde und stärkste Minute selten auf einen gemeinsamen Tag fallen. Daher ist die Verwendung einzelner Mustertage statistisch fragwürdig. Je nach System sind unterschiedliche Tage relevant: Für Frischwasserstationen sollte die Auslegung für die stärkste Minute erfolgen. Der zugehörige Heizungspufferspeicher, der vielleicht von einem vergleichsweise kleinen BHKW versorgt wird, ist dagegen auf den stärksten Tag auszulegen. Und für normale Warmwasserspeicher wird tendenziell die stärkste Stunde wichtig sein.

Der wichtigste Kritikpunkt ist, dass der Energieinhalt des Speichers nach Gleichung 3 lediglich Rückschlüsse auf die mittlere Temperatur im Speicher zulässt. Die Temperaturverteilung im Speicher ist bei Gebäuden mit Zirkulation nicht bekannt. Die Einschaltpunkte für die Nachladung werden daher nicht korrekt ermittelt.

Die Ladung wird in der Realität ausgelöst, wenn die Einschalttemperatur am Fühler unterschritten wird. Dies passiert gemäß Abbildung 4, wenn das Kaltwasser bis zum



Fühler ansteigt (links) oder wenn der Speicher durch Zirkulation zu Schwachlastzeiten abgekühlt ist (rechts). Im zweiten Fall beginnt die Ladung bereits, wenn noch 95 % der Energie im Warmwasserspeicher vorhanden ist.

Zum Vergleich ist in Abbildung 3 der Punkt A markiert, der den rechnerischen Energieinhalt eines Warmwasserspeichers bei einem Ladebeginn kurz vor einer Phase starker Zapfungen zeigt. In Wirklichkeit ist zu diesem Zeitpunkt noch eine sehr komfortable Energiemenge im Speicher vorhanden, weil viel häufiger und früher nachgeladen wurde. Je nach Fühlerposition ist bei Gebäuden mit Zirkulation nach DIN EN 12831-3 also durchaus eine Überdimensionierung von 100 % möglich.

Für Heizungspufferspeicher mit Frischwasserstationen kann das neue Verfahren bei Gebäuden mit Zirkulation sogar zur Unterdimensionierung des Speichers führen. Hier ist für Planer und Installateure der Ärger mit dem Kunden vorprogrammiert. Wo liegt die Ursache?

Die Frischwasserstation entnimmt heißen Vorlauf (z. B. 70 °) aus dem oberen Bereich des Pufferspeichers und führt abgekühlten Rücklauf in den unteren Bereich. Der Rücklauf kann dabei physikalisch nicht kälter werden, als der trinkwasserseitige Zustrom zur Frischwasserstation. Diese Temperatur hängt vom jeweils aktuellen Mischungsverhältnis aus Kaltwasserzustrom bei Zapfung (z. B. 10 °) und Zirkulation (z. B. 55 °) ab. In Schwachlastzeiten (z. B. nachmittags) füllt sich der Pufferspeicher von unten kommend mit etwa 56 ° warmem Rücklauf. Wenn die Hysterese des Einschaltfühlers unglücklich gewählt wurde und die Einschalttemperatur niedriger als 56 ° liegt, steigt diese Schicht bis zum Deckel. Ab diesem Moment tritt oben nur noch 56 ° warmes Heizungswasser aus und die Leistungsfähigkeit der Frischwasserstation sinkt deutlich. Zudem werden die hygienisch erforderlichen Warmwassertemperaturen von 60 ° bis zur nächsten Ladung bedenklich unterschritten. Nach DIN 12831-3 wäre dieser Zeitpunkt noch unkritisch und es wäre je nach Fühlerhöhe vermutlich noch keine Ladung ausgelöst worden, weil der Energieinhalt noch bei 76 % liegt.

Das Zwischenfazit lautet: Die DIN EN 12831-3 (Entwurf 2014) beinhaltet zwar einige wichtige neue Aspekte. Über den gewählten Ansatz als Summenlinienverfahren ist jedoch in der Regel die Temperaturverteilung innerhalb der Speicher unbekannt, weshalb vor allem das Regelverhalten falsch abgebildet wird. Es sind sowohl grobe Über- wie auch Unterdimensionierung möglich.

Ausblick und Fazit: Simulationen als Lösung

Wie die Praxisbeispiele und Kritikpunkte gezeigt haben, führen weder die alte DIN 4708 noch die zukünftige DIN EN 12831-3 (Entwurf 2014) zu einer technisch sicheren Planung: Bei der alten DIN 4708 sind die wirklichkeitsfernen Zapfprofile und das begrenzte Anwendungsgebiet zu kritisieren. Hauptschwäche der zukünftigen DIN EN 12831-3 ist der fehlende Einblick in die Temperaturschichtung im Speicher. Der korrekte Zeitpunkt für das Einschalten der Nachladung und die Austrittstemperaturen können nicht sicher bestimmt werden. Nach beiden Normen sind Fehlplanungen möglich.

Werden diese Aspekte zusammengefasst, ergeben sich zusätzliche Anforderungen an ein geeignetes Berechnungsverfahren zur Planung von Trinkwasser-Erwärmern:

- Ermittlung der Brennerstarts zur Vermeidung von Kesselschäden,
- Überblick über Wärmeverluste und Wärmebedarf für Warmwasser,
- Wasseraustausch nach VDI 6023 - Trinkwasserhygiene,
- reale Zapfprofile über mindestens 21 Tage für eine hohe statistische Aussagekraft,
- Modellierung der Temperaturschichten in Speichern für eine realitätsnahe Darstellung von Regelung und Austrittstemperaturen.

Hierzu ist Simulationssoftware erforderlich, beispielsweise THERMASIM des Ingenieurbüros h4plan GmbH. Das Programm simu-

liert die wesentlichen dynamischen Prozesse in Speichern und Wärmetauschern und eignet sich für Warmwasserspeicher, Speicherladesysteme und Frischwasserstationen mit Heizungspufferspeicher. Die Animation des Speichers sorgt für eine gute Nachvollziehbarkeit (Abbildung 5).

Für eine hohe Genauigkeit können individuell gemessene Zapfprofile eingelesen werden. Viele Gebäudetypen und unterschiedliche Größen sind als Langzeit-Zapfprofil bereits eingearbeitet. Außerdem kann der Anwender NL-Zapfprofile nach DIN 4708 auswählen, um Kontroll- oder Vergleichsrechnungen zu erstellen. Hier zwei Berechnungsbeispiele:

In Beispiel 1 werden im Labor gemessene NL-Zahl und Simulation der NL-Zahl für einen bestimmten Warmwasserbereiter verglichen. Die Simulation wurde mit den gleichen Bedingungen (NL-Zapfprofil, Temperaturen, Gerät) vorgenommen. Die Ergebnisse stimmen überein, was für die Güte des Rechenverfahrens spricht.

In Beispiel 2 wurde dagegen der Warmwasserspeicher für ein Mehrfamilienhaus (48 Wohnungen, N = 34) zunächst klassisch nach DIN 4708 ausgelegt. Selbst ein 1.000-Liter-Speicher wäre danach noch etwas zu klein. Die genaue Berechnung für 74 Personen inklusive Wärmeverluste und Reaktionszeit ergab, dass sogar ein 500-Liter-Speicher noch knapp reichen würde. Dieses Beispiel zeigt die Einsparpotenziale einer Simulation im Vergleich zur bisherigen DIN 4708. ◀

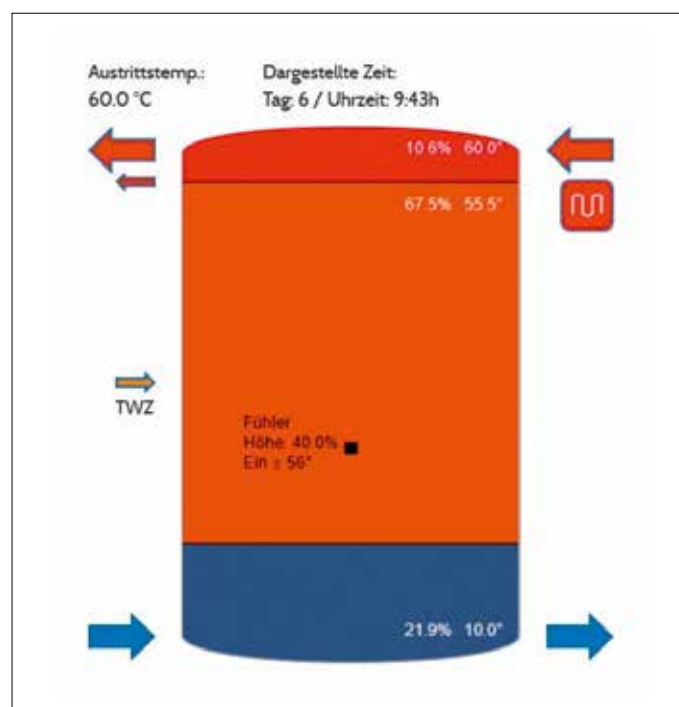


Abbildung 5:
Animation eines
Ladespeichers
Grafik: h4plan GmbH

Vakuum-Sprührohrentgasung mit System

Anlagen- und Betriebssicherheit erhöhen, Energie sparen, Emissionen reduzieren



Grafik: Reflex Winkelmann GmbH

Parallel zu einer optimal eingestellten Druckhaltung und einer wirkungsvollen Abscheidung übernimmt die Entgasung eine Schlüsselrolle im Anlagensystem. Denn Gaseinschlüsse in Heizungs- und Kaltwassersystemen stören die Funktion bis hin zum Komplettausfall. Die Gase wirken sich negativ auf die Energieübertragung aus. Die Gefahr von Korrosion ist gegeben, was Schmutz und Schlamm nach sich zieht. Die Folge ist eine weitere Beeinträchtigung des wassertechnischen Systems. Was sich nachweislich bewährt, ist eine Systementgasung in Kopplung mit Schlamm- und Schmutzabscheidern – dies wurde auch von unabhängiger Seite bestätigt. Dadurch werden nicht nur die Anlagen- und die Betriebssicherheit gesteigert, sondern zugleich die Anlagen-effizienz, wodurch Energie eingespart und Emissionen reduziert werden.



Helmut Brinkmann,
Produktmanager
Entgasungssysteme
& Abscheidetechnik,
Reflex Winkelmann
GmbH, Ahlen

Gaseinschlüsse in Heizungs- und Kaltwassersystemen liegen je nach Temperatur und Druck in Gasblasenform, Mikroblasenform und in gelöster Form vor. Unterschiedliche Mechanismen und Vorkommnisse bewirken, dass es auch in fertiggestellten Anlagensys-

temen immer wieder zu Gaseinschlüssen kommt.

Sauerstoff ist hauptverantwortlich dafür, dass Korrosionsschäden entstehen. Die Partikel können sich an der Rohrinne-seite oder an den wärmeübertragenden Flächen ablagern. Dort haben sie den Effekt einer Dämmschicht – mit nachhaltig negativen Konsequenzen für das Gesamtsystem. Wiederholt sich der Vorgang des Gaseintrags allzu häufig, beispielsweise durch konstanten Unterdruck im System, kann daraus schon nach wenigen Betriebsjahren eine deutliche Verringerung der Wärmeübertragung inklusive Korrosionsschäden resultieren.

Zu hydraulischen Problemen trägt maßgeblich Stickstoff bei, der gegenüber reinem

Wasser als Wärmeübertrager die schlechteren thermodynamischen Eigenschaften aufweist. Das Inertgas Stickstoff wird nicht in einer chemischen Reaktion im Anlagensystem verbraucht. Es verbleibt dadurch im Anlagenwasser und kann sich permanent weiter anreichern, denn eine gasdichte Anlage gibt es nicht.

Simulation durch unabhängiges Institut

Wie wirkt sich die Gaskonzentration für den Verbraucher auf die Wärmeübertragung aus? Bei der Strömungssimulation per CFD (Computational Fluid Dynamics) durch das unabhängige ifes-Institut wird ein Lastprofil erzeugt, bei dem unter Mitwirken von Erzeuger, einer optimal eingestellten Druck-

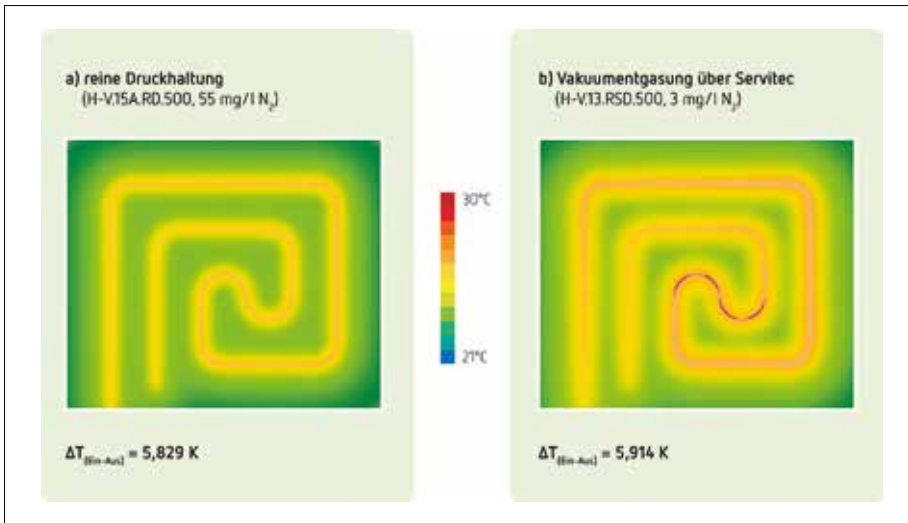


Abbildung 1: Darstellung zur Steigerung der Wärmeübertragung durch Einbinden einer Entgasungsanlage in der dynamischen Anlagensimulation anhand eines einjährigen Lastprofils einer realitätsgetreu simulierten Fußbodenheizung. Es handelt sich um einen Messpunkt in Form eines Zeitabschnitts von einer Stunde von insgesamt 8.760 Stunden (8.760 entspricht einem Jahr).

haltung, Pumpen, Abscheidung, Entgasung und Verteiler stündliche Werte der Heizlast für ein Beispielgebäude für ein komplettes Jahr ausgewiesen werden. Bei der Simulation kommen diverse Wärmeübertrager zum Einsatz, verschiedene Stickstoff-Konzentrationen und verschiedene Grade von Schlammablagerungen – unterschiedliche Szenarien also mit der entsprechenden Auswirkung auf die Wärmeübertragung.

Wie sich eine optimierte Wärmeübertragung im Vergleich zu einer nicht optimierten auswirkt, lässt sich in der Simulation beim Einsatz einer Fußbodenheizung deutlich erkennen. Hier wurde durch Verringern des Gasgehalts im Anlagennetz auf ein absolutes Minimum ein verbesserter Wärmeübergang nachgewiesen. Das Ergebnis war eine optimierte mittlere Oberflächentemperatur, die im Raum zu einem schnelleren Erreichen der Sollwerttemperatur führt. Im folgenden Beispiel ist ein einzelner Messpunkt der Gesamtjahressimulation ausgewählt worden, der dies besonders veranschaulicht: Beim gasreduzierten Zustand mit einer Oberflächentemperatur von 27,08 °C – im Vergleich zum gasreichen Zustand und einer Oberflächentemperatur 26,77 °C bei ausschließlicher Druckhaltung – wurde durch den Einsatz der Vakuumentgasung genau in diesem Messpunkt des Lastprofils eine Steigerung der spezifischen Wärmeleistung von 4,8% nachgewiesen (Abbildung 1).

Dieser positive Effekt auf die Wärmeabgabe resultiert aus dem Einbinden einer reinen Vakuumentgasung. Abhängig von den spezifischen Eigenschaften einer Anlage sind mit dieser Technologie Energieeinsparungen über die gesamte Betriebszeit einer

Anlage möglich, denn der Gas- und Sauerstoffeintrag ist ein fortschreitender Prozess, der so optimal in den Griff zu bekommen ist.

Veranschaulichen lässt sich die Effizienzsteigerung unter Verwendung der Berechnungsformel zur Ermittlung der spezifischen Wärmeleistung einer Fußbodenheizung (Abbildung 2).

$$\dot{q} = 892 \frac{W}{m^2 K^{1.1}} \cdot (\vartheta_{FB,O} - \vartheta_i)^{1.1}$$

Abbildung 2: Formel zur Berechnung der spezifischen Wärmeabgabe je m²

Vakuumentgasung in Kombination mit Abscheidern

Viele Fachleute setzen beispielsweise auf eine Servitec Vakuumentgasung, die annähernd für jede Systemgröße verfügbar ist. Als besonders effektiv erweist sich ein solches Produkt im Zusammenspiel mit einer kompressor-gesteuerten Druckhaltung. Dabei entgast eine Vakuumentgasung stets ausschließlich einen Teilvolumenstrom. Aufgrund des hohen Wirkungsgrades bis zur 90% und des möglichen Sättigungsgrades lässt sich ein überdurchschnittlich großer Wasserinhalt effektiv entgasen. Dabei wird unter anderem auch der Sauerstoffgehalt des Füllwassers um etwa zwei Drittel reduziert.

Kommen die Produkte mit einem Schlammabscheider zum Einsatz, ergibt sich im Jahresverlauf laut Simulation bei einer Bestandsanlage eine maximale Effizienzsteigerung von bis zu 10,6%. Bei Gas- oder Ölbetrieb bedeutet das eine identische Verringerung der jährlichen Energiekosten. Damit belegen

die Simulationsergebnisse in unabhängiger Form die Potenziale der Effizienzsteigerung in der technischen Gebäudeausrüstung mit zuverlässigen Produkten der Entgasungs- und Abscheidetechnik. Die ermittelten Einspareffekte wurden auch durch den TÜV Nord geprüft und positiv bewertet.

Einfach in die Bestandsanlage zu implementieren

Wird beispielsweise ein Bürogebäude mit einer Heizlast von 500 KW herangezogen, unter Nutzung eines Gas-Brennwertkessels und einer Fußbodenheizung mit maximaler Vorlauftemperatur von 35 °C, mit maximaler Gasanreicherung auf der Basis von 1.200 Jahresvollbenutzungsstunden, aus denen Heizkosten von rund 54.000 Euro resultieren, amortisiert sich die Kombination Vakuumentgasung und Schlamm-/Schmutzabscheider nach knapp 1,4 Jahren. Das maximale jährliche CO₂-Einsparpotenzial liegt bei einem solchen Gebäudekomplex bei 10,9 Tonnen – dies entspricht etwa 54.500 gefahrenen Pkw-Kilometern.

Fakt ist: Je größer die Systemanlage, desto geringer sind die anteiligen Kosten für die Implementierung einer Vakuumentgasung. Außerdem kann eine solche Vakuumentgasung ohne aufwändige Umbaumaßnahmen am Rücklauf einer Heizung unkompliziert in das Bestandssystem implementiert werden. Die Installation eines solchen Systems ist dadurch nicht nur praktikabel, sondern auch wirtschaftlich. ◀



Abbildung 3: Servitec Sonderanlage Vakuumentgasung Foto: Reflex Winkelmann GmbH

Fußbodenheizung und Wohnungsstation

Neue, innovative Systeme verbessern die Wärmeverteilung

Ökologische, ökonomische und soziokulturelle Aspekte stehen beim nachhaltigen Bauen im Vordergrund. Auf der einen Seite werden Energie und Kosten gespart und der Komfort und die Hygiene verbessert, auf der anderen Seite sind es neue Normen und Vorschriften, welche die Entwicklung von Wärmeverteilungs- und Wärmeübergabesystemen vorantreiben. Genau aufeinander abgestimmte Wohnungsstationen und Fußbodenheizungen können die genannten Anforderungen dabei effizient erfüllen. Planer und Heizungsbauer als Berater des Bauherrn sollten diese Systeme und Vorschriften kennen.



Dipl.-Ing. (FH)
Peter Gabanyi,
Software-Entwickler
und Inhaber eines
Rechenzentrums
für angewandte
Heiztechnik

Vor allem im mehrgeschossigen Wohnungsbau werden zur Reduzierung der Wärmeverluste und um die gesetzlichen Vorschriften an die Trinkwasserhygiene zu erfüllen, immer häufiger dezentrale Wohnungsstationen eingebaut. Diese stellen dezentral in jeder Wohnung die Brauchwasserbereitung und die Wohnungsheizung sicher.

Die Wärmeerzeugung erfolgt – wie gehabt – zentral. Unterschiedliche Wärmequellen können gleichzeitig zur Wärmeversorgung des Gebäudes herangezogen werden. Diese multivalente Wärmeerzeugung ist vernünftig, wenn einige Wärmequellen sinnvoll miteinander kombiniert werden können, wie beispielsweise Gas- oder Ölbrennwertkessel, Wärmepumpen, Fernwärme, Solarthermie, Geothermie, Blockheizkraftwerke oder Pelletheizungen. Ihren optimalen Wirkungsgrad erreichen diese Wärmequellen jeweils auf unterschiedlichem Temperaturniveau. Niedrige Systemtemperaturen und insbesondere niedrige Heizwasser-Rücklauftemperaturen erhöhen den Wirkungsgrad regenerativer Energiequellen.

Ein Schichtspeicher sammelt und „verwaltet“ diese auf verschiedene Weise gewonnene Wärme unterschiedlicher Temperatur.

Dezentrale Wohnungsstationen

Ein dezentrales Versorgungsnetz für Heizung und Warmwasserbereitung, das die

Heizzentrale mit den Wohnungen verbindet, besteht im Regelfall nur noch aus drei Leitungen: Kaltwasser, Heizungsvorlauf und Heizungsrücklauf. Die Vorlauftemperatur liegt bei ca. 60 °C, die Rücklauftemperatur systembedingt bei 20 °C bis 30 °C. Dadurch bleiben die Leitungsverluste niedrig. Die im Diagramm (Abbildung 1) dargestellten Temperaturen stehen in einem bestimmten Verhältnis zu den Wärmeverlusten der Rohrleitungen. Die Leitungen für Brauchwarmwasser und Zirkulation, der Brauchwasserspeicher und die Zirkulationspumpe der traditionellen Versorgung entfallen – und damit auch die Wärmeverluste dieser Leitungen und Geräte sowie die Zusatzenergie für die Pumpe.

Wohnungsstationen arbeiten alle nach einem ähnlichen Prinzip. In einem Auf- oder Unterputzkasten sind alle Komponenten für die wohnungsweise Warmwasserbereitung und Heizung untergebracht: Plattenwärmetauscher für die Brauchwassererwärmung, Regelventile für den hydraulischen Abgleich, Absperrventile, Proportionalregler mit Temperaturkorrektiv für Netzwassermenge sowie schnelle und gleichmäßige Warmwassertemperatur, Drosselscheiben zur Volumenstrombegrenzung, Bypass-Schaltung mit Rücklauftemperaturbegrenzer, Festwertregler, Differenzdruckregler, Temperaturfühler, Versorgungsanschlüsse usw. Fast alle Regelgeräte arbeiten dabei ohne Hilfsenergie.

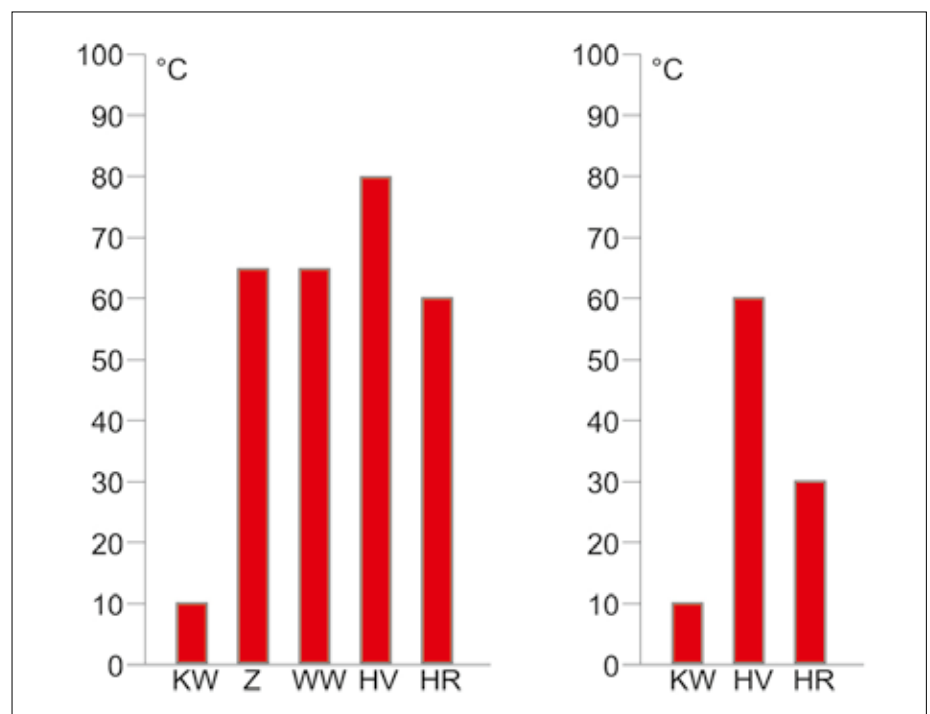


Abbildung 1: Temperaturen des traditionellen (links) und dezentralen Versorgungsnetzes (rechts)

Grafik: Oventrop

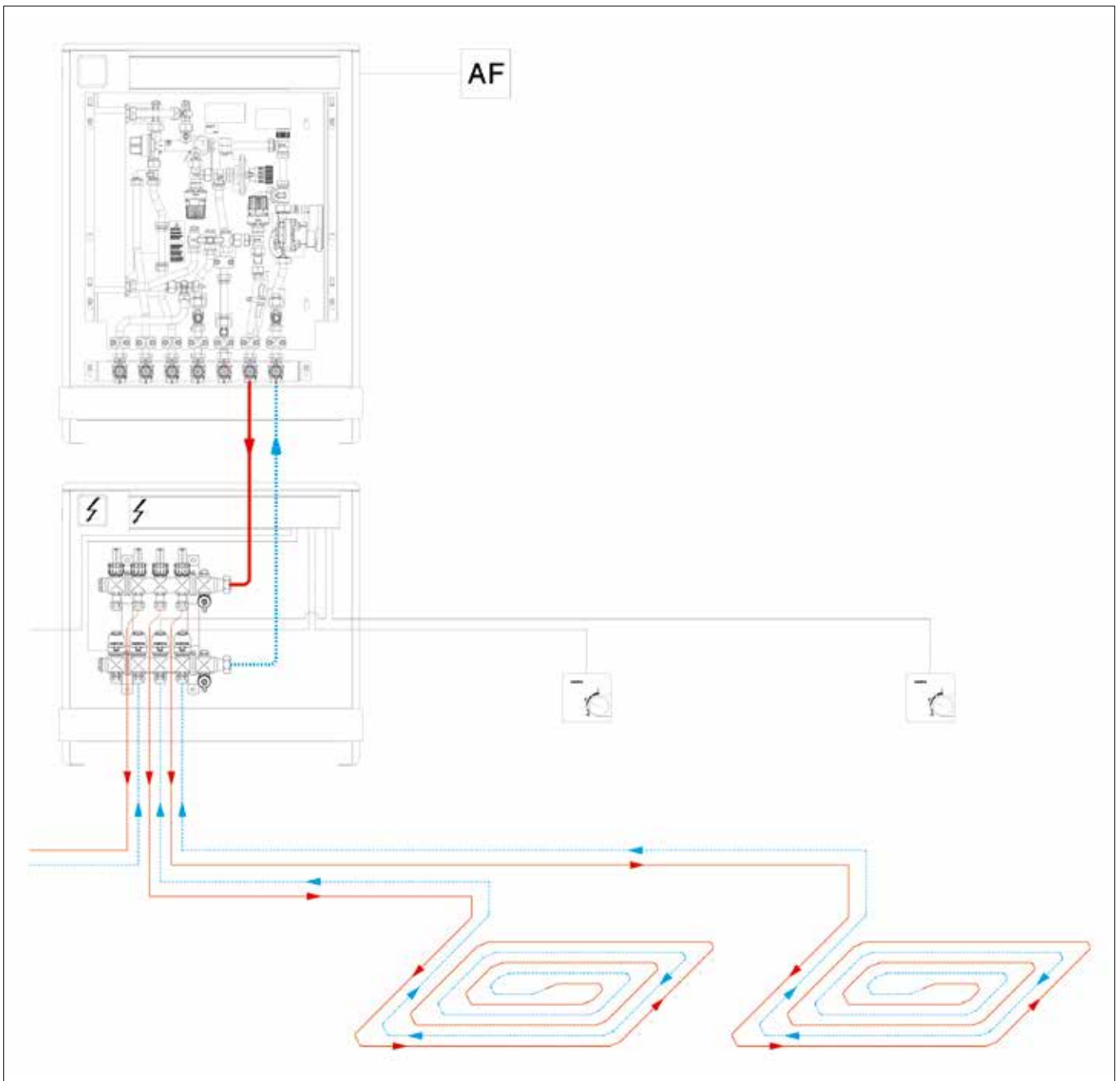


Abbildung 2: Aufbau einer traditionellen Fußbodenheizung

Grafik: Oventrop

Heizkörper

Heizkörper sind insbesondere im Altbau im Einsatz. Hier wird aus Kostengründen häufig auf eine außentemperaturgeführte Regelung verzichtet. Über einen einstellbaren Festwertregler in der Wohnungsstation kann die Vorlauftemperatur mit ausreichender Genauigkeit eingestellt werden. Der Wasserinhalt der Heizkörper ist so gering, dass nach Schließen des Heizkörperthermostats die abgegebene Restwärme minimal ist und somit der Komfort nicht beeinträchtigt wird. Positiv gesehen, kann der Wohnungsinhaber

dank möglicher, konstant hoher Vorlauftemperatur das Temperaturniveau einzelner Räume individuell über die Solltemperatur anheben. Die Wärmeverluste im Heizungsnetz der Wohnung sind trotz höherer Vorlauftemperatur gering.

Fußbodenheizungen

Fußbodenheizungen werden vor allem im Neubau eingebaut. Im Gegensatz zum Heizkörper handelt es sich hierbei um eine „Speicherheizung“, die träge auf die thermostatische Raumtemperaturregelung reagiert.

Die Speichermasse Estrich gibt noch lange nach Schließen des Raumthermostats Wärme an den Raum ab.

Einzig der so genannte Selbstregelleffekt der Fußbodenheizung reagiert zeitnah auf die veränderte Raumtemperatur. Für die Funktion des Selbstregelleffekts gelten jedoch bestimmte physikalische Voraussetzungen: Die Boden-Oberflächentemperatur soll maximal so hoch sein, dass sie die momentan geforderte Heizlast decken kann. Je geringer der Abstand zwischen Boden-Oberflächentemperatur und Raumtempera-

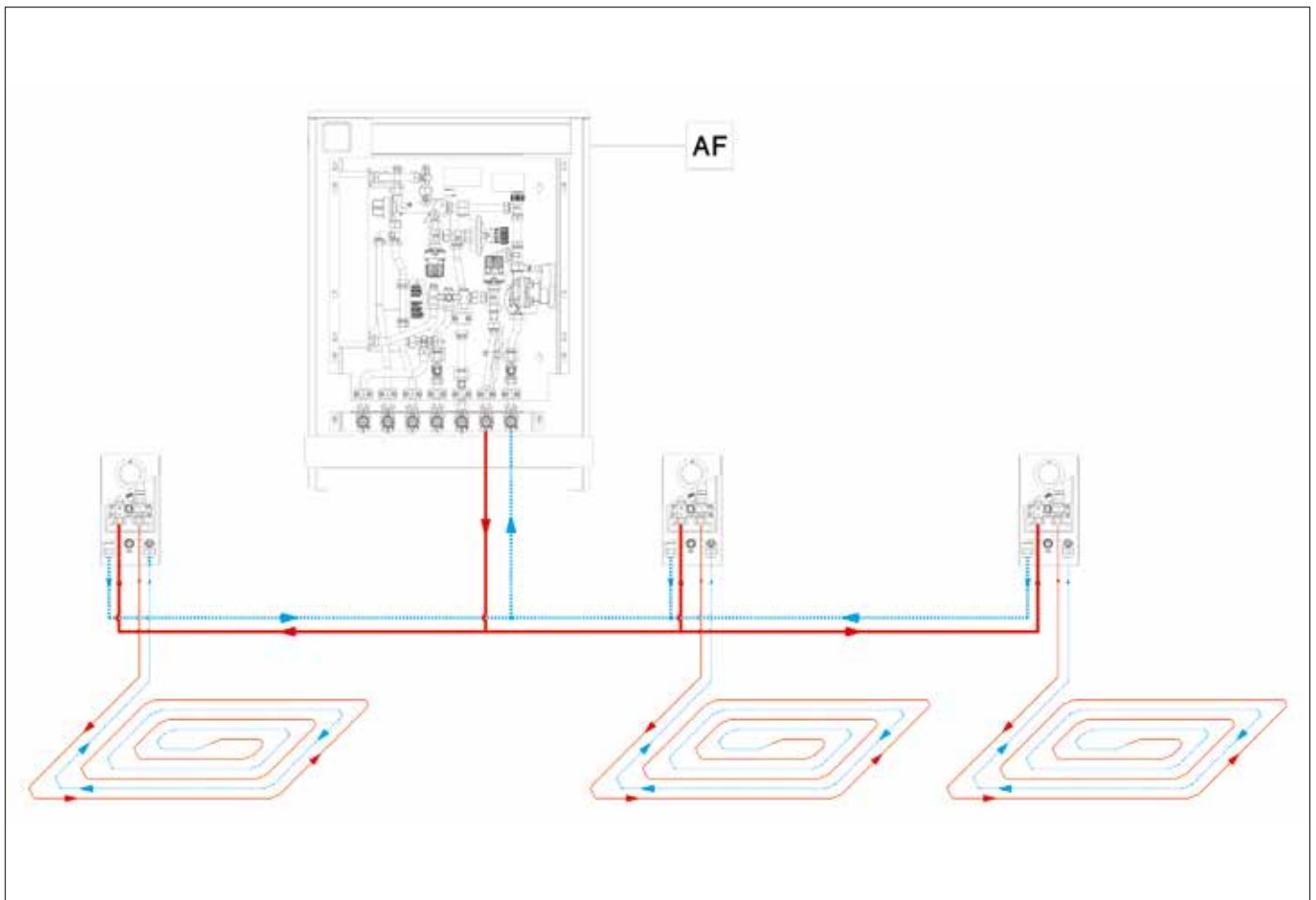


Abbildung 3: Aufbau einer verteilerlosen Fußbodenheizung

Grafik: Oventrop

tur ist, desto besser funktioniert der Selbstregelleffekt. Eine „außentemperaturgeführte Regelung“ der Fußbodenheizung reduziert das trägheitsbedingte „Überschwingen“ der Raumregler.

Alternativen für eine bessere Regelbarkeit der Fußbodenheizung werden von einigen Herstellern angeboten: Versorgung der Wohnungsstationen mit zwei Primärsystemen unterschiedlicher Vorlauftemperatur. Dabei kann die Versorgung über ein Vierleitersystem mit zwei Vor- und Rückläufen oder ein Dreileitersystem mit zwei Vorläufen und einem gemeinsamen Rücklauf erfolgen.

Nicht eindeutige Auslegungen der rechtlichen Grundlagen sind gelegentlich ein Grund für Reklamationen. „Gemäß EnEV 2013 § 14 Abs.1+2 sind Zentralheizungen mit Einrichtungen zur Verringerung und Abschaltung der Wärmezufuhr nach der Außentemperatur und der Zeit auszustatten.“

Vorsicht ist geboten bei neben der Außentemperatur zugelassenen Führungsgrößen über Referenztechnik. Innerhalb einer Wohnung kann laut Ordnungsgeber auch

eine Raumtemperatur als zweckmäßige Führungsgröße herangezogen werden.

Es ist allerdings zu bezweifeln, dass bei der Trägheit bzw. Verzugszeit der Fußbodenheizung brauchbare Ergebnisse bezüglich Komfort und Energieeinsparung in den anderen Räumen der Wohnung erreicht werden.

Ob außentemperaturgeführte Referenzräume einer Wohnung, die die Vorlauftemperatur anderer Wohnungen steuern, EnEV-konform sind, ist zu prüfen.

Vorteile dezentraler Versorgungsnetze

Gegenüber der traditionellen Warmwasser- und Heizungsversorgung besitzt ein dezentrales Versorgungsnetz zahlreiche Vorteile im Sinne der Nachhaltigkeit. Es spart Energie, erhöht den Komfort und verbessert die Hygiene:

- Reduzierung der Wärmeverluste der Verteilungen. Die Wärmeversorgung der Wohnungen für Heizung und Warmwasser erfolgt im Regelfall über zwei Rohrleitungen.
- Die Vorlauftemperatur liegt bei 60 bis 65 °C. Bei der Rücklaufleitung mit einem

durchschnittlichen Temperaturniveau von 30 °C entstehen nur wenig Wärmeverluste.

- Wärmeverluste durch Speicherung entfallen.
- Wärmeverluste der Zirkulationsleitung und des Warmwasserbereiters/-speichers entfallen.
- Keine Zusatzenergie für die Zirkulationspumpe.
- Effizientere Nutzung moderner Energieformen dank konstant niedriger Rücklauftemperatur und Schichtspeicher.
- Besserer Kesselwirkungsgrad durch längere Brennerlaufzeiten.
- Unbedenkliche Trinkwasserhygiene und Schutz gegen Verbrühung und Verkalkung.
- Höherer Heizkomfort. Individuelles Raumklima dank konstant hoher Vorlauftemperatur auch nach der Heizperiode.
- Verbrauchsgenaue Abrechnung der Kosten für Energie und Wasser. Keine Zähler in Küche und Bad.

Richtige Annahmen der Gleichzeitigkeit für die Warmwasserversorgung und damit



Abbildung 4: Der Raumregler „Unibox EBV“ mit Rücklaufabsperung

Foto: Oventrop

- Keine „unkontrollierte“ Wärmeabgabe der Zuleitungen zu den Räumen.
- Der Wohnungsflur bekommt einen eigenen Heiz- oder Temperierkreis.
- Die Temperaturwelligkeit des Bodens wird reduziert.
- Der Selbstregelleffekt wird dank patentiertem Bypass voll unterstützt.
- Größere Rohrabstände als 20 cm reduzieren nicht nur das Überdimensionieren der Heizfläche „Boden“ und das „Überschwingen“ der Regelung, sondern sparen auch Rohrmaterial.
- Keine Zusatzenergie, elektromagnetische Strahlung und Funkwellen bei dieser mechanischen Regelvariante (Abbildung 4).
- Keine Geräusche und Wartungskosten bei dieser mechanischen Regelvariante.
- Stetigregler statt Auf-/Zu-Regler. ◀

richtiges Dimensionieren der Heizungsverorgungsleitungen sind die Voraussetzung für eine korrekte Funktion der kompletten Anlage.

Tradition vs. Innovation

Der Aufbau einer „traditionellen“ Fußbodenheizung (Abbildung 2) unterhalb der Wohnungsstation ist bekannt: Vorlaufverteiler und Rücklaufsammler, Absperr- und Regelventile, Stellantriebe und Elektrik im Verteilerkasten. Raumthermostate steuern die Stellantriebe über Elektroleitungen oder Funk.

Die Zuleitungen vom Verteiler zu den jeweiligen Räumen geben hier „unkontrolliert“ Wärme ab – meistens im Flur. Die Forderung nach einem eigenen, regelbaren Heizkreis oder einem Kreis zum Temperieren des Flurbodens ist in der Praxis unüberhörbar. Eine Verbesserung bringt das Verlegen der Zuleitungen unter dem Estrich auf dem Rohfußboden. Das „Auftauchen“ dieser Leitungen vom Rohfußboden durch die Trittschalldämmung auf die Estrichebene ist noch nicht sicher gelöst. Oft werden die Leitungen durch die Flurwand vom Rohfußboden des Flures auf

Estrichebene der angrenzenden Räume geführt.

Im Unterschied dazu gibt es die „verteilerlose“ Fußbodenheizung (Abbildung 3), die die wesentlichen Probleme der traditionellen Fußbodenheizung löst – speziell im Wohnungsbau. Die Raumregler, Temperaturfühler und Regelventile jedes Raumes werden über ein auf dem Rohfußboden liegendes Rohrnetz miteinander verbunden und an der Wohnungsstation angeschlossen (Abbildung 3). An den Raumregler können bei großen Räumen auch mehrere Kreise angeschlossen werden. Die Rücklaufabspernung des Raumreglers ist im Montagekanal unterhalb des Vorlaufventils untergebracht.

Der Raumregler „Unibox EBV“ mit Rücklaufabspernung der Firma Oventrop ist zusätzlich mit einem patentierten Bypass ausgestattet, der in Sachen Energieeinsparung und Komfort zusätzliche Vorteile verspricht. Einige Vorteile der dezentralen Verteilung mit der „UniboxEBV“ sind:

- Eine Energieeinsparung dank Bypass von 4 bis 7 % bei Anlagen mit Brennwertkesseln oder Wärmepumpen.

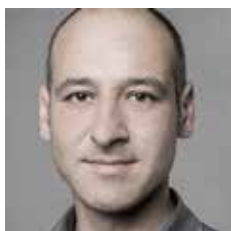
Korrosion in Heiz- und Kühlsystemen

Feldstudie zu Korrosion in TGA-Systemen abgeschlossen – erste Ergebnisse liegen vor

Seit Januar 2015 widmet sich das interdisziplinäre Forschungsteam vom Steinbeis Innovationszentrum SIZ e+ und der Leuphana Universität Lüneburg dem Thema Korrosion in TGA-Systemen. Inzwischen ist die Feldstudie abgeschlossen.



Dr. rer. nat.
Oliver Opel,
wissenschaftlicher
Mitarbeiter,
Leuphana Universität,
Lüneburg



Dipl.-Ing.
Mani Zargari,
wissenschaftlicher
Mitarbeiter,
SIZ energie+



Dr. rer. nat.
Tanja Eggerichs,
wissenschaftliche
Mitarbeiterin,
Leuphana Universität,
Lüneburg



Dr.-Ing.
Stefan Plesser,
Projektleiter,
stellvertretender
Leiter
SIZ energie+



MSc. Tobias Otte,
wissenschaftlicher
Mitarbeiter,
Leuphana Universität,
Lüneburg



Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Wolfgang K. L. Ruck,
Projektleiter,
Leuphana Universität,
Lüneburg



BSc. Marlies Wiegand,
wissenschaftliche
Mitarbeiterin,
Leuphana Universität,
Lüneburg



Univ.-Prof. Dr.-Ing.
M. Norbert Fisch,
Leiter
SIZ energie+

Ergebnisse der Feldstudie

Insgesamt wurden 64 Wasserproben aus 21 Gebäuden mit jeweils mehreren Primär- und Sekundärkreisen entnommen und analysiert. Gemessen wurden gelöste und partikuläre Metalle sowie Salzgehalte, Nährstoffe und organische Substanz. Zusätzlich wurden aus 34 Systemen erstmalig Proben für eine Genomanalyse der enthaltenen Mikroorganismen entnommen und analysiert. Die Parameter „pH-Wert“, „Leitfähigkeit“, „Sauerstoffgehalt“, „Redoxpotenzial“ und „Tempe-

ratur“ wurden vor Ort gemessen und nach einer neu entwickelten Methode hinsichtlich der Korrosionsrate und gelöster Korrosionsprodukte ausgewertet. Für acht ausgewählte Systeme werden derzeit Messstrecken für ein kontinuierliches Monitoring installiert.

Die Ergebnisse fügen sich größtenteils in das etablierte Verständnis der in derartigen Systemen ablaufenden Einflussfaktoren für Korrosion ein. Als entscheidende Einflussfaktoren wurden Sauerstoffzutritt und der Chloridgehalt der

Umlaufwässer identifiziert. Als Folge von Sauerstoffzutritt bleibt die für den Korrosionsschutz wichtige Steigerung des pH-Wertes, die Alkalisierung, aus. Dabei spielt der pH-Wert für den Schutz der Anlagen vor Korrosion eine entscheidende Rolle: Er sollte im alkalischen Bereich, oberhalb von pH 8,2 (für Anlagen mit Aluminiumbauteilen) bzw. 8,5 liegen. Über die Art der richtigen Wasseraufbereitung und gegebenenfalls -behandlung sowie über die Werkstoffwahl wurde schon berichtet [Opel et al. 2016] – die Studie bestätigt viele dieser Hypothesen. Einige Ergebnisse sind jedoch darüber hinaus bemerkenswert und sollen hier noch einmal ausführlich betrachtet werden.

Einfluss des Füllwassers – Bedeutung von Chloriden

Es ist bekannt, dass für Korrosionsprozesse die Leitfähigkeit des Umlaufwassers eine Rolle spielt. Die meisten Systeme weisen Leitfähigkeiten bis 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf. Bei deutlich darüber liegenden Leitfähigkeiten traten in wenigen Fällen erhebliche Korrosionsschädigungen auf. Unterhalb von ca. 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gab es keine schweren Korrosionsschäden. Für Chloride stellt sich eine signifikante Grenze bei ca. 15 mg/L Chlorid dar (Abbildung 1). Bei Werten unter 15 mg/L Chlorid konnte in keinem System erhöhte Korrosion festgestellt werden. Das ist plausibel: Es ist bekannt, dass Chloride Oxidschutzschichten angreifen, was auch bei Lochkorrosion an Edelstählen eine Rolle spielt. Daher ergibt sich für Chloride eine über die reine Elektrolyteigenschaft hinausgehende, spezifische Interaktion. Diese wirkt unabhängig von anderen Wasserinhaltsstoffen, die die Leitfähigkeit erhöhen. Deutlich zu erkennen ist auch die höhere Korrosionsanfälligkeit von Kaltwasseranlagen: Während hohe Chloridgehalte in Heizungsanlagen mit pH-Werten über 8,5 nur zu gering erhöhter Korrosionsaktivität führen, ist dies bei Kühlanlagen deutlich häufiger der Fall. Gründe hierfür können in einer besseren Sauerstoffver-

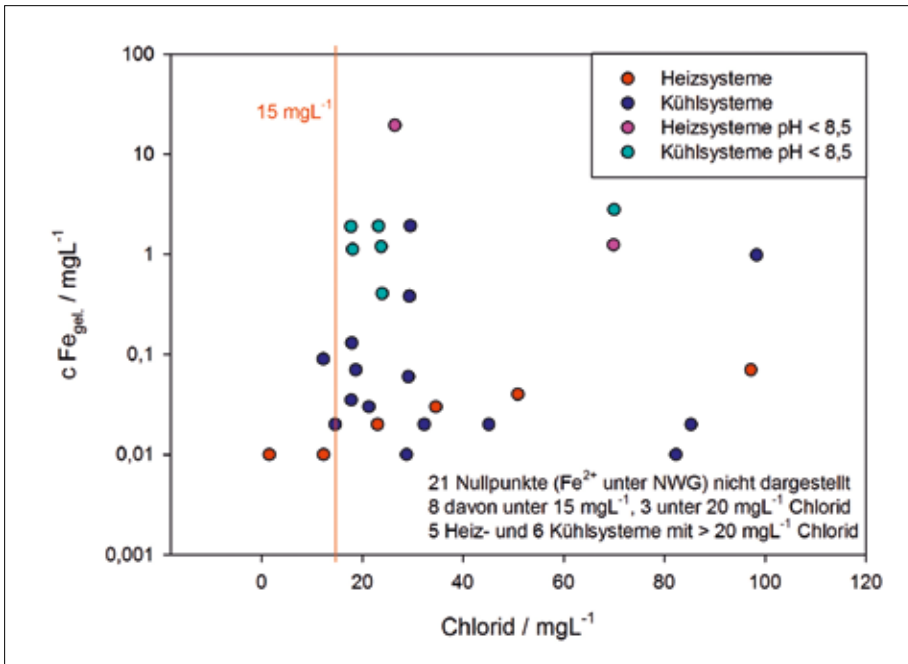


Abbildung 1: Gehalte an gelösten, auf aktive Korrosionsprozesse hinweisenden Korrosionsprodukten (gelöstes Eisen), aufgetragen über dem Chloridgehalt. In Systemen mit Gehalten von weniger als 15 mg/L Chlorid konnten unabhängig von anderen Einflussfaktoren keine signifikanten Korrosionsprozesse festgestellt werden. Grafik: Leuphana

fürbarkeit oder erhöhter mikrobieller Aktivität liegen.

Sauerstoffeintrag

Wie auch bei der Leitfähigkeit ergibt sich für Chloride kein monokausaler Zusammenhang: Höhere Chloridkonzentrationen müssen nicht zwangsläufig zu erhöhter Korrosion führen. Hier spielen weiterhin der pH-Wert und natürlich der Sauerstoffeintrag eine Rolle. Die Parameter lassen sich also nicht getrennt betrachten, sondern hängen zusammen: Die Alkalisierung, die in den ersten Wochen nach Befüllung des Systems bei gleichzeitiger Sauerstoffzehrung stattfindet, ist davon abhängig, dass sich möglichst kein weiterer Sauerstoffeintrag ergibt. In komplett sauerstoffdichten Systemen können daher höhere Leitfähigkeiten und Chloridkonzentrationen tolerierbar sein.

Die Feldstudie zeigt jedoch auch, dass in den meisten eigentlich geschlossenen Systemen Sauerstoffkonzentrationen zwischen 10 und 50 µg/L messbar sind (Abbildung 2), die für sich genommen das Auftreten erhöhter Korrosion jedoch ebenfalls nicht erklären können.

Sauerstoff kann aufgrund seiner niedrigen Viskosität und trotz eigentlich „gasdichter“ Systemausführung in das System gelangen, beispielsweise an Gummidichtungen, Stopfbuchsen, Pressfittings, aber auch durch Entgasungsgeräte. Hier schafft richtig auf-

bereitetes Füllwasser oder die richtige, vorbeugend angewandte Wasserbehandlung notwendige Sicherheiten.

Werden Materialien verwendet, die nicht sauerstoffdiffusionsdicht sind, ist insbesondere bei Verzicht auf Korrosionsschutzmittel auf die ausschließliche Verwendung korro-

sionsbeständiger Materialien (Edelstahl) zu achten. Zum Problem können in solchen Systemen „versteckte“ korrosionsanfällige Bauteile werden, beispielsweise in Pumpen, Wärme- und Kälteerzeugern (Wärmetauscher aus Aluminium oder Baugruppen aus Schwarzstahl) oder Speichern. Messing- und Rotgussbauteile korrodieren insbesondere bei erhöhten Salz- und Sauerstoffgehalten zwar ebenfalls (Stichwort Entzinkung), führen im Allgemeinen aber nicht zu Systembeeinträchtigungen.

Mikrobiologie

Ein weiteres, vom Prinzip her bekanntes, aber im Detail noch sehr wenig erforschtes Korrosionsrisiko geht von Mikroorganismen aus. Mikroorganismen können fast jeden chemischen Vorgang beschleunigen oder bei ansonsten hemmenden Bedingungen für ihre Energiegewinnung nutzen. Außerdem treten sie in einer nahezu unfassbaren Variationsbreite auf. In der abgeschlossenen Feldstudie wurden fast 800 verschiedene Gattungen identifiziert, über die zum Teil bisher nur sehr wenig bekannt ist. Um dennoch mögliche Zusammenhänge zu erkennen, wurden die einzelnen Gattungen nach verschiedenen, aus anderen Ökosystemen bekannten Stoffwechselprozessen geordnet. Dabei dominierten die folgenden Stoffwechselprozesse:

- Eisen- und Schwefeloxidation und -reduktion (mit möglicherweise direkten Auswirkungen auf Korrosionsprozesse),

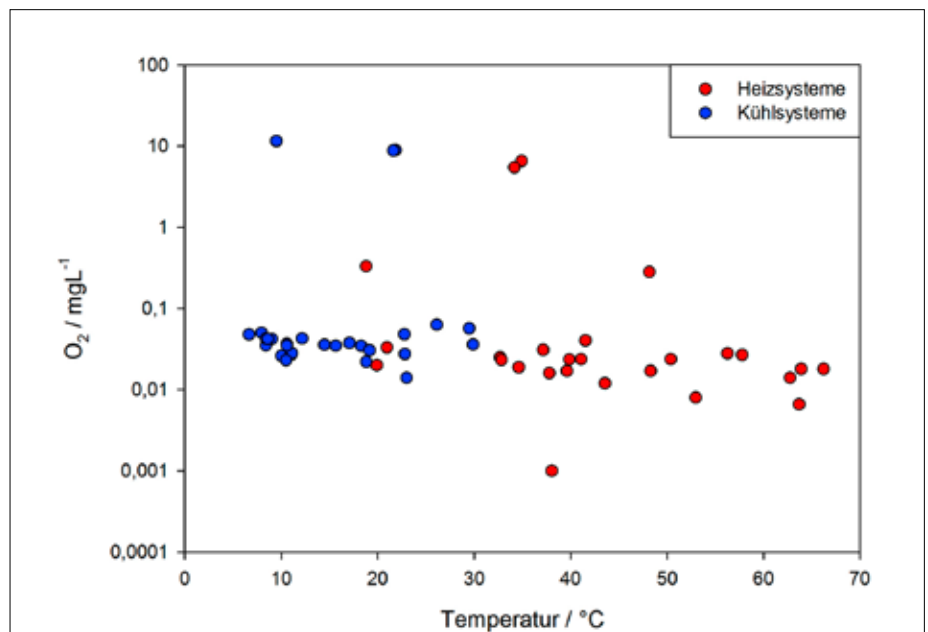


Abbildung 2: Im Rahmen der Feldstudie bestimmte Sauerstoffgehalte in den verschiedenen Systemen. Die meisten Systeme weisen Sauerstoffkonzentrationen von 10 bis 50 µg/L auf. Es ist ein leichter Trend hinsichtlich der Systemtemperatur erkennbar. Grafik: Leuphana



Abbildung 3: Mit sauerstoffdiffusionsdichtem Edelstahl-Wellschlauch angebundene Korrosions-Messstrecke mit Datenlogger und DFÜ-Schaltschrank Foto: SIZ energie+

Ebenso werden die gewonnenen Daten noch nach inneren Abhängigkeiten und nach Abhängigkeiten der Community-Struktur von der Art des Füllwassers und der Temperatur untersucht werden. Weiterhin ist zu klären, welchen Einfluss verschiedene Gemeinschaften auf den Korrosionsprozess tatsächlich haben. Es ist jedoch zu vermuten, dass Mikroorganismen neben den Einflussfaktoren „pH-Wert“, „Sauerstoffgehalt“ und „Leitfähigkeit“ bzw. „Chlorid“ deutlich zur beobachteten Variabilität der untersuchten Anlagenzustände beitragen.

Einsatz von Inhibitoren

Von den 64 untersuchten Proben stammten 14 aus mit Korrosionsschutzmitteln behandelten Systemen. In den wenigsten Fällen konnte ein sachgerechter und effektiver Einsatz dieser Mittel festgestellt werden. Weiterhin wurden häufig dennoch gelöste Korrosionsprodukte gefunden, die jedoch weniger zu entsprechendem Vorkommen an störenden festen Korrosionsprodukten führten. In den meisten Fällen waren diese dennoch vorhanden. Ein Grund dafür ist, dass entsprechende Mittel oft als Abhilfemaßnahme bei problematischen Systemen angewendet werden. Bei der Wahl einer Wasserbehandlung sollte insgesamt große Sorgfalt angewendet werden. Nach Möglich-

- Nitratreduktion (ebenfalls teilweise gekoppelt mit Eisenoxidation) und Stickstofffixierung (um in den ansonsten sehr nährstoffarmen Systemen verwertbare Stickstoffverbindungen für weiteres Wachstum bereitzustellen),
- Biofilmbildner (die einen für andere Arten schützenden Biofilm bereitstellen und selbst durch Verminderung von Wärmeübergängen und Verblockungen zu Problemen führen können) und
- zum Teil komplexe, auch halogenierte organische Moleküle abbauende Mikroorganismen, die auch als Inhibitor verwendete Substanzen verstoffwechseln und in leichter assimilierbare Moleküle umbauen können. Damit können Mikroorganismen potenziell direkt dazu beitragen, dass eingesetzte Inhibitoren ihre Wirksamkeit verlieren.

vermutet, dass ein Unterangebot an Makronährstoffen wie Kalzium, Magnesium, Kalium und Phosphor zu einer Verringerung des Keimwachstums führt. Die genaue Datenanalyse steht diesbezüglich aber noch aus.

Sulfat- und Nitratreduktion trat dabei in fast allen Anlagen mit geringen Sauerstoffgehalten auf. In keiner derartigen Anlage, auch wenn diese nicht mit vollentsalztem Wasser gefüllt war, konnte im Umlaufwasser Nitrat und Sulfat nachgewiesen werden – ein starkes Indiz für entsprechende mikrobiologische Aktivität.

Weiterhin lässt sich sagen, dass jede untersuchte Anlage entsprechende Bakteriengemeinschaften in unterschiedlicher Zusammensetzung beherbergt – aber mit ähnlichen Zellzahlen. Dies gilt offenbar auch für korrosionsgeschützte Systeme. Es wird

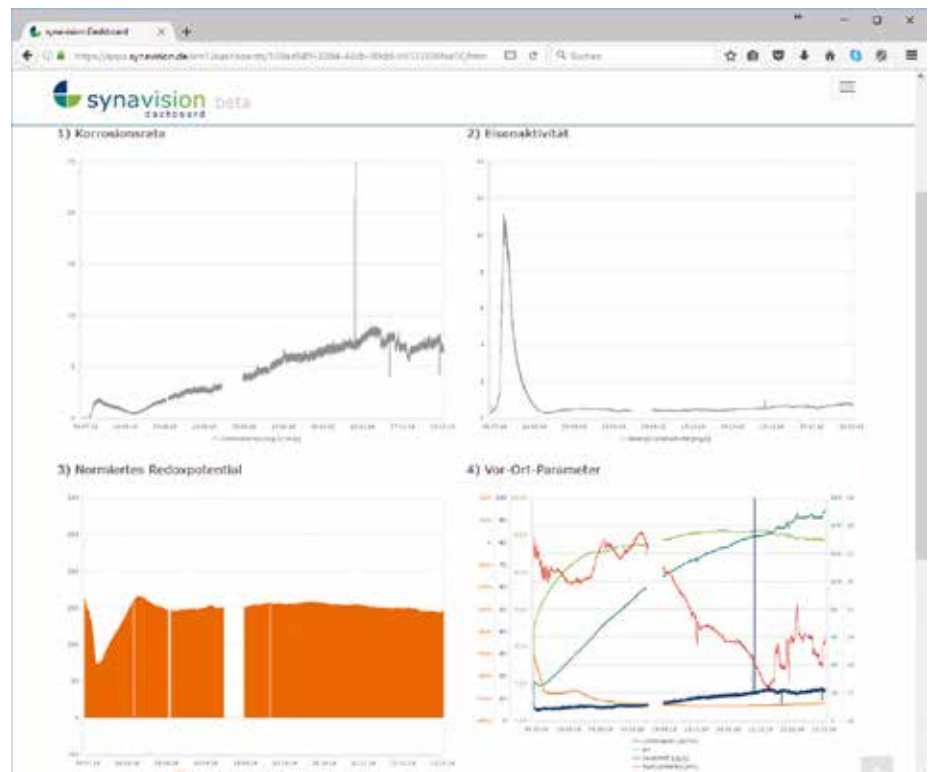


Abbildung 4: Im Projekt EQM:Hydraulik verwendetes Korrosions-Dashboard der Fa. Synvision

Screenshot: Leuphana



keit sollte einer systemischen Variante mit vorhergehender chemischer Reinigung der Vorzug gegeben werden.

Feldtest

Korrosionssensor

Die Parameter „pH-Wert“, „Leitfähigkeit“, „Sauerstoffgehalt“, „Redoxpotenzial“ und „Temperatur“ wurden während der Feldstudie in den beprobten Systemen mithilfe einer mobilen Messeinrichtung bestimmt. Neben den für sich bereits auswertbaren Einzelparametern wurden die Aktivität der gelösten Eisenionen und eine sich mit pH-Wert und Sauerstoffgehalt ergebende Korrosionsrate berechnet. Der erhaltene Wert gibt die aktuelle Rate an neu gebildeten festen Korrosionsprodukten an. Es ergab sich ein gewisser Zusammenhang zwischen der berechneten Rate und dem im Systemwasser bestimmten Eisengehalt. Dieser wird von Sedimentation und in den Anlagen installierten Filtern ebenso beeinflusst, wie durch Altablagerungen. Es zeigten sich jedoch weder falsch negative noch falsch positive Ergebnisse.

Im Rahmen der Feldstudie hat sich das Sensorsystem damit als informatives, zusätzliches Werkzeug erwiesen. Eine Ampelfunk-

tion, die zwischen Systemen ohne akute Korrosionsprozesse und aktuell korrodierenden Systemen differenziert, lässt sich bereits mit guter Treffsicherheit realisieren. Durch Analyse der hinter der Ampelwertung stehenden Einzelparameter lässt sich dann eine erste Diagnose für mögliche Ursachen stellen: zu geringer pH-Wert, zu hohe Leitfähigkeit oder erhöhter Sauerstoffgehalt.

Nächster Schritt: Feldtest mit kontinuierlichen Messungen

Eine deutlich höhere Aussagekraft als Einzelmessungen besitzen kontinuierliche Messungen mit der Möglichkeit zur Verlaufsbeobachtung und -auswertung. Abbildung 3 zeigt eine erste, in einem Gebäude installierte Messstrecke, Abbildung 4 das im Rahmen des Forschungsprojekts genutzte, Web-gestützte Dashboard zur Anzeige der Messdaten und Auswertungen. 2017 sollen noch sechs weitere Messstrecken fest installiert und dem Feldtest unterzogen werden. Weiterhin ist die Verwendung zur Beobachtung von Inbetriebnahmeprozessen geplant, um frühzeitig Hinweise auf schlechte Alkalisierung oder starke mikrobiologische Aktivität erhalten und rechtzeitig reagieren zu können.

Fazit

Die Ergebnisse der Feldstudie bestätigen im Wesentlichen die Notwendigkeit der bedachten Materialwahl und des richtigen Füllwassers. Das ist insbesondere bei Kühlsystemen wichtig, die eine deutlich höhere Anfälligkeit für Korrosionsprobleme zeigen. Eine Ursache ist das Fehlen einer technischen Regel für derartige Anlagen – hier wird die bald erscheinende BTGA-Regel 3.003 Abhilfe schaffen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass Bakterien gerade in Kühlsystemen einen signifikanten Einfluss haben. Hier werden noch weitere interessante Ergebnisse aus der in dieser Detaillierung bislang einmaligen Feldstudie erwartet.

Das Sensorsystem hat sich als wertvolles Werkzeug für die Diagnose von Bestandssystemen erwiesen und wird im weiteren Verlauf für kontinuierliche Messungen getestet. ◀

Literatur

Opel, O., Eggerichs, T., Otte, T., Wiegand, M., Zargari, M., Plesser, S., Ruck, W.K.L., Fisch, M.N. (2016): Korrosion in Heiz- und Kühlsystemen. BTGA-Almanach 2016, S. 42-45.

www.facebook.com/brochiergruppe



BROCHIER 

Energieeffizienz und Nachhaltigkeit seit 144 Jahren



- Sanitär
- Heizung
- Elektro
- Kälte/Lüftung/Klima
- Anlagentechnik
- Technisches Gebäudemanagement
- Regelungstechnik
- Kanalsanierung
- Nutzung regenerativer Energien
- Bäder

BROCHIER Gruppe
Marthastraße 16, 90482 Nürnberg
Telefon 0911 5442-0
Telefax 0911 5442-208
E-Mail info@brochier-gruppe.de



www.brochier-gruppe.de

Prozesskühlwasserverrohrung in der Industrie – Praxisbericht über eine Herausforderung

Viele produzierende Unternehmen kennen das Problem: Sind die Kühlwasserverrohrungen zur Versorgung der Produktionsanlagen in die Jahre gekommen, weisen sie häufig Ablagerungen auf, so genannte Inkrustationen. Diese verkleinern den Leitungsquerschnitt deutlich. Das wiederum hat entscheidenden Einfluss auf die Durchflussmengen, den Wasserdruck und den Wärmeübergang an den Verbrauchern. Eine gleichbleibende Kühlwasserversorgung der Verbraucher kann damit nicht mehr gewährleistet werden. Dann wird es höchste Zeit, eine Erneuerung der Kaltwasserverrohrung zu planen und durchzuführen.



Anke Klein,
Dipl.-Ing. (FH)
Versorgungstechnik,
Geschäftsführerin
BROCHIER Gebäude-
management GmbH,
Nürnberg

Anfang 2015 stand die Neuverrohrung der Produktionsmaschinen von Coates Screen Inks am Produktionsstandort in Nürnberg an. In enger Abstimmung mit dem Kunden startete die Nürnberger BROCHIER Gebäudemanagement GmbH im Frühjahr die Eigenplanung zur Neuverrohrung des Prozesskühlwassers an das neue Kaltwassernetz sowie die einzelnen Produktionsmaschinen. Die fast 20 Jahre alten Leitungen aus Metall wiesen abschnittsweise sehr dickwandige Inkrustationen auf, die den Leitungsquerschnitt nahezu halbierten (Abbildung 1). Eine besondere Herausforderung bei der Pla-

nung und Durchführung der Neuverrohrung war, dass der laufende Produktionsbetrieb durch die Baumaßnahme keinesfalls beeinträchtigt oder gar unterbrochen werden durfte.

Für die neue Kaltwasserverrohrung, die zukünftig weniger anfällig für Ablagerungen sein musste, wurden knapp 500 m Kunststoffverbundrohr in den Dimensionen DN 25 bis DN 65 verwendet. Davon wurden allein 130 m in großer Dimension (DN 65) geplant und installiert. Ein weiterer Vorteil von Kunststoffrohren gegenüber Metallrohren ist, dass sie für den Einsatz in explosionsgeschützten und lösemittelhaltigen Bereichen



Abbildung 1: Inkrustationen im 20 Jahre alten Kühlwasserrohr
Foto: BROCHIER



Abbildung 2: Prüfung des Ventils durch den Projektleiter

Foto: BROCHIER



geeignet sind – und somit auch für die Produktionsstätte von Coates Screen Inks.

Vormontage bei laufender Produktion

Nachdem die Terminplanung fertiggestellt und der zuständige Projektleiter die Schnittstellenkoordination mit anderen Gewerken sowie die Arbeitsvorbereitung abgeschlossen hatte, wurden die neuen Kunststoffrohrleitungen bei laufender Produktion parallel

vormontiert. Im Rahmen des Umschlusses im Juli 2015 wurden diese dann innerhalb eines äußerst knappen Zeitfensters von nur sechs Stunden an einem produktionsfreien Samstag an die Verbraucher angeschlossen.

Die Befestigung der großdimensionierten Rohrleitungen erfolgte mit speziellen statischen Wandauslegern. Anschließend wurden die komplette hydraulische Einregulierung durchgeführt und messtechnische

Zugänge für das künftige Monitoring über Thermometer bzw. Manometer gelegt. Die Montage vor Ort wurde dadurch erschwert, dass die Arbeiten über Hebebühnen in vier Metern Höhe, im Rahmen eines eng gesteckten Zeitplans und im explosionsgeschützten Bereich erfolgen mussten. Die Maßnahme erforderte einen durchschnittlichen Einsatz von vier Monteuren über eine Bauzeit von ca. vier Wochen. ◀



BESUCHEN
SIE UNS AUF DER
ISH
Halle 4.0 Stand E15
Halle 6.0 Stand D08

Die perfekte Lösung für Kühlleitungen im Anlagenbau: Individuell vorgefertigte Verteiler und Sonderbauteile aus PP-R

Wir planen und bauen Ihre Verteiler und Sonderbauteile direkt im Werk, komplett nach Ihren Vorgaben und versenden diese einbaufertig an jeden beliebigen Ort dieser Welt.

- ▶ Zeit- und Kostenersparnis
- ▶ Geprüfte Qualität mit 10 Jahren Garantie
- ▶ Bereitstellung von CAD- und Planungsdaten
- ▶ Industrielle Vorfertigung „Made in Germany“
- ▶ Prozessunterstützung von der Planung bis zur Inbetriebnahme vor Ort



Informieren Sie sich jetzt:
www.aquatherm.de/vorfertigung



Einsatz von dezentralen Ventilatoren zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen

Anlagentechnische Umsetzung und Energieeinsparung

In einem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Forschungsvorhaben wird am Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel untersucht, ob der Stromaufwand zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen reduziert werden kann, wenn die Variabel-Volumenstromregler durch dezentral angeordnete Ventilatoren (dVt-System) ersetzt werden. Hierdurch kann auf die energetisch ungünstige Drosselung verzichtet und die Druckerhöhung zur Luftförderung bedarfsgerecht erzeugt werden. Theoretische Untersuchungen zeigen erzielbare Einsparungen beim Ventilatorstrombedarf von 10 bis 40 %.



Tobias Klimmt M.Eng.,
Wissenschaftlicher
Mitarbeiter,
Fachgebiet
Technische Gebäude-
ausrüstung,
Universität Kassel



Niklas Alsen M.Sc.,
Referent für Techni-
sche Gebäudeaus-
rüstung bei Hochbau-
angelegenheiten
des Landes,
Ministerium
für Bauen, Wohnen,
Stadtentwicklung und
Verkehr des Landes
Nordrhein-Westfalen



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

bereiche und zur bedarfsabhängigen Volumenstromregelung wird die vom zentralen Ventilator erzeugte Druckdifferenz durch Volumenstromregler gezielt abgedrosselt. Durch das Abdröseln wird eine gerade aufgebaute Druckerhöhung wieder „vernichtet“, was energetisch ungünstig ist.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Forschungsprojekts „Einsatz dezentraler Ventilatoren zu Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen“ wird am Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel ein innovativer Ansatz zur Luftförderung

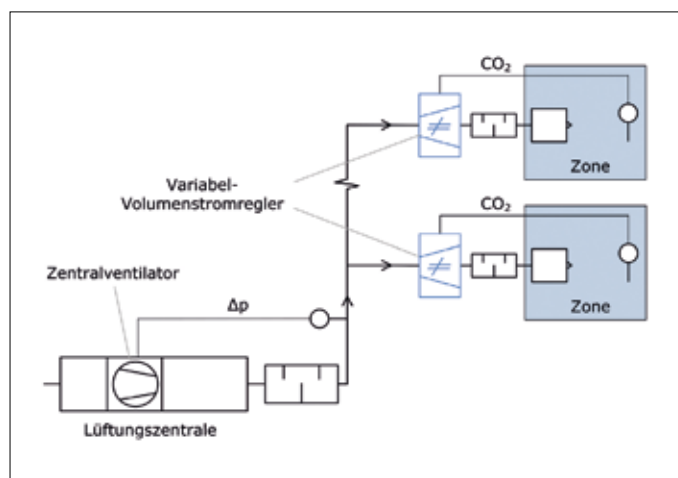


Abbildung 1:
Prinzipschema
einer Variabel-
Volumenstromanlage
mit Volumenstrom-
reglern (VSR-System)
Grafik:
Alsen, Klimmt, Knissel

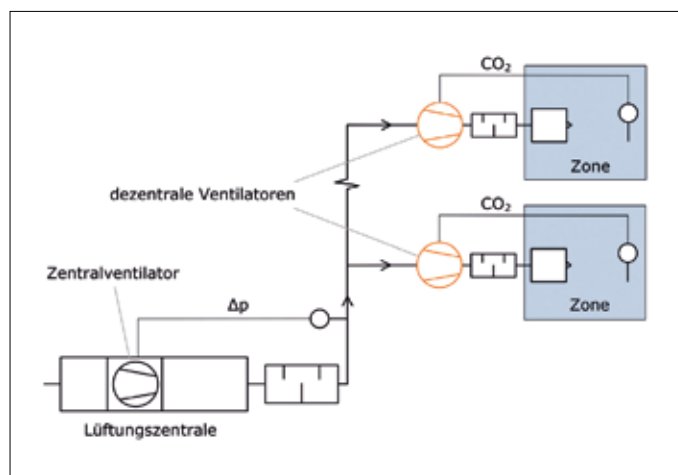


Abbildung 2:
Prinzipschema
einer Variabel-
Volumenstromanlage
mit dezentralen
Ventilatoren
(dVt-System)
Grafik:
Alsen, Klimmt, Knissel

Aktuelle Situation und Problemstellung

Derzeit wird zur Luftförderung in zentralen Lüftungsanlagen üblicherweise ein zentraler Ventilator eingesetzt (Abbildung 1). Dieser erzeugt eine Druckerhöhung, die sich an dem Widerstand des ungünstigsten Stranges orientiert. Zum Aufteilen des Gesamtvolumenstroms auf die einzelnen Gebäude-



Tabelle 1: Übersicht über die untersuchten Systemvarianten des dVt-Systems

Variante	Zu- und Abluftdurchlässe	Position der dezentralen Ventilatoren	Ort der Volumenströmmessung	CO ₂ -Messung	Abbildung
1a	Je Raum	Raumweise	Am Ventilator	Raumweise	3
1b			-		-
1c		Raumweise / Strangweise	-		
2a		Strangweise	Am Ventilator		4
2b			Abluftstrang		-
3	In getrennten Räumen	Raumweise / Strangweise	Im Zuluftstrang	Raumweise	5

untersucht, bei dem eine bedarfsgerechte, raum- bzw. zonenweise Lüftung ohne Drosselung realisiert werden soll. Hierzu werden die Volumenstromregler durch dezentral platzierte Ventilatoren ersetzt. Diese dezentralen Ventilatoren bauen die zur Luftförderung erforderliche Druckerhöhung an dem jeweiligen Ort in der erforderlichen Höhe auf (Abbildung 2). Dadurch kann der elektrische Energieaufwand zur Luftförderung wesentlich reduziert werden.

Der primäre Einsatzbereich des dVt-Systems sind zentrale Lüftungsanlagen insbesondere in Nicht-Wohngebäuden mit bedarfsabhängiger Volumenstromregelung. Das dVt-System kann bei Neubauten und bei der Sanierung von Bestandsgebäuden bzw. deren Lüftungsanlagen eingesetzt werden.

Anlagentechnische Realisierung des dVt-Systems

Die Möglichkeiten der anlagentechnischen Umsetzung des dVt-Systems werden in dem Forschungsvorhaben im Rahmen einer Dissertation untersucht [4]. Ziel ist es,

für unterschiedliche Ausprägungen das Betriebsverhalten und strömungstechnische Besonderheiten des dVt-Systems zu untersuchen. Hierzu werden dynamische Simulationsrechnungen mit dem Programm Dymola/Modelica durchgeführt. Zu untersuchende strömungstechnische Fragen ergeben sich bei folgenden Punkten:

- Aufgrund der Parallelschaltung von Ventilatoren kann ein ungewolltes Ansaugen von Luft aus einem Nachbarraum erfolgen (Fehlströmung).
- Die Betriebspunkte der Ventilatoren sind zu geringeren Druckerhöhungen bei gleichen Volumenströmen verschoben, da ein Teil der Druckerhöhung vom zentralen Ventilator übernommen wird.
- Die Unter- und die Überdrucksituation in den Kanälen ändern sich. Auf der Zuluftseite treten auch Unterdrücke, auf der Abluftseite auch Überdrücke auf.
- Durch offene Innentüren oder Fenster können die Strömungspfade im Gebäude verändert und das geplante Lüftungskonzept beeinträchtigt werden.

Die Simulationen betrachten Ausprägungen des dVt-Systems mit unterschiedlichem Komponentenaufwand. Hierbei spielte die Art der Abluftzone, die Anzahl und Position der dezentralen Ventilatoren und die eingesetzte Messtechnik eine Rolle. Die erstellten Konzepte werden Systemvarianten genannt. Die simulierten Systemvarianten bestehen grundsätzlich aus drei Zuluftsträngen. Jede Systemvariante weist Besonderheiten auf, aus denen grundsätzliche Erkenntnisse über das dVt-System gezogen werden. Insgesamt werden sechs Systemvarianten untersucht (Tabelle 1).

Die drei Hauptvarianten 1a, 2a und 3 werden in den folgenden Abbildungen gezeigt. Dabei wird auf die Darstellung der Lüftungszentrale verzichtet. Bei den Varianten 1 und 2 wird in den Räumen sowohl Zuluft zu- als auch Abluft abgeführt. In Variante 3 ist eine getrennte Abluftzone vorhanden. Die Varianten 1 und 2 unterscheiden sich hauptsächlich in Anzahl und Position der dezentralen Zuluftventilatoren (Abbildungen 3 und 4). In den Untervarianten 1b und 1c wird

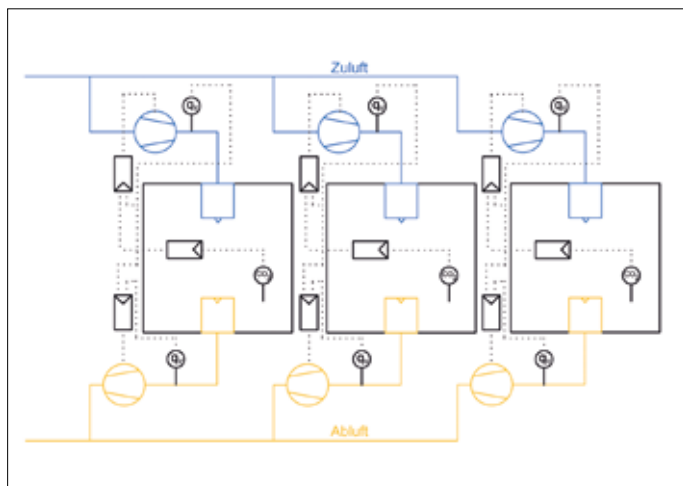


Abbildung 3: dVt-Systemvariante „Einzelraumversorgung (V1a)“

Grafik: Klimmt

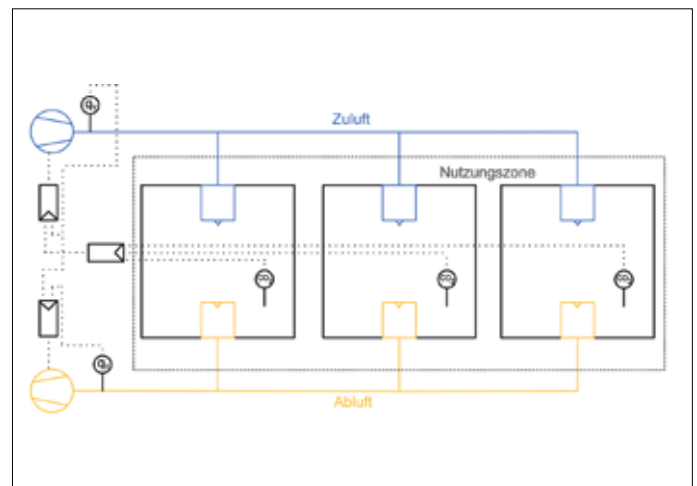


Abbildung 4: dVt-Systemvariante „Raumgruppenversorgung (V2a)“

Grafik: Klimmt

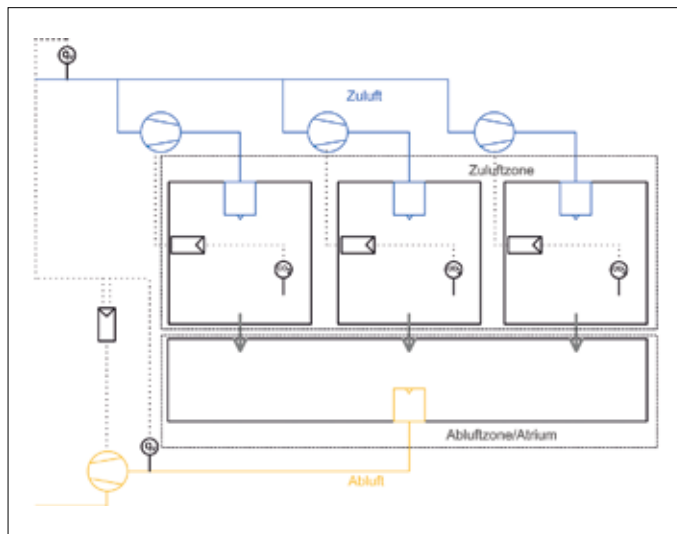


Abbildung 5:
dVt-Systemvariante
„Einzelraumversorgung
mit Überströmung (V3)“
Grafik: Klimmt

untersucht, ob die Regelung der Ventilatoren auch direkt über die CO₂-Konzentration des Raumes erfolgen kann, Variante 1c reduziert zusätzlich die Anzahl der dezentralen Abluftventilatoren. Der Unterschied zwischen Variante 2a und 2b sind Ort und Anzahl der CO₂-Messungen.

Die Variante 1a ist in Abbildung 3 zu sehen. In den drei dargestellten Räumen wird sowohl Zuluft zugeführt als auch Abluft abgeführt. Jeder der Räume verfügt über einen eigenen Zuluftventilator, so dass eine bedarfsgerechte Einzelraumregelung möglich ist. Aus dem CO₂-Raumsignal wird je nach CO₂-Sollwert ein Volumenstromsollwert für den Zuluftventilator generiert. Der Abluftventilator wird so geregelt, dass er den gleichen Volumenstrom wie der Zuluftventilator fördert. Diese Systemvariante hat den größten Komponentenaufwand, weist aber auch eine hohe Betriebssicherheit auf.

In der zweiten Hauptvariante wird die Anzahl der Ventilatoren sowohl auf der Zuluft- als auch auf der Abluftseite reduziert, wie in Abbildung 4 zu sehen ist.

Mit dieser Systemvariante ist es nicht möglich, jeden Raum bedarfsgerecht mit Luft zu versorgen, da ein Zuluftventilator mehrere Räume (hier drei Räume) belüftet. Das hat Auswirkungen auf die Regelung. Der Sollvolumenstrom für den Zuluftventilator wird so gewählt, dass in dem Raum mit der höchsten CO₂-Belastung der CO₂-Sollwert eingehalten wird. Die beiden anderen Räume werden dabei systembedingt mit einem entsprechend erhöhten Volumenstrom beaufschlagt und damit überlüftet. Der Abluftventilator wird wie in der Basisvariante entsprechend dem Zuluftvolumenstrom geregelt.

Vorteil dieser Systemvariante ist die geringere Anzahl an Ventilatoren inklusive der zugehörigen Komponenten. Zudem können

Räume mit ähnlicher Nutzung und geringem Teillastanteil zusammengefasst und so Ventilatoren mit größeren Nennvolumenströmen und höheren Wirkungsgraden eingesetzt werden. Nachteil ist die Überlüftung der Räume, was zu einem erhöhten Stromaufwand für die Luftförderung und im Winter zu geringeren relativen Feuchten führen kann.

Die dritte Hauptvariante unterscheidet sich vor allem in der Art der Abluftzone von den anderen Hauptvarianten.

Die Besonderheit dieser Variante ist die von der Zuluftzone räumlich getrennte Abluftzone. Es findet also eine Überströ-

mung zwischen den Zonen statt. Aus dem CO₂-Raumsignal wird direkt das Stellsignal für den Zuluftventilator generiert. Diese Art der Regelung wird auch in einer Untervariante der Basisvariante getestet. Außerdem wird der Gesamtvolumenstrom der Zuluftseite gemessen. Dieser Volumenstrom wird genutzt, um den Abluftventilator zu regeln. Vorteil dieser Systemvariante ist eine bedarfsgerechte Einzelraumregelung der Zulufräume sowie eine Mehrfachnutzung der Luft durch Überströmung. Nachteil kann eine vermehrte Störanfälligkeit auf geöffnete Innentüren und Fenster sein.

Mit Hilfe der Erkenntnisse aus den Simulationen lassen sich Planungshinweise zu Einsatzmöglichkeiten definieren, aber auch Einsatzgrenzen der Systemvarianten aufzeigen. Zudem können die Anforderungen an die Regelstrategie identifiziert und formuliert werden. Die Systemvarianten sind so gewählt, dass sie die in der Realität am häufigsten vorkommenden Fälle abdecken. Sie können als Bausteine zum Aufbau eines dVt-Systems für ein komplettes Gebäude herangezogen werden.

Energieeinsparung

Die mit dem dVt-System erzielbare Energieeinsparung wird im Rahmen einer weiteren Dissertation [5] am Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel untersucht. Ein Überblick über die verwen-

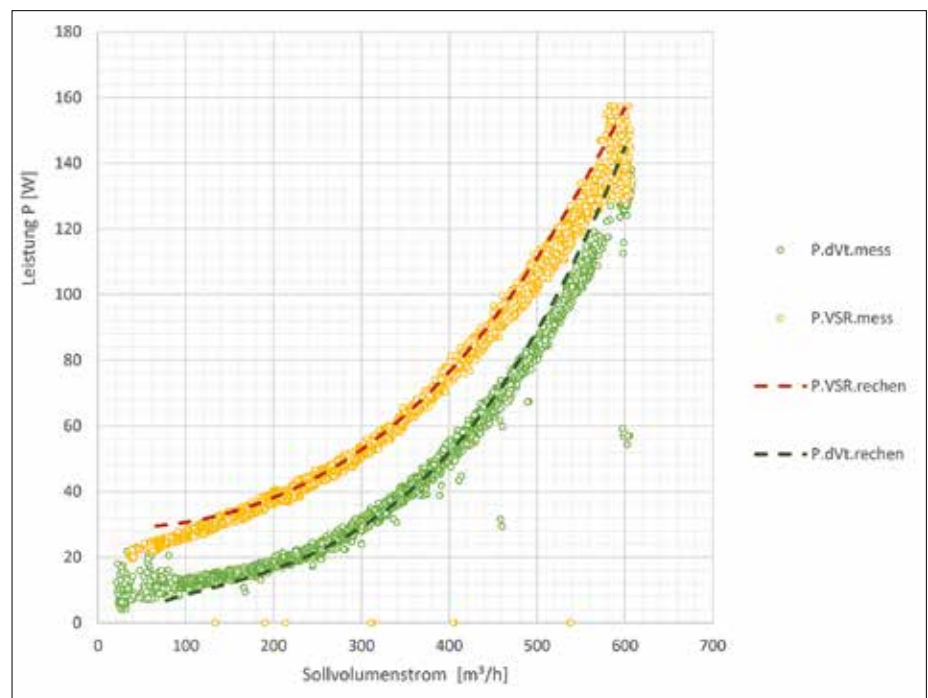


Abbildung 6: Messergebnisse der Ventilatorleistung von VSR-System und dVt-System sowie Vergleich mit berechneten Werten unter Berücksichtigung der realen Leckagevolumenströme und von Auslegungsdrukverlusten
Grafik: Alsen

Frankfurt am Main
14. – 18. 3. 2017

Water. Energy. Life.

Die ISH ist der Hotspot für die technische Gebäudeausrüstung. Nur hier finden Sie effiziente Heizungs-, Klima-, Kälte- und Lüftungstechnik in Kombination mit erneuerbaren Energien. Erleben Sie zukunftsweisende Technologien auf der ISH!

www.ish.messefrankfurt.com



Mit Immobilien Forum
und Gebäude Forum
in Halle 10.3

deten Berechnungsansätze wird in [2] gegeben. Die Validität der Berechnungen zur Ventilatorleistung bei unterschiedlichen Teillastzuständen wird durch den Vergleich mit Messungen an einem zu diesem Zweck errichteten RLT-Versuchsstand überprüft. Hierüber wird in [3] berichtet. Das zentrale Ergebnis zeigt Abbildung 6. Die gelben Punkte sind die gemessenen Ventilatorleistungen für das VSR-System, die grünen Punkte die für das dVt-System. Die gestrichelten Kurven stellen die berechneten Leistungswerte dar.

Es ist zu sehen, dass sowohl für das dVt-System als auch das VSR-System die Berechnungen sehr gut mit den entsprechenden Messungen übereinstimmen. Außerdem wird deutlich, dass das dVt-System insbesondere bei Teillast einen geringeren Ventilatorleistungsbedarf aufweist als das VSR-System. Die energetischen Vorteile des dVt-Systems liegen also insbesondere bei der effizienteren Realisierung von Teillastzuständen. Beim VSR-System ist zu erkennen, dass die Leistungskurve nicht durch den Nullpunkt geht, da für die Aufrechterhaltung des konstanten Vordrucks eine Mindestleistung benötigt wird.

Zur Berechnung des Jahresenergiebedarfs zur Luftförderung werden stündliche Nutzungsprofile erstellt. Diese sind aus den Nutzungsprofilen der DIN V 18599-2011 Teil 10 abgeleitet und bilden die dort definierten Tagesmittelwerte ab. Aus der sich so ergebenden stündlichen Personenbelegung werden Volumenströme und unter Berücksichtigung von typischen Werten von Druckverlust und Ventilatorwirkungsgrad die stündlichen Ventilatorleistungen ermittelt. Durch Summieren aller jährlichen Betriebszustände ergibt sich der Jahresenergiebedarf. Die Berechnungen werden für das VSR-System und das dVt-System durchgeführt und aus der Differenz die mögliche Energieeinsparung bestimmt. Beim VSR-System wird ein System mit konstantem Vordruck angenommen. Eine energieeffiziente Weiterentwicklung ist das VSR-System mit variablem Vordruck. Dieses System ist im Markt aber noch wenig vertreten, weswegen es nicht als Vergleichssystem herangezogen wird.

Die Berechnungen zeigen einen um 10 bis 40% geringeren Energiebedarf zur Luftförderung des dVt-Systems gegenüber dem System mit Variabel-Volumenstromreglern. Die Höhe der Energieeinsparung hängt wesentlich von der Häufigkeitsverteilung der Teillast-Volumenstromanteile während der Nutzungsphase ab. Dies kann sich je nach Nutzungsart stark unterscheiden. Außerdem spielen die Wirkungsgrade der dezentralen Ventilatoren eine entscheidende Rolle. Da

die Wirkungsgrade für kleine Ventilatoren abnehmen, sollten die dezentralen Ventilatoren einen Mindestnennvolumenstrom von 300 m³/h bis 500 m³/h aufweisen.

Die Energieeinsparungen von 10% treten bei Räumen mit Gruppenbüroanutzung auf, die eher wenig Teillastzustände und eher kleine dezentrale Ventilatoren haben. Bei Hörsaalnutzung mit vielen Teillastzuständen und großen dezentralen Ventilatoren ist eine Einsparung von etwa 40% möglich. Positiv für das dVt-System wirkt sich die neue Generation der Axial-Rohrventilatoren mit EC-Motoren aus, da diese vom Betriebspunkt gut zum dVt-System passen und im kleinen Leistungsbereich vergleichsweise hohe Wirkungsgrade aufweisen.

Hinweise zur Wirtschaftlichkeit

Um Aussagen zur Wirtschaftlichkeit des dVt-Systems treffen zu können, müssen neben der Energiekosteneinsparung auch Investitions- und Wartungskosten betrachtet werden. Investive Mehrkosten entstehen durch gegebenenfalls erforderliche zusätzliche Schallschutzmaßnahmen und Absperrklappen. Einsparungen ergeben sich durch teilweise geringere Kosten der dezentralen Ventilatoren gegenüber den Variabel-Volumenstromreglern. Da die Investitionskosten entscheidend von den gewählten Systemvarianten abhängen und das dVt-System in der Form noch nicht am Markt erhältlich ist, können zu Mehr- oder Minderkosten noch keine verlässlichen Aussagen getroffen werden. Vermutlich halten sich Mehr- und Minder-

kosten aber etwa die Waage bzw. lassen sich Investitionsmehrkosten beim dVt-System durch die Energiekosteneinsparung amortisieren. Im Bereich der Wartungskosten ist beim Einsatz von dezentralen Ventilatoren nach aktuellem Wissensstand mit einem ähnlichen Kostenaufwand wie beim VSR-System zu rechnen.

Die Wirtschaftlichkeit wird wesentlich von der Energiekosteneinsparung beeinflusst. Können nennenswerte Energiekosteneinsparungen erzielt werden, wird das dVt-System voraussichtlich wirtschaftlich sein.

Ausblick

Nachdem die Funktionsweise und das Einsparpotenzial anhand eines physikalisch-mathematischen Modells sowie anhand von messtechnischen Untersuchungen unter Beweis gestellt wurden, wird das dVt-System aktuell in der bestehenden Lüftungsanlage des Zentrums für umweltbewusstes Bauen (ZUB) eingesetzt. Dadurch werden erste Erfahrungen im praktischen Betrieb gesammelt. Mit Abschluss des Forschungsprojekts werden die Erkenntnisse und Erfahrungen in einem Planungsleitfaden veröffentlicht und bekannt gemacht.

Förderung und Projektpartner

Das Forschungsprojekt wird unter Leitung des Fachgebiets Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel gemeinsam mit folgenden Partnern durchgeführt:

- ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG,
- Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP),
- innovaTec Energiesysteme GmbH.

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Gefördert wird das Projekt (FKZ: 03ET1200A) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags.

Literatur

- [1] DIN V 18599-3: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung. Ausgabe 2011-12-00.
- [2] Alsen N., Klimmt T., Knissel J.: Dezentrale Ventilatoren in zentralen raumlufttechnischen Anlagen - Berechnungen zur energetischen Vorteilhaftigkeit. In: GI - GebäudeTechnik|Innenraum Klima 01/2015, München, 2015.
- [3] Alsen N., Klimmt T., Knissel J.: Dezentrale Ventilatoren in zentralen raumlufttechnischen Anlagen - Messtechnische Validierung berechneter Ventilatorleistung; in CCI-Dialog vom 27.01.2016.
- [4] Klimmt, T: Entwicklung von Anlagenkonzepten zur Volumenstromregelung mittels dezentralen Ventilatoren in zentralen Lüftungsanlagen; Dissertation am Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel; noch unveröffentlicht.
- [5] Alsen, N.: Energetische und wirtschaftliche Bewertung von dezentralen Ventilatoren in zentralen Lüftungsanlagen; Dissertation am Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel; noch unveröffentlicht.

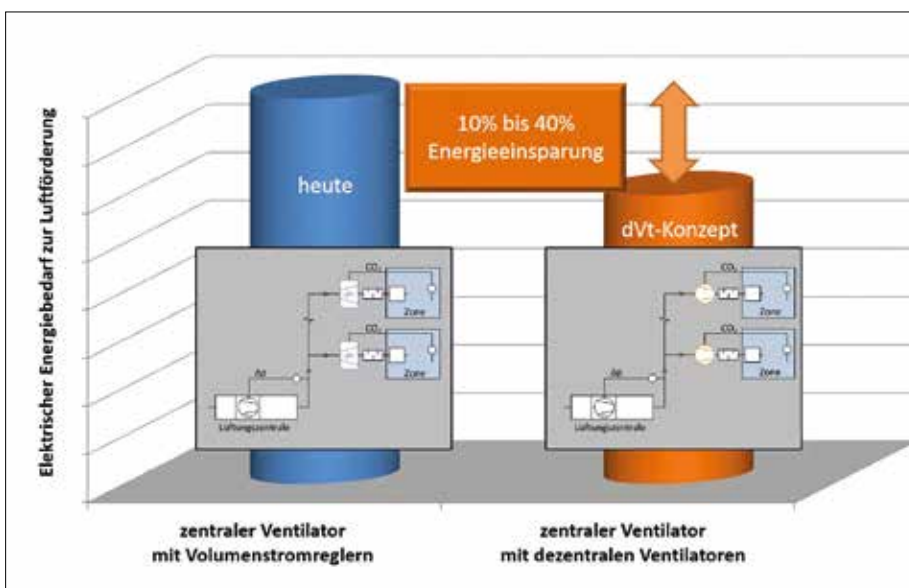


Abbildung 7: Elektrischer Energiebedarf zur Luftförderung bei Variabel-Volumenstromanlagen

Grafik: Alsen, Klimmt, Knissel



1966 - 2016

**TREUE ZUM HANDWERK:
IN DER VERGANGENHEIT,
DER GEGENWART UND DER ZUKUNFT!**

www.gc-gruppe.de



Abbildung 1:
Bei der Planung und Auslegung von Trinkwasserinstallationen in der Stockwerksverteilung spielt die Wahl der richtigen Installationsart eine wichtige Rolle. Grafik: Uponor GmbH, Haßfurt

Ringleitungen in der Stockwerksinstallation

Hygienisch und hydraulisch optimale Trinkwasserverteilung

Bei der Planung und Installation von Trinkwasserleitungen in Stockwerksinstallationen steht die Vermeidung von Stagnation als größtes Risiko für die Verkeimung im Fokus. Dabei spielen möglichst geringe Rohrdimensionen sowie niedrige Druckverluste eine wichtige Rolle. Die Wahl der richtigen Installationsart hat auf diese Faktoren einen entscheidenden Einfluss. Insbesondere Ringleitungen stellen unabhängig vom Nutzerverhalten einen vollständigen Wasseraustausch sicher und erfüllen damit die Hygieneanforderungen der VDI 6023 sowie die in der VDI 6003 genannten Komfortkriterien.



Dipl.-Ing. Matthias Hemmersbach,
Area Application Manager D/A/CH,
Uponor GmbH, Haßfurt

An die Qualität des Trinkwassers als wichtigstes Lebensmittel werden in Deutschland höchste Ansprüche gestellt. Neben Hauseigentümern oder Betreibern tragen vor allem Planer und SHK-Installateure die Verantwortung dafür, dass das Trinkwasser an jeder Zapfstelle eines Gebäudes den chemischen und mikrobiologischen Anforderungen der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) ent-

spricht. Maßgeblich dafür sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik, die sich im Wesentlichen aus der TrinkwV, der DIN 1988-100 bis 600 „Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen“ sowie der VDI-Richtlinie 6023 „Hygiene in der Trinkwasserinstallation“ ergeben.

Bei der Planung und Auslegung von Trinkwasserinstallationen in der Stockwerksverteilung gilt das Hauptaugenmerk der Vermeidung von Stagnation. Damit sich Keime gar nicht erst bilden können, muss ein regelmäßiger Wasseraustausch in allen Leitungsteilen sichergestellt werden. Neben der Leitungsführung ist hier das Wasservolumen in den Rohrleitungen eine wesentliche Einflussgröße. So fordert etwa die VDI 6023, dass Überdimensionierungen sowohl bei Trinkwasserleitungen als auch bei Trinkwasserspeichern und Apparaten zu vermeiden sind.

Dies ist auch eines der Hauptziele der DIN 1988-300, die Vorgaben zur Ermittlung

der Rohrdurchmesser in Trinkwasserinstallationen macht. In der aktuellen Ausgabe sollen eine Absenkung der Spitzenvolumenströme sowie die Verwendung produktspezifischer Mindestfließdrücke und Druckverlustbeiwerte dazu beitragen, dass der Wasseraustausch optimiert und das Trinkwassersystem weniger stagnationsanfällig wird. So wurde etwa der Spitzenvolumenstrom gegenüber der Vorgängernorm DIN 1988-3 erheblich reduziert.

Ringleitungen - sicher und flexibel

Neben der Frage der Dimensionierung treten aber noch zwei weitere Hygieneaspekte in den Vordergrund: der optimale Wasseraustausch und damit die Vermeidung von Stagnation als größtes Verkeimungsrisiko in der Trinkwasserinstallation sowie die Temperaturhaltung für Kalt- und Warmwasser. Wie diese Ziele konkret erreichbar sind, sagt die VDI 6023 zwar nicht. Allerdings können



die Auswahl der Installationsart und die Dimensionierung in Anlehnung an die Forderungen auf die folgenden Punkte heruntergebrochen werden:

- a) Druckverluste reduzieren und damit
- b) kleinere Rohrdurchmesser und Wasservolumen ermöglichen,
- c) sicher für den Wasseraustausch in allen Leitungsteilen sorgen und
- d) die Temperaturhaltung in Kalt- und Warmwasser sicherstellen.

Bei der Druckverlustoptimierung zeigt sich, dass die alleinige Fokussierung auf Zeta-Werte einzelner Installationssysteme nicht zu dem Ziel führt, optimale Rahmenbedingungen für einen häufigen Wasseraustausch zu schaffen. Das größere Optimierungspotenzial liegt stattdessen in der Auswahl einer geeigneten Installationsart.

Zur Absicherung des Wasseraustauschs ist hier das Durchschleifen der Entnahmestellen mithilfe sogenannter U-Wandscheiben einer Einzelzuleitung mit T-Stück-Installation vorzuziehen. Auf diese Weise wird Stagnation in den Teilstücken vor selten genutzten Entnahmestellen sicher vermieden. Insbesondere Ringleitungen bieten hier große Vorteile, weil unabhängig vom jeweiligen Verbraucher immer das gesamte Stockwerks-Leitungssystem durchströmt wird (Abbildung 2). Im Gegensatz zur Durchschleif-Reiheninstallation muss also nicht darauf geachtet werden, dass sich die am häufigsten genutzten Entnahmestellen immer am Strangende befinden.

Bei Ringleitungen ist es dagegen völlig egal, welche Armatur häufig und welche eher selten betätigt wird, denn das Wasservolumen wird mithilfe von U-Wandscheiben immer voll ausgetauscht – ohne Stagnationszonen. Auch installationstechnisch hat die Ringleitung Vorteile, da die Anordnung der Entnahmestellen und die mögliche Reihen-

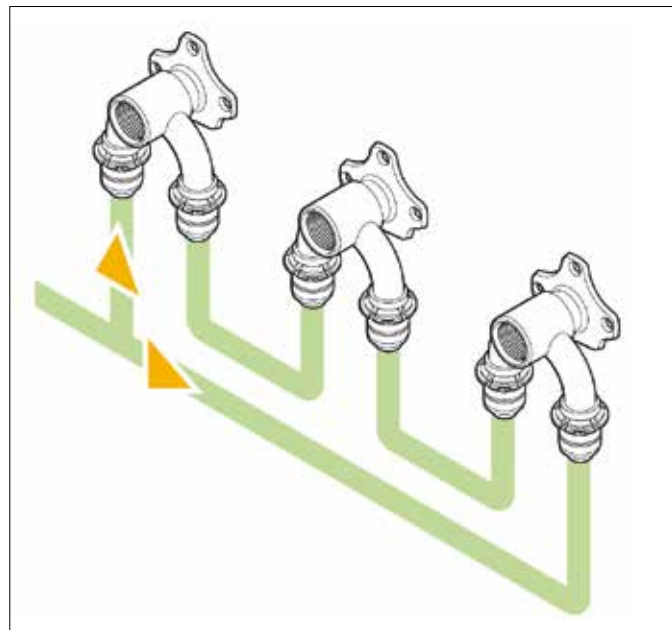


Abbildung 2: Durchschleif-Ring-Installationen sorgen bei niedrigen Druckverlusten und einem geringen Wasserinhalt für die vollständige Durchströmung des Leitungssystems. Foto: Uponor GmbH, Haßfurt

folge der Anschlüsse im Ring ohne Belang sind. Gegenüber der klassischen T-Stück- oder der Durchschleif-Reiheninstallation besteht damit das geringste Stagnationsrisiko. Dazu kommt der Vorteil der höheren Versorgungssicherheit. Wenn beispielsweise abweichend von den geplanten Duscharmaturen nachträglich ein Modell mit deutlich größeren Zapfmengen installiert wird, z. B. eine „Rainshower-Brausearmatur“, stehen hier mehr Druckreserven zur Verfügung, um den erhöhten Spitzenbedarf abzudecken.

Installationsarten im Vergleich

Die Auswirkungen der drei genannten Installationsarten auf der Warmwasserseite sollen im Folgenden anhand eines Vergleichsbeispiels betrachtet werden. Ein wesentliches Kriterium ist dabei der Warmwasserinhalt. Dieser spielt für die Temperaturhaltung

im Trinkwassersystem eine wichtige Rolle. Denn gemäß dem DVGW-Arbeitsblatt W 551 sind Warmwasser-Stockwerks- und Einzelzuleitungen mit einem Wasservolumen von mehr als 3 Litern bis zum ungünstigsten Fließweg mit einer Zirkulation bis zur Entnahmestelle auszustatten. Gleichzeitig müssen die vertraglich zu vereinbarenden Komfortkriterien für die Warmwasserbereitstellung berücksichtigt werden – entsprechend der VDI-Richtlinie 6003.

Grundlage für die Berechnungen ist eine typische Mehrfamilienhaus-Stockwerksinstallation mit einem Bad und benachbarter Küche. Hierfür wurde die Warmwasserverteilung jeweils als T-Stück-, Durchschleif-Reihen- sowie als Durchschleif-Ringinstallation nach den Regeln der DIN 1988-300 dimensioniert (Abbildungen 3 bis 5). Für alle Varianten liegt der gleiche Druck an den Stockwerksabsperren an, sodass die Ergebnisse direkt miteinander verglichen werden können. Als ungünstigster Fließweg in der Installation ergibt sich die Dusche. Diese bietet sich daher an, um die Auswirkungen der einzelnen Installationsarten hinsichtlich der Stagnation zu verdeutlichen.

Die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen wurden in Tabelle 1 zusammengestellt. Den größten Warmwasserinhalt in Bezug auf die Stockwerksinstallation hat hier mit 3,0 Litern die Durchschleif-Reiheninstallation. Dies liegt vor allem an den hohen Druckverlusten, die eingangsseitig größere Rohrdimensionen erforderlich machen. Bemerkenswert ist, dass die Ringleitung nahezu denselben Wert erreicht wie die T-Stück-Installation. Die Aufteilung des

Tabelle 1: Ergebnisse der Vergleichsrechnungen zur Warmwasserverteilung

Installationsart	T-Stück	Durchschleif-Reihenleitung	Durchschleif-Ringleitung
Druckbedarf einschl. Mindestfließdruck der Duscharmatur	1364 mbar	1619 mbar	1364 mbar
Warmwasserinhalt der Stockwerksinstallation	2,1 Liter	3,0 Liter	2,2 Liter
Warmwasserinhalt im Fließweg zur Dusche	1,6 Liter	2,2 Liter	2,2 Liter
Bei Nutzung der Dusche stagnierender Wasserinhalt	0,5 Liter	0,9 Liter	keiner
Ausstoßzeit Warmwasser 42 °C gem. VDI 6003	12 Sekunden	15 Sekunden	15 Sekunden

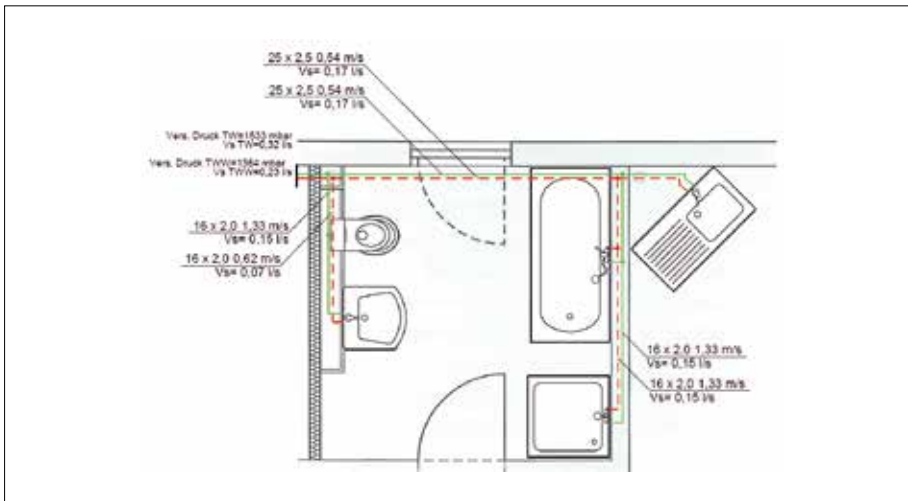


Abbildung 3: Ein typisches Bad mit angrenzender Küche im Mehrfamilienhaus. In diesem Beispiel kommt die T-Stück-Installation zum Einsatz – aus hygienischer Sicht nicht immer die optimale Lösung.

Grafik: Uponor GmbH, Haßfurt

Volumenstroms auf zwei Fließwege ermöglicht hier die kleinsten Rohrquerschnitte und damit einen Warmwasserinhalt von deutlich unter 3 Litern.

Damit werden bei der Durchschleif-Ringinstallation selbst für die hier zugrunde gelegte Vollausrüstung die Anforderungen des DVGW-Arbeitsblatts W 551 eingehalten und ein Einschleifen der Zirkulationsleitung vermieden. Dementsprechend muss auch nicht mehr für eine thermische Entkopplung der kalt- und warmgehenden Leitungen gesorgt werden, um eine Verkeimung der Installation durch Erwärmung von Kaltwasser über 25 °C zu verhindern.

Im Gegensatz zu den beiden anderen Alternativen kommt es bei der Ringleitung auch bei der Nutzung der Dusche als ungünstigsten Fließweg zu keinerlei Stagnation in der Verteilung. Damit handelt es sich hier eindeutig um die hygienisch beste Installationsart. Gleichzeitig werden auch die Komfortkriterien für die Warmwasserbereitstellung jederzeit erfüllt. Wie die Berechnung der Ausstoßzeiten gemäß der VDI 6003 zeigt, ergeben sich gegenüber der T-Stück-Installation und der Reihenleitung keine signifikanten Unterschiede.

Fazit

Dass sich das Wasservolumen in der Stockwerks-Ringleitung aufgrund geringerer Druckverluste und kleinerer Rohrdimensionen gegenüber der Durchschleif-Reiheninstallation in der Etage verringert, kann an diesen konkreten Beispielen belegt werden. Das gilt insbesondere auch im Vergleich zur T-Stück-Installation. Das Ziel einer Rohrnetzprojektierung sollte deshalb immer sein, durch kleinstmöglich dimensionierte Ringleitungen das Wasservolumen möglichst gering zu halten.

Ein weiterer wichtiger Vorteil der Durchschleif-Ringinstallation liegt in der Flexibilität der Nutzung. Das Warmwasservolumen wird immer voll ausgetauscht, egal welche Warmwasser-Armatur betätigt wird. Es gibt keinerlei Stagnationszonen, sodass hier das geringste Verkeimungsrisiko besteht. Die Durchschleif-Ringinstallation entspricht damit den Anforderungen der VDI 6023 nach geringen Wasserinhalten und einem möglichst guten Wasseraustausch. Daneben kann das Einschleifen von Zirkulationsleitungen, und damit eine Erwärmung von Kaltwasserleitungen durch parallel laufende Zirkulationsleitungen, vermieden werden. ◀

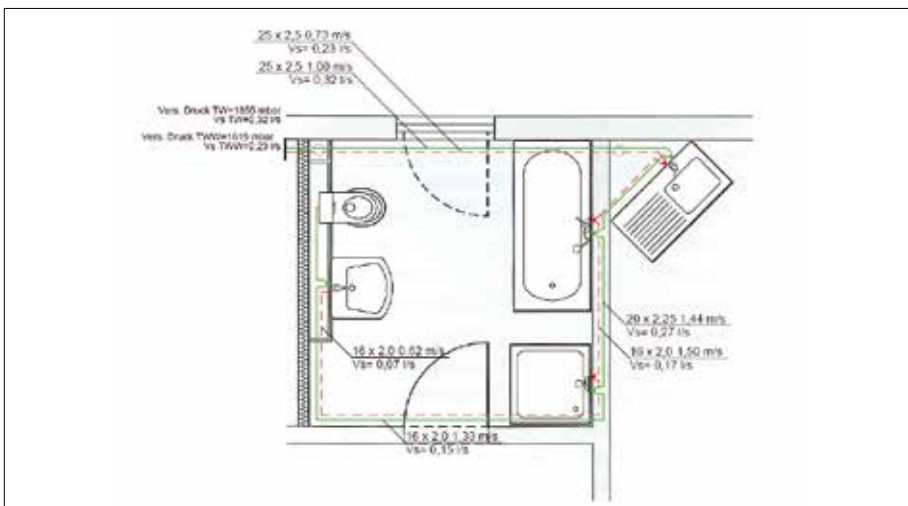


Abbildung 4: Durchschleif-Reiheninstallationen sollten eher bei einer geringen Anzahl von Zapfstellen und einer möglichst genauen Definition der Hauptverbraucher eingesetzt werden.

Grafik: Uponor GmbH, Haßfurt

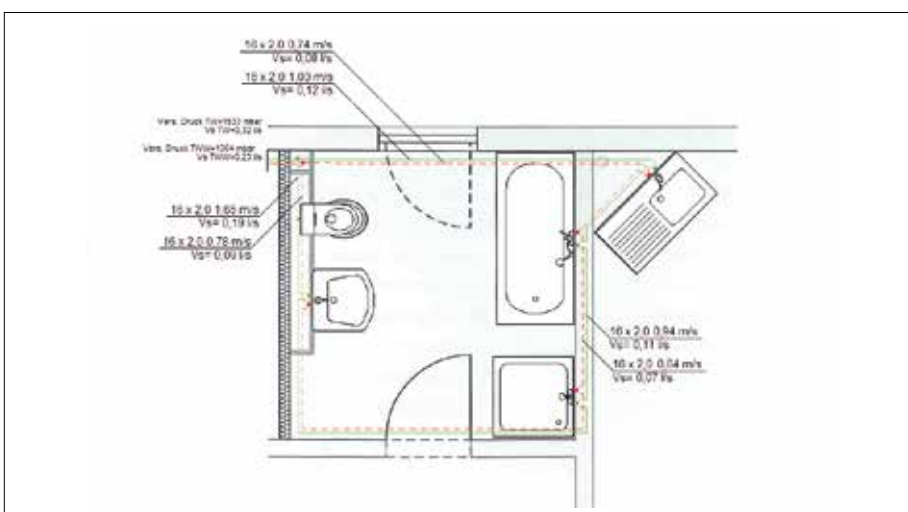


Abbildung 5: Der häufig geäußerte Vorbehalt gegenüber Durchschleif-Ringinstallationen, dass diese den Wasserinhalt in der Stockwerksleitung auf über 3 l erhöhen und damit das Einschleifen der Zirkulation notwendig wird, ist bei näherer Betrachtung falsch.

Grafik: Uponor GmbH, Haßfurt



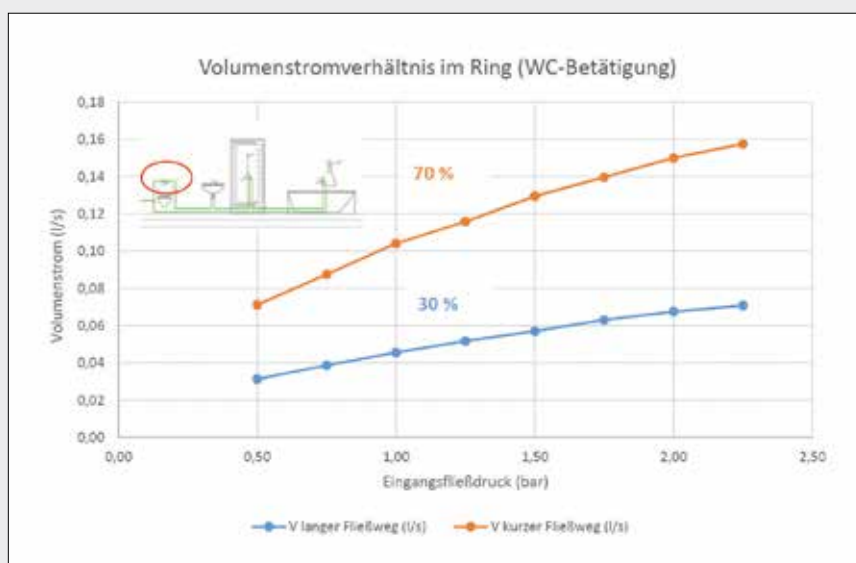
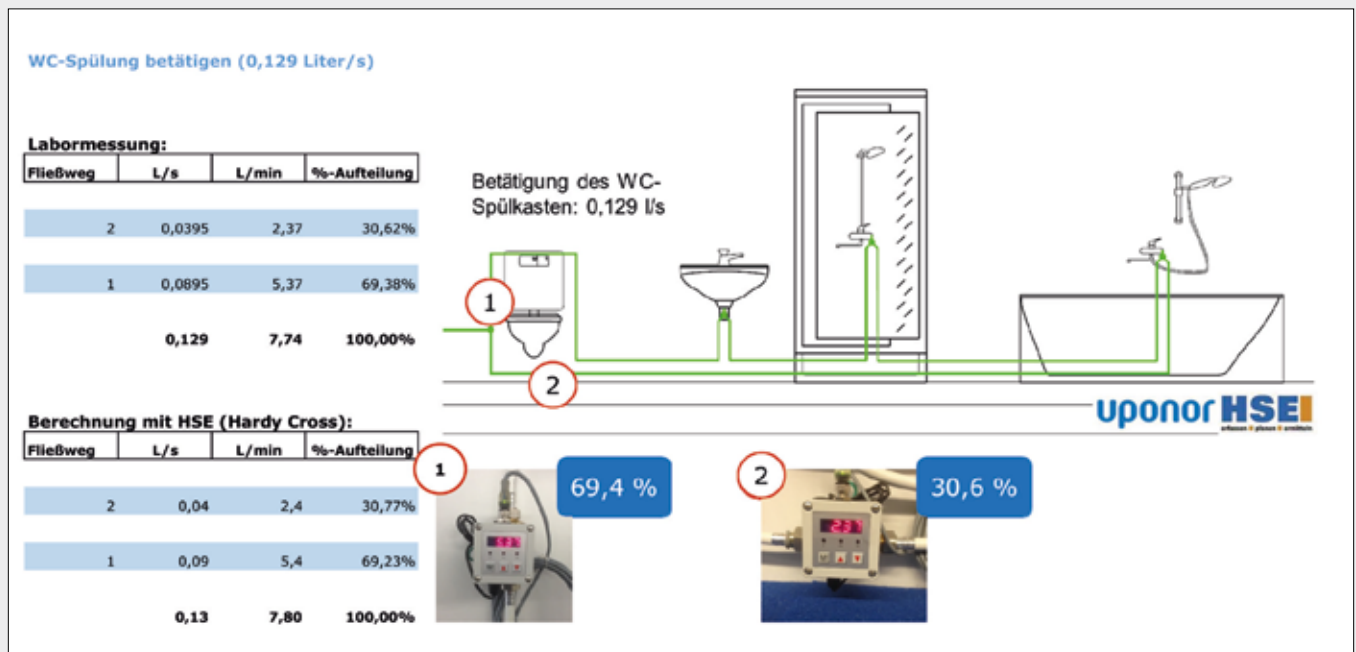
Volumenströme in der Ringleitung

Zur Bemessung von Trinkwasser-Ringleitungen empfiehlt die DIN 1988-300 die Anwendung des Hardy-Cross-Verfahrens. Dabei handelt es sich um eine iterative Berechnungsmethode, mit der die Ringvolumenströme ermittelt und damit der Ring dimensioniert werden können. Moderne Planungsprogramme verfügen darüber hinaus über eine Funktion zur Strömungssimulation einzelner Entnahmestellen, beispielsweise die Uponor HSE-Planungssoftware. Dabei können einzelne Verbraucher komfortabel zu- und abgeschaltet werden.

So soll beispielsweise für die in Abbildung 6 gezeigte Stockwerksinstallation untersucht werden, ob die Leitung auch bei Betätigung des WC-Spülkastens, der relativ nah am Einspeisepunkt des Ringes liegt, noch komplett durchspült wird. Die Aufteilung der Volumenströme im Ring ergibt sich zu etwa 70 % (0,09 l/s) über den kurzen Leitungsweg zum WC und zu etwa 30 % (0,04 l/s) über den längeren Fließweg (Badewanne, Dusche, Waschtisch bis zum WC). Bei ei-

ner Spülkastenbetätigung mit 4 Litern Spülvolumen wird auch im hydraulisch ungünstigeren, längeren Fließweg der Wasserinhalt (1,2 Liter) komplett ausgetauscht.

Um die Berechnungsergebnisse zu validieren, wurde die Installation im Laborversuch mit exakt gleichen Rohrlängen, Fittings und Entnahmestellen nachgebaut und hydraulisch vermessen. Hierzu wurden in beiden Fließwegen Ultraschall-Volumenstrom-Messgeräte installiert und verschiedene Zapfvorgänge mit unterschiedlichem Vordruck untersucht. Dabei wurde eine Zapfmenge von 0,129 l/s für den Spülkasten eingestellt. Die Aufteilung der Volumenströme in der Messung entspricht mit 69,4/30,6% recht genau der Berechnung nach dem Hardy-Cross-Verfahren in der HSE-Software. Wie die Durchflusskennlinie (Abbildung 7) zeigt, bleibt die Aufteilung der Volumenströme selbst bei sehr geringem Vordruck überaus konstant.



▲ Abbildung 6: Die Beispielinstallation kann durchgehend in der kleinstmöglichen Rohrdimension 16 x 2 mm ausgeführt werden. Damit ergibt sich mit nur 2,1 Litern ein sehr geringer Wasserinhalt bei gleichzeitig geringem Druckverlust. Alle Leitungsteile werden optimal durchströmt.
Grafik: Uponor GmbH, Haßfurt

◀ Abbildung 7: Volumenstrom-Kennlinie für den Zapfvorgang in Abhängigkeit des Vordrucks. Die Aufteilung der Volumenströme innerhalb des Ringes bleibt weitgehend konstant.
Grafik: Uponor GmbH, Haßfurt

Neue Methode zur Beurteilung der Verschmutzungsneigung von Zuluft-Schlitzdurchlässen

Schlitzdurchlässe sind bei vielen Architekten und Planern beliebt, weil diese sich unauffällig in die Decke einbauen lassen und sich deshalb gut in die Raumgestaltung integrieren. Mit den hoch-induzierenden Luftdurchlässen lässt sich eine Mischlüftung für klimatisierte Räume gut darstellen. Allerdings verursacht ein Schlitzdurchlass in seinem Nahbereich Verschmutzungen an Deckenoberflächen, die an hellen Decken besonders auffallen und als störend empfunden werden. Im Rahmen der Entwicklung eines neuen „cleanen“ Schlitzdurchlasses wurde eine Methode konzipiert, mit der die Verschmutzungsneigung verschiedener Durchlässe quantitativ verglichen und beurteilt werden kann.



Christian Kampers
M.Sc.,
Masterstudent
bei der TROX GmbH
zum Thema
„Experimentelle und
numerische Unter-
suchung eines
Schlitzdurchlasses“



Dipl.-Ing.
Thomas Wolters,
Leiter Forschung
& Entwicklung /
Manager Research
& Development,
TROX GmbH

entwickelten Versuchsmethoden verwendeten Indikatorpartikel, die mit erhöhter Konzentration in einen Versuchsraum oder in die Zuluft geleitet werden und sich an der Decke in der Nähe eines Schlitzdurchlasses absetzen sollen. Bei den Indikatorpartikeln handelte es sich um teilweise toxische Substanzen, die sich nur bedingt wie realer Staub verhalten (Sprühfarbe, Ammoniak, Kalkstaub, Fluoreszin-Natrium oder Kochsalz).² Besser geeignet ist der genormte Test-Staub nach ASHRAE 52.1-1992. Dieser ist durch seine schwarze Farbe (Ruß) gut analysierbar und eignet sich deshalb hervorragend als Indikatormedium.

Quantitative Beurteilung der Verschmutzungsneigung

Bei dem entwickelten Messverfahren handelt es sich um eine partikelbasierte und

zeitraffende Methode zur Verschmutzung mit anschließender fotografischer Analyse. Bei dieser Analyse werden die Kennzahlen „Kontrast“ und „Verschmutzungsgrad“³ ermittelt, die die Verschmutzungsneigung der Schlitzdurchlässe quantitativ reproduzierbar charakterisieren.

Die Verschmutzungs-Messung erfolgt mit Hilfe des in Abbildung 1 schematisch dargestellten Prüfstands. Für den Staubeintrag in den Versuchsraum wird ein Staubaufgabegerät nach DIN EN 779 (2012-10) verwendet. Die emittierten Partikel werden von der Strömung mitgetragen und lagern sich teilweise am Durchlass sowie an dem dort angebrachten Trägerpapier ab. Alle Versuche werden unter gleichen Randbedingungen durchgeführt und die Fotos unter gleichen Aufnahmebedingungen mit derselben Kamera erstellt.

Schlitzdurchlässe in Decken sind für eine Mischlüftung in klimatisierten Räumen gut geeignet. Allerdings entstehen im Nahbereich der Schlitzdurchlässe Verschmutzungen an Deckenoberflächen. In der Literatur herrscht Einigkeit darüber, dass die zur Verschmutzung führenden Partikel aus der Raumluft und nicht aus der Zuluft stammen.¹ Diese wird über Filtersysteme hinreichend gefiltert, so dass nur sehr geringe Partikelkonzentrationen emittiert werden.

Untersuchungen der Verschmutzungsneigung

Bereits Mitte der 1990er-Jahre wurde die Verschmutzungsneigung von Schlitzdurchlässen eingehend untersucht. Alle bisher

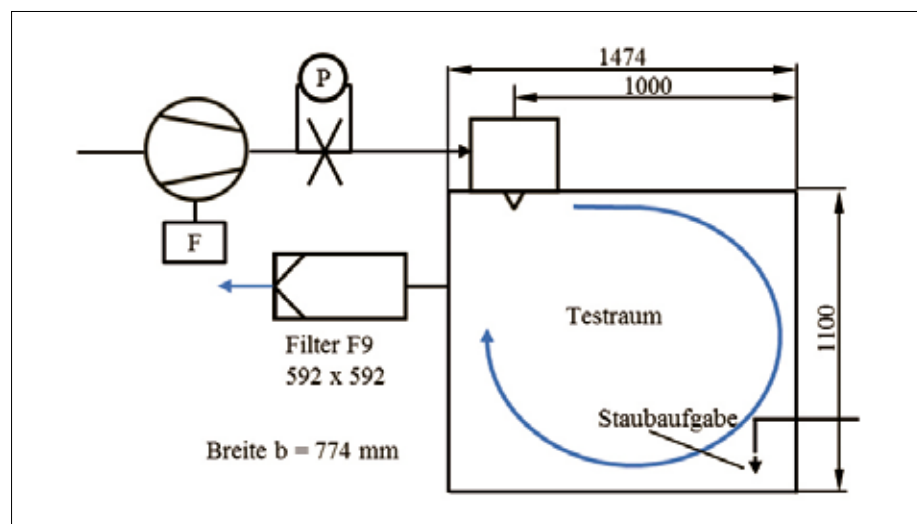


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Verschmutzungsprüfstands

Grafik: Christian Kampers



Die Auswertung

Es ergeben sich die in Abbildung 2 dargestellten Verschmutzungsbilder für drei untersuchte Schlitzdurchlässe. Dabei handelt es sich um eine Neuentwicklung der Firma TROX sowie zweier Vergleichsprodukte.

Zur Berechnung der Kennzahlen werden Grauwertmatrizen benötigt, mit denen der Grauwert jedes Pixels des Fotos örtlich ausgegeben werden kann.

Ausgewertet wird der Nahbereich des Schlitzdurchlasses auf Trägerpapier, das flächig vor dem Schlitzdurchlass angebracht wird. Im Fernbereich sind keine eindeutigen Schmutzfahnen erkennbar, sondern nur ein gleichmäßiger Grauschleier, der unter der Decke im Anwendungsfall als sauber empfunden werden würde.

Die Aluminiumrahmenprofile der untersuchten Durchlässe haben unterschiedliche Reflexionseigenschaften und werden deshalb nicht quantitativ ausgewertet. Eine Beurteilung der Verschmutzung kann in diesem Bereich lediglich visuell erfolgen.

Die Ergebnisse

Eine Verschmutzung der Aluminiumrahmenprofile ist in unterschiedlicher Ausprägung insbesondere hinter Verstrebungen des Luftlenkprofils zu erkennen.

Für einen besseren Eindruck der Verschmutzung kann ein Grauwertverlauf erstellt werden. Abbildung 3 zeigt den Grauwertverlauf über die Durchlasslänge von 600 mm im Abstand von 1,5 mm zum Rahmenprofil auf dem Trägerpapier.

Der maximale Grauwert liegt bei 255 und beschreibt reines Weiß, das theoretisch einem sauberen Trägerpapier entspräche. Unter den gegebenen Aufnahmebedingungen wird aber ein Grauwert von 200 als „sauber“ definiert. Je niedriger der Grauwert ist, desto mehr ist das Papier verschmutzt – je größer die Schwankungen der Grauwerte sind, desto eindeutiger sind Schmutzfahnen zu erkennen wie beim Schlitzdurchlass 1. Geringere Schwankungen deuten auf eine gleichmäßigere Schmutzverteilung hin, die durch die Kennzahlen genauer analysiert werden können.

Der Verschmutzungsgrad

Der Verschmutzungsgrad V_g beschreibt die prozentuale Abweichung des gemessenen mittleren Grauwerts des ausgewerteten Gebiets vom maximal möglichen Grauwert. Das heißt, der Verschmutzungsgrad beschreibt das absolute Verschmutzungsniveau, ohne jedoch die Verteilung der Verschmutzung über die Länge zu berücksichtigen.

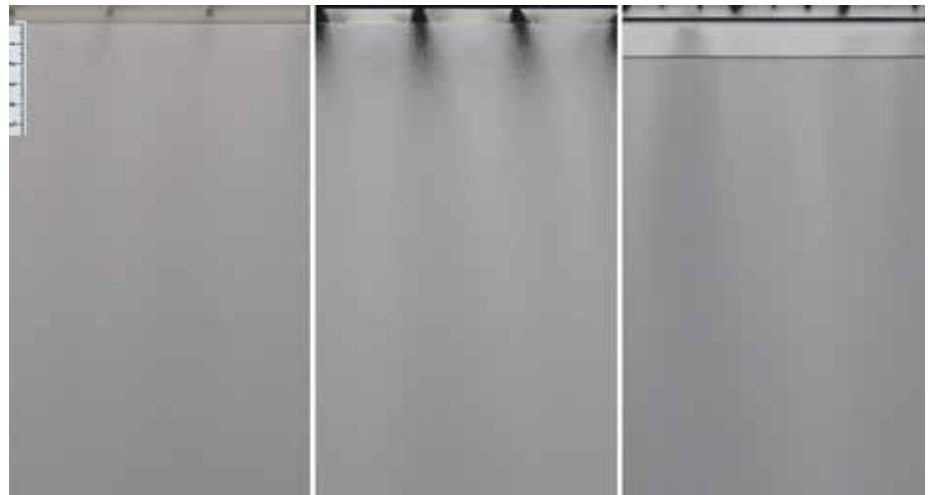


Abbildung 2: Verschmutzung der Schlitzdurchlässe: links Neuentwicklung TROX, mittig Schlitzdurchlass 1, rechts Schlitzdurchlass 2
Foto: Christian Kampers

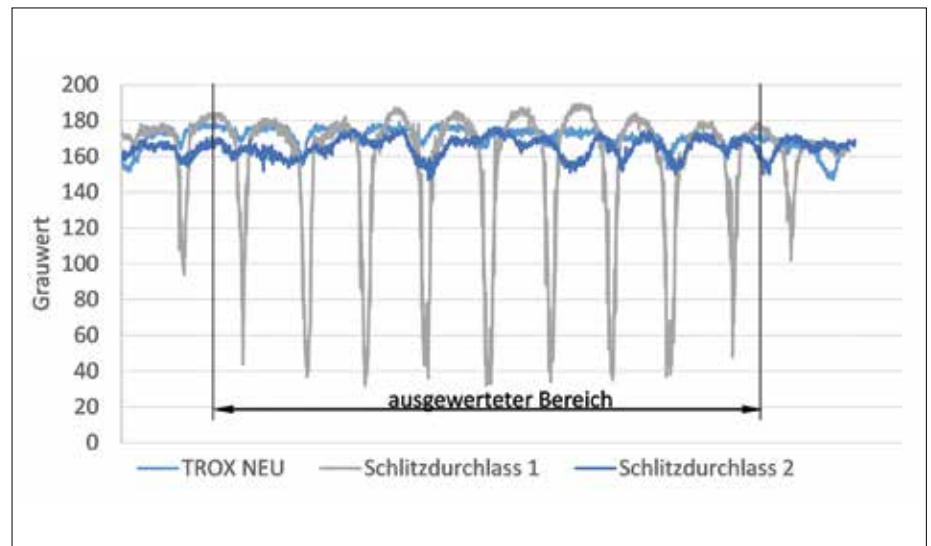


Abbildung 3: Grauwertverlauf über die Schlitzdurchlassbreite
Grafik: Christian Kampers

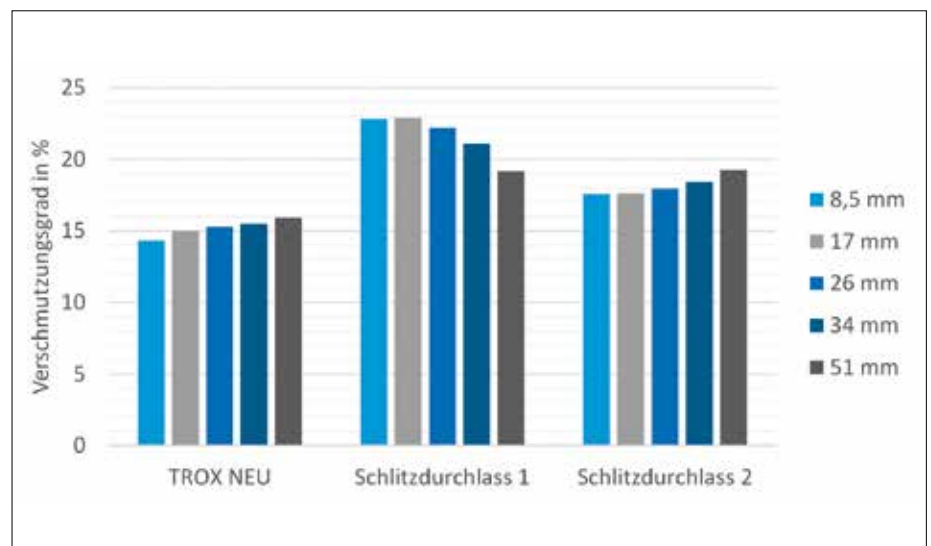


Abbildung 4: Verschmutzungsgrade je Flächenbreite im Vergleich
Grafik: Christian Kampers

Der maximale Grauwert, also der Grauwert des sauberen Trägerpapiers, wird zu 200 definiert. GW_i ist der Grauwert des Pixels i .⁴

$$GW_{50} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n GW_i$$

$$V_g = 100\% - \frac{GW_{50}}{200} \cdot 100\%$$

Abbildung 4 zeigt die Verschmutzungsgrade der Durchlässe je ausgewerteter Fläche. Die Kennzahlen bestätigen den Eindruck, dass Schlitzdurchlass 1 eine größere Verschmutzung verursacht als die anderen beiden Durchlässe. Es wird allerdings auch ersichtlich, dass der Verschmutzungsgrad stark von der Größe des ausgewerteten Bereiches abhängt. Beim Schlitzdurchlass 1

sinkt der Verschmutzungsgrad mit zunehmender ausgewerteter Fläche, was an mit der Entfernung zum Durchlass abnehmenden Schmutzfahnen liegt, da sich ein Großteil der Verschmutzung bereits im Nahbereich auf dem Trägerpapier ablegt. Bei den beiden anderen Durchlässen kehrt sich dieser Effekt um, weil diese einen durchgehenden Luftschleier erzeugen, der durch Induktion mit der Entfernung immer durchlässiger für Schmutzpartikel wird. Durch die gleichmäßigere Verteilung der Partikel wird die Decke aber als sauberer empfunden.

Der Kontrast

Die Kennzahl „Kontrast“ (K) ist eine für die Entwicklung dieses Messverfahrens ent-

standene Kennzahl, mit der die Grauwertunterschiede bewertet werden können. Das menschliche Gehirn ist auf Mustererkennung trainiert, weshalb Helligkeitsunterschiede, wie es sie bei Schmutzfahnen gibt, stark auffallen.⁵

Der Kontrast bezeichnet das Verhältnis der Standardabweichung der Grauwerte mit dem mittleren Grauwert. Je größer die Standardabweichung s , desto größer sind die Grauwertschwankungen und umso auffälliger sind Verschmutzungen.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (GW_i - GW_{50})^2}$$

$$K = \frac{s}{GW_{50}} \cdot 100\%$$

Zusammenfassung

Die drei Durchlässe sind unter den gleichen Randbedingungen untersucht und mit Kennzahlen bewertet worden (vgl. Tabellen).

Unterscheidungen der Verschmutzungsneigungen werden mit diesen Kennzahlen klar ersichtlich. Durch eine starke Abhängigkeit der Kennzahlen von der Größe der ausgewerteten Fläche muss bei einer Angabe der Kennzahlen immer die Größe des Bereichs angegeben werden. Für belastbare Aussagen sollten immer die Kennzahlen „Verschmutzungsgrad“ für die absolute Höhe der Verschmutzung und der „Kontrast“ für dessen Verteilung bewertet werden.

Die berechneten Kennzahlen können nicht als absolute Werte aufgefasst werden, sondern entstehen unter den genannten Randbedingungen, weshalb nur ein direkter Vergleich aussagekräftige Werte liefert. Einen großen Einfluss auf die Kennzahlen hat beispielsweise die Beleuchtungssituation. Sollen Untersuchungen unterschiedlicher Hersteller vergleichbar sein, besteht Bedarf, sich auf einheitliche Messvorschriften zu einigen. Die Bezeichnung „clean“ für einen sauberen Durchlass könnte dann anhand der Kennzahlen definiert werden. ◀

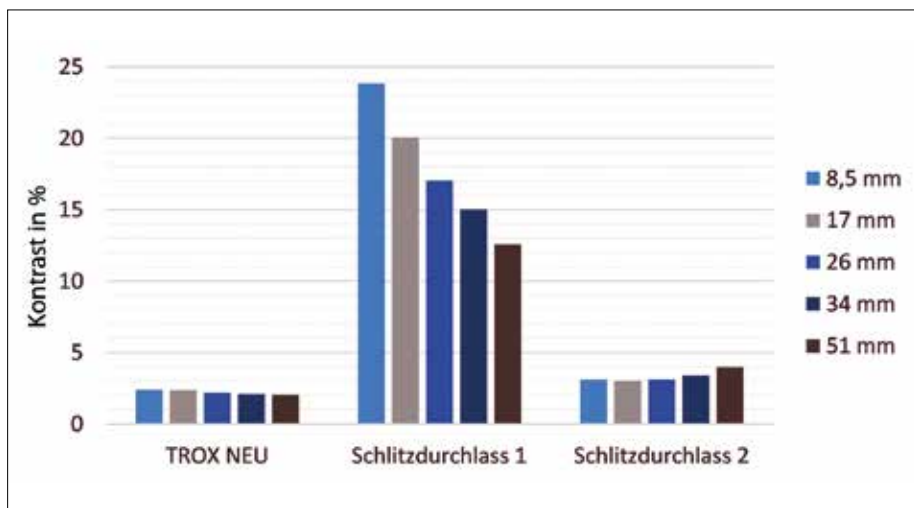


Abbildung 5: Vergleich des Kontrasts je Flächenbreite

Grafik: Christian Kampers

Abmessungen		Verschmutzungsgrad in %		
Breite je in mm	Länge in mm	TROX NEU	Schlitz-durchlass 1	Schlitz-durchlass 2
8,5	600	14,32	22,84	17,58
17,0	600	15,01	22,90	17,61
25,5	600	15,30	22,19	17,95
35,0	600	15,51	21,09	18,40
51,0	600	15,94	19,19	19,26

Abmessungen		Verschmutzungsgrad in %		
Breite je in mm	Länge in mm	TROX NEU	Schlitz-durchlass 1	Schlitz-durchlass 2
8,5	600	2,39	23,84	3,12
17,0	600	2,35	20,06	3,03
25,5	600	2,20	17,06	3,12
35,0	600	2,10	15,01	3,39
51,0	600	2,05	12,56	3,98

¹ Vogel, K.-H.: Ablagerungen an Deckenluftauslässen – Wie die Decke sauber bleibt. In CCI 9 (1995), S. 27 – 29 und Stahl, M.: Kein Schmutz an der Decke. In: CCI 13 (2008), S. 19 f.

² Timmer, H.: Deckenverschmutzung durch Luftdurchlässe, Fakultät für Maschinenwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Dissertation, 2003.

³ Finke, U.; Fitzner, K.: Beurteilung der Deckenverschmutzung durch Schlitzdurchlässe, Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik. (Bericht Nr. 9601). – Forschungsbericht, 1996.

⁴ Fichter, R.-H.; KNOOR, T.; ROTH, H.W.: Deckenverschmutzung durch Luftauslässe. In: CCI 12 (1996), S. 36 – 38.

⁵ Timmer, H.: Deckenverschmutzung durch Schlitzdurchlässe – experimentelle und numerische Untersuchungen, Ursachen und Vermeidung. In: gi 130 (2009) Heft 5, S. 234 – 245.



Wir gestalten die Zukunft der Gebäudetechnik

ROM Technik gehört deutschlandweit zu den führenden Unternehmen im Planen, Bauen und Instandhalten der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA).

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

Unsere Kunden profitieren vom exzellenten Know-how unserer **KompetenzCenter**:

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

Die Traditionsfirma ROM Technik, die 1859 gegründet wurde, bietet mit rund 2000 hervorragend qualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern deutschlandweit das gesamte Spektrum der Gebäudetechnik an.

Machen Sie sich Gedanken über die Zukunft Ihrer TGA? Dann lernen Sie uns kennen!

www.rom-technik.de



Rud. Otto Meyer Technik Ltd. & Co. KG
 Motorstraße 62 · 70499 Stuttgart
 Telefon 0711 1393-00
info@rom-technik.de · www.rom-technik.de

Neue Filternorm für die allgemeine Raumluftechnik

DIN EN ISO 16890 ersetzt DIN EN 779

Die Einführung der Filternorm DIN EN ISO 16890 und damit verbunden der Wegfall der bekannten Filterklassen G 1 bis F 9 nach DIN EN 779 stellt Planer, Anlagenbauer und Betreiber vor die schwierige Frage, welche der neuen Filterklassen zukünftig die bekannten Klassen ersetzen werden. Dies ist insbesondere auch für die Nachbestellung von Filtermaterialien zum Einsatz in bestehenden raumluftechnischen Anlagen von Bedeutung. Der Artikel gibt konkrete Hinweise zu den neuen Bezeichnungen, erläutert Zusammenhänge und benennt die in der Fachwelt abgestimmten Empfehlungen zum Ersatz der Filterklassen F 5, F 7 und F 9.



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

Atemluft ist unser Lebensmittel Nummer Eins. Während ein Mensch mehrere Tage auf Nahrung verzichten kann und ihm ca. zwei Liter Flüssigkeit pro Tag zum Überleben schon genügen, ist sein Luftbedarf enorm. Spätestens alle drei bis vier Sekunden atmet ein Erwachsener in der Regel einen halben Liter Luft einmal ein und aus. Er kommt so auf einen Tagesbedarf von ca. 14 m³ Luft. Das entspricht in etwa 17 kg Atemluft. Diese

Luft gelangt tief in die Lunge und steht dort über Membranen mit dem Blutkreislauf in Verbindung. Dem Lebensmittel Luft kommt also eine hohe Bedeutung zu, nicht zuletzt bezüglich der Anforderungen an seine Reinheit. Diesem Umstand trägt auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) Rechnung, indem sie Grenzwerte für verschiedene Luftbestandteile vorgibt (Tabelle 1: Zielwerte für Feinstaub nach WHO). Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) gibt mit Stand 2002 für Schwebstaub (PM 10) einen Maximalwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel, 50 µg/m³ für das 24-Stunden-Mittel an und folgt mit dem zulässigen Jahresmittel dem Zielwert der WHO damit noch nicht. Die längst fällige Überarbeitung der TA Luft gestaltet sich sehr schwierig, für 2017 ist jedoch der Abschluss der umfangreichen Arbeiten geplant.

Tabelle 1: Zielwerte für Feinstaub nach WHO

Tabelle: BTGA

Zielwerte für Feinstaub in der Umgebungsluft nach WHO, Stand 2006		
	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2,5} (µg/m ³)
Jahresmittelwert	20	10
24-Stunden Mittelwert	50	25

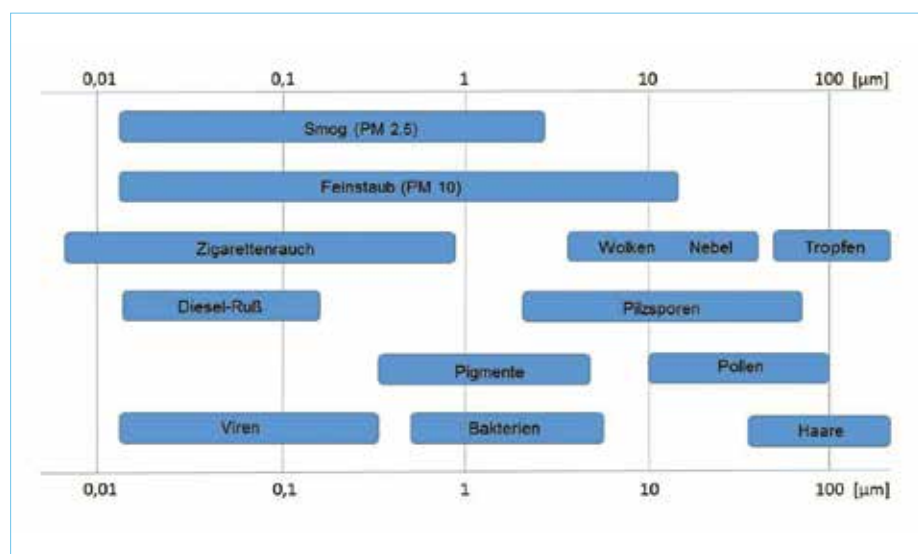


Abbildung 1: Durchschnittliche Partikeldurchmesser in µm

Grafik: BTGA

Luftqualität

Längst nicht alle luftgetragenen Partikel sind für den Menschen gefährlich oder schädlich. Allerdings dürfen mögliche Risiken nicht verharmlost werden. Neben der möglichen Infektionsgefahr durch eingeatmete Organismen, Pilze oder Viren, ist ein wichtiger Indikator für eventuelles Gefährdungspotenzial die Partikelgröße (Abbildung 1). Je kleiner ein Partikel ist, desto tiefer kann er in den menschlichen Organismus eindringen. Daher wird auch die kontroverse Diskussion um Nanopartikel verständlich, die im Größenbereich bis ca. 100 Nanometer angesiedelt sind. Ein menschliches Haar mit einem Durchmesser von 80 000 Nanometer erscheint dagegen gigantisch groß. Für die allgemeine Raumluftechnik sind diese kleinsten Partikel jedoch bisher nicht von Belang – sie werden erst bei höheren Reinheitsanforderungen relevant, wie sie



in Räumen des Gesundheitswesens oder in Reinräumen benötigt werden. In der allgemeinen Raumluftechnik wird eher auf die Reduzierung der regelmäßig in der Außenluft vorkommenden Partikel abgehoben. Im folgenden Text soll auf die Anforderungen für raumluftechnische Anlagen im Anwendungsbereich der Nichtwohngebäude näher eingegangen werden.

Nach der Norm DIN EN 16798-3¹ „Energieeffizienz von Gebäuden – Teil 3: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Anforderungen an die Leistung von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsystemen“ ist die Außenluft in drei Qualitätsklassen eingeteilt: ODA² 1, ODA 2 und ODA 3 (Tabelle 2). Die Qualitätsklassen werden nach der Einhaltung bzw. Überschreitung von Vorgabewerten ausgewählt, beispielsweise den WHO-Richtlinien. Nationale Vorschrift zur Beschreibung der Außenluftqualität in Deutschland ist die TA Luft. Für das gesamte Bundesgebiet untersucht das Umweltbundesamt (UBA) mehrmals täglich unter anderem die Feinstaubkonzentrationen. Die gewonnenen Daten werden tagesaktuell in einer öffentlich zugänglichen Datenbank³ hinterlegt (Abbildung 2). Mit diesen Daten kann die für jeden Ort zutreffende, durchschnittliche Feinstaubkonzentration ermittelt werden. Unter Beachtung weiterer Belastungen wie Schwefeldioxyd, Ozon oder Stickstoffdioxyd, kann die jeweils geltende Qualitätsklasse der Außenluft berechnet werden. Verschiedene Dienstleister bieten inzwischen diese Berechnungen als eine Grundlage der Planung von raumluftechnischen Anlagen an.

Filterklassen und Luftaufbereitung

Das Ziel einer Lüftungsplanung ist es, im Anlagenbetrieb eine vorher definierte Innenraumlufqualität zu erreichen. Bezüglich der später zu erwartenden Partikelbelastung der Raumluft ist es daher erforderlich, auf Grundlage der Außenluftqualität und der vereinbarten Raumlufqualität IDA⁴ die erforderliche Zuluftqualität SUP⁵ zu definieren. Die jeweilige Beschaffenheit der Zuluft, die zur Einordnung in einer der vier Klassen SUP 1 bis SUP 4 führt, ist in Tabelle 3 beschrieben. Die Planungsnorm DIN EN 16798-3 bietet zu jeder der drei Außenluftqualitätsklassen ein- oder mehrstufige Filterkaskaden an, mit denen eine der definierten Zuluftqualitäten zu erreichen ist, die jeweils einer der vier verschiedenen Raumlufqualitätsklassen zugeordnet werden kann (Tabelle 4). Die Leistungsfähigkeit der einzelnen Filterklassen der allgemeinen Raumluftechnik entspricht den Vorgaben der DIN EN 779⁶ „Partikelfilter für die allgemeine Raumluftech-

Tabelle 2: Klassifizierung der Außenluftqualität in Anlehnung an DIN EN 16798-3

Tabelle: BTGA

Kategorie	Beschreibung
ODA 1	Außenluft, die nur zeitweise staubbelastet sein darf (z.B. Pollen). Die Kategorie gilt, wenn die WHO-Richtlinien (2005) und alle nationalen Normen oder Vorschriften zur Qualität der Außenluft eingehalten werden.
ODA 2	Außenluft mit hoher Konzentration an Staub oder Feinstaub und/oder gasförmigen Verunreinigungen. Die Kategorie gilt, wenn die Verunreinigungskonzentrationen die WHO-Richtlinien oder nationale Normen oder Vorschriften zur Qualität der Außenluft um einen Faktor bis zu 1,5 überschreiten.
ODA 3	Außenluft mit sehr hoher Konzentration an gasförmigen Verunreinigungen und/oder Staub oder Feinstaub. Die Kategorie gilt, wenn die Verunreinigungskonzentrationen die WHO-Richtlinien oder nationale Normen oder Vorschriften zur Qualität der Außenluft um einen Faktor von mehr als 1,5 überschreiten.

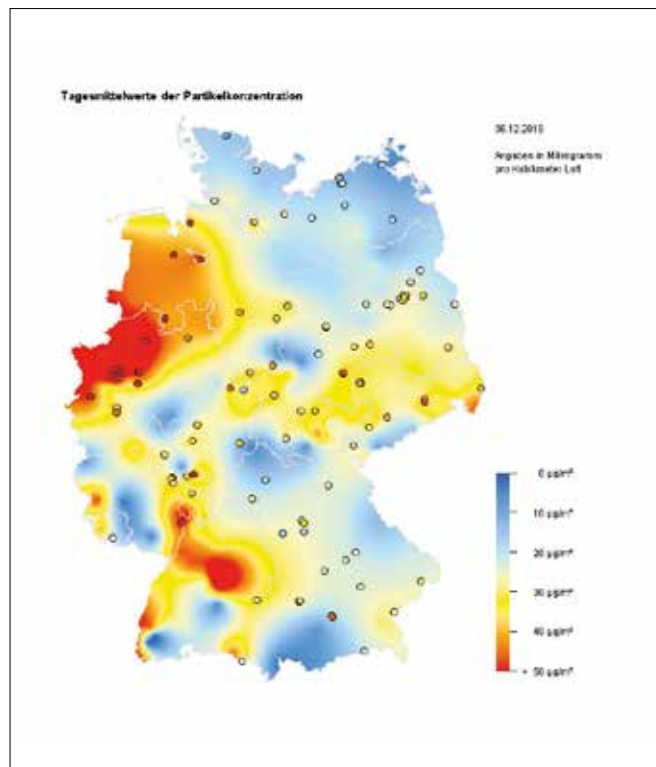


Abbildung 2: Screenshot der UBA-Datenbank „Aktuelle Luftdaten“ vom 6. Dezember 2016 Screenshot BTGA / www.umweltbundesamt.de

nik - Bestimmung der Filterleistung“ Stand Oktober 2012.

Für weitere Anwendungszwecke mit höheren Anforderungen an die Reinheit der Luft sind die Partikel- und Schwebstofffilter EPA-⁷, HEPA-⁸ und ULPA-⁹Filter in der Normenreihe DIN EN 1822 „Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA)“ beschrieben. Die Filterklassen G 1 bis F 9 sowie deren Abscheideleistung sind in Tabelle 5 aufgezeigt.

Doch es ergibt sich ein ernstes Problem: Seit der letzten Überarbeitung der DIN EN 779 und deren Herausgabe als

Weißdruck im Jahr 2012 kann einer einzigen Filterklasse eine ganze Bandbreite von Abscheideleistungen zugeordnet werden. Hintergrund ist das normative Prüfverfahren, nach dem die Filter ausschließlich bezüglich ihrer Abscheideleistung bei der Partikelgröße 0,4 µm bewertet werden. Die Wirksamkeit eines Filters gegenüber anderen Partikelgrößen wird normativ nicht untersucht. Hinzu kommt, dass das tatsächliche Betriebsverhalten eines Filters erheblich von seinem Verhalten bei Beladung mit dem genormten Prüfstaub abweicht. Hierzu hat die Freuden-



Tabelle 3: Klassifizierung von Zuluft in Anlehnung an DIN EN 16798-3

Tabelle: BTGA

Kategorie	Beschreibung
SUP 1	Zuluft mit sehr geringer Konzentration an Staub oder Feinstaub und/oder gasförmigen Verunreinigungen. Die Kategorie gilt, wenn die Zuluft die Grenzwerte der WHO-Richtlinien (2005) und alle nationalen Normen oder Vorschriften zur Qualität der Luft mit einem Faktor von 0,25 einhält.
SUP 2	Zuluft mit geringer Konzentration an Staub oder Feinstaub und/oder gasförmigen Verunreinigungen. Die Kategorie gilt, wenn die Zuluft die Grenzwerte der WHO-Richtlinien (2005) und alle nationalen Normen oder Vorschriften zur Qualität der Luft mit einem Faktor von 0,5 einhält.
SUP 3	Zuluft mit mäßiger Konzentration an Staub oder Feinstaub und/oder gasförmigen Verunreinigungen. Die Kategorie gilt, wenn die Zuluft die Grenzwerte der WHO-Richtlinien (2005) und alle nationalen Normen oder Vorschriften zur Qualität der Luft mit einem Faktor von 0,75 einhält.
SUP 4	Zuluft mit hoher Konzentration an Staub oder Feinstaub und/oder gasförmigen Verunreinigungen. Die Kategorie gilt, wenn die Zuluft die Grenzwerte der WHO-Richtlinien (2005) und alle nationalen Normen oder Vorschriften zur Qualität der Luft einhält.

Tabelle 4: Mindestfilterklassen nach EN 16798-3

Tabelle: BTGA

Empfohlene Mindestfilterklassen je Filterstufe (Definition der Filterklassen nach EN 779)				
Außenluftqualität	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4
ODA 1	M5 + F7	F7	F7	F7
ODA 2	F7 + F7	M5 + F7	F7	F7
ODA 3	M7 + F9	F7 + F7	M6 + F7	F7

Tabelle 5: Filterklassen mit Abscheide- und Wirkungsgraden nach DIN EN 779:2012

Tabelle: BTGA

Filterklassentabelle nach DIN EN 779, Stand Oktober 2012				
	EN 779	Mittlerer Abscheidegrad A_m	Mittlerer Wirkungsgrad E_m	Mindest-Wirkungsgrad (IPA behandelt)
Grobstaub-filter	G1	$A_m < 65\%$	-	-
	G2	$65\% \leq A_m < 80\%$	-	-
	G3	$80\% \leq A_m$	-	-
	G4	$90\% \leq A_m$	-	-
Feinstaub-filter	M5	-	$40\% \leq E_m < 60\%$	-
	M6	-	$60\% \leq E_m < 80\%$	-
	F7	-	$80\% \leq E_m < 90\%$	35%
	F8	-	$90\% \leq E_m < 95\%$	55%
	F9	-	$95\% \leq E_m$	70%

berg Filtration Technologies Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung veröffentlicht (Abbildung 3). Bei der Partikelgröße von beispielsweise 1,0 µm weisen die untersuchten Filter der gleichen Klassifizierung F7 nach DIN EN 779 deutlich unterschiedliche Abscheidegrade zwischen 60% und 93% auf. Die tatsächliche, sich im späteren Betrieb der Anlage einstellende Raumluftqualität kann daher nicht ohne weiteres vorhergesagt werden.

Neue Norm zur Bewertung von Filtern

Mit der Herausgabe des Weißdrucks der Normenreihe DIN EN ISO 16890 „Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik“, die in vier Blätter gegliedert ist (Tabelle 6), wird die DIN EN 779 nach einer Übergangsfrist von 18 Monaten zurückgezogen – voraussichtlich also noch im Jahr 2018. Der neuen internationalen Filternorm liegt ein gänzlich anderer Bewertungsansatz zu Grunde, als der in DIN EN 779 beschriebene. Grundlage ist nun die Beurteilung der Filterleistung nach den Feinstaubfraktionen zwischen 0,3 µm und 10 µm und nicht mehr nur nach der Partikelfraktion 0,4 µm.

Damit einher geht auch die Änderung der Benennung der Filterklassen. Planer, Anlagenbauer und Betreiber müssen sich von den langjährig etablierten Filterklassen G 1 bis F 9 trennen und an die neuen Benennungen gewöhnen.

Die neue Filterklassifizierung folgt deren Abscheidevermögen bei drei definierten Feinstaubklassen und wird mit PM 1, PM 2,5 und PM 10 bezeichnet. Die gleiche Klassifizierung wird auch von der WHO und dem UBA verwendet, was einen direkten Bezug der Filter zu den üblicherweise verwendeten Feinstaubklassen herstellt. Dabei werden die früheren Grob- und Feinstaubfilter in die insgesamt vier Klassen ISO coarse, ISO ePM 1, ISO ePM 2,5 und ISO ePM 10 eingeteilt (Abbildung 4). Die Klasse ISO coarse beschreibt alle Grobstaubfilter, die mit ihrer Abscheidewirkung unterhalb der zur Erlangung der Abscheiderate nach Klasse ISO ePM 10 benötigten Werte liegen. Der Zusatz „e“ wird aufgrund der Berechnungsmethode nach ISO 16890 in die Benennung eingeführt. Es handelt sich eben nicht um die Abscheideleistung einer einzigen Fraktion. Nach Teil 2 der Norm werden zunächst der Druckverlust und die Fraktionsabscheidegrade ermittelt, jeweils vor und nach einer IPA-Behandlung¹⁰. Daran schließen sich eine Berechnung der mittleren Fraktionsabscheidegradkurve und schließlich der Abscheidegrade ePM X an. Nach diesem Verfahren würden die drei in Abbildung 3 dargestellten F7-Taschenfilter

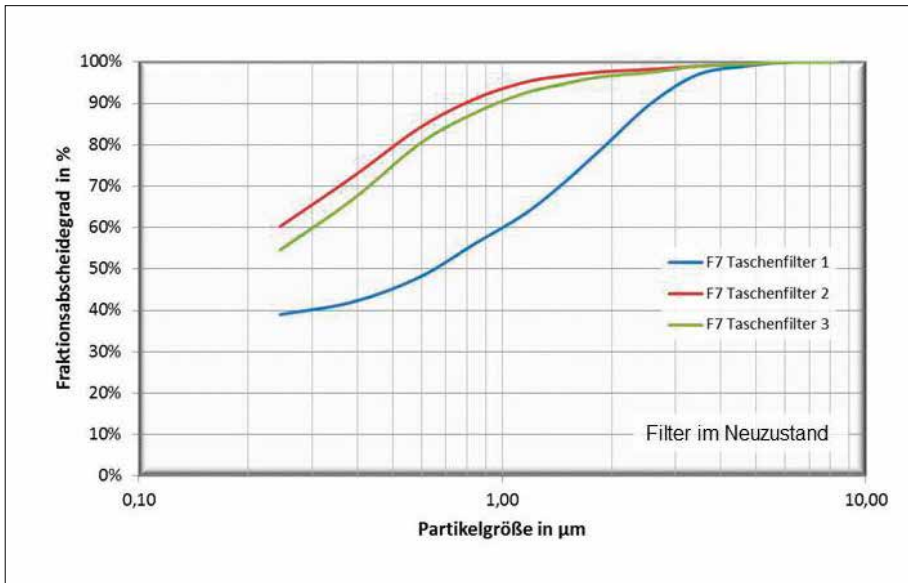


Abbildung 3: Trenngradkurven von F7-Filtern im Vergleich Grafik: Freudenberg Filtration Technologies

unterschiedliche Bezeichnungen erhalten müssen: Filter 1 wäre ein ISO ePM 2,5 50%, Filter 2 ein ISO ePM 1 65% und Filter 3 ein ISO ePM 1 60%-Filter (Berechnungsergebnisse: Freudenberg Filtration Technologies).

Die Voraussetzung zur Eingruppierung in eine der Klassen ist, dass die Filter mindestens 50% des entsprechenden Partikelgrößenbereiches abscheiden. Kann ein Filter 50% oder mehr beispielsweise an PM 1 Feinstaub abscheiden, so darf er als ISO ePM 1 Filter bezeichnet werden (Tabelle 7). Die zusätzliche Prozent-Angabe ist dann sinnvoll, wenn mehr als 50% Abscheidegrad erreicht werden. Damit ergibt sich eine Fülle von möglichen Filterbezeichnungen, die der Planer zur Erfüllung seiner Planungsaufgabe kennen und nutzen sollte. Für jede Außenluftqualität kann in Verbindung mit der gewünschten Raumluftqualität ein passender Filter gefunden werden, der die notwendige Zuluftqualität garantiert.

Tabelle 6: Übersicht zur Normenreihe DIN EN ISO 16890)

Tabelle: BTGA

Norm	Titel
DIN EN ISO 16890-1	Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Teil 1: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem basierend auf Feinstaub (PM)
DIN EN ISO 16890-2	Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Teil 2: Ermittlung des Fraktionsabscheidegrads und des Durchflusswiderstands
DIN EN ISO 16890-3	Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Teil 3: Ermittlung des gravimetrischen Wirkungsgrades sowie des Durchflusswiderstandes im Vergleich zu der aufgenommenen Masse von Prüfstaub
DIN EN ISO 16890-4	Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Teil 4: Konditionierungsverfahren für die Ermittlung des Fraktionsabscheidegradminimums

Welcher Filter ist der richtige?

Die Filterklassifizierung nach DIN EN 779 hat in viele europäische und nationale Regelwerke Eingang gefunden. Für die bereits installierten raumlufttechnischen Anlagen ist zu klären, welche der neuen Filterklassen die bisher verwendeten Materialien ersetzen kann. Schließlich ist ja gerade nicht jeder Filter mit der Bezeichnung F7 von gleicher Güte. Es stellt sich daher die Frage, wie mit den bisherigen Filterklassenempfehlungen umzugehen ist, beispielsweise nach Tabelle 4. Mit diesem Thema befasst sich das VDI-Richtliniengremium zur VDI 3803-4 „Raumlufttechnik, Geräteanforderungen – Luftfiltersysteme“. Nach intensiven Diskussionen, in die auch der Verfasser eingebunden war, hat das Gremium einen ungewöhnlichen Schritt beschlossen: Noch bevor die überarbeitete VDI-Richtlinie als Gründruck veröffentlicht wurde, hat der VDI zu Anfang des Jahres 2017 eine im Richtliniengremium abgestimmte Pressemitteilung mit einer Handlungsempfehlung veröffentlicht. Diese berücksichtigt die Forderungen entsprechend EN 16798-3 (Tabelle 4), die gleichlautend beispielsweise auch in VDI 6022 Blatt 1 aufgenommen sind. Danach gilt:

- M5 wird ISO ePM 10 \geq 50%,
- F7 (mehrstufig) wird ISO ePM 2.5 \geq 65% oder
- F7 (einstufig) wird ISO ePM 1 \geq 50% und
- F9 wird ISO ePM 1 \geq 80%.

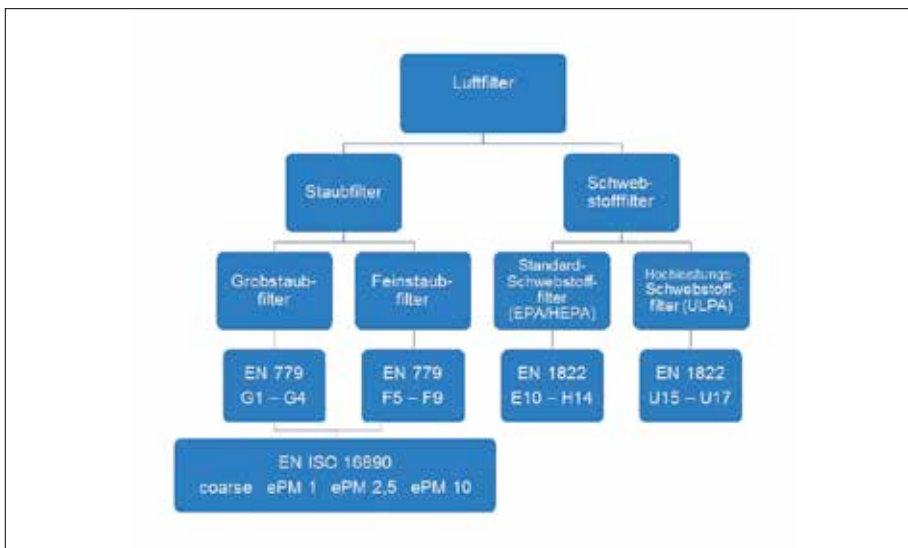


Abbildung 4: Gliederung von Luftfiltern nach EN 779, EN 1822 und EN ISO 16890

Grafik: BTGA

Damit wird Klarheit auch für die Nachbestellung von Filtermaterialien geschaffen und gleichzeitig sichergestellt, dass die letzte Filterstufe immer mindestens ePM 1 entspricht.



Tabelle 7: Filterklassen nach DIN EN ISO 16890-1

Tabelle: BTGA

Filterklassen nach DIN EN ISO 16890-1			
Gruppe	Anforderung		
	ePM 1 _{min}	ePM 2,5 _{min}	ePM 10
ISO coarse			< 50%
ISO ePM 10			≥ 50%
ISO ePM 2,5		≥ 50 %	
ISO ePM 1	≥ 50%		

Werden Neuanlagen geplant, können die für jeden Anwendungsfall richtigen Filtermaterialien ausgewählt werden. Der Betreiber kann durch die Vorgabe einer von ihm gewünschten Raumluftqualität zuverlässige Planungsgrundlagen liefern, insbesondere bezüglich der möglichen Feinstaubbelastung. Der Planer ist nun in der Verantwortung, das für den speziellen Anwendungsfall korrekte Filtermaterial auszuwählen. Im Gegenzug ist er dafür nicht mehr dem eher diffusen Abscheideverhalten von verschiedenen Filtermaterialien mit der gleichen Bezeichnung ausgeliefert, beispielsweise F7. Auch die immer wichtiger werdende Bedeutung der Energieeffizienz von Filtermaterialien, also deren Druckverlust im laufenden Betrieb, kann mit der neuen Klassifizierung besser bewertet werden. Filtermaterial mit geringerem Abscheidegrad hat in der Regel auch einen geringeren Elektroenergieverbrauch der raumlufttechnischen Anlage zur Folge. Ein Filter muss aber zunächst seine

definierte Abscheide-Aufgabe erfüllen. Die Auswirkungen auf den Energieverbrauch der Anlagen sind dann, bei gleicher Abscheidegüte, ein zweites Entscheidungskriterium – wengleich ein nicht minder wichtiges.

Fazit

Nicht immer ist das Altbewährte besser als die Neuerung. Im Fall der neuen Filternorm DIN EN ISO 16890 scheint dies jedenfalls im positiven Sinne zuzutreffen. Die häufig kritisierten Formulierungen der DIN EN 779:2012 werden mit Inkrafttreten der ISO-Norm korrigiert, die Hersteller hochwertiger Filtermaterialien werden nicht länger benachteiligt. Bei der Bewertung der energetischen Auswirkungen des Einsatzes spezieller Produkte muss auch die tatsächliche Abscheideleistung der verschiedenen Produkte betrachtet und verglichen werden.

Betreiber von RLT-Anlagen können nun ihre speziellen Anforderungen bezüglich

der Filtrierung von Luft besser formulieren. Der Planer kann durch die Auswahl der passenden Filterklasse die gewünschte und auch normativ geforderte Raumluftqualität ein Stückweit besser sicherstellen. Die neue ISO 16890 ermöglicht eine selektive Filterauswahl entsprechend den tatsächlichen Anforderungen. Allerdings sind gerade in der Übergangsphase die Filterhersteller gefragt, Planer und Betreiber nach Kräften zu unterstützen und richtig zu beraten. Schließlich ist eine Filterklasse F 5, F 7 oder F 9 schnell ausgewählt, das Auslegen der tatsächlich benötigten Filterqualität erfordert schon erheblich mehr Aufwand. Wird dieser Aufwand jedoch betrieben, sollte der Übergang zur Verwendung der DIN EN ISO 16890 für alle Beteiligten einen Gewinn darstellen. ◀

¹ Ersetzt DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlagen“

² ODA: outdoor air (Außenluft).

³ www.umweltbundesamt.de/daten/luftbelastung/aktuelle-luftdaten

⁴ IDA: indoor air (Raumluft)

⁵ SUP: supply air (Zuluft)

⁶ EN 779 ersetzte bereits 1994 DIN 24185-1 und -2

⁷ EPA: efficient particulate air

⁸ HEPA: high efficiency particulate air

⁹ ULPA: ultra low penetration air

¹⁰ IPA-Behandlung: Das Filtermedium wird einer definierten Behandlung mit Isopropanol unterzogen. Durch diesen Waschprozess werden unter anderem Oberflächenladungen abgebaut, die die Filterwirkung beeinflussen können.

IKZ[®] HAUSTECHNIK

Das neue
Sonderheft!



Planung • Praxiswissen • Gefährdungsanalyse • Recht

Das Sonderheft zum Thema Trinkwasserhygiene sollte in keinem Haustechnik- und Fachplanungsbetrieb fehlen. 100 Seiten stark! Sichern Sie sich jetzt Ihr persönliches Exemplar!

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

Heftbestellungen bitte schriftlich an: leserservice@strobel-verlag.de

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



STROBEL VERLAG GmbH & Co KG
Zur Feldmühle 9-11
59821 Arnsberg
Tel. 02931 8900 0
Fax 02931 8900 38
www.strobel-verlag.de

Besser informiert.



BIM: Internationaler Expertenansatz für Entwicklung entscheidend

Wer hat's erfunden; das Building Information Modeling (BIM)? Die Schweizer? Nein, diesmal eher nicht. Wesentlich entscheidender ist ohnehin: In welchen Ländern wird es aktuell am stärksten durchgesetzt? Das sind unbestritten Großbritannien, einige skandinavische Länder, die Türkei und die Niederlande. Fest steht: BIM ist eine der fundamentalen Weichenstellungen für die Zukunft des nachhaltigen Planens und Bauens, der sich kein Hersteller der SHK-Branche entziehen kann. Entsprechend wichtig ist die Frage: Wie kann ein Hersteller dieses global topic frühzeitig so konkret und ergebnisoffen zugleich anpacken, dass alle potenziellen Chancen erhalten werden, die Entwicklungs- und Organisationskosten aber genauso wie die spätere Umsetzung trotzdem in handhabbarem Rahmen bleiben?



Arjan Calis,
Head of Business
Development,
Market Manager
Commercial HVAC
WILO SE

Ein Rückblick

BIM ist nicht so neu, wie es in der aktuellen Diskussion oft wirkt. Der Gedanke eines ganzheitlichen Planungsansatzes bereits in der frühen Entwurfsphase wird – Software getrieben – schon seit einigen Jahren verfolgt. Die Idee dahinter ist bestechend: Der umfassende Planungsansatz verhindert Mehrarbeit und macht die Prozesse auf dem Bau weniger störanfällig, flexibler bei Änderungen und aufgrund ihrer durchgängigen Informationstiefe trotzdem sicherer.

Was bislang aber fehlte und heute immer noch in weiten Teilen fehlt, sind die Standards dahinter. Also sowohl die formale Beschreibung notwendiger Inhalte von Informationen als auch das abgestimmte offene Format, in dem diese Daten über alle Wertschöpfungsstufen eines Projektes hinweg übergeben werden (können).

Eine Herausforderung

Global tätige Unternehmen müssen solch eine Marktentwicklung aber dennoch möglichst frühzeitig detektieren, analysieren und zumindest perspektivisch besetzen. Denn gerade die jüngere technologische Vergangenheit hat gelehrt: Die Digitalisierung ist mit ihrem Potenzial der Datenerfassung und

-auswertung der maßgebliche Innovationstreiber. Wer sich davon abkoppelt, koppelt sich von eben dieser Zukunft ab – insbesondere dann, wenn die Digitalisierung und die damit einhergehende Vernetzung ein Ende des Produkt Denkens hin zu konsequent systemischen Ansätzen darstellt.

Für Pumpenhersteller bedeutet das beispielsweise: Nicht mehr die Pumpe ist die Lösung der Aufgabe „Wassertransport“, sondern die Integration dieser Pumpe in das Gesamtsystem „Trinkwasseranlage“ mit ihren später überwiegend von den Betriebsbedingungen determinierten, wechselnden Anforderungsprofilen. Der Ansatz geht also weit über die originäre Funktionalität hinaus: Er berücksichtigt stattdessen genauso Monitoring- und Komfortanforderungen und setzt Lebenszyklusbetrachtungen, energetische Bewertungen und Fragen der Betriebssicherheit oder der Serviceability voraus.

Die Realisierung

Um das leisten zu können, müssen Hersteller über alle Planungs- und Realisierungsstu-

fen hinweg vor allem eines: Sie müssen von ihrem Produkt oder System in der für den jeweiligen Bearbeitungsstatus notwendigen Tiefe belastbare, aus Gründen des Datenvolumens jedoch möglichst konkret gefasste, also eingeschränkte Datenmodelle bereitstellen können. Aufgrund fehlender Standards ist die Aufbereitung dieser Daten aber nach wie vor relativ offen. Eine mögliche Strategie ist dabei, auf Spezialisten aus den einzelnen Ländern zu setzen, in denen BIM schon eine nennenswerte Durchdringung hat. So kann versucht werden, einen kleinsten gemeinsamen Nenner zu finden.

Beispielsweise hat sich die WILO SE auf dieser Basis für folgende Umsetzung entschieden: Es entsteht eine Bibliothek, die mittels Plug-In über Autodesk Revit als anerkanntem Planungsstandard für Architekten, Gebäudetechniker und Tragwerksplaner auf „Revit“ (mit „Revit MEP“ für die Gebäudetechnik) einzahlt. Der Vorteil ist, dass das System offen ist und keine AutoCAD-Kenntnisse oder zugehörige Plattformen voraussetzt. Das lässt eine schnelle Marktdurch-

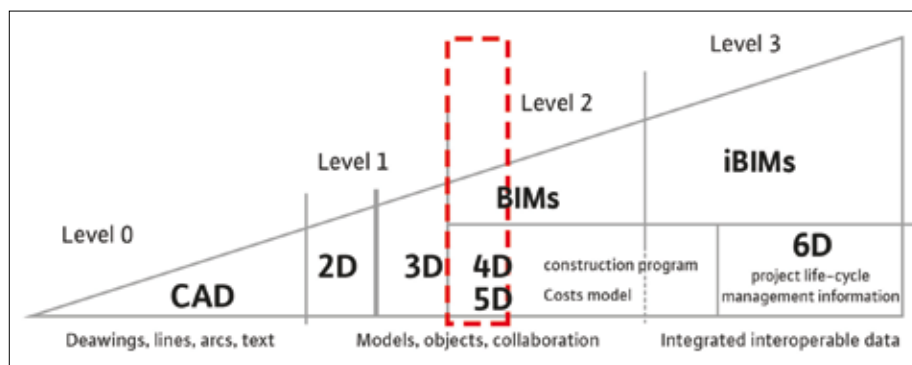


Abbildung 1: Entwicklung hin zu BIM und aktueller Status von BIM; perspektivisch der zu erwartende Ausbau
Alle Abbildungen: Wilo



setzung auch auf den Realisierungsstufen erwarten, für die speziell in der handwerklichen Umsetzung die rechnerbasierte Arbeit bisher nur von geringer Bedeutung ist – die aber in der Konsequenz der Wirkkette von entscheidender Bedeutung sind, weil sie die entscheidende Nahtstelle zwischen Planung und Betrieb darstellen.

Die Technik dahinter

Die BIM-fähige Bibliothek wird dabei in einer eigenen Cloud vorgehalten. Das bietet mehr Datensicherheit und zugleich die Möglichkeit, den Datenbestand kontinuierlich direkt pflegen und aktualisieren zu können. Zudem sind die grafischen Daten so aufbereitet, dass sie zunächst einmal tatsächlich nur als „Modell“ wirken – das senkt die zu übertragenden bzw. zu verarbeitenden Datenvolumina.

Wie weitgehend die Datentiefe letztlich sein wird, ist bislang offen. Die Unsicherheiten resultieren zum einen aus den unterschiedlichen BIM-Entwicklungsständen in den verschiedenen Ländern: Je stärker dieser Planungsprozess in die Projektarbeit implementiert ist, umso detailliertere Daten werden abgefordert. Zum anderen muss aber immer die Maxime der möglichst kleinen Files beachtet werden, um die Usability und damit letztlich die Akzeptanz von BIM auch in den „BIM-planungstechnischen Schwellenländern“ zu fördern.

Der aktuelle Eindruck ist: Es gibt noch ein großes Gap zwischen der datenbasierten Idee bzw. dem entsprechenden Entwurf eines Projektes – und der stringenten Arbeit mit eben diesen Daten in der Realisierungsphase. Von der späteren Betriebs- oder sogar Rückbauphase sei an dieser Stelle noch gar nicht gesprochen.

Die Akzeptanz

Für mehr Akzeptanz zu sorgen, das wird über die originären Datenstrukturen hinaus ein wesentlicher Bestandteil in der künftigen Entwicklungsarbeit rund um BIM sein. Dazu gehört unter anderem eine Antwort auf die zentrale Frage: Welchen Nutzen bieten die flexibel und dynamisch bereitgestellten Modelle konkret? Aus Pumpen-Sicht bedeutet das: Gibt es beispielsweise eine automatische Selbstprüfung, wenn die Datensätze in die Detailplanung eingelesen sind? Wie einfach werden über die Datensätze Simulationen ermöglicht, um die technisch wie wirtschaftlich optimale Lösung für das jeweilige Projekt zu finden? Welche dieser Daten werden später wie an das Facility Management, in die Betriebsphase, „durchgereicht“?

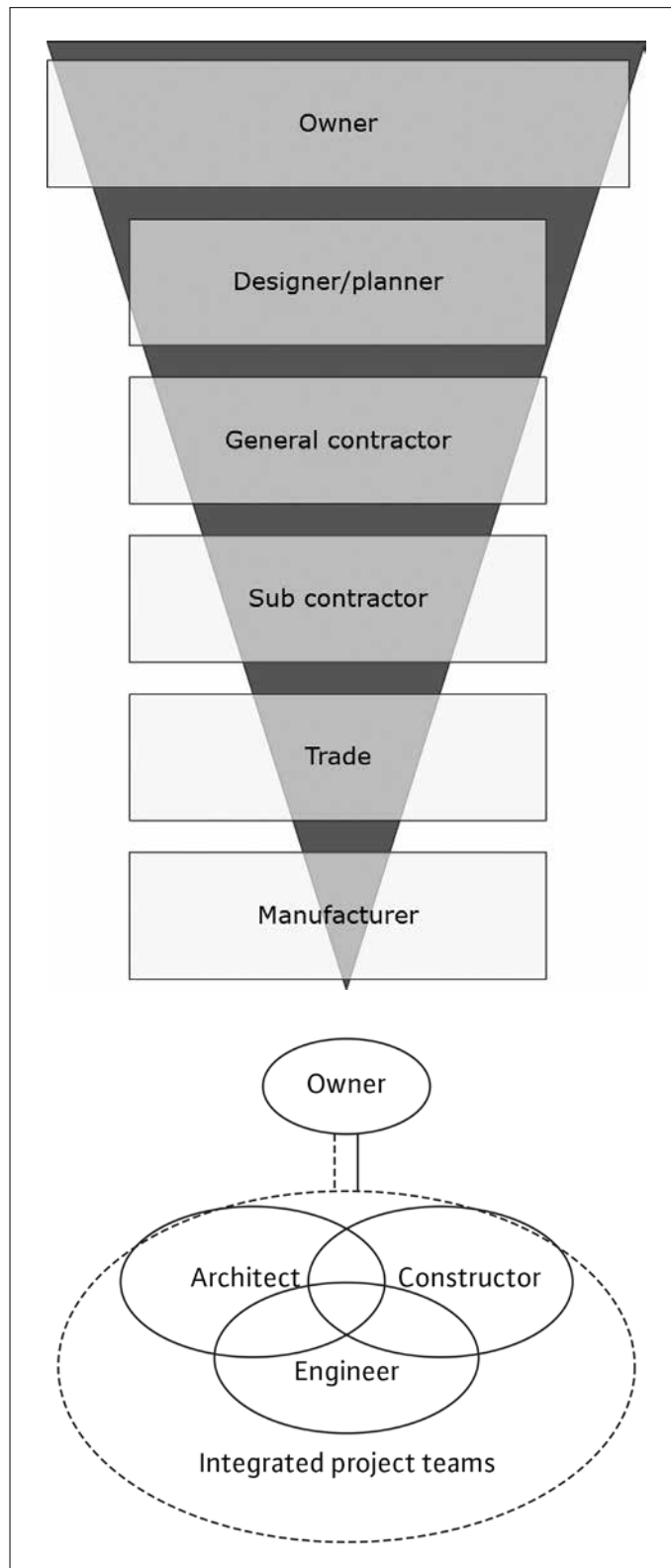


Abbildung 2: Die Geschäftsprozesse ändern sich; das lineare Modell (oben) wird zunehmend durch ein integriertes ersetzt (unten).

Der Fragen-Zyklus lässt sich weiter ausbauen. Jede Frage hat dabei aber denselben Grundgehalt: Wie wird durch BIM für jeden Beteiligten auf den verschiedenen Realisierungsstufen die Arbeit einfacher? Hier bietet sich ein schrittweises Vorgehen an: Wilo spricht beispielsweise aktuell mit den Ent-

wicklern von Auslegungssoftware, um aus den eigenen Datenbeständen heraus zukünftig Plausibilitätsprüfungen und mehr anbieten zu können. Oder es wird sich mit anderen Komponentenherstellern abgestimmt, um auf diese Weise einen möglichst reibungslosen Datenaustausch auf Gegenseitigkeit zu

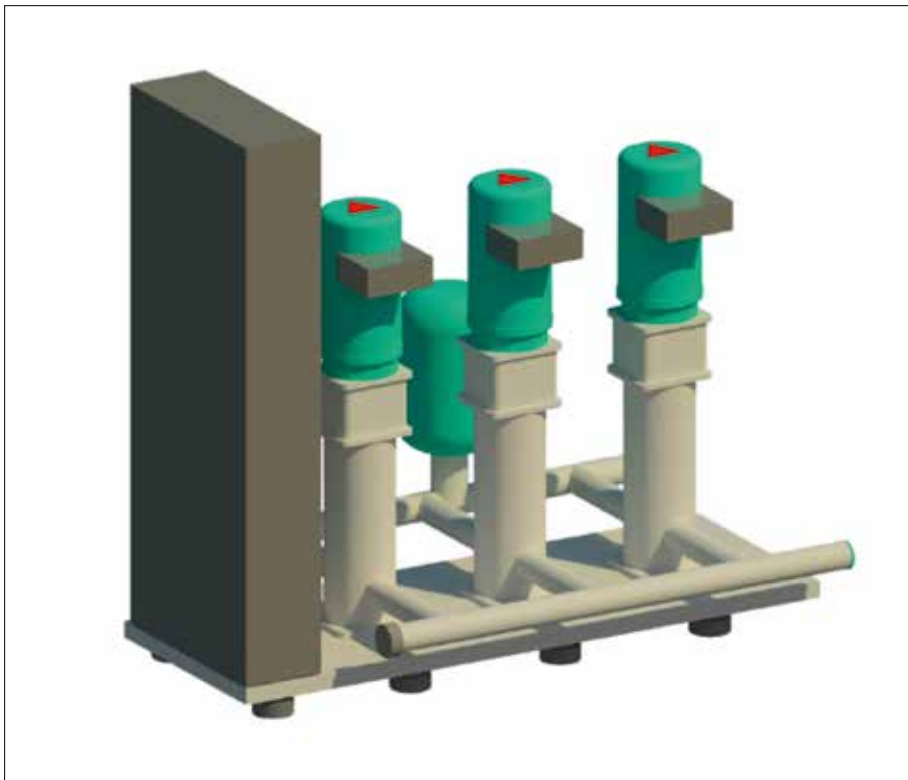


Abbildung 3: „Intelligente“ Grafiken reduzieren durch ihre geringe Auflösung das zu verarbeitende Datenvolumen, halten im Hintergrund aber alle für die jeweilige Verarbeitungsstufe maßgeblichen Informationen vor.

erzielen – der dann wiederum die Softwareentwicklung und -anwendung vereinfacht.

Das Feedback

Besonders wertvoll ist daher das Feedback, das auf die einzelnen Entwicklungsschritte zu BIM aus dem Markt, von den Anwendern in den Planungsbüros, aber auch von der Baustelle kommt. Ziel ist ein kontinuierlicher

Verbesserungsloop, der mit einer internationalen Ausrichtung schon heute in bemerkenswerter Intensität gespeist werden kann. Interessanterweise kommt dabei besonders viel positives Feedback von den Praktikern aus dem Handwerk. Die Möglichkeit, dank des integrierten Planungsansatzes und des Building Information Modelings zukünftig sämtliche Pumpendaten mit den notwendi-

gen Aggregat- und Leistungswerten allein schon über das Smartphone auslesen, verarbeiten und bei Bedarf mit Servicecentern abgleichen zu können, hat für sie augenscheinlich einen besonderen Reiz. Wobei der Hintergrund nachvollziehbar ist: Hier entfaltet der schon angesprochene Kundennutzen des Datenmodells direkt seine Wirkung. Prozesse werden schlanker und zugleich sicherer, weil selbst banale Übertragungsfehler vermieden werden – beispielsweise unter schlechten Lichtverhältnissen im Heizungskeller falsch abgelesene Produktnummern. Und im Fall des Komplett austauschs einer Pumpe hat der Fachhandwerker genauso schnell die systemrelevanten Anlagendaten zur Verfügung, die ihm bei der möglicherweise notwendigen Neuauslegung des Pumpensatzes helfen.

Das Fazit

Durch internationale Aktivitäten ist es für Pumpenhersteller möglich, die unterschiedlichen Entwicklungsstände von BIM beispielsweise in Großbritannien, den Niederlanden oder Skandinavien frühzeitig in die Entwicklung der eigenen BIM-Aktivitäten einfließen zu lassen. Dazu gehört unter anderem der Aufbau einer mehrstufigen Produktdatenbank, aus der die Daten bedarfsgerecht in einer für den jeweiligen Bearbeitungsschritt hinreichenden Tiefe von den Anwendern gezogen werden können. Wilo präferiert dabei beispielsweise „Revit“ als offene Softwarelösung. Die Daten selbst werden in einer eigenen Cloud vorgehalten, um die notwendige Datensicherheit genauso wie die schnelle und permanente Aktualisierung gewährleisten zu können. ◀

Abbildung 4: Für ein international aufgestelltes Unternehmen ist BIM die zentrale Herausforderung: Alle produkt- und systemrelevanten Daten müssen zusammengeführt werden – aber zugleich sofort wieder nur aufgaben- und anwendungsgerecht selektiert bereitstehen.



IKZ[®] HAUSTECHNIK

Das neue
Sonderheft!



**Planung und Gestaltung • Materialien und Design • Barrierefreiheit und Komfort
• Armaturen und Accessoires • Brausen und Duschen • Licht und Sicherheit**

Das Sonderheft zum Thema Bad & Trends 2017 sollte in keinem Haustechnik- und Fachplanungsbetrieb fehlen. 100 Seiten stark! Sichern Sie sich jetzt Ihr persönliches Exemplar!

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

Heftbestellungen bitte schriftlich an: leserservice@strobel-verlag.de

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



STROBEL VERLAG GmbH & Co KG
Zur Feldmühle 9-11
59821 Arnsberg
Tel. 02931 8900 0
Fax 02931 8900 38
www.strobel-verlag.de

Besser informiert.



Abbildung 1: Wer als TGA-Planer bei den HVAC-Pumpen (Heizungs- und Klimatechnik) auf Benchmark-Technik setzt, erspart seinem Auftraggeber über die Jahre hohe Energiekosten. Alle Abbildungen: Grundfos GmbH

Effiziente und intelligente Pumpen für die Heizungs- und Klimatechnik

Der Wirkungsgrad beschreibt die Effizienz von Motoren bei der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie. Die Norm IEC 60034-30:2008 definiert für Drehstrommotoren dazu bestimmte Wirkungsgradklassen – bislang von IE1 bis IE4. Die Klassifizierung IE5 ist durch Reduktion der Verluste um weitere 20% erreichbar – seit Januar 2017 stehen Gebäudetechnikpumpen mit einer Leistung bis 11 kW mit dieser Klassifizierung zur Verfügung. Die Kombination aus Permanentmagnet-Motor mit integriertem Frequenzumrichter spart nicht nur Strom; sie greift optional aktiv in Anlagenabläufe ein.



Daniel Wittoesch,
Vertriebsleiter West,
Grundfos GmbH

Auf europäischer Ebene laufen seit 2005 unter dem Begriff „Ökodesign“ Gesetzgebungsverfahren zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes durch Minimierung des elektrischen Stromverbrauchs. Die Motoren-Richtlinie (EG640/2009) ist ein zentral wichtiger Punkt des Ökodesigns. Für Hersteller von mit Motoren betriebenen Komponenten wie Pumpen bedeutet dies, sich zunehmend auf

Hocheffizienzmotoren und Frequenzumrichter zur Drehzahlregelung zu konzentrieren. Hinzu kam etwas später – ebenfalls in Folge entsprechender EU-Vorgaben – ein verstärkter Fokus auf den hydraulischen Wirkungsgrad von Pumpen.

Seit Januar 2017 müssen alle Elektromotoren von 0,75 bis 375 kW entweder die IE3-Norm oder die IE2-Norm unter Verwendung eines Frequenzumrichters erfüllen. Seit dem 1. Januar 2015 müssen bestimmte Trockenläufer-Wasserpumpen einen höheren hydraulischen Wirkungsgrad aufweisen (Mindesteffizienz-Index MEI $\geq 0,4$).

Was ist der MEI-Index? Der Index-Wert multipliziert mit 100 entspricht dem Prozentsatz aller in der EU vor dem 1. Januar 2013 angebotenen Pumpen, deren Wirkungsgrad unterhalb des in der Richtlinie vorgeschriebenen Grenzwerts liegt. MEI $\geq 0,4$ bedeutet, dass 40% aller der vor dem 1. Januar 2013

in der EU angebotenen Pumpen unterhalb dieses Standards fallen.

Die EU-Vorgaben sollen dazu führen, dass sich bis 2020 die richtlinienbedingten Energieeinsparungen in Europa auf voraussichtlich neun Milliarden Euro belaufen. Ab 2020 wird eine jährliche Energieeinsparung von 135 TWh erwartet – das entspricht dem Jahresstromverbrauch Schwedens. Außerdem soll eine jährliche Reduktion der CO₂-Emissionen um 63 Millionen Tonnen erreicht werden.

Damit ist Brüssel sozusagen zu einem „natürlichen“ Entwicklungspartner der Hersteller geworden. Für die Premium-Anbieter bedeutet das, dass die damit verbundene komplexere Technik doch eine gewichtige Markteintrittsbarriere für potenzielle Wettbewerber darstellt. Außerdem ist technologischer Fortschritt im Sinne höherer Energieeffizienz nur schwer nachzuahmen, so



dass sich damit ein weiterer Baustein zur Bekämpfung der Produktpiraterie ergibt.

Standard (IE1), Hoch (IE2), Premium (IE3) und Super Premium (IE4) – eigentlich ist die Sprache für zusätzliche Steigerungen überfordert. Doch wer weitere 20% der Verluste bei der Umwandlung elektrischer in mechanische Energie reduziert, erreicht sogar die Klassifizierung Ultra Premium IE5. Seit Januar 2017 stehen Gebäudetechnikpumpen mit einer Leistung bis 11 kW mit dieser Klassifizierung (gemäß IEC 60034-30-2 für drehzahlverstellbare Motoren) zur Verfügung.

**Motor-Design:
Synchron- statt Asynchrontechnik**

Wie sind die Verbesserungen in der Motoreffizienz der vergangenen Jahre zu erklären? Es sind drei Entwicklungen zu nennen:

1. Bei der Kupfer-Stator-Wicklung von Asynchronmotoren bzw. von Kupfer auch beim Rotor wird mehr Material verwendet. Hier sind Grenzen hinsichtlich der Kosten und des Gewichts gesetzt.

2. Verluste im Motor werden reduziert, beispielsweise elektrische Widerstände in den Wicklungen, Wirbelströme, mechanische Reibungsverluste im Lager.
3. Andere Motor-Designs (Synchronmotortechnik) werden genutzt. Neben Drehstrom-Asynchronmotoren („Normmotor“) haben sich Permanentmagnet-Synchronmaschinen etabliert.

Permanentmagnet-Motoren (PM-Motoren) zeichnen sich generell durch einen sehr hohen Wirkungsgrad aus, da diese Motoren für die Magnetisierung ihres Rotors keine zusätzliche Energie benötigen. Temperaturstabile Hochleistungsmagnete sorgen für die permanente Magnetisierung. Durch die hohe Energiedichte des Rotors kann der Kupfer-Stator wesentlich kleiner ausgeführt werden, das schont die Ressourcen. Permanentmagnet-Motoren verbrauchen aufgrund dieser Besonderheiten bis zu 30% weniger Antriebsenergie als ein herkömmlicher Asynchronmotor. Darüber hinaus arbeiten

diese Motoren äußerst leise. Eine weitere Besonderheit dieser Motoren ist, dass sie gerade im meist beanspruchten Teillastbereich kaum an Wirkungsgrad einbüßen – anders als ältere Asynchronmotoren, die hier „einbrechen“.

Solche PM-Motoren arbeiten zwingend mit einem Frequenzumrichter (FU). Das ist kein Nachteil: In Anlagen mit betrieblich bedingten Lastschwankungen empfehlen sich generell über einen FU drehzahlgeregelte Pumpen, beispielsweise in raumlufttechnischen Anlagen wie Heizungs- und Klimaanlage und in Druckerhöhungsanlagen. Drehzahlgeregelte Pumpen arbeiten sparsamer: Da die Leistungsaufnahme einer Kreiselpumpe nach dem Affinitätsgesetz mit der dritten Potenz der Drehzahl steigt, macht sich eine unnötig hohe Pumpendrehzahl beim Energieverbrauch deutlich bemerkbar.

Die Kombination aus effizienter Hydraulik, Hocheffizienzmotor und Frequenzregler ist stets eine bedenkenswerte Alternative – insbesondere dann, wenn im FU anwendungs-



Abbildung 2: Der MGE-PM-Motor der 3. Generation (Leistung: bis 11 kW) wurde speziell für den Pumpenbetrieb und eine optimierte Drehzahlregelung entwickelt und bietet mit seiner IE5-Klassifizierung eine ausgezeichnete Energieeffizienz.

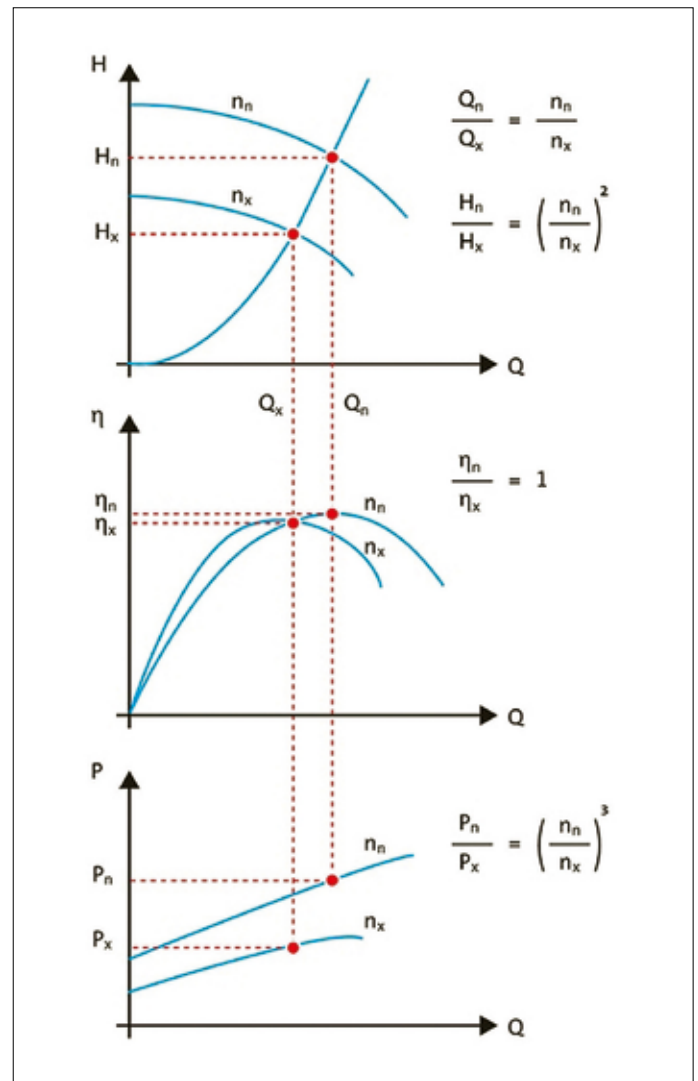


Abbildung 3: Drehzahlgeregelte E-Pumpen sind vorteilhaft in Anlagen mit betrieblich bedingten Lastschwankungen und bei Anwendungen, wo eine Anlagenregelung wichtig ist: beispielsweise in raumlufttechnischen Anlagen (Heizungs- und Klimaanlage) und in Druckerhöhungsanlagen.

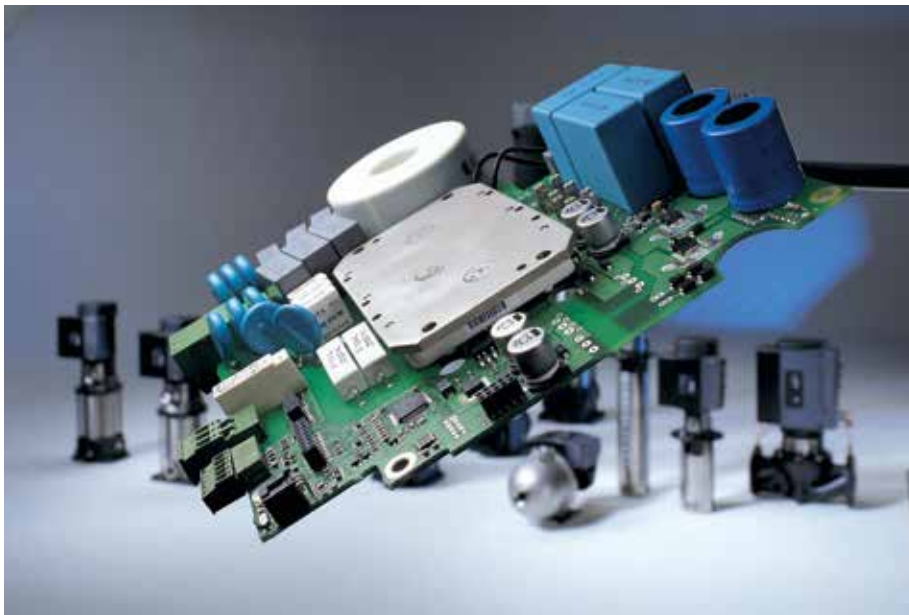


Abbildung 4: Grundfos entwickelt und fertigt nicht nur Motoren, sondern hat auch eine eigene Elektronik-Division aufgebaut.

- sehr robust da u.a. kein zusätzlicher Lüfter zur Kühlung des Frequenzumformers erforderlich ist,
- geringere Kosten für Verkabelung – kein geschirmtes Kabel und kein zusätzlicher Filter zwischen Frequenzrichter und Motor sind erforderlich,
- platzsparende Montage – Schaltschränke/Schalträume oder Platz an der Wand sind nicht erforderlich,
- aufeinander abgestimmte Komponenten – ein Produkt, ein Lieferant, ein Ansprechpartner.

Die Drehzahlregelung allein ist jedoch noch kein Garant für den optimalen Betrieb. Bei jeder Drehzahlregelung ist zunächst der Sollwert korrekt einzustellen, ansonsten arbeitet die Pumpe zwar geregelt, aber möglicherweise auf zu hohem oder zu niedrigem Drehzahlniveau. Insbesondere in Bestandsanlagen, bei denen häufig weder der Sollwert für die Förderhöhe, noch der erforderliche Förderstrom bekannt sind, ist das exakte Einstellen der Pumpe oft nicht möglich. Die dafür entwickelte Technologie „AutoAdapt“ löst dieses Problem: Sie analysiert permanent die Anlagenverhältnisse und findet die optimale Einstellung zwischen hohem Komfort und minimalem Energieverbrauch.

Systeme sparen Energie, nicht Komponenten

Permanentmagnet-Synchronmotoren stehen seit Januar 2017 bis zu einer Leistung von 11 kW mit der IE5-Klassifizierung zur Verfügung – es ist dies die weltweit höchste Energieeffizienz-Klassifizierung für Elektromotoren (gemäß IEC 60034-30-2 für drehzahlverstellbare Motoren). Gegenüber einem IE4-Motor wurden die Verluste um weitere 20% reduziert. Daraus resultieren ein geringerer Energieverbrauch und erheblich geringere Lebenszykluskosten. IE5 bedeutet ganz konkret, dass sich die Investition in eine damit ausgerüstete Pumpe noch schneller als bisher amortisiert.

Bei aller Bewunderung der höchsten Effizienzklasse IE5 gilt es zu bedenken: Ein effizienter Motor allein erschließt nicht alle Energieeinsparungsmöglichkeiten. Das kann nur über eine Optimierung des gesamten Systems gelingen – also die günstigere Rohrleitungsführung oder die Nutzung smarter Software-Funktionalitäten im Frequenzrichter.

Durch verschiedene Funktionsmodule mit Basis-, Standard- und erweiterten Funktionsmodulen mit der entsprechenden Anzahl von Ein- und Ausgängen sowie weiteren Schnittstellen kann der Betreiber passend zur je-



Abbildung 5: Die Inline-Pumpe TPE3 (links) weist mit dem IE5-Motor eine beeindruckende energetische und hydraulische Effizienz auf. Einen interessanten Zusatznutzen bieten die integrierte Wärmemengen- erfassung und die Förderstrombegrenzung. Norm- (NKE) bzw. Blockpumpen (NBE) (rechts) sind für Anwendungen konzipiert, wo im Objektbau größere Wassermengen effizient und zuverlässig zu fördern sind, beispielsweise in leistungsstarken Heizungs- und Kälteanlagen, zur Versorgung von Fernheizungen, Klimaanlage und Kühltürmen.

spezifische Funktionalitäten hinterlegt sind. Zudem erleichtert ein Frequenzumformer die Prozesssteuerung und reduziert Verschleiß und Geräuschpegel.

Es gibt zwei Varianten, wie der Frequenzumformer mit der Pumpe verbunden sein kann: entweder über eine externe Anbindung (FU im Schaltschrank) oder im

Motor integriert. Pumpen mit integriertem Frequenzrichter bieten im Vergleich zu Pumpen mit separatem Frequenzrichter Vorteile:

- vollständige Systemintegration,
- einbaufertiges Komplett-Aggregat ermöglicht eine einfache Montage wie bei Standardpumpen mit konstanter Drehzahl,



weiligen Anwendung bei diesem IE5-Antrieb eine Vielzahl integrierter Pumpenfunktionen nutzen. Die Spanne reicht von der einfachen Prozessregelung mit konstanten Parametern (Druck/ Volumenstrom/ Füllhöhe/ Temperatur) bis hin zu komplexen Regelungen, die sich auf die individuellen Gegebenheiten einer Anlage selbst einstellen.

**HVAC-Pumpen:
Große Volumina effizient fördern**

Besondere Bedeutung kommt im Objektbau, in Wohngebäuden wie in Nichtwohngebäuden, leistungsfähigen HVAC-Pumpen zu, also Pumpen für die Heizungs- und Klimatechnik. Was häufig noch unterschätzt wird: Der Kühlbedarf wächst kontinuierlich. Im Sommer verbrauchen wir wegen der Klimaanlage schon heute signifikant mehr Strom als im Winter. Der Klimawandel wird konkret.

Steigende Temperaturen erfordern mehr Kühlung für Nahrungsmittel, Büros und Rechenzentren. In Deutschland werden jährlich ca. 66 Milliarden kWh Strom und 11 Milliarden kWh nicht elektrische Energie für die technische Kälteerzeugung verwendet. Das entspricht 14 % des deutschen Strombedarfs. Hiervon entfallen 22 % auf die Klimatisierung von Gebäuden. Die heute üblichen Glasfassaden tragen dazu bei, dass auch in gemäßigten Klimazonen der Kühlbedarf von Gebäuden steigt (Quelle: BINE).

Elektrisch betriebene dezentrale Klimageräte sind für den TGA-Planer aufgrund ihres hohen Stromverbrauchs und der Emission von Kältemittel in die Umwelt bei größeren Gebäuden eher keine Option. Sie werden allenfalls noch als Sonderlösung für einzelne Räu-

me gewählt. Raumlufttechnische Lösungen wie adiabate Rückkühler und Kühlregister in der Lüftungsanlage entsprechen ebenso wie die Thermoaktivierung von Bauteilen (Flächenkühlung, Betonkernaktivierung) hier dem Stand der Technik.

Für solche Systeme offeriert die Industrie entsprechend konzipierte Kühlwasserpumpen: Norm- und Blockpumpen, mehrstufige vertikale Hochdruckpumpen und Inline-Pumpen.

Trockenläuferpumpen sind konstruktionsbedingt weniger medientemperaturabhängig als Nassläuferpumpen und leichter auf das Fördermedium abzustimmen. Beim Design als Inline-Pumpe liegen Druck- und Saugstutzen geradlinig gegenüber, das ver-

einfacht die Rohrleitungs montage. Während der gesetzlich geforderte MEI-Mindesteffizienzindex derzeit bei $\geq 0,40$ liegt, stehen dem Markt schon heute Inline-Pumpen mit einem MEI-Wert von $\geq 0,70$ zur Verfügung.

Fazit

Integrierte Pumpen-Lösungen für die Gewerke „Heizung“, „Klimatechnik“ und „Sanitär“ sichern nicht allein den kosteneffizienten Betrieb. Kombiniert mit modernen Feldbus-Lösungen gewährleisten sie Transparenz hinsichtlich der Betriebsdaten und bieten damit die Möglichkeit zur Präventivwartung. Das verbessert die Betriebssicherheit signifikant. ◀

Tipp: Auch das spart Energie

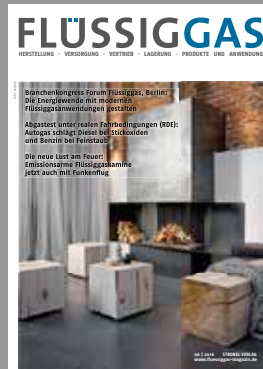
Wer Energie sparen will, muss nicht nur an neue Motoren denken. Es geht oft auch einfacher: Ein größerer Kabelquerschnitt zum Motor kann beispielsweise zu einer deutlich höheren Strom einsparung führen, als der Austausch eines alten Motors gegen einen Antrieb der Hocheffizienzklasse. Die Investition für das stärkere Kabel ist besonders bei großen Leistungen erheblich geringer.

Die Verkabelung spielt auch bei der Nutzung eines Frequenzumformers (FU) eine gewisse Rolle: Sitzt der FU direkt auf dem bzw. im Motor, wird durch den kurzen Weg gegenüber der entfernten Schaltschrankvariante selbstverständlich Energie eingespart – der nicht vorhandene Aufwand zum Kühlen des Schaltschranks kommt als Einsparung hinzu.

Elektrische Antriebssysteme nehmen auch im Standby-Betrieb elektrische Leistung auf. Am meisten Energie kann gespart werden, wenn die Spannungsversorgung in Pausen komplett abgeschaltet wird.

Hoch interessant ist auch der Hinweis der Deutschen Energie-Agentur (dena): Messungen in den USA haben demnach gezeigt, dass durch eine bessere Wartung der Motoren zwischen drei und zehn Prozent der Stromkosten eingespart werden können.

Fazit: Elektrotechnische Grundkenntnisse und ein vernünftiger Umgang mit Technik können auch ohne große Investitionen Ressourcen und Geld einsparen.



Die vielseitige und zuverlässige Energie!

Jetzt kostenloses Ansichtsexemplar anfordern!



STROBEL VERLAG GmbH & Co KG
Postfach 5654, 59806 Arnsberg
Leserservice Flüssiggas
Tel. 02931 8900-50/54, Fax 02931 8900 38
leserservice@strobel-verlag.de
www.fluessiggas-magazin.de

Behaglichkeitsanalysen unter transienten Bedingungen

Erste Ergebnisse des Analysefalls „Überheizung“

Fragestellungen zur thermischen Behaglichkeit werden seit mehreren Jahrzehnten intensiv von Wissenschaftlern weltweit untersucht. Grundlegende Zusammenhänge wurden von Fanger in den 1980er-Jahren analysiert; die Ergebnisse fanden Einzug in unterschiedlichen Normen. Zu nennen sind hier beispielsweise die DIN EN ISO 7730 [1] und die EN 16798-1 [2]. Die in diesen Normen benannten Berechnungs- und Bewertungsverfahren basieren weitestgehend auf der Annahme von stationären Randbedingungen. Technische Anlagen im Gebäudebereich werden jedoch oft transient betrieben, was sich beispielsweise in einer Nacht- und Tagesabsenkung mit den entsprechend notwendigen Anheizzeiten widerspiegelt. Basierend darauf ist zu hinterfragen, ob die stationären Kriterien des PMV-/PPD-Indexes (globale Wärmephysiologie) in Kombination mit den lokalen Kriterien überhaupt zur Bewertung des Raumklimas angewendet werden können. Im ersten Teil des Beitrags soll ein Überblick zur Untersuchungsmethodik gegeben werden; im zweiten Teil werden erste Ergebnisse aus den Analysen dokumentiert und diskutiert.



PD Dr.-Ing. habil.
Joachim Seifert,
Privatdozent
für Heizungs- und
Raumluftechnik,
TU Dresden



Dipl.-Ing.
Maximilian Beyer,
wissenschaftlicher
Mitarbeiter
am Institut
für Energietechnik,
TU Dresden



Dipl.-Ing.
Lars Schinke,
wissenschaftlicher
Mitarbeiter
am Institut
für Energietechnik,
TU Dresden



Dipl.-Ing.
Alexander Buchheim,
wissenschaftlicher
Mitarbeiter
am Institut
für Energietechnik,
TU Dresden

Untersuchungsmethodik und Randbedingungen

Um belastbare Aussagen zur Einschätzung der wärmephysiologischen Verhältnisse unter transienten Bedingungen zu erhalten, ist es zwingend notwendig, eine Analyse mit Probanden durchzuführen. Aus diesem Grund wurde an der TU Dresden das „Combined Energy Lab 2.0“ um einen Klimaraum erweitert. Abbildung 1 zeigt die drei wesentlichen Bestandteile des „Combined Energy Lab 2.0“.

Der Klimaraum hat eine Grundfläche von $A = 20 \text{ m}^2$ und eine Raumhöhe von $h = 2,5 \text{ m}$, er stellt damit beispielsweise einen repräsentativen Raum eines Gebäudes dar. Hinsichtlich aller Raummfassungsflächen kann dieser in einem Bereich von $10 \text{ °C} \leq \vartheta_{or} \leq 50 \text{ °C}$ variiert werden. Der Versuchsstand ist mit einer Klimaanlage ausgestattet, die eine Variation der Zulufttemperatur von $10 \text{ °C} \leq \vartheta_L \leq 35 \text{ °C}$ und der relativen Feuchte von $20\% \leq \varphi \leq 90\%$ ermöglicht. Somit können eine große Anzahl von praktisch relevanten Fra-

gestellungen der technischen Gebäudeausrüstung mit dem Klimaraum analysiert werden. Weitere Details zum Versuchsstand sind [3] zu entnehmen.

Um grundlegende Fragestellungen zum transienten Betrieb von heizungstechnischen Anlagen beantworten zu können, wurde zunächst mit allen Probanden eine Initialisierungsphase durchlaufen. Dabei konnten die Probanden ihre eigene Komforttemperatur ϑ_{op} einstellen. Im Anschluss an diese Phase wurde eine Temperaturrampe gefahren, bei der die Probanden keinen Einfluss mehr auf den Sollwert der Regelung hatten. Jeder Proband erfuhr jeweils eine Überheizung und eine Unterkühlung. In einem Zeitintervall von $\Delta\tau = 10 \text{ min}$ wurden die Probanden aufgefordert, einen Fragebogen zu beantworten, der Fragen zum aktuellen Empfinden und zum Wunsch der Raumtemperaturänderung beinhaltete. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen das prinzipielle Vorgehen sowie den verwendeten Fragebogen.

Die Probanden waren 84 Personen aus dem universitären Umfeld. Die Altersverteilung der Personen ist der Abbildung 4 zu entnehmen. Es waren etwas mehr weibliche Probanden vertreten als männliche.

Dominiert wurde die Stichprobe von Personen mit einem Alter von 25 bis 40 Jahren. Personen höheren Alters waren in der Unterzahl. Trotz großer Bemühungen der Autoren eine repräsentativere Stichprobensammensetzung entsprechend der Bevölkerungszusammensetzung der Bundesrepublik

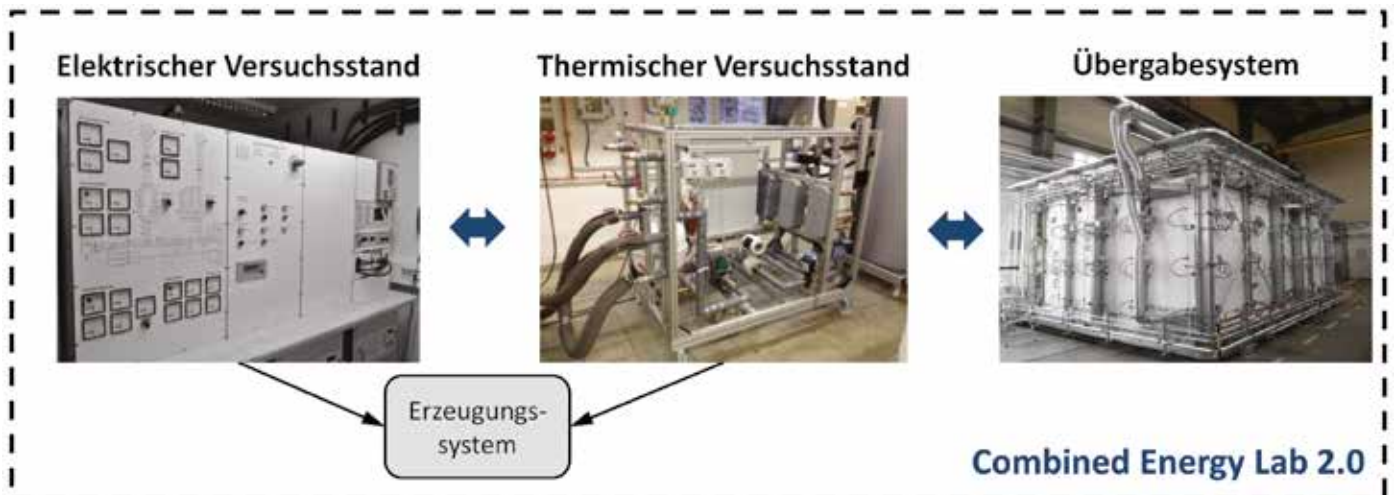


Abbildung 1: „Combined Energy Lab 2.0“ der TU Dresden

Grafik: TU Dresden

lik Deutschland zu erzielen, konnte kein signifikant höherer Anteil an älteren Personen gewonnen werden. Die nachfolgend dokumentierten Ergebnisse müssen daher unter diesem Gesichtspunkt bewertet werden.

Ergebnisse

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der von den Probanden eingestellten Initialisierungstemperatur ϑ_{op} während der ersten Phase der Versuche.

Ersichtlich ist aus Abbildung 5, dass die meisten Probanden eine Initialisierungstemperatur von $\vartheta_{op} = 22\text{ °C}$ gewählt haben, wobei eine Tendenz zu höheren Temperaturen besteht. Diese operative Temperatur kann als die „Wohlfühltemperatur“ der Probanden interpretiert werden und korreliert mit den Angaben in [1] und [2]. Ersichtlich ist auch, dass Temperaturen unterhalb von $\vartheta_{op} = 22\text{ °C}$ seltener gewählt worden sind.

Die dokumentierten Temperaturen stellen physikalisch gemessene Werte dar. Ergänzend wurden die Probanden nach ihren „Wunschtemperaturen“ befragt. Diese differierten jedoch signifikant von der physikalischen operativen Temperatur. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass der Mensch die physikalische Temperatur nur sehr unzureichend einschätzen kann.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen ausgewählte Befragungsergebnisse der Probanden zur Überheizung. Aus Abbildung 6 ist ersichtlich, dass mit höheren Raumtemperaturen ein Anstieg der Bewertung auf der linken Skala festzustellen ist. Das bedeutet, dass die höheren Temperaturen durch den Nutzer wahrgenommen werden und auf einer Skala von -3 bis +3 mit maximal 1,5 bewertet werden. Die Bewertung von 1,5 entspricht dabei einer „moderat warmen“ Bewertung. Nach dem Durchlaufen einer Beharrungsphase

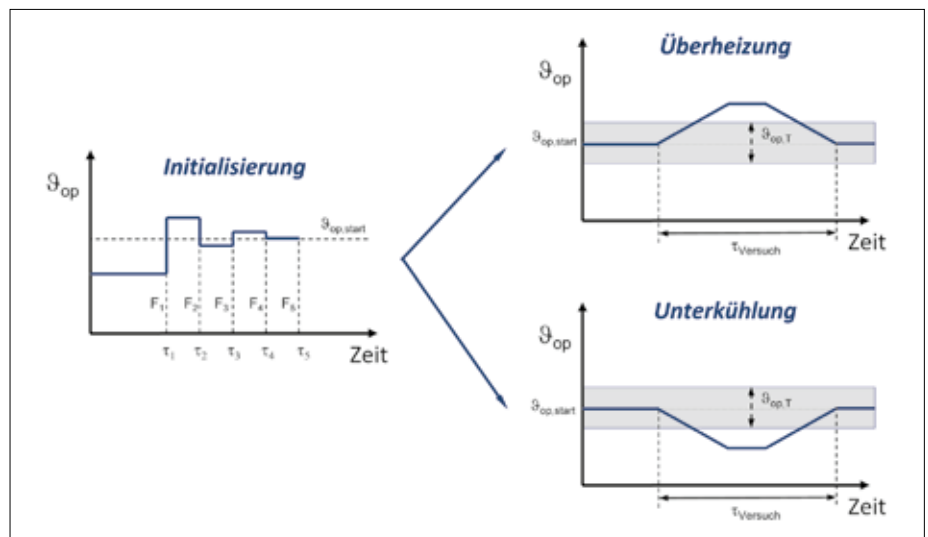


Abbildung 2: Grundlegender Ablauf der Analysen

Grafik: TU Dresden

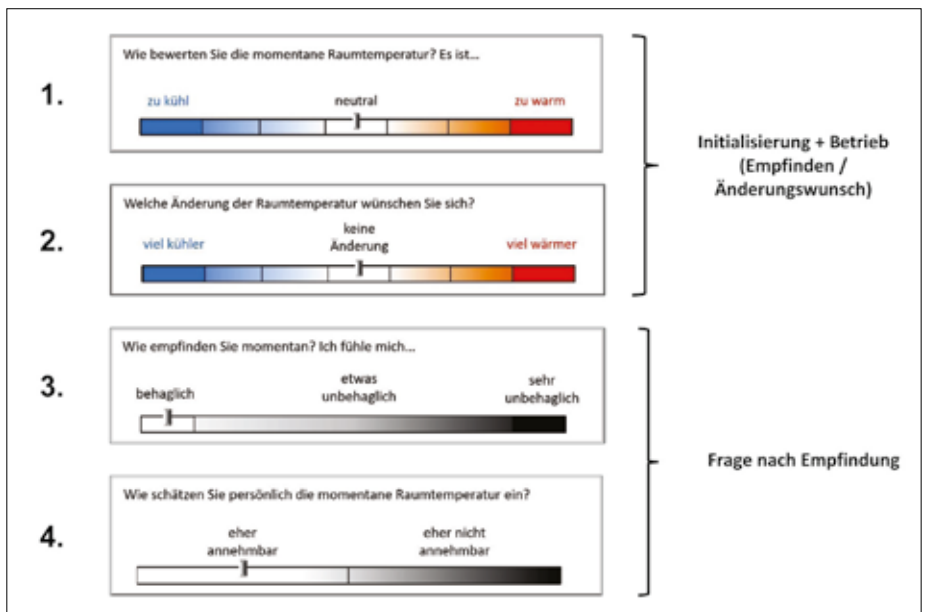


Abbildung 3: Fragebogen für die Probanden

Grafik: TU Dresden

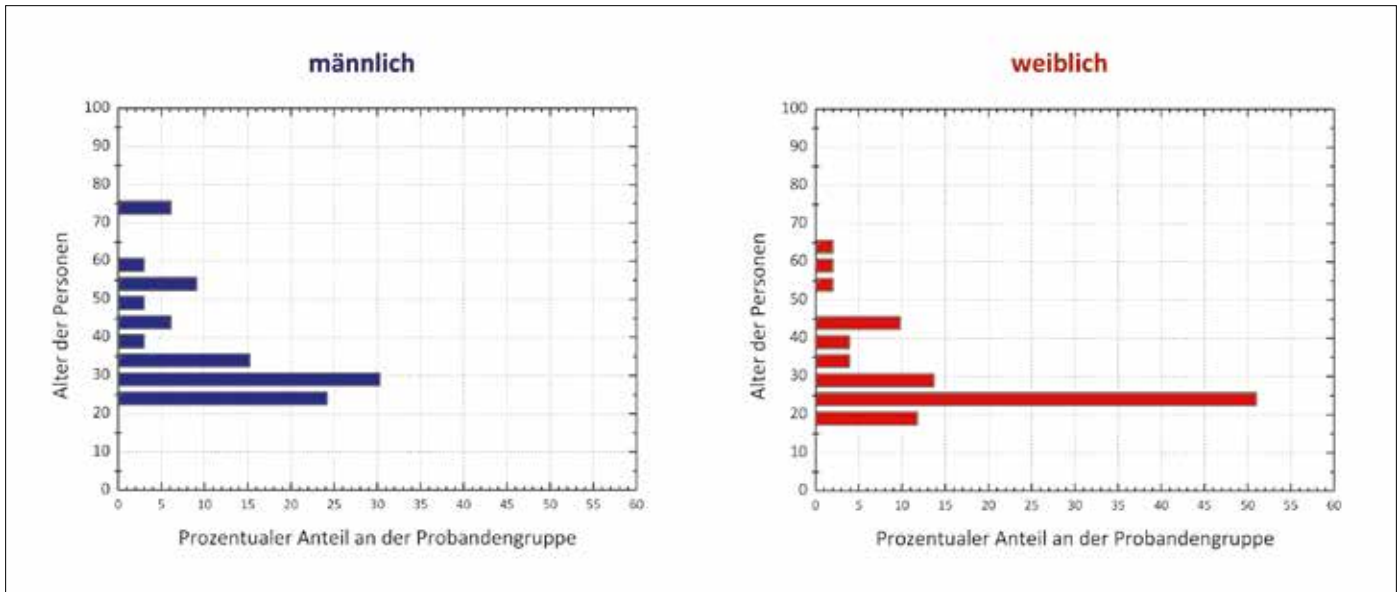


Abbildung 4: Verteilung der männlichen und weiblichen Probanden

Grafik: TU Dresden

fällt auf, dass während der anschließenden Phase mit negativem Temperaturgradienten die wärmephysiologischen Verhältnisse als kühl wahrgenommen werden. Dies lässt den Schluss zu, dass der menschliche Körper sich innerhalb der Beharrungszeit von $\tau = 0,5 h$ an höhere Temperaturen adaptieren kann. Wird dieses Temperaturlevel zur ursprünglichen selbstgewählten Komforttemperatur abgesenkt, wird dies negativ bewertet.

Die Bewertung der aktuellen wärmephysiologischen Verhältnisse stellte die erste Frage

innerhalb des Fragebogens dar. Eine zweite Frage adressierte den Wunsch nach einer Änderung der Raumtemperatur. Abbildung 7 zeigt deutlich, dass hohe operative Raumtemperaturen mehrheitlich im untersuchten Intervall zu keinem Änderungswunsch führten. Auffällig ist jedoch auch, dass beim negativen Temperaturgradient im zweiten Teil der Untersuchung der Wunsch nach einer Anhebung der operativen Raumtemperatur bestand. Interpretierbar ist dies mit einem hohen Beharrungsvermögen sowie

mit einer Toleranz des menschlichen Organismus in Hinblick auf hohe Temperaturen. Einschränkend muss jedoch hinzugefügt werden, dass die dokumentierten Ergebnisse nur im analysierten Temperaturbereich und mit Blick auf die Probandengruppe repräsentativ sind. Bei höheren Temperaturen als $\vartheta_{op} = 22\text{ °C} + 2\text{ K}$ können andere bzw. verstärkte Tendenzen auftreten.

Nicht dokumentiert werden in diesem Beitrag die Ergebnisse des Analysefalls „Unterkühlung“. Diese bleiben, auch mit Blick auf den Umfang dieser Veröffentlichung, einer weiteren Publikation vorbehalten.

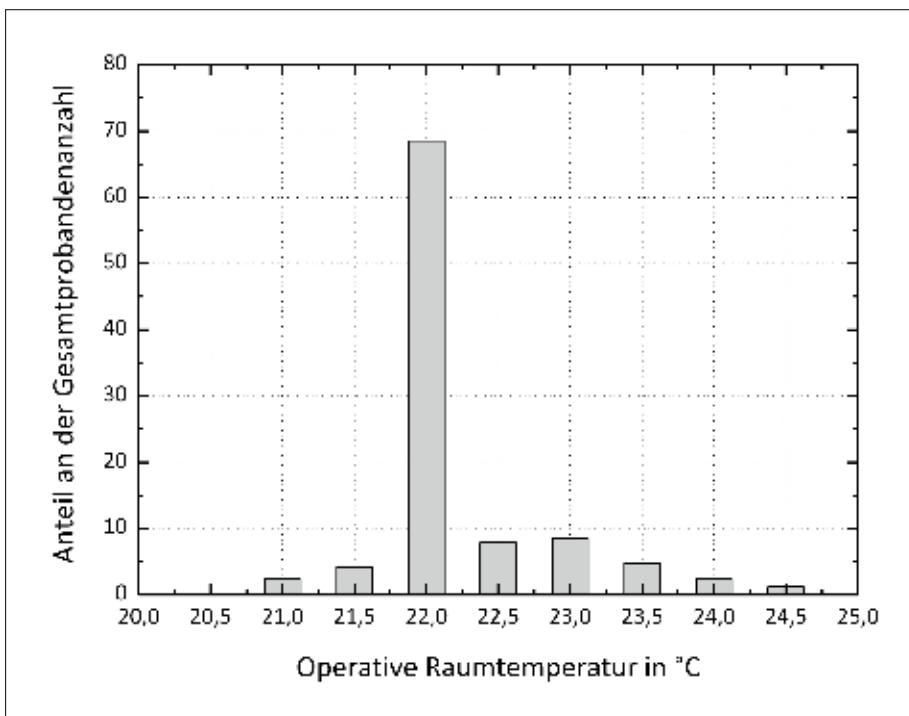


Abbildung 5: Verteilung der operativen Raumtemperatur bei den Probanden der Stichprobe

Grafik: TU Dresden

Fazit

Innerhalb der vorliegenden Veröffentlichungen wurde zunächst ein Versuchsstand zur Analyse transients Betriebsweisen vorgestellt, der Bestandteil des Combined Energy Lab 2.0 des Instituts für Energietechnik der TU Dresden ist. Der Versuchsstand kann alle Teilbereiche der Erzeugung, Verteilung sowie Übergabe von Wärme und Kälte abdecken. Besonders ist die physikalische Kopplung mit einem Niederspannungsemulator [4], wodurch auch vorgelagerte Prozessketten mit in Analysen eingebunden werden können.

Hinsichtlich der wärmephysiologischen Bewertung transients Vorgänge wurden erste Ergebnisse innerhalb dieser Veröffentlichung dokumentiert. Diese zeigen, dass der Mensch positive Temperaturabweichungen von der individuellen Komforttemperatur toleriert und sich an diese adaptieren kann. Negative Temperaturgradienten auch oberhalb der individuellen Komforttemperatur werden jedoch als negativ wahrgenommen.



Das bedeutet, dass der menschliche Körper sensitiv auf die transiente Betriebsweise beispielsweise einer heizungstechnischen Anlage reagiert. Die Ergebnisse zeigen auch, dass hierdurch in gewissen Bereichen Freiheitsgrade für die Betriebsweise von technischen Anlagen existieren, die in veränderte regelungstechnische Strategien einfließen können.

Weiterführende Untersuchungen sollen in naher Zukunft in der Weise durchgeführt

werden, dass veränderte Temperaturgradienten analysiert werden und in einem zweiten Schritt die Beheizung bzw. Kühlung der Umfassungsflächen partiell erfolgt. Das entspricht der Nachbildung praxisnaher Heiz- und Kühlsysteme. ◀

Danksagung

Das dieser Veröffentlichung zugrundeliegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft

und Energie unter dem Förderkennzeichen 03ET1166A unterstützt.

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Literatur

- [1] EN ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, 2006.
- [2] EN 16798-1: Energy performance of buildings – Part 1: Indoor environment input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality thermal environment, lighting and acoustics, 2015.
- [3] Seifert, J.; Oschatz, B.; Schinke, L.; Buchheim, A.; Paulick, S.; Beyer, M.; Mailach, B.: Instationäre, gekoppelte, energetische und wärmephysiologische Bewertung von Regelungsstrategien für HLK-Systeme, Forschungsbericht, TUD 2016.
- [4] Seifert, J.; Schegner, P.; Meinzenbach, A.; Seidel, P.; Haupt, J.; Schinke, L.; Werner, J. Hess, T.: regionales Virtuelles Kraftwerk auf Basis der mini- und Mikro-KWK Technologie, Forschungsbericht, TUD 2015.

Symbolverzeichnis

A	Fläche	m ²
h	Höhe	m
ϑ_L	Lufttemperatur	°C
ϑ_{OF}	Oberflächentemperatur	°C
ϑ_{op}	operative Raumtemperatur	°C
φ	relative Luftfeuchte	%
$\Delta\tau$	Zeitdifferenz	s
τ	Zeit	h

Abkürzungen

PMV	Predicted Mean Vote (erwartete durchschnittliche Klimabewertung)
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied (erwartete durchschnittliche Unzufriedenheitsrate)

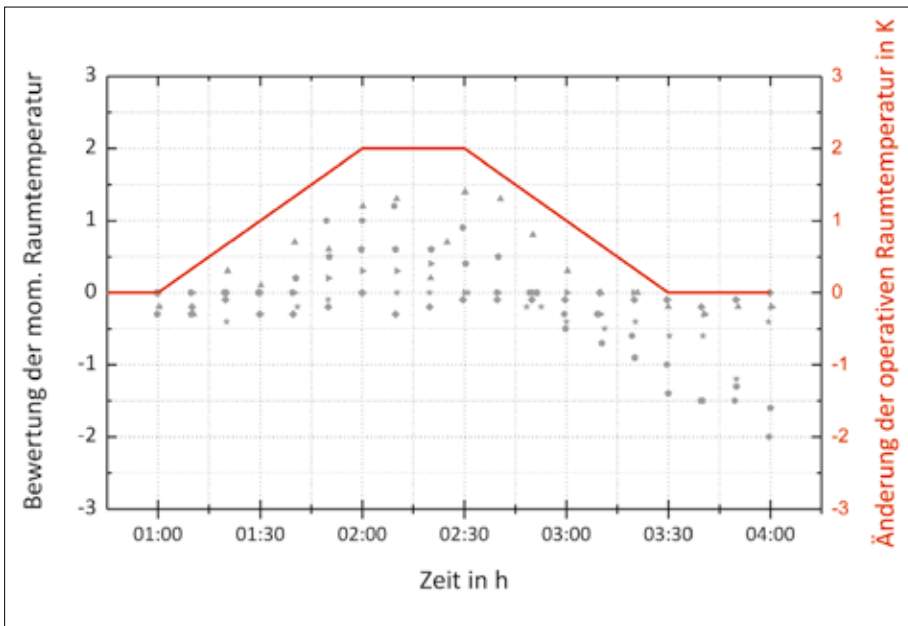


Abbildung 6: Bewertung der momentanen Raumtemperatur durch ausgewählte Probanden
Grafik: TU Dresden

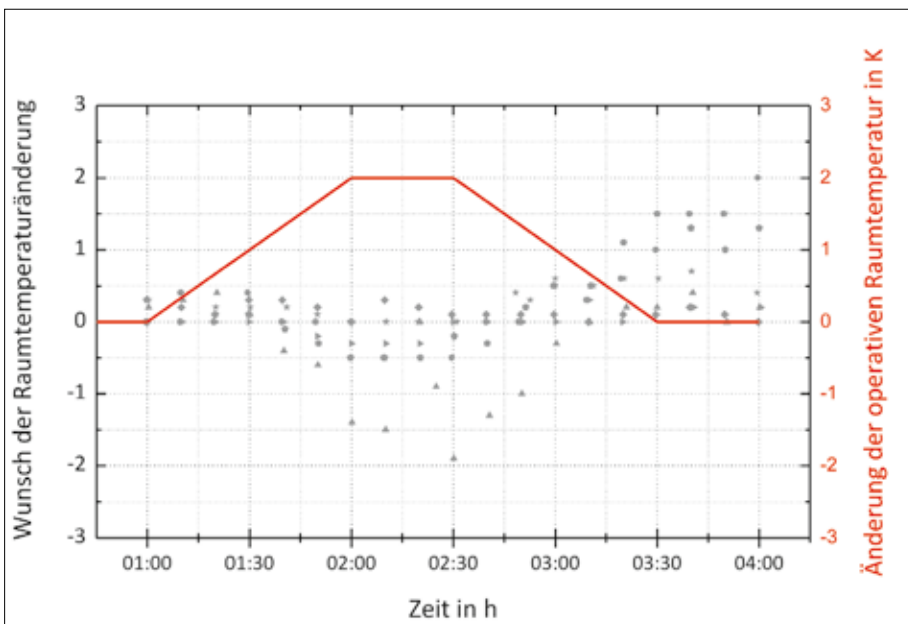


Abbildung 7: Wunsch nach der Raumtemperaturänderung durch ausgewählte Probanden
Grafik: TU Dresden

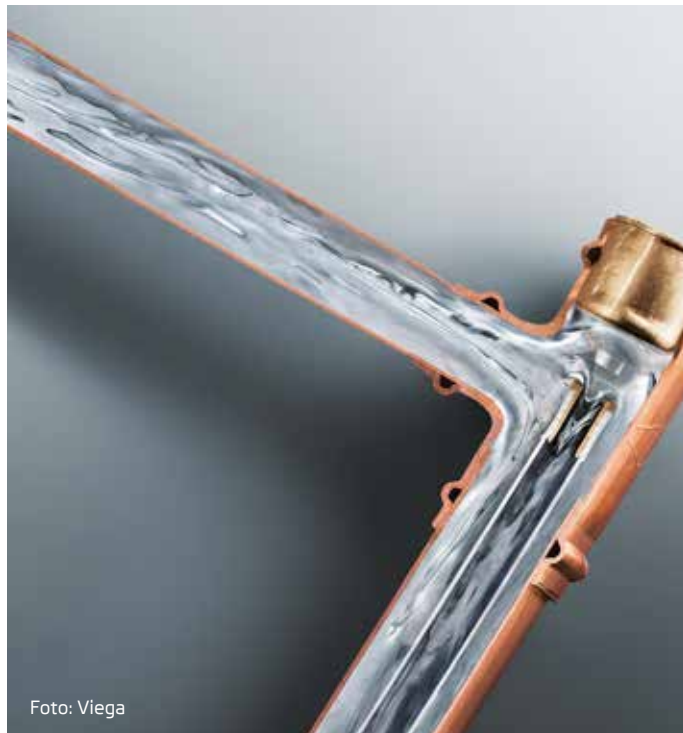


Foto: Viega

Normgerechte Trinkwasserzirkulation auf engstem Raum

Inliner-Installation als wirtschaftliche Alternative im Geschossbau

Bei der zentralen Warmwasserversorgung wird üblicherweise im Steigeschacht parallel zur Warmwasserleitung die Zirkulationsleitung verlegt. Eine wirtschaftliche Alternative dazu ist die Inliner-Technik. Durch die platzsparende Bauweise, die Pressverbindungstechnik und die einfache Abschottung bei Deckendurchführungen auf Nullabstand ist ein solches System speziell im Geschossbau besonders wirtschaftlich zu installieren.



Frank Kasperkowiak
Produktmanager,
Viega Technology
GmbH & Co. KG,
Attendorn

Die Anforderungen, die an Warmwasser führende Trinkwasser-Installationen gestellt werden, sind ausgesprochen vielschichtig. Aus Verbrauchersicht steht beispielsweise die Forderung nach möglichst direkt verfügbarem Warmwasser im Vordergrund. Für den Planer ist der Erhalt der Trinkwasser-güte mindestens genauso wichtig, denn die Qualität des Trinkwassers an den Entnahmestellen der Installation ist nach wie vor im Fokus von Hygienikern, Technikern, Betreibern und Juristen. Duschverbot in Wohngebäuden, Austausch neuer Installationen und Regressforderungen sind nur ein Teil der Folgen, wenn es zu mikrobiologischen oder chemischen Verunreinigungen kommt. Auf der anderen Seite wird in der Trinkwasser-verordnung (TrinkwV) davon ausgegangen, dass die Anforderungen der TrinkwV an den Entnahmestellen eingehalten werden, wenn

Planer, Installateur und Betreiber nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik handeln.

Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass auch der Gebäudebestand immer wieder an hygienisch maßgebliche Aspekte der allgemein anerkannten Regeln der Technik angepasst werden muss. Ob es sich dabei um relevante Änderungen bei bestehenden Installationen oder Neuplanungen handelt, ergibt immer erst der Vergleich von Untersuchungsergebnissen mit den Grenzwerten der TrinkwV. Dann besteht jedoch kein Bestandsschutz mehr, da die TrinkwV hier genauso eine Installation nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik verlangt wie im Neubau.

Temperatur zur „Schnelldiagnose“

Als Indikatorbakterien für eine einwandfreie Wasserqualität im Kaltwasser (PWC) gelten neben den in der TrinkwV aufgeführten Bakterien auch *Pseudomonas aeruginosa*. Im Warmwasserbereich (PWH) sind es zusätzlich die Legionellen (*Legionella pneumophila*). Allen Mikroorganismen ist gemeinsam, dass sie geeignete Lebensbedingungen benötigen, um sich übermäßig zu vermehren. Lange Verweilzeiten des Trinkwassers in der Installation unterstützen die Vermehrung von Mikroorganismen, weil dann in der Regel kaltes Trinkwasser zu warm und erwärmtes Trinkwasser zu kalt wird. Dadurch kommen Bakterien in ihren bevorzugten Temperatur-

bereich und haben zudem ausreichend Zeit für eine Vermehrung.

Ob eine solche Belastung des Trinkwassers zu befürchten ist, darauf kann vor einer qualifizierten Probenahme als „Schnelldiagnose“ die Ermittlung der Temperaturen im PWH/PWC hinweisen. Sie zeigen, ob Komfortbereiche für die Vermehrung hygienisch relevanter Bakterien vorliegen oder nicht. Denn aus gutem Grund fordert beispielsweise die DIN 1988-200: „Bei bestimmungsgemäßen Betrieb darf maximal 30 s nach dem vollen Öffnen einer Entnahmestelle die Temperatur des Trinkwassers kalt 25 °C nicht übersteigen und die Temperatur des Trinkwassers warm muss mindestens 55 °C erreichen.“ [1]

Die Angabe von maximal 25 °C für PWC findet sich im technischen Regelwerk DIN 1988-200, Abschnitt 8.3 sowie in der VDI/DWG-Richtlinie 6023, 6.1. Der für zahlreiche pathogene Mikroorganismen besonders günstige Temperaturbereich von 25 bis 50 °C ist zu vermeiden, um nicht deren Vermehrung zu begünstigen.

Dazu gehört auch, die Angaben des DVGW-Arbeitsblatt W 551, Abschnitt 6, zu beachten: Am Austritt des Trinkwassererwärmers werden für Großanlagen mindestens 60 °C, für Kleinanlagen (Speichervolumen < 400 l) mindestens 50 °C gefordert. [2] Sowohl in Großanlagen als auch in Kleinanlagen mit Rohrleitungsinhalten von mehr als drei Litern



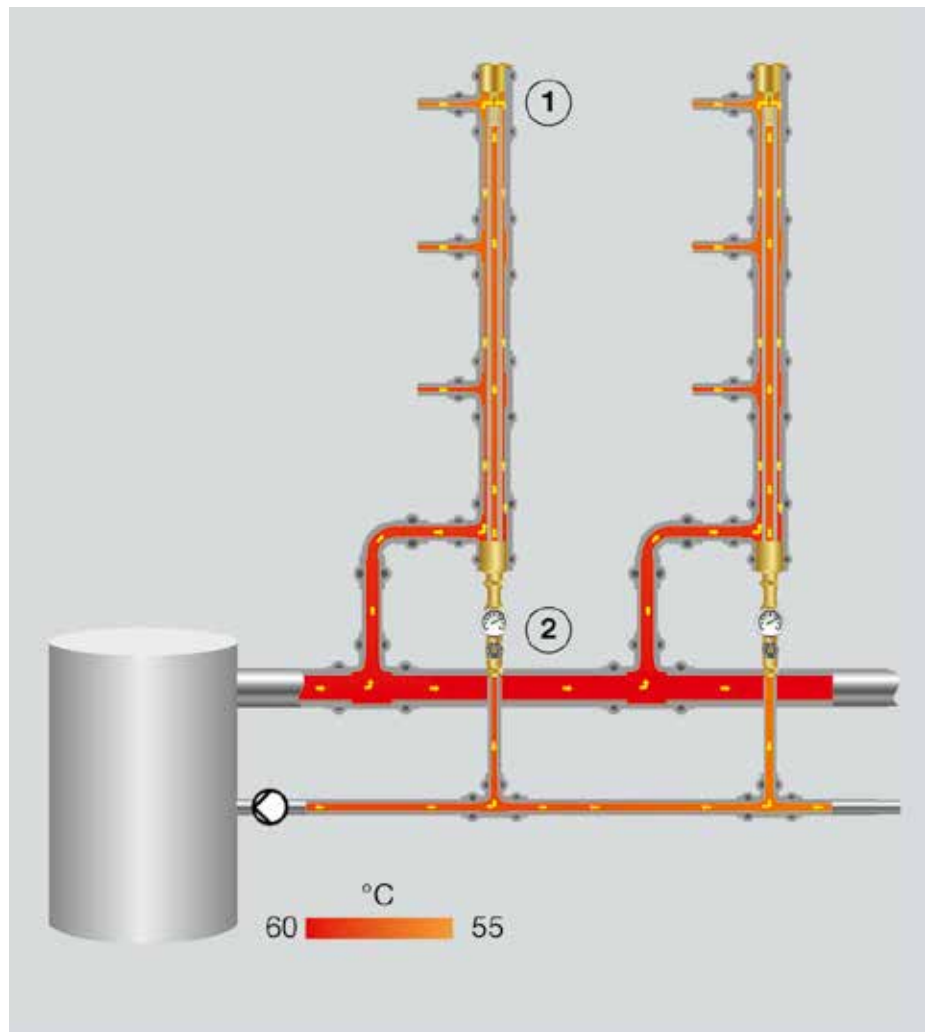
sind zwischen Entnahmestelle und Ausgang des Trinkwassererwärmers zudem zwingend Zirkulationssysteme einzubauen. [3] Alternativ sind, in der Praxis eher unüblich, Temperaturhaltebänder zur Zirkulationsleitung möglich.

Nach DVGW-Arbeitsblatt W 551 wird ergänzend gefordert, dass an keiner Stelle im Warmwassersystem die Wassertemperatur um mehr als 5 Kelvin (K) gegenüber der Speicheraustrittstemperatur unterschritten werden darf; gleichbedeutend mit 60 °C oder höher für den Bereich Trinkwasser Warm (PWH/PWH-C), wobei die Temperatur bei Wiedereintritt des Wassers in den Trinkwassererwärmer im Bereich der Zirkulation 55 °C nicht unterschreiten darf.

Die Verletzung der 5 K-Regel hat sich in der Praxis als guter, entnahmestellenspezifischer Indikator für einen positiven Nachweis von Legionellen erwiesen: Das Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit der Universität Bonn (ihph) hat im Auftrag der



Grafik 1: Funktionsweise der Inliner-Technik: Über das Anschlussset (unten) gelangt das Warmwasser in den Steigestrang, wird am Ende in das innen liegende PB-Rohr umgelenkt und zurück zum Warmwassererzeuger bzw. -speicher geführt.
Grafik: Viega



Grafik 2: Installationsschema einer Inliner-Installation
Gebäudetechnik für Trinkwasser. Fachgerecht planen - Rechtssicher ausschreiben - Nachhaltig sanieren.

Quelle: Rudat et al.

Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e.V. (figawa) eine bundesweite Statusanalyse zum Legionellenvorkommen in Trinkwasser-Installationen von Mehrfamilienhäusern mit zentraler Warmwasserversorgung erstellt. Die Studie, bei der mehr als eine Million Trinkwasserproben ausgewertet wurden, bestätigt den Einfluss der niedrigen Wassertemperatur auf das Legionellenwachstum. Neben dieser Korrelation wurde zudem festgestellt, dass das Risiko einer Legionellenvermehrung im Temperaturbereich unter 55 °C dreimal höher ist als im Temperaturbereich über 55 °C. [4]

An diesen beiden Eckpunkten setzen daher auch die technischen Maßnahmen zur Minimierung der übermäßigen Bakterienvermehrung an: die Vermeidung eines Temperaturbereichs von 25 °C bis 55 °C und die Gewährleistung eines vollständigen und regelmäßigen Wasseraustauschs alle drei Tage (vgl. VDI/DVGW 6023) bzw. spätestens nach sieben Tagen (vgl. DIN EN 806-5).

Zirkulationsleitung im Steigestrang

Zirkulationssysteme als probater Lösungsansatz für PWH-Installationen haben die Aufgabe, den Komfort beim Zapfen erwärmten Trinkwassers und die Hygiene im Verteilungssystem sicherzustellen. Sie ermöglichen eine kurze Ausstoßzeit bis zum Erreichen des ausreichend temperierten Warmwassers an der Entnahmestelle und sorgen dafür, dass im gesamten Warmwasserverteilungssystem die Temperaturen genügend hoch sind.

Aber gerade die Komfortzeit bzw. Ausstoßzeit führt in Streitfällen immer wieder zu der Frage, wie lange es dauern dürfe, bis an einer Entnahmestelle warmes Wasser ausläuft. Eine der möglichen Antworten trägt das Aktenzeichen 102 C 55/94 des Amtsgerichtes Berlin-Schöneberg vom 29. April 1996. Das Amtsgericht hat hier die Ansicht vertreten, dass 45 °C warmes Wasser spätestens nach 10 Sekunden oder höchstens nach 5 Liter Wasserverbrauch aus dem Hahn sprudeln



Abbildung 1: Blick auf eine Inliner-Installation mit Kupferrohr. Deutlich erkennbar ist der Platzgewinn, weil auf den zweiten Steigestrang verzichtet werden konnte.

Foto: Viega

muss. Das Gericht bewertete es als Mietmangel, wenn 40 °C warmes Wasser erst nach 5 Minuten zur Verfügung steht und setzte hierfür eine zehnpromtente Mietminderung an. [5]

Für den Fachplaner bedeutet dies eine besonders sorgfältige Herangehensweise, wenn Anforderungen hinsichtlich Komfortkriterien mit Anforderungsstufe III nach VDI 6003 gestellt werden. Sie können in den meisten Fällen nur eingehalten werden, wenn die Entnahmestellen gezielt mit der Grundrissplanung abgestimmt sind. Bei der Systemauslegung von Zirkulationssystemen sind hygienische, wirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen [6].

Saubere Temperaturhaltung notwendig

Um die Anforderung der 5 K-Regel nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 551 zu erfüllen, muss der Zirkulationsvolumenstrom in allen Teilstrecken des Zirkulationssystems zugleich allerdings auch die Wärmemenge transportieren können, die bei einer vorgegebenen Wassertemperatur über die Oberfläche des Rohrleitungssystems abgegeben wird. Die angestrebte Temperatur von >55 °C in der

Leitungsanlage kann aber nur gehalten werden, wenn an jeder Stelle des Zirkulationssystems dieser Gleichgewichtszustand sichergestellt ist. Die Bemessung von Zirkulationssystemen erfolgt dabei nach DIN 1988-300.

Bei konventionellen Zirkulationssystemen werden die Zirkulationsleitungen parallel zur Trinkwasserleitung warm verlegt. Eine deutliche Reduzierung der Bereitschaftsverluste der Trinkwassererwärmungs- und Verteilungsanlage kann hier unter Beibehaltung von Temperaturen oberhalb von 55 °C nur noch durch erhöhte Dämmmaßnahmen oder eine Reduzierung der wärmeabgebenden Oberfläche erreicht werden. Eine Verbesserung der Dämmung gegenüber den Anforderungen der EnEV erfordert in der Regel einen höheren Platzbedarf für die Rohrleitungsverlegung, ist mit erheblichen Zusatzkosten verbunden und scheidet damit meistens als geeignete Maßnahme aus. [7]

Eine praxisgerechtere Installationsvariante stellt in solchen Fällen die so genannte Inliner-Zirkulation dar (Grafik 1). Im Gegensatz zu herkömmlichen Installationen wird hierbei nur ein Steigestrang für die Versorgung der Etagenverteilung benötigt. Die Zirkulation fließt über eine Umlenkung

in einem im Steigestrang liegenden PB-Rohr zum Warmwasserbereiter oder Speicher zurück. Dieses Zirkulationsprinzip reduziert in vergleichbarer Weise die wärmeabgebende Oberfläche im Bereich der Steigeschächte. Darüber hinaus kann dieses System mit einer im Keller verlegten Hauptverteilung kombiniert werden. Im Gegensatz zu den Beschreibungen in den einschlägigen Regelwerken – die sich auf das „Zwei-Rohr-System“ aus Steigestrang und Zirkulation beziehen – liegt das niedrigste Temperaturniveau in einer Inliner-Installation nämlich am oberen Umlenkpunkt, also am Ende eines Steigestrangs.

Anders als bei der konventionellen Zirkulation fällt die Temperatur bei der Inliner-Zirkulation im Steigleitungsbereich in Fließrichtung außerdem nicht kontinuierlich ab (Grafik 2). Das niedrigste Temperaturniveau in einer Inliner-Installation liegt am oberen Umlenkpunkt, also am Ende eines Steigestrangs am Endverschlussstück (Pos. 1 in Grafik 2). Hintergrund dieses für Inliner-Zirkulationen typischen Temperaturverlaufs ist, dass die Strömung im Ringspalt Wärme sowohl über die Oberfläche der gedämmten Warmwasserleitung an die umgebende Luft verliert, als auch im Gegenstrom an den Zirkulationsvolumenstrom im Inliner auf-

nimmt. Die Wärmeaufnahme im Inliner führt zu einer Erhöhung der Temperatur längs des Inliners in Fließrichtung. Am Übergangsstück liegt dann das Maximum der Temperatur vor (Pos. 2. in Grafik 2). Durch die unmittelbar wieder genutzten „Wärmeverluste“ der Zirkulation verringert sich automatisch der Energieeinsatz zur Erzeugung des Trinkwarmwassers.

Wirtschaftliche Installation

Dass eine hygienebewusste Planung und Kosteneinsparungen kein Widerspruch sind, zeigt sich gerade bei der Verwendung von Inliner-Zirkulationen. So ergeben sich zum Beispiel im Geschosswohnungsbau weitere Einsparungen, da statt zwei Steigsträngen nur noch einer installiert und gegen Wärmeverluste gedämmt werden muss. Geringere Kosten ergeben sich ebenfalls durch die gleichzeitige Halbierung der Anzahl an Kernbohrungen und Brandschutzmaßnahmen bei Deckendurchführungen. Gerade aufgrund des Verzichts auf eine parallel zur Trinkwarmwasserversorgung vorzusehende Zirkulationsleitung einschließlich ihrer weiteren platzraubenden Dämmung ist die Inliner-Technik im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen für den Einsatz in engen Schächten geradezu prädestiniert (Abbildung 1).

Je nach örtlicher Wasserbeschaffenheit und Anspruch des Bauherrn stehen für Inliner-Installationen sowohl Kupfer- als auch Edelstahl-Rohrsysteme zur Verfügung. Es können also für den Aufbau der Steigstränge dieselben Rohrleitungen und Pressverbinder wie bei konventionellen Trinkwarmwasserinstallationen eingesetzt werden. Ergänzend werden lediglich ein Anschlussset zur Anbindung an die Kellerverteilung in 28 oder 35 mm, das Endverschlussstück sowie das flexible PB-Rohr in 12 x 1 mm als innen liegende Zirkulationsleitung benötigt.

Fazit

Sowohl beim Neubau als auch bei der Sanierung von Objekten stehen oftmals bauseitige Maßnahmen zum dauerhaften Erhalt der Trinkwasserhygiene in einem Konflikt zu möglicherweise höheren Investitions- oder Betriebskosten. Eine unbegründete Befürchtung, denn speziell mit dem Inliner-System für Trinkwarmwassernetze fallen in der Vollkostenbetrachtung sowohl der Aufwand für die Erstinstallation wie auch die späteren Betriebskosten geringer aus als bei konventionellen Installationen. Die innen liegende Zirkulation sorgt durch das Verlegen von nur einer statt zwei Rohrleitungen für eine wirtschaftlichere Installation im Versorgungsschacht. Im Vergleich zur herkömmlichen

Warmwasser-Zirkulation („Zwei-Rohr-System“) kommt es dabei zu einer verringerten Wärmeabgabe an die Kaltwasserleitung. Dadurch wird zum einen die Gefahr der Keimbildung in der Kaltwasserleitung reduziert, zum anderen wird Energieverlusten wirksam vorgebeugt. Die innenliegende Zirkulation erfüllt die Temperaturvorgaben der DVGW W 551 und der DIN 1988, benötigt im Vergleich zur herkömmlichen Zirkulation aber keine zusätzlichen Befestigungen am Baukörper, keine Dämmung und keine separate Brandschutzdurchführung im Schacht. Die innenliegende Zirkulation ist der konventionellen Zirkulation also auch wirtschaftlich überlegen. ◀

Literatur und Quellenangaben

- [1] DIN 1988-200: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen; Installation Typ A (geschlossenes System) - Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW, Berlin: Beuth 2012.
- [2] Heidemann, Kistemann, Stolbrink, Kasperkowiak, Heikrodt: Integrale Planung der Gebäudetechnik; Berlin, Heidelberg: Springer 2014.
- [3] DVGW-Arbeitsblatt W 551: Technische Regel: Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasser-Installationen. Bonn: DVGW, 2004.
- [4] Becker-Kaiser R., Pikarek M.: Wie viel Legionellen leben in Wohngebäuden mit Zentraler Warmwasserbereitung?; DVGW energie I wasser-praxis, 5/2016, S. 34-36.
- [5] Viega GmbH & Co. KG (Hrsg.): Praxishandbuch; Grundlagen, Sicherheit, Trinkwassergüte und Komfort im Systemverbund. 6. Auflage: Attendorf: Viega GmbH + Co. KG, 2013.
- [6] Rudat, K.: Bemessung von Zirkulationssystemen unter Beachtung wirtschaftlicher, betriebstechnischer und hygienischer Anforderungen. IKZ-HAUSTECHNIK 49 (1994), Teil 1: H. 16, S. 26-34, Teil 2: H. 18, S. 21-36, Teil 3: H. 19, S. 28-31, Teil 4: H. S. 38-48.
- [7] Heinrichs F-J., Kasperkowiak F., Klement J, u.a.: Ermittlung und Berechnung der Rohrdurchmesser; Differenziertes und vereinfachtes Verfahren; Kommentar zu DIN 1988-300 und DIN EN 806-3. ZVSHK (Hrsg.); Berlin, Wien, Zürich: Beuth, 2013.



- **Der IKZ-Newsletter informiert über die wichtigsten News aus der Haustechnikbranche**
- **Sorgfältig recherchiert und bearbeitet durch die IKZ-Redaktion**
- **Wöchentlich neu und kostenlos**



**Jetzt anmelden unter:
www.ikz.de/newsletter**

Neues lufttechnisches Konzept zur Reduzierung der Formaldehydbelastung im anatomischen Praktikum



Dipl.-Ing. Peter Thiel,
Leiter Labor,
Forschung und
Entwicklung,
Rud. Otto Meyer
Technik Ltd. & Co. KG
(ROM Technik),
Hamburg

Formaldehyd ist eine Grundchemikalie, die breite Anwendung in der Human- und Veterinär Anatomie zur Fixierung, Konservierung und Lagerung von humanem oder tierischem Gewebe beziehungsweise von Körperspenden findet. Neben den vielen positiven Eigenschaften für die genannten Anwendungsgebiete ist Formaldehyd europaweit seitens des Chemikalienrechts in die Gefahrenklassen „Karzinogen/Kategorie 1B“ und „Keimzellmutagen/Kategorie 2“ eingestuft. Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) hat daher für Formaldehyd einen Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) in Höhe von $0,37 \text{ mg/m}^3$ beziehungsweise $0,3 \text{ ml/m}^3$ (ppm) – Spitzenbegrenzung Überschreitungsfaktor 2 – festgelegt. [1]

Umfangreiche Untersuchungen verschiedener gesetzlicher Unfallversicherungsträger (UVT) der öffentlichen Hand gemeinsam mit dem Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) an Hochschulinstituten und Universitäten haben gezeigt, dass die Einhaltung des AGW im anatomischen Praktikum eine große Herausforderung darstellt. [2]

Im Auftrag der IFA hat die Forschungs- und Entwicklungsabteilung der Firma Rud. Otto Meyer Technik Ltd. & Co. KG (ROM Technik) ein schlüssiges Konzept zur effektiven Reduzierung der Formaldehydkonzentration im anatomischen Praktikum entwickelt. Seitens der Nutzer wurde die Studie vom Institut für Anatomie und Zellbiologie der Universität Marburg und von der Anatomischen Anstalt der Ludwig-Maximilians-Universität München begleitet, um die Erfordernisse der Praxis zu berücksichtigen.

Das Ziel bestand darin, eine maximale Formaldehydkonzentration von $0,20 \text{ ppm}$

beziehungsweise $0,25 \text{ mg/m}^3$ bei allen bestimmungsgemäßen Tätigkeiten im anatomischen Praktikum sicherzustellen. Ein kurzzeitiger Anstieg des Konzentrationswertes für maximal 15 Minuten auf $0,40 \text{ ppm}$ beziehungsweise $0,50 \text{ mg/m}^3$ bis zu viermal pro Schicht war dabei zulässig (Überschreitungsfaktor 2).

Bestandsaufnahme

In den meisten Präparier Sälen der untersuchten 22 anatomischen Institute und Universitäten wird die Zuluft oberhalb der Präpariertische zu- und die Abluft bodennah abgeführt. [2] Diese Art der Luftführung folgt dem Ansatz, dass Formaldehyddämpfe schwerer als Luft sind und in Richtung Bo-



Abbildung 1: Blick in den Versuchsraum

Alle Abbildungen: ROM Technik

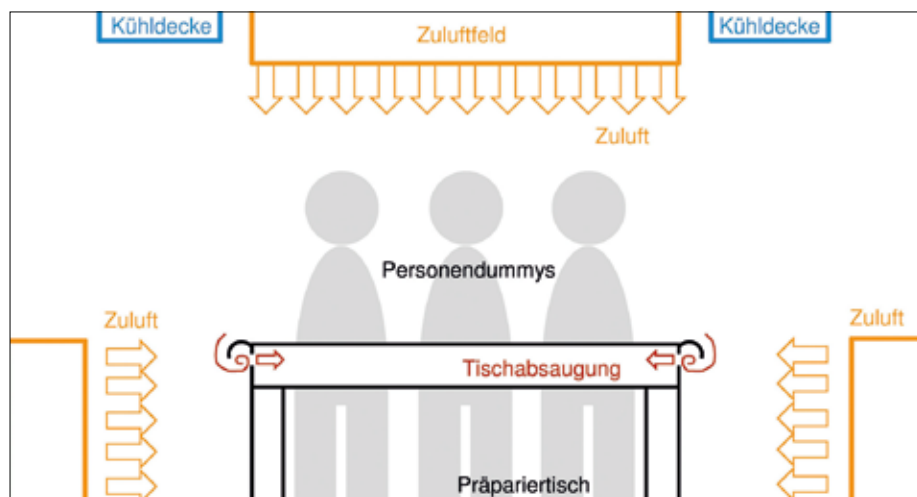


Abbildung 2: Prinzipieller Aufbau des Versuchsraumes



Abbildung 3: Körperspendenattrappe

den sinken. Im Rahmen des Projektes konnte hingegen festgestellt werden, dass aufgrund der thermischen Auftriebsströmung an den Personen ein mit Formaldehyd belasteter Teilluftvolumenstrom in die Atemluft gelangt. Dadurch wird die Formaldehydexposition der anwesenden Personen häufig in unzulässiger Weise erhöht. Dieses Phänomen konnte in unterschiedlicher Ausprägung in Präpariersälen sowohl mit als auch ohne direkte Absaugung (Erfassung) an den Präpariertischen festgestellt werden. [2]

Konzeptentwicklung im wärme- und strömungstechnischen Labor

Für das Forschungsvorhaben wurde im Labor ein Teilbereich eines Präpariersaales (Grundfläche: 34 m²; Raumhöhe: 3,10 m) mit seinen luft- und wärmetechnisch relevanten Bauteilen nachgebildet (Abbildung 1 und 2).

Als Emissionsquelle diente eine Körperspendenattrappe (Abbildung 3), über die eine flächige Freisetzung eines konstanten N₂O-Massenstromes erfolgte. Abweichend zur Realität wurde zum qualitativen und quantitativen Vergleich der Systeme¹ aus Gründen des Gesundheitsschutzes im Versuchsraum Lachgas (N₂O) als Tracer gas verwendet.

Die N₂O-Massenkonzentrationen sowie die Lufttemperaturen wurden zur Bewertung der Systeme an relevanten Sensorpositionen im Versuchsraum erfasst.

Konzeptentwicklung

Im ersten Schritt wurden die lufttechnischen Systeme in ausgewählten Präpariersälen unter vergleichbaren Randbedingungen (sechs Personendummies am Tisch, Beleuchtung) zur Generierung von Referenzwerten untersucht und messtechnisch bewertet. Betrieben wurden die Systeme entsprechend den technischen Angaben der jeweiligen

anatomischen Institute, aus denen die Systeme stammen. Alle betrachteten Bestandlösungen (Abbildung 4 bis 6) zeichneten sich durch einen aktiv abgesaugten Präpariertisch aus, der mit unterschiedlichen Luftführungs- und Temperierungssystemen kombiniert wurde.

Folgende Erkenntnisse konnten gewonnen werden:

- Die Bestandssysteme berücksichtigen nur unzureichend die Notwendigkeit der thermischen Lastabfuhr.
- Die Erfassungswirkung der abgesaugten Präpariertische ist entweder unzureichend oder sie korrespondiert nicht ausreichend mit der Zuluft einbringung.
- Störeinflüsse durch die Tischbeleuchtung werden nicht berücksichtigt.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurde im Anschluss ein lufttechnisches Konzept entwickelt, welches die zuvor definierten Zielwerte sicherstellen sollte.

Konzeptbeschreibung

Um eine effektive Erfassung am Präpariertisch mit größtmöglicher Tiefenwirkung zu erhalten, wurden ROM-Drall®-Elemente [4] als Linienabsaugung am Umfang des Präpariertisches installiert. Diese patentierte Entwicklung setzt das Strömungsprinzip von Wirbelstürmen in eine gerichtete Absaugströmung um (Abbildung 7).

Die Zuluftführung erfolgt zweistufig über ein impulsarmes Zuluftfeld ($q_{v,zu} = 650 \text{ m}^3/\text{h}$) oberhalb der Körperspende sowie Schicht-

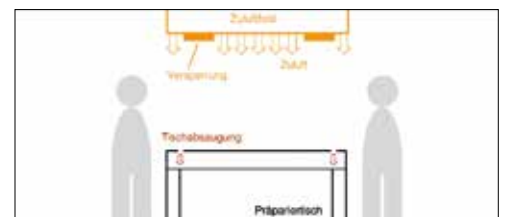
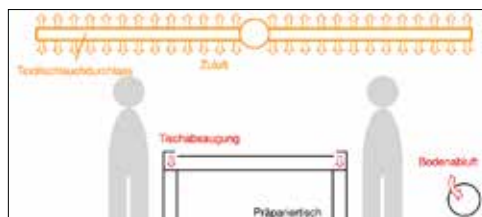
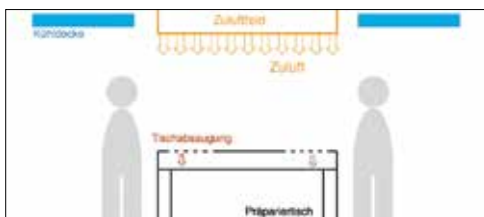


Abbildung 4: System „Z“



Abbildung 5: System „O“



Abbildung 6: System „P2“

luftdurchlässe ($q_{V,ZU} = 1.350 \text{ m}^3/\text{h}$) in den Ecken des Versuchsraumes. Die charakteristische Strömung ist in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt.

Die Visualisierung der Luftströmung zeigt, dass die Präpariertischabsaugung ($q_{V,AB} = 2.000 \text{ m}^3/\text{h}$) und die Zuluftführung optimal aufeinander abgestimmt sind. Es kommt zu keinen sichtbaren Ausspülungen aus dem mit Formaldehyd belasteten Tischbereich.

Auswertung

Der quantitative Vergleich der Systeme erfolgte anhand des örtlichen Stoffbelastungsgrades $\mu_s(i)$, der für verschiedene Positionen im Raum ausgewertet wurde. Der Stoffbelastungsgrad ist in der VDI 2262 Blatt 3 wie folgt definiert [5]:

$$\mu_s(i) = \frac{c(i) - c_{ZU}}{c_{AB} - c_{ZU}}$$

mit: $\mu_s(i)$ örtlicher Stoffbelastungsgrad der Position i in -

$c(i)$ örtliche Stoffkonzentration der Position i in $\frac{\text{mg}_s}{\text{m}^3}$

c_{ZU} Stoffkonzentration der Zuluft in $\frac{\text{mg}_s}{\text{m}^3}$

c_{AB} Stoffkonzentration der Abluft in $\frac{\text{mg}_s}{\text{m}^3}$

Unter der Annahme, dass im vorliegenden Betrachtungsfall die Stoffkonzentration in der Zuluft gleich null ist, wird die Formel vereinfacht zu:

$$\mu_s(i) = \frac{c(i)}{c_{AB}}$$

Der Stoffbelastungsgrad stellt somit vereinfacht ein Maß für die örtliche stoffliche Belastung im Verhältnis zur Abluftkonzentration dar. In Tabelle 1 sind die örtlichen Stoffbe-

System	μ_s (Person)	μ_s (Raum)
System „Z“	0,045	0,09
System „P ₁ “	0,071	0,19
System „P ₂ “ (mit Versperrung)	0,233	0,33
System „O“	0,31 (0,048 - 1,75)	0,05
System „ROM“	0,006	0
System „ROM“ (12 Personen)	0,004	0,002 ^{1,7m} 0,001 ^{0,5m}

Tabelle 1: Vergleich der örtlichen Stoffbelastungsgrade $\mu_s(i)$ an der Person und in der Raumluft

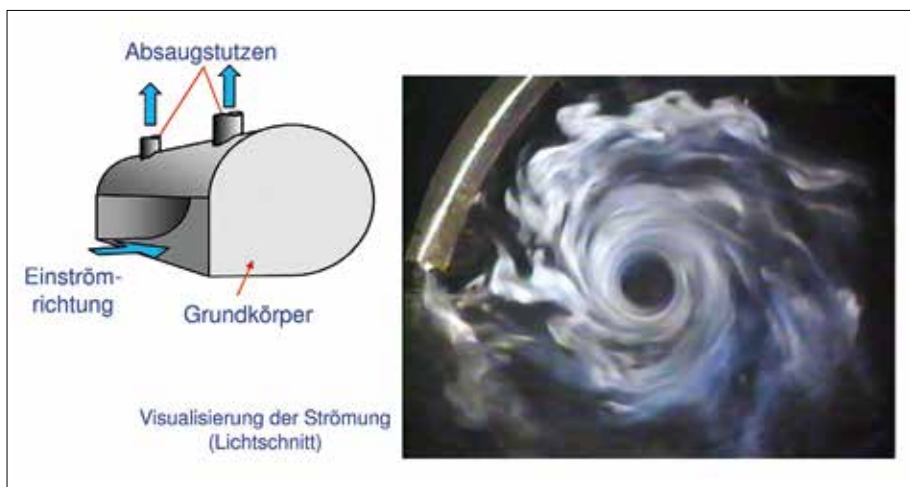


Abbildung 7: Darstellung des Prinzips der Wirbelströmung in einem ROM-Drall®-Element

lastungsgrade für die untersuchten Systeme zusammengefasst.

Die Ergebnisauswertung zeigt, dass mit dem neu entwickelten lufttechnischen Konzept sehr geringe Formaldehydbelastungen im Aufenthaltsbereich von Personen erreichbar sind. Die gemessenen Konzentrationen

unterschreiten deutlich die Werte der untersuchten Bestandssysteme (Faktor: ca. 10 bis 50). Auch eine höhere thermische Belastung im Tischbereich (zwölf Personendummies) führte zu keiner Verschlechterung der Stoffbelastungsgrade. Das System arbeitet stabil.



Abbildung 8: Lufteinbringung über das Zuluftfeld



Abbildung 9: Lufteinbringung über Schichtluftdurchlässe

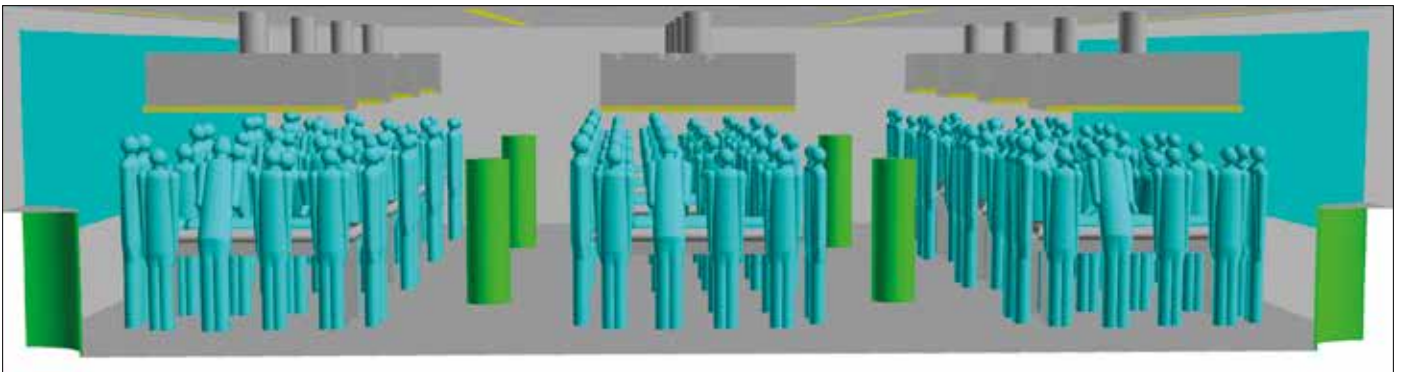


Abbildung 10: CFD-Modell des Präpariersaales

Konzeptüberprüfung durch Strömungssimulation

Die bislang beschriebenen Ergebnisse resultierten ausschließlich aus Laborversuchen an nur einem Präpariertisch inklusive Zuluftsystem. Um die Ergebnisse besser auf die Praxis übertragen zu können, erfolgte im Anschluss nach erfolgreicher Modellvalidierung eine numerische Strömungssimulation² für einen fiktiven großen Anatomiesaal mit zwölf Präpariertischen. Bei diesem Modell wurden das zuvor erläuterte System entsprechend weiterentwickelt und realitätsnahe thermische Randbedingungen³ implementiert. Die Formaldehyd-Freisetzung wurde auf $600 \text{ mg}_{\text{CH}_2\text{O}}/(\text{h} \cdot \text{KS})$ festgelegt und erfolgte über die gesamte Oberfläche der Körperspende (KS).

Ergebnisse

Die Zielwerte für die Formaldehydkonzentrationen können auch in einem großen Anatomiesaal unter realitätsnahen Randbedingungen eingehalten werden (Abbildungen 11 und 12). Die Strömungsmuster

und Konzentrationswerte der Laborstudie konnten sehr gut reproduziert werden. Insbesondere gilt das für das Phänomen temporär auftretender Auftriebsluftballen an den Personen (Abbildung 13), die für zeitlich begrenzte Expositionsspitzen sorgen. Im zeitlichen Mittel sind diese Expositionen aber als unkritisch einzustufen.

Die Luftgeschwindigkeiten (Abbildung 14) und die Temperaturen (Abbildung 15) im Präpariersaal liegen nur leicht unter den Anforderungen der Technischen Regeln für Arbeitsstätten – ASR A3.5 „Raumtemperaturen“ [7] beziehungsweise der ASR A3.6 „Lüftung“ [8]. Eine exakte Einhaltung der dort geforderten Werte ist nur schwer realisierbar. Die Raumlufttemperaturen im Bereich der Körperspende (ca. 17°C) müssen niedrig gehalten werden, da die Formaldehydemission der Körperspende bei höheren Temperaturen signifikant ansteigt.

Fazit und Ausblick

Die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen für die Formaldehydexposition im

anatomischen Praktikum hinsichtlich des Gesundheitsschutzes sowie der Gefahrstoffverordnung [9] stellt eine große Herausforderung für Nutzer, Planer und Bauherrn dar. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes [3] zeigen, dass nur ein abgestimmtes Gesamtkonzept unter Berücksichtigung aller Einflussparameter (Emissionsquelle, Luftführung, Erfassungstechnik, Wärmelasten, organisatorischer Ablauf) zielführend ist.

Der beschriebene umfassende lufttechnische Lösungsansatz basiert auf der direkten Erfassung der Gefahrstoffemission an einem im Rahmen des Forschungsprojektes neu entwickelten Präpariertisch in Kombination mit einem effektiven Luftführungssystem. Die Wirksamkeit des Konzeptes konnte sowohl im Technikum als auch im Rahmen von Strömungssimulationen bei allen bestimmungsgemäßen Tätigkeiten im anatomischen Praktikum nachgewiesen werden (Zielwert im Projekt: $0,25 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Auf bestehende Präpariersäle mit ihren jeweils speziellen Gebäudeeigenschaften muss das System allerdings jeweils adaptiert werden.

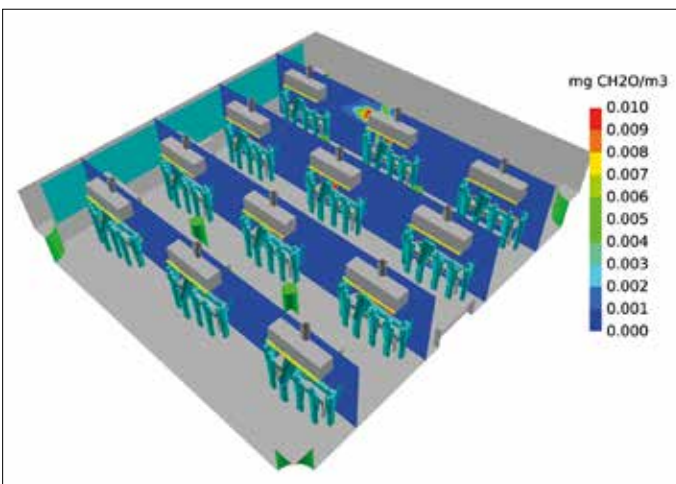


Abbildung 11: Schnittebenen der Formaldehyd-Konzentration (CH_2O) längs zum Tisch

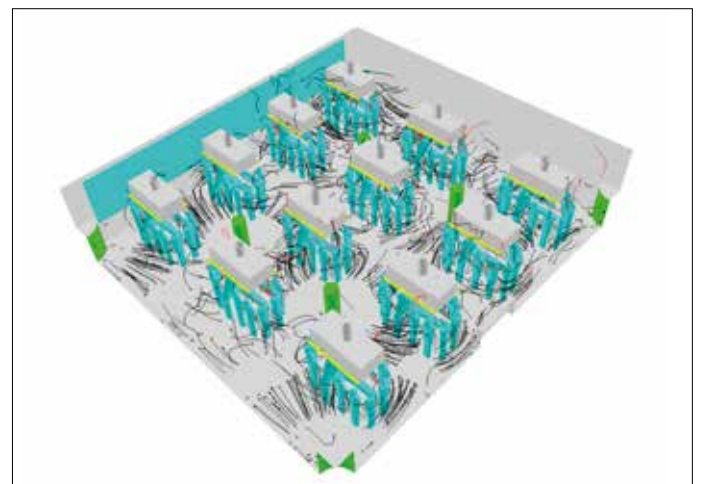


Abbildung 12: Stromlinien der Raumströmung

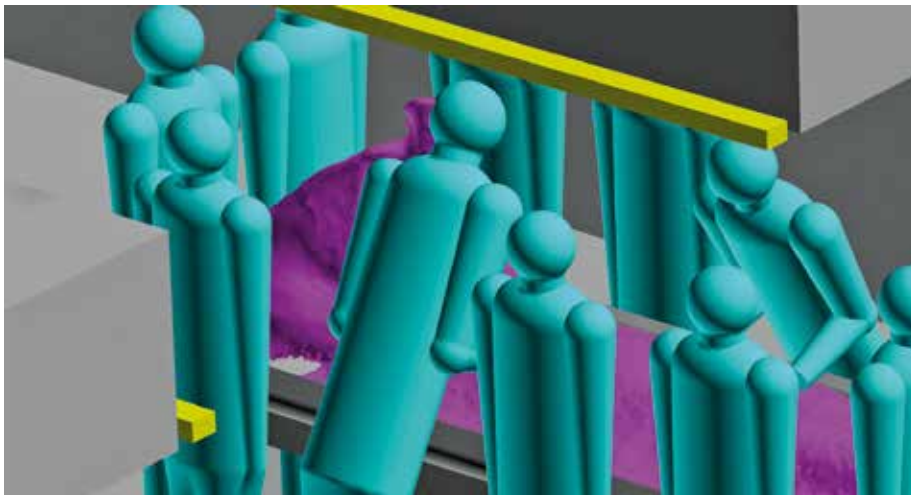


Abbildung 13: Ausspülung an einer vorgebeugten Person (violette Isofläche mit einer Formaldehydkonzentration von 0,25 mg/m³ als Momentanwert)

Abschließende Validierungsmessungen des Systems unter realen Bedingungen mit sich bewegenden Personen sollen in einer Anatomie im Frühjahr 2017 erfolgen. ◀

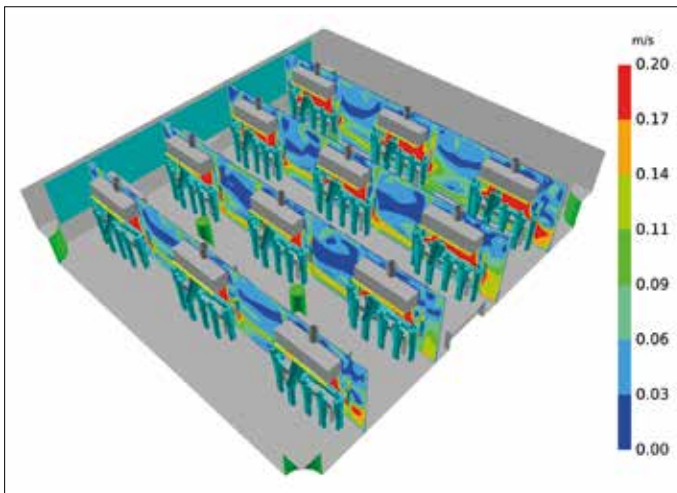


Abbildung 14: Verteilung der Strömungsgeschwindigkeiten im Saal

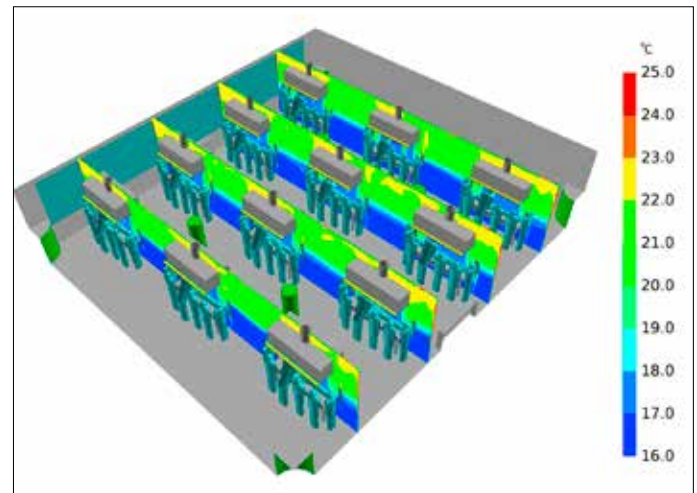


Abbildung 15: Temperaturverteilung als Längsschnitt über den Präpariertischen

Literatur

- [1] TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ BArbBl. Heft 1/2006 S. 41-55, zuletzt geändert und ergänzt GMBI 2015 S. 139-140 v. 2.3.2015 [Nr. 7].
- [2] I. Thullner, R. Stockmann, L. Hohenberger: Formaldehyd in der vorklinischen medizinischen Ausbildung (Anatomie). Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 75 (2015), Nr. 6, S. 219 ff.
- [3] M. Dahncke, L. Hohenberger, H. Klusmann, R. Stockmann, P. Thiel, I. Thullner: Formaldehyd in der vorklinischen medizinischen Ausbildung (Anatomie): Lüftungstechnische Maßnahmen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 76 (2016), Nr. 10, S. 387-397.
- [4] Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Detzer, „Drallströmung in der Lüftungstechnik“ ihks-Fachjournal 2012, München.
- [5] VDI 2262 Blatt 3 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Lufttechnische Maßnahmen“, Beuth Verlag, Ausgabe Juni 2011.
- [6] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), 24.07.2007 zuletzt geändert 24.10.2015.
- [7] ASR A3.5 „Raumtemperatur“, Ausgabe: Juni 2010, zuletzt geändert GMBI 2014, S. 287.
- [8] ASR A3.6 „Lüftung“, Ausgabe: Januar 2012, geändert GMBI 2013, S. 359.
- [9] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S 1643) geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S 1622), durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. April 2013 (BGBl. I S 944) und Artikel 2 der Verordnung vom 15. Juli 2013 (BGBl. I S 2514).

¹ Nachfolgend wird die Kombination aus Präpariertischabsaugung, Luftführungs- und Temperierungssystem mit dem Begriff „System“ abgekürzt.

² Softwarepaket: Ansys Fluent 16.1; 120 Millionen Kontrollvolumina

³ Gebäudestandard nach aktueller Energieeinsparverordnung – EnEV 2014 [6]

IKZ_{plus} – das neue Mehrwert-Konzept



IKZ-ENERGY berichtet über den Einsatz von Erneuerbaren Energien und Energieeffizienz in Gebäuden. Dabei stehen insbesondere die ganzheitliche Betrachtung der Gebäude und deren Nachhaltigkeit im Vordergrund.

Das Themenspektrum reicht von der Photovoltaik über die Solarthermie, Bioenergie, Geothermie, energieeffiziente Heiztechnik bis hin zur Systemintegration, Gebäudeautomation und weiteren EE-Themen.

Erscheinungsweise: 6 x jährlich



IKZ-KLIMA informiert nicht nur über die zentralen und dezentralen Kälte- und raumlufttechnischen Lösungen. Der technischen Entwicklung und den Markttrends folgend werden auch alternative Raumkonditionierungskonzepte aufgezeigt, beispielsweise die Kühlung über Raumflächen mittels reversibler Wärmepumpen, die adiabatische Kühlung oder die Erzeugung von Kälte mittels Solarenergie oder industrieller Abwärme.

MSR, Anlagen-Monitoring sowie Möglichkeiten der Anlagenoptimierung runden die Themenbereiche inhaltlich ab.

Erscheinungsweise: 3 x jährlich



IKZ-LEBEN trägt dem großen Informationsbedarf in den Bereichen „Leben im Alter“ und „Aktives assistiertes Leben“ Rechnung. Dabei stehen insbesondere die Themen generationengerechtes, vernetztes Bauen und Wohnen sowie mobiles Leben im Mittelpunkt.

Das redaktionelle Spektrum reicht von barrierefreiem Bauen und Sanieren über innovative Wohn- und Lebenskonzepte, Technische Assistenzsysteme, Smart Home und AAL (Ambient Assisted Living) bis hin zur Stadt- und Quartiersentwicklung.

Erscheinungsweise: 3 x jährlich

Das kleine *plus* mit großem Mehrwert.



STROBEL VERLAG GmbH & Co KG
Leserservice IKZplus
Zur Feldmühle 9-11, 59821 Arnsberg
Tel. 02931 8900 0, Fax 02931 8900 38
www.strobel-verlag.de

Jetzt kostenlose
Ansichtsexemplare
anfordern!

Behandlung von Hallengebäuden im Gebäudeenergiesparrecht

Darstellung der Untersuchungsergebnisse aus der Verbändekooperation

Das derzeitige Gebäudeenergiesparrecht stellt durch die Kombination von Energieeinsparverordnung (EnEV) [1] und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) [2] sehr hohe Anforderungen an die Planung von Hallengebäuden. Vor dem Hintergrund der Fortschreibung dieser Rechtssetzungen haben die drei Verbände BDH, BTGA und figawa dem Verordnungsgeber im März 2016 technologieoffene, wirtschaftliche und praktikable Vorschläge für die Behandlung von Hallengebäuden im zukünftigen Gebäudeenergiesparrecht vorgestellt [3]. Dieser Beitrag fasst die wesentlichen Inhalte und Ergebnisse zusammen.



Dipl.-Ing. Ralf Kiryk,
Abteilungsleiter,
BDH e.V.



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

1. Ausgangssituation

Die energetischen Vorgaben für die Errichtung und Ausstattung von neuen Gebäuden in Deutschland sind geprägt durch das Nebeneinander der EnEV und des EEWärmeG. Die EnEV macht in ihren Hauptanforderungen (Primärenergiebedarf und baulicher Wärmeschutz) weitgehend technologieoffene Vorgaben zur rechnerischen Energieeffizienz von Gebäuden. Das EEWärmeG schreibt Mindestnutzungsanteile bestimmter erneuerbarer Energien bzw. der hiermit verbundenen Technologien an der Wärme-/Kältebereitstellung des Gebäudes vor und lässt daneben bestimmte Ersatzmaßnahmen als Erfüllung zu. Jedoch sind die beiden Regelwerke hinsichtlich der verwendeten Anforderungs- und Bezugsgrößen, der Bewertungssystematik sowie der Nachweisverfahren kaum aufeinander abgestimmt. Planung und

energetische Nachweisführung von Gebäuden haben einen hohen Grad an Komplexität erreicht, der im Markt kritisiert wird.

Das EEWärmeG orientiert sich zudem in seinen Erfüllungsoptionen weitgehend an Strukturen und Technologien von Wohngebäuden bzw. ähnlich zum Aufenthalt von Personen genutzten Geschossgebäuden – die Bedingungen von Hallengebäuden wurden nicht berücksichtigt. Mit der EnEV 2014 wurde vom Verordnungsgeber eine Ausnahmeregelung für Zonen mit großer Raumhöhe (Höhe > 4 m) eingeführt, welche mit dezentralen Gebläse- oder Strahlungsheizungen beheizt werden. Diese Zonen sind durch die Ausnahmeregelung von der seit 1. Januar 2016 geltenden Verschärfung der EnEV-Anforderungen ausgenommen. Durch die Ausnahmeregelung sollen Mängel des EEWärmeG für den Hallenbereich kompensiert werden. Dies führt jedoch zu einer energetischen Ungleichbehandlung von zentralen und dezentralen Heizsystemen für Hallengebäude.

Neben den beiden deutschen Rechtsetzungen zur energetischen Ausführung von Gebäuden sind die sukzessive in Kraft tretenden Bestimmungen der Ökodesign-Richtlinie [4] für Produkte der Technischen Gebäudeausrüstung zu beachten.

2. Zielsetzung

Mit einer von den Verbänden BDH, BTGA und figawa beim Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden in Auftrag gegebenen Studie wurde ein Vorschlag zu einer ausgewogenen und technologieoffenen Behandlung von Hallenheizsystemen innerhalb eines neu zu schaffenden, einheitlichen Regelwerkes erarbeitet. Durch diese Empfehlung werden Effizienzanforderungen und Vorgaben für den Einsatz erneuerbarer

Energien verknüpft, ohne dass Ausnahmeregelungen notwendig werden. Damit wird ein praxisnaher Vorschlag unterbreitet, der sowohl die Planung als auch den Vollzug erleichtert.

Ferner ist damit eine deutliche Reduzierung der Komplexität in Anforderungen und Nachweis verbunden, wodurch die Rechtssicherheit in der praktischen Anwendung erhöht und möglichst langfristige Planungssicherheit geschaffen wird. Außerdem werden zukünftige Entwicklungen in Bau- und Anlagentechnik sowie der Energieversorgung berücksichtigt.

3. Vorgehen und Methodik

Alternativ zum Ansatz der EnEV 2014 (Minderungsfaktor ab 1. Januar 2016) kann das zukünftige primärenergetische Anforderungsniveau beispielsweise durch die Neudefinition des Referenzgebäudes erfolgen. Die Studie formuliert einen Vorschlag zur Ausführung dieses möglichen Referenzgebäudes bei der Fortschreibung des Gebäudeenergiesparrechts. Die Ausführung (baulicher Wärmeschutz, anlagentechnische Ausstattung usw.) wird gegenüber dem bisherigen Stand innerhalb eines realistischen Rahmens energetisch verbessert. Der entsprechende Primärenergiebedarf stellt den Anforderungswert dar – ein zusätzlicher Minderungsfaktor wird nicht angewendet.

Der Vorschlag wurde anhand beispielhafter Berechnungen des Primärenergiebedarfs für ausgewählte Hallenmodellgebäude untersucht. Die herangezogenen Modellgebäude wurden dem Leitfaden EEEH [5] entnommen, teils geometrisch vereinfacht und jeweils auf die Zone der hallentypischen Nutzung beschränkt.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen – in Anlehnung an Tabelle 2 Anlage 2 EnEV 2014 –



auszugsweise erste Überlegungen für die Definition eines möglichen zukünftigen Anforderungsniveaus durch die geänderte Ausführung des Referenzgebäudes. Die Darstellung erfolgt auszugsweise und beschränkt sich vorwiegend auf für Hallen relevante Aspekte. Hinzugefügte Einträge sind hellrot markiert, Änderungen bestehender Einträge hellblau markiert – werden mehrere Eigenschaften innerhalb der geänderten Zeile aufgeführt, sind geänderte Eigenschaften nochmals in roter Schrift hervorgehoben. Die gelben Passagen weisen darüber hinaus auf Anmerkungen der Autoren hin [3].

4. Studienergebnisse

Eine sinnvolle Regelung zur weiteren Verfahrensweise mit Hallengebäuden hängt wesentlich von der Art und Weise sowie dem Umfang zukünftiger Verschärfungen des energetischen Anforderungsniveaus ab. Mit Blick auf die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung erscheint aus Sicht der drei Verbände nachfolgend beschriebenes Vorgehen sinnvoll.

4.1. Empfehlung zur Behandlung von Hallen in einem neuen Gebäudeenergiesparrecht

Hinsichtlich der Anforderungen an Primärenergiebedarf und gegebenenfalls baulichen Wärmeschutz sollten Hallen untereinander und gegenüber allen anderen Nichtwohngebäuden gleichbehandelt werden. Eine Differenzierung zwischen Hallen und sonstigen Nichtwohngebäuden kann dabei nur in Bezug auf die Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien und gegebenenfalls diesbezügliche Ersatzmaßnahmen erfolgen. Die Verbände BDH, BTGA und figawa schlagen zur Behandlung von Hallengebäuden im zukünftigen Gebäudeenergiesparrecht daher folgende Maßnahmen vor:

- Wegfall der derzeitigen Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen(-zonen),
- Hallen werden von der Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien ausgenommen,
- die Ausnahme aus der Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien kann gegebenenfalls an Nebenbedingungen geknüpft werden, beispielsweise Verpflichtung zum Energie-Monitoring.

Hieraus würden sich Vorteile wie identische Anforderungen an Primärenergiebedarf und baulichen Wärmeschutz für Hallenzonen mit zentraler und dezentraler Heiztechnik ergeben und eine sehr große wirtschaftliche und technische Flexibilität (Technologieoffenheit). Dabei wäre die Methode in Kom-

Zeile	Spalte	1	2	3a		3b	
				Referenzausführung in Abhängigkeit von der Innenraum-Solltemperatur			
		Bauteil/System	Eigenschaft	$\theta_{i,h,soll} \geq 19 \text{ °C}$	$\theta_{i,h,soll} < 19 \text{ °C}$		
Außenbauteile/Gebäudehülle							
1.1		Außenwand (einschließlich Einbauten wie Rollladenkästen), Geschossdecke gegen Außenluft	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	0,28 → 0,24	0,35 → 0,30		
1.2		Vorhangfassade	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K] Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g_{\perp} Lichttransmissionsgrad der Verglasung $\tau_{D,65}$	1,4 0,63 0,76	1,9 0,63 0,76		
1.3		Wand gegen Erdreich, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen (außer Abseitenwände nach Zeile 1.4)	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	0,35	0,35		
1.3b		Bodenplatte auf Erdreich	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K] des 5 m breiten horizontalen Randbereichs der Bodenplatte entlang der Außenwände (exponierter Umfang) Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K] der Bodenplatte für Flächen, welche mehr als 5 m von der jeweils nächsten Außenwand entfernt sind ⁴⁾	0,35 3,0 ⁴⁾	0,35 3,0 ⁴⁾		
1.4		Dach (soweit nicht unter Zeile 1.5), oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	0,20	0,35 → 0,26		
...			
1.10		Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	1,8 → 1,5	2,9 → 1,8		
1.10b		Außentore	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/m²K]	1,5	1,8		
1.12		gesamte Gebäudehülle	Gebäudedichtheit nach Tabelle 6 DIN V 18599-2	Kategorie I			
1.13		Tageslichtversorgung bei Sonnen- und/oder Blendschutz	Tageslichtversorgungsfaktor nach DIN V 18599-4 $C_{TL,Verk,SA}$	<ul style="list-style-type: none"> • weder Sonnen- noch Blendschutz vorhanden: 0,70 • Sonnen- oder Blendschutz vorhanden: 0,15 			

Abbildung 1: Ausschnitt der beispielhaften Fortschreibung des Referenzgebäudes – Außenbauteile



Zeile	Spalte		3a	3b
	1	2	Referenzausführung in Abhängigkeit von der Innenraum-Solltemperatur	
	Bauteil/System	Eigenschaft	$\theta_{i,h,soll} \geq 19 \text{ °C}$	$\theta_{i,h,soll} < 19 \text{ °C}$
3	Heizung			
...		
3.4	Heizung bei Raumhöhen > 4 m	Dezentrale Hallenheizung Wärmeerzeugung gemäß <i>Tabelle 50</i> DIN V 18599-5: <ul style="list-style-type: none"> • dezentraler Warmlufterzeuger • nicht kondensierend → kondensierender Betrieb • Leistung 25 bis 50 kW • Energieträger Erdgas • Leistungsregelung 1 → Leistungsregelung 2 (mehrstufig/modulierend mit Anpassung der Verbrennungsluftmenge) Wärmeübergabe, Raumtemperaturregelung und Hilfsenergie gemäß <i>Tabellen 12, 13 und 18</i> DIN V 18599-5: <ul style="list-style-type: none"> • seitlicher Luftauslass → • Luftauslass, abhängig von der mittleren Raumhöhe der Zone: <ul style="list-style-type: none"> ○ $h \leq 6 \text{ m}$: Luftauslass von oben (ohne Warmluftrückführung) ○ $h > 6 \text{ m}$: 2-Punkt-geregelte Warmluftrückführung • P-Regler → PI-Regler • Systemgebläse: Radialventilator 		
...		
	Raumlufttechnik			
5.2/ 5.3	Zu- und Abluftanlage	Luftvolumenstromregelung gemäß DIN V 18599-7 [...] 5.8.1 <ul style="list-style-type: none"> • in Zonen der Nutzungen 4, 8, 9, 12, 13, 23, 24, 35, 37 und 40: mit bedarfsabhängiger Volumenstromregelung • sonst: ohne 		
		Spezifische Leistung ^{*)} Zuluftventilator $P_{SFP} \text{ [kW/(m}^3\text{/s)]}$		1,5 ¹⁾
		Spezifische Leistung ^{*)} Abluftventilator $P_{SFP} \text{ [kW/(m}^3\text{/s)]}$		1,0 ¹⁾
		*) ggf. zzgl. Zuschlag nach DIN EN 13779 ...		
		Rückwärmezahl η_r		Kreislaufverbund 0,68 ³⁾ systeme: sonst: 0,73 ³⁾
		Druckverhältniszahl f_p		0,4
		Zulufttemperatur (nur bei Anlagen mit Heizfunktion) [°C]		18
...		

Abbildung 2: Ausschnitt der beispielhaften Fortschreibung des Referenzgebäudes - Anlagentechnik

bination mit dem vorgeschlagenen neuen Referenzgebäude einfach umzusetzen, da sich kein zusätzlicher Berechnungsaufwand ergibt. Ebenso wären auch ohne explizite Anforderungen an den Einsatz erneuerbarer Energien deutliche Energieeinsparungen möglich.

4.2. Berechnungsergebnisse

In den nachfolgend dargestellten Berechnungsergebnissen wird aufgezeigt, welche Auswirkungen die geänderte Definition des Referenzgebäudes hat und welche Unterschreitungen des Referenzgebäude-Primärenergiebedarfs EnEV 2014 sich für unter-

schiedliche Modellgebäude aufgrund der geänderten Definition einstellen.

Die für die Beispielberechnungen herangezogenen Gebäude wurden aus den Modellgebäuden des Projektes EEEEH [5] abgeleitet. Für alle Gebäude wurde nur die jeweilige Zone hallentypischer Nutzung einbezogen, da im Rahmen dieser Untersuchung allein die Verhältnisse für Hallen verdeutlicht werden sollten. Die betrachteten Varianten sind in Abbildung 3 dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich durch eine geänderte Definition des Referenzgebäudes für unterschiedliche Nutzungen/Gebäudekategorien sehr unterschiedliche Verringerungen des Primärenergiebedarfs ergeben können - mit Bezug auf das Referenzgebäude der EnEV 2014. Diese liegen zwischen 27 und 43%.

Durch die Beschreibung konkreter Ausführungsmerkmale von Hallengebäude und Anlagentechnik wird zudem besser auf die individuellen Energiesparmöglichkeiten der einzelnen Halle eingegangen, ohne dass unrealistisch hohe Einzelanforderungen an die energetische Ausführung bzw. technischen Merkmale gestellt werden. Das Referenzgebäude bliebe somit im doppelten Wortsinn tatsächlich baubar und würde eine deutliche Übererfüllung der derzeitigen EnEV-Primärenergieanforderung bedeuten.

Anhand der Beispielberechnungen ist auch ersichtlich, dass die durch Neudefinition des Referenzgebäudes definierte Anforderung so-

wohl mit dezentralen als auch mit zentralen Hallenheizsystemen (in Kombination mit Brennwertkesseln) eingehalten werden kann, sofern energieeffiziente Systeme zum Einsatz kommen.

Neben den in Abbildung 4 dargestellten Verbesserungen, würden sich für dezentral

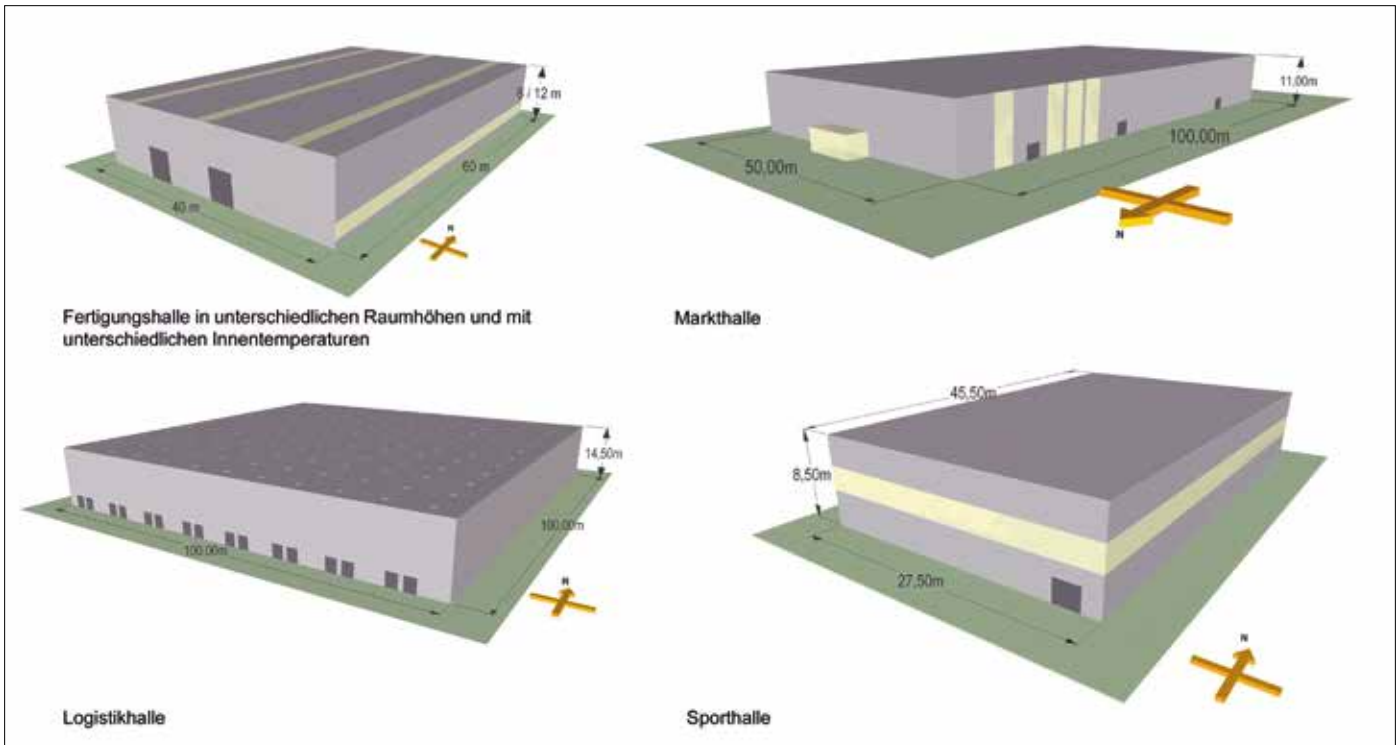


Abbildung 3: Vereinfachte Modellgebäude für Beispielberechnungen

beheizte Hallen für die untersuchten Modellgebäude in der Ausführung als „neues Referenzgebäude“ mit Bezug auf die gegenüber dem Referenzgebäude 2014 um 15% verringerte Werte ergeben; bei vollständiger Erfüllung des EEWärmeG durch die Ersatzmaßnahme sogar Unterschreitungen zwischen 16 und 33%. Mit Bezug auf die seit dem 1. Januar 2016 geltenden und gegenüber 2014 um 25% verringerten Anforderungswerte der EnEV 2014 würden Unterschreitungen zwischen 3 und 24% erreicht.

Dies bedeutet, dass die untersuchten Modellgebäude in der beispielhaft vorgeschlagenen Ausführung als „neues Referenzgebäude“ bei einer Betrachtung nach heutigen Maßstäben die Anforderungen der EnEV auch ohne Anwendung der Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen einhalten würden und darüber hinaus die primärenergetische Anforderung des EEWärmeG für die Erfüllungsoption „Einsparung von Energie“ teilweise oder ganz erfüllen – bzw. sogar übererfüllen.

5. Überlegungen zu einer möglichen Verpflichtung zum Energie-Monitoring

Das derzeit geltende Gebäudeenergiesparrecht in Form von EnEV und EnEG/EEWärmeG zielt nahezu ausschließlich auf den rechnerischen Nachweis der Einhaltung hypothetischer Energiebedarfswerte ab. Der für die Klimaauswirkungen entscheidende reale

Verbrauch steht nicht im Fokus. Ein Energie-Monitoring könnte an dieser Stelle ansetzen und einen stärkeren Bezug zu tatsächlichen Verbrauchswerten schaffen. Darüber hinaus fördert es die energetische Optimierung im laufenden Betrieb.

Die Umsetzung der von der Bundesregierung angestrebten nachhaltigen Klimaschutz- und Energie-Effizienz-Strategie im Gebäudebereich umfasst unstrittig eine sig-

nifikante Steigerung der Energieeffizienz in allen Bereichen: von der Errichtung bis hin zum Betrieb von Gebäuden, beispielsweise durch energieeffiziente Anlagentechnik, sowie bedarfsgerechte und optimierte Anlagenfunktion im realen Betrieb. Ein nachhaltiger Betrieb immer effizienterer Gebäude mit komplexer werdender Anlagentechnik, welche empfindlich auf Schwankungen der Nutzungs-/Betriebsparameter reagiert, erfordert



Abbildung 4: Berechnungsergebnisse - Vergleich Referenzgebäude EnEV 2014/neu

Die Verpflichtung zum Energie-Monitoring beinhaltet die über die gesamte Nutzungszeit betriebene weitestgehend automatische Ermittlung, Speicherung und Auswertung der Endenergieverbräuche für die gesamte Konditionierung des Gebäudes in dem Umfang, wie bei der Nachweiserstellung (Energiebedarfsberechnung) berücksichtigt. Verbräuche sind getrennt zu erfassen für

- (a) Heizung,
- (b) Kühlung,
- (c) Lüftung,
- (d) Be- und Entfeuchtung,
- (e) Trinkwassererwärmung,
- (f) Beleuchtung.

Verbräuche an Brennstoffen sind heizwertbezogen zu erfassen.

Für Systeme, welche zur Erfüllung von Heiz-/Kühlaufgaben zusätzlich elektrische Hilfsenergie (Steuerung/Regelung, elektrische Antriebe von Pumpen und Ventilatoren) benötigen, sind Verbräuche an Hilfsenergie separat zu erfassen.

Endenergieverbräuche sind auf alle verwendeten Energieträger aufgeschlüsselt zu erfassen.

Energieverbräuche sind so zu ermitteln und zu speichern, dass sie in der feinsten zeitlichen Auflösung für Auswertungsaufgaben nicht gröber als Monatswerte vorliegen.

Die Auswertung umfasst eine Umrechnung aller erfassten Endenergieverbräuche in Primärenergieverbräuche anhand der Primärenergiefaktoren, welche der Nachweisführung (Energiebedarfsausweis) zugrunde lagen.

Die weitestgehend automatisierte Auswertung der Verbrauchsdaten umfasst mindestens Vergleiche des aktuellen Primärenergieverbrauchs mit zurückliegenden Primärenergieverbräuchen und mit dem berechneten Primärenergiebedarf. Für den Vergleich von Primärenergieverbräuchen untereinander sind diese einer Klimabereinigung zur Minimierung des Einflusses jährlicher Klimaschwankungen zu unterziehen. Für den Vergleich zwischen Primärenergieverbräuchen und Primärenergiebedarfswerten sind erstere einer Klima- und Standortkorrektur zu unterziehen, sodass für sie dieselben klimatischen Randbedingungen wie bei Nachweiserstellung (Energiebedarfsberechnung) unterstellt werden.

Verbrauchsdaten sind mindestens für einen Zeitraum von 10 Jahren zu speichern.

Abbildung 5: Beispielhafter Textvorschlag Energie-Monitoring [3]

nach Auffassung der Autoren ohnehin eine Form des (Energie-)Monitorings.

Die im Rahmen dieser Studie [3] beschriebene Empfehlung der möglichen zukünftigen Ausgestaltung des Energiesparrechts erwägt daher eine Verpflichtung zum Energie-Monitoring [6].

Durch eine konsequente Überwachung des Energieverbrauchs und eine daran anknüpfende Optimierung des Betriebs der Anlagentechnik (Systemtemperaturen, Aufheizzeiten, Pumpenlaufzeiten, Regelungsalgorithmen usw.) kann gegenüber dem weitgehend unüberwachten Betrieb Energie eingespart werden. Mit Blick auf Veröffentlichungen zu den inhaltlich verwandten Themen Smart-Metering und unterjährige Verbrauchsinformation kann von einem signifikanten Energiesparpotenzial für ein Energie-Monitoring im Hallenbereich ausgegangen werden.

6. Fazit und Ausblick

Durch das Beibehalten des „alten Referenzgebäudes“ der jetzigen EnEV und durch eine weitere Skalierung durch Absenken des bestehenden Minderungsfaktors können sich wesentliche Nachteile für Hallengebäude ergeben. Das Anforderungsniveau würde kaum noch die unterschiedlichen Energieeinsparpotenziale in diversen Hallentypen berücksichtigen, welche durch unterschiedliche Nutzungen bzw. Gebäudekategorien gegeben sind. Eine gezielte Hebung dieser Potenziale ist so kaum möglich. In Abhängigkeit von Nutzung, Gebäudekategorie und Konditionierungsanforderungen können sich drastisch unterschiedliche Anforderungen ergeben, welche in bestimmten Fällen eingehalten werden müssten, beispielsweise bei Konditionierungsarten bzw. der damit verbundenen Anlagentechnik, für die keine Referenzgebäude-Ausführung vorliegt – da

mit wäre auch keine Verbesserung gegenüber dem Referenzgebäude möglich.

Durch eine Neudefinition des Referenzgebäudes mit Beschreibung konkreter Ausführungsmerkmale von Gebäude und Anlagentechnik würde besser auf die individuellen Energiesparmöglichkeiten des einzelnen Hallengebäudes eingegangen und das Referenzgebäude bliebe baubar. Je nach konkreter Ausgestaltung (z. B. U-Werte, Wärmebrücken, Gebäudedichtheit, Anlagentechnik) kann durch die vorgeschlagene Neudefinition des Referenzgebäudes im Mittel eine sehr hohe Einsparung gegenüber dem Niveau 2014 erreicht werden. Für die untersuchten Modellgebäude ergaben sich Unterschreitungen des Referenzgebäude-Primärenergiebedarfs 2014 zwischen 27 und 43%. Mit Blick auf die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung erscheint folgendes Vorgehen sinnvoll:



- a) Neudefinition des Referenzgebäudes (betrifft alle Gebäude),
- b) Hallen untereinander und gegenüber allen anderen Nichtwohngebäuden sind hinsichtlich der Anforderungen an Primärenergiebedarf und gegebenenfalls baulichen Wärmeschutz gleich zu behandeln,
- c) Wegfall der derzeitigen Ausnahmeregelung für dezentral beheizte Hallen(-zonen),
- d) Hallen werden von der Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien ausgenommen,
- e) Ausnahme aus der Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien kann ggf. an Nebenbedingungen geknüpft werden, beispielsweise an eine Verpflichtung zu einem Energie-Monitoring-System.

Die Nachweisführung für Hallengebäude würde dadurch stark vereinfacht. Bei entsprechender Definition des Referenzgebäudes kann dies ein Niveau beschreiben, welches für die „Hallenlandschaft“ in Deutschland im Mittel deutlich unter $Q_{p,Ref2014} - 25\%$ liegt.

Die Verbände BDH, BTGA und figawa sprechen sich mit diesem Vorschlag für eine technologieoffene, wirtschaftliche sowie praktische Gleichbehandlung von zentralen und dezentralen Wärmeerzeugungssystemen in Hallen aus. ◀

Literatur:

- [1] EnEV 2014: Verordnung über energie-sparenden Wärmeschutz und energie-sparende Anlagentechnik bei Gebäuden (...) vom 27. Juli 2007 (...), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. November 2013 (BGBl. I S. 3951).
- [2] EEWärmeG 2015: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG), zuletzt geändert durch Artikel 9 G vom 20.10.2015.
- [3] ITG Dresden Forschung und Anwendung GmbH im Auftrag von BTGA, BDH, FIGAWA, Anregung zur zukünftigen Behandlung von Hallengebäuden im Energiesparrecht, Endbericht, 03/2016.
- [4] Ökodesign-RL: Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte, 2009.
- [5] ITG Dresden Forschung und Anwendung GmbH; Weber EnergieConsult, figawa-Studie Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien in Hallengebäuden – Neubau und Bestand (EEEEH), Schlussbericht, 10/2015.
- [6] VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., Entwurf VDI 6041:2015-04 – Facility-Management – Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen, April 2015.



Pioneering for You

wilo

Das Komplettpaket: maximale Leistung auf minimalem Raum.

Ihre Planung möchten Sie nicht an eine Lösung anpassen, sondern die Lösung soll sich flexibel an Ihre Planung anpassen. Die Wilo-GEP Fire-H für die sichere Löschwasserversorgung bietet ein maßgeschneidertes Komplettpaket – mit flexiblen Einsatz- und Erweiterungsmöglichkeiten, für große Gebäude und ganze Liegenschaften.

Systemlösungen für die Löschwasserversorgung: Die Wilo-GEP Fire-H

- Platzsparende Kompaktanlage für eine minimale Aufstellfläche ab 0,64 m²
- Hygienische Sicherheit durch freien Auslauf Typ AB nach DIN EN 1717
- Modulare Kompaktanlage zertifiziert durch DVGW, DEKRA und TÜV-Süd
- Automatischer Funktionstest aller Mess- und Regelgeräte bis Redundanzstufe 3 sowie integrierte, automatische Stagnationswasserspülung der Trinkwasseranschlussleitung
- Durch optionale Pumpen-Notentwässerung ist die Aufstellung auch unterhalb der Rückstauenebene und die Ausgabe von Betriebs- und Fehlermeldungen über potentialfreie Kontakte möglich

www.wilo.de

Mitarbeit in einer Verbands-Arbeitsgruppe: Zeitverschwendung oder Weiterbildung?

Wer sich viel mit Regelwerken wie Verordnungen, Normen und Richtlinien beschäftigt, dem fällt immer wieder auf, dass Teile der geforderten und beschriebenen Maßnahmen in der Praxis nicht umsetzbar sind. An einigen Stellen hat man bereits selbst aufgrund täglicher Erfahrungen Methoden entwickelt, die schneller oder überhaupt ganz anders zum Ziel führen. Dann steht bisweilen die Frage im Raum: Wie kommen solche Regelwerke eigentlich zustande?



Abbildung 1: So eben nicht!



Dipl.-Ing. (FH)
Anke Klein,
Mitglied der BTGA-
Arbeitsgruppe 3.003

Arbeitsgruppenarbeit ist weder erlöswirksam noch bewiesenermaßen zielführend. In manchen Gremien kann nur ein kleinster gemeinsamer Nenner erreicht werden und nicht das eigentlich maximal Mögliche. Verhindert wird dies oft durch die Zementierung alteingeführter Strukturen, Standesdünkel, Besitzstandswahrung, persönliche Unzu-

länglichkeiten und das Wollen, eigenes Wissen nicht preiszugeben. Stehen solche Gründe einem positiven Wirken entgegen, kann Engagement schnell zur Zeitverschwendung werden. Und so fragte ich mich schon oft: Welche Personen stecken hinter so einer Arbeitsgruppe? Gibt es tatsächlich Menschen, die sich ganze Tage lebhaft über die Wasserinhaltsstoffe von Kühlmedien in Verbindung mit Stahlleitungen und möglichen Wechselwirkungen mit der Folge von Korrosion beschäftigen können und die doch von dieser Erde sind? Ja, soviel vorab, es gibt sie.

Nur wer sich aktiv einbringt, kann etwas zum Besseren verändern

Im Herbst 2015 reiste ich zur Sitzung der BTGA-Arbeitsgruppe 3.003 nach Frankfurt am Main. Dahinter stand die Überlegung, dass man nur kritisieren sollte, wenn man

selbst auch probiert hat, etwas zum Positiven zu verändern.

In dieser Arbeitsgruppe wurde ab dem ersten Tag wirklich „geschäft“. Funktionale Zusammenhänge wurden klar strukturiert dargelegt, Fakten aufbereitet und vorgetragen, Erfahrungen aller Beteiligten gesammelt und in die Regel aufgenommen. Die Diskussionen wurden stets ergebnisorientiert geführt. Zeichnete sich ab, dass eine Einigung nicht zeitnah zur Erreichung war, wurde die Entscheidung vertagt. Ein Experte außerhalb der Arbeitsgruppe wurde hinzugezogen, um dann erneut darüber zu entscheiden.

Nie gab es böse Worte, einen Machtkampf oder die sinnlose Selbstdarstellung von Beteiligten. Stattdessen gab es bei Nachfragen eine Erklärung, da jeder der Teilnehmer Spezialist auf seinem Fachgebiet ist. Danach wurde sofort wieder intensiv weitergearbeitet.



Abbildung 2:
BTGA-Arbeitsgruppen
wirken an Normen
und Regeln mit.
Foto: ja

Zusammenhänge, die wir Ausführenden an Anlagen beobachtet hatten, deren wissenschaftlichen Hintergrund wir aber nicht kannten, wurden kurz und prägnant erklärt und die funktionale Sachlage wurde dargelegt. Im Gegenzug konnten die TGA-Anlagenbauer die Zwänge der realen Baustellen und die Interessenlagen der Industriekunden einbringen und so die Theorie um die Praxis ergänzen.

Voraussetzungen zur Mitarbeit in Arbeitsgruppen

Personen, die zur Mitarbeit in Arbeitsgruppen entsandt werden, sollten Fachwissen mitbringen. Dieses sollte zum Thema passend spezialisiert sein und eine Fachexpertise darstellen. Unsinnig ist es, einfach eine Person zu delegieren, die gerade Zeit hat – und vielleicht für andere Aufgaben nicht geeignet ist. Dieser Teilnehmer wird nicht wirklich etwas zum Thema beitragen können. Außerdem wird sich die mangelnde Fachkenntnis sehr schnell herausstellen und die anderen Beteiligten bremsen. Die Teilnahme an einer Arbeitsgruppe wäre dann tatsächlich nur Zeitvergeudung.

Maximal mögliche Weiterbildung und der Erfolg einer Regelerstellung

Bringt sich jemand in einer Arbeitsgruppe tatkräftig ein und beteiligt sich aktiv, kann er oder sie das Wissen der anderen Spezialisten

nebenbei aufnehmen: Die Zusammenhänge des Themas werden im großen Ganzen klar ersichtlich, während in die zu erarbeitende Regel selbst ja nur der Extrakt einfließt. Die Zwischenschritte dazu und somit ein stufenweiser Wissensaufbau erfolgen innerhalb der Gruppenarbeit. Dadurch kann sich jedem Teilnehmer das Thema in seiner Gesamtheit erschließen, einzelne Wissenslücken werden durch Nachfragen geschlossen und gemeinsam wird das Ergebnis erarbeitet. Eine zielführende Form der Weiterbildung gibt es nicht!

Die Arbeitsgruppe zur Erarbeitung der Regel 3.003 wurde durch den Vorsitzenden Jan Heckmann und den technischen Referenten des BTGA Stefan Tuschy stets ergebnisorientiert und dem Ziel klar folgend geführt. Keine Arbeitsgruppensitzung endete ohne Hausaufgaben für den Einzelnen: Da galt es die einzelnen Absätze weiter auszuformulieren und mit Wissen zu untermauern, ohne sich während der Sitzungszeit an einzelnen Abschnitten zu lange aufzuhalten. Außerdem wurden Spezialisten von außen hinzugezogen, um deren Wissen einzubeziehen oder eine Bewertung durch Externe einzuholen. Dadurch entstand ein Werk, dessen Erarbeitung allen Beteiligten neben der Arbeit auch Spaß bereitete. Wir diskutierten, schlugen uns mit den Tücken der deutschen Sprache herum, staunten immer wieder, dass es wohlbegründete Antworten zum Zustand des

Füllmediums in Stahlrohrleitungen gibt und fanden letztlich immer eine Einigung. All diese Erfahrungen haben mir eines gezeigt: Es zahlt sich aus, sich für positive Veränderungen zu engagieren. Ich kann deshalb nur jedes BTGA-Mitglied auffordern: Bringen Sie sich, Ihren Sachverstand und Ihr Fachwissen in die Arbeitsgruppen ein! Es lohnt sich. ◀



Das Berlaymont-Gebäude der EU-Kommission in Brüssel

Foto: ja

Klimaschutzziele nur mit Kompetenz der Anlagen bauenden Unternehmen erreichbar



Karl-Walter Schuster,
Präsident
der GCP Europe

Zum Ende des vergangenen Jahres liefen die energiepolitischen Diskussionen sowohl in Berlin als auch in Brüssel auf Hochtouren. Vorschläge, Einsprüche und Gegenvorschläge gingen vor allem bezüglich des Klimaschutzplanes 2015 zwischen den Beteiligten Bundesministerien hin und her.

Im allerletzten Moment – also quasi zu Beginn der Klimakonferenz in Mar-

rakesch – beschloss die Bundesregierung den Klimaschutzplan 2050. Fast zeitgleich am 20. November 2016 veröffentlichte die Europäische Kommission das so genannte „CLEAN ENERGY FOR ALL EUROPEAN“-Package. Dieses Paket umfasst Ergänzungen und Änderungen der folgenden EU-Richtlinien:

- Proposal for revised Energy Efficiency Directive,
- Proposal for revised Energy Performance of Building Directive,
- Proposal for a revised renewable energy Directive,
- Proposal for a revised electricity Directive,
- Proposal for a revised electricity regulation.

Diese geballten Änderungen bzw. Neuerungen zeigen den großen Willen der Europäischen Kommission, die Umsetzung der klimapolitischen Ziele voranzutreiben. Den

gleichen Willen zeigt auch die Bundesregierung mit dem Klimaschutzplan 2050.

Erfreulich ist, dass die Zielrichtung und die Vorgaben durchaus synchron sind – mag auch aus heutiger Sicht bezüglich der Zielerreichung eine gewisse Skepsis herrschen.

BTGA unterstützt europäische und deutsche Klimaschutzziele

Die Vision für einen „decarbonised building stock by 2050“, also einen treibhausgasneutralen Gebäudebestand bis zur Mitte dieses Jahrhunderts, wird vom BTGA in Deutschland genauso begrüßt und unterstützt wie von der GCP Europe mit ihren 18 Mitgliedsverbänden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind aber noch weitere Aspekte zu beachten und in die Verordnungswelt zu integrieren.

In die richtige Richtung geht dabei der Ansatz, dass im „Winterpaket“ der EU-Kommission die Methode „Building Information Modeling (BIM)“ als Instrument genannt



ist, das die Energieeffizienz von Gebäuden zu verbessern hilft. Ebenso richtig ist die Erkenntnis, dass die energetische Sanierung des Gebäudebestands eine zentrale Rolle beim Erreichen der klimapolitischen Ziele einnehmen wird.

Zusätzliche Förderungen sind notwendig, um die Sanierungsrate zu erhöhen

Zum jetzigen Zeitpunkt muss aber festgestellt werden, dass die Sanierungsrate in Deutschland bisher noch deutlich hinter der Plangröße von drei Prozent per anno zurückliegt. Und selbst diese Plangröße wird nicht ausreichen, um das gesteckte Ziel zu erreichen. Eine weitere Unterstützung durch Fördermaßnahmen scheint erforderlich. Ein geeignetes Instrument ist mit Sicherheit die steuerliche Förderung energetischer Gebäudesanierungen. Das in der Präambel des Klimaschutzplans festgelegte Prinzip der Neutralität bezüglich der eingesetzten Technologien und Energieträger sollte dabei gewährleistet bleiben.

Der BTGA, der FGK und der Herstellerverband RLT-Geräte sind in der TGA-Repräsentanz Berlin verbunden. In einer gemeinsamen Stellungnahme zum Klimaschutzplan 2050 haben die drei Verbände festgehalten, dass Sanierungen in der Breite wirkungsvoller sind als in der Tiefe, wenn die Effizienz- und Klimaschutzziele erreicht werden sollen. Das bedeutet: Viele, viele kleine Schritte führen weiter als wenige große.

90% der Gebäude sind in Deutschland vor dem Jahr 2000 errichtet worden und schätzungsweise 80% erreichen nicht den EnEV-2007-Standard. Gerade bei diesen Bestandsgebäuden dürfen Sanierungen nicht wegen überzogener Forderungen und damit verbundener Kosten verhindert werden.

Mehr Aufmerksamkeit für Nichtwohngebäude

Bisher standen in Deutschland hauptsächlich die Wohngebäude im Zentrum der energiepolitischen Diskussion und den daraus resultierenden Verordnungen. Dass das nicht ausreichen wird, wurde zwischenzeitlich erkannt – die ordnungsrechtliche und förderungspolitische Gleichstellung von Nichtwohngebäuden ist aber noch nicht vollzogen.

Über die Segmentierung des Gebäudebestands in Deutschland existieren keine genauen Daten. Es gibt aber seriöse Schätzungen, die davon ausgehen, dass von den ca. 20 Millionen Gebäuden in Deutschland ca. 2,5 – 3,5 Millionen Nichtwohngebäude sind. Diese benötigen wiederum bis zu 40% des Gebäudeenergiebedarfs.

Die GCP-Europa



Die GCP Europe hat ihren Sitz in Brüssel und ist erster Ansprechpartner für eine nachhaltige EU-Politik im Bereich der Gebäudetechnik. Zu ihren Mitgliedern zählen 18 nationale Verbände aus dem Bereich der installierenden Unternehmen der Technischen Gebäudeausrüstung. Der Dachverband GCP Europe vertritt somit Unternehmen aus 14 europäischen Ländern und den USA. Mehr über die GCP Europe finden Sie unter www.gcpeurope.eu.

Es liegt also noch erhebliches Potenzial brach. Um dieses zu erkennen und entsprechend zu priorisieren, braucht es dringend die energetische Inspektion.

Zertifikate ersetzen keine energetische Inspektion

Leider ist in dem Brüsseler Winterpaket eine Tendenz zu erkennen, die die energetische Inspektion der bestehenden Gebäude durch Zertifikate der zum Einsatz kommenden Produkte ersetzen will. Niemand ist gegen eine Produktzertifizierung: Sie kann bei der Auswahl von Komponenten hilfreich sein. Sie hilft aber nur sehr beschränkt bei der Analyse einer aus einer Vielzahl von Komponenten zusammengesetzten Anlage. Die Optimierung des Zusammenspiels vieler Komponenten in der Planung und vor allem im späteren realen Betrieb ist die Aufgabe und die Kernkompetenz von uns Anlagenbauern und Installateuren. Es ist die Aufgabe der Verbände im nationalen wie im europäischen Rahmen, dies gegenüber der Politik in Berlin und Brüssel deutlich zu machen und die Bereitschaft zu zeigen, dass die Anlagenbauenden Firmen am Erreichen der Klimaziele aktiv mitarbeiten.

Zum Thema „Zertifikate“ muss noch festgehalten werden: Im Klimaschutzplan 2050 ist davon die Rede, eine Systematik zu entwickeln, „die Gebäudeeigentümern eine energetische Einordnung des jeweiligen Gebäudes nach Klassen ermöglicht.“ In den Entwurfsfassungen war noch von „Klimaschutzklassen“ die Rede. In der Energieeinsparverordnung (EnEV) war bisher nur von „Energieeffizienzklassen“ die Rede – inflationäre Zertifizierungswut oder häufiger Pferdewechsel werden nicht beim Erreichen der Klimaschutzziele helfen.

Luftqualität und Behaglichkeit stehen gleichwertig neben Energieeinsparzielen

Allein die Namensgebung „Energieeinsparverordnung“ zeigt, dass die bisherige Stoßrichtung das Reduzieren von Energieverbräuchen ist. Das bestätigt auch die Feststellung im Klimaschutzplan, das Anforderungsniveau bezogen auf den Energiebedarf (vorerst?) für Wohngebäude weiterzuentwickeln. Es ist ebenfalls eine Aufgabe der Verbände, der Politik zu verdeutlichen, dass neben dem energetischen Anforderungsniveau auch das Behaglichkeitsniveau zu beachten ist.

„Behaglichkeit“ bedeutet in diesem Kontext nicht nur das „nice to have“ eines angenehmen Innenraum-Klimas, sondern umfasst alle thermischen und lufthygienischen Anforderungen an die Luft und das Klima im Inneren von Gebäuden, die Auswirkungen auf die Gesundheit und die Produktivität der darin lebenden und/oder arbeitenden Personen haben. Luft ist ein Lebensmittel. Sie sollte deshalb mit den gleichen strengen Auflagen bedacht sein wie andere Lebensmittel auch.

Leider gibt es hierzu im europäischen Maßstab noch keine einheitlichen Grenzwerte. Auch hier ist die Politik gefordert.

Unsere Verbände BTGA und GCP-Europa nehmen ihre Rolle als Schnittstelle zur Politik in Berlin und Brüssel aktiv wahr. Sie kommunizieren, dass die Unternehmen unserer Branche über die entsprechenden Kompetenzen verfügen und auch bereit sind, Verantwortung zu übernehmen. ◀

Der EU-Turbo zur Energiewende

Neue EU-Richtlinien zu Energieeffizienz, Ökodesign und regenerativen Energien

Ende November 2016 veröffentlichte die EU-Kommission unter dem Titel „Clean Energy for all Europeans“ Entwürfe von 75 Dokumenten. Auf deren Basis sollen in der europäischen Energie- und Umweltpolitik die Weichen neu gestellt und bis 2030 eine Verringerung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40% erreicht werden. Dazu setzen die Richtlinien neue Ziele zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden (EPBD), Produkten und Geräten (Ökodesign) sowie zum verstärkten Einsatz regenerativer Energien in den Bereichen Heizen/Kühlen sowie Verkehr/Transport. Die noch endgültig zu verabschiedenden Richtlinien werden ab 2021 einen erheblichen Einfluss auch auf das Baugeschehen und die TGA in Deutschland haben.



Günther Mertz M.A.,
Hauptgeschäftsführer
des BTGA - Bundes-
industrieverband
Technische
Gebäude-
ausrüstung e.V.

Das von der EU-Kommission am 30. November 2016 vorgestellte Maßnahmenpaket hat einen Gesamtumfang von über 1.000 Seiten. Es beinhaltet in elf Hauptgruppen stets einen Richtlinien- bzw. Gesetzesentwurf, der jeweils um Anhänge (Durchführungsvorschriften und Details) und um erläuternde Berichte (Begründung, Entwicklung, Marktdaten) ergänzt wird. Wichtig ist, dass alle Dokumente zunächst Entwürfe sind, die von den EU-Mitgliedstaaten noch zu prüfen sind. Es könnte also von den Staaten zur Erstellung der Enddokumente noch Korrektur- oder Änderungswünsche geben, die zu berücksichtigen sind. Dennoch zeigen die neuen Richtlinien deutliche Wege zur EU-Energiewende bis 2030 auf.

1. Die generellen Umweltziele der EU bis 2030

Das zentrale Ziel der EU-Kommission besteht in einer Verringerung der Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 40%. Dieses Ziel soll besonders durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

1.1. Verbesserung der Energieeffizienz um mindestens 30%

- Bis 2030 soll die Stromproduktion zu mindestens 50% durch regenerative Energien

gedeckt werden. 2015 betrug dieser Anteil EU-weit 27,5%.

- Durch neue Ökodesign-Richtlinien für Produkte, Geräte und Systeme zum Betrieb in Haushalten, Nichtwohngebäuden und Gewerbe sowie durch die Verschärfung bestehender Richtlinien sollen der Energiebedarf und der Energieverbrauch verringert werden.
- Hierzu gibt es zum Beispiel Entwürfe zu einer neuen Gebäudeeffizienz-Richtlinie EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) und zu einer neuen Ökodesign-Richtlinie für Luftheiz- und Kühlprodukte, Prozesswasserkühlsätze und Ventilator-konvektoren.

1.2. Verringerung des Einsatzes fossiler Energieträger

Bis 2030 sollen in der EU 27% des Energieverbrauchs durch regenerative Energien gedeckt werden. Von zentraler Bedeutung sind dabei verstärkte Nutzungen regenerativer Energien in den stärksten Verbrauchsbereichen Gebäude (energetische Modernisierungen im Bestand) und Verkehr (Ersatz von Öl und Gas durch Biokraftstoffe und regenerativen Strom). Die EU-Staaten sollen verpflichtet werden, ab 2021 ihre Anteile an regenerativen Energien für Wärme und Kälte um mindestens 1% pro Jahr zu steigern.

Wesentliche Grundlagen dazu enthält ein neuer Entwurf zur RES Directive (Renewable Energy Sources).

Nachfolgend werden wichtige Forderungen aus den neuen Entwürfen zur EPBD, zur RES Directive (regenerative Energien) und zur Ökodesign-Richtlinie zusammengefasst. Alle Originaldokumente stehen als Downloads auf <https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer->

centred-clean-energy-transition zur Verfügung.

2. Die neue EPBD-Richtlinie

Die „Proposal for a revised energy performance of buildings directive“ (EPBD) ist eine überarbeitete Fassung der EU-Kommission der zuletzt 2010 als Richtlinie 2010/31/EU erschienenen Gebäudeeffizienzrichtlinie. Die EPBD definiert für neue und modernisierte Gebäude Mindestvorgaben, beispielsweise an die Gebäudehülle, die Gebäudetechnik und die Gebäudegesamteffizienz. Sie fordert Gebäudeenergieausweise, Inspektionen an Heizungs- und Klimaanlageanlagen und nationale Deklarationen zu Niedrigstenergiegebäuden.

Im Vorwort des EPBD-Entwurfs ist zu lesen, dass in den Mitgliedstaaten die Quoten zu energetischen Modernisierungen im Gebäudebestand derzeit lediglich etwa 0,4 bis 1,2% betragen. Rund 75% aller bestehenden Gebäude in der EU sind aus heutiger Sicht ineffizient und bieten durch energetische Modernisierungen sehr große Potenziale zur Verringerung des Energieverbrauchs und zur Minderung der Treibhausgasemissionen. Daher soll die EPBD deutliche Signale setzen, um in den kommenden Jahren europaweit die Modernisierungsrate erheblich zu erhöhen. Dazu beitragen soll auch eine von der EU angekündigte Finanzierungsinitiative „Smart Finance for Smart Buildings“.

Die Umsetzung der EPBD erfolgte in Deutschland wesentlich mit dem Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und der Energieeinsparverordnung (EnEV). Die neue EPBD soll ab 2021 in Kraft treten und dann zum Beispiel folgende Änderungen bringen:

- In Artikel 2 wird die im oder am Gebäude produzierte elektrische Energie in die Definition von „gebäudetechnischen Systemen“ einbezogen.



- Der neue Artikel 2a fordert, dass die Mitgliedstaaten ihre Strategien zu energetischen Modernisierungen im Gebäudebestand konkretisieren müssen.
- Artikel 8 schreibt vor, dass ab 2025 bei allen neuen und umfangreich renovierten Gebäuden, zu denen mindestens zehn Parkplätze gehören, mindestens 1% der Parkplätze mit Anschlüssen zum Aufladen von Elektro-Pkw ausgestattet werden.

Ansonsten enthält der EPBD-Entwurf im Vergleich zur aktuellen Richtlinie nur marginale Änderungen – bis auf die deutlich geänderten Artikel 14 und 15 zu energetischen Inspektionen.

3. Neue Regeln zu energetischen Inspektionen

Wesentliche Änderungen gab es in den Artikeln 14 bis 16 der EPBD, die Inspektionen von Heizungsanlagen, Klimaanlage und Berichte über die Inspektionen beschreiben. Die Formulierungen und die Anforderungen in den komplett neu erstellten Artikeln 14 und 15 sind identisch, wenn man jeweils die Begriffe Klimaanlage bzw. Heizungsanlage (inkl. Pumpen, Regelung) austauscht. Nachfolgend wird beispielhaft der neue Artikel 15 zur Inspektion von Klimaanlage näher betrachtet.

Auf Basis der aktuellen EPBD (umgesetzt über die EnEV) müssen alle Klima- und Raumkühlanlagen mit einer Leistung über 12 kW inspiziert werden. Zukünftig sollen auf Basis der neuen EPBD Klimaanlage unabhängig von ihrer Leistung dann inspiziert werden, wenn sie in folgenden Gebäuden betrieben werden:

- Nichtwohngebäude mit einem jährlichen Primärenergieverbrauch > 250 MWh,
- Wohngebäude mit Klimaanlage mit einer Gesamtleistung > 100 kW.

Geblichen sind im EPBD-Entwurf die Forderungen, dass die Inspektion die Prüfung der Energieeffizienz der Gesamtanlage und wichtiger Teile der Anlage umfasst und die installierte Kälteleistung im Verhältnis zum aktuellen Kältebedarf des Gebäudes analysiert wird.

Als Alternative zu solchen „physischen Inspektionen“ können in den zu Inspektionen verpflichteten Nichtwohngebäuden (Energieverbrauch > 250 MWh) Gebäudeautomations-, Gebäudemanagement- und Energiecontrollingsysteme betrieben werden. In Wohngebäuden mit Klimaanlage > 100 kW reichen Systeme zum Energiemonitoring.

Für Heizungsanlagen, behandelt im Artikel 14, gelten gleichlautende Forderungen.

Wie diese Forderungen zukünftig in den EU-Staaten umgesetzt werden sollen, zum Beispiel anhand von Verbrauchskennwerten in Gebäudeenergieausweisen, bleibt zunächst offen. Und auch, inwieweit Deutschland diese Passagen der EPBD übernimmt oder auch nach 2020 die bisherigen schärferen Inspektionspflichten der EnEV weiterführt.

4. Die RES-Directive (regenerative Energien)

Richtlinie Nummer zwei ist die überarbeitete Fassung der aus dem Jahr 2009 stammenden, noch aktuellen „Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen“ zum Entwurf der Richtlinie „Proposal for a revised renewable energy Directive“ – kurz RES-Directive. Diese soll ab 2021 in Kraft treten und dazu beitragen, durch den verstärkten Einsatz von regenerativen Energien und Biobrennstoffen in der Stromerzeugung, beim Heizen und Kühlen sowie im Transportwesen fossile Energieträger zu substituieren und dadurch Emissionen von Treibhausgasen deutlich zu verringern. Die RES-Directive wurde in Deutschland mit dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) umgesetzt.

In der noch aktuellen RES-Richtlinie wird gefordert, dass in den EU-Staaten der Gesamtverbrauch an Endenergie im Jahr 2020 zu mindestens 20% durch regenerative Energien gedeckt wird. Im Entwurf der Richtlinie wird dieses Ziel für 2030 auf mindestens 27% erweitert. 2015 betrug der Anteil

regenerativer Energien in der EU 17% (2007: 10,7%). Wie aber mehrere Studien gezeigt haben, würde ohne ergänzende Maßnahmen der Anteil der regenerativen Energien im Jahr 2030 auf lediglich 24,3% ansteigen – es besteht also in diesem Sektor Handlungsbedarf. Um die bis 2030 vorgegebenen Ziele zur Steigerung der regenerativen Energien zu erreichen, setzt die EU-Kommission zum Beispiel auf folgende Strategien:

- Die Stromerzeugung aus Wind- und Wasserkraft, Photovoltaik sowie mit Biostoffen betriebenen KWK- und BHKW-Anlagen (Großanlagen und kleine Photovoltaikanlagen bei Endverbrauchern in Verbindung mit Speichern) soll ausgebaut werden. Hinzu kommt eine stärkere Umsetzung der „Smart-Technologien“ mit automatisierten Steuerungen und Optimierungen der Erzeugung, Speicherung und des Verbrauchs an Energien.
- Bis 2030 soll im Bereich Heizen und Kühlen der Verbrauch an fossilen Energien um mindestens 50% verringert werden. Als wichtigste Technologien, um dieses Ziel zu erreichen, werden der Einsatz von Wärmepumpen und von Solarkollektoren sowie der Ausbau von Nah- und Fernwärme-/Kältenetzen genannt, die bevorzugt mit Abwärme oder Biostoffen betrieben werden. Darüber hinaus fordert die RES-Directive in Artikel 23, dass in jedem EU-Staat pro Jahr der Anteil an regenerativen Energien am Verbrauch für Heizung und Kühlung um mindestens 1% gesteigert wird. Wie dieses Ziel erreicht werden soll, wird den Staaten

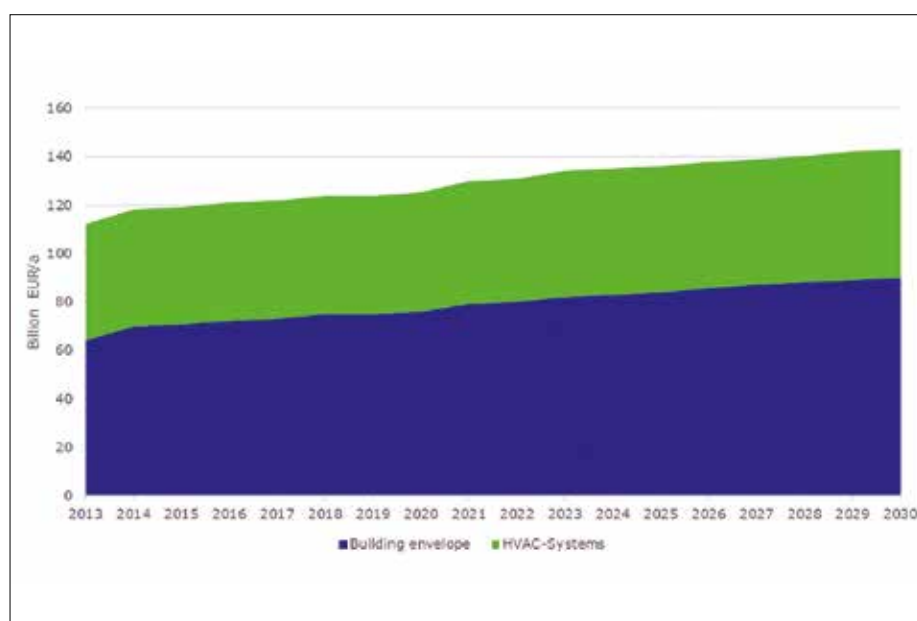


Abbildung 1: Im Dokument „Impact Assessment“ wird geschätzt, dass durch die Umsetzung der EPBD in den EU-Staaten im Gebäudesektor jährlich Investitionen von etwa 120 und 140 Mrd. € ausgelöst werden. Grafik: SWD(2016) 414 final, S. 64.



Abbildung 2: Zielvorgaben der EU-Staaten zu ihren nationalen Anteilen regenerativer Energien am Endenergieverbrauch im Jahr 2020 (schwarze Balken) und wie weit diese Ziele bereits im Jahr 2015 erreicht wurden (blaue Balken)
 Grafik: SWD(2016) 416 final, S. 18.

individuell überlassen – allerdings müssen sie dazu alle zwei Jahre einen Erfolgsbericht an die EU-Kommission schreiben.

- Ein weiterer Schwerpunkt des RES-Entwurfs liegt auf der verstärkten Nutzung von Bio(kraft)stoffen, die künftig Öl und Gas in verschiedenen Anwendungen (Verkehr, Heizung, Fernwärme, BHKW) ersetzen sollen.

Die überarbeitete RES-Richtlinie soll ab 2021 gelten und ist dazu von den EU-Staaten in nationales Recht umzusetzen. Dabei steht es den Staaten aber offen, auf welche Weise und mit welchen Maßnahmen (Gesetze, Verordnungen, Förderung) sie ihre Ziele realisieren wollen. Betont wird in der RES-Directive aber, dass die Staaten in ihren nationalen Gesetzgebungen im Gebäudesektor (Neubau und Modernisierungen) Mindestanteile von regenerativen Energien zum Heizen und Kühlen festzuschreiben sollen. Im Hinblick auf die alle zwei Jahre zu erstellenden Erfolgsberichte enthält die RES-Directive detaillierte Vorgaben, was alles zu regenerativen Energien zählt, wie diese zu bewerten sind (Energieinhalt, Emissionen) und wie die Berichte zu verfassen sind.

Das Dokument „Evaluation of the renewable energy Directive“ (Erläuterungen, Herleitungen, bisherige Ergebnisse) enthält eine interessante Grafik (Abbildung 2) mit Angaben zu den Anteilen an regenerativen Energien an der Endenergie in den EU-Staaten im Jahr 2015. Aufgezeigt wird auch, wie weit dadurch die für 2020 national gesetzten Ziele bereits erreicht wurden.

Beachtenswert in der Abbildung sind die starken Schwankungen zwischen den einzel-

nen Staaten. Die höchsten Ziele zu RES-Anteilen am Endenergieverbrauch für 2020 haben Schweden (49%), Lettland (40%), Finnland (38%), Österreich (34%), Portugal (31%) und Dänemark (30%). Unter 20% befinden sich zum Beispiel Deutschland (18%), Italien (17%), Großbritannien und Polen (15%) und die Niederlande (14%). Während mehrere Staaten bereits 2015 ihre für 2020 gesetzten Ziele übererfüllt oder knapp erreicht haben (Schweden, Bulgarien, Estland, Litauen, Rumänien, Finnland, Italien, Österreich), müssen führende europäische Industrienationen wie Spanien (81%), Deutschland (77%), Frankreich (62%) und Großbritannien (47%) noch einige Hürden nehmen, um ihre 2020er-Ziele zu erreichen (Klammerangabe = prozentuale Zielerfüllung im Jahr 2015).

In Deutschland wird die EU RES-Richtlinie seit 2009 durch das Erneuerbare-Energien-

Wärmegesetz (EEWärmeG) umgesetzt. Dieses fordert für Neubauten und bei energetischen Modernisierungen von Gebäuden, dass ein Mindestanteil des Bedarfs an Energien zur Heizung und Kühlung durch regenerative Energien gedeckt werden muss. Diese sind Solarthermie, Biostoffe und Wärmepumpen. Hinzu kommen Ersatzmaßnahmen (Fernwärme, Kraft-Wärme-Kopplung, Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen), wenn diese bestimmte Effizienzanforderungen erfüllen. Eine weitere Ersatzmaßnahme besteht darin, Gebäude energiesparender zu bauen, als durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) vorgegeben wird. Alle Maßnahmen dürfen zur Gesamterfüllung des Gesetzes miteinander gekoppelt werden.

Als Ziel wurde im EEWärmeG bis 2020 ein Anteil von 14% regenerativer Energien am Verbrauch von thermischen Endenergien zum Heizen und Kühlen vorgegeben. Damit liegt Deutschland um 6% unter der EU-Vorgabe von 20%. Im „2. Erfahrungsbericht der Bundesregierung zum EEWärmeG“ wird dargestellt, dass die regenerativen Anteile beim Heizen und Kühlen von 2008 (8,5%) über 2014 (13,4%) und 2015 (13,9%) auf Basis einer Prognose bis 2020 auf 16,3% zunehmen werden. Damit wäre das nationale Ziel von 14% erreicht und übererfüllt. Zu erwähnen ist aber, dass bei der Bilanzierung der regenerativen Energien die Verwendung von Biomasse mit einem Anteil von etwa 90% klar dominiert. Dem gegenüber haben Wärmepumpen (Anteil 5,5%) und Solarkollektoren (Anteil etwa 4%) noch sehr geringe Beiträge.

Aus der bestehenden und der neuen RES-Directive ergeben sich für Deutschland mehrere wichtige Aufgaben:

- Die noch aktuelle, bis Ende 2020 gültige RES-Richtlinie fordert Definitionen für die

Tabelle 1: Mindesteffizienzanforderungen $\eta_{s,c}$ und $\eta_{s,h}$ an verschiedene Gerätegruppen ab dem 1. Januar 2018 und 1. Januar 2021

Effizienzanforderungen	1.1.2018	1.1.2021
Wasserkühlsätze (Luft-Wasser)		
<400 kW	$\eta_{s,c} = 149$	161
>400 kW	$\eta_{s,c} = 161$	179
Wasserkühlsätze (Wasser/Sole-Wasser)		
<400 kW	$\eta_{s,c} = 196$	200
400 - 1.500 kW	$\eta_{s,c} = 227$	252
>1.500 kW	$\eta_{s,c} = 245$	272
Luft-Luft-Klimageräte	$\eta_{s,c} = 181$	189
Luft-Luft-Wärmepumpen	$\eta_{s,c} = 133$	137



künftige Ausführung von Niedrigstenergiegebäuden. Dies ist bislang nur teilweise erfolgt.

- Für die Zeit von 2021 bis 2030 muss die Regierung neue Ziele zur Nutzung regenerativer Energien formulieren und Maßnahmen aufzeigen, um diese Ziele zu erreichen. Es ist davon auszugehen, dass Deutschland das Ziel bei einem Wert unter dem EU-Durchschnitt von 27% ansetzen wird.
- Seit einiger Zeit arbeiten die zuständigen Ministerien an einer Verschärfung und Zusammenführung der EnEV und des EE-WärmeG zu einem Gebäudeenergiegesetz (GEG). Dieses sollte bereits die Vorgaben der europäischen RES-Richtlinie für 2030 enthalten und umsetzen.

5. Die Ökodesign-Richtlinien

Bereits seit mehreren Jahren gibt es eine Vielzahl von Ökodesign-Richtlinien für Produkte, Geräte und Systeme, die in Haushalten, Nichtwohngebäuden und im Gewerbe eingesetzt werden. Dazu zählen zum Beispiel Kühl- und Gefriergeräte, Beleuchtung, Kaffeemaschinen, TV-, Klima- und Lüftungsgeräte, Wärmeerzeuger, Pumpen, Ventilatoren und vieles mehr. Dabei regeln die Richtlinien stets, wie viel elektrische oder thermische Energie das Produkt maximal aufnehmen darf, um die vorgesehene Nennleistung zu erzeugen. Wenn das Produkt die Vorgaben nicht erfüllt, darf es in den EU-Staaten nicht in Verkehr gebracht werden. Die Ökodesign-Richtlinien werden in regelmäßigen Abständen überarbeitet und erscheinen dann mit verschärften Anforderungen.

Eine neue Ökodesign-Richtlinie „Regulation on eco-design requirements for air heating and cooling products and chillers“ und deren Anhänge behandeln Lufterhitzer, Raumklimageräte (Kälteleistung > 12 kW), Wasserkühlsätze mit Kaltwassertemperaturen von 2 bis 12 °C und Ventilatorheizkörpern. Dabei wird unterschieden in den Geräteantrieb (Strom oder fossile Energien) und welche Wärme- und Kältequellen (bzw. -senken) genutzt werden (Luft, Wasser, Sole). Die Richtlinie soll am 1. Januar 2018 in Kraft treten und zum 1. Januar 2021 verschärft werden. Viele Details, Prüf-, Berechnungs- und Effizienzvorgaben werden in den Anhängen ausgeführt.

Zur Beurteilung der Energieeffizienz eines Geräts führt die Richtlinie die neue Kennzahl „seasonal space cooling (heating) energy efficiency“ mit den Kürzeln $\eta_{s,c}$ (c = Kühlen) und $\eta_{s,h}$ (h = Heizen) ein. Diese Werte ergeben sich zum Beispiel für die Kühlgeräte (Wasserkühlsätze, Raumklimageräte) aus einer

	2015	2020	2030	2040	2050
TREIBHAUSGASEMISSIONEN					
Treibhausgasemissionen (ggü. 1990)	-27,2 %*	mind. -40 %	mind. -55 %	mind. -70 %	-80 bis -95 %
ERNEUERBARE ENERGIEN					
Anteil am Bruttoendenergieverbrauch	14,9 %	18 %	30 %	45 %	60 %
Anteil am Bruttostromverbrauch	31,6 %	mind. 35 %	mind. 50 % EEG 2025: 40 bis 45%	mind. 65 % EEG 2035: 55 bis 60 %	mind. 80 %
Anteil am Wärmeverbrauch	13,2 %	14 %			
Anteil im Verkehrsbereich	5,2 %	10 %**			
EFFIZIENZ UND VERBRAUCH					
Primärenergieverbrauch (ggü. 2008)	-7,6 %	-20 %			-50 %
Endenergieproduktivität (2008-2050)	1,3 % pro Jahr (08-15)	2,1% pro Jahr (2008-2050)			
Bruttostromverbrauch (ggü. 2008)	-4,0 %	-10 %			-25 %
Primärenergiebedarf Gebäude (ggü. 2008)	-15,9 %				-80 %
Wärmebedarf Gebäude (ggü. 2008)	-11,1 %	-20 %			
Endenergieverbrauch Verkehr (ggü. 2005)	1,3 %	-10 %			-40 %

Quelle: Eigene Darstellung Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 10/2016. * Vorläufiger Wert für 2015. ** EU-Ziel.

Abbildung 3: Die in der Energiewende im Jahr 2015 erreichten Daten im Vergleich zu den Zielen bis zum Jahr 2050
Tabelle: Fünfter Monitoringbericht zur Energiewende, S. 7.

nach Anhang 3 zu berechnenden Arbeitszahl SEER dividiert durch einen definierten Strommixfaktor von 2,5. Davon werden 3% Leistungsbedarf für die Regelung des Geräts abgezogen.

Aus den vielen Tabellen in den Anlagen zur Ökodesign-Richtlinie wurden einige wichtige Effizianzforderungen an Wasserkühlsätze, Klimageräte (> 12 kW) und Wärmepumpen in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die η_s -Werte in Tabelle 1 können wie folgt in SEER-Werte (Arbeitszahlen) umgerechnet werden: Wenn ein Luft-Luft-Klimagerät zum Beispiel einen SEER-Wert von 4,5 aufweist, ergibt sich dafür ein $\eta_{s,c}$ -Wert von $(SEER : 2,5) \times 100 - 3 = (4,5 : 2,5) \times 100 - 3 = 177$. Dieses Gerät würde die Mindestvorgabe $\eta_{s,c} > 181$ nicht erfüllen und dürfte somit ab 2018 nicht mehr verkauft werden. Das Klimagerät müsste mindestens einen SEER-Wert von 4,6 haben, um die Ökodesign-Vorgaben für 2018 zu erfüllen $((4,6 : 2,5) \times 100 - 3 = 181)$. Ab 2021 steigt der notwendige SEER-Wert moderat auf 4,65.

Für Prozess-Wasserkühlsätze definiert die Richtlinie Mindesteffizienzwerte (SEPR = Seasonal Energy Performance Ratio), die in den Anhängen erläutert werden.

6. Der neueste Energiewende-Bericht der Bundesregierung

Am 14. Dezember 2016 hat das Bundeskabinett den „5. Monitoring-Bericht zur Energiewende“ beschlossen. Mit dem 2011 gestarteten Monitoring-Prozess berichtet die Bundesregierung jährlich über den aktuellen Stand der Energiewende, dieses Mal für das Jahr 2015. Wichtige Ergebnisse aus diesem Bericht zeigen die Daten in Abbildung 3.

Gemäß Abbildung 3 scheint das Erreichen der Ziele für 2020 in den Bereichen „Treibhausgasemissionen“ und „Anteile regenerativer Energien am Bruttoendenergieverbrauch, am Stromverbrauch und am Wärmeverbrauch“ durchaus realistisch. Allerdings gibt es auch viele Fachleute, die die veröffentlichten Zahlen als „nicht immer stimmig“ und die gesetzten Ziele als „überambitioniert und nicht erreichbar“ kennzeichnen. Warten wir die nächsten Berichte ab. ◀



Duales Studium zum „Dipl.-Ing. (BA) Versorgungs- und Umwelttechnik“ an der Staatlichen Studienakademie Glauchau

Die Berufsakademie Sachsen bietet praxisintegrierte duale Studiengänge an. Das Studium als theoretischer Teil ist dabei mit einer praktischen Tätigkeit in einem Unternehmen verknüpft, dem so genannten Praxispartner. Das duale Studium wird mit dem Erwerb eines Bachelors bzw. Dipl.-Ing. (BA) abgeschlossen. Im Unterschied zu anderen Studiengängen ist das dreijährige duale Studium durch mehrmonatige Praxisphasen strukturell, organisatorisch und inhaltlich eng mit Wissenschaft und Praxis verzahnt. Ebenfalls hervorzuheben ist die finanzielle Unabhängigkeit durch die Ausbildungsvergütung. Das Studium findet in Kleingruppen mit intensiver Betreuung durch die Dozenten und Studiengangleiter statt. Durch die enge Bindung an die Praxispartner haben die Absolventen beste Arbeitsmarktchancen – die Vermittlungsquoten der Berufsakademie Sachsen liegen bei etwa 90%.



Prof. Dr.-Ing. Jörg Scheibe, Leiter des Studienganges Versorgungs- und Umwelttechnik, Staatliche Studienakademie Glauchau



Thomas Pfunke, Referent des Direktors, Staatliche Studienakademie Glauchau

abgeschlossen und eine Zugangsprüfung bestanden haben sowie Inhaber bestimmter Abschlüsse beruflicher Aufstiegsfortbildung, können ein Studium an der Berufsakademie Sachsen aufnehmen und werden zum Abschluss als Bachelor bzw. als Diplomingenieur/in (BA) geführt. Für die Absolventen besteht die Möglichkeit zur Aufnahme eines weiterführenden Masterstudiums an einer anderen Hochschule.

Die Berufsakademie Sachsen

Die Staatlichen Studienakademien der Berufsakademie Sachsen konnten im Jahr 2016 insgesamt 1.454 Studienanfänger immatri-

kulieren. Zum 30. September 2016 haben 1.113 Absolventen planmäßig das Studium innerhalb der Regelstudienzeit von drei Jahren beendet. Durch die enge Bindung an die Praxispartner haben die Studierenden exzellente Arbeitsmarktchancen: Die Vermittlungsquoten der Berufsakademie Sachsen lagen 2016 bei etwa 90%.

Die evaluierten Praxispartner sind meist mittelständische Unternehmen, Forschungsinstitute, Verbände, Kommunen, Vereine, Kanzleien, soziale Einrichtungen und andere Institutionen, die regional aber auch überregional ansässig sind. Sie verantworten die anwendungsorientierte Wissensver-

4.154 Studierende werden derzeit sowohl bei einem Wirtschafts- bzw. Praxispartner als auch an der jeweiligen Staatlichen Studienakademie der Berufsakademie Sachsen auf ihre berufliche Tätigkeit vorbereitet. Die Studienakademie übernimmt dabei die Vermittlung der theoretischen und praxisorientierten Studieninhalte. Die Studienabschnitte sind inhaltlich und organisatorisch aufeinander abgestimmt.

Das duale Studium richtet sich insbesondere an Bewerber, die über eine Hochschulreife verfügen und zielgerichtet und zügig ein praxisintegrierendes Studium anstreben. Aber auch Bewerber, die erfolgreich eine Meisterprüfung abgelegt oder eine Berufsausbildung



Abbildung 1: Laborgebäude der Staatlichen Studienakademie Glauchau



mittlung und den Erwerb berufspraktischer Erfahrungen. 2.322 Plätze standen für das Matrikel 2016 zur Verfügung. Das Gesamtvolumen der Ausbildungsvergütung, die die Unternehmen und Einrichtungen im vergangenen Studienjahr insgesamt für Studierende der Berufsakademie Sachsen aufbrachten, betrug rund 30 Millionen Euro. Im Durchschnitt lag die Vergütung für die Studierenden 2015 monatlich bei 630 Euro.

Prinzipiell ist die Höhe der Ausbildungsvergütung Verhandlungssache und Bestandteil des Ausbildungsvertrages mit dem Praxispartner. Sie sollte allerdings 440 Euro im Monat nicht unterschreiten.

Die Standorte der Berufsakademie Sachsen

Die Berufsakademie Sachsen ist an sieben Standorten mit staatlichen Studienakademien vertreten: Bautzen (www.ba-bautzen.de), Breitenbrunn (www.ba-breitenbrunn.de), Dresden (www.ba-dresden.de), Leipzig (www.ba-leipzig.de), Plauen (www.ba-plauen.de), Riesa (www.ba-riesa.de) und Glauchau (www.ba-glauchau.de). Sie alle eint:

- die Verzahnung zwischen Theorie und Praxis,
- ein moderner Campus mit Laborgebäuden, Bibliotheken und Sprachlaboren,
- die regionale Verwurzelung und
- ein ausgeprägtes Sportbewusstsein.

Glauchau – ein moderner Studienort mit Tradition

Der Standort Glauchau liegt im Kerngebiet der südwestsächsischen Wirtschaft. Er steht für die traditionsreiche Symbiose von Wirtschaft und Technik und besticht durch sein profilbestimmendes, modern konzipiertes Studienangebot in den Bereichen „Technik“ und „Wirtschaft“. Basierend auf diesem Fundament präsentiert sich die Studienakademie als ein Zentrum der Bildung, des Technologie- und des Wissenstransfers. Sie gilt als zuverlässiger Partner für alle beteiligten Unternehmen bei der Ausbildung von Fachkräften und der Nachwuchssicherung – in der Region und weit darüber hinaus.

Der duale Studiengang „Versorgungs- und Umweltechnik“

Der innovative und zukunftsorientierte Studiengang „Versorgungs- und Umweltechnik“ mit seinen Spezialisierungen „Technische Gebäudesysteme“ und „Thermische Energietechnik und Versorgungssysteme“ gewährleistet eine wissenschaftliche und praxisbezogene Ausbildung mit hoher Berufsbefähigung.



Abbildung 2: Labor „Lüftungs- und Klimatechnik“ mit multivariablen Klimasimulationsraum

Von der Beratung über Planung/Entwurf/Konstruktion, Ausschreibung, Realisierung/Überwachung, Betrieb bis zu Abriss/Entsorgung steht der Lebenszyklus von Gebäuden und technischen Anlagen im Mittelpunkt dieses dualen Studienganges. Die Absolventen sind in der Lage, auf Veränderungen in der Versorgungs- und Umwelttechnik zu reagieren und an der weiteren Entwicklung dieses zukunftsträchtigen Wirtschaftszweiges aktiv mitzuwirken.

Der Schwerpunkt der Vertiefungsrichtung „Technische Gebäudesysteme“ liegt neben der Heizungs-, Sanitär-, Lüftungs-, Klima- und Kältetechnik in Gebäuden auf der Anwendung der erneuerbaren Energien. Die Energieeffizienz der Prozesse, der Klima- und der Umweltschutz sowie die Wirtschaftlichkeit der Anlagensysteme sind integraler Bestandteil des Studiums.

Der Schwerpunkt der Vertiefungsrichtung „Thermische Energietechnik und Versorgungssysteme“ liegt auf den versorgungs-



Abbildung 3: Labor „Kältetechnik“ mit Eisspeicher

Fakten und Zahlen zur Staatlichen Studienakademie Glauchau



Campus mit Wohnheim in Glauchau

1898 erteilte die Staatsregierung in Dresden die Genehmigung zur Errichtung einer ersten technischen Lehranstalt in Form einer Bauschule.

In diese Traditionslinie ordnete sich die 1947 gegründete Ingenieurschule für Bauwesen ebenso ein, wie die Ingenieurschule für Anlagenbau und der Hochschulteil Glauchau der Technischen Hochschule Zwickau.

Basierend auf diesem Fundament wurde mit Wirkung vom 1. Januar 1993 die Staatliche Studienakademie Glauchau mit den Außenstellen in Breitenbrunn und Leipzig gegründet.

Im zweiten Jahr nach der Gründung besuchten bereits über 660 Studierende die Studienakademie in Glauchau. 2011 waren es bereits über 1.200 Studierende; 2016 noch 925.

In den beiden Studienbereichen „Technik“ und „Wirtschaft“ sind insgesamt zehn Studiengänge erfolgreich etabliert:

- Bank,
- Baubetriebsmanagement,
- Mittelständische Wirtschaft,
- Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik,
- Wirtschaftsinformatik,
- Automobilmanagement,
- Bauingenieurwesen,
- Industrielle Produktion,
- Technische Informatik und
- Versorgungs- und Umwelttechnik.

Mehr als 700 Praxispartner beteiligen sich permanent am dualen Studium. 28 Labore und Kabinette mit modernster Ausstattung garantieren ein duales Studium auf höchstem Niveau.

technischen Anlagen und Prozessen außerhalb von Gebäuden bzw. in entsprechenden Energiezentralen.

Die Themenkomplexe „Energieerzeugung“, „Energieverteilung“, „Energieverbrauch“ sowie „öffentliche Ver- und Entsorgungs-

systeme unter Beachtung des Klima- und Umweltschutzes“ sind integraler Bestandteil der Vertiefungsrichtung. Innovative Technologien und Optimierungsstrategien, der Einsatz erneuerbarer Energien, Wärmerückgewinnung, Abwärmenutzung, Kraft-

Wärme-Kopplung etc. sind für eine moderne und umweltgerechte Energiewirtschaft unabdingbar.

Über 180 Unternehmen, Institute, Verbände und Kommunen sind bundesweit als Praxispartner für den Studiengang „Versorgungs- und Umwelttechnik“ evaluiert.

Zugangsvoraussetzungen für Studierende sind

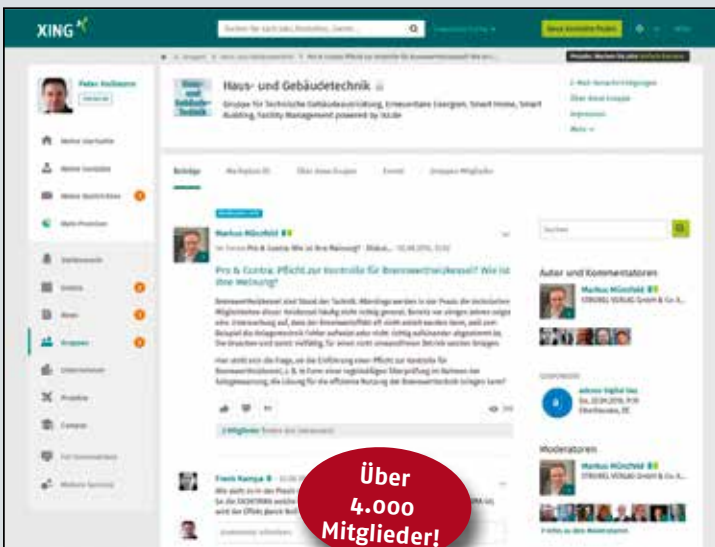
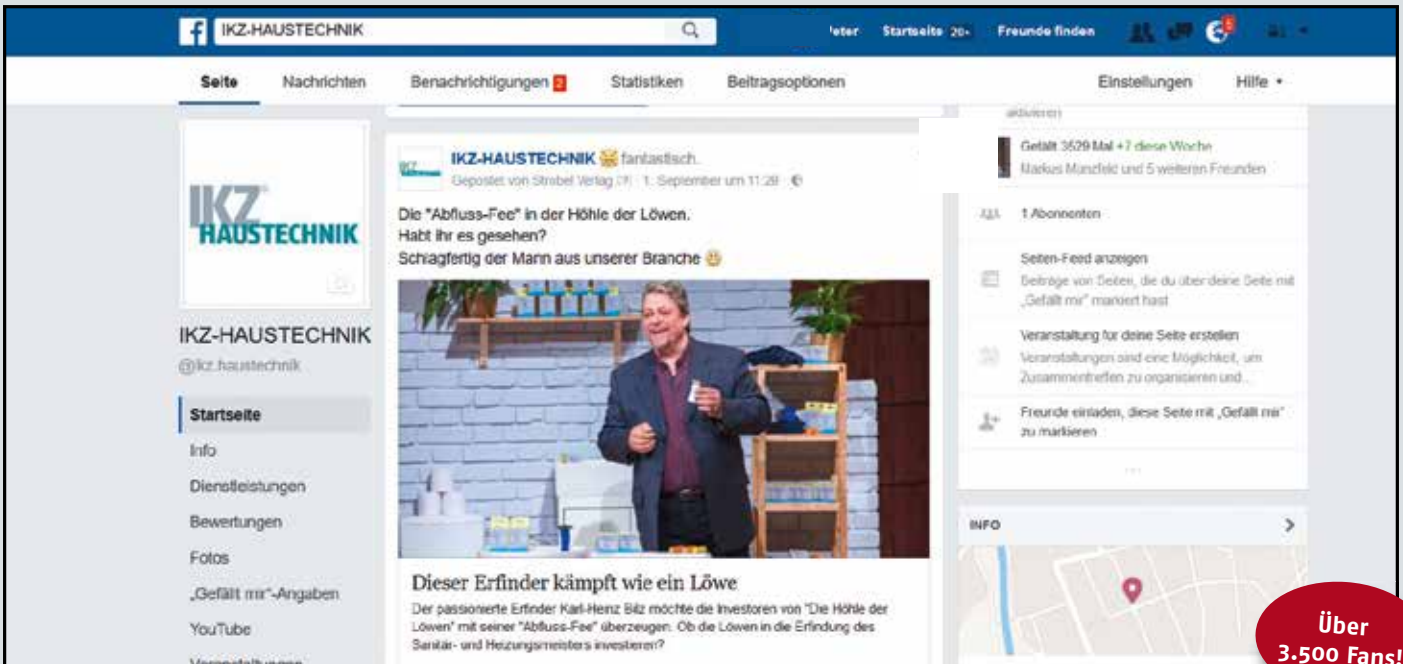
- ein Ausbildungsvertrag mit einem anerkannten Praxispartner und
- der Nachweis der allgemeinen oder fachgebundenen Hochschulreife oder
- ein gleichwertiger Nachweis (Anerkennung der Gleichwertigkeit durch das zuständige Ministerium des Freistaates – SMWK) oder
- eine Meisterprüfung oder
- eine abgeschlossene Berufsausbildung in Verbindung mit einer erfolgreich bestanden Zulassungsprüfung.

Zur Vorbereitung auf die Zugangsprüfung werden Kurse angeboten.

Fazit

Jährliche Evaluierungen der Studierenden, der Praxispartner und der Dozenten dienen dazu, das erreichte hohe Qualitätsniveau sicherzustellen und den Studiengang „Versorgungs- und Umwelttechnik“ weiterzuentwickeln. Perspektivisch sind weitere Spezialisierungen mit den Vertiefungsrichtungen „Kälte- und Klimatechnik“ und „Gebäudeautomation“ vorgesehen. Durch die studiengangübergreifende Ausbildung innerhalb der Kernkompetenz „Bau & Energie“ mit den Studiengängen „Versorgungs- und Umwelttechnik“, „Bauingenieurwesen“ und „Baubetriebsmanagement“ wird die Berufsakademie Sachsen der zunehmenden Digitalisierung im Bauwesen (Building Information Modeling – BIM) gerecht. ◀

IKZ Social Media



Werden Sie Fan der IKZ-HAUSTECHNIK auf **Facebook**, folgen Sie IKZ auf **Twitter** und verpassen Sie künftig keine wichtigen Branchen-News mehr.

Melden Sie sich kostenlos im **XING**-Forum „Haus- und Gebäudetechnik“ an (moderiert durch die IKZ-Redaktion) und diskutieren Sie mit Fachleuten der Branche über aktuelle Themen.

Bleiben Sie informiert!



Social Media	XING	www.IKZ.de/XING
	Facebook	www.IKZ.de/facebook
	Twitter	www.IKZ.de/twitter



STROBEL VERLAG GmbH & Co KG
 Zur Feldmühle 9-11
 59821 Arnsberg
 Tel. 02931 8900 0
 Fax 02931 8900 38
www.strobel-verlag.de



Welchen Status haben Studierende in Dualen Studiengängen während der Praxisphasen?

Foto: Sebastian Bernhard / www.pixelio.de

Vertragsgestaltung bei Dualen Studiengängen



Rechtsanwalt
Tobias Dittmar,
Justiziar des BTGA e.V.

I. Einleitung

Kernaufgabe für jedes zukunftsorientierte Unternehmen ist es, qualifizierte Nachwuchskräfte zu finden.

Einen in seiner Bedeutung zunehmenden Baustein für eine innovative und nachhaltige Personalpolitik bieten so genannte Duale Studiengänge. In solchen Studiengängen wird die wissenschaftliche Ausbildung an einer Hochschule mit einer praktischen Ausbildung in einem Unternehmen kombiniert, woraus sowohl den Studierenden als auch den Unternehmen Vorteile erwachsen.

Dual Studierende erhalten bereits im Rahmen ihres Studiums eine praxisnahe Vorbereitung auf ihr späteres Berufsleben. Die ausbildenden Unternehmen können qualifizierte Nachwuchskräfte kennenlernen und sie gezielt und in verhältnismäßig kurzer Zeit auf verantwortungsvolle Tätigkeiten im Unternehmen vorbereiten.

II. Arten Dualer Studiengänge

Geprägt wird die Ausbildung im Rahmen Dualer Studiengänge durch die Kooperation mindestens dreier Partner, nämlich der Hochschule, dem Unternehmen und dem Studierenden.

Die rechtliche Einordnung und damit insbesondere die arbeitsrechtlichen und sozialversicherungsrechtlichen Auswirkungen sowie die Anforderungen an die Vertragsgestaltung hängen dabei von der konkreten Art und Ausgestaltung des Studiums ab.

Unterschieden wird im Wesentlichen zwischen zwei Modellen: den „praxisintegrierenden Dualen Studiengängen“ und den „ausbildungsintegrierenden Dualen Studiengängen“.

1. Praxisintegrierende Duale Studiengänge

Bei einem praxisintegrierenden Dualen Studiengang ist das Studium als theoretischer Teil mit einer praktischen Tätigkeit in einem Unternehmen verknüpft, wobei das Studium im Vordergrund steht und „lediglich“ ein Studienabschluss erworben wird.

2. Ausbildungsintegrierende Duale Studiengänge

Ausbildungsintegrierende Duale Studiengänge zeichnen sich hingegen dadurch aus, dass die Teilnehmer neben dem Studienabschluss auch einen Abschluss in einem anerkannten Ausbildungsberuf erwerben.

3. Sonstige Modelle

a. Berufsintegrierende und berufsbegleitende Studiengänge

Darüber hinaus existieren so genannte berufsintegrierende und berufsbegleitende Studiengänge. Diese dienen in der Regel der beruflichen Weiterbildung und zählen aufgrund der fehlenden inhaltlichen



Verzahnung von theoretischer und praktischer Ausbildung nicht zu den Dualen Studiengängen im engeren Sinne.

b. Ausbildungsbegleitende Duale Studiengänge

Teilnehmer ausbildungsbegleitender Dualer Studiengänge absolvieren parallel zu einem Vollzeitstudium eine Berufsausbildung. Auch hier bestehen keine institutionell-strukturellen oder inhaltlichen Verzahnungselemente, so dass auch diese Konstellation keinen Dualen Studiengang im engeren Sinne darstellt.

II. Status der Studierenden

Die Mischform „Duales Studium“ wirft die Frage auf, welchen Status Studierende in Dualen Studiengängen während der Praxisphasen haben.

Beantworten lässt sich diese Frage nur unter Berücksichtigung der jeweiligen Ausgestaltung des Dualen Studienganges als praxisintegrierend oder ausbildungsintegrierend. Eine allgemeingültige rechtliche Einordnung Dual Studierender ist nicht möglich.

1. Praxisintegrierende Duale Studiengänge

a. Kein Status als Auszubildender im Sinne des BBiG

In Bezug auf einen Studierenden in einem praxisintegrierenden Dualen Studiengang ist zunächst § 3 Abs. 2 Nr. 1 des Berufsbildungsgesetzes (BBiG) zu beachten. Danach gilt das BBiG nicht für die Berufsbildung, die in berufsqualifizierenden oder vergleichbaren Studiengängen an Hochschulen auf der Grundlage des Hochschulrahmengesetzes und der Hochschulgesetze der Länder durchgeführt wird. Daraus folgt, dass Studierende Dualer Studiengänge vom Anwendungsbereich des BBiG ausgeschlossen und keine Auszubildenden im Sinne des BBiG sind.

b. Keine entsprechende Anwendung des BBiG

Auch eine entsprechende Anwendung der Vorschriften des BBiG auf das Rechtsverhältnis zwischen Studierenden und Kooperationsunternehmen scheidet in einem praxisintegrierenden Dualen Studiengang aufgrund der eindeutigen Regelung in § 3 Abs. 2 Nr. 1 BBiG aus.

c. Keine Arbeitnehmereigenschaft

Der Studierende im Rahmen eines praxisintegrierenden Dualen Studiengangs ist auch kein Arbeitnehmer. Arbeitnehmer

ist grundsätzlich nur, wer auf Grund eines privatrechtlichen Vertrages im Dienst eines anderen zur Arbeit verpflichtet ist. Im Rahmen eines praxisintegrierenden Dualen Studiengangs steht jedoch die praktische Ausbildung in Ergänzung zum theoretischen Wissenserwerb im Rahmen des Studiums im Vordergrund, nicht die entgeltliche Tätigkeit.

d. Zur Ausbildung Beschäftigte im Rahmen eines „Vertragsverhältnisses eigener Art“

Ist nun das Rechtsverhältnis eines Studierenden während der Praxisphasen keiner der oben genannten rechtlichen Einordnung zugänglich, sind die Studierenden richtigerweise als „zur Ausbildung Beschäftigte“ im Rahmen eines Vertragsverhältnisses „eigener Art“ einzuordnen, welches nicht speziell geregelt ist.

Dabei besteht jedoch Einigkeit, dass Dual Studierende – auch wenn sie keine Arbeitnehmer im eigentlichen Sinne sind – während der Praxisphasen grundsätzlich wie Arbeitnehmer in den arbeits- und sozialrechtlichen Schutz einbezogen werden. Anwendung finden beispielsweise das Arbeitszeitgesetz, das Bundesurlaubsgesetz und das Entgeltfortzahlungsgesetz – sofern das Unternehmen dem Studierenden eine Vergütung zahlt.

2. Ausbildungsintegrierende Duale Studiengänge

Bei ausbildungsintegrierenden Dualen Studiengängen besteht hinsichtlich der rechtlichen Einordnung Einigkeit darüber, dass strikt zwischen dem Ausbildungsteil und dem sich auf das Studium beziehenden Teil unterschieden werden muss.

a. Ausbildungsteil

Der Ausbildungsteil, der mit einer Abschlussprüfung vor der nach § 71 BBiG zuständigen Stelle (Industrie- und Handelskammer, Handwerkskammer) endet, unterliegt uneingeschränkt dem BBiG.

Damit sind in Bezug auf den Ausbildungsteil die Vorschriften über das Berufsausbildungsverhältnis (§§ 10 ff. BBiG) zu berücksichtigen – insbesondere die Klauselverbote des § 12 BBiG, also beispielsweise das Verbot betreffend, für die Ausbildung eine Entschädigung zu verlangen oder eine Vertragsstrafe festzulegen.

Auch ist eine Ausbildungsvergütung für Dual Studierende in ausbildungsintegrierenden Studiengängen für die Dauer des Ausbildungsteils vorgeschrieben

(§ 17 BBiG). Sie richtet sich nach der Höhe der Vergütung des jeweiligen Ausbildungsberufs.

b. Studienteil

In Bezug auf das Studium ist das BBiG nicht anwendbar.

Regelungen sollten insofern in einem Rahmenvertrag zwischen dem Studierenden und dem Kooperationsunternehmen getroffen werden. In diesem Vertrag wird insbesondere auch die Zeit nach Beendigung des Ausbildungsteils geregelt.

III. Vertragsgestaltung

1. Vertragsverhältnis zwischen Studierenden und Hochschule

Durch die Immatrikulation stehen die Studierenden grundsätzlich in einem Vertragsverhältnis zur Hochschule. Die Bedingungen dieses Verhältnisses werden von den Hochschulen im Rahmen der hochschulrechtlichen Bestimmungen im Einzelfall festgelegt.

2. Vertragsverhältnis zwischen Unternehmen und Hochschule

Wie Studienphasen an der Hochschule und Praxisphasen im Unternehmen konkret aufeinander abgestimmt werden, kann unter Berücksichtigung der jeweiligen Studienordnung in einem Kooperationsvertrag festgehalten werden.

Mögliche Bestandteile eines solchen Vertrages sind:

- Benennung des Studiengangs sowie der Art und Anzahl der Studienplätze,
- Ziele und Grundzüge der Zusammenarbeit,
- Auswahlverfahren für die Studierenden,
- Vertragspflichten der Hochschule,
- Vertragspflichten des Unternehmens,
- Vertragslaufzeit und Kündigungsmodalitäten,
- Vertraulichkeit im Rahmen der Zusammenarbeit,
- Studiengebühren und sonstige Beiträge.

3. Vertragsverhältnis zwischen Studierenden und Unternehmen

Im Hinblick auf das Vertragsverhältnis zwischen Studierenden und Unternehmen ist wiederum zwischen den verschiedenen Arten Dualer Studiengänge zu unterscheiden.

a. Praxisintegrierende Duale Studiengänge

Ein Vertrag („Praxisphasenvertrag“) zwischen dem Studierenden und dem Kooperationsunternehmen muss deutlich



Im Dualen Studium wird die wissenschaftliche Ausbildung mit einer praktischen kombiniert.
Foto: Bernd Ducke / Caverion Deutschland GmbH

machen, dass die praktischen Phasen innerhalb des Studienganges durchgeführt werden.

Da es sich nicht um einen Ausbildungsvertrag im Sinne des BBiG handelt, sollte der Vertrag auch nicht so überschrieben werden; vielmehr bietet sich beispielsweise folgende Formulierung an: „Vertrag über die Durchführung der Praxisphasen im Rahmen des ___-Studiums an der ___-Hochschule“.

Im Übrigen sind die Vertragsparteien in ihrer Vertragsgestaltung weitgehend frei. Dabei ist aber zu beachten, dass sich die einzelnen Klauseln am Prüfungsmaßstab des AGB-Rechts (§§ 305 ff. BGB) messen lassen müssen – wie bei Arbeitsverträgen.

Die Vertragsgestaltung kann sich an folgenden Punkten ausrichten:

- **Gegenstand des Vertrages**

Der Vertrag muss auf die in der Studienordnung enthaltenen Ausbildungs-

inhalte ausgerichtet sein und deren Vermittlung gewährleisten.

Sofern die Studienphasen an der Hochschule und die Praxisphasen im Unternehmen in einem Kooperationsvertrag zwischen Unternehmen und Hochschule aufeinander abgestimmt werden, kann zusätzlich auf dessen Geltung Bezug genommen werden.

- **Dauer des Vertrages**

Der Vertrag wird für die Dauer des Studiums befristet abgeschlossen. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass eine Befristung im vorliegenden Zusammenhang allgemein für zulässig gehalten wird – wenn auch mit unterschiedlichen Begründungen.

Sofern der Studierende nach Ablauf der Vertragszeit weiterarbeitet und das Unternehmen von der Weiterarbeit Kenntnis hat, müsste der Arbeitgeber unverzüglich der Weiterarbeit widersprechen bzw. die Zweckerreichung mitteilen.

Ansonsten entsteht ein unbefristetes Arbeitsverhältnis.

- **Gegenseitige Rechte und Pflichten**

Hauptpflicht des Unternehmens ist regelmäßig die Ausbildung des Studierenden. Die Hauptpflicht des Studierenden ist es, sich berufliche Kenntnisse und Fähigkeiten anzueignen, die erforderlich sind, um das Ausbildungsziel in der vorgesehenen Ausbildungszeit zu erreichen. Auch wenn die Studierenden keine Arbeitnehmer sind, unterliegen sie insoweit dem Weisungsrecht des Unternehmens und sind nicht frei im Hinblick auf Zeit, Ort und Art der Tätigkeit.

Damit die Hauptpflichten erfüllt werden können, sind die Unternehmen verpflichtet, nur ausbildungsbezogene Tätigkeiten zu übertragen. Sie müssen sicherstellen, dass die im Studien- und Ausbildungsplan für die Praxisphase vorgesehenen Inhalte von geeigneten Ausbildern vermittelt werden.

- **Probezeit**

Um beiden Parteien die Möglichkeit zu geben, festzustellen, ob aus Sicht des Studierenden die Ausbildung das Richtige ist und aus Sicht des Unternehmens der Studierende hierfür geeignet ist, sollte eine Probezeit vereinbart werden, innerhalb derer das Vertragsverhältnis ohne Angabe von Gründen mit kürzerer Frist gekündigt werden kann.

Gemäß § 622 Abs. 3 BGB kann eine Probezeit von bis zu sechs Monaten vereinbart werden. Die Grenzen von § 20 BBiG (mindestens ein Monat, höchstens vier Monate) gelten nicht.

- **Kündigung**

Nach der Probezeit dürfte eine ordentliche Kündigung des Vertrages jedenfalls durch das Unternehmen wegen eines Verstoßes gegen § 307 Abs. 2 Nr. 2 BGB unzulässig sein. Danach liegt eine unangemessene Benachteiligung im Zweifel vor, wenn wesentliche Rechte und Pflichten, die sich aus der Natur des Vertrages ergeben, so eingeschränkt werden, dass die Erreichung des Vertragszwecks gefährdet ist. Hauptzweck des Vertrages ist die Ausbildung. Der Studierende soll ohne die Sorge einer ordentlichen Kündigung seine Ausbildung beenden können. Das Erreichen dieses Ziels wäre gefährdet, wenn das Ausbildungsunternehmen den Vertrag auch nach Ablauf der Probezeit noch ordentlich kündigen kann.



Eine vertragliche Vereinbarung, die dem Studierenden die Möglichkeit einräumt, den Vertrag ohne Vorliegen eines wichtigen Grundes unter Einhaltung der gesetzlichen Kündigungsfristen zu kündigen, ist hingegen rechtlich unbedenklich und auch empfehlenswert. Damit würde gewährleistet, dass der Studierende ohne Angabe von Gründen sein Studium aufgeben und damit sein Grundrecht aus Art. 12 Grundgesetz verwirklichen kann, nämlich die freie Wahl von Beruf, Arbeitsplatz und Ausbildungsunternehmen.

Unberührt bleibt das beiderseitige Recht zur außerordentlichen Kündigung aus wichtigem Grund, beispielsweise aufgrund der Aufgabe des Studiums oder der Entscheidung für eine andere Berufsausbildung durch den Studierenden.

Das Erbringen schlechter Prüfungsleistungen stellt keinen wichtigen Grund für eine außerordentliche Kündigung seitens des Ausbildungsunternehmens dar. Anders ist dies beim bestandskräftigen Widerruf der Zulassung zum Studium auf Grund mangelnder Leistungsnachweise, weil dann das Ausbildungsziel – erfolgreiches Absolvieren des Studiums – endgültig nicht mehr erreicht werden kann. Auch kann das mehrfache schuldhafte Versäumen von Ausbildungs- und Studienzeiten trotz Abmahnung als ein wichtiger Grund angesehen werden.

• Vergütung

Einigkeit besteht darüber, dass weder die Studien- noch die Praxisphasen im Rahmen eines praxisintegrierenden Dualen Studiengangs mindestlohnpflichtig nach dem Mindestlohngesetz (MiLoG) sind.

Ob und in welcher Höhe ein Kooperationsunternehmen einem Studierenden eine Vergütung zahlt, der im Rahmen eines praxisintegrierenden Studiengangs seine Praxisphasen im Unternehmen leistet, bleibt damit der freien Vereinbarung der Vertragspartner vorbehalten.

• Freistellung für die Theoriephasen

Das Unternehmen muss sich verpflichten, den Studierenden für die Theoriephasen und die Prüfungen freizustellen, da ansonsten der Vertragszweck – Absolvieren der Praxisphasen des praxisintegrierenden Dualen Studiengangs – nicht erreicht werden kann.

• Entgeltfortzahlung im Krankheitsfall

Sofern die Parteien übereinkommen, dass das Unternehmen dem Studierenden eine Vergütung zahlt, sollte eine Regelung über eine mögliche Entgeltfortzahlung im Krankheitsfall getroffen werden. Diese sollte sich an den gesetzlichen Bestimmungen des Entgeltfortzahlungsgesetzes orientieren.

• Anzeige- und Nachweispflichten bei Krankheit

Unabhängig von einer Verpflichtung des Studierenden gegenüber der Hochschule empfiehlt sich eine Regelung von Anzeige- und Nachweispflichten bei Krankheit des Studierenden.

• Urlaub

Die volljährigen Studierenden eines praxis-integrierenden Dualen Studiengangs haben (mindestens) den gesetzlichen Urlaubsanspruch, da der Geltungsbereich des Bundesurlaubsgesetzes neben Arbeitnehmern auch die zur Berufsbildung Beschäftigten erfasst – unabhängig von einer Geltung des BBiG.

Bei Studierenden, die noch nicht volljährig sind, richtet sich der Urlaubsanspruch nach den Regelungen des Jugendarbeitsschutzgesetzes.

Eine Bewilligung von Urlaub in den Vorlesungszeiten dürfte in der Regel ausscheiden, da nicht das Unternehmen, sondern allenfalls die Hochschule über notwendige Präsenzzeiten im Rahmen des Studiums disponieren kann. Häufig dürften die Studienordnungen auch prozentuale Anwesenheitsverpflichtungen bzw. Präsenzzeiten vorsehen.

• Verschwiegenheitsklausel

Bei Bedarf kann eine Verschwiegenheitsklausel in den Vertrag aufgenommen werden, die sich an normalen Arbeitsverträgen orientiert.

• Angaben zur Person

Angelehnt an entsprechende Regelungen in Arbeitsverträgen bietet sich eine Klausel an, mit der der Studierende im Hinblick auf seine Tätigkeit im Unternehmen bestimmte Angaben zu seiner Person macht: Arbeitsfähigkeit, keine ansteckende Krankheit, keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen, keine Vorstrafen, Aufenthalts- und Arbeitserlaubnis etc.

• Internet- und Telefonnutzung

Aufgenommen werden kann auch eine Klausel zur Internet- und Telefonnut-

zung, die etwa eine private Nutzung für unzulässig erklärt oder das Kopieren fremder Programme auf Computer des Unternehmens untersagt.

• Nichtbestehen einer Prüfung, Beendigung des Studiums, Exmatrikulation

Es sollte geregelt werden, wie sich das Nichtbestehen einer Prüfung oder andere Ereignisse, die eine Verlängerung oder Beendigung des Studiums zur Folge haben, auf das Vertragsverhältnis auswirken.

• Bleibeverpflichtung und Rückzahlungsklausel

Häufig wendet das ausbildende Unternehmen nicht unerhebliche Ausbildungskosten auf. Daraus folgt ein legitimes Interesse, sich den „Wert“ der finanzierten Ausbildung für einen angemessenen Zeitraum zu sichern. Diesem Interesse sollte dadurch entsprochen werden, dass das Unternehmen mit dem Studierenden eine Bleibeverpflichtung kombiniert mit einer Rückzahlungsklausel vereinbart. In einer solchen Klausel wird geregelt, dass der ehemalige Studierende die von dem Unternehmen regelmäßig übernommenen Kosten des Studiums zurückzahlen hat, wenn er ein anschließendes Arbeitsvertragsangebot nicht annimmt oder den Vertrag vorzeitig kündigt.

Die berechtigten Interessen des Unternehmens sind dabei gegen das Interesse des Studierenden abzuwägen, nach Abschluss seiner Ausbildung seinen Arbeitsplatz frei wählen zu können – ohne mit Ausbildungskosten belastet zu werden.

Die wirksame Formulierung von Rückzahlungsklauseln ist zudem unter Berücksichtigung einer Vielzahl von der Rechtsprechung aufgestellter Grundsätze vorzunehmen. Klauseln, die die Vorgaben der Rechtsprechung nicht erfüllen, benachteiligen den Studierenden unangemessen, führen zur Unwirksamkeit der Klausel und damit zum vollständigen Entfallen der Rückzahlungspflicht.

• Haftung

Angelehnt an entsprechende Regelungen in Arbeitsverträgen kann auch eine Haftungsklausel in Bezug auf das Verursachen von Schäden durch den Studierenden in den Vertrag aufgenommen werden.



• Zeugnis/Tätigkeitsnachweis

Spätestens nach Beendigung der Praxisphasen ist dem Studierenden ein Tätigkeitsnachweis zur Vorlage bei der Hochschule auszustellen.

• Ausschlussfristen

Auch eine Ausschlussklausel, die das Verfallen gegenseitiger Ansprüche bei Nichtanspruchnahme innerhalb von 3 Monaten regelt, sollte in den Vertrag aufgenommen werden. Dabei ist zu beachten, dass nach einer jüngst erfolgten Änderung des BGB für die Erhebung von Ansprüchen die Textform nach § 126b BGB ausreichend ist.

Da das MiLoG im vorliegenden Zusammenhang nicht anwendbar ist, ist eine sonst erforderliche Ergänzung, dass die Klausel nicht für Ansprüche auf Zahlung des gesetzlichen Mindestlohns gilt, hier nicht notwendig.

• Sonstige Vereinbarungen

Im Einzelfall können weitere Vereinbarungen angezeigt sein. Dabei ist es empfehlenswert eine individuelle rechtliche Beratung einzuholen.

• Schlussbestimmungen

Die Formulierung von Schlussbestimmungen zu Nebenabreden, Änderungen des Vertrages etc. orientieren sich an den in Arbeitsverträgen üblichen Klauseln.

b. Ausbildungsintegrierende Duale Studiengänge

Bei Ausbildungsintegrierenden Dualen Studiengängen ist insbesondere aufgrund der Geltung des BBiG der Teil der „normalen“ Berufsausbildung von einer rechtlichen Regelung zum Studienteil bzw. einer das gesamte Duale Studium betreffenden Regelung zu unterscheiden.

aa. Ausbildungsvertrag

Bei ausbildungsintegrierenden Dualen Studiengängen wird hinsichtlich der Ausbildung ein „normaler“ Ausbildungsvertrag geschlossen. Für diesen gilt das BBiG, welches zwingende Vorgaben im Hinblick auf die Rechte und Pflichten der Vertragsparteien enthält. Insofern ergeben sich keine Besonderheiten dadurch, dass die Ausbildung im Rahmen eines Dualen Studiums absolviert wird.

So sind etwa gemäß § 12 Abs. 2 Nr. 1 BBiG Vertragsbindungsklauseln unwirksam, die die Berufstätigkeit des Auszubildenden nach Abschluss seiner Ausbildung einschränken.

Auch hat der Studierende während des Ausbildungsteils gemäß § 17 BBiG Anspruch auf eine angemessene Vergütung. Diese entspricht der Vergütung eines klassischen Auszubildenden.

Das Ausbildungsverhältnis endet nach § 21 BBiG automatisch, ohne dass es einer Befristungsregelung bedarf.

bb. Rahmenvereinbarung (Zusatzvereinbarung zum Berufsausbildungsvertrag)

Die Unterscheidung zwischen Ausbildungsteil und Studienteil schließt eine Rahmenvereinbarung nicht aus, in der beide Teile geregelt werden. Die rechtliche Gestaltung des Vertragsverhältnisses zwischen Unternehmen und Studierenden hat sich dabei an den Vorgaben des Arbeitsrechts zu orientieren.

In Bezug auf folgende Punkte gelten dabei die bereits oben unter Punkt III.3.a. getroffenen Aussagen entsprechend:

- Dauer des Vertrages,
- Gegenseitige Rechte und Pflichten,
- Freistellung für die Theoriephasen,
- Entgeltfortzahlung im Krankheitsfall,
- Anzeige- und Nachweispflichten bei Krankheit,
- Urlaub,
- Verschwiegenheitsklausel,
- Angaben zur Person,
- Internet- und Telefonnutzung,
- Haftung,
- Zeugnis/Tätigkeitsnachweis,
- Ausschlussfristen,
- Schlussbestimmungen.

Typische Bestandteile einer Rahmenvereinbarung/Zusatzvereinbarung zum Berufsausbildungsvertrag zwischen Unternehmen und Studierenden sind folgende:

• Gegenstand des Vertrages

Hier sollte deutlich werden, dass die Vereinbarung zusätzlich zu einem Berufsausbildungsvertrag zwischen dem Studierenden und dem Unternehmen geschlossen wird und die Vereinbarung insbesondere die Praxisphasen eines konkret zu bezeichnenden ausbildungsintegrierenden Dualen Studiengangs zum Gegenstand hat. Zudem sollte das Konkurrenzverhältnis zwischen den Regelungen des Berufsausbildungsvertrags und der Zusatzvereinbarung insofern aufgelöst werden, als festgelegt werden sollte, dass bis zum Abschluss des Ausbildungsteils die Regelungen

des Berufsausbildungsvertrags vorrangig gelten.

• Probezeit

Bei einer sowohl den Ausbildungs- als auch den Studienteil umfassenden Vereinbarung sollte sich die Regelung einer Probezeit an § 20 BBiG ausrichten. Danach beginnt das Berufsausbildungsverhältnis mit der Probezeit. Sie muss mindestens einen Monat und darf höchstens vier Monate betragen.

Sofern das Duale Studium mit einer praktischen Ausbildungsphase nach dem Ausbildungsvertrag beginnt und darin eine Klausel zur Probezeit enthalten ist, dürfte eine zusätzliche Regelung zur Probezeit in der Rahmenvereinbarung regelmäßig entbehrlich sein.

• Kündigung

Nach Ablauf der Probezeit dürfte – ebenso wie bei einem Praxisphasenvertrag bezüglich eines praxisintegrierenden Dualen Studiengangs – eine ordentliche Kündigung der Rahmenvereinbarung wegen eines Verstoßes gegen § 307 Abs. 2 Nr. 2 BGB unzulässig sein. Insofern gelten die diesbezüglichen Ausführungen unter Punkt III.3.a. entsprechend.

In Bezug auf den zusätzlich bestehenden Berufsausbildungsvertrag sollte die Klausel um einen Absatz ergänzt werden, der klarstellt, dass die Wirksamkeit des Berufsausbildungsvertrages bei einer Kündigung der Rahmenvereinbarung unberührt bleibt und dessen Kündigung – sofern gewünscht – eigenständig erfolgen muss.

• Vergütung

Zunächst ist festzuhalten, dass das Mindestlohngesetz auch im Rahmen von ausbildungsintegrierenden Dualen Studiengängen keine Anwendung findet.

Wird wiederum in konsequenter Weise zwischen dem Ausbildungsteil bis zum Abschluss der Ausbildung und dem sich dann noch anschließenden Teil des Studiums unterschieden, hat der Studierende bis zum Bestehen der Abschlussprüfung des Berufsausbildungsteils nach dem Berufsausbildungsvertrag Anspruch auf die normale nach Ausbildungsjahren gestaffelte Auszubildendenvergütung.

Ist der Studierende in der verbleibenden Zeit seines Studiums nach Abschluss des Ausbildungsteils gezwungen, den ursprünglich als Auszubildendenvergütung erhaltenen Teil seines Lebensunterhalts dazuverdienen zu müssen, könnte das



unter Umständen dem erfolgreichen Abschluss des Studiums zuwiderlaufen. Es erscheint deshalb sinnvoll, dem Studierenden auch nach Abschluss seiner Berufsausbildung bis zum vollständigen Abschluss seines Dualen Studiums eine fortlaufende Vergütung in Höhe der „angemessenen Vergütung“ im Sinne von § 17 BBiG zu zahlen. Aufgrund des Stands der bis dahin erreichten Ausbildung kann sich diese an der Auszubildendenvergütung für das letzte Ausbildungsjahr orientieren.

- **Nichtbestehen einer Prüfung, Beendigung des Studiums, Exmatrikulation**

Empfehlenswert ist hier eine zusätzliche Regelung für den Fall, dass der Studierende das Studium abbricht, aber die Ausbildung fortführen möchte.

- **Zulässigkeit von Bleibeverpflichtungen und Rückzahlungsklauseln**

Bei Studierenden in ausbildungsintegrierenden Dualen Studiengängen findet zumindest bis zum Ablegen der Prüfung vor der jeweils zuständigen Stelle das BBiG Anwendung. § 12 Abs. 2 Nr. 1 BBiG legt jedoch ein Verbot von Entschädigungszahlungen für die Berufsausbildung fest. Daraus folgt der allgemeine Grundsatz, dass dem Auszubildenden keine Kosten auferlegt werden dürfen, die dem Auszubildenden bei der Ausbildung entstehen. Hierunter werden betriebliche Sach- und Personalkosten verstanden.

Dagegen handelt es sich bei Studiengebühren nicht um Kosten der Berufsausbildung im Sinne von § 14 Abs. 1 Nr. 3 BBiG. Sofern diese Kosten durch den Auszubildenden übernommen werden, können diese grundsätzlich in wirtschaftlich angemessener Weise auf den Auszubildenden abgewälzt werden. Allerdings gelten hier dieselben Einschränkungen, wie sie bereits oben unter Punkt III.3.a. für Rückzahlungsklauseln in Verträgen über die Ableistung von Praxisphasen in praxisintegrierenden Dualen Studiengängen zwischen Studierende und Unternehmen dargestellt wurden.

Auch hier kann aufgrund der komplizierten Rechtslage auf eine Interessenabwägung im Einzelfall nicht verzichtet werden.

IV. Fazit

Duale Studiengänge stellen den Rechtsanwender vor diverse Rechtsfragen – einerseits



Studierende stehen durch die Immatrikulation grundsätzlich in einem Vertragsverhältnis zur Hochschule.

Foto: Peter von Bechen / www.pixelio.de

aufgrund der Dreiecksbeziehung zwischen Hochschule, Studierenden und Unternehmen und andererseits aufgrund des unterschiedlichen Status, den ein Studierender einnimmt, je nach Art des Studiengangs oder der Phase in der er sich im Rahmen seines Studienganges befindet.

Sofern Verträge, die von einzelnen Hochschulen zum Abschluss zwischen Studierenden und Unternehmen zur Verfügung gestellt werden, für Unternehmen ungünstige Klauseln enthalten oder darin wichtige Klauseln etwa zu einer Bleibeverpflichtung mit Rückzahlungsklausel fehlen, sollten – vorbehaltlich der Möglichkeit einer Änderung oder Ergänzung der Verträge – soweit möglich ergänzende Vereinbarungen getroffen werden.

Verwendete Quellen

Die vorliegende Ausarbeitung basiert auf folgenden Quellen:

- [1] BDA – Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände/Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Erfolgsmodell Duales Studium – Leitfaden für Unternehmen, Dezember 2011.
- [2] Clasvorbeck (DGB Rechtsschutz GmbH), Wirksamkeit von Rückzahlungsvereinbarungen für Aus- und Fortbildungskosten, 05.09.2014.
- [3] Grimm/Freh, Vertragsgestaltung bei Dualen Studiengängen – Rechtliche Einordnung, Gestaltungshinweise und Mindestlohn, ArbRB 2015, S. 316-320.
- [4] hochschule-Dual – Eine Initiative von Hochschule Bayern e.V., FAQs für Unternehmen (Stand: 06.10.2015).

- [5] Kleibrink, Praktikanten- und Ausbildungsverhältnisse in Dualen Studiengängen, ArbRB 2011, S. 58-61.

- [6] Koch-Rust/Rosentreter, Rechtliche Gestaltung der Praxisphase bei Dualen Studiengängen, NJW 2009, S. 3005-3010.

- [7] Koch-Rust/Rosentreter, Wiedereinführung der Sozialversicherungspflicht für Studierende in praxisintegrierenden Dualen Studiengängen? – Status quo und beabsichtigte gesetzliche Neuregelung, NJW 2011, S. 2852-2855.

- [8] Koch-Rust/Rosentreter, Ausbildungsverträge bei praxisintegrierenden Dualen Studiengängen – Aktuelle Praxisfragen unter besonderer Berücksichtigung von Bleibeverpflichtungen, NZA 2016, S. 879-884.

- [9] Mroß in: Maschmann/Sieg/Göpfert, Vertragsgestaltung im Arbeitsrecht – Arbeits- und Anstellungsverträge, 2. Auflage 2016, Abschnitt C.292 – Dualer Studiengang.

- [10] Natzel, Duale Studiengänge – arbeitsrechtliches Neuland?, NZA 2008, S. 567-571.

- [11] Schönhöft, Rückzahlungsverpflichtungen in Fortbildungsvereinbarungen, NZA-RR 2009, S. 625-631.

Des Weiteren wurden folgenden Internetseiten Informationen entnommen:

1. www.hochschule-Dual.de
2. www.Dualesstudium-hessen.de
3. www.Dualehochschule.rlp.de
4. www.haufe.de - Die Regeln beim Dualen Studium (23.06.2016)

2016: Positive Baukonjunktur - dank Wohnungsbau und öffentlichem Bau

Der Bausektor blieb auch im Jahr 2016 auf Wachstumskurs. Dies geht vor allem auf den Wohnungsbau und den öffentlichen Bau zurück, die beide deutlich zulegten. Im Wirtschaftsbau sank hingegen das Bauvolumen. Das Ausbaugewerbe wuchs um 1,9%; das Bauhauptgewerbe entwickelte sich mit 3,3% überdurchschnittlich. Im Jahr 2015 nahm das Gesamtvolumen der Investitionen in energetische Sanierungen leicht zu; das Investitionsvolumen bei der energetischen Wohngebäudesanierung stieg zum ersten Mal seit 2011 wieder an. Der Umsatz der deutschen Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik-Branche wuchs 2016 – das siebente Jahr in Folge.



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

Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) Berlin hat berechnet, dass das nominale Bauvolumen (Hoch- und Tiefbau) im Jahr 2016 um insgesamt 4,3% gegenüber dem Vorjahr auf rund 350 Milliarden Euro angestiegen ist (Tabelle 1). Die Baupreise erhöhten sich demnach nur moderat um 1,9% – trotz der hohen Auslastung der Bauwirtschaft. Diese hat inzwischen den Stand des Baubooms der Nachwendezeit Mitte der 1990er-Jahre überschritten.¹

Der Anteil des Nichtwohnbaus lag im Jahr 2015 bei 43,7% des nominalen Bauvolumens; der des Wohnungsbaus bei 56,4% (Diagramm 1) – die Zahlen für das Jahr 2016 lagen Anfang 2017 noch nicht vor.

Preisbereinigt wuchs die Bauwirtschaft im Jahr 2016 um 2,5%. Diese Steigerung ist dem öffentlichen Bau mit einer Steigerung von vier Prozent gegenüber dem Vorjahr und dem Wohnungsbau mit einem Zuwachs von 3,7% zu verdanken. Der Wohnungsbau setzt damit den vor ca. zehn Jahren begonnenen Aufwärtstrend fort. Im Wirtschaftsbau sieht es anders aus: Hier sank das Volumen gegenüber dem Vorjahr um 0,7%.²

Eine Aufschlüsselung des gesamten Bauvolumens zeigt die sehr unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Baubereiche: Nominal lag 2015 der Anteil des Wohnungsbaus bei 56,4%, der Anteil des Wirtschaftsbaus

(Hoch- und Tiefbau) bei 30,1% und der Anteil des öffentlichen Baus bei lediglich 13,6%.³

Ausblick auf die Jahre 2017 und 2018

Auch für dieses und das nächste Jahr erwartet das DIW⁴ einen Anstieg des Bauvo-

lomens: 2017 soll es insgesamt um 4,1% auf ca. 364 Milliarden Euro wachsen (Tabelle 1). Preisbereinigt wäre das ein Zuwachs von 1,6%. Nach Baubereichen aufgeschlüsselt rechnet das DIW mit einer kräftigen Dynamik im öffentlichen Bau (4,1%), mit einem Anstieg von 2,2% im Wohnungsbau

Tabelle 1: Entwicklung des Bauvolumens in Deutschland

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016*	2017*	2018*
In Milliarden Euro zu jeweiligen Preisen									
Bauvolumen insgesamt	283,30	305,73	311,38	315,92	328,36	335,49	349,93	364,12	381,19
real, Kettenindex 2005=100									
Bauvolumen insgesamt	106,58	111,47	110,76	110,12	112,20	112,70	115,46	117,27	120,05
Nach Baubereichen									
Wohnungsbau	103,44	108,64	110,21	110,16	112,22	114,44	118,62	121,21	124,98
Wirtschaftsbau	112,97	119,72	119,25	116,85	118,75	117,15	116,36	115,44	118,11
Öffentlicher Bau	105,76	106,05	96,84	97,45	99,95	98,24	102,21	106,37	105,28
Nach Produzentengruppen									
Bauhauptgewerbe	99,63	107,32	107,32	108,02	112,55	112,81	116,51	118,63	120,98
Ausbaugewerbe	115,59	117,43	115,79	114,03	114,81	115,07	117,27	118,76	122,41
Sonstige Bauleistungen	103,04	108,80	108,50	107,80	109,60	110,90	114,20	116,70	118,60
Veränderungen gegenüber dem Vorjahr in Prozent									
Bauvolumen insgesamt		7,90	1,80	1,50	3,90	2,20	4,30	4,10	4,70
Preisentwicklung		3,30	2,50	2,00	2,00	1,70	1,90	2,50	2,30
real, Kettenindex 2005=100									
Bauvolumen insgesamt		4,60	-0,60	-0,60	1,90	0,40	2,50	1,60	2,40
Nach Baubereichen									
Wohnungsbau		5,00	1,40	0,00	1,90	2,00	3,70	2,20	3,10
Wirtschaftsbau		6,00	-0,40	-2,00	1,60	-1,30	-0,70	-0,80	2,30
Öffentlicher Bau		0,30	-8,70	0,60	2,60	-1,70	4,00	4,10	-1,00
Nach Produzentengruppen									
Bauhauptgewerbe		7,70	0,00	0,70	4,20	0,20	3,30	1,80	2,00
Ausbaugewerbe		1,60	-1,40	-1,50	0,70	0,20	1,90	1,30	3,10
Sonstige Bauleistungen		5,60	-0,30	-0,60	1,70	1,20	3,00	2,20	1,60

*Schätzungen

Quelle: Bauvolumenrechnung des DIW Berlin, 2016

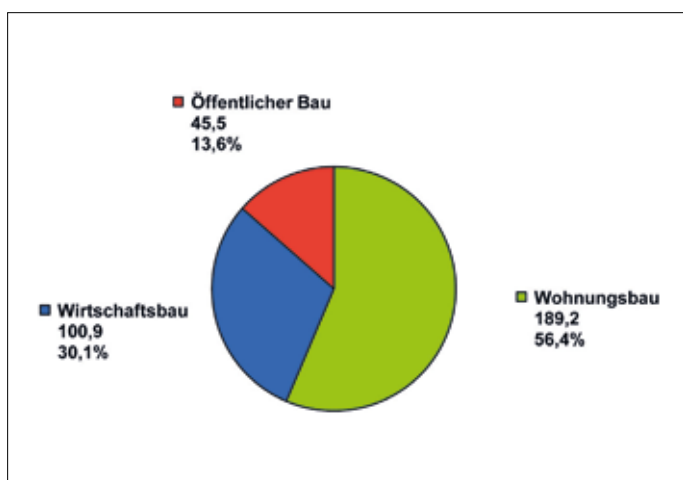


Diagramm 1: Struktur des nominalen Bauvolumens in Deutschland nach Baubereichen im Jahr 2015 (Hoch- und Tiefbau) - in jeweiligen Preisen in Milliarden Euro; Anteile in Prozent

Quelle: Bauvolumenrechnung des DIW Berlin, 2016

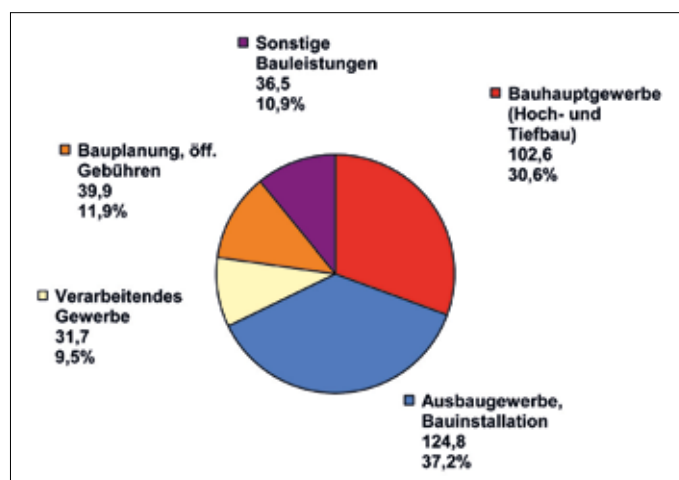


Diagramm 2: Struktur des nominalen Bauvolumens in Deutschland nach Produzentengruppen im Jahr 2015 (Hoch- und Tiefbau) - in jeweiligen Preisen in Milliarden Euro; Anteile in Prozent

Quelle: Bauvolumenrechnung des DIW Berlin, 2016

und im Wirtschaftsbau mit einem weiteren Schrumpfen (-0,8%).

Für das Jahr 2018 prognostiziert des DIW eine etwas andere Entwicklung: Der Wirtschaftsbau könnte nach drei Jahren endlich wieder wachsen und um 2,3% zulegen. Dagegen wird im öffentlichen Bau ein Schrumpfen erwartet (-1,0%). Das Wohnungsbauvolumen wird mit 3,1% weiter kräftig wachsen. Das gesamte Bauvolumen soll 2018 um 4,7% auf rund 381 Milliarden Euro steigen. Preisbereinigt wäre dies ein Anstieg um 2,4%.

Die Baupreise werden 2017 voraussichtlich um 2,5% und 2018 um 2,3% steigen.

Positive Entwicklung im Ausbaugewerbe

Das Bauvolumen für das von der Bauinstallation bestimmte Ausbaugewerbe wuchs 2016 nach Berechnung des DIW um 1,9%. Damit scheint sich die positive Entwicklung nach den beiden Minusjahren 2012 und 2013 fortzusetzen - auch wenn das Wachstum 2015 mit 0,2% nur gering ausfiel. Für das Jahr 2017 erwartet das DIW ein Wachstum von 1,3% und für das Jahr 2018 sogar von 3,1%.⁵

Bauhauptgewerbe und Ausbaugewerbe entwickelten sich 2016 beide positiv, wenn auch unterschiedlich stark: Mit 3,3% wuchs

das Bauhauptgewerbe 2016 überdurchschnittlich. Für 2017 erwartet das DIW im Bauhauptgewerbe ein Wachstum von 1,8%. 2018 wird für das Ausbaugewerbe ein überdurchschnittliches Wachstum prognostiziert (3,1%), während das Bauhauptgewerbe um rund 2% wachsen soll.⁶

Energetische Sanierung: Anstieg im Wohnungsbau und im Nichtwohnbau

Das DIW hat für das Bauvolumen im Hochbau auch den Anteil der Maßnahmen für energetische Sanierungen am Bestandsvolumen untersucht (Tabelle 2).⁷ Im Wohnungs-

Tabelle 2: Energetische Sanierung bestehender Gebäude im Nichtwohnbau und Wohnbau

	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	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	
Nichtwohnbau												
Bestandsvolumen Nichtwohnbau (Öffentlicher + Wirtschaftsbau)	55,59	58,50	5,23%	56,84	-2,84%	55,83	-1,78%	58,17	4,19%	57,64	-0,91%	
Bauvolumen energetische Sanierung im Nichtwohnbau	14,93	16,26	8,91%	15,45	-4,98%	15,41	-0,26%	16,14	4,74%	16,76	3,84%	
Anteil d. Bauvolumens energetische Sanierung am Bestandsvolumen Nichtwohnbau	26,86%		27,79%		27,18%		27,60%		27,75%		29,08%	
Wohnbau												
Bestandsvolumen Wohnbau	118,87	123,86	4,20%	127,24	2,73%	127,25	0,01%	129,13	1,48%	130,82	1,31%	
Bauvolumen energetische Sanierung im Wohnbau	38,60	39,78	3,06%	37,92	-4,68%	36,02	-5,01%	35,73	-0,81%	36,44	1,99%	
Anteil d. Bauvolumens energetische Sanierung am Bestandsvolumen Wohnbau	32,47%		32,12%		29,80%		28,31%		27,67%		27,86%	

*Zu jeweiligen Preisen

Quelle: Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe - Berechnungen für das Jahr 2015, DIW Berlin



Tabelle 3: Branchenumsätze der Haus- und Gebäudetechnik in Milliarden Euro

	2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015 (Schätzung)		2016 (Schätzung)		2017 (Prognose)		
				%		%		%		%		%		%		%		%		%	
Industrie	21,07	17,60	-16,5	18,73	6,4	20,03	6,9	20,63	3,0	20,36	-1,3	20,17	-0,9	20,79	3,1						
Großhandel	14,07	13,72	-2,5	14,11	2,8	14,89	5,5	15,41	3,5	15,78	2,4	15,98	1,3	16,19	1,3						
Installierende Unternehmen	33,09	33,30	0,6	35,32	6,1	37,00	4,8	36,65	-0,9	37,86	3,3	39,20	3,5	39,60	1,0						
HKS-Branche gesamt*	46,17	44,50	-3,6	47,33	6,4	49,60	4,8	50,38	1,6	51,64	2,5	52,81	2,3	53,77	1,8	55,09	2,5	55,80	1,3		
Inland	37,20	37,22	0,1	39,32	5,6	41,20	4,8	41,36	0,4	42,68	3,2	43,74	2,5	44,18	1,0	45,50	3,0	46,20	1,5		
Ausland	8,97	7,28	-18,8	8,01	10,0	8,40	4,9	9,02	7,4	8,96	-0,7	9,08	1,3	9,59	5,6	9,62	0,3	9,62	0,0		

* Bereinigt von Doppelzählungen infolge der Vorleistungen der jeweiligen Vertriebsstufen

Quelle: ifo-Institut im Auftrag von Messe Frankfurt, BDH, VDS und VDZ, November 2016

bau stiegen im Jahr 2015 die Aufwendungen für die energetische Sanierung im Vergleich zum Vorjahr um 1,99% auf 36,44 Milliarden Euro – das ist das erste Wachstum seit 2011.

Das Bauvolumen der energetischen Maßnahmen stieg im Nichtwohnbau um 3,84% auf 16,76 Milliarden Euro. Das ist zwar ein leicht geringeres Wachstum als im Vorjahr (2014: 4,74%) – nach den beiden Jahren 2012 (-4,98%) und 2013 (-0,26%) setzte sich die positive Entwicklung jedoch fort.

Das Gesamtvolumen der Investitionen in energetische Sanierungen stieg 2015 wieder leicht auf 53,19 Milliarden Euro (2014: 51,87 Milliarden Euro). Für 2017 prognostiziert das DIW für Maßnahmen an bestehenden Gebäuden einen Zuwachs von 3% und für das Jahr 2018 von 5%. Das DIW geht davon aus, dass die etwas nachlassende Dynamik im Neubau etwas mehr Kapazitäten in

der Bauwirtschaft für Bestandsmaßnahmen freierwerden lässt. Außerdem würden die steigenden Energiepreise energetische Sanierungen wieder attraktiver machen.⁴

TGA-Branche wuchs 2016 das siebente Jahr in Folge

Das ifo-Institut München hat Marktdaten zusammengestellt, aus denen aktuelle Informationen zur wirtschaftlichen Entwicklung der TGA-Branche hervorgehen (Tabelle 3). Die Zahlen beziehen sich auf Schätzungen vom November 2016.⁸

Die gesamte deutsche HKS-Branche wuchs demnach im Jahr 2016 auf 55,09 Milliarden Euro. Diese um Doppelzählungen bereinigte Wachstumsrate stieg im Vergleich zum Vorjahr um 2,5% (2015: 53,77 Milliarden Euro). Damit wuchs der Umsatz der HKS-Branche bereits das siebente Jahr in Folge. Für 2017 prognostiziert das ifo-Institut ein Wachstum

der Branche um 1,3% auf 55,80 Milliarden Euro.

Der Inlandsumsatz der gesamten HKS-Branche stieg 2016 auf 45,50 Milliarden (2015: 44,18 Milliarden). Auch der Auslandsumsatz nahm im vergangenen Jahr etwas zu: Er stieg um 0,3% von 9,59 Milliarden im Jahr 2015 auf 9,62 Milliarden Euro. ◀

¹ DIW Wochenbericht 1+2 (2017), S. 40f.

² Ebenda, S. 41.

³ Rein, Stefan: Bericht zur Lage und Perspektive der Bauwirtschaft. BBSR-Analysen Kompakt 1 (2017), S. 2.

⁴ Wie Anm. 1.

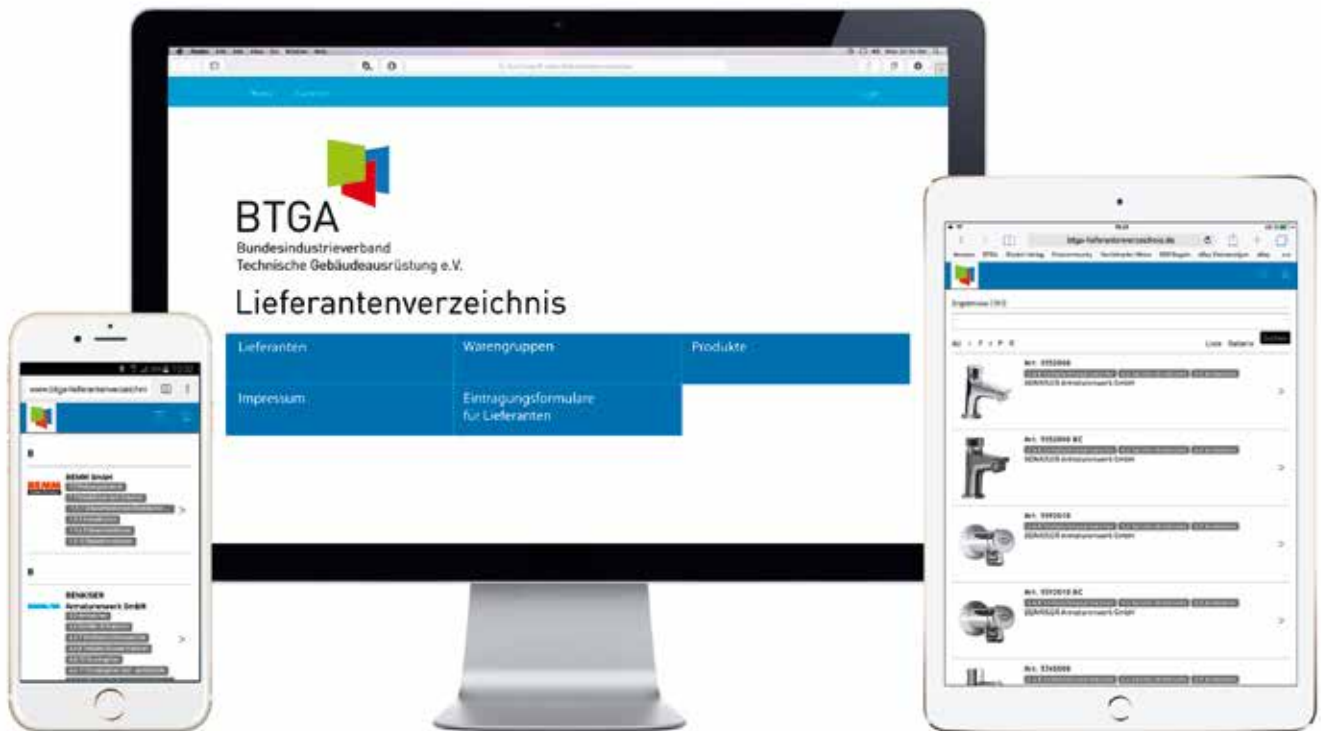
⁵ Wie Anm. 1, S. 41.

⁶ Ebenda.

⁷ DIW Berlin: Strukturdaten zur Produktion und Beschäftigung im Baugewerbe - Berechnungen für das Jahr 2015. Endbericht im Auftrag des BMUB und des BBSR, S. 14.

⁸ ifo-Institut im Auftrag von Messe Frankfurt, BDH, VDS und VDZ, November 2016.

Das neue BTGA- Lieferantenverzeichnis



Wir entwickeln für Sie die ultimative TGA-Branchen-Suchmaschine, optimiert für die Anwendung am PC, Tablet und Smartphone.

- **Sie sind TGA-Fachplaner, Einkäufer oder SHK-Installateur?**

Dann besuchen Sie www.btga-lieferantenverzeichnis.de und nutzen Sie das neue BTGA-Lieferantenverzeichnis bei Ihrer täglichen Recherche- und Planungsarbeit!



- **Sie sind branchenspezifischer Lieferant oder Dienstleister?**

Dann tragen Sie noch heute Ihre Firma, Ihre Warengruppen und Ihre Produkte in das neue BTGA-Lieferantenverzeichnis ein!

➔ Weitere Infos und Eintragungsformulare finden Sie unter www.strobel-verlag.de/btga

www.btga-lieferantenverzeichnis.de

Effizienz auf ganzer Linie

Im Leistungsbereich von 1,5 kW bis 120 MW



Beispiele aus dem Komplettangebot:

Brennwerttechnik

Wärmepumpen

Holzheizkessel

Kraft-Wärme-Kopplung

Großkessel

Solar-/Photovoltaiksysteme

Effizienz ist die wichtigste Energie-Ressource. Viessmann bietet individuelle Lösungen mit effizienten Heizsystemen für alle Energieträger und Anwendungsbereiche. Sie sind so effizient, dass die energie- und klimapolitischen Ziele für 2050 bereits heute für jeden erreichbar sind. Das leben wir vor. Mit unserem strategischen Nachhaltigkeitsprojekt Effizienz Plus am Standort Allendorf (Eder). Weitere Informationen erhalten Sie auf unserer Homepage: www.viessmann.de

Heizsysteme ◀
Industriesysteme
Kühlsysteme